

Ueber die tägliche successive Erwärmung der Oceane durch die Sonne

als Ursache der äquatorialen Meeresströmungen.

Vortrag, gehalten am 13. December 1873

von

Friedr. Baader.

Bekanntlich gibt es drei grosse Meeresbewegungen: die Wellenbewegung, hervorgebracht durch den wechselnden Druck der Atmosphäre; die Ebbe und Fluth, bewirkt durch die Gravitation von Mond und Sonne, und die Meeresströmungen, deren Entstehung verschiedenen Ursachen bisher zugeschrieben wird.

Die Rolle, welche diese grossartigen Bewegungen der flüssigen Hülle im Lebensprocesse unseres Erdkörpers spielen, wird eher zu gering als zu hoch geschätzt. Wohl keine Kraft auf Erden gibt es, die zerstörender wirkt als sie. Weder Erdbeben noch feuerspeiende Berge können sich mit ihr messen. Was das wärmere Wasser nicht löst, das kältere als Eis nicht sprengt, das wird von den Fluthen abgenagt, unterwühlt und in mächtigen Massen in die Tiefe gerissen. Weite Länderstrecken fallen ihnen zum Opfer. — Aber von ihnen werden auch wohlthätige Dämme vor den seichten Küsten aufgeworfen. Was heute festes Land, wird durch sie zu Meer, und was heute Meer, durch sie im Laufe der Zeiten zu Land umgestaltet.

Aber ist die Bewegung der Wellen und Gezeiten nach den gewöhnlichen Begriffen eine zerstörende, schädliche, so schaffen die Meeresströmungen fast nur Wohlthätiges.

Haben auch sie eine abnagende Wirkung, wie die Zuspitzung der dem Südpole zugekehrten Continente zu beweisen scheint, so sind sie es doch, welche die Temperatur auf unserem Erdkörper mässigen und ausgleichen, welche den Meeresthieren der heissen Zone das Leben in kälteren, und umgekehrt den Meeresthieren der kälteren Zone den Aufenthalt in niederen Breiten gestatten. Treiben sie auch ungeheure Eisberge bis tief in die gemässigte Zone, so führen sie dagegen auch unzählige Bäume von wärmeren Ländern als Brennmaterial den vegetationslosen Einöden

der polaren Meere zu. Zugleich vermitteln sie durch den Transport von Sämereien den Austausch der Pflanzen verschiedener Welttheile; und was uns besonders interessiren mag, sie sind es, welche die Westküste unseres Erdtheiles noch im hohen Norden bewohnbar machen.

Diese letztere Bewegungen, die Meeresströmungen, sind es nun, mit deren Ursachen wir uns in dem Folgenden ausschliesslich beschäftigen werden.

Werfen wir jetzt unsere Blicke auf eine chartographische Darstellung der Meeresströmungen, z. B. auf die neueste Ausgabe der Chart of the World von Berghaus, *) welcher als Autorität in Darstellung der Resultate der neuesten Forschungen, wenn auch durch eigene Reflexionen vielleicht zu sehr ergänzt, angesehen werden kann, und betrachten wir das Weltmeer, wo es den freiesten Spielraum hat, das ist im Stillen Ocean und ganz besonders in seiner südlichen Hälfte, so finden wir, zwischen Patagonien und Neuseeland vom Südpolarmeere aus eine immense Wassermasse in mehr oder minder östlicher Richtung in Bewegung. Die Westküste Südamerika's stellt sich ihr als Hinderniss in den Weg. Der südlichere Theil dieser polaren Strömung drängt sich daher als Cap-Horn-Strom in ost-südöstlicher Richtung um das Feuerland, um nun im Atlantischen Ocean seinen begonnenen Lauf in nordöstlicher Richtung fortzusetzen. Der mittlere Arm, die Peruvianische oder Humboldt-Strömung, verfolgt die Westküste Südamerika's bis zu ihrer westlichsten Ausbiegung unter dem 5° S. Br. Ein dritter, nordwestlicherer Arm, welcher sich unter dem 40° S. Br. und 100° W. L. von dem Mittelarm trennt, erreicht, durch die von diesem verursachte Aufstauung des Wassers gehemmt, die Küste nicht. Beide vereinigen sich aber wieder unter dem 14° S. Br. und 100° W. L., und fliessen als Süd-Aequatorialströmung gemeinschaftlich nach Westen. Durch die Archipele des östlichen Australandes werden sie wiederum in zwei Arme geschnitten, von welchen der nördlichere zu einem kleineren Theile sich innerhalb der Inselgruppen verliert, während die Hauptmasse successive in die Aequatoriale Gegendrift eintritt. Der südlichere Arm theilt sich ebenfalls in mehrere Zweige, von welchen der linke an der

*) Berghaus, Chart of the World. 7. Aufl.

Ostküste von Neuseeland vorbei wieder in das südliche Polarmeer zurückfällt, während die rechten Gabelungen theils der Aequatorial-gegendrift zufließen, und theils zwischen Neuguinea und Neuhol-land einen Ausweg in den Indischen Ocean suchen.

In der nördlichen Hälfte des Stillen Oceans, dessen Nordseite nur durch die Behringsstrasse mit dem Arctischen Meere in Verbindung steht, sehen wir das Wasser einen grossen, elliptischen Kreislauf beschreiben. Zwischen dem Aequator und dem Wendekreis des Krebses ist die Richtung der Nord-Aequatorialströmung westlich. Abgestossen von der Ostküste China's nimmt sie nun als Kuro Siwo oder Schwarze Strömung einen nord-östlichen Lauf. Nach eingetretener Gabelung drängt sich der kleinere, linke Arm bis zur Behringsstrasse, und durch diese hindurch in das nördliche Eismeer, dem kalten Wasser dieses Polarbeckens den Ausgang fast gänzlich verschliessend. Der grössere, rechte Arm, die Nordpazifische Strömung, berührt die Südküste der Aleuten, um dann von der Ostküste Nordamerika's gehemmt, südwestlich herabfliessend sich schliesslich mit der Nord-Aequatorialströmung wieder zu vereinigen, während ein kleinerer Arm als Mexikanische Küstenströmung der Westküste entlang bis zum Aequator hinabfliesst.

Eine kalte, polare Strömung erzeugt sich im nördlichen Stillen Ocean, ausser einem geringen Zufluss durch die Behringsstrasse, nur im Behrings- oder Ochotskischen Meer, sowie im nördlichen Theile des Japanischen Meeres.

Im Atlantischen Ocean nimmt die Strömung wegen der vom Stillen Ocean verschiedenen Gestaltung seines Beckens einen etwas modificirten Verlauf.

Eine mächtige polare Wassermasse drängt sich, wie schon oben bemerkt, als Cap-Horn-Strömung zwischen den Feuerlandsinseln und dem eisumstarrten Südpol in den Atlantischen Ocean; andere südpolare Strömungen zwischen Amerika und Afrika, wie die Antarktische Drift treten noch hinzu. Das hervorspringende südliche Afrika tritt ihrer östlichen Bewegung entgegen. Der Strom spaltet sich. Ein Theil drängt sich in den Indischen Ocean; ein anderer Theil verfolgt als Südatlantische Strömung in nördlicher Richtung die Westküste Süd-Afrika's bis zum Meerbusen von Guinea und fliesst dann als Aequatorial-Strömung westlich. Der östlichste Vorsprung Brasiliens theilt

ihn nun in zwei Arme, von welchen der südliche theils der Ostküste Südamerika's entlang, als Brasilianische Strömung in süd-süd-westlicher Richtung fließend, sich zwischen den Feuerlands- und Falklands-Inseln verliert, theils in einer Ellipse als Südliche Verbindungs-Strömung nach dem Cap der guten Hoffnung zurückfließend, sich wieder mit der Südatlantischen Strömung vereinigt. Der nördliche Arm fließt als Guyanische Küstenströmung der Nordostküste Süd-Amerika's entlang, drängt sich durch die kleinen Antillen in das Caraimische Meer, und von diesem in den Mexicanischen Meerbusen, um nun mit gewaltiger Macht zwischen Florida und Cuba sich hindurchdrängend, als Golfstrom im Nord-Atlantischen Ocean wieder aufzutreten. An der Ostküste der Vereinigten Staaten in nordöstlicher Richtung hinziehend, und nur einen schmalen Raum für eine polare Strömung zwischen sich und der Küste lassend, theilt er sich auf der Höhe von Neufundland und dem Biscayschen Meerbusen, zwischen 40° und 50° N. B., in mehrere Arme. Der südlichste wendet sich gegen die Küste Spaniens, schickt einen Theil seines Wassers nach der Meerenge von Gibraltar, fließt dann in südlicher Richtung an der Westküste Nordafrika's hinunter und wendet sich, nachdem er die kleine Nordafrikanische Strömung, welche die Küste in ihren Windungen bis zum Aequator begleitet, abgegeben, westlich, um als Nördliche Aequatorial-Strömung wieder den Antillen und Bahama-Inseln zuzufliessen. Der westlichste Arm dringt an der Westküste Grönlands entlang durch die ganze Baffinsbay bis in den Lancaster-Sund; ein anderer umspült im Sommer die Küsten Islands. Während in derselben Jahreszeit ein vierter die Westküste von Spitzbergen bis hoch im Norden erwärmt, geht der östliche Zweig dieses Armes die Westküste von Irland, Schottland und Norwegen hinauf, dublirt das Nordeap und entzieht sich, die Küsten Nowaya Semlya's bespülend, allmählig unserer Beobachtung.

Das überschüssige Wasser des Nordpolar-Beckens sucht nun, so gut es geht, d. h. soweit es der gewaltige Golfstrom und die Configuration der arctischen Länder es zulassen, an der Ostküste von Grönland, sowie an den Ostküsten des Baffinslandes und von Labrador einen Ausweg in den Atlantischen Ocean. Sein Weg ist an der Ostküste von Nordamerika bis fast zur Südspitze von Florida zu verfolgen.

