

Über den Kreislauf der Stoffe in der Natur. *

Von

Herrn Prof. A. Streng.

In der Geologie herrscht seit langer Zeit, seitdem dieselbe überhaupt eine Geschichte hat, der Gegensatz zweier Ansichten, des Neptunismus und des Plutonismus. Dieser Kampf hat lange Zeit die Wissenschaft beherrscht und abwechselnd hat die Eine oder die andere Richtung das Uebergewicht, ja unter Umständen die Alleinherrschaft an sich gerissen. So war zu WERNER'S Zeit der Neptunismus, in der Zeit HUMBOLDT'S und BUCH'S dagegen der Plutonismus herrschend. Als in der neueren Zeit, besonders unter dem Einflusse von GUSTAV BISCHOF und durch die Einführung des chemischen Experiments in die Geologie die neptunischen Anschauungen von der Entwicklungsgeschichte unserer Erde einen neuen Aufschwung nahmen, gipfelte der Streit vorzugsweise in einer Frage, die mit der Frage des Plutonismus und Neptunismus nicht in einer nothwendigen Verbindung stand, in der Frage nämlich, ob die Perioden der Entwicklungsgeschichte der Erde, in deren Verlauf sich die geschichteten Formationen mit ihren thierischen und pflanzlichen Resten abgelagert haben, von einander getrennt worden seien durch grosse epochemachende Revolutionen, in denen das gesammte Thier- und Pflanzenleben vernichtet und die vorher abgelagerten horizontalen Schichten

* Eine am 9. Juni 1872 zu Giessen gehaltene akademische Festrede, welche wir mit des Verfassers Erlaubniss hier bringen. D. Red.

gehoben, gebogen und gefaltet wurden, oder ob im Gegentheil die Schichten in einem Einzigen ununterbrochen fortschreitenden Ablagerungsprocesse von den ältesten Zeiten bis in die Gegenwart sich abgesetzt hätten, ohne durch allgemeine Erdrevolutionen gestört worden zu sein.

Die erstgenannte Ansicht war gegründet auf die discordante Lagerung gewisser, als Formationen zusammengefasster Schichtensysteme und die Verschiedenheit der Fauna und Flora in denselben. Das setzt voraus, dass an denjenigen Stellen, wo diese Erscheinung stattfindet, die älteren ursprünglich horizontal abgelagerten Schichten durch gewaltsame Ereignisse aus ihrer horizontalen Lage gedrängt und aufgerichtet wurden, ehe das jüngere Schichtensystem auf jenem sich ablagerte und dass in der Zwischenzeit eine Änderung der Fauna und Flora stattfand. Indem man diese Änderungen als ein plötzlich auftretendes und schnell sich vollendendes Ereigniss auffasste und die durchaus lokale, auf gewisse Länder beschränkte discordante Lagerung verallgemeinerte, entstanden jene Anschauungen von den periodisch wiederkehrenden allgemeinen Erdrevolutionen, der plötzlichen Erhebung der Gebirge und einer damit verbundenen Vernichtung alles thierischen und pflanzlichen Lebens, dem dann jedesmal neue Schöpfungsacte folgen mussten.

Diese Ansicht, die auf einer mangelhaften Kenntniss der geognostischen Verhältnisse beruhte, musste in dem Maasse an Boden verlieren, als durch sorgfältige und eingehende Arbeiten das Gebiet unserer Kenntnisse immer mehr erweitert wurde und gegenwärtig kann sie als ein gänzlich überwundener Standpunkt bezeichnet werden.

Ganz allgemein hat sich jetzt die Meinung geltend gemacht, dass der Absatz der Schichten im Meere ein ununterbrochen fort-dauernder Process ist, der nur hie und da gestört werden kann durch allmählich vor sich gehende locale Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche, dass demnach auch das einmal vorhandene organische Leben sich ununterbrochen fortgesetzt hat bis auf die Gegenwart; dass zwar stets alte Geschlechter aussterben und neue an ihre Stelle treten, dass aber auch dieser Process der Umwandlung einer Fauna und Flora in eine andere ein ganz allmählich vor sich gehender ist.

Aus dieser durch sorgfältige und zahlreiche Lokalstudien gewonnenen Erkenntniss ging nun die Ansicht von der allmählichen Entwicklung unserer Erde von dem Unvollkommenen nach dem Vollkommeneren hervor. Gleichzeitig machte sich unter dem Einflusse des Neptunismus noch in anderer Beziehung eine Änderung der Ansichten geltend, wodurch die weitere Kluft zwischen Neptunismus und Plutonismus zum grossen Theile erfüllt wurde. Während man vordem geglaubt hatte, an die Intensität der in früheren Zeiten der Entwicklung thätiger Kräfte müsse ein anderer weit grösserer Maasstab gelegt werden, wie an die in der Gegenwart wirkender, d. h. in früheren Zeiten seien die verändernd wirkenden Kräfte mit einer alle unsere Vorstellungen weit überschreitenden Stärke aufgetreten, so macht sich jetzt immer mehr die Ansicht geltend, dass bei Erklärung früherer Zustände und Veränderungen wenn möglich derselbe Maasstab angelegt werden müsse, wie bei den gegenwärtigen Naturerscheinungen, dass aber an die Stelle ungemessener Kräfte sehr wohl ungemessene Zeiten gesetzt werden könnten, in denen schwach wirkende Kräfte grosse Veränderungen hervorzubringen vermöchten.

