

Ueber die Bedeutung des Salzgehaltes des Seewassers im Haushalt der Natur.

Vortrag

gehalten am 28. Februar in der Wiedemann'schen Anstalt

von

Leopold v. Schrenck.

Es giebt in der physikalischen Geographie vielleicht nicht viele Fragen, die in so hohem Grade geeignet wären, uns einen tieferen Einblick in den allseitigen Zusammenhang der Naturerscheinungen, in das vielfache Sinecuregreifen verschiedenartiger Factoren, in die Verkettung von Ursache und Wirkung, kurz, in den ganzen inneren Mechanismus der Natur zu gewähren, wie die Frage nach der Bedeutung, welche der Salzgehalt des Seewassers im Haushalt der Natur und besonders für Thier- und Pflanzenleben und Verbreitung hat. Ist damit die Wahl dieser Frage zur Besprechung in öffentlichem Vortrage schon hinlänglich motivirt, so gab es dabei für mich noch einen anderen maßgebenden Umstand: den nämlich, daß die Bedeutung des Salzgehalts des Seewassers für die organische Natur bisher, wenn auch vielfach erkannt, doch, wie mir scheint, noch immer nicht hinlänglich gewürdigt und von diesem Gesichtspunkte, soviel ich weiß, auch nicht zusammenfassend betrachtet worden ist.

Vielfach sehen wir in der Natur scheinbar kleine Ursachen große Wirkungen hervorbringen. Denken Sie nur daran, wie aus der Ablagerung Kiesel- oder kalkhaltiger Schalen mikroskopischer Thierchen mächtige und ausgedehnte Erdschichten, ja, ganze Gebirge hervorgehen, oder wie durch langsame, während eines Menschenalters kaum merkliche Hebung oder Senkung des Landes und des Meeresbodens im Laufe der Zeit große Veränderungen in den Umrissen und der Vertheilung von Land und Meer entstehen, die wiederum von

den weitgehendsten Folgen für Meeresströmungen, für Klima, wie für Pflanzen- und Thierverbreitung auf der Erdoberfläche sind. Bringen hier kleine Vorgänge durch allmähliches Anwachsen in langen Zeiträumen große Wirkungen hervor, so sehen wir in anderen Fällen, daß auch in jedem einzelnen Zeitpunkt ein scheinbar geringfügiger Umstand von der allerwesentlichsten Bedeutung für das Große und Ganze sein kann. Dahin gehört der Salzgehalt des Seewassers.

Geringfügig, auf den ersten Blick, dürfen wir ihn nennen, denn gering genug ist er. Zieht man freilich die gesammte Wassermasse unserer Oceane und Meere in Betracht und berechnet man annähernd die Gesammtmenge der in ihr aufgelösten Salze, so gelangt man zu erschreckend großen Zahlen. Will man doch gefunden haben, daß, wenn sich alles Salz aus dem Meere auscheiden ließe, man mit demselben ganz Nordamerika gleichmäßig mit einer eine englische Meile dicken Schicht bedecken könnte.¹⁾ Ja, nimmt man auch nur einen einzelnen und zudem einen der seltensten und unwesentlichsten Bestandtheile des Seewassers, das Silber, so soll auch dieses in der gesammten Wassermasse des Meeres in einer Menge von nicht weniger als 2 Millionen Tonnen, also weit über 2000 Millionen Pud enthalten sein. Indessen solche nur annähernde und doch weit hinausgehende Berechnungen leiden an dem Uebelstande, daß in ihnen selbst kleine Fehler, durch Hunderttausende und Millionen multipliziert, leicht zu Ungeheuerlichkeiten anwachsen. Auch sind sie durch ihre Monstrezahlen und Werthe, von denen wir uns nicht leicht einen Begriff machen, mehr geeignet, zu imponiren und zu blenden, als den Gegenstand zu beleuchten und uns einen Einblick in denselben zu gewähren.

Die einzige Weise, sich eine klare und richtige Vorstellung von der Größe des Salzgehalts des Seewassers zu bilden, beruht auf Abschätzung der relativen Salz-mengen des Wassers. Und da lehren uns die vortrefflichen Arbeiten Forchhammer's²⁾, der selbst eine große Anzahl in allen Oceanen unter den verschiedensten Breitengraden geschöpfter Wasserproben chemisch analysirt hat, daß, wenn auch nahezu die Hälfte aller bisher bekannten Elementarkörper auch im Seewasser nachgewiesen worden, ihre relative Gesammtmenge doch nur eine geringe ist. Im offenen Ocean enthält das Wasser im Mittel auf je hundert Gewichtstheile nur etwa $3\frac{1}{2}$ oder auf je tausend nur etwa 35 Gewichtstheile verschiedener Salze.³⁾ Zwischen den Wendekreisen, wo in Folge höherer Lufttemperatur und in der Region der Passate auch unter dem Einfluß beständiger

Luftströmung die Verdunstung des Wassers eine stärkere ist, nimmt auch der Salzgehalt auf 36—37 pro mille zu; polwärts hingegen sinkt er auf 34—32 hinab. Größer werden die Differenzen und Schwankungen desselben in der Nähe der Küsten und in den Litoral- und Binnenmeeren. Versteht man unter Litoral- oder Küstenmeeren solche Meere, die mit dem Ocean in breiter oder in mehrfacher Verbindung nach verschiedenen Seiten hin stehen, wie die Nordsee, die Caräbische See, sämtliche die Ostküste Asiens bespülende Meere u. s. w., so gilt als ausnahmslose Regel für alle, daß der Salzgehalt in ihnen nach Maßgabe der Entfernung vom Ocean und der Annäherung an die Küsten beständig abnimmt. In den Binnenmeeren hingegen, aus welchen nur an einem ihrer Enden eine oder mehrere enge Straßen nach dem Ocean hinausführen, findet entweder dasselbe Verhältniß in viel höherem Grade, oder aber das direkte Gegentheil, — ich meine eine stetige Zunahme des Salzgehalts nach Maßgabe der Entfernung vom Ocean statt ⁴⁾; je nachdem ob in diesen Meeren die Zufuhr von süßem Wasser durch Flüsse und atmosphärische Niederschläge die Menge des verdunstenden Seewassers übersteigt, oder aber hinter derselben zurückbleibt. In dem Hauptbecken des Mittelländischen Meeres z. B., oder noch mehr in dem aller Süßwasserzuflüsse fast gänzlich beraubten Rothen Meere steigt der Salzgehalt mit der Entfernung vom Ocean successive auf 39, 40 u. s. w. bis über 42 Gewichtstheile auf tausend ⁵⁾, wogegen er in der Ostsee selbst im südlichsten, dem Kattegat zunächst gelegenen Theile nur zwischen 17 und 15, im mittleren Theile des Beckens sogar nur zwischen 11 und 6 pro mille schwankt und in den drei Ostseebusen, dem Rigischen, Finnischen und Bottnischen, rasch bis zu fast völliger Versüßung des Wassers abnimmt. ⁶⁾