Der Indische Ocean ist auf seiner Nordseite ganz verschlossen, von hier aus kann also weder ein Zu- noch Abfluss stattfinden. Auf seiner Westseite legt sich ihm Afrika als Barrière entgegen, während ihm die Ostseite nur einige schmale Auswege zwischen den Inselgruppen, welche sich von Hinterindien bis Neuholland erstrecken, gestattet. Die Südseite ist dagegen für das Eindringen der Gewässer des Polarmeeres weit geöffnet. Dieser Configuration entsprechend, gestaltet sich denn auch das Verhalten der Strömungen.

An der Südwestspitze von Neuholland bricht sich ein von Westen und Südwesten kommender breiter Polarstrom, theilt sich hier in zwei Arme, von welchen der eine um die Südspitze von Neuholland in den Stillen Ocean abweicht, während der andere, die Westküste dieses Festlandes in nördlicher Richtung verfolgend, sich wiederum gabelt und einen Theil seines Wassers der Nordseite von Neuholland entlang in den Stillen Ocean sendet, während der andere auf der nördlichen Seite des Wendekreises des Steinbocks, gleich den äquatorialen Strömungen des Atlantischen und Pacificischen Oceans, eine westliche Richtung nimmt, um sich dann auf dem Wege nach Madagasear in mehrere Arme zu spalten, von welchen der rechte nordöstlich, der linke südöstlich sich wendet, um nun langgestreckte Ellipsen mit dem Hauptstrome zu bilden. Der mittlere Arm dagegen setzt noch seinen westlichen Lauf fort, umfasst Madagasear und sucht, als Mozambique-Strömung an die Südostküste Afrika's gedrängt und dieser entlang, in schnellem Lauf, als Agulhas-Strömung, vergeblich einen Ausweg um das Nadelcap; die Nadelbank und die entgegenströmenden mächtigen Wassermassen zwingen ihn vielmehr zum Rücklauf, um theils aufs Neue den Kreislauf im Indischen Ocean zu beginnen, und theils bei den Kerguelen-Inseln einen Ausfluss in das Südpolar- Meer zu finden.

Ein Blick auf die Karte lässt uns in der nördlichen Hälfte dieses Oceans bis 10° nach Süden über den Aequator hinaus ein complicirtes System von Bewegungen sehen, welche durch die Jahreszeiten bedingt werden, und deren Erklärung und Entwirrung wir später versuchen wollen.

Aber nicht blos im Indischen Ocean, in allen Meeren verändern sich die Strömungen mit der Jahreszeit, nach dem Stande der Sonne. Sie heben sich im Sommer nach Norden und senken sich im Winter nach Süden.

So liegen im Grossen und Allgemeinen die Thatsachen.

Sehen wir nun, wie man dieselben hat zu erklären sich bemüht; untersuchen wir, ob die aufgestellten Theorien mit den eben geschilderten Vorgängen übereinstimmen, und, wenn nicht, — wie letztere sich auf eine einfache, überzeugende und der Wirklichkeit nicht widersprechende Weise erklären lassen.

In dem umfassenden »Lehrbuch der Meteorologie«^{*)}, durch welches dessen Autor, E. E. Schmid, sich grosse und bleibende Verdienste um die Wissenschaft erworben, werden die Ansichten über die Meeresströmungen und ihre Ursachen in folgender Weise zusammengefasst:

»Die Erwärmung des Meeres geschieht ungleichförmig an seiner freien Oberfläche. Bedeckte dasselbe gleichmässig die Erd-feste, so würde überall an der Oberfläche eine Strömung von den warmen Aequatorialgegenden nach den kalten Polargegenden fliessen, überall in der Tiefe ein entgegengesetzter Rückstrom . . .

»Zu diesen allgemeinen Bedingungen der Entstehung von Polar- und Aequatorialströmungen bringt jedoch die Kugelgestalt der Erde in Zusammenwirkung mit der Gravitation und mit der täglichen Umdrehung ebenfalls allgemeine Entwicklungsgesetze hinzu, die Ungleichförmigkeit und Unebenheit des Meeresbodens und der Erdoberfläche aber besondere Beschränkungen . . .

»Wäre die Erde eine ruhende Kugel, so würden die Aequatorial- und Polarströme in derselben Richtung, in welcher sie beginnen, fortschreiten; ihre Bewegung wäre eben eine einfache. Aber die Erde dreht sich täglich von Westen nach Osten um ihre Axe, und die Bewegung der Ströme ist eine aus dem nord-südlichen thermisch bedingten Antrieb und aus dieser west-östlichen Rotationsgeschwindigkeit zusammengesetzte . . .

»Die Meeresströme fliessen zwischen dem stromfreien Wasser fast wie die Landströme zwischen ihren festen Ufern, aber mit einer oft unvergleichlich grösseren Mächtigkeit und Geschwindigkeit. Der Temperaturunterschied zwischen ihnen und dem stromfreien Meere ist so gross, dass über ihre Zurückführung auf Temperaturunterschiede kein Zweifel sein kann . . .

»Zu der directen Erregung der Meeresströme durch die Wärme

^{*)} Karsten's Allg. Encyklop. d. Physik. XXI. Band. Lehrbuch der Meteorologie von E. E. Schmid. 1860. p. 461 ff.

tritt eine indirecte hinzu; sie wird durch Verdampfung und Regenfall vermittelt, die sich ja nur zufällig an einem Orte das Gleichgewicht halten werden.«

Mühry, welchem der Verdienst gebührt, in seiner »Lehre von den Meeresströmungen«^{*)} diese Theorie am consequentesten durchgeführt und auf alle Theile des Weltmeeres angewandt zu haben, fügt der ungleichen Erwärmung und der Rotation noch ein drittes, von Maury besonders verwendetes^{**}) Moment hinzu: die Compensation, und sucht aus deren Zusammenwirken die gesammten Strömungen im Einzelnen zu erklären. Hören wir ihn selbst:

»In der gesammten oceanischen Wassermasse auf der von West nach Ost hin sich umwälzenden Erdkugel bestehen zwei permanente sich durchkreuzende Bewegungen, welche die fundamentalen Ströme, oder gleichsam die Achsen aller übrigen bilden. Die eine ereignet sich der Länge nach, längs dem Aequatorgürtel, sie ist die longitudinale, die andere ereignet sich der Breite nach längs den Meridianen, zwischen dem Aequator und den Polargebieten, sie ist die latitudinale. Die Ursache der ersten dieser Bewegungen ist die Rotation der Erdkugel um ihre Achse unmittelbar, diese Strömung von Ost nach West hin fließend ist Function der Centrifugalkraft (wobei die Wirkung des Passatwindes nicht verkannt werden soll); die andere Bewegung hat zu ihrer Ursache die permanent bestehende Temperatur-Differenz des Meereswassers zwischen den Polen und dem Aequator, in Folge deren innerhalb der oberen Schichten das kältere und daher schwerere Wasser der höheren Breiten der Gravitation gemäss fortwährend nach dem wärmeren und daher leichteren Wasser der unteren Breiten fließen muss. Man beachte wohl, dass die Gravitation wieder die eigentliche ursprüngliche zu Grunde liegende Kraft ist, wie bei den Luftströmen.

*) Ueber die Lehre von den Meeresströmungen. Untersuchungen von Dr. A. Mühry. 1869.

***) Maury, Explanations and Sailing Directions etc. 1852. p. 46: »In studying the system of oceanic circulation, I have found it necessary to set out with the very obvious and simple principle, viz: that from whatever part of the ocean a current is found to run, to the same part a current of equal volume is obliged to return. — Upon this principle is based the whole system of currents and counter-currents of the air as well as of the water.«

»Als dazu gehörend besteht für jede der beiden Bewegungen nothwendig ein rückkehrender Compensations-Ström, und so sind beide Bewegungen vollständiger zu nennen Circulationen; denn ein jeder bestehender Meeresstrom muss secundär einen ersetzenden Rückstrom veranlassen, zur Bewahrung des Gleichgewichts in horizontaler Ausdehnung am Orte des Abflusses.« *)

Der Vollständigkeit halber wollen wir, in der Zeit rückgreifend, noch hinzufügen, dass die Hypothese von der Einwirkung der Rotation zuerst von Keppler, Kant, Fourier und Arago deutlich und bestimmt ausgesprochen wurde, **) während der im Urtheilen so vorsichtige Humboldt, dem die Geophysik in ihrer jetzigen Gestaltung hauptsächlich ihren Ursprung verdankt, dieser Theorie offenbar misstraut und der von Franklin aufgestellten Meinung, dass die Passatwinde die Ursache des Golfstroms seien, verbunden mit der Einwirkung der Fluthzeit grösseres Gewicht beizulegen scheint. ***) Andere auf die Gezeiten, die Wellen, den verschiedenen Salzgehalt der Meere etc. ge-

*) Mühry a. a. O. p. 3.

**) Keppler. S. Opera omnia, ed. Frisch, Vol. VI. 1866, Epitome astron. Copern. L. I. 5, VII, de motu terrae diurno p. 180: »Experientia nautica deprehensum est, difficilius et longiori temporis spatio navigari oceanum Africanum in orientem quam in occidentem, propterea quod is motu perenni ruat in occasum . . . ipse tamen circumstantiae jam numeratae videntur adjungere Lunae etiam inertiem naturalem aquarum ad motum restitantium in occidente, cum terra se subducatur in orientem.«

Kant, Physische Geographie B. I ed. Rink § 29: »Die allgemeine Bewegung des Oceans von Ost nach West rührt her von der Umdrehung der Erde um ihre Achse von West nach Ost, indem dadurch das Wasser gleichsam zurückgeschleudert wird.«

Fourier (in Annales de chim. et phys. 1824, pag. 140): »la force centrifuge . . . deplace . . . les parties . . . de l'océan, elle y entretient des courants réguliers et immenses.«

Vergl. Mühry a. a. O. p. 6 u. 7.