Kaum war nun die Geologie der Revolutionen beseitigt und die neue Ansicht hatte begonnen, sich Bahn zu brechen, so wurde sie auch wieder einer der Zielpunkte der neptunischen Angriffe gegen die plutonische Idee. Gerade die allmähliche Fortentwicklung unserer Erde ist eine natürliche Folgerung der plutonischen Hypothese; denn diese geht davon aus, dass unsere Erde ehemals ein feurigflüssiges Sphäroid war, dass dieses sich langsam abkühlte und eine feste Rinde erhielt, die von der unterliegenden flüssigen Masse oftmals zerrissen und zersprengt, nach und nach immer dicker wurde und dadurch den plutonischen Eruptionen immer grössere Widerstände entgegensetzte, so dass erstere immer kleinere Dimensionen annahm und gegenwärtig nur noch in Formen vulkanischer Eruptionen sich geltend machen. Dies ist der allgemeine Verlauf einer Entwicklung, mit welcher viele andere Erscheinungen, wie z. B. die Änderung der Temperatur und des Klima's der Oberfläche und die daraus folgende Änderung in den Lebensbedingungen der Pflanzen Hand in Hand gehen.

Eine solche, der plutonischen Hypothese entsprechende Entwicklung musste bei den Neptunisten den entschiedensten Widerspruch hervorrufen. Anfangs setzten sie dieser Entwicklung eine andere in neptunischem Sinne gehaltene entgegen, später wurde jede Entwicklung in Abrede gestellt und der Satz aufgestellt, alle Vorgänge auf unserer Erde bildeten einen seit Ewigkeit bestehenden und bis in alle Ewigkeit fortdauernden Kreislauf, der zwar beständig Veränderungen der Erdoberfläche im Gefolge habe, aber Veränderungen derselben Art, die sich also fortwährend wiederholten.

Dass ein Kreislauf der Veränderungen auf der Erdoberfläche vorhanden ist, kann nicht in Abrede gestellt werden, es fragt sich nur, ob derselbe immer genau in sich zurückkehrt oder nicht, d. h. ob der Kreis, gleich einem Ringe, ein völlig geschlossener ist, oder ob die sich wiederholenden Veränderungen einem an sich kleinen, aber nach und nach immer grösser werdenden Wechsel unterworfen sind, so dass der Kreis der Erscheinungen und Veränderungen sich als eine Schraubenlinie darstellen würde. In dem letzteren Falle würde mit dem scheinbaren Kreislauf eine sehr allmähliche Entwicklung der Verhältnisse auf unserer Erde verbunden sein können.

Es kann hier nicht die Absicht sein, einer Entscheidung der Frage, ob Kreislauf oder allmähliche Entwicklung, vorzugreifen; dieselbe ist noch nicht spruchreif. Ich habe es mir vielmehr nur zur Aufgabe gestellt, an einer Reihe von Beispielen den Kreislauf der Stoffe auf unserer Erde zu schildern.

Zu den bekanntesten der hier aufzuführenden Erscheinungen gehört der Kreislauf des Sauerstoffs und des Kohlenstoffs. Der erstere, ein Gemengtheil der atmosphärischen Luft, kommt durch den Athmungsprocess der Land- und Meeresthiere, sowie durch den Verbrennungs- und Verwesungsprocess in Verbindung mit dem Kohlenstoffe der organischen Substanz, und bildet damit die Kohlensäure der atmosphärischen Luft. Dadurch gelangt also auch der Kohlenstoff in den gasförmigen Zustand. Durch den Athmungsprocess der Pflanzen wird nun der Kohlenstoff der atmosphärischen Kohlensäure wieder in organische Form übergeführt, wird ein Bestandtheil der Pflanzen, während der Sauerstoff wieder im freien Zustande in die atmosphärische Luft zurückkehrt.

Aus der Pflanze, die dem Thiere zur Nahrung dient, gelangt der Kohlenstoff in den Organismus der letzteren und wird hier theils durch den Athmungs-, theils durch den Verwesungsprocess der atmosphärischen Luft als Kohlensäure wieder zugeführt. Hierdurch entsteht ein Kreislauf des Kohlenstoffs aus der Atmosphäre durch Pflanzen und Thiere wieder zurück in die Atmosphäre, ein Kreislauf, der uns zeigt, wie in dem Haushalte der Natur Thier und Pflanze sich gegenseitig bedingen. Soviel Sauerstoff durch das Thierreich verbraucht wird, ebensoviel wird auch wieder durch die Pflanzen hervorgebracht. Hieraus erklärt sich auch zunächst der im Allgemeinen gleichbleibende Gehalt der atmosphärischen Luft an Sauerstoff.

Indessen greifen noch einige andere Processe in diese Verhältnisse in verschiedenem Sinne ein, wodurch unter Umständen eine sehr langsame Änderung in dem Gehalte der atmosphärischen Luft eintreten könnte. So wird ein Theil der Kohlensäure der Luft und damit auch ein namhafter Theil ihres Sauerstoffs durch den Verwitterungsprocess der Kalk-Silikate in Anspruch genommen, indem hieraus unter Abscheidung der Kieselerde kohlen-saurer Kalk entsteht, der sich in den Gesteinen ablagert und dauernd der Luft entzogen wird. Dieser Kohlensäure-Verlust, der ein sehr bedeutender ist, wie die mächtigen Ablagerungen von kohlen-saurem Kalk lehren, die wohl zum überwiegend grössten Theile dem ebengenannten Prozesse ihre Entstehung verdanken, wird aber ergänzt und ersetzt durch die aus der Erde an vielen Stellen hervortretenden Kohlensäure-Exhalationen und die kohlen-säurereichen Quellen, die diese Säure wahrscheinlich dem in tieferen Regionen vorhandenen kohlen-sauren Kalke entnehmen. Ferner wird ein Theil des Sauerstoffs ununterbrochen verbraucht zur Oxydation der Eisenoxydul-Verbindungen in den Gesteinen. Aber auch diesem Prozesse steht der Process der Reduction des Eisenoxys und anderer Sauerstoff-Verbindungen in den Gesteinen durch organische Substanzen gegenüber, wodurch Sauerstoff in Form von Kohlensäure aus den Gesteinen der atmosphärischen Luft zugeführt wird. Übrigens wird eine namhafte Menge Kohlenstoff in Form von Braun- und Steinkohle in den Schichten der Erdrinde vergraben und dadurch dem Kreislauf der Stoffe entzogen. Halten sich alle diese in entgegengesetztem Sinne wir-

kenden Kräfte das Gleichgewicht, dann haben wir es hier mit einem vollständigen immerwährenden Kreislaufe zu thun und die Zusammensetzung der Luft ist seit ewigen Zeiten eine gleiche gewesen und wird es auch in aller Zukunft bleiben. Ist aber irgend einer der Processe, von denen der Gehalt der atmosphärischen Luft abhängig ist, etwas überwiegend über den ihm entgegenstehenden, dann wird eine sehr langsame und allmähliche Änderung in ihrer Zusammensetzung eintreten.