Hält man den angeführten Werthen die Thatsache gegenüber, daß der Salzgehalt in manchen Landseen, wie z. B. im Urmia ⁷⁾, im Elton, in den Krimischen und anderen südrussischen Salzseen über 200 und 300 pro mille ausmacht, ja, im sogenannten Todten Meere oder richtiger Asphalt-See sogar bis 445 pro mille steigen soll und also ungefähr das Zehnfache vom Salzgehalt des Seewassers beträgt, so läßt sich die verhältnißmäßig geringe Größe des letzteren nicht verkennen. Unwillkürlich drängt sich daher die Frage auf, ob es der Mühe werth ist, die kleinen Abänderungen und Schwankungen dieser an sich schon geringen Größe durch alle Oceane und Meere, wie es heutzutage geschieht, zu verfolgen, das Seewasser aus allen Längen- und Breitengraden, von der

Oberfläche wie aus verschiedenen Tiefen mit dem Aräometer auf die in demselben enthaltenen Salzmenngen hin zu wägen, oder gar mühevollen chemischen Analysen zu unterwerfen? Spielen diese geringen Salzmenngen in der Natur wirklich eine so wesentliche Rolle? und wenn dem so ist, worin liegt ihre Bedeutung?

Wer in den Naturerscheinungen kurzfristig nur die unmittelbaren Beziehungen zum Menschen wahrnimmt, kann im Salzgehalt des Seewassers leicht nur einen Uebelstand erblicken. In der That, wie gering auch dieser Salzgehalt ist, reicht er doch vollkommen hin, um uns alles Seewasser ungenießbar zu machen. Die unermessliche oceanische Wasserfläche wird dadurch für den Menschen zu einer wasserlosen Wüste, in die er sich, wie in eine Sahara, nicht anders als mit hinreichendem Wasservorrath versehen, hinauswagen darf, will er nicht inmitten der Wasserwelt an Wassermangel umkommen. Ich kann darüber zum Theil aus eigener Erfahrung reden. Als vor einigen 20 Jahren die Segelfregatte „Aurora“, auf der ich mich befand, nach langer, beschwerlicher Fahrt um das gefürchtete Kap Horn, endlich ihrem nächsten Bestimmungsort, Valparaiso, sich näherte, beschloß der Kapitän aus Gründen, deren Erörterung hier fern liegt, diesen Hafen nicht anzulaufen, sondern noch über 20 Breitengrade nördlicher, nach Callao, in Peru, zu gehen. Die bereits 52tägige Fahrt, von Rio Janeiro an, hatte jedoch unsere frischen Lebensmittel aufgezehrt und das Niveau des Trinkwassers in unseren Schiffskesseln stark herabgedrückt. Bei Salzfleischnahrung und immer steigender, zuletzt tropischer Temperatur, wuchs in rascher Progression auch der Durst, während die Trinkwasserrationen in demselben Maße täglich herabgesetzt wurden und man sich glücklich schätzen mußte, wenn man im Lauf des Tages auch nur ein Glas lauwarmen Trinkwassers erhaschen konnte. Verdurstet freilich ist auf der Fregatte Niemand, aber wie oft mag sich das auf kleineren Fahrzeugen, Fischerböten u. dgl. zugetragen haben, die, unversehens von Wind und Strömungen erfasst, in den offenen Ocean verschlagen worden sind? oder mit Schiffbrüchigen, die nach verlorenem Schiff auf Böten Rettung gesucht haben?

Gefriert im Norden das Meer, so bietet es dem Reisenden einen neuen Uebelstand dar. Ich habe ihn selbst im Nord-japanischen Meere kennen gelernt. Mühsam, mit letzter Kraftanstrengung, schleppten meine Hunde den Schlitten über den Sand und Kies der niedrigen Küste von Sachalin fort, von welcher stürmische Winde fast allen Schnee weggefegt hatten. Daneben lag die unebene Eisdecke des Meeres, aus

wir durch und über einander geworfenen und zusammengefrorenen Schollen gebildet. Endlich schien die harte Geduldprobe ihrem Ende zu nahen: vor uns breitete sich eine weite, ebene, anscheinend mit dünner Lage frisch gefallenem Schnees bedeckte Eisfläche aus. Allein kaum war diese erreicht, als der Schlitten vollends stecken blieb: es war eben kein Schnee, sondern beim Gefrieren des Seewassers ausgeschiedenes Salz, das durch Reibung an den breiten Schlittensohlen der Fortbewegung einen noch größeren Widerstand entgegensetzte, als der von Eis durchsetzte und in den kleinen Vertiefungen immerhin noch mit einigen Schneeresten bedeckte Sand der Meeresküste.

Und dennoch, trotz solcher Uebelstände, ist der Salzgehalt des Seewassers durch den mächtigen Einfluß, den er direkt oder indirekt auf die gesamte organische Natur ausübt, auch für den Menschen von der größten und wohlthätigsten Bedeutung.