***) Poggendorff's Annalen 1827 p. 5. In dem Artikel »Ueber die Hauptursachen der Temperatur-Verschiedenheiten auf dem Erdkörper« sagt A. v. Humboldt: »Ich brauche nicht in Erinnerung zu bringen, wie die von den Passatwinden immer gleichförmig bewegten Wasser des Atlantischen Oceans, gegen den vorstehenden Damm der Landenge von Nicaragua getrieben, sich nordwärts wenden« . . .

Kosmos 1845 p. 326: »Die allgemeine Bewegung der Meere zwischen den Wendekreisen von Osten nach Westen (Aequatorial- oder Rota-

gründete Hypothesen übergehen wir als von der Wissenschaft fallen gelassen. Maury, welcher sich für keine der angeführten entscheiden mag, begnügt sich, als hinreichend für seine Erklärungen, mit der Compensation, *) welche Mühry dann, wie wir gesehen haben, als drittes Moment, der ungleichen Erwärmung und Rotation hinzufügt.

Das physikalische Grundgesetz, auf welchem die thermalen Meeresströmungen beruhen, lässt sich so aussprechen:

Wird eine im Gleichgewicht befindliche Wassermasse an einer Stelle erwärmt, und somit ausgedehnt, leichter, so sucht das kältere, schwerere Wasser das Gleichgewicht wieder herzustellen: es fällt von der nicht, oder weniger, erwärmten Stelle zu der erwärmeren, und zwingt das erwärmte, leichtere, nach oben abzufließen.

Da nun die Erde in den Aequatorialgegenden stärker erwärmt wird, als in den höheren Breiten, so strömt das kältere Wasser der letzteren nach der erwärmeren Zone und das Wasser dieser sucht sich einen Abfluss.

»Wäre die Erde eine ruhende Kugel,« — sagt Schmid**) — so würden die Aequatorial- und Polarströme in derselben Richtung, in welcher sie beginnen, fortschreiten; ihre Bewegung wäre eben eine einfache.«

Nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick scheint, denn wir müssen dabei drei Fälle unterscheiden:

Wäre z. B. die Erde eine ruhende Kugel und die Sonne stände ebenfalls still, was würde dann geschehen?

Die Sonne würde stets auf eine und dieselbe Stelle ihre wärmsten Strahlen senden, und die letzterer gegenüberliegende würde gar keine directe Wärme empfangen. Es würde auf der Erde nur ein Wärme- und nur ein Kältepol sein. Es müsste dann eine von der jetzigen sehr verschiedene Strömung eintreten.

Nehmen wir aber die Erde als stillstehend an, und doch die ganze Aequatorialgegend als gleichzeitig und gleichmässig erwärmt, so würden wir uns die Sonne nicht als eine Kugel, sondern als

tions-Strom genannt) wird als eine Folge der fortschreitenden Fluthzeit und der Passatwinde betrachtet.«

Man sieht, wie vorsichtig Humboldt hier sich ausspricht und selbst gar kein Urtheil fällt.

*) Maury a. a. O. p. 46.

**) Schmid a. a. O. § 433.

einen grossen, glühenden Reif vorstellen müssen, welcher die Erde umgäbe, wie der Ring des Saturn seinen Planeten; dann würde allerdings eintreten, was die Physiker, welche sich mit der Ursache der thermalen Strömungen beschäftigt haben, annehmen, — dann »würde überall an der Oberfläche eine Strömung von den warmen Aequatorialgegenden nach den kalten Polargegenden fliessen, überall in der Tiefe ein entgegengesetzter Rückstrom.«

Stände aber die Erde still und die Sonne bewegte sich um dieselbe von Ost nach West, so würde — und das ist übersehen worden — ganz dasselbe eintreten, was jetzt stattfindet. Und das eben ist das Punctum saliens.

Diese drei Fälle aber haben die bisherigen Erklärer der Meeres- (und, fügen wir gleich hinzu, der Windes-) Strömungen nicht auseinandergehalten und daher auch den Verlauf sich nicht klar vorstellen können.

Wir kommen nun zur Ablenkung der thermalen Ströme durch die Rotation. Die physikalische Hypothese lautet:

»Ein Punkt der Erdoberfläche . . . beschreibt nämlich täglich einen Kreis parallel dem Aequator, dessen Durchmesser gleich ist dem Abstände des Punktes von der Erdaxe . . . Wird nun von irgend einer Breite aus eine Aequatorial- oder Polarströmung erzeugt, so wird ihre Bahn doch nicht durch den süd-nördlichen oder nordsüdlichen Antrieb allein bedingt, sondern zugleich durch die westöstliche von der Axendrehung der Erde herrührende Bewegung. Indem eine Polarströmung zu niedrigeren Breiten gelangt, behält sie die westöstliche Rotation des Ortes, von wo sie ausging, mit unveränderter Geschwindigkeit bei« . . . *)

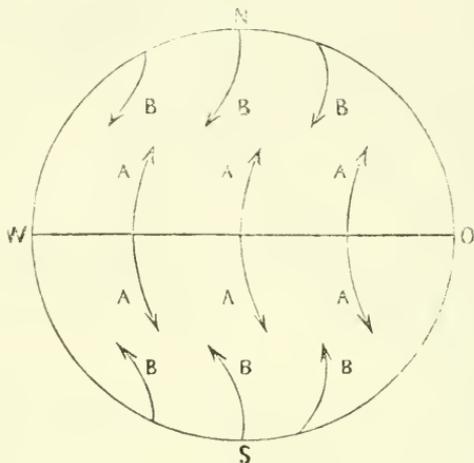
Fangen wir, wie unsere Vorgänger, nochmals bei der ruhenden Erdkugel an, auf welcher sich das Wasser ebenfalls in überall ruhendem Gleichgewicht befinden muss, und lassen wir, in Gedanken, die Rotation beginnen. Das Meer würde ohne ungleichmässige Erwärmung auf allen Punkten der Erde die Rotationsgeschwindigkeit der Breiten haben, auf welchen es sich befindet, aber nirgend seinen einmal eingenommenen Platz verlassen. Nun erscheint plötzlich die Sonne auf ihrer jetzigen Stelle, im Bereiche der Erde, und erwärmt das Meer in der Aequatorialgegend.

Wie müsste sich nothwendig der Verlauf gestalten, wenn die

*) Schmid a. a. O. § 433.

Hypothese von der Einwirkung der Rotation auf die Ablenkung der thermalen Strömungen gegründet wäre?

Suchen wir uns dies durch eine graphische Darstellung zu veranschaulichen.



Die polare Strömung müsste auf ihrem Wege, um das durch die starke Erwärmung in den Aequatorialgegenden gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, — wenn sie wirklich »die westöstliche Rotation des Ortes, von wo sie ausging, mit unveränderter Geschwindigkeit« beibehielt, auf der nördlichen Halbkugel in südwestlicher, und auf der südlichen Halbkugel in nordwestlicher Richtung abweichen, wie die Pfeile *BB* . . . auf der Zeichnung.

Die in den Aequatorialgegenden erwärmten Wasser müssten ihrerseits, wegen ihrer grösseren Rotationsgeschwindigkeit, bei ihrem Abfließen nach höheren Breiten, nach Norden in nordöstlicher, und nach Süden in südöstlicher Richtung laufen, wie die Pfeile *AA* . . .

Die warmen und kalten, die Aequatorial- und Polarströme müssten dort, wo ihre Kräfte sich das Gleichgewicht halten, noch stärker ausbiegen, oder stillstehen, oder der eine Strom müsste untertauchen und den andern über sich hinweggehen lassen. Auch in letzterem Falle würde die Richtung dieselbe bleiben.

Aber finden wir dies durch die That bestätigt? Im Gegenteil; wir sehen die Strömungen selbst dort, wo sie den freiesten

Spielraum, wie in der südlichen Hälfte des Grossen Oceans haben, gerade in entgegengesetzter Richtung sich bewegen.

Wäre es die Rotation, welche die Ströme lenkte, so würden ja in diesem Ocean die Aequatorialströme statt von Amerika nach Asien, von Asien nach Amerika fliessen müssen, und die Compensation durch den antarktischen Polarstrom würde, statt der amerikanischen, im Gegentheil der australischen Küste entlang stattfinden.

Nun sehen wir sogar auf dem Aequator selbst eine östliche Strömung, die äquatoriale Gegendrift, welche also eine grössere Geschwindigkeit haben muss als die Rotationsgeschwindigkeit der Breiten, in welchen sie entsteht, selbst.

Ganz denselben Verlauf wie im südlichen Stillen Ocean sehen wir im südlichen Atlantischen und selbst im Indischen Ocean sich vollziehen.

Könnten wir den arctischen Strömungen, soweit sie bis jetzt bekannt sind, eine von der hemmenden Gestaltung des Nordpolarbeckens unabhängige, selbständige, nur von den thermalen Einflüssen und der Rotation bedingte Richtung zuschreiben, so würden wir finden, dass sie allein von allen Strömungen der Rotationstheorie gemäss sich bewegen. Aber dann wäre es um so auffälliger, dass sie gerade den entgegengesetzten Lauf der antarktischen Strömungen nehmen, dass sie nämlich statt einer östlichen Richtung, wie sie die südpolaren Strömungen zeigen, eine westliche besitzen: denn der aus der Hudsons- und Baffins-Bai kommende kalte Strom drängt sich an der Ostküste Amerika's entlang, und die von beiden Seiten Spitzbergens herkommenden nehmen ebenfalls eine westliche Richtung. Wir hätten also in den nördlichen Polargegenden eine Richtung nach Westen, und in den südlichen eine solche nach Osten.

Vergeblich wird man suchen, diesen Widerspruch mit der Rotationstheorie in Einklang zu bringen. Ebensowenig wird man uns zumuthen können, die Richtung der überall gehemmtten nordpolaren Ströme als die gesetzmässige und die, der im freiesten Spielraume sich bewegend, südpolaren als Ausnahmen von der Regel, als zufällige zu betrachten — wie sehr man auch die »Compensation« zu Hülfe rufen mag.

