

Das Schwanken des festen Landes.

Ein Vortrag

gehalten am 25. Oktober 1875

von

Dr. Alfred Jentzsch.

Einen Blick in die geheimnißvolle Vorzeit unserer Erde zu werfen, zu untersuchen, wie sich der jetzige Zustand der Erde allmählich herausgebildet hat, mit seiner wechselvollen Vertheilung von Land und Wasser, Berg und Thal, mit seinen Felsen und ebenen Sandflächen, mit der wunderbaren Verbreitung der Thier- und Pflanzenformen, welche diese Felsen und Ebenen bewohnen — kurz die Entwicklungsgeschichte der Erde und der von ihr getragenen Lebenswelt zu durchdringen, ist von jeher als eine würdige Aufgabe wissenschaftlicher Forschung betrachtet worden. Der einzige Weg, der sich uns zur Lösung dieser Aufgabe bietet, ist die sorgsame Untersuchung der Struktur unserer Erdrinde. Jede einzelne Schicht, welche an dem Aufbau der Letzteren theilnimmt, trägt den Stempel der äusseren Verhältnisse, unter denen sie abgelagert wurde.

Indem wir die Aufeinanderfolge der einzelnen Schichten beobachten, erhalten wir ein Bild von der Reihe physischer Veränderungen, welche die Erdoberfläche durchlaufen hat.

Verlassen wir unser norddeutsches Tiefland und suchen die Gebirge auf, wo schroff eingeschnittene Flussthäler, wie die von Menschen zur Aufsuchung und Gewinnung nutzbarer Mineralien angelegten Steinbrüche und Schächte uns einen tieferen Einblick in den Schichtenbau gestatten, so tritt uns alsbald eine merkwürdige Erscheinung entgegen. In den Mergeln, Thonen, Kalken und Sandsteinen, welche die Berge zusammensetzen, finden wir, gar oft zu Tausenden und aber Tausenden angehäuft, die Reste thierischer und pflanzlicher Meeresbewohner. Da liegen Schaaen von Muscheln, in denen wir noch die beiden Klappen, nachdem wir sie aus dem Gestein herausgelöst, mit Hilfe der wohlerhaltenen Schlosszähne in einander passen können, während das längst verfaulte Weichthier nur den Eindruck des einst kräftigen Schliessmuskels und des sogenannten Mantels hinterlassen hat. Da liegt noch der unversehrte Panzer des Seeigels mit der regelmässig fünfstrahligen Anordnung seiner zwanzig Reihen von Täfelchen, die noch deutlich die Poren zeigen, durch welche sich die zarten Ambulacralfüsschen hervorstreckten und die Knöpfchen, auf welchen sich die Stacheln bewegten. Diese selbst liegen abgelöst dicht daneben und nicht weit davon finden wir, von einem zerbrochenen Exemplare herrührend, die eigenthümlich geformten Zähne, Kalkplatten

und Bogenstücke, welche einst die sogenannte Laterne des Aristoteles, das Gebiss des Seeigels zusammensetzten. Wir vermissen in den Gebirgsschichten weder die Zähne von Hayfischen, noch den zierlichen Korallenstock und die winzigen SchaaLEN der Rhizopoden, während andere Schichten wieder erfüllt sind von den Abdrücken zahlloser Seetange. Hier, an der Stelle der jetzigen Berge und Thäler muss also einst das Meer gewogt haben. Ehemaliger Meeresgrund ist fest geworden und liegt jetzt oft viele Tausende von Fussen über dem Spiegel der See. Derartige Gesteinsschichten mit dergleichen marinen Resten können wir oft über Tausende von Quadratmeilen verfolgen, während wir andererseits in den darunter liegenden Schichten auch andere und zwar immer fremdartigere organische Reste antreffen.

Haben wir hier das Resultat einer allmählichen Erniedrigung des Seespiegels oder das eines Aufsteigens des Landes vor uns? Brach das Meer von Zeit zu Zeit plötzlich herein, die bisherige Thier- und Pflanzenwelt zerstörend und den Boden für eine neue bereitend, oder verschoben sich die Grenzen des Landes nur langsam? Tauchte fortwährend neues Land auf, oder verschwand solches auch wieder unter dem Spiegel der See? Vor Allem aber: Welches sind die Kräfte, die so wunderbar grossartige Wirkungen hervorzubringen vermochten?

Ehe man an die Beantwortung dieser Fragen geht, wird man sich zu überzeugen haben, ob denn gegenwärtig die Grenzen von Land und Meer wirklich so unverrückbar fest liegen, wie es nach der Vergleichung älterer und neuerer Karten zumeist den Anschein hat, oder ob wir etwa noch jetzt hie und da ein Schwanken dieser Grenzen bemerken können. Dies ist in der That der Fall und der Skandinavische Norden liefert das erste Beispiel der Art. Der einfache Ostseefischer war es, der zuerst das Zurückziehen der See vom Schwedischen Festlande bemerkte. Der berühmte Naturforscher Celsius sammelte die im Volke verbreiteten Nachrichten, vermehrte sie durch eigene kritische Beobachtungen und konnte im Jahre 1743 der Stockholmer Akademie verkünden: Das Baltische Meer senkt sich und zwar im Jahrhundert ungefähr 40 schwedische Zoll. Als Beweis dafür diente ihm das Hervor-tauchen von Klippen aus dem Meere, das Vorrücken der Küste, die jetzige Entfernung ehemaliger Hafenstädte von derselben und vor Allem die hohe Lage verschiedener, vom Menschen nahe dem Wasserspiegel angebrachter Zeichen. Das Phänomen schien zu wunderbar, um sofort anerkannt zu werden. Erst als im Anfang dieses Jahrhunderts L. von Buch die Beobachtung bestätigte, wurde die Aufmerksamkeit der Naturforscher von neuem erregt. Die schwedische Akademie ordnete eine Untersuchung der Frage an, liess insbesondere alle vorhandenen Seezeichen ihrer Höhe nach genau vermessen und so stellte sich denn heraus, dass in der That der Wasserstand sich ändere. Diese Aenderung ist nicht gleichmässig, sondern beträgt je nach den einzelnen Stellen 3—5 Fuss im Jahrhundert. Sie ist stärker im Norden als in der Mitte von Schweden und verschwindet im südlichen Schweden ganz.

Ja an der äussersten Südspitze geht sie sogar in das Gegentheil über. Torfmoore senken sich hier in das Meer hinein und in dem Marktflecken Trelleborg in Schonen, SSO. von Malmoe gelegen, wird gar das Steinpflaster vom Meere bei hohen Wasserständen bedeckt, während man unter demselben, drei Fuss tiefer, noch ein älteres Steinpflaster bemerkt. In Malmoe selbst fand man ein solches sogar 8 Fuss unter dem jetzigen Strassenpflaster¹⁾. Die ganze Erscheinung kann demnach nicht auf einem Sinken des Meeresspiegels beruhen, weil dieses ein gleichmässiges sein müsste. Vielmehr können wir die ersten der aufgestellten Fragen in diesem Falle dahin beantworten, dass eine echte Hebung des Landes und zwar ganz allmählich stattfindet.

Könnten wir nach den angeführten Beobachtungen noch zweifeln, so würde ein Blick auf die Muschelablagerungen Skandiaviens uns überzeugen. Denn nicht bloß Schweden hebt sich, auch Norwegen thut dies, wenn auch in geringerem Maasse, und insbesondere die Ablagerungen ausserordentlich frisch erhaltener Meeresthiere, hoch über dem jetzigen Seespiegel sind in seinen Fjorden sehr schön zu sehen²⁾. Die bekannte Stadt Tromsøe steht auf einer der genannten Muschelbänke. „Alle Gebäude“, so schreibt von Buch, „sind auf reinen, weissen Muschelschalen gebaut, gerade wie sie auf Luroe lagen und bei Boden und zuletzt noch auf Senjen bei Gebostad. Alle Keller sind in den lockeren zerbrochenen Muscheln ausgehöhlt und doch hat man das Ende der Schicht in keinem von diesen Kellern erreicht. Nirgend hatten wir noch diese Muschelschicht grösser gesehen, ausgedehnter und höher, sie erfüllt einen Raum von mehreren hundert Schritt Breite, bis dorthin, wo die Insel etwas schneller aufsteigt, und in der Höhe geht sie gewiss von 10 bis 12 Fuss.“ So weit von Buch³⁾. Derartige Muschelbänke liegen aber nicht bloß nahe der jetzigen Küste, sie erheben sich an den verschiedensten Stellen zu 80, 100, 470, ja fast zu 600 Fuss. Selbst fest auf dem Gneissfelsen sitzen hier noch die Schalen von *Balanus*, jenem weitverbreiteten, als Seetulpe bekannten Krebsthiere. — In Schweden, also an der Ostküste der skandinavischen Halbinsel, finden sich Muschelbänke mit den gemeinen Ostseearten *Cardium edule*, *Mytilus edulis* und *Tellina baltica* bis zu 140 Fuss Höhe über der See.