Einen ähnlichen Kreislauf, wie Kohlenstoff und Sauerstoff, erleidet auch der Wasserstoff und Stickstoff, während eine Reihe anderer Stoffe, wie Kalk, Phosphor, Schwefel, Kalium, Natrium u. s. w. einen Kreislauf zwischen der Ackererde, dem Pflanzen- und dem Thierreiche zu durchwandern haben, welches ja nach dem Absterben durch Verwesung wieder zu Staub und Asche wird.

Noch bekannter als der Kreislauf des Sauerstoffs und Kohlenstoffs ist derjenige der atmosphärischen Luft und der Gewässer. Die aus den äquatorialen Meeren verdunsteten Wassermassen gelangen mit der Luft in Dampfform auf die nördlich und südlich vom Äquator gelegenen Continente; indem hier die Luft bis unter ihren Thaupunkt abgekühlt wird, vermag sie den ihr beigemengten Wasserdampf nicht gelöst zu erhalten; derselbe scheidet sich in Folge dessen in Form von Wolken aus, die dann ihre Niederschläge über die Continente ergiessen. Die Regenmassen dringen nun theils in die Erde ein, theils fliessen sie direct in die Bäche und Flüsse und mit diesen wieder dem Meere zu. Das in die Erde einsickernde Wasser durchdringt langsam die das Wasser überhaupt durchlassenden Schichten, füllt sie an und entweicht langsam auf Spalten und Klüften, welche an tiefer liegenden Punkten der Erdoberfläche ausmünden. So entstehen die Quellen, deren Wasser die Bäche und Flüsse speist. Demnach gelangt alles Wasser, welches durch die Regen- und Schneemassen dem Lande zugeführt worden ist, durch die Flüsse wieder zurück in das Meer, dem es in Form von Wasserdampf entnommen war. Dieser Kreislauf des Wassers findet ununterbrochen statt und erstreckt sich über die ganze Erde. Er steht in Verbindung mit dem Kreislaufe der atmosphärischen Luft, die ja ununterbrochen von dem Äquator nach den Polen und von diesen

wieder zum Äquator strömt. Dieser sich stets gleich bleibende Kreislauf ist auch die Ursache, dass das Niveau der Meeresoberfläche stets ein Gleiches bleibt, dass die Masse des Meerwassers, so weit unsere Beobachtungen reichen, anscheinend unveränderlich ist.

Aber der Kreistauf des Wassers ist doch nicht ein so ganz einfacher, als es auf den ersten Blick scheint. Würde man nämlich den vom Meere aufsteigenden Wasserdampf untersuchen, so würde man finden, dass er fast absolut rein und, abgesehen von atmosphärischer Luft, unvermischt ist. Daher enthält auch der Regen nur die Bestandtheile der atmosphärischen Luft gelöst. Untersucht man aber das Wasser der Flüsse, die dieses Regenwasser dem Meere wieder zuführen, so sieht man zunächst, dass es aufgeschlämmte Theile in bedeutender Menge enthält und wenn man es chemisch untersucht, so findet man namhafte Mengen fester Stoffe in ihm gelöst. Während also reines Wasser von dem Meere fortgenommen wird, kehrt unreines Wasser in dasselbe zurück, d. h. mit dem Wasser werden Jahr aus, Jahr ein grosse Mengen von festen Stoffen theils suspendirt, theils in Lösung dem Meere zugeführt und es fragt sich zunächst, wie kommen diese Stoffe in das Wasser und dann: was wird im Meere aus ihnen.

Untersuchen wir zunächst die mechanisch in dem Wasser der Bäche und Flüsse aufgeschlämmten festen Massen, so sind dies Produkte der mechanischen Zerkleinerung der Gebirgsarten, über welche die Gewässer geflossen sind und die sie nun mit sich fortführen. Dahin gehören grobe Gerölle und Sand, die am Boden der Flüsse fortbewegt werden, und sehr feine feste Theile, die im Wasser suspendirt sind und ebenfalls dem Meere zuströmen. Das so mit fortgeführte Material besteht theils aus Kiesel-erde, theils aus Thonerdesilikat. Selbstverständlich ist die Masse der mechanisch mit fortgeführten Theile abhängig von der Masse und von der Schnelligkeit der Bewegung des Wassers. Daher wird auch zu Zeiten der Hochfluth die Masse der fortbewegten festen Theile grösser sein, wie zu gewöhnlichen Zeiten. So führte nach Versuchen von Bischof der Rhein bei Bonn nach auffallend trockner Witterung in 100000 Theilen Wasser 1,73, im angeschwollenen Zustande über 20,5 suspendirte Theile mit sich.

Das Wasser des Mississippi führt in 100000 Theilen etwa 59 Gewichtstheile, in einem Jahre etwa 3702 Millionen Cubikfuss fester Stoffe dem Meere zu. Der gelbe Strom in China enthält in 100000 Theilen angeblich die ungeheure Menge von 500 Gewichtstheilen fester Stoffe und man hat berechnet, dass er in Einer Stunde etwa 2 Million Cubikfuss feste Substanz in das Meer führt.