Von ganz unmittelbarer, bestimmender und bedingender Wirkung ist zunächst der Salzgehalt des Seewassers auf alles im Meere selbst sich entfaltende Thier- und Pflanzenleben. Wie unendlich reich und mannigfaltig sind nicht die Seepflanzen und Thiere, gegen diejenigen gehalten, welche das süße Wasser ernährt? Die zahllosen, theils im Meeresgrunde wurzelnden, theils auf der Oberfläche umher flottirenden Seealgen und -Tange, im Vergleich mit den wenigen Süßwasserkonferven? Die Mengen der verschiedenartigsten bald nackten, bald Schalen oder Panzer tragenden Mollusken und Krustaceen, der korallenbildenden Polypen u. s. w. gegen die wenigen Vertreter dieser Thierklassen, die das süße Wasser aufzuweisen hat. Denken Sie nur an die Pracht der tausendfältig verschieden geformten, gefärbten, gezeichneten Meerestonchylien gegenüber den unscheinbaren, düsterfarbigen, unter allen Himmelsstrichen sich nahezu gleichbleibenden Süßwassermuscheln und Schnecken. Ja, ganze Thierklassen, die im Meere einen unendlichen Formenreichtum entwickeln, kommen im süßen Wasser gar nicht vor, wie die Echinodermen, Quallen und dergleichen. Weist dieser Reichtum, diese Mannigfaltigkeit der Meeresflora und Fauna nicht darauf hin, daß der Entfaltung organischen Lebens im Seewasser so günstige Bedingungen gegeben sind, wie sie das süße Wasser nicht bieten kann? Und diese lebenermöglichenden und fördernden Bedingungen des Seewassers liegen in seinem Salzgehalt. Er hat für die Entfaltung und Verbreitung des organischen Lebens im Meere im Großen und Ganzen dieselbe Bedeutung, wie die Temperatur der Luft für die orga-

nische Belebung des Landes. Bekanntlich ruft dort die allmähliche Abnahme der Luftwärme vom Aequator nach den Polen auch eine entsprechende stetige Abnahme in der Mannigfaltigkeit organischer Bildungen hervor, und statt der tausendfältig verschiedenen Pflanzen- und Thierformen, die in den Tropen jeden Fußbreit Erde beleben, setzt sich die Natur der Polarländer auf weiten Räumen und rings um den Pol herum nur aus wenigen, oft in Uebersahl vorhandenen Arten zusammen. Es liegt auf den ersten Blick nahe, hinsichtlich der Meeresorganismen dieselbe Rolle der Temperatur des Seewassers zuzuschreiben, nur in engeren Grenzen, da die Temperaturunterschiede zwischen verschiedenen Breiten im Wasser überhaupt geringer sind als in der Luft. Und zum Theil ist es auch gewiß richtig: die höhere Temperatur des Wassers in den tropischen Meeren bedingt dort auch ein reicheres Pflanzen- und Thierleben, und mit der Temperaturabnahme nach den Polen nimmt auch die Zahl der verschiedenartigen Meeresorganismen ab. Trägt man jedoch den geringen Temperaturamplituden des Wassers im Vergleich mit der Luft auch noch so viel Rechnung, so bleibt der Unterschied in der organischen Belebung zwischen den tropischen und den polaren Breiten im Meere, gegen denjenigen auf dem Lande gehalten, immer noch viel zu gering. So lange man nur die in der Nähe der Küsten, in der Litoralregion vorkommenden polaren Seethiere und Pflanzen kannte, die von der Ebbe auf dem Lande hinterlassen oder von Stürmen ausgeworfen werden, konnte jener Unterschied noch ziemlich ansehnlich erscheinen; die neueren Arbeiten mit dem Schleppnetz (Dredge) und den Tiefseeapparaten haben jedoch auch im Polarmeer in der Tiefe eine überraschend mannigfaltige Flora und Fauna kennen gelehrt und dort manche Form nachgewiesen, die man bis dahin nur aus viel südlicheren oder gar tropischen Breiten kannte.⁸⁾ Daß diese reichere Pflanzen- und Thierwelt nur in den größeren Tiefen des Polarmeeres zu finden ist, ließe sich dem Umstande zuschreiben, daß dort die Temperatur eine gleichmäßigere ist als in geringen Tiefen oder an der Oberfläche, wo das Wasser dem Einflusse der stärker wechselnden Lufttemperatur unterworfen ist. Auch sieht man die warmen Meeresströmungen, die Ausläufer des Golfstromes, als die natürlichen Bahnen an, auf welchen jene südlicheren Thiere und Pflanzen aus ihrer Heimath bis in das Polarmeer sich verbreitet haben. Solche Bahnen der Thier- und Pflanzenverbreitung sind die Meeresströmungen gewiß; und dennoch bleibt zu bemerken, daß die warmen Strömungen, ehe sie mit ihren Ausläufern das

Polarmeer erreichen, Vieles von ihrer Temperatur einbüßen und dort nur noch verhältnißmäßig warm sind, daß sie ferner dort auch nur mehr oder weniger an der Oberfläche hinlaufen, ohne in die Tiefe zu dringen, und daß in der Tiefe hingegen niedrige Temperaturen, von etwa 0° herrschen. Wenn also trotzdem in der Tiefe noch mannigfaltige und darunter selbst südlichere Pflanzen- und Thierarten vorkommen, so liegt darin ein Beweis dafür, daß die Meeresorganismen größere Temperaturverschiedenheiten ertragen können und mit einer größeren Biegsamkeit ihrer Natur in Beziehung auf die Temperatur ausgerüstet sind, als man bis dahin anzunehmen geneigt war. Es giebt aber vielleicht auch noch einen anderen Grund, welcher so viele und gerade die südlicheren Thiere nöthigt, in den polaren Breiten nur die größeren Tiefen zu bewohnen, und das ist der Salzgehalt des Seewassers. Denn in der Nähe der Küsten wird das Seewasser durch den Abfluß von Regen- und Schneewasser vom Lande, durch einmündende Flüsse &c. und im offenen Meere durch das Schmelzen umhertreibender Eisfelder und Berge oft in weitem Umkreise stark versüßt. Siner, wenn auch nur zeitweisen Versüßung des Wassers können aber die Seethiere und Pflanzen weit weniger widerstehen als einer Verminderung der Temperatur. In der That, jene oben erwähnten südlicheren Thierformen, welche, die Kälte des Wassers nicht scheuend, bis weit in das Polarmeer hinein vordringen, meiden das viel wärmere, aber versüßte Wasser der Ostsee aufs Strengste; und nicht minder verbreiten sich manche nordische Thierarten zwar weit nach Süden, kommen aber in der ihnen räumlich wie thermisch näher liegenden Ostsee durchaus nicht vor. Ja, es giebt manche kosmopolitische Thierarten, die fast allenthalben, in allen Oceanen, unter den verschiedensten Breitengraden, bei der verschiedensten Küsten- und Bodenbeschaffenheit vorkommen, und nur dort fehlen, wo, wie in der Ostsee, das Wasser einen zu geringen Salzgehalt hat. Die Abnahme des Salzgehalts vom Ocean nach den Litoral- und Binnenmeeren, bis zu völliger Versüßung des Wassers, ruft daher ein viel vollständigeres Hinschwinden des organischen Lebens im Meere hervor als die in demselben vom Aequator polwärts stattfindende Wärmeabnahme.