An diesen Uferterrassen erkennt man noch viel klarer, als an den übrigen Zeichen, dass wirklich eine Hebung des Landes, keine Wassersenkung vorliege. Allzu ungleich ist die Höhe, bis zu welcher sich eine und dieselbe Terrasse erhebt. Besonders schön zeigt sich dies in den Fjorden, jenen schmalen, von hohen Bergen umschlossenen, weit in das Land hineinreichenden Meeresbuchten Norwegens. Hoch oben im Norden bei Hammerfest liegt das Altenfjord. Ganz in dessen Hintergrund, 18 Seemeilen von seiner Mündung, liegt in 28 Meter über dem Wasser eine Anschwemmung von Meeressand mit zahlreichen Seemuscheln, und darüber, in 67 Meter Höhe, eine zweite von unvergleichlicher Deutlichkeit. Beide lassen sich bis zum Ausgange des Fjords fast ununterbrochen verfolgen, als zwei schmale, anscheinend parallele Streifen. Ich sage anscheinend: denn in Wirklichkeit convergiren beide sehr merklich. Während ihr Abstand im Innern des Fjords 39 Meter beträgt, ist er an der Mündung nur 14,5 Meter und die absolute Höhe ist bei dem oberen von 67 auf 28,5, bei dem unteren von 28 auf 14 Meter gesunken.

Während die ersten Berichte der Fischer, dass sie jetzt ernteten, wo ihre Väter mit Böten gefahren, dass Ortschaften vom Strand entfernter gerückt sind etc. — während alle diese Thatsachen immer noch sich vielleicht auf ein Versanden zurückführen liessen, ist also bei den Uferterrassen der Fall vollständig klar. Sobald einmal die Aufmerksamkeit auf sie gelenkt war, wurden sie daher überall als wichtige Merkmale für die Hebung des Landes eifrig verfolgt.

Man fand sie wieder in England, wo sie im Süden und Osten nur wenige Fuss, im Norden, wie in Schottland, mehrere hunderte von Fussen über der See liegen. Man findet sie wieder an der Küste von Spitzbergen, wie im nördlichsten Grönland, in Labrador und Newfoundland. Sie treten auf an mehreren Punkten des Mittelmeeres, wie an der Küste des rothen, auf der Insel Madagaskar, wie auf den Sundainseln und an der Westküste von Süd-Amerika.

An jeder Küste, die überhaupt in der Hebung begriffen ist, wird man mit leichter Mühe die Spuren eines ehemaligen höheren Wasserspiegels bemerken. Die alten Strandlinien sind in der Regel nicht zu verkennen. — Weit schwieriger ist es in vielen Fällen eine Senkung nachzuweisen. Die Hebung erkennen wir daran, dass Absätze des Meeres auf dem

Festlande liegen; die Senkungen müssen sich folgerecht dadurch dokumentiren, dass Gebilde des trockenen Landes unter Wasser liegen.

Die auf's Trockene gesetzten Meeresprodukte sind überall der Beobachtung zugänglich und werden unter dem Einflusse der Atmosphärrilien nur langsam und theilweise zerstört. Die ins Meer versunkenen Landstreifen sind dagegen nur so lange beobachtbar, als sie sich nicht zu tief unter dem Spiegel des niedrigsten Wasserstandes befinden, vor Allem aber werden sie durch die Macht der Wellen gewaltsam angegriffen und in den meisten Fällen zerstört.

Dazu kommt, dass alle diejenigen charakteristischen Produkte des festen Landes, welche sich zu einer längeren Erhaltung eignen, wie insbesondere Holzstämme, Torf, Knochen grösserer Thiere auch ohne Senkung durch die täglichen Wirkungen der fliessenden Gewässer ins Meer gelangen. Es bedarf demnach sorgfältiger Prüfung und ausnahmsweise günstiger Umstände, um eine Senkung zu konstatiren. Wir müssen also von vorneherein erwarten, Senkungen seltener als Hebungen zu beobachten.

Trotzdem sind mehrere Beispiele bekannt, in denen Senkungen in historischer Zeit oder doch seit der Existenz der Menschen stattgefunden haben und gerade unsere Provinz bietet dafür ein gutes Beispiel. Wenn Sie unsere viel besprochene, aber wenig besuchte kurische Nehrung durchwandern, so werden Ihnen ganz sicher der Waldboden und die deutlich aufrecht stehenden Baumstämme auffallen, welche unter dem allmählich fortfliegenden Sande auf der Seeseite der Dünen zum Vorschein kommen, ein Zeichen ehemaligen kräftigen Waldwuchses auf unserer jetzt so traurig kahlen Nehrung. Einen gleichen Waldboden finden Sie aber auch dicht am Strande. Da wo die See ein wenig hineingewühlt hat in das Land und einen kleinen Steilrand gebildet, da kommt bei gewöhnlichem Wasserstande der Waldboden zum Vorschein, direkt überlagert von Seesand mit Geröllen, die sich als Zeichen temporären höhern Wasserstandes noch weit am Ufer hinaufziehen. So nahe dem Meere, noch mehrere Meter hohen Ueberschwemmungen von salzigem, heftig wogendem Seewasser ausgesetzt, gedeihen weder Laub- noch Nadelbäume bei uns. Hier muss die See vorgerückt sein. Aber auch die Hölzer selbst, die noch aufrecht stehenden Stubben findet man und zwar unter dem Wasser, den Fischern wohlbekannt. Das obere Ende der Stämme ist von den Wogen abgerundet und zumeist im Wasser verborgen. Aber wenn eine geeignete Vertheilung der Barometerstände über die Ostsee und der davon abhängigen Winde das Wasser zurückweichen lässt von unseren Küsten, dann erscheinen die Reste des alten Waldes auch dem leiblichen Auge des Küstenwanderers, indem sie theils nahe dem Wasserspiegel rücken, theils wohl gar über denselben hervorragten. In gleicher Weise zieht sich auch von Litthauen aus ein alter Wald unter das kurische Haff und in einer Tiefe von 3 Fuss unter dem Wasser desselben finden wir gar einen Steilrand, der einst das alte Ufer des Haffes begrenzt haben muss. 9 Fuss tief fällt hier plötzlich der Haffboden ab in einer Schroffheit, die sich nur vergleichen lässt mit derjenigen unterwaschener Ufer, wie wir sie so schön und typisch an den Rändern unserer Haffe beobachten können.

Und selbst seit der Existenz des Menschen hat sich das Land noch gesenkt! Denn auf keine andere Weise lassen sich die zahlreichen Reste menschlicher Kunstfertigkeit erklären, die sich im Boden des Haffes eingebettet finden. Die alten Heiden, welche aus dem kostbarsten Produkte des Landes, dem Bernstein, sich jene Schmuckgegenstände und jene seltsamen Götzenbildchen schnitzten, welche jetzt die Baggerarbeit aus der Tiefe des Haffes herauffördert, sie müssen ihre Wohn- und Grabstätten auf einem Boden gehabt haben, über

dem jetzt die Wellen dahinspülen. Selbst feste, steinerne Bauwerke sind bereits dem Andringen der See preisgegeben, wie die sogenannte Ruine Vogelsang auf der frischen Nehrung⁴⁾.

Das Sinken unserer Provinz steht nicht vereinzelt da. Weiter westlich, an den Ufern der Nordsee sehen wir die grossartigsten Wirkungen einer allgemeinen Senkung des Landes. Ueberall versucht hier die See hereinzubrechen in den Bereich des festen, kultivirten Landes. Halbinseln macht sie zu Inseln, diese von allen Seiten herabwaschend, sich Buchten hinein-nagend, die endlich die Insel in zwei Theile zerschneiden und so den Auflösungsprozess immer mehr beschleunigen. Dies sind nicht etwa allgemeine Behauptungen, die auf geologischen Schlüssen beruhen, sondern die alten Chroniken sind es, welche uns die Nachrichten über-liefern, welche uns vielfach die Jahreszahl, oft den Tag angeben, an dem dieses und jenes geologische Ereigniss stattfand. Wir erfahren wie sich der Dollert- und der Zuider See im 13. Jahrhundert gebildet haben, wie die einzelnen Inseln, welche sich von Holland bis zur schleswigschen Küste hinziehen, im Laufe der Jahrhunderte zerbröckelt und verkleinert sind, einige von ihnen ganz von den Wellen verschlungen wurden. Von dem alten Westcapelle, früher der bedeutendsten Stadt von Seeland, ist nichts mehr vorhanden. Schon 1470 wurde sie so stark von den Wellen bedrängt, dass die alte Kirche aufgegeben und eine neue weiter landeinwärts gebaut werden musste. Bereits in der Mitte des 16. Jahrhunderts lag diese Kirche eine Meile weit in der See!⁵⁾

Schon frühe versuchte der Mensch sich zu wehren gegen den Andrang der Elemente. Schon vor Jahrhunderten wurden Deiche angelegt zum Schutz gegen die Sturmfluthen — Bauwerke, welche seitdem mit Aufbietung enormer materieller Mittel erhalten und in gewaltigen Massen empor gethürmt wurden. Bei dem obengenannten Westcapelle ist der Deich jetzt nicht weniger als 390 Fuss an der Basis breit, oben 12 Fuss und besitzt eine Höhe von 24 Fuss. Diese Deiche, der „goldene Reif“, welcher das Land umspannt und der Arbeit des Landmanns den Ertrag sichert, geben uns ein Bild von dem Verlaufe des alten Strandes und damit von der gewaltigen Senkung, welche die Nordseeküste seit wenigen Jahrhunderten betroffen hat, denn hinter demselben liegt das Land augenscheinlich unter dem Spiegel der See. Durch-bräche heute die See die Deiche, so würden nicht weniger als 280 Quadratmeilen, also ein Land, grösser als das ganze Königreich Sachsen, nur allein dem holländischen Gebiete ent-rissen werden und auch vom deutschen Gebiete liegt ein keineswegs unbeträchtlicher Theil unter dem Niveau des Meeres. Ganz ähnliche, nur weniger grossartige Einbrüche der See fanden in historischer Zeit noch an mehreren Punkten statt. So vor allem an den Mün-dungen des Nil, wo die See jetzt in den alten Felsengräbern spielt und noch in den letzten Hundert Jahren grosse Strecken Landes erobert hat! —

Die bisher aufgeführten Thatsachen beweisen uns, dass noch jetzt Hebungen und Senkungen grosser Theile der Erdoberfläche stattfinden. Betrachten Sie nun kurz die Folgen dieser Bewegungen! Die Art und Weise, wie die See vordringt ins Land, letzteres verschwindet unter dem Andrang der See, wurde bereits geschildert. Es ist klar, dass mit einer Hebung in gleicher Weise eine Vergrösserung des festen Landes stattfindet. Die weite Verbreitung versteinerter Seethiere beweist uns, dass diese Verschiebung der Meeresgrenzen sich über ganze Continente erstreckt hat. Die Bildung der Flussthäler und damit der Hauptcharakter der Oberflächenformen jedes Landes hängt von diesen Schwan-kungen ab.