Gelangen nun diese festen Stoffe mit dem sie tragenden Wasser in das Meer, dann hört die Bewegung, durch die sie suspendirt erhalten wurden, auf und es beginnt allmählich der mechanische Absatz theils unmittelbar an der Flussmündung, theils in grösserer Entfernung davon. Das sichtbare Resultat dieser Abscheidung ist die Bildung des Flussdeltas, deren allmähliches Fortschreiten wir beobachten können, denn es sind in historischer Zeit an vielen Flüssen ausgedehnte Landstrecken dem Meere abgewonnen worden.

Die Flüsse führen aber auch eine grosse Menge fester Stoffe in gelöstem Zustande dem Meere zu, ja die Menge der gelösten Theile übertrifft in vielen Fällen die Menge der nur mechanisch suspendirten. Die Hauptmasse der in gelöster Form im Flusswasser enthaltenen Stoffe besteht aus kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk und etwas kohlensaurer Magnesia; sehr untergeordnet ist dagegen der Gehalt an Kochsalz, der nur etwa $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{100}$ von dem Gehalte an Kalksalzen beträgt. Die Zusammensetzung der gelösten Salzmenge ist übrigens bei verschiedenen Flüssen sehr verschieden, ja sie wechselt selbst bei Einem Flusse je nach Ort und Zeit. So sinkt meist während der Hochfluth der Gehalt an gelösten Stoffen sehr bedeutend, während die Menge der mechanisch aufgeschlämmten wächst. Um nur von der Menge der auf solche Weise fortgeführten Stoffe eine Vorstellung zu geben, will ich beispielsweise anführen, dass in 100000 Theilen das Nilwasser 14 Theile, das Rheinwasser 17 Theile, das Mainwasser 24 Theile, das Themsewasser 40 Theile und das Wasser der Bièvre bei Paris 51 Theile fester gelöster Stoffe enthält. Die Menge fester Substanz, die der Rhein in gelöster Form alljährlich dem Meere zuführt, übersteigt 100 Millionen Cubikfuss.

Es fragt sich nun zunächst, woher diese gelösten festen

Stoffe kommen. Wie schon erwähnt, dringt ein grosser Theil des auf die Erde niederfallenden Regenwassers in diese ein und kommt an tiefer liegenden Stellen als Quelle wieder zu Tage. Auf diesem Wege durch die Gesteine wirkt es lösend auf den in gewissen Gesteinen vorhandenen Gyps und durch seinen Gehalt an atmosphärischer Kohlensäure verändernd und zersetzend, vor Allem aber auflösend auf den durch die Zersetzung der Kalksilikate entstandenen kohlensauren Kalk und dieser ist es vorzugsweise, der vom Wasser aufgenommen wird. Ungeheure Massen dieses Körpers werden auf diese Weise in einem langsam und allmählich wirkenden Prozesse der festen Erde entzogen und dem Meere zugeführt.

Wenn nun auf diese Weise grosse Quantitäten gelöster Stoffe durch Einen Fluss dem Meere zuströmen, wie ungeheuer gross mag die Menge der gelösten Stoffe sein, die alljährlich durch sämtliche Flüsse der Erde dem Meere zugeführt werden. Freilich ist die Masse des jährlich dem Meere zufließenden Wassers gering gegen die ganze Masse des Meerwassers; wenn man aber in Erwägung zieht, dass dieses Zufließen Jahr aus Jahr ein stattfindet, dass es stattgefunden hat nicht nur seit den historischen Zeiten, die man auf etwa 10000 Jahre zurückdatiren kann, sondern seitdem es einen Gegensatz zwischen Festland und Meer gab, also in Zeiträumen, die Millionen von Jahren umfassen, so wird man sich eingestehen müssen, dass die ganze Masse des auf der Erde befindlichen Wassers schon viele Male den Kreislauf der Gewässer durchlaufen und jedesmal ungeheure Mengen gelöster Stoffe dem Meere zugeführt haben muss.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, dass in dem Meere ein beständiger Concentrationsprocess stattfindet, da ihm beständig gelöste Stoffe zugeführt werden, während reines Wasser als Wasserdampf entweicht. Die gelösten Stoffe müssen also zurückbleiben und sich nach und nach immer mehr anreichern. Das Meerwasser müsste sich also hiernach als eine concentrirte Lösung derjenigen Stoffe darstellen, die in den Flusswassern vorzugsweise vorhanden sind, es müsste eine möglichst concentrirte Lösung von kohlensaurem Kalk und von Gyps sein. Statt dessen finden wir, wenn wir das Meerwasser chemisch untersuchen, dass es weit davon entfernt ist, eine concentrirte Lösung von Kalk-

salzen darzustellen, ja es ist geradezu arm an kohlen-saurem Kalk und auch der Gyps ist nur in kleinen Mengen darin vorhanden; dagegen erweist es sich als eine vergleichsweise concentrirte Lösung von Kochsalz. Wohin kommen nun die grossen Massen von kohlen-saurem und schwefel-saurem Kalk, die alljährlich durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden und wie ist der hohe Chlornatrium-Gehalt desselben zu erklären? Eine directe Abscheidung des Kalks durch den Verdunstungsprocess des Wassers ist nicht möglich, weil eine solche nur aus einer völlig gesättigten Lösung stattfinden könnte. Auch durch Verdunstung der den Kalk gelöst enthaltenden Kohlensäure ist eine Abscheidung nicht denkbar, weil das Meerwasser stets freie Kohlensäure enthält. Es müssen also andere Processe vorhanden sein, durch welche dem Meere kohlen-saurer und schwefel-saurer Kalk in demselben Maasse entzogen werden, wie ihm diese beiden Stoffe durch die Flüsse zugeführt werden. In der That gibt es solche Processe, aber sie gehören nicht in das Gebiet der unorganischen Natur, sondern hängen auf das Innigste mit der Entwicklung des organischen Lebens im Meere zusammen.