Versuche, die man mit einem Seethier, der Auster, angestellt hat, lieferten den Beweis, daß das süße Wasser ihr unmittelbar schädlich ist, gleich einem tödtlich wirkenden Gifte. In süßes Wasser gelegt, starben sämtliche Auster — es waren ihrer zwei Duzend — in den ersten 24 Stunden; ja, selbst in einer Mischung von See- und süßem Wasser, die

etwa 16 Gewichtstheile Salz auf tausend enthielt, kamen sie früher um, als wenn man sie ganz ohne Wasser auf verschiedene Bodenarten legte.⁹⁾ Aehnlich mag eine Süßwasserbeimischung auf viele andere Seethiere wirken. Es läßt sich z. B. darnach begreifen, wie in den Korallenriffen, welche den Kontinent und manche Inseln Australiens stellenweise über hunderte von Meilen in einiger Entfernung vom Lande begleiten, allenthalben dort Lücken und Durchgänge entstehen mußten, wo vom Lande ein hinlänglich starker Abfluß von süßem Wasser stattfand, um das Anstiedeln Korallenbildender Thiere zu verhindern. Auch wirkt es ein Licht auf die Thatsache, daß die Koralleninseln oder Atolle auf ihrer Seeseite meist mit einem oder mehreren nach der Lagune führenden Durchgängen versehen sind. Ist nach den erwähnten Versuchen ein Salzgehalt von nur 16 pro mille für die Austern zum Leben nicht hinreichend, so zeigt hingegen eine genaue Betrachtung ihres Verbreitungsgebietes, daß, wo der Salzgehalt beständig über 17 pro mille beträgt, die Austern nothdürftig bestehen können.¹⁰⁾ So genau kennen wir, Dank der eingehenden Forschung des Herrn v. Baer, die Grenzen, innerhalb welcher diese Thierart die ihr nothwendigen Lebensbedingungen findet. Aehnliche Untersuchungen an allen Seethieren angestellt, würden unsere Kenntniß von der geographischen Verbreitung derselben noch fördern. Denn unzweifelhaft giebt es für jede Thierart eine gewisse Minimalgrenze, unter welche der Salzgehalt des Seewassers nicht hinabsinken darf, ohne dem Thiere verderblich zu werden, sei es durch unmittelbare Wirkung des allzu stark versüßten Wassers auf dasselbe, sei es durch Verschwinden anderer, kleinerer Thiere — oder auch Pflanzen — auf die es mit seiner Nahrung angewiesen ist, sei es endlich durch das in Folge der Salzabnahme beschleunigte Gefrieren des Wassers. Geht man daher vom Ocean in denselben Breitengraden nach einem Eitoral- und Binnenmeer — etwa vom Atlantischen Ocean nach der Nord- und Ostsee — so bleiben mit abnehmendem Salzgehalt immer mehr und mehr Pflanzen und Thiere zurück, und immer ärmer und ärmer werden Meeresflora und Fauna. In der Nordsee dürfte namentlich zum Skagerak hin, durch welchen die Zuflüsse aus der Ostsee kommen, eine merkliche Abnahme rein maritimer Pflanzen- und Thierarten stattfinden. Noch mehr im Kattegat, wo bei der Insel Læsø oder etwas südlicher auch die Auster ihre Grenze erreicht, obwohl sie an der Küste Norwegens bis zum Polarkreise sich verbreitet.¹¹⁾ Die Ostsee endlich trägt, zumal nach Norden und Osten, in ihrer Flora und Fauna, nach

Herrn v. Baer's Ausspruch, schon viel mehr den Charakter eines Landsees als eines Meeres.¹²⁾ Selbst in ihrem salzhaltigsten, südwestlichen Theile scheinen rein maritime Formen, wie Haie, Rochen, Seesterne, nur als zufällige Gäste aus der Nordsee vorzukommen, andere, minder bewegliche Arten, wie Seeigel, sogar ganz zu fehlen. Und doch ist dieser Theil der Ostsee noch reich an Pflanzen und Thieren zu nennen, im Vergleich zum mittleren Theile derselben, in welchem unter vielen größeren auch jene kleinsten Seethierchen verschwinden, welche in dem südlichen Theile der Ostsee zeitweise noch ein schwaches Leuchten des Seewassers hervorbringen. So hängt — nebenbei bemerkt — auch diese Erscheinung wesentlich mit dem Salzgehalt des Seewassers zusammen. In den drei Ostseebusen endlich gesellen sich zu den wenigen noch übriggebliebenen Seethieren und Pflanzen schon manche Süßwasserformen hinzu, welche das brackische, d. h. mit einer geringen Salzbeimischung versehene Wasser noch ertragen können, bis zuletzt, etwa auf halber Höhe der Meerbusen, auch die letzten Seethiere und Pflanzen verschwinden und die Süßwasserarten allein das Feld behalten. Nirgends treten dabei in der Ostsee zu den ihr aus der Nordsee überkommenen Pflanzen- und Thierarten neue, ihr eigenthümliche Formen hinzu. Die Flora und Fauna der Ostsee tragen somit nur den Charakter einer bis zum Aeußersten verarmten Nordseeflora und Fauna, wie diese ihrerseits das Gepräge einer, wenn auch in viel geringerem Grade, verarmten Nordatlantischen Flora und Fauna darbieten. So geht vom Ocean nach den Litoral- und Binnenmeeren, nach Maßgabe des abnehmenden Salzgehalts, ein kontinuierlicher Prozeß der Verarmung im Pflanzen- und Thierleben vor sich.