Der Zusammenhang beider Erscheinungen ist ein sehr einfacher.

Jedes fliessende Wasser nimmt feste Theile mit sich fort. An irgend einer beliebigen Stelle wird der Fluss daher sein Bett vertiefen, wenn er nicht von seinem Oberlaufe her

ebensoviel Steinmaterial zuführt, als er nach unten hin fortschafft. Die Vertiefung des Bettes wird so lange fortschreiten, bis durch den Betrag desselben das Gefälle des Oberlaufes sich so stark vermehrt hat, dass das nunmehr rascher **zu**fließende Wasser ebensoviel Detritus mit sich herbeiführt, als das nunmehr langsamer **ab**fließende Wasser hinwegnimmt. Unter langsamer, doch gesetzmässiger Verschiebung seiner Windungen nach rechts und links wird der Fluss sich sein Thal eingraben, so lange, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Aber jede Schwankung des Seespiegels stört dieses Gleichgewicht. Bei dem Zurückweichen der Küste steigt das Gefälle des Unterlaufes, dieser schneidet sich tiefer ein, schafft dadurch auch dem Mittellaufe ein grösseres Gefälle und veranlasst so auch in diesem eine Erosion. Der Gesamtbetrag der Erosion im ganzen Flussgebiet entspricht genau den Massen, welche der Fluss an seiner Mündung ins Meer führt, und hier in Form eines Delta oder einer sich flach unter das Meer senkenden Uferbank absetzt. Dauert die Hebung fort, so wird nicht allein neue Erosion und eine Vergrösserung der Uferbank die Folge sein, sondern der früher gebildete Theil der letzteren wird nun dem Meere entzogen, erscheint als ein Streifen neugewonnenen Landes an der Mündung des Flusses. Tausende von Quadratmeilen sind auf diese Weise im nördlichen China allmählich dem Meere entstiegen. Sie verdanken ihr Dasein einer Hebung und dem enormen Schlammgehalt der gewaltigen Fluthen, welche der Hoang-ho, der berühmte gelbe Fluss dort dem Meere zuwältzt⁶⁾).

Aber auch Deutschland besitzt genug angeschwemmtes Land aus der Periode der Hebung, welche der jetzigen Senkung voranging. Alle unsere grossen Flüsse, vor Allem der Rhein, haben zum mindesten Hunderte von Quadratmeilen festen, meist fruchtbaren Landes geschaffen. In unserer Provinz sind die Niederungen der Weichsel und der Memel ein Geschenk dieser Flüsse, ebenso wie der grösste Theil von Holland ein Geschenk des Rheins. Aber sowie jetzt in Holland die nächste Senkung dieses Geschenk wieder vernichten würde, wenn der Mensch nicht sein Besitzthum mit allen ihm zu Gebote stehenden geistigen und materiellen Mitteln vertheidigte, so ist dies überall da, wo der Mensch nicht eingreift, wirklich der Fall. Spurlos verschwinden bei einer Senkung die Anschwemmungen der Flüsse unter dem Seespiegel und zu Ende ist Erosion und Thalbildung, zum Mindesten im unteren Theile des Flusslaufes. Die See dringt herein und stehendes Wasser erfüllt einen Theil des ehemaligen Thales. Wir haben dann eine schmale, mehr oder minder tief in das Land dringende Meeresbucht, in deren innersten spitzen Winkel der Fluss mündet. Die Tiefe des Wasserstandes in dieser Bucht wird den Betrag der Senkung angeben. Sie wird indess allmählich vermindert durch den Fluss, welcher nach wie vor Detritus vorwärts schiebt. Ist die Menge des Letzteren beträchtlich, so wird er die Wirkung der Senkung ausgleichen, den vom Meere okkupirten Theil des Thales zuschütten. Das Resultat ist dabei ein schmaler aber oft unverhältnissmässig mächtiger Streifen angeschwemmten Landes. Führt aber der Fluss nur wenig Detritus zu, so wird auch die Zuschüttung des Thales nur eine unvollständige, theilweise sein. Unser Pregel zeigt diesen letzteren Fall. Dass die Ebene neben unserm Pregel wirklich eine Aufschüttung ist, welche hoch über der eigentlichen Thalsole liegt, das wird bewiesen durch die Bohrungen im Kneiphof und Licent. 46 bis 67 Fuss unter die Oberfläche reichen dort die Flussgebilde, die erfüllt sind mit Millionen Kiesel-schalen von Süsswasser-Diatomeen⁷⁾).

Wie durch Senkungen Meeresbuchten entstehen, so können solche auch durch Hebungen abgesperrt werden oder verschwinden. Neue Inseln tauchen auf, alte werden zu Festland und längst getrennte Länderstrecken verwachsen mit einander. Der abgeschnittene Meerestheil wird, je nachdem in seinem Bereiche Verdunstung oder Regen überwiegen, ein-

trocknen zu einer Gruppe stark salziger Seen, vielleicht gar ein einziges, mehr oder minder mächtiges Steinsalzlager bilden, oder wird, wenn die Wasserzufuhr überwiegt, so lange steigen, bis er einen Abfluss gewinnt. Dieser wird sich in die ihn vom Weltmeere abschneidende Barre einschneiden und dann allmählich — langsam aber sicher — den Salzgehalt entführen, also das ehemalige Seebecken zu einem Süßwassersee umgestalten. Die meisten Seethiere darin werden nun aussterben und nur einzelne Wenige, für welche der Kalk- und Salzgehalt der See nicht unbedingt nöthig, werden sich den veränderten Lebensbedingungen anpassen.

Während die organische Welt des Wassers durch solche Hebungen verarmt, wird diejenige des festen Landes dadurch in der Entwicklung gefördert. Längst getrennte Floren- und Faunengebiete werden plötzlich durch eine Brücke verbunden, Pflanzen- und Thierarten beginnen zu wandern; der Kampf ums Dasein entbrennt heftiger als zuvor; veraltete Formen gehen darin zu Grunde und die moderneren, kräftigeren behalten in beiden neu verbundenen Ländern die Oberhand. Und nun denken wir uns ein drittes Land, welches die Hebung nicht in Verbindung mit anderen setzt! Seine Bewohner werden ihren antiken Typus bewahren, nur wenige neue Formen werden sich unter den ziemlich konstant bleibenden äussern Verhältnissen entwickeln; es wird sich, wie bei dem thalbildenden Fluss, so auch hier in der abgeschlossenen Thier- und Pflanzenwelt ein gewisses Gleichgewicht herstellen, welches erst von Aussen her, durch veränderte Lebensbedingungen oder durch Einwanderung fremder Arten einen Anstoss erhalten muss, um neue Formen hervorzubringen. Ich habe nicht nöthig die aus der Pflanzen- und Thiergeographie wohlbekannten Beispiele derart isolirter Landmassen anzuführen, ebensowenig hervorzuheben, dass gerade dieser Wechsel von Isolirung und Wanderung, von ruhigem Gleichgewicht und heftigem Kampfe ums Dasein ein Grundstein ist in der unsere Zeit so tief bewegenden Lehre Darwins. Mögen Sie pro oder contra Darwin stimmen, die Thatsache können Sie nicht leugnen, dass Aussterben alter und Verbreitung neuer Arten bedingt worden ist durch das Schwanken des festen Landes⁶⁾. — Dass Letzteres auch in die meteorologischen Verhältnisse und damit auch in die Lebensbedingungen der Organismen eingriff, ist selbstverständlich. Wenn Meeresströmungen durch emporsteigende Inseln und Bänke abgelenkt werden, so muss sich damit auch ihr erwärmender oder abkühlender Einfluss vom Festlande abwenden. Und wie bedeutend dieser sein kann, beweist das milde Norwegen im Bereiche des Golfstromes und die kalte Ostküste Nordamerikas mit ihrem Eisherge herbeischaffenden Polarstrom!

Wir sehen also, wie die Configuration der Continente, die Vertheilung von Berg und Thal, die Bildung geologischer Ablagerungen, wie die wichtigsten Verhältnisse der organischen Welt die Folgen sind von Hebung und Senkung.

Aber wessen Folgen sind diese Letzteren selbst? Welche Kräfte vermögen so kolossale und wunderbare Wirkungen hervorzubringen?

„Der Vulkanismus“ lautet die gewöhnliche Antwort. „Die Reaktion des feuerflüssigen Erdinnern auf die Oberfläche.“ Mit dieser Antwort können wir uns nicht ohne Weiteres begnügen, und zwar aus zwei Gründen. Einestheils, weil die obige Antwort zu unbestimmt ist, weil sie nicht gestattet, sich eine einigermaßen klare Vorstellung zu bilden von der Art und den Gesetzen der Kräfte und Wirkungen. — Andernteils aber, selbst wenn die säkulare „Vulkanische Hebung“ definirt und anerkannt wäre, müssten wir bei einer so allgemeinen und complicirten Erscheinung, als welche wir das Schwanken des Festlandes erkannt haben, doch wohl fragen, ob denn nur eine Ursache da wirksam sei, ob nicht vielmehr ein buntes Wechselspiel verschiedener Kräfte hier vorliege?