Wenn wir nämlich sehen, dass die grossen Korallenbänke, deren Material wesentlich aus kohlen-saurem Kalk besteht, seit unvordenklichen Zeiten stets gewachsen sind und noch heute wachsen, wenn wir sehen, wie Tausende und Millionen von Thieren mit kalkiger Hülle beständig entstehen und vergehen, so müssen wir schon hier fragen, woher nehmen diese Thiere den zu ihrer Schaale nöthigen Kalk? Die Antwort wird sich nun leicht aus dem Vorhergehenden ergeben: es ist ein Theil des Kalks, der ununterbrochen dem Meere zugeführt wird. Die alten Muscheln sterben ab und werden vom Meeresschlamm begraben, eine neue Generation entnimmt das zu den Kalkhüllen nöthige Material direkt oder indirekt dem kohlen-sauren Kalke, welcher dem Meere durch die Flüsse zugeführt wird.

Untersucht man den eigentlichen Bodensatz des Meeres, d. h. die am Boden des Meeres sich abscheidenden Sedimente, so findet man diese an vielen Stellen, ganz besonders in den grössten Tiefen vorzugsweise zusammengesetzt aus kohlen-saurem Kalk in Form eines ausserordentlich feinen Schlammes. Bringt man diesen unter das Mikroskop, so findet man, dass er in seiner Hauptmasse

aus sehr kleinen Körnern besteht, die durchgehends organischen Ursprungs sind, d. h. Organismen sehr niederer Art ihre Entstehung verdanken. Es sind vorwaltend sogenannte Coccolithen, d. h. eigenthümlich geformte, mit organischer Substanz innig gemengte Kalkkörner; dann ferner Polythalamien, und zwar vorzugsweise Globigerinen, zerriebene Reste grösserer Schaalthiere u. s. w. Hieraus ergibt sich, dass durch den Lebensprocess unendlich zahlreicher mikroskopisch kleiner Thierchen, sowie durch denjenigen aller grösseren Thiere mit kalkiger Hülle dem Meere ununterbrochen kohlen-saurer Kalk entzogen und auf dem Boden desselben abgelagert wird. Da viele dieser Kalkschaalen Magnesia-haltig sind, so wird hierdurch auch der Gehalt an kohlen-saurer Magnesia im Meerwasser beständig niedergeschlagen und eine Ansammlung desselben in ihm verhindert.

Nun hat man in den kalkigen Absätzen aller älteren Formationen, die früher ebenfalls Meeresablagerungen waren, jetzt aber durch Hebung in Festland verwandelt worden sind, nicht nur kalkige Muscheln und Korallen, sondern auch jene Coccolithen und andere kleine kalkige organische Formen, zu den Polythalamien etc. gehörig, gefunden, die vorwaltend den Meereschlamm bilden. Derselbe Process der Abscheidung des Kalkes durch organische Thätigkeit, den wir noch heute beobachten, hat also auch stattgefunden, seitdem überhaupt sedimentäre Bildungen vom Meere abgeschieden worden sind, also seit Millionen von Jahren. Damit ist die vorher erwähnte merkwürdige und auf den ersten Blick räthselhafte Erscheinung erklärt, dass ununterbrochen dem Meere Kalksalze zugeführt werden, ohne dass eine Zunahme des Kalkgehalts im Meerwasser bemerkbar wäre.

Es ist vorhin mitgetheilt worden, dass die Flüsse ausser den Kalk- und Magnesia-Salzen dem Meere, wenn auch nur in verhältnissmässig kleinen Mengen, Kochsalz zuführen. Da wir keinen Process kennen, durch welchen das Chlornatrium ebenso ununterbrochen abgeschieden wird, wie die Kalk- und Magnesia-Salze, so müsste dieser Körper im Meerwasser einer beständigen Concentration unterworfen sein. War also ursprünglich das Meer salzfrei, so müsste im Laufe der Jahrtausende durch den beständigen Process der Verdunstung und die stetige Zuführung neuen Materials eine Anreicherung an Kochsalz erfolgt sein und das

Meer müsste sich als eine verhältnissmässig reiche Kochsalzlösung darstellen, was auch in der That der Fall ist.

Kann nun aber unter solchen Verhältnissen die beständige Verdunstung des Meerwassers und die Rückkehr des verdampften Wassers durch die Flüsse als ein reiner, sich stets unverändert wiederholender Kreislauf betrachtet werden? Für das Wasser mag dies der Fall sein, aber dieser Kreislauf hat Erscheinungen in seinem Gefolge, die sich, auf den ersten Blick wenigstens, nicht als ein besonderer Kreislauf betrachten lassen, die vielmehr langsame aber beständig fortschreitende Veränderungen der Erdoberfläche hervorrufen. Vergewenwärtigen wir uns nochmals die Wirkung der atmosphärischen Niederschläge auf die Erdoberfläche und die oberste Erdrinde, so besteht sie darin, dass ununterbrochen feste Stoffe theils in suspendirter, theils in gelöster Form dem Meere zugeführt und zum grössten Theil dort abgelagert oder im Wasser angereichert werden. Die hierdurch bewirkten Veränderungen sind zwar für unser Auge kaum wahrnehmbar, sie sind auch noch unbedeutend innerhalb der Lebensdauer eines Menschen; da aber solche Vorgänge in ungemessenen Zeiträumen stattgefunden haben, so muss auch ihre Wirkung in diesen Zeiten eine ganz ungeheure gewesen sein.