Alein nicht bloß Verarmung an organischem Leben tritt in den Meeren in Folge starker Abnahme des Salzgehaltes ein, — nein, auch Verkümmern der wenigen ausharrenden Pflanzen- und Thierarten. Und hier spielt der Salzgehalt des Seewassers für die Meeresorganismen wiederum dieselbe bestimmende Rolle, wie die Lufttemperatur für die organische Natur des Festlandes und insbesondere die unbeweglich an den Boden gefesselten Pflanzen. Ob wir in der Ebene polwärts wandern, oder in den Gebirgen zu den beeisten Gipfeln hinaufsteigen, überall sehen wir nahe den Grenzen der Vegetation die Pflanzen aus Mangel an Wärme zu kleinen, zwerghaften Gestalten zusammenschrumpfen. Die stattlichen Bäume unserer gemäßigten Zone werden, je weiter polwärts oder je höher hinauf, um so dünnstämmiger, niedriger, krüppelhafter, sinken zur Strauchform, ja zuletzt nur zu zolllangen,

kaum merklichen Pflänzchen herab. Wie dort die abnehmende Wärme, so wirkt im Meere der abnehmende Salzgehalt. Können manche Seepflanzen und Thiere auch noch bei äußerst geringem Salzgehalt bestehen, so genügt es ihnen doch nicht mehr zum vollen und kräftigen Gedeihen. Nur Dank ihrer zäheren Natur überhaupt noch bestehend, erreichen sie nicht mehr ihre volle Größe, ihr volles Gewicht, setzen nur dünne Schalen an, treiben nur kurze Triebe u. s. w., — kurz, sie verkümmern mehr und mehr. Rasch vollzieht sich das z. B. an den Tangen der Ostsee: dieselben Arten (*Fucus vesiculosus* u. a.), die im südlichen Theile derselben, in der Nähe der Küste von Schonen, noch mehrere Fuß lang sind und den Meeresboden wie mit einem Walde bedecken, bilden im mittlern Theile nur gleichsam Polster und Wiesen, erreichen bei Reval, wo sie nur vereinzelt vorkommen, kaum noch die Höhe einer Spanne und verkümmern und verschwinden endlich etwa auf halber Länge der Meerbusen ganz. Unter den wenigen Thieren, die in der Ostsee weit hinauf ausbarren, degeneriren und verkümmern manche durch den abnehmenden Salzgehalt so stark, daß sie von Naturforschern für besondere Arten gehalten worden sind, bis eine genaue Vergleichung von Individuen aus verschiedenen Meerestheilen in ihnen nur durch allmähliche Größenabnahme verkümmerte Formen der Nordsee erkannte. So wird der Kabliau (*Gadus M. rrhua* L.) der Nordsee in der Ostsee zum viel kleineren Dorsch (*Gadus callarias* L.), der selbst wieder nach den Meerbusen hin immer kleiner wird; der Häring schrumpft in der Ostsee zum sogenannten Strömling ein; den Seeskorpion (*Cottus scorpius* L.) fand Baer bei Königsberg meist nur von 7, selten von 9" Länge, während er im westlicheren Theile der Ostsee einen Fuß und an den Küsten von Norwegen 4 Fuß lang werden soll und also wohl das 80-fache an Gewicht erlangen dürfte. Prägnanter noch wiederholt sich dieselbe Erscheinung unter den Mollusken. Die Herzmuschel (*Cardium edule* L.), die in der Nordsee die Größe eines kleinen Apfels hat, kommt bei Stockholm an Größe einer Wallnuß, bei Königsberg einer Haselnuß und bei Reval einer guten Erbse gleich. Die Miesmuschel (*Mytilus edulis* L.) ist in der Nordsee ein paar Zoll lang, verkümmert aber in der Ostsee Schritt für Schritt, bis sie im finnischen Golf zur Größe einer Cedernuß hinabsinkt. Man hat diese kleinen Muscheln oft nur für junge Individuen gehalten, jedoch vergeblich an Ort und Stelle nach größeren sich umgesehen und durch Untersuchung sich von ihrer Volljährigkeit überzeugt. Selbstverständlich unterliegen aber der Verkümmern nur diejenigen Thierarten, die in der Ostsee

beständig sich aufhalten und schon viele Generationen hindurch der Ungunst des geringen Salzgehalts ausgesetzt gewesen sind; nicht aber solche Thiere, die nur zeitweise, als mehr oder weniger zufällige Gäste, in dieselbe hineingerathen.¹³⁾

Bei solchem Hinstechen und Hinschwinden des organischen Lebens im Meere, hört dieses natürlich zuletzt auch auf, dem Menschen eine Quelle von Nahrung und Reichthum zu sein. Welch' unerschöpfliche Schätze bietet nicht die Nordsee ihren Anwohnern dar? Welch imposante Fischerflotten laufen nicht an allen ihren Küsten beständig aus und ein? Und wie öde und todt sind nicht dagegen der finnische und bottnische Golf der Ostsee? Wie arm und elend die estnischen und finnischen Fischer? Dem wäre gewiß nicht so, wenn auch sie in ihrem Meere all' die schmachhaften Fische, Austern, Hummern und Krabben fischen, oder wenn ihre Netze auch nur statt der Dorsche Kabliaus und statt der winzigen Strömlinge richtige, vollwüchsigte Heeringe haben könnten. Und wächst nicht mit dem beständigen Fischer- und Seeleben bei einem Volke auch die Seetüchtigkeit, der Sinn für weite Schiffahrt, der Handels- und Unternehmungsgeist, der Wohlstand und mit diesem die Bildung u. s. w. u. s. w. Und was trägt die Schuld an dem Elend? Die Antwort lautet: ein paar Prozent Salzgehalts, die unserem Wasser fehlen.

So die unmittelbare Wirkung des Salzgehalts des Seewassers: ihr unterliegt alles organische Leben im Meere. Aber nicht auf das Meer allein beschränkt sich seine Wirkung, sie erstreckt sich auch auf das Festland, auf alles Pflanzen- und Thierleben überhaupt, und das mittelbar durch den Einfluß, den der Salzgehalt auf das Gefrieren, Verdunsten und auf die Bewegung und Circulation des Seewassers, die Meeresströmungen, und dadurch auf die gesammten klimatischen Verhältnisse der Erde ausübt.