Wir müssen also untersuchen, welche Kräfte unter gegebenen günstigen Verhältnissen eine Hebung oder Senkung hervorbringen könnten und wie etwa das Maass und die Art der Wirkung bei jeder einzelnen ist. Und wenn wir das wissen, haben wir in jedem Specialfall, nach Untersuchung der näheren Umstände den Antheil der einzelnen Kräfte an der Gesamtwirkung zu bemessen. Dies ist meiner Ansicht nach der Weg, auf dem man derartige Fragen lösen sollte. Nicht indem man von vorn herein alle ähnlichen Wirkungen als Produkt gleicher Kräfte hinstellt.

Wenden wir dies auf die vorliegende Erscheinung an, so müssen wir allerdings zugehen, dass mannigfache astronomische Thatsachen, die Thätigkeit der Vulkane, die Beschaffenheit älterer und neuerer krystallinischer Gesteine, wie die mit der Tiefe zunehmende Erdwärme darauf hinweisen, dass in einer keineswegs beträchtlichen Tiefe unter der Erdoberfläche feurig-flüssige Massen sich befinden. Ob und wie sie aber Schwankungen hervorbringen, ist weit weniger klar. Sehen wir uns also zunächst nach anderen Ursachen um!

Zuerst tritt uns der Connex entgegen zwischen Hebung und Senkung. Jedes dem Meere entsteigende Land verdrängt Wasser von seiner Stelle, welches sich nun über die übrige Meeresfläche vertheilen und so diese zum Steigen bringen wird. In den allermeisten Fällen muss dies freilich ein minimaler Betrag sein, wenn aber ganze Continente um beträchtliche Höhen schwanken, so muss sich dies allerdings auf der gesamten Meeresfläche bemerkbar machen. Das grossartigste Beispiel dafür bietet die australische Inselwelt. Alle die Korallenbauten derselben erheben sich schroff aus grosser Tiefe, oft mehr als 3000 Fuss bis zur Oberfläche des Meeres und sind, da lebende Korallen nie in grösseren Tiefen als etwa 100 Fuss bauen, ein Beweis für eine allmähliche Senkung. Unterstützt wird dieser Schluss durch Betrachtungen über ihre geographische Vertheilung, vor Allem aber durch die eigenthümliche Flora und Fauna jener Inselwelt. Der ganze gewaltige Raum von 1200 geographischen Meilen Länge und 400 Meilen Breite hat sich also im Laufe der Zeiten gegen 3000 Fuss ins Meer versenkt. An Stelle dieses ganzen sinkenden Raums ist jetzt eine Wassermasse getreten, welche über den gesamten Meeresspiegel vertheilt, diesen um 130 Fuss erhöhen würde. Das Untertauchen des australischen Continentes hat also ein Hervortreten aller andern Continente um diesen Betrag zur Folge gehabt, ein Umstand, der wohl genügt viele scheinbare Hebungen zu erklären⁹⁾.

Wir kennen ferner eine unbestreitbare Ursache für ein fortdauerndes Steigen des Meeres, also ein scheinbares Sinken des Landes. Diese Ursache ist die Thätigkeit der Flüsse, welche fortwährend Gesteinsmaterial von den Gebirgen und aus den Festländern überhaupt dem Meere zuschieben. Dieses Gesteinsmaterial verdrängt fortwährend Wasser und bewirkt ein Steigen der See. Berechnen wir, soweit möglich, den Betrag dieser Massen, so finden wir nur etwa einhalb Centimeter als Maximum für die allgemeine Senkung in einem Jahrhundert. Dieser Betrag ist so minimal, dass er gegenüber den wirklich beobachteten Grössen von Hebung und Senkung nahezu verschwindet! — ¹⁰⁾

Eine auffällige Thatsache ist es, dass Senkungen so oft an der Mündung deltabildender Flüsse bemerkt werden. So an vielen Flüssen Frankreichs, in der lombardischen Ebene an der Mündung des Po, in Holland und vor Allem an der Mündung des alten klassischen Nil. Unser erster Gedanke ist hier wohl, dass die Sedimente anfangs locker aufgeschüttet wurden und erst allmählich sich zusammensetzten, wie wir dies in jedem beliebigen, mit Schlamm gefüllten Gefässe beobachten können. Ragen nun gar vom Festlande her weiche, thonige Massen unter das Meer, so werden sie vom Drucke der übergelagerten Massen bewegt, bei Seite geschoben werden. Auch dies findet sicher statt. Die Hebungen an der Mün-

dung des schlammigsten Flusses der Welt, des Hoang-ho, wie so mancher anderer lehren uns aber, dass auch dieser Kraft weit mächtigere gegenüber stehen¹¹⁾.

Neben dem mechanischen Zusammenziehen beim Festwerden haben die Gesteine auch chemische Veränderungen erlitten, Veränderungen, welche in der Zufuhr einzelner Mineralstoffe und der dadurch bedingten Entstehung neuer Mineralien bestehen. Durch diese Zufuhr, diese Aufnahme neuer Stoffe vergrössern die Gesteine ihr Volum und verursachen Hebung. Auch diese Thatsache lässt sich nicht ganz bestreiten. Die neueren physikalischen Untersuchungen zeigen indess, dass hoher Druck alle mit Volumvergrößerung verbundenen chemischen und physikalischen Prozesse aufhebt, dass jeder der letzteren nur einen endlichen, für jeden einzelnen Fall bestimmbaren und meist gar nicht sehr hohen Druck zu überwinden vermag¹²⁾. In irgend wie beträchtlicher Tiefe können daher diejenigen Gesteinsmetamorphosen, die mit Volumvergrößerung verbunden sind, nicht stattfinden. —

Die Temperatur der oberflächlichen Erdschichten nimmt, wie seit langer Zeit festgestellt ist, nach der Tiefe hin zu¹³⁾. Da an der Oberfläche Abkühlung stattfindet, so ergibt sich, dass aus der Tiefe nach der Oberfläche fortwährend Wärme fortgeführt wird. Hierin beruht eine weitere Ursache säkularer Schwankungen. Wie nämlich die menschliche Haut wärmer wird durch Ueberziehen eines, Anfangs vielleicht eiskalten Kleides, so muss auch in der Erdrinde die Temperatur steigen durch die Ueberlagerung neuer geologischer Gebilde. Jede Schicht wird dadurch der Oberfläche ferner gerückt, kann also weniger Wärme abgeben; und wenn sich durch Flussablagerungen oder durch vulkanische Aufschüttungen die Oberfläche irgendwo um 1000 Fuss erhöht, so müssen wir nach einiger Zeit an der ehemaligen Oberfläche beinahe dieselbe Wärme beobachten können, wie in der früheren Tiefe von 1000 Fuss. Das Resultat jeder Erhöhung des Bodens ist demnach eine Erwärmung der Erdschichten, diese werden sich ausdehnen und das Land wird steigen. Die Wärmeausdehnung der Gesteine ist allerdings so unbedeutend, dass die vertikale Ausdehnung, das Mächtigerwerden von Gebirgsschichten, nur zu einer sehr geringen Erhebung Veranlassung giebt. Aber man muss bedenken, dass auch in horizontaler Richtung im Sinne ihrer Haupterstreckung, die Gebirgsschichten sich ausdehnen werden. Es wird ihnen dann gerade so ergehen, wie einem durch Anfeuchtung vergrösserten Holzplättchen: Sie werden Falten werfen. Und auf diese Weise können schon durch verhältnissmässig niedrige Aufschüttungen beträchtliche Auftreibungen hervorgebracht werden — Auftreibungen, die selbstverständlich da hervortreten, wo sie den geringsten Widerstand zu überwinden haben.

In gleicher Weise kann natürlich eine Abkühlung und dadurch eine säkulare Schwankung entstehen, wenn mächtige Gebirgsschichten hinweggewaschen werden. —

Ungleich stärker und allgemeiner sind jedoch die Wirkungen, welche die allmähliche Abkühlung der ganzen Erdrinde hervorbringt. Die Verschiedenheit in den Oberflächenformen und der Leitungsfähigkeit der Gesteine wird eine unregelmässige Gestalt der isothermen Flächen und somit eine ungleichmässige Ausdehnung der einzelnen Gesteinsplatten hervorbringen. Einzelne der Letzteren werden demnach einen seitlichen Druck auszuhalten haben und werden sich falten; andere sich stärker zusammenziehende werden durch die Adhäsion der vorigen festgehalten werden und in Spalten aufreissen. Wo einmal die Schichten aus der Erde herausgebogen sind, da ist ihr Trägheitsmoment, der Widerstand, den sie einer zusammendrückenden seitlichen Kraft entgegensetzen, immer geringer. Höher wölben sich die Sättel und tiefer und tiefer sinken die Mulden der Schichtenfalten, bis endlich bei fortgesetzter Kontraktion der Erdrinde und fortwährend erneutem Seitendrucke die Spannung zu gross wird, ein Bruch an der Stelle der stärksten Krümmung eintritt und nun sich ein

Bruchstück am andern vorbei schiebt. Dass derartige Ereignisse gewaltige Schichtenstörungen zur Folge gehabt haben müssen, ist sicher. In der That finden wir gerade bei denjenigen Gebirgen, welche die grossartigsten und verworrensten geotektonischen Verhältnisse aufzuweisen haben, den Alpen, dem Himalaya, den östlichen Karpathen, den Pyrenäen und Appenninen, den nordamerikanischen Cordilleren wie in den Gebirgen Neuseelands Andeutungen ehemaliger sehr grosser Meerestiefen. Die Meeresabsätze, welche diese höchsten Gebirge zusammensetzen, sind von enormer Mächtigkeit und deuten im Verein mit den Versteinerungen, welche von den in den gewöhnlichen Uferbildungen vorkommenden beträchtlich abweichen, an, dass wir nicht die Absätze seichter, sondern extrem tiefer Meeresbecken vor uns haben.