Eine nothwendige Consequenz der Rotationstheorie ist auch folgende Annahme:

»Dass Ströme beim Uebergreifen aus einer Hemisphäre in die andere ihre Ablenkung zuerst verlieren, dann in die entgegengesetzte umkehren, versteht sich aus den vorigen Betrachtungen von selbst. Setzt sich ein nordöstlicher Polarstrom« (d. h. ein südwestlich fließender) »der nördlichen Hemisphäre über die südliche Hemisphäre fort, so geht er durch Nord nach Nordwest« (d. h. auf die Richtung bezogen: durch Süd nach Südost) »über, und ebenso ein südöstlicher« (d. h. in nordwestlicher Richtung fließend) »der südlichen Hemisphäre durch Süd nach Südwest« (d. h. durch Nord nach Nordost fließend).*)

Der Südatlantische Strom müsste also, wenn die Rotation seine Richtung bedingte, nachdem er der Südwestküste Afrika's hinabgeflossen und in nordwestlicher Richtung den Aequator überschritten hat, was zwischen dem 10. und 20° w. L. Greenw. stattfindet, sich nach Osten umdrehen. Statt dessen aber geht er mit vermehrter Geschwindigkeit durch 80 Längengrade in west-nordwestlicher Richtung weiter, bis er — nachdem er einen Weg durchlaufen, der, wenn wir zugleich die diagonale Richtung von circa 20° nach Norden mit in Rechnung ziehen, über ein Viertel des Erdumfangs beträgt, und erst nachdem er im Caraibischen Meer und Mexicanischen Meerbusen überall mit dem Kopfe angestossen, — sich endlich besinnt, dass er ja der Theorie nach schon beim Ueberschreiten des Aequators (d. h. wenn wir seine mittlere Geschwindigkeit zu 20 g. Seemeilen in 24 Stunden**) annehmen, seit ungefähr dreiviertel Jahren verpflichtet gewesen, nach Osten einen Ausweg zu suchen.

Wir sehen ferner, soweit bis jetzt Beobachtungen vorliegen, dass sich die Meeresströme, analog den Passatwinden, im Sommer anders verhalten als im Winter, dass sie im Allgemeinen in unserem Sommer sich nach Norden heraufbewegen und im Winter nach Süden hinab.

»Wenn der Golfstrom die Küsten der Vereinigten Staaten verlässt, fängt er an, seinen Weg durch den Ocean, den

*) Schmid a. a. O. p. 464. Schmid's Bezeichnung der Drehungen ist von den Winden genommen, welche nach ihrer Herkunft benannt werden; auf die Meeresströme bezogen, muss die Richtung bezeichnet werden, welche dieselben nehmen; ich habe diese in Klammern zur Erläuterung beigelegt.

**) Berghaus, Chart of the World. 7. Aufl.

Jahreszeiten gemäss abzuändern. Die Grenze seines Nordrandes liegt bei seinem Durchgange durch den Meridian des Cap Race im Winter zwischen $40-41^{\circ}$ N. Br. und im September, wenn die See am wärmsten ist, zwischen 45 und 46° N. Br.« *) Im Sommer steigt die äusserste Spitze des Golfstromes über Spitzbergen und den 80° N. Br. hinaus, während er im Winter nicht bis zur Bären-Insel reicht. **)

Der Mozambiquestrom an der Südost-Küste Afrika's biegt »während des Sommers (Februar und März) in einem weiten, 13° östl. L. Greenwich und 45° südl. Br. berührenden Bogen, während des Winters (Juli) in einem kürzeren zwischen 16° ö. L. und 41° südl. Br.« nach Osten um. ***)

Auch der Malabarstrom im Indischen Ocean fliesst von April bis October von Westen nach Osten und von October bis April von Osten nach Westen; anderer kleinerer Strömungen, die einem ähnlichen Wechsel unterliegen, nicht zu gedenken. †)

Dass auch ein solches Heben und Senken bei den Aequatorialströmen stattfinden müsse, sehen wir aus dem Verschieben der Isothermen der Meeresoberfläche je nach den Jahreszeiten. ††)

*) Maury-Böttger, Die phys. Geogr. des Meeres. 1859. p. 29.

**) Vergl. die Karten in Petermann, Der Golfstrom, in »Mittheilungen«, 16. Bd. 1870. VI. u. VII. Theil.

***) Schmid a. a. O. p. 470.

†) Vergl. Berghaus, Chart of the World, 7. Aufl. Ferner: Berghaus phys. Atlas, Abthlg. Hydrographie No. 4. Schmid a. a. O. p. 471. f.

††) Schmid a. a. O. p. 254 ff. u. Atlas dazu, Taf. II—V. Man vergleiche namentlich die Isotherme von 80° F. deren diagonalen, aber dem Atlantischen Aequatorial-Strom parallelen Verlauf ihre Beziehung zu diesem am deutlichsten nachweist: »Auf der nördlichen Hemisphäre erreicht sie die höchste Breite im August und September, nahe der amerikanischen Küste beinahe den 40sten Breitengrad und läuft östlich bis in die Mitte des Atlantischen Oceans; hier biegt sie steil um in der Richtung etwa gegen Cap Palmas; im August scheint sie jedoch die afrikanische Küste nicht zu berühren, wie im Juli . . . Vom October an geht sie rasch rückwärts, bis zum Februar, wo ihre Lage etwa 5° n. Br. ist . . . Vom Januar bis zum April nimmt sie das Caribische Meer und bis zum Juli den Golf von Mexico ein, zieht sich den Küsten entlang bis zu 40° n. Br. und von da als eine schmale Zunge zwischen 35 und 40° n. Br. östlich bis 55° w. L. (Greenwich) . . . Auf die südliche Hemisphäre scheint dieselbe Isotherme — auf Maury's Karten ist die Linie nicht ausgezogen — während des August nur in der Nähe der Küste und nur wenig überzugreifen, und auch im September schneidet sie . . . fast ganz mit dem Aequator ab. Den weitesten

Aber die Strömungen heben und senken sich nicht bloß mit dem Stande der Sonne; auch ihre Geschwindigkeit ändert sich nach derselben.

»Mit der Temperatur des Caraibischen Meeres und des Golfs von Mexico nimmt auch der Golfstrom jährlich an Intensität zu und ab. Seine mittlere Geschwindigkeit in den Engen von Bemini ist im März nur $\frac{3}{4}$ geogr. Meilen in der Stunde, im September $\frac{5}{4}$.« *)

Wäre es die Rotation, welche die Ablenkung der Strömungen veranlasste, so müsste in allen Jahreszeiten derselbe Verlauf stattfinden, oder wir müssten annehmen, dass ihr Angriffspunkt im Sommer ein anderer sei als im Winter; und doch kann, der Natur der Sache nach, ihre grösste Wirkung sich stets nur an einer und derselben Stelle, am grössten Kreise, also nur am Aequator geltend machen.

Wir haben nun aber bereits drei Bewegungen kennen gelernt, welche von allen Geophysikern dem Stand der Sonne zugeschrieben werden:

1. die allgemeine thermale Bewegung von den Polen zum Aequator und umgekehrt, hervorgerufen durch die ungleiche Erwärmung in den verschiedenen Breiten während des ganzen Jahres;
2. das Sich-Heben und Senken der longitudinalen Strömungen von Norden nach Süden und umgekehrt, je nach der Jahreszeit, veranlasst durch das Sich-Heben und Senken der Sonne zwischen den Wendekreisen und
3. die grössere oder geringere Geschwindigkeit dieser Strömungen, welche ebenfalls durch die Verschiebung des Laufes der Sonne zwischen den Wendekreisen während des Jahres bedingt wird.

Wenn man nun den jährlichen thermalen Einflüssen der

Raum umspannt sie im Februar, zwischen der südamerikanischen Küste und dem 20° w. L. (Greenwich) bis nahe 25° s. Br.; im Januarmittel erscheint sie wieder sehr zurückgedrängt; im März und April erreicht sie eine mittlere südliche Breite von 10°; von da geht sie wieder bis zum August rückwärts, stets mit der brasilianischen Strömung der Küste von Südamerika entlang in höhere Breiten geführt als auf der afrikanischen Seite.« In dem Herauf- und Hinabrücken der Stille-Gürtel sehen wir deutlicher das analoge Verhalten der Winde.

*) Schmid a. a. O. p. 468.

Sonne, modificirt durch die Neigung der Erdaxe zu ihrer Bahn, solche mächtige Bewegungen der Gewässer der Oceane zugeschrieben hat und zuschreiben musste; wie kam es, dass man nicht auch den täglichen Stand der Sonne in Rechnung zog, um eine dritte Modification der Bewegung der Meere, nämlich die Ablenkung von ihrem meridionalen Lauf zu erklären?

Die einfache Antwort darauf ist wohl: weil das Wort »Rotation« einmal ausgesprochen war; — wenn auch ausgesprochen zu einer Zeit, wo unsere Kenntnisse von den Meeresströmungen noch die allerdürftigsten waren, aber gestützt durch Namen wie Keppler, Kant u. s. w.

Aber so wie die ungleiche Erwärmung des Meeres in den verschiedenen Breiten durch die Sonne es ist, welche die meridionalen Strömungen erzeugt, so kann es auch nur die ungleiche Erwärmung durch das tägliche Fortrücken der Sonne von Osten nach Westen sein, welche die Ablenkung der Ströme von dieser meridionalen Bahn hervorruft.

Der mit dem Thermometer messbare Unterschied der stündlichen Erwärmung der Meeresoberfläche ist zwar nur ein geringer, aber die Differenz zwischen den zwei Sommern und zwei Wintern der Aequinoctialgegend beträgt weniger als der Unterschied zwischen Tag und Nacht.*) Wenn nun dieser geringere Unterschied zwischen den Sommern und Wintern der Aequinoctialgegend den Golfstrom um fünf Breitengrade herabzuziehen vermag, so werden wir wohl dem grösseren Unterschiede zwischen Tag und Nacht auch eine grössere Wirkung auf die Meeresbewegungen zuschreiben müssen.