Der Salzgehalt des Seewassers setzt dem Gefrieren desselben ein gewisses Hinderniß entgegen: die Salztheilchen müssen dabei ausgeschieden werden, und das hält den ganzen Prozeß des Gefrierens auf. Dank seinem Salzgehalt kann also das Seewasser niedrigere Temperaturen als das süße Wasser erreichen, ohne seinen tropfbar-flüssigen Zustand einzubüßen, und zwar um so niedrigere, je größer der Salzgehalt ist. Dabei hat es auch nicht wie das süße Wasser sein Dichtigkeitsmaximum schon bei etwa 4° C., sondern erst bei seinem Gefrierpunkt, der nach dem oben Gesagten mehr oder weniger tief unter 0° liegen kann, je nach dem Salzgehalte. Enthielte daher das Seewasser kein Salz, so könnte es bei einer Abkühlung an der Oberfläche unter 4° nicht mehr in

Folge seiner Schwere in die Tiefe sinken und durch aufsteigendes wärmeres Wasser ersetzt werden. Es ginge also, bei fortgesetzter Abkühlung immer nur leichter werdend, unbehindert dem Gefrieren entgegen, welches alsdann auch schon bei 0° einträte. Die Folge wäre, daß die in hohen Breiten gelegenen Meere früher und über größere Räume mit Eis sich bedecken würden, und dieses im Meere gebildete Eis auch eine größere Dicke, überhaupt größere Dimensionen als heutzutage erreichen und also auch von längerer Dauer sein würde. Ausgedehntere, mächtigere, mit höheren Schollenbergen (hammocks) versehene Eisfelder, als man sie jetzt kennt, würden von Wind und Strömungen aus den Polar-meeren den gemäßigten Breiten zugetragen werden und durch länger anhaltendes Schmelzen das Wasser auch dort stärker als jetzt abkühlen. In Folge dessen müßte aber auch die Luft einen entsprechenden Wärmeverlust erleiden, und zwar in den polaren und gemäßigten Breiten unmittelbar durch Berührung mit dem kälteren Wasser und dem ausgedehnteren und häufigeren Eise, und in den tropischen durch die alsdann niedrigere Temperatur der polaren Luftströmungen, der unteren Passate. Mit einem Worte, bei fehlendem Salzgehalt im Seewasser wäre das Klima auf der gesammten Erde ein kälteres als jetzt. Und das um so mehr, als gleichzeitig bei fehlendem Salzgehalt auch die Verdunstungsverhältnisse des Seewassers andere wären.

Gleich wie dem Gefrieren, so setzt nämlich der Salzgehalt auch dem Verdunsten des Seewassers ein Hinderniß entgegen, indem nur das Wasser in Dampf verwandelt wird, nicht das Salz, das ausgeschieden wird und, dem nicht verdunsteten Wasser zufallend, dieses um so salzhaltiger macht. Es wird also der Prozeß der Verdunstung des Seewassers durch seinen Salzgehalt ansehnlich verlangsamt, oder, mit anderen Worten, es liefern die Meere gegenwärtig der Atmosphäre eine geringere Menge von Wasserdämpfen, als sie unter denselben Temperaturverhältnissen thäten, wenn sie süßes Wasser enthielten. Mit der stärkeren Verdunstung und der größeren Menge von Wasserdämpfen in diesem letzteren Falle würde aber auch die Menge der Nebel und Wolken, der in Form von Regen, Schnee u. dgl. aus der Atmosphäre erfolgenden Niederschläge erwachsen. Das würde nothwendig die Wärmemenge vermindern, welche die Erdoberfläche der direkten Wirkung der Sonnenstrahlen verdankt, andererseits aber freilich auch den durch Strahlung stattfindenden Wärmeverlust verringern. Wollte man nun auch annehmen, daß die Summe der Wärme dabei dieselbe bliebe, so würde jedenfalls das

Klima ein feuchteres, maritimeres sein als jetzt mit einer gleichmäßigeren Temperatur der verschiedenen Jahreszeiten. In den höheren Breiten würde auch dies schon von dem größten und ohne Zweifel nachtheiligen Einfluß auf die Pflanzen- und Thierwelt sein. Was könnte z. B. bei uns noch gedeihen, wenn wir stets nur eine unserer mittleren Wärme, $3\frac{1}{4}^{\circ}$ C., nahe kommende Temperatur hätten. Nun könnte aber die Wärmemenge in solchem Falle nicht dieselbe bleiben, denn, wie vorhin gesagt, müßte schon das in Folge des fallenden Salzgehaltes gleichzeitig beschleunigte Gefrieren des Seewassers nothwendig auch eine Wärmeabnahme hervorrufen. Käme also ein reichlicheres Maß von Nebeln, Wolken, Regen und Schnee hinzu, nähme die Sommerwärme ab, so müßte nothwendig in den höheren gemäßigten und polaren Breiten, wohin die aequatorialen Luftströmungen oder oberen, rückkehrenden Passate einen großen Theil der über dem tropischen Ocean aufsteigenden Wasserdämpfe tragen, auch die Eisbildung größere Dimensionen erreichen. Und zwar im Meere wie auf dem Lande. Im Meere würden die Eisfelder durch reichlichere atmosphärische Niederschläge an Dicke wachsen, auf dem Lande die Gletscher eine größere Ausdehnung und kolossalere Dimensionen gewinnen. Ja, es könnte alsdann der Norden Europas einer ähnlichen Vergletscherung wieder anheimfallen, wie zur Zeit der Eisperiode und wie sie heutzutage manche Polarländer, Grönland ¹⁴⁾, Spitzbergen ¹⁵⁾, ein Theil von Nowaja-Semlja ¹⁶⁾, noch zeigen. Je ausgedehnter aber und mächtiger die Gletscher, um so zahlreicher und kolossaler auch die Sendlinge, die sie ins Meer hinausführen, die schwimmenden Eisberge, die, von Wind und Strömungen getrieben, den Einfluß des polaren Klimas auf südlichere Breiten vermitteln. So würden, wenn es kein Salz im Seewasser gäbe, das beschleunigte Gefrieren wie das gesteigerte Verdunsten des Wassers das Klima auf der Erde in demselben Sinne verändern: es wäre rauher, kälter, nebel-, regen- und schneereich, mit geringerer Sommerwärme, und dem entsprechend wäre auch die gesammte organische Belebung der Erde ärmer und erreichte nach den Polen hin wie mit zunehmender Höhe über dem Meerespiegel viel früher als jetzt ihre Grenzen.