Das allmähliche Versinken von früher oberflächlichen Schichten in Tiefen von mehreren Kilometern muss dazu führen, dass auch die innersten Schichten der Erdrinde an der betreffenden Stelle dem feuerflüssigen Erdinnern zugeedrückt werden. So mussten sie nach und nach sich erhitzen, erweichen, einschmelzen und die Dicke der Erdrinde an der tiefsten Einsenkung um den Betrag der Senkung verringern, ein Umstand, der vielleicht dazu beitrug, die Festigkeit der Erdrinde zu schwächen und den Bruch gerade an der tiefsten Stelle des Seebodens zu erleichtern.

Die herabgedrängten Massen, gleichviel ob fest oder flüssig, mussten nach den Seiten entweichen und so die nicht gesenkten Theile zu heben versuchen. Nicht aus eigener Kraft hob also das flüssige Erdinnere, sondern als Uebertrager eines anderwärts ausgeübten Druckes. Die Festlande, ohnehin um die von den Flüssen fortgeschafften Massen fortwährend erleichtert, mussten diesem Drucke nachgeben und emporsteigen.

Wohl werden noch mancherlei Kräfte angeführt, die ein Schwanken des festen Landes verursachen sollen. So ein fortwährendes Senken des Meeres, durch Eindringen in die Erdschichten, oder eine Versetzung des Seespiegels unter dem Einfluss astronomischer Ursachen. Alle diese Wirkungen sind aber nicht mit irgend genügender Sicherheit nachgewiesen. Wohl bemerken wir beim Studium der Formationslehre, dass grosse Zonen gleichzeitig auftauchten oder versanken. Wir finden die Beweise dafür in der eigenthümlichen Verbreitung der Steinkohlen, der obern Kreideschichten¹⁴⁾, wie der Diluvialbildungen. Aber gerade diese letzten zeigen uns die Wirkungen terrestrischer, nicht ausschliesslich astronomischer Ursachen recht deutlich. Während das Diluvialmeer das ganze europäische Russland bedeckte, im östlichen Deutschland bis über 400 Meter sich erhob, stieg es in Westdeutschland nur bis zu 200 Metern, reichte in der Nordspitze von Frankreich etwa bis zur jetzigen Höhe, und vermochte das westliche Frankreich, ja selbst den Canal nicht zu bedecken¹⁵⁾. Eine wirkliche lokale Einsenkung des Landes konnte allein die Ursache dieser Erscheinung sein. Die Verbreitung der erratischen Geschiebe dient uns in diesem Falle als Pegel und ermöglichte es uns, das Einsinken des jetzigen Binnenlandes zu konstatiren. Die jetzigen Bewegungen des Letzteren, die Auf- und Niederschwankungen der inneren, nicht littoralen Theile der Continente können wir nicht beobachten. Erst wenn nach Decennien die jetzt in ganz Europa vorgenommenen präzisen Höhenmessungen von Neuem verglichen werden sollten, erst dann werden wir einen sichern Anhalt bekommen für die Schwankungen, die sicher dem Innern des Landes nicht fehlen, die wir aber bisher nur an den Küsten zu konstatiren vermochten¹⁶⁾. Und wenn dies der Fall sein wird, dann erst werden wir durch den Vergleich der angehäuften Thatfachen erkennen, in wie weit lokale Einflüsse, das Aufschütten von Schwemmland und dergleichen von Einfluss sind. Erst dann werden wir die Gesetze in ihrem ganzen Umfange zu erfassen vermögen, welche dieser grossartigen Naturerscheinung zu Grunde liegen.

Aber das können wir schon jetzt erkennen: Complicirt sind die Kräfte, welche unsre Erdrinde aufbauen. Wie ein ewiger Kreislauf des Stoffes, so findet auch eine immerwährende Wechselwirkung der Kräfte statt. Aufschüttung von Land bringt Erwärmung, Erwärmung Aufsteigen und Senkung hervor, neue Aufschüttung, neue Erwärmung und neues Senken, wodurch anderwärts wieder neue Hebung bewirkt wird. So haben Störungen, die vor Jahrtausenden stattfanden, noch jetzt die Entwicklung neuer Kräfte indirekt im Gefolge. Wärme setzt sich um in Bewegung und die Reibung bewegter Erdmassen erzeugt wieder Wärme¹⁾. Wirkungen häufen sich so auf Wirkungen. Das Gesamtprodukt ihres Ineinandergreifens ist der Bau unserer Erde und die Vertheilung ihrer Bewohner. Die Art und Weise dieses Ineinandergreifens, dieser Millionen von Jahren fortgesetzten Wechselwirkung von Kräften zu untersuchen, das ist die Aufgabe der Geologie!

Anmerkungen.

¹⁾ S. 92. Neuerdings hat E. Erdmann (Geol. Förenis i Stockholm Förhandl. I. p. 93) Andeutungen zu finden geglaubt, dass Schonen gegenwärtig in der Hebung begriffen ist. Doch erkennt auch Erdmann es als unbestreitbar an, dass eine Senkung, selbst in vorgeschichtlicher Zeit, in Schonen stattgefunden hat (Referat im N. Jahrb. f. Mineralogie 1873. p. 212).

²⁾ S. 93. In Norwegen wurden sogar noch früher als in Schweden Meeresthiere auf dem trockenen Lande entdeckt. Pontoppidan, Versuch einer natürl. Hist v. Norwegen I. p. 72. berichtet bereits von einem Walfischgerippe, welches 1687 in Tistedalen bei Friedrichshall 40 Klafter über dem Meeresspiegel in einer Sandschicht gefunden ward (Prestel, d. Boden d. ostfriesischen Halbinsel 1870 p. 48).

³⁾ S. 93. v. Buch, Reise durch Norwegen und Lappland. Berlin 1810. Bd. I. p. 441. — Andere, auf die Hebung bezügliche Beobachtungen finden sich daselbst Bd. I. p. 251. und Bd. II. p. 289.

⁴⁾ S. 95. Berendt, Geologie des Kurischen Haffs, führt unter den Beweisen für die bedeutende Senkung unseres Landes seit der Existenz des Menschen auch die alten Kohlenstellen auf. Durch Brand verkohltes Holz fand sich nicht allein in der Tiefe des Tyrus-Moor, Berstus-Moor, der Ibenhorster Forst und im grossen Moosbruch, sondern auch am Südufer des Kurischen Haffs, westlich von Labiau und zwar hier in einer Tiefe von ca. 8 Fuss unter dem heutigen Haffspiegel. Dieses Vorkommen ist wohl ein sicherer Beweis für Senkung, aber nicht für das jugendliche Alter derselben. Denn Brände von einzelnen Stämmen, vielleicht ganzen Wäldern sind sicher auch vor dem Dasein des Menschen durch Blitzschlag hervorgebracht worden. So fand z. B. Schwager, Assistent am Münchener paläontologischen Museum, in einem für altquartär (oder „pliocän“) angesprochenem Kalkstein von Tuchnitz in Böhmen gebrannte Holzstücke. Mit vollem Recht hebt Prof. Zittel die Möglichkeit hervor, dass dieselben durch den Blitz entstanden sind (Corresp. Bl. d. d. anthropol. Ges. 1874 p. 21).

⁵⁾ S. 95. Eine sehr ausführliche Zusammenstellung aller Nachrichten und Thatsachen über die Verluste von Land in diesen Gegenden, seit Beginn der geschichtlichen Zeit, gab Arends, Physische Geschichte der Nordseeküste und deren Veränderungen durch Sturmfluthen seit der Cymbrischen Fluth bis jetzt. 2 Bde. Emden 1833. Jede der 737 Seiten dieses Buches legt Zeugniß ab von der gewaltig zerstörenden Macht des Meeres, von den gesegneten Fluren und den blühenden Städten und Dörfern, welche allmählich ins Meer sanken, den Tausenden von Menschenleben, welche durch einzelne plötzliche Einbrüche der See vernichtet wurden. — Eine kürzere Darstellung giebt Prestel, der Boden der ostfriesischen Halbinsel. Emden 1870.

⁶⁾ S. 96. v. Richthofen, in Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1874 p. 957.

⁷⁾ S. 96. Schumann, in Schriften d. phys. ökon. Ges. z. Königsberg 1865 p. 25—32. Eine ähnliche Senkung lässt sich auch für das Memelthal nachweisen. Bei dem Bau der Uszlenkis-Brücke zwischen Tilsit und Pogegen wurde ein gegenwärtig von Schlick bedecktes Torflager durchbohrt, welches bis 8^m unter den Nullpunkt des Tilsiter Pegels reichte. Dieses Maass ist weit kleiner als das für Königsberg geltende, und scheint darauf hinzuweisen, dass das Memelthal sich noch einschnitt, als das Pregelthal bereits z. Th. wieder zugeschüttet war. Der Grund dieser Erscheinung ist einfach: Letzterer Process musste sich nämlich auch in den obern Theilen des damals noch vom Niemen durchflossenen Pregelthals fortsetzen, daselbst eine Erhöhung

des Flussbettes und so schliesslich jenen denkwürdigen Durchbruch bei Ober-Eysseln hervorbringen, der natürlich durch das Wasser des mächtigen Memelstromes noch immer vertieft werden musste zu einer Zeit, als schon längst der Pregel seinen Schlamm in der Königsberger Thalebene Schicht auf Schicht absetzte.