Man hat berechnet, dass die Summe fester Substanz, die der Rhein theils in gelöster, theils in suspendirter Form seinem Verbreitungsgebiet seit 15000 Jahren entzogen hat, soviel beträgt, dass sie, auf dieses gleichmässig ausgebreitet, eine Schicht von Einem Meter Höhe bilden würde; in $1\frac{1}{2}$ Million Jahren würde dies gleich einer Schicht von 100 Metern Höhe sein. Durch die Erosion des Wassers, welches dem Rheine zugeführt wird, müsste also in dieser Zeit von anderthalb Million Jahren das ganze Land im Durchschnitt um 100 Meter erniedrigt worden sein. Da die abnagende Wirkung des Wassers um so grösser ist, je rascher es fliesst, seine Geschwindigkeit aber unter übrigens gleichen Umständen von der Neigung des Untergrundes abhängig ist, so werden im Allgemeinen die steiler geneigten gebirgigen Theile des Rheingebiets vorwaltend dieser Abnagung unterworfen sein, die ebeneren Theile aber nur sehr wenig. Es wird sich also die erodirende Wirkung des Wassers concentriren in den Gebirgen; d. h. nicht die ebenen Gegenden des Flussgebiets, sondern vor-

waltend die Gebirgsgegenden werden in bedeutend verstärktem Maasse durch die Erosion erniedrigt; und wenn wir vorhin sagten, das ganze Flussgebiet des Rheins sei in $1\frac{1}{2}$ Million Jahren um 100 Meter erniedrigt worden, so gibt dies kein richtiges Bild des Vorganges. Wäre das Rheingebiet zu $\frac{1}{3}$ von Gebirgen, zu $\frac{2}{3}$ von Ebenen gebildet, dann würde in $1\frac{1}{2}$ Million Jahren der gebirgige Theil vielleicht um 300 Meter, das ist um ungefähr 1000 Fuss, im Durchschnitt erniedrigt worden sein. Die Erosion in den Gebirgen ist aber noch weit bedeutender, weil ein grosser, ja vielleicht der grösste Theil der Zerkleinerungsprodukte eines Gebirges schon in der nächsten Ebene abgelagert wird, so dass diese sich allmählich erhöht, während das Gebirge sich erniedrigt. Wir werden daher die vorhergenannte Zahl von 300 Metern verdoppeln, ja vielleicht verdreifachen können. In der That finden wir auch fast in allen Gebirgen die unzweifelhaftesten Zeugnisse, dass ihre Oberfläche durch Abnagung erniedrigt worden ist.

Auf der andern Seite muss aber durch die festen Stoffe, die der Rhein dem Meere zuführt, der Boden desselben sich mit Niederschlägen bedecken derart, dass eine dem ganzen Rheingebiete gleichkommende Bodenfläche in $1\frac{1}{2}$ Million Jahren sich um 100 Meter im Durchschnitt erhöhen würde. Da aber auch hier die Wirkung sich concentrirt auf die der Flussmündung nahe gelegenen Theile des Meeres, so wird hier die Erhöhung des Meeresbodens eine weit raschere sein.

Ueberblicken wir die Wirkung der Gewässer, so ergibt sich, dass sie eine im Wesentlichen nivellirende ist. Die Erhöhungen des Festlandes, die Gebirge, werden abgenagt, die Ebenen werden erhöht, die Meerestiefen mit dem fortgeführten Materiale erfüllt und so die Gegensätze zwischen Gebirgshöhe und Meerestiefe nach und nach ausgeglichen. In dem Maasse, wie der Meeresboden durch abgelagerte Sedimente erhöht wird, müsste auch der Meeresspiegel steigen und die Tiefländer überfluthen, die Gebirge müssten immer mehr sich abflachen, kurz die Oberfläche der Erde müsste sich immer mehr der Form eines idealen Sphäroids, ohne Hervorragungen und ohne Vertiefungen nähern. Hier wäre also anscheinend kein Kreislauf vorhanden, sondern eine sehr langsam fortschreitende Veränderung in Einem Sinne,

durch welche eine vollständige Umwälzung aller Verhältnisse auf unserer Erdoberfläche herbeigeführt werden müsste.

Indessen die eben geschilderten Natur-Erscheinungen stehen nicht vereinzelt da, sie befinden sich in innigster Verbindung mit Andern und mit Kräften, die in einem ganz andern Sinne wirksam sind wie die nivellirend wirkenden Kräfte des Wassers.

Da, wo man den Stand des Meeres seit langen Jahren sorgfältig beobachtet hat, fand man häufig, dass derselbe sich im Laufe der Zeit verändert hat; an dem Einen Orte fand man ein allmähliches Zurücktretten des Meeres, an einem andern aber ein langsames Vordringen desselben in das Festland. Man hat Beweise dafür, dass die Ursache dieser Erscheinung darin liegt, dass an der Einen Stelle das Festland sich sehr langsam und allmählich hebt, an der andern Stelle aber sich ebenso langsam und allmählich senkt. Man hat nun, indem diese Beobachtungen auf viele Küsten ausgedehnt wurden, gefunden, dass dies keine lokalen, sondern dass es ganz allgemein verbreitete Erscheinungen sind. Zu den allmählich sich hebenden Landstrichen gehören Norwegen und das nördliche Schweden, die in einem Jahrhundert um einige Fuss sich gehoben haben, die Westküste von England, Irland, ein grosser Theil von Frankreich, Syrien, die Ostküste von Afrika, die Sunda-Inseln, Neu-Guinea, Neu-Holland. Zu den allmählich sinkenden Landstrichen gehört der südliche Theil von Schweden, die Ost- und Südseite von England, die Normandie und Bretagne, Dalmatien, Grönland, die Nilmündungen, die Inseln des stillen Oceans. Finden solche Hebungen und Senkungen innerhalb langer Zeiträume statt, dann entstehen aus den Hebungen Gebirge, aus den Senkungen Vertiefungen, die vom Meere bedeckt werden. Finden die ersteren am Meeresboden statt, so verwandelt sich dieser in Festland, während an anderen Stellen das Festland durch Einsenkungen vom Meer bedeckt wird.