Auch bei dieser täglichen ungleichen Erwärmung und der mit ihr verbundenen Evaporation muss nothwendig stets das weniger erwärmte, und durch Verdunstung weniger verminderte Wasser zur Herstellung des Gleichgewichts dem mehr erwärmten und durch Verdunstung zugleich stärker verminderten zuströmen; — und wenn die Erwärmung und Verdunstung fortschreitend ist, so muss auch die dadurch erzeugte Bewegung eine fortschreitende sein.

Sobald der erste Strahl der Sonne das Meer trifft, beginnt die Wirkung. Sie nimmt gradatim zu bis zur Culmination —

*) Schmid a. a. O. p. 114. § 165.

und, wie die Erfahrung zeigt, noch längere Zeit darüber hinaus — um dann ebenso stufenweise und langsam wieder abzunehmen. Aber beim letzten Strahl kommt nicht die grösste Abnahme zur Geltung, sie tritt erst viel später ein — kurz vor Aufgang der Sonne.

Verfolgen wir nun den scheinbaren Lauf der Sonne; behalten aber dabei im Gedächtniss, dass die Meere zwar auf der nördlichen Seite durch die Continente zum Theil von einander geschieden, ihr Zusammenhang aber auf der südlichen Seite nicht unterbrochen ist.

Ungefähr um unsere Mittagszeit, wenn die Sonne durch den Meridian von Hamburg, Ulm, Tunis und der Bai von Biafra, dem Anfange des Meerbusens von Guinea, geht, und dort ihre grösste Wärme entwickelt, beleuchten ihre letzten Strahlen noch den ganzen Indischen Ocean bis Sumatra, während ihre ersten bereits auf den Stillen Ocean an der Küste von Ecuador fallen. Mit jeder Stunde schreitet ihr Höhepunkt um 15° nach Westen vor. — Um 4 Uhr culminirt sie über der Mündung des Amazonenstromes; ihre Strahlen reichen im Grossen Ocean bis zu den Marquesas-Inseln, während sie im Osten den Indischen Ocean an der Ostküste Afrika's verlassen. Um 6 Uhr culminirt sie über dem Anfang des Grossen Oceans an der amerikanischen Westküste und sendet ihre westlichen Strahlen bis über die Mitte dieses Oceans — bis zu den Phoenix- und Samoa- oder Schiffer-Inseln; aber ihre letzten verlassen den Atlantischen Ocean an der Westküste von Afrika. Um 10 Uhr culminirt sie über den Marquesas-Inseln; ihr letzten östlichen Strahlen verlassen den Atlantischen Ocean an der Mündung des Amazon, während ihre ersten, westlichen über Neu-Guinea hinweg bereits die Molukken erreichen. Um 12 Uhr Nachts nach unserer Zeit culminirt sie über der Mitte des Grossen Oceans, dem Meridian, welcher das Ostcap an der Behringsstrasse im Norden, und die Samoa-Inseln im Süden schneidet; während ihre östlichen Strahlen noch bis zum Anfange des Grossen Oceans an der Westküste von Südamerika reichen, berühren ihre ersten, westlichen das Ende dieses Oceans und bescheinen bereits die Halbinsel Malacca und die Insel Sumatra, und reichen bis in den Indischen Ocean selbst. Um 6 Uhr Morgens n. u. Z., culminirt sie über dem Anfang des Indischen Oceans, der Strasse von Malacca; ihre letzten

Strahlen verlassen die Mitte des Stillen Oceans, während ihre ersten, westlichen, ganz Afrika bescheimen und bereits den Atlantischen Ocean unter dem Meridiane berühren, von welchem wir ausgegangen sind.

Wir sehen also, dass um 12 Uhr Mittags nach unserer Zeit die ersten Strahlen der Sonne auf den Grossen Ocean im Osten um dieselbe Zeit fallen, in welcher ihn ihre letzten im Westen verlassen. Die Bestrahlung und ihre Wirkung ist in diesem Oceane eine ununterbrochene, selbst des »todten Punktes« ermangelnd.

Die erste Erwärmung vom geringsten täglichen Betrage bis zum höchsten am Mittag findet demnach in diesem Meere an der Westküste Amerika's statt, und schreitet von hier aus in 12 Stunden successive über das ganze weite Becken nach Westen fort. Der erste Zudrang kälteren Wassers muss also auch an der Westküste Amerika's erfolgen, einmal, weil hier die Erwärmung beginnt, und zweitens, weil hier während des Umlaufes der Sonne um die Erde auch die verhältnissmässig grösste Abkühlung des Wassers eingetreten ist.

Dieser Zudrang des kälteren Wassers darf nun aber nicht als ein Fliessen im gewöhnlichen Sinne betrachtet werden, welches von den Polen aus seinen Anstoss erhält, sondern als ein Fallen des kälteren, schwereren Wassers in das nächste wärmere und daher aufgelockerte; ein Fallen, das sich ohne Unterbrechung am Anfangspunkte wiederholt und rückwärts ohne Unterbrechung sich immer weiter fortsetzt, und so die Bewegung erzeugt, welche uns als eine gleichmässig dahin sich bewegende Strömung erscheint. Gehen wir von dieser einzig richtigen Anschauungsweise aus, so erhält die Theorie von der Beibehaltung der Rotationsgeschwindigkeit des Ortes, von welchem die Bewegung ausgegangen*), eine ganz andere Bedeutung; d. h. sie fällt in der von den Geophysikern bisher versuchten Anwendung auf die Polarströme in sich selbst zusammen, da diese den Impuls zu ihrer Bewegung eben nicht von den Polar- sondern von den Aequatorial-Gegenden aus empfangen, und somit ihre Anfangsgeschwindigkeit gar nicht in den ersteren, sondern in den letzteren zu suchen ist.

*) Schmid a. a. O. p. 462.

Ist nun die Bewegung im Osten des Grossen Oceans erst eingeleitet, so muss dem ersten Nachsturz des benachbarten kälteren Wassers ununterbrochen ein anderer folgen, und da die Erwärmung nach Westen fortschreitet, so wird auch das nachstürzende Wasser gezwungen, ebenfalls nach Westen ihr nachzueilen, und ferner, da es seinen Ersatz stets im Rücken suchen und finden wird, so muss es sich nothwendig zu einer äquatorialen Strömung in westlicher und einer polaren in östlicher Richtung gestalten.

Hört die Bestrahlung im Westen des Grossen Oceans auf, so beginnt sie — wie wir gezeigt haben — bereits wieder im Osten; — und so sehen wir Ursache und Wirkung unmittelbar, und immer in derselben Richtung auf einander folgen.

Gäbe es keine Continente, so würden wir in der heissen Zone einen Strom finden, welcher in ostwestlicher Richtung ununterbrochen die Erde umkreiste. Den grossen Aequatorialströmungen des Pacifischen Oceans stellen sich nun aber das Australland und die Küsten Asiens entgegen und zwingen sie — da sie eben über das Festland nicht hinwegkönnen — nach Norden und Süden einen Ausweg zu suchen. Da aber in der nördlichen Hälfte dieses Oceans die immer weiter vorspringenden Küsten Asiens auch immer neue Hemmnisse bereiten, so gestaltet sich der Abfluss dieser Configuration gemäss, zu einer Curve, welche zuerst als Kuro Siwo, der einen kleineren Arm nach der Behringsstrasse sendet, und nordpazifische Strömung in östlicher und dann an der Westküste Nordamerika's in südlicher Richtung entlang ihren Lauf nimmt.

Da dieser rücklaufende Strom wohl keine grössere Geschwindigkeit als die südliche Verbindungsströmung des Atlantischen Oceans haben dürfte, nämlich 15 Meilen (60 auf einen Grad) in 24 Stunden, so braucht er über ein Jahr, um von seinem Anfangspunkte an der chinesischen Küste bis zur Küste von Californien zu gelangen. Seine Temperatur ist auf diesem langen Wege so bedeutend abgekühlt, dass er, von der grösseren Erwärmung in den Aequatorialgegenden wie ein Polarstrom afficirt, zwischen dem Wendekreise des Krebses und dem 10^o n. B. als Nord-Aequatorialstrom sich nach Westen wendet und den elliptischen Kreislauf wieder beginnt.

In der südlichen Hälfte des Grossen Oceans treten dem ausweichenden Strom im Westen die australischen Inselgruppen und

der australische Continent. und im Süden die mächtigen antarctischen Strömungen entgegen und modificiren seinen bis jetzt nicht hinreichend bekannten Kreislauf.

Im Atlantischen Ocean haben wir einen abweichenden, aber für unsere Zwecke um so belehrenderen Vorgang; denn hier treten nicht nur die polaren Strömungen, sondern der Aequatorialstrom selbst sogar in zwiefacher Weise der Rotationstheorie entgegen.

Im Süden, zwischen den Feuerlands-Inseln und dem Cap der guten Hoffnung, öffnet sich ein weiter Eingang, welcher fast ein Viertel des Erdumfanges in diesen Breiten einnimmt. Dann schnürt sich das trichterförmige Becken an den vorspringenden Küsten von Nordafrika und Brasilien bis auf ungefähr 25 Längengrade zusammen; dehnt sich jedoch in der Diagonale von dem Wendekreise des Steinbocks an der afrikanischen Küste bis zum Wendekreise des Krebses an der mexicanischen über mehr als 120 Längengrade aus; verengert sich nach Norden allmählig wieder, um — mit der Behringsstrasse verglichen — noch immer einen breiten Doppelausgang nach dem arctischen Meere zu gestatten.