Wie der Salzgehalt das eigenthümliche Verhalten des Seewassers beim Erkalten, Gefrieren und Verdunsten bedingt, so trägt er endlich auch wesentlich dazu bei, das Wasser in den Oceanen und Meeren in beständige Bewegung zu versetzen, in ihnen ein System geregelter Circulation zu erzeugen. Es liegt uns hier fern, ein eingehendes Bild von

dem verschiedenartigen Entstehen und dem mannigfaltigen Verlauf der Meeresströmungen zu entwerfen, nur auf die Rolle, die der Salzgehalt des Seewassers dabei spielt, haben wir kurz hinzuweisen. Wie Alles, was das Gleichgewicht der Gewässer in den Meeren und Oceanen stört — ungleiche Erwärmung oder Abkühlung des Wassers in verschiedenen Breiten, ungleiche Verdunstung, Druck des Windes — so ruft auch ein ungleicher Salzgehalt in zwei an- oder übereinander gelagerten Wassermassen Bewegungen hervor, die das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen bestrebt sind. Das salzhaltigere und dadurch spezifisch schwerere Wasser sinkt in die Tiefe und wird durch aufsteigendes minder salzhaltiges und darum leichteres Wasser ersetzt; oder aber es fließt das salzhaltigere und schwerere Wasser in der Tiefe dem minder salzhaltigen und leichteren zu, während dieses an der Oberfläche in entgegengesetzter Richtung läuft. So entstehen durch ungleichen Salzgehalt vertikale und horizontale Strömungen, die eine dem spezifischen Gewicht entsprechende An- oder Uebereinanderlagerung der Wassermassen hervorzubringen bemüht sind. In der Tiefe der Straßen, welche die Binnenmeere mit dem Ocean oder den Litoralmeeren verbinden, läuft daher beständig ein Strom salzhaltigeren und schwereren Wassers fort, während an der Oberfläche eine entgegengesetzte Strömung statt hat. Bald trägt jene Tiefenströmung, wie bei Gibraltar¹⁷⁾ und Bab-el-Mandeb, das Uebermaß von Salz aus dem Binnenmeere fort, bald führt sie im Gegentheil dem Binnenmeere, wie z. B. der Ostsee durch den Sund und die Belte, beständig eine gewisse Salzmenge zu, es so vor völliger Versüßung bewahrend.¹⁸⁾ Ob aber diese Strömungen auch beständig fortlaufen, niemals gleichen sie die Differenzen im Salzgehalt aus, denn stets werden diese durch die ungleichen Mengen des verdunstenden Seewassers und der atmosphärischen Niederschläge wieder von Neuem erzeugt. Ist dabei eine ungleiche Verdunstung schon an sich, indem sie das Niveau an einander grenzender Gewässer ungleich herabdrückt, eine Quelle beständiger Gleichgewichtsstörung, so wirkt sie in einem salzhaltigen Wasser noch in anderer und gesteigerter Weise. Denn, wie schon erwähnt, entführt sie dem Seewasser nur die Wassertheile in Dampf- form, nicht aber das Salz, welches, zurückbleibend, das nicht verdunstete Wasser noch salzhaltiger und schwerer macht. Aehnliches findet natürlich, in Folge von Salzausscheidung, auch beim Gefrieren des Seewassers statt. So giebt der Salzgehalt des Seewassers bald an sich, bald im Verein mit anderen Faktoren, mit der wechselnden Temperatur und Ver-

dunstung, eine beständig sich erneuernde Ursache von Strömungen im Meere ab. Und zu alledem endlich verleiht der Salzgehalt des Seewassers den Meeresströmungen — was auch die Ursache ihrer Entstehung sein möge — einen weiteren Spielraum, als sie im süßen Wasser hätten, indem er den Gefrierpunkt und das Dichtigkeitsmaximum des Seewassers tiefer herabdrückt, so daß es längere Zeit hindurch und bis zu niedrigeren Temperaturen hinab noch in tropfbar flüssigem und also bewegungsfähigem Zustande erhalten bleibt und bis dahin auch dem Gesetze des Auf- und Niedersteigens, je nach der Temperatur und dem spezifischen Gewicht, folgen kann. Ohne den Salzgehalt des Seewassers käme daher auch ein solches System von Meeresströmungen, wie es gegenwärtig durch alle Océane und Meere besteht, nicht zu Stande. Die Meeresströmungen sind aber ohne Zweifel für den ganzen Haushalt unseres Planeten von der allerwesentlichsten Bedeutung. Sie sind es — um nur das Wichtigste hervorzuheben — die unablässig an der Ausgleichung klimatischer Extreme und Differenzen auf der Erde arbeiten, indem sie das warme Wasser der Tropen polwärts tragen und hingegen das kalte der Polarregionen bald an der Oberfläche, bald in der Tiefe den äquatorialen Breiten zuführen; sie halten z. B. die polaren Eismassen von den Küsten Europas fern und ermöglichen den Anbau nährender Cerealien und Gemüse bis an das äußerste Ende unseres Welttheils; sie tragen andererseits den dürrn tropischen Küsten Perus und Boliviens Kühlung und Frische zu; sie geben Bahnen der Verbreitung für Pflanzen und Thiere ab; sie haben die Ausbreitung des Menschengeschlechts in frühester, vorhistorischer Zeit über entlegene oceanische Inseln, ja, vielleicht von Kontinent zu Kontinent vermittelt; sie haben auf den Gang der Entdeckung und Bevölkerung großer Erdräume einen bestimmenden Einfluß geübt; sie dienen noch der Schifffahrt, dem Handel, dem Verkehre der Völker. Und das Alles wäre, zum wenigsten in der Weise und in dem Maße, nicht möglich ohne den Salzgehalt des Seewassers.

Nach alledem glaube ich mit vollem Recht sagen zu dürfen, daß die paar Prozent Salzgehalts im Seewasser, so geringfügig sie uns auf den ersten Blick erscheinen, nicht wohl wegfallen dürften, ohne den ganzen Haushalt der Natur und insbesondere die klimatischen Verhältnisse auf der Erde, ihr Thier- und Pflanzenleben und damit auch die Existenzbedingungen des Menschen wesentlich zu schädigen, ja, sagen wir mehr, über den Haufen zu werfen.

Anmerkungen.

1) Maury, Physikal. Geogr. des Meeres. Ausgabe von 1859, (8.); in der russ. Uebersetzung von Tolstopjatow, p. 178.

2) G. Förschhammer, Om Sövandets Bestanddele og deres Forderling i Havet. Kjobenhavn 1859. S. auch G. Bischof, Lehrbuch der chemisch. und physikal. Geographie. Bonn 1863, Bd. I., p. 439—472.

3) Genauer: 34,304 p. m. Förschhammer, l. c. p. LVIII; Bischof, l. c. p. 467.