⁹⁾ S. 97. Auch wenn man den bestimmenden Einfluss des Kampfes ums Dasein auf die Artbildung leugnet, und dafür die Letztere bei möglichster Isolirung vor sich gehen lässt, wie dies Moriz Wagner vertheidigt, wird man die Abtrennung von Inseln, also die Verschiebung der Festlandsgrenzen, als einen Hauptfaktor zu betrachten haben.

⁹⁾ S. 98. Nach der Berechnung von Chambers. (Vergl. Naumann Geognosie 2. Aufl. I. 262). Nähme man die Tiefe des gesunkenen Continents gleichmässig zu 3000 Fuss an, so ergäbe sich, da das Areal desselben circa 500000 geographische Quadratmeilen beträgt, sogar das Maass von 220 Fuss für die allgemeine Senkung des Seespiegels.

Allerdings liegt der gesunkene Continent im Mittel sicher etwas höher, wesshalb wir Chambers' Zahl beibehalten.

Vermuthlich gleichzeitig sank auch Lemurien, jenes grosse hypothetische Festland zwischen Madagaskar und Ceylon, welches neuerdings von so vielen Forschern, insbesondere Anhängern Darwin's, angenommen wird. Dadurch dürfte denn in der That das Maass von 200, vielleicht 250 Fuss für die gesammte mittlere Senkung des Meeresspiegels als gerechtfertigt erscheinen — Derartigen Senkungen stehen jedoch auch bedeutende Hebungen gegenüber wie z. B. diejenige Nordost-Europas seit der Diluvialzeit, wodurch also der Betrag der allgemeinen Meeressenkung wesentlich herabgemindert, vielleicht gar völlig aufgehoben wird. Immerhin geht aus vorstehenden Betrachtungen hervor, dass, welches auch immer die bewegenden Kräfte sein mögen, die algebraische Summe aller Produkte aus Flächeninhalt und Aenderung des zugehörigen Vertikalabstandes vom Meeresniveau für die im Bereiche des Oceans liegenden Gebiete gleich Null sein muss. D. h.: Multiplicirt man den Betrag jeder scheinbaren Hebung mit dem Inhalte des davon betroffenen Flächenraums und summirt alle diese Produkte, so wird die Gesamtsumme absolut gleich sein der analog für alle scheinbaren Senkungsgebiete gebildeten Summe. In wie weit die Wirkungen der Erosion und die Veränderlichkeit der Menge des Meerwassers an diesem Resultat etwas zu ändern vermögen, soll in Anm. 10 gezeigt werden.

¹⁰⁾ S. 98. Das angegebene Maass, welches selbstverständlich gar keinen Anspruch auf Genauigkeit erhebt, soll nur eine ungefähre Vorstellung geben, wie verschwindend gering die Wirkung der Erosion in dieser Beziehung ist, die ein vermuthlich die Wirklichkeit weit übersteigendes Maximum angiebt. Der genannte Betrag setzt sich aus 2 Theilen zusammen: Materialzufuhr durch Flüsse und direkte Zerstörung der Küsten durch das Meer. In ersterer Beziehung muss man wohl unterscheiden den Betrag des im Ober- und im Unterlaufe von den Flüssen bewegten Materials. Im Gebirge ist die Erosion bei keinem Flusse abgeschlossen; jeder führt hier Detritus hinweg. In der Mündung wird aber die Geschwindigkeit so gering, dass das gröbere Material zurückbleiben muss, wenn nicht die Thätigkeit des periodisch eindringenden Meeres dasselbe noch bewegt. Durch das ausströmende Flusswasser selbst werden also nur lösliche Stoffe und feiner, im Wasser suspendirter Schlamm hinausgeführt, der wegen der specifischen Leichtigkeit des Flusswassers mit diesem bisweilen weit in die See hinaus gelangt. Die Menge dieser festen Theile nun ist sehr verschieden, und hängt offenbar ab von der Bodenbeschaffenheit des Flussbettes und der Ufer, und von der Geschwindigkeit des Wassers. Nach den in Bischof's Geologie 2. Aufl. I. p. 496 ff. enthaltenen Angaben enthalten 100000 Theile des Wassers

vom Ganges	86,86 Theile fester Substanz,
vom Mississippi	58,82 bis 80,32 Theile,
vom Hoang-Ho	500,
der Maas in Lüttich	10,
des Rheins bei Bonn	etwa 30,
der Elbe bei Hamburg	13,581,
der Donau bei Wien	23,377,
der Weichsel bei Culm	16,05 bis 25,87.

Nach Payer soll der mittlere Schlammgehalt der Durance 100 betragen.

Vom Wasser des Pregels in Königsberg gab Werther in den Schriften der phys.-ökon. Ges. 1866 p. 182 zwölf Analysen aus den 12 Monaten eines Jahres. Zieht man die Chloride als dem Meere entstammend, sowie die Glühverluste ab, so betrug die Menge der übrigen, festen Theile 15,21 bis 24,2, im Mittel 18,87 in 100000 Theilen Wasser. Das Mittel aus den mittleren Schlammengen aller genannten Flüsse beträgt 87 Theile. Obwohl diese Zahl durch den Einfluss des ganz vereinzelt dastehenden, nicht einmal genau untersuchten Hoang-ho etwas höher ist, als vermuthlich der Wahrheit entspricht, mag sie doch als Maximalwerth hier gelten.

Um nun die Menge des dem Ocean jährlich zugeführten Flusswassers zu bestimmen, müssen wir von

den Wassermengen einzelner weniger Flüsse auf diejenigen der Gesamtheit nach dem Verhältniss der Grösse der Flussgebiete schliessen.

Réclus giebt für 3 amerikanische, 7 asiatische, 2 afrikanische und 13 europäische, im Ganzen 28 Flüsse die nöthigen Maasse. Aus denselben berechnet sich für eine Entwässerungsfläche von 22 200 000 Quadratkilometern eine Wassermenge von 185 000 Kubikmetern pro Sekunde. Ausserdem sind uns noch bekannt Messungen von Hagen für Weser und Weichsel, und von Henry (mitgetheilt von Berghaus) für die Newa. Dieselben ergeben 4000 Kubikmeter für die drei Flussgebiete von zusammen 300 000 Quadratkilometer. So haben wir denn im Ganzen 187 000 Kubikmeter Wasser für 22 500 000 Quadratkilometer. Die gesammte Oberfläche des festen Landes beträgt 138 500 000 Quadratkilometer. Davon führen aber grosse Gebiete gar kein fliessendes Wasser ab. Es sind dies nach ungefähre Schätzung in:

Centralasien und Kaspisee-Gebiet.	5,6	Millionen Quadratkilometer.
Arabien und Gebiet des toten Meeres	2,7	„ „
Nord- und Centralafrika	10,5	„ „
Gegend des grossen Salzsees in N.-Amerika	0,5	„ „
Neuholland	3,0	„ „

Im Ganzen ungefähr 21,8 Millionen Quadratkilometer.

Demnach entsenden nur ca. 116,7 Millionen Quadratkilometer Land Flüsse zum Meere.

Nach dem Verhältniss der oben angeführten Flussmessungen berechnet sich hiernach das gesammte dem Meere zugeführte Quantum fliessenden Wassers auf 76 200 Kubikmeter pro Sekunde; während Réclus, da er die vom Ocean abgeschlossenen Continetalbecken übersah, 950 000 K.M. fand. Auf den 380,7 Millionen Quadrat-Kilometer grossen Ocean vertheilt, giebt dies pro Jahr eine Wasserschicht von 64^{mm} Höhe, oder im Jahrhundert 6,4^m.

Nach dem oben berechneten Verhältniss würde dieses Wasser einen festen Absatz von

$$\frac{6400 \cdot 87}{100000} = 5,568 \text{ mm}$$

vom specifischen Gewicht des Wassers oder von 2–3^{mm} vom spec. Gew. der meisten Gesteine bilden. Um so viel erhöhen also die Flüsse das Niveau des Oceans im Jahrhundert.

Noch unbedeutender ist der Erfolg der direkten Zerstörung der Meeresküsten, wenngleich der Augenschein das Gegentheil davon zu lehren scheint. Den Betrag derselben auch nur annähernd anzugeben, ist kaum möglich. Die Erosion einer Küstenstrecke hängt ab nach Dana (Manual of Geology. 2. edit. p. 664) von 1) der Höhe der Gezeiten, 2) Stärke und Richtung der Meeresströmungen, 3) Richtung der vorherrschenden Winde, 4) der Heftigkeit der Wellen, 5) der Natur des Küstengesteins, 6) den Conturen der Küste. Die in den Lehrbüchern verzeichneten Maasse beziehen sich durchweg auf einzelne besonders stark angegriffene Punkte, sind also für Gewinnung von Durchschnittszahlen nicht geeignet. Zu letzterem Zwecke sollten vielmehr ganze möglichst lange Küstenstrecken in Betracht gezogen werden.

Unser Samland ist in dieser Beziehung genügend untersucht. Nach Zaddach beträgt die jährliche Abwaschung im Marscheiter Amtswinkel, bei Dirschkeim und an der Loppelner Spitze etwa 1 Fuss. Ein von Zaddach 1868 notirter charakteristischer Felsblock an der blauen Rinne bei Georgswalde hat jetzt, soweit sich dies nach meinem einmaligen Besuch im Mai 1875 bestimmen lässt, eine diesem Maasse entsprechende Lage.