Vom südlichsten Theile des Stillen Oceans und vom antarctischen Meere kann daher eine grössere Wassermasse eindringen, als der verengte Theil des Beckens zu fassen vermag; und da zugleich die grösste Erwärmung hier nicht in der schmalen Aequatorialgegend, sondern wegen der diagonalen Länge dieses Oceans zwischen dem Aequator und dem Wendekreise des Krebses im Caraibischen Meer und Mexicanischen Golf stattfindet, so wird der schon südlich vom Aequator in westliche Richtung gelenkte Strom, — nachdem er einen Arm als Brasilische Küstenströmung nach Südwesten und als südliche Verbindungsströmung nach Südosten gesandt —, direct der Rotationstheorie zuwider, über den Aequator gezogen und gedrängt, um später durch die Strasse von Beminj brechend, als Golfstrom so viel Wasser nach dem arctischen Becken zu schicken, als dies bei gehemmtem Rückfluss zu fassen vermag, und mit dem übrigen Theile im nördlichen Atlantischen Ocean einen Kreislauf zu vollziehen, wie wir ihn im nordhemisphärischen Grossen Ocean bereits kennen gelernt haben.

Die nordöstliche Drehung des Golfstroms wird natürlich ebenso von der Gestaltung der nordamerikanischen Ostküste bedingt, wie die nordöstliche Ablenkung des Kuro-Siwo oder

Japanischen Stromes im Grossen Ocean. Im Caraibischen Meer vermochte der Aequatorialstrom weder die Landenge von Panama, noch im Mexicanischen Golf die von Tehuantepec zu überschreiten. Da er somit nicht weiter westlich seinen Lauf nehmen konnte, ihm aber in Osten ein Ausweg blieb, so wählte er diesen. Seiner vermeinten Rotationsgeschwindigkeit ist dabei eben so wenig ein Verdienst zuzuschreiben, wie der nordöstlichen Richtung des Golfstroms, welcher letzterer je nach den vor- und zurückspringenden Theilen der Ostküste Nordamerika's sich ebenfalls aus- und einbiegt, bis er durch Nova Scotia, Neu-Fundland und den entgegendrängenden Labradorstrom genöthigt wird, eine fast rein östliche Richtung anzunehmen, um dann, befreit von diesen Fesseln, trotz Rotation und Anfangsgeschwindigkeit, nach allen Richtungen der Windrose zwischen West, Nord und Ost, seine Arme dem Polar-meere zuzusenden.

Wegen der Enge des arctischen Beckens müssen wir annehmen, dass der Vorgang sich hier anders gestaltet wie im antarktischen, dessen ungehemmte Wassermassen freien Zugang zu den Aequatorialgegenden haben und daher selbst auf die nördliche Hemisphäre hinüberdringen. Im Atlantischen Ocean ist es unverkennbar, dass aus seinem südlichen Theile Wasser durch den Golfstrom in den nördlichen gelangt, und eben dieser Golfstrom dürfte wohl die einzige Ursache aller Bewegungen im Nordpolar-Becken sein, indem er, dort einen Kreislauf beschreibend, sein abgekühltes Wasser als arctische Strömungen wieder hinausendet.

Die zwischen Norwegen und Grönland herabkommenden Strömungen suchen überall ihren Weg, wo ihnen der Golfstrom nicht den Ausgang versperret; einer von ihnen fliesst sogar der Westküste Grönlands herab, und an der Ostküste wieder hinauf. Der aus der Hudson- und Davisstrasse sich herabwindende Labradorstrom läuft auf der Höhe von Neu-Fundland der Rotation entgegen, bis er auf den Golfstrom stossend und diesen ebenfalls zum Ausweichen zwingend, wieder westlich ablenkt, um bei den Bahama-Inseln, trotz seines Ursprungs, der Rotation sich wieder entgegen zu bewegen.

Ein ähnliches Verhalten der polaren Strömungen zeigt sich im nördlichen Grossen Ocean. Aus dem Ochotskischen und Behringsmeere kommen kältere Wasserzüge herab, welche sich theils an der chinesischen und japanischen mit der Rotation,

und theils an der nordamerikanischen Küste, gegen die Rotation, niederen Breiten zuwenden, ohne in Wirklichkeit eine andere Regel in ihrem Laufe zu befolgen, als den mächtigeren warmen Strömungen auszuweichen.

Der Verlauf im Indischen Ocean, ist der allercomplicirteste. Nicht nur ist die von vielen grossen Busen gebildete Nordseite dieses Meeres ganz verschlossen, während die Südseite dem antarktischen Strome eine Oeffnung von einem Viertel des Erdumfanges bietet, sondern seine Ostseite steht auch durch viele Strassen mit dem Grossen Oceane in Verbindung und wird von diesem nicht wenig beeinflusst.

Zwischen dem 20. und 10. Grad s. Br. nach Berghaus und Schmid (den Aequator berührend nach Maury-Böttger),*) sehen wir auch hier einen nach Westen gerichteten Aequatorialstrom, gewöhnlich als »Passat-Drift« bezeichnet, welcher vor Madagascar angekommen, zwei normale rücklaufende Arme zeigt: einen nördlichen am Aequator sich hinbewegenden, und — analog der Brasilischen Küsten- und südlichen Verbindungsströmung im Atlantischen Ocean, und dem südhemisphärischen rücklaufenden Arme des Grossen Oceans — einen südlichen, welcher, verstärkt durch den vom nördlichen Arme abgezweigten Mozambique-Strom, nachdem er versucht hat, um die Südspitze Afrika's zu dringen, von der entgegenkommenden Antarktischen Drift des Atlantischen Oceans gezwungen, sich südlich wendet; hier aber, wiederum durch polare Strömungen gehindert, seinen Weg in gerader Linie nach Osten fortsetzt, um schliesslich an der Westküste von Neu-Holland, vermischt mit dem antarktischen Strom, wieder dem Wendekreise des Steinbocks zuzuströmen, dann theils über die Nordseite Neu-Hollands hinaus östlich nach dem Stillen Ocean fliessend, und theils als Aequatorial-Strom im Indischen Ocean seinen Kreislauf nach Westen nehmend.

Thermale und hydrodynamische Einflüsse sind hier die offenbar allein bestimmenden.

Ausserdem sehen wir aber im Indischen Ocean noch nördlich vom Aequator eine Strömung, welche vom October bis April westlich, und von April bis October östlich fliesst.

Litten die Beobachtungen in diesem Ocean nicht noch an so

*) Berghaus, Chart of the World. — Schmid a. a. O. Taf. XX. — Maury-Böttger a. a. O. Taf. VI.

vielen Lücken und Mängeln, so würde die Deutung dieser wechselnden Strömungen eine leichte sein. So weit unsere Kenntnisse jetzt reichen, können wir nur muthmassen, dass die Sonne in unserem Winter, wenn sie die südliche Hälfte dieses Beckens mit ihren senkrechten Strahlen erwärmt, im Norden des Aequators noch Raum lasse für die Entwicklung eines zweiten, nämlich eines nördlichen Aequatorialstroms, der seinen Hauptzfluss, zwischen den ostindischen und australischen Inselgruppen hindurch, aus dem Grossen Ocean bezieht; dass dagegen die Sonne im Sommer, wenn sie senkrecht über dem nördlichen Theile dieses Oceans steht, den südlichen Aequatorialstrom zu sich heranziehe, und, indem sie einen grösseren Andrang der südpolaren Wassermassen gestattet, auf der nördlichen Seite nur Raum lasse für einen rücklaufenden Strom, welcher dann genöthigt ist, seinen Ausweg nach dem Grossen Ocean zu suchen.

In Folge dieses Herauf- und Herabziehens müssen dann auch die kleineren Küstenströmungen in den nördlichen Meerbusen, wie die ähnlichen Strömungen im Grossen und Atlantischen Ocean, nach den Jahreszeiten ihren Lauf wechseln.*)

Die Ursache, welche die grossen und permanenten Strömungen in den Oceanen veranlasst, ist also eine höchst einfache.

Das in den Aequatorialgegenden stärker erwärmte und verdunstende Wasser zwingt das kältere, zur Herstellung des Gleichgewichts, sich zu ihm hinzubewegen. Da aber die Erwärmung nicht gleichzeitig in der ganzen heissen Zone stattfindet, sondern von Osten nach Westen täglich fortschreitet, so muss eben das kältere Wasser diesem Impulse folgen und mit physischer Nothwendigkeit jenen Kreislauf beschreiben, welchen wir in der That sehen.

Wir können uns den Vorgang im Grossen Ocean im Kleinen in einem Wasserbehälter, dessen Oberfläche durch aufgestreute Papierschnitzel oder Sägespähne sichtbar gemacht ist, leicht vor Augen führen. Bezeichnen wir den rechts von uns befindlichen Punkt des Randes als Nordpol und den entgegengesetzten als Südpol, die Mittellinie zwischen beiden als den Aequator, den Rand uns zunächst als die Westküste Amerika's und den gegen-

*) Leider standen mir die wichtigen holländisch- und englisch-ostindischen meteorologischen Beobachtungen nicht zu Gebote; ich war daher auf die für meine Zwecke unzureichenden Auszüge beschränkt, welche sich gelegentlich in anderen Werken finden.

überliegenden als die Ostküste Asiens und des australischen Festlandes: fahren wir nun mit einem die fortschreitenden Sonnenstrahlen darstellenden Reisigbündel oder Stab, die Oberfläche des Wassers berührend, wiederholt in der Richtung von Osten nach Westen, so sehen wir den ganzen Kreislauf, wie er auf den Karten verzeichnet ist, im Gefässe sich vollziehen.

Könnten wir ein passendes Gefäss an den gedachten Polen durch Eis fortwährend auf dem Gefrierpunkt erhalten, und zwischen diesen das Wasser, wie in der heissen Zone, von Osten nach Westen stets fortschreitend, im Verhältniss der Kraft der Sonnenstrahlen, erwärmen, so würde ohne Zweifel, ganz dieselbe Bewegung erfolgen.