4) Auf die für physikalisch-geographische Zwecke nothwendige Unterscheidung von „Litoral“- oder „Küsten“- und „Binnenmeeren“, so wie auch auf ihr im Allgemeinen verschiedenes Verhalten in Beziehung auf den Salzgehalt des Wassers habe ich bei Gelegenheit der Besprechung der physikalischen Verhältnisse des Nordjapanischen Meeres hingewiesen; siehe meine Reisen und Forschungen im Amur-Lande, Bd. II, St. Petersburg 1867, p. 730, 811 ff.

5) Maury, Die physikal. Geogr. des Meeres. Deutsch bearb. v. E. Boettger. Leipzig 1856, p. 118; Förschhammer, l. c. p. L; Bischof, l. c. p. 464; Г. Струве, Отчеты о занятіяхъ Тифлисской химич. лаборат. за 1867 и 1868 гг. Тифлисъ 1869 г., стр. 7. H. Struve fand in einer Wasserprobe, die am 2. Mai bei stillem und heiterem Wetter zwischen den Inseln Chio und Skyro, in $38^{\circ}30'N.$ u. $22^{\circ}30'D.$ v. Paris, geschöpft worden war, 43 p. m.

6) K. G. v. Baer, Ueber ein neues Projekt, Austern-Bänke an der russischen Ostsee-Küste anzulegen und über den Salzgehalt der Ostsee in versch. Gegenden. Nebst Karte, siehe Bullet. de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersb. T. IV, p. 119 ff. Mélanges biolog. T. III, p. 633 ff.

7) Nach H. Abich (Vergleich. chemische Untersuch. der Wasser des Kaspiisch. Meeres, Urmia- und Van-Sees. St. Petersburg. 1856. Aus den Mém. de l'Acad. Imp. des sc. de St. Pétersb. VI. Sér. sciences math. et phys. T. VII, besond. abgedr. p. 24) beträgt der Salzgehalt des Wassers im Urmia-See $22,28\%$. In einem See südöstlich vom kleinen Ararat, beträgt er nach Abich, $30,63\%$. Bischof, l. c. p. 315.

Die einzelnen Analysen des Wassers des Todten Meeres weichen sehr ansehnlich von einander ab. Offenbar ist der Salzgehalt verschieden in verschiedenen Theilen des Meeres: geringer in der Nähe der einmündenden Flüsse, zumal des Jordans, und überhaupt im tieferen nördlichen, größer im leichteren südlichen Theile. Auf den letzteren mag sich ver-

muthlich auch die obige Angabe (44, 4 §) beziehen. Eine Zusammenstellung verschiedener Analysen s. bei Bischof, l. c. p. 313. Nach den Berichten der Amerikaner, die unter Führung des Kapitäns Lynch im J. 1848 das Todte Meer besahten, bedeckten die bei einem Süd Sturm umher spritzenden Wogen die Kleider der Mannschaft mit starren Salzkrusten und riefen ein Brennen und Jucken der Haut wie der Augen hervor. C. Ritter, Der Jordan u. die Besahtung des Todten Meeres. Berlin 1850, p. 34.

8) Die schwedischen, nordamerikanischen, englischen Arbeiten mit der Dredge, der Bulldog-Maschine u. a. Tiefseeapparaten sind sehr zahlreich. Eine anschauliche kurze Uebersicht derselben gab unter Anderen A. J. Malmgren (Om förekomsten af djurlif pa stora hafsdjup, in der Oefversigt af Finska Vet. Societ. förhandl. 1869, XII, Nr. 1), der selbst an den meisten schwedischen Untersuchungen Theil genommen hat. Ueberraschend zahlreiche und mannigfaltige Krustaceen, Pycnogoniden und Echinodermen wies auch Th. Jarzynsky in den Jahren 1869 u. 1870 im Eismeere nahe der lappländischen (Murmanschen) Küste und im Weissen Meere nach. Als Beispiel solcher Arten, die dem Polarmeere in großen Tiefen mit den tropischen Breiten gemein sind, mögen dienen: Rhizoerinus losotense und Lophohelia prolifera, die an den Küsten Floridas vorkommen und die G. D. Sars bei den Eosoden aus der Tiefe von 300 Faden heraufholte, u. a. m.

9) Baer, Bullet. l. c. p. 32; Mél. biolog. l. c. p. 611. Nach Lechevrel und Masquier.

10) Baer, Bullet. l. c. p. 34, 35, 135; Mél. biolog. l. c. p. 616, 656. Bei allzugroßem Salzgehalt, wie im Mittelländischen Meere, scheinen die Auster ebenfalls zu leiden. Baer, Bullet. l. c. p. 34; Mél. biol. l. c. p. 615.

11) Baer, Bullet. l. c. p. 18, 19; Mél. biolog. l. c. p. 593, 594. Nach Kröyer und Lovén. Letzterer giebt die Auster bis Tränen an, welches jedoch unter $66\frac{1}{2}^{\circ}$ N. liegt, nicht $65\frac{1}{2}^{\circ}$, wie Baer anführt.

12) Baer, Bullet. l. c. p. 119 ff.; Mél. biolog. l. c. p. 633 ff.

13) Baer, Bullet. l. c. p. 123—127; Mél. biolog. l. c. p. 638—645.

14) Rink, der beste Kenner Grönlands, nennt es noch neuerdings (Petermann, Geogr. Mittheil., 1875, p. 299) „überflammt mit Eis.“

15) Namentlich das Nordostland, das im Innern durchweg von einer 2- bis 3000' starken Eishülle bedeckt ist. Norden-
sfjöld, Die Schlittensfahrt der schwed. Exped. im nordöstlichen
Theile von Spitzbergen, in Petermann's Geogr. Mittheil.
1873, p. 450.

16) Von der Kreuz-Bai (74° n. Br.) an nordwärts, nach
H. Hofer, Ueber die Gletscher von Nowaja-Semlja, in Pe-
termann's Geogr. Mittheil. 1875, p. 54.

17) Ueber die Strömungen in dieser Straße sind genaue
und ausführliche Arbeiten neuerdings ausgeführt worden auf
dem englischen Schiffe „Porcupine“, worüber J. W. B. Car-
penter and J. Gwyn Jeffreys, Report on Deep-sea Researches
carried on during the months of July, August and Sept. 1870
in H. M. Surveying Ship „Porcupine“. London 1870, p.
203—213 (Proceed. of the Royal Soc. Nr. 125).

18) Von Forchhammer ist der Unterstrom im Grunde genau
beobachtet und untersucht worden; J. Bischof, l. c. p. 456 ff.