Wenn wir nun sehen, dass das Material, aus welchem die meisten unserer Gebirge bestehen, ursprünglicher Meeresboden war, dass viele Tausend Fuss mächtige Schichtensysteme, das Produkt des mechanischen Niederschlags der Meere längst entschwundener Erdperioden, mit Einschlüssen unzähliger Reste echter Meeresthiere, viele Tausend Fuss emporgehoben sind und unsere jetzigen Gebirge bilden, dann müssen wir zu der Erkennt-

niss kommen, dass die Hebungen und Senkungen zu allen Zeiten der Erdgeschichte stattgefunden haben. Alle unsere Continente sind einstmals Meeresboden gewesen, ja ein und dieselbe Gegend war abwechselnd das Eine und das Andere.

Während also die hoch erhobenen Gebirge durch die Erosion der Gewässer abgetragen und dem Meere zugeführt werden, heben sich andere Landstriche oder hebt sich Meeresboden nach und nach so, dass neue Gebirge entstehen. Während der Meeresboden durch Ablagerung fester Stoffe sich hebt, tritt an andern Stellen eine Senkung ein, wodurch von Neuem Vertiefungen im Meeresboden oder auf dem Festlande gebildet werden. Der Nivellirungsprocess der Gewässer, von dem wir vorhin sagten, er würde die Erde allmählig in ein regelmässiges Sphäroid verwandeln, wird also stets durchkreuzt durch die beständig stattfindenden Hebungen und Senkungen. Was uns vorhin als eine stetige Veränderung in Einem Sinne vorkam, stellt sich uns jetzt etwas anders dar, denn die festen Stoffe, welche durch Vermittlung der Gewässer dem Meere zuströmen, werden dort abgelagert; dann tritt eine Hebung des Meeresbodens ein, wodurch dieser in Festland verwandelt wird, und nun fängt derselbe Process von Neuem an; die Gewässer beginnen ihre abnagende Wirkung an dem neu entstandenen Festlande, an den neu erhobenen Gebirgen; kurz die wichtigsten festen Stoffe, Kalk, Kieselerde, Thonerde, sind einem beständigen Kreislaufe unterworfen. Einmal sind sie Bestandtheile eines Gebirges, werden durch die Wirkung der Gewässer fein zertheilt oder gelöst und dem Meere zugeführt, bilden dann nach ihrer Ablagerung lange Zeit den Meeresboden, bis dieser sich hebt, dann werden sie Bestandtheile eines Festlandes, eines Gebirges, von wo sie den Kreislauf von Neuem beginnen. Je höher die Schichten gehoben werden, um so stärker wird auch das Gefälle der das entstandene Gebirge durchströmenden Gewässer sein, um so rascher wird also auch die Erosion wirken und bestrebt sein, das Gebirge nach und nach abzuschleifen und zu erniedrigen.

Beiläufig sei hier bemerkt, dass der Kreislauf des Kalks in der innigsten Verbindung steht mit demjenigen des Kohlenstoffs, denn aus dem abgelagerten kohlen-sauren Kalke entwickelt sich durch gewisse physikalische oder chemische Einflüsse freie Koh-

lensäure, die in die atmosphärische Luft übergeht und dort entweder in Sauerstoff und organische Substanz verwandelt oder durch Zersetzung von Kalksilicaten in Form von kohlensaurem Kalke dem Meere zugeführt und dort abgelagert wird.

Wenn nun auch für die im Flusswasser mechanisch aufgeschwemmten Stoffe, sowie für die gelösten Kalk- und Magnesia-salze, die durch organische Thätigkeit im Meere zum Absatze kommen, ein solcher Kreislauf nachgewiesen ist, so ist das doch nicht der Fall für diejenigen Stoffe, für welche wir keinen fortwährend thätigen Abscheidungsprocess kennen, welche daher im Meerwasser gelöst bleiben. Dies gilt vorzugsweise für das Kochsalz, welches sich demnach in dem Meere seit den ältesten Zeiten der Erdgeschichte angereichert haben müsste. Hier wäre dann doch eine stetige Veränderung in Einem Sinne vorhanden, hier wäre kein Kreislauf erkennbar. Dieser Einwand hat seine Berechtigung, indessen tritt hier an die Stelle eines stetig fort-dauernden, ein nur von Zeit zu Zeit stattfindender Abscheidungs-process des Kochsalzes. Das Studium der jüngsten Vergangenheit unseres Erdballs lehrt uns nämlich, dass wahrscheinlich durch die Hebung einzelner Theile des Meeresbodens öfters grössere oder kleinere Theile des Meeres von diesem abgetrennt werden. Dies war z. B. mit dem kaspischen und wahrscheinlich auch mit dem Aral-See der Fall. Das erstere, sowie die in seinem Nord-westen zahlreich vorhandenen kleineren Salzseen standen in einer von der Gegenwart noch nicht sehr entfernt liegenden Vergangenheit mit dem schwarzen Meere in Verbindung. Haben solche abgetrennten Theile eines älteren Meeres nur geringe Zuflüsse, die nicht im Stande sind, die verdunstenden Wassermengen zu ersetzen, dann tritt ziemlich rasch eine solche Concentration des Seewassers ein, dass eine Abscheidung desselben in Form von Steinsalz stattfindet. Beispiele hierfür sind das todte Meer und die kleinen Salzseen nordwestlich vom kaspischen Meere. Ähnliche Abscheidungen des Kochsalzes aus Meerestheilen, die von dem Weltmeere abgeschnitten worden waren, haben fast in allen Perioden der Erdgeschichte stattgefunden und sind die Veranlassung zur Ablagerung der mächtigen und ausgedehnten Steinsalzlager gewesen, die wir gegenwärtig kennen und von denen Eines eine Mächtigkeit von etwa 3000 Fuss besitzt. Ungeheure

Mengen von Kochsalz sind dadurch seit den ältesten Zeiten dem Meere entzogen worden und werden ihm noch gegenwärtig entzogen. Dieser Verlust wird langsam aber stetig gedeckt durch die beständig dem Meere zufließenden kochsalzhaltigen Flüsse. Ob hier Gewinn und Verlust sich vollkommen ausgleichen, ist weder durch Rechnung noch durch Beobachtung zu entscheiden. Halten sich beide Prozesse nicht ganz vollkommen das Gleichgewicht, überwiegt der Eine den Andern um nur Weniges, dann muss während des scheinbaren Kreislaufs eine beständige Änderung in Einem Sinne stattfinden, d. h. der Kochsalzgehalt des Meeres muss in sehr langen Zeiträumen allmählich steigen oder fallen. Dann hätten wir auch hier keinen eigentlichen Kreislauf, sondern eine spiralförmig fortschreitende Veränderung, eine sehr allmähliche Entwicklung.