Wenn es schon als Beweis der Güte einer Hypothese gilt, dass sich ihr die Mehrzahl der Thatsachen leicht einfüge*), so können wir von unserer Hypothese anführen, dass ihr keine bekannte Thatsache, kein gut beobachtetes Phänomen widerspricht, dass wir kein gewaltsame oder auch nur gezwungene Deutung nöthig haben, um diese Thatsachen und Phänomene ihr unterzuordnen; dass sich im Gegentheil durch sie alle Bewegungen der flüssigen Umhüllung unseres Erdkörpers auf die einfachste und natürlichste Art erklären.

Es erübrigt jetzt nur noch, zu untersuchen, ob die spärlichen Beobachtungen über die täglichen Maxima und Minima der Temperatur und Verdunstung der Meeresoberfläche dieser Theorie widersprechen oder dieselbe bestätigen.

Zu einem directen Beweise fehlt es uns leider gänzlich an hinreichenden Beobachtungen über die stündlichen Differenzen der Temperatur und Verdunstung des Meeres in den verschiedenen Breiten und den Aequatorialgegenden insbesondere. Das etwa vorhandene Material ist in den Schiffstagebüchern zerstreut; planmässig, wie es nothwendig wäre, ist nur an wenige Küsten beobachtet worden. Aus den bekannten Daten lässt sich nur im Allgemeinen der Schluss ziehen, dass das Maximum der Erwärmung die Mittelwärme des ganzen Tages von 24 Stunden nach Thermometermessungen nur um etwa 1^o R. übersteige.**)

*) Maury-Böttger a. a. O. p. 112.

**) Berghaus, Länder- und Völkerkunde, p. 466 ff. — Maury-Böttger a. a. O. p. 256. Berghaus nimmt den Unterschied zwischen der Wärme zur Zeit des Durchgangs der Sonne durch den Meridian und der Mittel-

Die vorhandenen Angaben über die Mittelwärme des ganzen Tages sind aber für unsere Untersuchungen fast ganz unbrauchbar. Dass die Abkühlung zu der Zeit, wo die Sonne auf der entgegengesetzten Seite der Erde sich befindet, auch in den Aequatorialgegenden grösser sein muss, als das Thermometer anzeigt, wird Jeder sofort zugeben, wenn er sich jene Quantität Wärme vergegenwärtigt, welche die Sonne durch directe Bestrahlung am Tage erzeugt, die aber während der Nacht fehlt. Die am Thermometer sichtbare Wärmemenge ist nur ein Bruchtheil der Wärme, welche in den Meeren der heissen Zone zur Wirkung kömmt. Für jede Arbeit, die sie verrichtet, hier die Ausdehnung des Wassers und die Verdunstung, geht der entsprechende Werth an Wärmemenge verloren. Die Verdunstung der Oberfläche entzieht der nächstfolgenden Schicht einen Theil ihrer Wärme. Die in Verdunstung begriffene Schicht wird zugleich salzreicher und dadurch schwerer als die unter ihr befindlichen, sie selbst muss also unter-sinken und einen Theil der Wärme in die Tiefe führen, um weniger salzreichen, wenn auch kälteren, aber leichteren Platz zu machen. Zu diesem kommt noch, dass der Druck, welcher auf dem unteren, von den Seiten stark gepressten Wasser lastet, durch die Erwärmung der Oberfläche vermindert, und so das tiefere, kältere Wasser befähigt wird, in die Höhe zu steigen, während das wärmere zugleich nach den Seiten abfließt. Es findet also eine fortwährende Mischung der kälteren mit wärmeren Schichten statt.

Aus diesen Ursachen muss die an der Oberfläche des Meeres mit dem Thermometer nachweisbare Wärme stets eine geringere sein als die thatsächlich empfangene und absorbirte. Der Unterschied zwischen dem täglichen Minimum und Maximum der Temperatur, wie wir denselben in der heissen Zone auf den Continenten sehen, gibt uns ein besseres Mittel für die richtigere Schätzung der Vorgänge, wie die Temperatur des Meeres selbst. Die letztere

wärme des ganzen Tages (von 24 Stunden) = 1° C. an. Diese Berechnung leidet für unsere Zwecke an zwei Mängeln: a. die grösste Wärmemenge gibt sich an der Oberfläche des Meeres bekanntlich erst gegen 4 Stunden nach dem Durchgange der Sonne durch den Meridian zu erkennen; und b. handelt es sich nicht um den Excess über die Mittelwärme des ganzen Tages, sondern um die täglichen Maxima und Minima. Maury kommt daher der Wirklichkeit näher, wenn er den Unterschied auf 4° (F.?) angibt.

können wir nur aus ihrer dynamischen Wirkung erkennen. *)

Aber nicht blos die oberen Schichten des Meeres sind bei der Beurtheilung der Wärmewirkung auf dasselbe in Betracht zu ziehen, sondern auch, als wesentliches Moment, die Tiefe der täglichen Einwirkung.

In der heissen Zone fehlt es uns ganz an Beobachtungen: aus der gemässigten liegen uns zweie vor. Die Untersuchungen des Capitän Thomas in der See von Harris (Outer Hebrides) erstreckten sich bis auf 60 Fuss Tiefe und wiesen hier noch eine dem Stande der Sonne folgende tägliche Differenz der Temperatur nach.**) Aimé's Beobachtungen zeigen, dass die Temperaturschwankungen im Mittelländischen Meere in 16 bis 18 M. Tiefe (die jährlichen in 300 bis 400 M. Tiefe) aufhören, sich bemerklich zu machen.***)

Die Wirkung der Strahlung überhaupt scheint sich jedoch noch viel tiefer zu erstrecken. Aus den Beobachtungen der Expedition an Bord der »Porcupine«, 1869, ergab sich für die Insolation†):

Breite 61° 21 N., am 25. August, eine Tiefe von 25 Faden,
 » 59° 35 N., am 6. Septbr., » » » 50 »

*) Nach den meteorologischen Beobachtungen in Para von Heury Bond Dewey im Jahre 1848 beträgt dort der Unterschied der Temperatur bei Sonnenaufgang und Mittag: im Winter (Decbr. Jan. Febr.) 10.27° F., im Frühling 9.20°, im Sommer 12.76°, im Herbst 12.90, und im ganzen Jahr 11.28°. Vergl. Maury Explanations 1852. p. 391. — »Von Mesopotamien berichten schon die Bücher Mosis (1. XXXI. 40), indem sie Jakob zu Laban sagen lassen: »des Tages verschmachte ich vor Hitze, und des Nachts vor Frost.« Selbst in der eigentlichen afrikanischen Wüste sinkt die Temperatur des Nachts so anhaltend und tief unter den Gefrierpunkt, dass das Wasser in den Schlänchen gefriert, während sich am Mittag die Hitze bis über 40° C. erhebt.« Schmid a. a. O. p. 137. — Barth beobachtete »auf seiner Reise in das Innere von Afrika vom Aufgang der Sonne bis zum Nachmittage oft ein Steigen von 6 auf 30, ja von 8 auf 40° Celsius.« Müller, Lehrb. der kosm. Physik. Zweite Auflage, p. 305. — Vergl. auch Humboldt in Poggendorff's Amalen 1827, p. 7, 8.

**) Papers on the Eastern and Northern Extension of the Gulfstream, Washington 1871, p. 253.

***) Aus Ann. de Chim. et de Phys. Sér. 3. 15, 33, in Schmid a. a. O. p. 195.

†) Papers on the Gulfstream p. 75.

Im Meerbusen von Biscaya:

Breite $47^{\circ} 38' N.$, am 22. Juli, eine Tiefe von 75 Faden.

Mit der Abnahme der Breite steigert sich demnach die Insolation.

Alle diese Beobachtungen aus der gemässigten Zone aber lassen uns nur annähernde Schlüsse auf die grösseren Tiefen machen, bis zu welchen sich die tägliche Erwärmung in der heissen Zone erstreckt. Es würde uns also eines directen Beweises für unsere Theorie ermangeln, wenn wir nicht auf indirectem Wege zu Schlussfolgerungen gelangen könnten, welche uns die directen Beobachtungen ersetzen. Die Mittel hierzu gewähren die Schätzungen über die vom Golfstrom den Aequatorialgegenden entführte Wärmemenge, und die Untersuchungen über die Wärmemenge, welche die Sonne in senkrechter Richtung ausstrahlt.

Nach den Berechnungen von James Croll in seiner Abhandlung über die Meeresströmungen (*»On the Ocean Currents«*, mitgetheilt in den *Papers on the Eastern and Northern Extensions of the Gulfstream*), führt der Golfstrom 5575 Milliarden und 680 Millionen Cubikfuss Wasser per Stunde oder 133,816 Milliarden 320 Millionen per Tag in den Atlantischen Ocean. Die Wärmemenge, welche er dann per Tag aus den Aequatorialgegenden fortführen muss, beträgt nach derselben Schätzung 154 Trillionen, 959,300 Billionen Fusspfund.*)

»Aus den Beobachtungen von Sir John Herschel und von Pouillet über die directe Wärme der Sonne ergibt sich, dass, wenn keine Wärme durch die Atmosphäre absorbirt würde, ungefähr

*) »From an examination of the published sections (of the Gulfstream), some years ago, I came to the conclusion that the total quantity of water conveyed by the stream is probably equal to that of a stream 50 miles broad and 1,000 feet deep, flowing at the rate of four miles an hour, and that the mean temperature of the entire mass of moving water is not under 65° at the moment of leaving the Gulf. I think we are warranted to conclude that the stream, before it returns from its northern journey, is, on an average, cooled down to at least 40° ; consequently it loses 25° of heat. Each cubic foot of water, therefore, in this case, carries from the tropics for distribution upward of 1,500 units of heat, or 1,158,000 foot-pounds. According to the above estimate of the size and velocity of the stream, 5,575,680,000,000 cubic feet of water are conveyed from the Gulf per hour, or 133,816,320,000,000 cubic feet daily. Consequently the total quantity of heat transferred from the Equatorial regions per day by the stream amounts to 154,959,300,000,000,000,000 foot-pounds.« — Nach Maury's

83 Fusspfund per Secunde auf die Oberfläche von einem Quadratfuss fallen würde, welche in einem rechten Winkel zu den Sonnenstrahlen sich befindet. Herr Meech schätzt die Menge der von der Atmosphäre absorbirten Wärme auf 22 % von dem ganzen Betrage der von der Sonne empfangenen Wärme. Herr Pouillet schätzt den Verlust auf 24. Nach der ersteren Schätzung würde also die Wärmemenge, welche von der Sonne, wenn sie im Zenith steht, auf einen Quadratfuss der Erde fällt, 64,74 Fusspfund per Secunde betragen. Bleibt aber die Sonne 12 Stunden im Zenith stehen, so würden 2,796,768 Fusspfund auf den Quadratfuss fallen.«*) Da die Sonne auf dem Grossen Ocean 12 Stunden gebraucht, um sich von der Westküste Amerika's bis zur Ostküste Asiens scheinbar zu bewegen, so erhalten wir dasselbe Resultat, wenn wir uns am Aequator einen Wassergürtel von 1 Fuss Breite denken, der von Amerika bis nach Asien geht; auf ihn schon würde nach obiger Schätzung die Sonne in ihrem täglichen Laufe mit einer Kraft von 2,796,768 Fusspfund wirken.