Auffällig ist dem gegenüber die starke Abwaschung bei Cranz. Jedem Badegaste ist dieselbe bekannt. Nach Berendt's sorgfältigen Zusammenstellungen beträgt sie dort jährlich im Mittel 6 Fuss. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt unserer Ansicht nach vor Allem in der Höhe des Strandes. Letzterer ist hier etwa 4^m, an der Küste von Georgswalde bis Dirschkeim durchschnittlich 40^m hoch. Bei jedem Meter Vordringen erhält daher die See an letzterer Küstenstrecke 10 mal so viel Detritus als bei Cranz. Hiernach ist es eher auffällig, dass die See am letztern Orte nicht 10 sondern nur 6 Fuss vorschreitet. Es kommt dies daher, dass gleichzeitig auch der angrenzende Seeboden zerstört wird. Nähmen wir an, dass dies bis zu 4^m Tiefe geschähe, so erhielten wir genau dasselbe Maass für die Totalabtragung an jedem Punkte unserer samländischen Küste. Die Menge der in das Meer gesunkenen Stoffe betrüge jährlich 8 bis 14, im Mittel 11 Kubikmeter für jeden Meter Küstenlänge.

Käme dieses Maass der mittleren Abtragung aller Küsten gleich, so würde dadurch, da die Küstenlänge der 5 Continente ca. 150 000 Kilometer beträgt, das Niveau des Meeres im Jahrhundert nur um etwa $\frac{1}{2}$ Millimeter, oder mit Berücksichtigung der Inseln wohl kaum mehr als 1^{mm} erhöht.

Demnach im Ganzen Maximum der durch Erosion bewirkten Erhöhung des Meeresniveau's: 4–5 Millimeter im Jahrhundert.

Es ist hier der Ort, der Kräfte zu gedenken, welche die Menge des den Ocean bildenden Wassers zu ändern streben. Delesse wies nach (Bull. de la Soc. géol. de France 2^{ème} série, t. XIX, p. 64—89), dass Abkühlung der Erde und Zersetzung der Gesteine die Menge des oberflächlichen Wassers der Erde vermindern. Mit noch grösserem Nachdruck nimmt neuerdings Trautschold eine fortwährende Verminderung des Meerwassers an. In der That haben die Gletscher und Schneemassen der Gebirge, die Bildung des Polareises, die Vegetation und die Thierwelt, die Entwicklung von Flussgebieten und Süsswasserseen sämtlich Wasser absorbirt und in letzter Instanz dem Ocean entzogen. Doch ergibt die einfachste Betrachtung, dass alle diese Quantitäten nur sehr klein sind, und überdies, wenigstens theilweise, schon so lange dem Meere entzogen sind, als Festländer existiren, also seit der Devonperiode. Anders ist es mit der chemischen und mechanischen Bindung des Wassers in Mineralien und Gesteinen. Von den häufigeren Mineralien enthalten chemisch gebundenes Wasser: Gyps 21 Procent, Talk 5, Serpentin 13, Pechstein 5—9, Glimmer 3—4, Chlorit 11, Glaukonit 4—8, Brauneisenerz und Kaolin 14 Procent. Mechanisch dringt Wasser in die fast in jedem Gestein enthaltenen Spalten ein. Ausserdem findet es sich in Form von „Flüssigkeitseinschlüssen“ in vielen gesteinsbildenden Mineralien. Gneiss und Granit, welche die Hauptmasse der uns bekannten tiefsten Erdschichten ausmachen, können in Form von Flüssigkeitseinschlüssen und chemisch gebunden im Glimmer höchstens 2—3 Proc. Wasser enthalten. Die Bildung einer Gneisschicht von einer Meile Dicke absorbirt demnach im Maximum eine gleichgrosse Wasserschicht von 225 Meter mal dem specifischen Gewicht des Gneisses, also von 600 Meter Dicke.

Der Umstand, dass alle Gesteine, und wahrscheinlich auch die in mehreren Meilen Tiefe befindlichen, Wasser einschliessen, würde somit einen früher wesentlich höheren Stand des Weltmeeres beweisen, wenn nicht ein Umstand diesen Schluss bedenklich erscheinen liesse. Die krystallinischen Silikatgesteine, auch die durchgreifend gelagerten, vermuthlich eruptiven, ja selbst die neuesten vulkanischen Laven sind nämlich unter Mitwirkung des Wassers gebildet. Sicher ist sogar in vielen Fällen eine viel grössere Wassermenge thätig gewesen, als wir gegenwärtig im Gestein finden. Wo kommt dieses den vulkanischen Produkten beigemengte Wasser her? Zumeist hält man es für eingedrungenes Meerwasser, eine Meinung, die durch die eigenthümliche geographische Vertheilung der Vulkane unterstützt wird. Doch lässt sich Letztere auch auf anderem Wege erklären. Dann würden die vulkanischen Dämpfe auf denselben Ursprungsheerd wie die eigentlichen Laven zurückzuführen sein. Je nachdem die eine oder die andere Hypothese richtig ist, wird also durch die Thätigkeit der Vulkane die Menge des Meerwassers vermehrt oder vermindert, in beiden Fällen aber verändert. Die Menge des Meerwassers und somit das Niveau des Oceans ist nicht constant!

¹¹⁾ S. 99. Insbesondere Delesse (Bull. de la soc. de géographie Paris 1872) schreibt die Hebungen und Senkungen der französischen Küsten theils der Anhäufung von Sedimenten, theils der Unterwaschung der Küsten durch das Meer zu. „In dem Maasse, in welchem die Sedimente sich auf dem Meeresboden absetzen, wirken „sie dahin, denselben zusammenzudrücken und folglich eine Depression daselbst hervorzubringen. Dieser Effect „wird um so bemerkenswerther sein, je mehr der Meeresgrund aus weichen und bildsameren Gesteinen besteht; folglich wird er besonders stark sein, wenn thonige Gesteine unter dem Meere ausbeissen. Da die „Sedimente übrigens in sehr ungleicher Weise vertheilt sind, so kann die Depression an einem Punkte sehr „wohl von einer Hebung an einem benachbarten Punkte begleitet sein.“ (Ref. in Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1872. p. 150).

¹²⁾ S. 99. Beispielsweise folgende physikalische, mit Ausdehnung verbundene Vorgänge werden durch Druck aufgehoben:

durch 1 Atmosphäre das Gefrieren des Wassers von $-x$ 0,00828° C., nach Thomson und Mousson;

durch 100 Atmosphären das Schmelzen des Wallrathes von 49°,8 C., des Paraffins von 49°,9 C., während diese unter gewöhnlichem Druck bei 47°,7 resp. 46°,3 C. schmelzen, nach Bunsen;

durch 792 Atmosphären das Schmelzen des Wallrathes von 80°,2, des Wachses von 80°,2, des Stearins von 79°,2 und des Schwefels von 140°,5 C., während diese Körper sonst bei resp. 51° — 64°,5 — 72°,5 — und 107°,0 C. schmelzen, nach Höpkins;

durch 8 Atmosphären das Eindringen von Wasser in die Capillarräume des Filtrirpapiers, nach Pfaff. Desgleichen wurden nach Pfaff folgende chemische Reactionen durch Druck bei 10—15° C. aufgehoben:

Salzsäure auf Kalkspath durch 55—60 Atmosphären,

Schwefelsäure auf Zink durch 80 Atmosphären,

Wasser auf gebrannten Gyps durch 40 Atmosphären.

Bei der Beurtheilung der erwähnten Druckgrössen ist zu berücksichtigen, dass der Druck einer Atmosphäre ungefähr dem von 10^m Wasser oder 4^m Gestein entspricht.

¹³⁾ S. 99. Zweifel an der Richtigkeit dieser Thatsache sind freilich stets von Einzelnen erhoben worden.

In neuester Zeit sucht man solche durch die Ergebnisse des Bohrloches von Sperenberg bei Berlin zu begründen. (Brauns in Zeitschr. f. ges. Naturw. 1874. Bd. 43. S. 483–496 und Mohr, N. Jahrb. f. Mineralogie 1875. S. 371–377). In jenem tiefsten Bohrloche der Welt wurden von Oberbergrath Dunker höchst sorgfältige Wärmemessungen, bis zu 4052 Fuss Tiefe herab angestellt. Nach Ausschluss von 75 mit groben Fehlern behafteten Beobachtungen blieben 9 mehr oder minder zuverlässige Messungen übrig, aus denen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Formel

$$T = 7,18 + 0,01298571818 S - 0,00000125701 S^2$$

abgeleitet wurde. Hierbei ist S die Tiefe in Rheinl. Fuss, T die darin beobachtete Wärme in Graden Réaumur. Wäre diese Formel für grössere Tiefen ebenfalls richtig, so erreichte die Wärme bereits bei 5165 Fuss Tiefe ihr Maximum mit $40,7^\circ \text{ R.}$, um von da an continuirlich und unbegrenzt abzunehmen. Indess sprechen gegen diese Folgerung nicht weniger als 3 Gründe:

a) die beträchtliche Grösse der Fehlerquadrate verbietet die Gleichung weit über die Beobachtungsgrenzen auszudehnen, wie auch Dunker selbst in seiner Abhandlung hervorhebt.

b) Dunker's Ausgleichungsrechnung basirt auf der Annahme, dass die Gleichung die Form

$$T_s = T_0 + A S + B S^2$$

habe. Mit demselben Rechte könnte man auch noch höhere Potenzen von S hinzufügen.