Man beruft sich, um zu beweisen, dass der Kochsalzgehalt des Meeres zu allen Zeiten ein gleicher gewesen sei, auf die Thatsache, dass in den ältesten Schichten, die überhaupt thierische Reste enthalten, nur solche Thiere gefunden werden, die in salzigem Meerwasser gedeihen; man schliesst hieraus, dass auch die Meere jener alten Zeiten salzig gewesen seien. So berechtigt dieser Schluss im Allgemeinen ist, so wenig begründet ist die Behauptung, dass der Kochsalzgehalt der damaligen Meere ebenso gross gewesen sei, wie derjenige der heutigen; er konnte vielmehr namhaft grösser oder kleiner gewesen sein, wie heute und hätte doch völlig genügt, um die Meeresthiere zu erhalten, die wir jetzt in den Ablagerungen jener Meere finden.

Ähnlich dem Kreislaufe des Kochsalzes ist wahrscheinlich auch derjenige des Gypses, denn mit ersterem werden stets bedeutende Mengen des letzteren aus abgetrennten Meerestheilen abgeschieden, in Festland verwandelt und später, durch Gewässer gelöst, dem Meere wieder zugeführt. Doch erleidet der Gyps auf seinem Wege, sowohl im Meere, als auch auf dem Festlande, die mannigfaltigsten Veränderungen, so dass es noch nicht möglich ist den Kreislauf, den er durchwandert, mit Klarheit zu überblicken.

Aber auch der Kreislauf der Gewässer selbst ist mit einer stetigen Veränderung verknüpft, die innerhalb kurzer Zeiträume

so unbedeutend ist, dass sie in keiner Weise durch Beobachtung gefunden werden könnte; diese Veränderung beruht nämlich auf einer langsamen Verringerung des auf der Erdoberfläche circulirenden Wassers durch einen in grossem Maassstabe vor sich gehenden chemischen Vorgang. Dies ist der Process der Umwandlung wasserfreier Gesteine, wie Granit, Gneiss, quarzführender Porphyr, in wasserhaltige, nämlich vorzugsweise in Thon, der aus der Verwitterung jener Gesteine hervorgeht und Wasser chemisch gebunden enthält. Dass die auf solche Weise dem Kreislauf sich entziehenden, so zu sagen erstarrenden und erhärtenden Wassermassen im Laufe der Zeit sehr bedeutend werden können, lehren uns die ungeheuren Thonmassen, die einen grossen Theil der geschichteten Gesteine zusammensetzen und den siebenten Theil ihres Gewichtes chemisch gebundenes Wasser enthalten. Es sind also schon namhafte Mengen von Wasser auf diese Weise chemisch gebunden und in fester Form abgeschieden worden. Der umgekehrte Process, die Umwandlung wasserhaltiger Gesteine in wasserfreie unter Abscheidung von Wasser findet zwar auch statt, aber, soweit wir es übersehen können, bei Weitem nicht in dem Maasse, wie der vorher erwähnte.

Die angeführten Beispiele mögen zeigen, zunächst, dass die Frage, ob die einen Kreislauf bestimmenden einander entgegengewirkenden Kräfte sich vollständig neutralisiren oder nicht, bis jetzt noch nicht entschieden werden kann, dann aber auch, dass nicht jeder Kreislauf eine in sich geschlossene unabhängig von andern sich entwickelnde Erscheinung ist, sondern dass Ein Kreislauf mit einem oder mehreren andern in der innigsten Verbindung steht. So bildet das organische Leben den Knotenpunkt, in welchem der Kreislauf des Kohlenstoffs und Sauerstoffs einerseits, und derjenige des Kalks andererseits wie die Glieder einer Kette in einander greifen. Es zeigt sich hier, welchen hervorragenden, ja geradezu bestimmenden Einfluss die organische Natur auf die Entwicklung unserer Erde nimmt, dass also das Thier- und Pflanzenleben nicht nur als ein blos zufälliger oder beiläufiger Theil des Erdganzen in seiner Entwicklung von derjenigen der Erde abhängig ist, sondern dass im Gegentheil die letztere von der Entwicklung des Thier- und Pflanzenlebens bedingt wird. Organisches Leben und unorganische Natur stehen also in den

innigsten Wechselbeziehungen und bedingen sich gegenseitig in ihrer Entwicklung.

Aus dem Angeführten ist zu ersehen, dass es bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse noch nicht möglich, die Frage, ob ewiger Kreislauf oder allmälige Entwicklung, zu beantworten, ohne den Boden der Thatsachen unter den Füßen zu verlieren. Nur unermüdliche Forschung wird hier zum Ziele führen, nur das redliche Streben, an der Hand der Thatsachen, ohne vorgefasste Meinung das Gebäude der theoretischen Anschauungen aufzurichten, wird uns dahin führen, auch in der Geologie den Gegensatz der Ansichten und Meinungen auszugleichen und ein Bild von der Entwicklungsgeschichte unserer Erde zu entwerfen, welches der Wahrheit möglichst nahe steht.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: [1873](#)

Autor(en)/Author(s): Streng Johann August

Artikel/Article: [Über den Kreislauf der Stoffe in der Natur 33-51](#)