Wollten wir mit dieser Einheit die Wärme berechnen, welche auf einen Breitengrad am Aequator fällt, oder gar, mit in Betrachtziehung der bekannten Abnahme der Intensität der Ausstrahlung nach den höheren Breiten, wie viel Fusspfund Wärme dem Gürtel zwischen den Wendekreisen, dem Hauptgebiete der Stromablenkung, von der Sonne täglich mitgetheilt wird, so würden wir Zahlen erhalten, welche jede Vorstellungskraft übersteigen; die aber, selbst wenn wir die Schätzung, als möglicher Weise zu hoch, auf die Hälfte reduciren, uns noch immer genugsam andeuten, dass hier eine Kraft thätig ist, welche, da sie unausgesetzt und fortschreitend wirkt, im Stande sein muss, das Meer in eine unaufhörliche und nach derselben Richtung fortschreitende Bewegung zu versetzen.

Zu der grösseren Erwärmung in den niederen Breiten tritt

Annahme von der Grösse des Golfstromes würde die stündliche Wassermasse 6,165,700,000,000, und nach Sir John Herschel's Schätzung sogar 7,359,900,000,000 Cubikfuss per Stunde betragen. S. James Croll, »On Ocean Currents,« published in the London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, fourth Series, February 1870, und Papers on the Gulf-stream p. 325.

*) Papers on the Gulfstream, ibid. wo die Berechnungen noch weiter ausgedehnt werden.

nun bei dem Meere auch noch als gleich mächtig wirkender Factor die grössere Verdunstung hinzu.

Es ist ein physikalisches Gesetz: Je höher die Temperatur der Luft steigt, um so grösser wird ihre Capacität, Wasser in Dampfform aufzunehmen. Da nun die Temperatur der Luft mit dem höheren Stande der Sonne steigt, so muss also auch die Verdunstung mit dem Stande der Sonne zunehmen — also ihrem Laufe folgen!

Die Passate, welche selbst, wie wir anderswo*) nachweisen, von der successiven Erwärmung geleitet werden, dienen nun wegen ihrer grossen Trockenheit als besondere Beförderer der Verdunstung in derselben Richtung.**)

Für dieses durch die Wärme und die Passate verdunstende Wasser muss nun aber eine Compensation erfolgen. Fiele auf derselben Stelle für das verdunstete Wasser zugleich eine entsprechende Regenmenge hernieder, so wäre hiermit der Ausgleich gegeben; da dies aber bekanntlich nicht der Fall ist, so muss der Ersatz eben aus dem benachbarten Meere kommen.

Die Wirkung der täglichen successiven Anflöckerung der Meere in den niederen Breiten wird demnach noch bedeutend verstärkt durch das zweite, mit ihr verbundene Moment der Störung des Gleichgewichts, die Ausschöpfung von Wasser, also directe Verminderung desselben.

Nach den bisherigen wenigen und äusserst dürftigen Untersuchungen soll die tägliche Verdunstung in der heissen Zone $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll betragen.***) Es würde dies für das tägliche Maximum nur wenige Millimeter geben. Vergegenwärtigen wir uns dabei

*) S. die Schlussnote.

**) »The Trade winds, I am prepared to show, are the great evaporating winds.« Maury, Explanations and Sailing Directions, 1852, p. 50.

***) »In den Passatregionen des Oceans übersteigt die Verdunstung im Allgemeinen den Niederschlag, während in den aussertropischen Gegenden das Gegentheil stattfindet, d. h. die Wolken entsenden mehr Wasser, als die Winde wieder durch Verdunstung aufnehmen, und dies sind die Regionen, in welchen der Golfstrom in das Atlantische Meer eintritt. Längs der indischen Gestade, wo man sorgfältige Beobachtungen angestellt hat, beläuft sich die Verdunstung täglich auf $\frac{3}{4}$ Zoll. Angenommen, dass sie in der Passatregion des Atlantischen Oceans sich nur auf einen halben Zoll beläuft, so würde das eine jährliche Verdunstung von 15, sage fünfzehn Fuss geben.« Maury-Böttger a. a. O. p. 22. — Der Secretär Dr. Buist

aber die Fläche, auf welcher diese Verdunstung gleichzeitig stattfindet, so müssen wir trotzdem in ihr eine nicht unbedeutende Störung des Gleichgewichts der Meeresgewässer erkennen.

In seiner Physischen Geographie des Meeres stellt Maury folgende Betrachtung an: »Wenige haben sich je die Mühe genommen, auszurechnen, in wie weit der Niederschlag einer Regenmenge von nur einem Zoll oder eine Abänderung der Temperatur um wenige Grade, wenn beides auf einem Areal von einigen tausend Quadratmeilen der Seeoberfläche stattfindet, das oceanische Gleichgewicht zu stören . . . vermöchte. Nur ein Beispiel zur Erläuterung! Der Atlantische Ocean hat eine Oberfläche von ungefähr 25 Millionen Quadratmeilen. Man nehme ein Fünftel dieses Areals und lasse auf diese Fläche einen Zoll hoch Regen fallen. Diese Wassermasse würde 360,000 Millionen Tonnen . . . wiegen.«*)

Nehmen wir nun dieses Fünftel als ungefähr der heissen Zone des Atlantischen Oceans entsprechend, und die täglich daselbst verdunstende Wassermasse nur auf $\frac{1}{2}$ Zoll an, so erhalten wir eine tägliche Verdunstung von 180,000 Millionen Tonnen.

Wissen wir diese Masse auch nicht nach Maximum und Minimum auf die einzelnen Stunden des Tages richtig zu vertheilen, so ist doch so viel klar, dass sie eine gewaltige Wirkung hervorbringen müsse.

Die tägliche und fortschreitende Erwärmung und Verdunstung reichen also vollständig hin zur Erklärung der ost-westlichen Bewegung der Aequatorialströme. So wenig wie die Oeane durch die Krümmung der Erdoberfläche und namentlich die Abplattung an den Polen gezwungen werden, vom Aequator nach den Polen abzufließen, oder gehindert werden, nach dem Aequator hinaufzusteigen; eben so wenig werden sie durch die Rotation zu irgend einer Bewegung gezwungen oder an irgend einer gehindert

gibt in seinem der geographischen Gesellschaft vorgelegten Jahresberichte (Transactions of the Bombay Geographical Society Vol. IX), der Autorität des Herrn Laidly folgend, die jährliche Verdunstung zu Calcutta auf ungefähr 15 Fuss an; zwischen dem Cap und Calcutta beträgt dieselbe nach ihm im October und November fast $\frac{3}{4}$ Zoll täglich; in der Bai von Bengalen zwischen dem 10. und 20. Grad hat man gefunden, dass sie täglich mehr als einen Zoll betrug.« Ibid. p. 75.

*) Maury-Böttger a. a. O. p. 256.

Die Rotation wirkt nur in so fern mit, als durch sie die Sonne scheinbar von Osten nach Westen um die Erde läuft. Stände die Erde still und die Sonne bewegte sich um dieselbe, so würde in Bezug auf die Strömungen der tropf- und gasförmigen Umhüllungen der Erde ganz dasselbe eintreten, was wir jetzt sehen!

Was wir bei den Meeresströmungen vorwiegend durch Induction gefunden haben, das ergibt sich bei den Bewegungen der Atmosphäre aus directen Beobachtungen. All überall auf der ganzen Erde rücken die Windströme alljährlich auf und ab mit der Sonne, und heben und legen sich täglich je nach dem Stande derselben, so dass in der That eine Windstärke-Fluthwelle innerhalb 24 Stunden mit der Sonne um die Erde kreist, während auf der Nachtseite der letzteren eine Calmen-Ebbe der Fluthwelle ebenso regelmässig nachfolgt. *)

Meeresströme und Winde; Temperatur, Dampfspannung und Luftdruck; Horizontal- und Vertical-Intensität des Erdmagnetismus; — sie alle folgen, wenn auch in verschiedener Weise, demselben Impulse, der täglichen Bewegung der Sonne.

*) In einem Vortrage über die Passatwinde, welchen ich im Februar 1874 im geographischen Verein zu Frankfurt a. M. hielt und der demnächst erweitert veröffentlicht werden soll, habe ich die Ursache derselben im Detail und auf langjährige Beobachtungen der meteorologischen Institute gestützt, nachgewiesen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1874

Band/Volume: [1874](#)

Autor(en)/Author(s): Baader Friedrich

Artikel/Article: [Ueber die tägliche successive Erwärmung der Oceane durch die Sonne 124-154](#)