Die geringe Zahl brauchbarer Beobachtungen gestattet nicht, in diesem Sinne die Ausgleichung durchzuführen, doch scheint aus denselben so viel hervorzugehen, dass der Coefficient von S^3 positiv ausfallen würde. Eine derartig gestaltete Gleichung erreicht aber entweder überhaupt kein (reelles) Maximum; oder, wenn ein solches vorhanden, so folgt darauf ein Minimum, als der Wendepunkt zu einem fortgesetzten Wachstum der Temperatur in den grösseren Tiefen.

c) das Steinsalz, in dessen Bereich sämmtliche Wärmemessungen Dunker's liegen, unterscheidet sich von allen übrigen Gesteinen durch seine fast vollständige Durchlässigkeit den Wärmestrahlen jeder Art gegenüber. Während sich in den meisten Gesteinen die Wärme nur durch Leitung, höchstens durch Mittheilung mit Hülfe aufsteigender Quellen verbreitet, muss im Steinsalz mit physikalischer Nothwendigkeit eine Wärmestrahlung stattfinden. Dieser Umstand wird dahin wirken, die Wärme der obern Steinsalzschiechten über das, dem Gesetz der Wärmeleitung entsprechende Maass zu erhöhen. Das Gesetz der Wärmezunahme wird sich daher an der Grenze des Steinsalzes sprungweise ändern, und die so sorgfältigen Beobachtungen Dunker's enthalten demnach nicht den geringsten Widerspruch gegen das allgemeine Gesetz der Wärmezunahme, eher eine Bestätigung desselben.

¹⁴⁾ S. 100. Auf die grosse Verbreitung der Cenoman-, Turon- und Senon-Stufe der Kreide, im Gegensatz zu der beschränkten Ausdehnung der untern Kreide (Neocom und Gault) macht Süss aufmerksam. (Die Entstehung der Alpen, Wien 1875. p. 104–116). Schon längst musste Jedem die grosse Verbreitung der produktiven Steinkohlenformation ein Anzeichen sein, dass während der Steinkohlenperiode eine ganz bedeutende Entwicklung des Festlandes stattgefunden habe.

Süss hält periodische Transgressionen des Meeres für erwiesen und verlegt die jüngste derselben in die Diluvialzeit, auch den älteren Transgressionen eine „Eiszeit“ mit Transport erraticer Blöcke beimessend. Die für letztere Meinung aufgeführten Thatsachen scheinen uns jedoch noch nicht endgiltig beweisend zu sein.

¹⁵⁾ S. 100. In Russland reichen die Wanderblöcke von der Küste bis zu den höchsten Punkten des Landes, z. B. Lapatina im Gouvernement Twer, 1487 Fuss englisch oder 451 Meter (v. Helmersen, Mém. de l'Acad. de St. Petersburg VII. Sér. T. XIV. No. 7. [1869] p. 67). Das Diluvialmeer hat also in Russland wahrscheinlich noch höher gereicht. In Sachsen scheint seine Grenze gegenwärtig durch die Arbeiten der Landesuntersuchung genügend sicher ermittelt zu sein. 1872 konnte ich die zwischen Freiberg und Nossen gelegenen Lehme, Sande und Kiese, welche ich nach ihren Verbreitungsverhältnissen für Diluvial hielt, bis zur Höhe von 408^m bei Lang-Hennersdorf verfolgen. Im folgenden Jahre fand ich in dem damit zusammenhängenden Lehm von Hainichen, allerdings nur in 308^m Höhe, Feuersteine als Zeichen des diluvialen Charakters der betr. Lehme.

Prof. Siegert fand den Feuerstein wieder in einer Höhe von 310–320^m unweit Lichtenwalde, an der Grenze der Sektionen Chemnitz und Schellenberg, und auf letzterer Sektion konnte ich nun auf den Plateaus den gleichen Lehm verfolgen bis zu 405–410^m. Zwischen diesen beiden Horizontalen ergab sich die Grenze sowohl bei Hausdorf als auch bei Grünberg und Schellenberg. Neuerdings fand Prof. Credner ganz ebenso die Diluvialgrenze in der Lausitz zu 407^m.

Auch in Schlesien liegt die Grenze bekanntlich hoch. Weiter westlich sind uns Höhenzahlen nicht bekannt. Man kennt nur ungefähr den Verlauf der Grenze. Für die Gegend von Zwickau erwähnt bereits Freiesleben (Magaz. f. Oryktographie II. p. 213.) das häufige Vorkommen des Feuersteins. Neuerdings haben Mietzsch und Credner dasselbe bestätigt. In der Gegend von Gera fand Liebe mannichfache nordische Geschiebe. Nach

v. Dechen (die nutzbaren Mineralien und Gesteine im deutschen Reiche 1873. p. 249) und Gurlt (das Tertiärbecken des Niederrheins 1872, Karte) durchschneidet weiterhin die Grenze den Teutoburger Wald, und läuft dann über Paderborn, Kettwig, und die Gegend zwischen Crefeld und Geldern. In Holland reichen Diluvialgeschiebe noch über die berühmte Fundstätte von Groningen hinaus bis an die Zuider Zee (Staring, Het Diluvium van Nederland und Harting, Het Eiland Urk). Weiter westlich verschwindet das skandinavische Diluvium unter dem Rheindiluvium. So kann man also in der That ein ungleichmässiges Ansteigen der diluvialen Küstenlinie beobachten.

Allerdings lässt sich nicht verschweigen, dass neuerdings mehrfach Bedenken gegen die marine Entstehung unseres Diluviums erhoben worden sind, indem man dasselbe durch eine allgemeine Vergletscherung Nordeuropas erklären wollte. Man stützte sich dabei auf das allgemein verbreitete Vorkommen geritzter Diluvialgeschiebe, die Ähnlichkeit mit Gletscherbildungen überhaupt, und die angebliche Unwahrscheinlichkeit eines bis zu so grosser Höhe ansteigenden Diluvialmeeres. Jedenfalls können sich die betr. Ansichten nur auf das Oberdiluvium beziehen. Denn das Unterdiluvium ist höchst regelmässig geschichtet und enthält eine marine Diluvialfauna in Preussen, Holstein, Dänemark, Brandenburg und Sachsen bis zu 200^m Höhe.

Die geritzten Geschiebe lassen sich ebenso leicht wie durch Gletscher auch durch scheuernde Δ bergr erklären. Die Letztern nahm ich bereits früher (N. Jahrb. f. Mineral. 1872 p. 470) zu Hülfe, um den Transport der Feuersteine zu erklären. Credner (Sitzungsber. d. Naturf.-Ges. zu Leipzig 1874 No 1) hat eine Erklärung acceptirt und auch Johnstrup (Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1874 p. 533—585) führt neuerdings die Pro- sion der westphälischen Kreide auf unterseeische Eiswirkungen zurück. Trotzdem liegt in der Entstehung des Oberdiluviums noch viel Räthselhaftes. Für marine Entstehung sprechen die grosse Verbreitung des obern Diluvialmergels und die Heimathsverhältnisse der Geschiebe. Dagegen spricht der scharfe Abschnitt gegen das Unterdiluvium, der Umstand, dass Letzteres an seiner obern Grenze mit deutlichen Uferbildungen abschliesst, und die oft oberflächliche Lage des Blocklehmes. Ein allmählich sich senkendes Diluvialmeer würde nämlich den Lehm in seinen obersten Partien zu Sand ausgewaschen haben, der relativ mehr Blöcke als der ursprüngliche Lehm enthielte. Ein derartiger Decksand findet sich nun allerdings und scheint für marine Ablagerung zu sprechen. Diejenigen Diluviallehme aber, welche offen zu Tage treten, können nie das Ufer eines offenen Meeres gebildet haben, sondern nur das eines von Eismassen an der Wellenbewegung gehinderten Meeres, oder auch theilweise abgeschlossener Meeresheile. Mag die Frage des Blocklehmes nun in dem einen oder andern Sinne entschieden werden, jedenfalls genügt die sicher marine Entstehung des Untern Diluviums, um eine ungleichmässige beträchtliche Hebung Deutschlands nachzuweisen.

¹⁶⁾ S. 100. Für die Entdeckung absoluter Senkungen, wie sie bei einer allgemeinen Contraction der Erdrinde stattfinden müssen, ist man auf die Vergleichung jetziger und späterer Pendelbeobachtungen angewiesen. Dieselben lassen aber nur beträchtlichere Schwankungen erkennen, und es darf vermuthet werden, dass solche erst nach längeren Zeitintervallen messbar hervortreten. Dagegen ist für den vorstehend behandelten Gegenstand schon die Kenntniss der Gesetze, nach welchen die relativen Schwankungen vor sich gehen, von grossem Werth. In dieser Beziehung dürften die genauen Höhenbestimmungen der europäischen Gradmessung bald eine grosse geologische Bedeutung erlangen. Denn wohl können Aenderungen in der Richtung der vorherrschenden Winde das an einem Pegel abgelesene mittlere Niveau des Meeres einigermassen verändern, aber den Triangulationspunkten der Gradmessung gegenüber haben sie keine Gewalt; diese stehen fest, mit constanten Vertikalabständen von einander, wenn nicht unterirdische Kräfte eine Veränderung darin hervorbringen.

¹⁷⁾ S. 101. Vergl. die wichtige Abhandlung von Mallet, „über vulkanische Kraft“ a. d. Engl. von A. v. Lasaulx (Sep. a. d. Verhandl. d. naturhistor. Vereins d. Rheinl. und Westphalens. Jahrg. XXXII.)