

# Über Niveauveränderungen des Festlandes und des Meeres.

---

Von

Dr. phil. Otto Koeperl.

---

Es ist eine bekannte Thatsache, daß sich an manchen Stellen des Festlandes, hauptsächlich an Abhängen und auf Gipfeln hoher Berge versteinerte Reste von Meertieren, besonders dem Typus der Mollusken angehörig, vorfinden. Für die Erklärung dieses Umstandes bieten sich uns nur zwei Möglichkeiten: es kann entweder ehemals das Meer bis zu diesen Höhen herangereicht und sich dann wieder zurückgezogen haben, wobei eine Verminderung des Wassers auf der Erde stattgefunden haben müßte, oder die Felsen, von denen jene Reste organischen Lebens eingeschlossen werden, befanden sich früher in der Tiefe und sind dann allmählich zu ihrer jetzigen Höhe dem Schoße des Meeres entstiegen. In beiden Fällen würden die Felsen vom Meere überflutet gewesen sein, so daß sich marine Muscheln an und in denselben vorfinden konnten. Beide Möglichkeiten haben ihre Verteidiger gefunden, welche die Frage auch in der Form zu beantworten suchten, ob die großen Meeresbecken und die Kontinente seit den ältesten geologischen Zeiten dieselbe Stelle eingenommen haben oder ob Meer und Festland zeitweilig ihre Rollen vertauscht haben. Für die Beständigkeit der Verteilung der Meere und Kontinente tritt vor allen

Dana \*) ein, wenn er auch zugiebt, daß letztere zeitweilig einige tausend Fuß hoch von Wasser bedeckt gewesen sein mögen; ebenso D. Fisher, der sogar eine Hypothese G. H. Darwins befürwortet, indem er die Möglichkeit behauptet, daß die Vertiefungen der Meeresbecken durch die Wegnahme der den Mond bildenden Erdbestandteile entstanden sein könnten. Eine Verminderung des Wassers der Meeresbecken hat sich — wenigstens in historischer Zeit — noch nicht fühlbar gemacht; nach der Meinung von Jenzsch wird das Wasser, das durch Poren und Spalten in die Erdrinde eindringt, zum größten Teil in Dampf verwandelt und durch vulkanische Ausbrüche der Erdoberfläche wieder zugeführt. Man könnte höchstens annehmen, daß ein großer Teil des verdunsteten Wassers in den festen Aggregatzustand übergegangen und vielleicht am Nord- und Südpol als Eis abgelagert ist. Es müßte dann freilich das Massenverhältnis des Eises früherer geologischer Perioden zur jetzigen Periode untersucht werden und konstatiert werden können, daß das als Eis gebundene Wasser sich im Verhältnis zu früheren geologischen Perioden vermehrt habe. Neben der unerwiesenen Abnahme des auf der Erde befindlichen Wassers spricht aber als zweites entscheidendes Argument gegen die behauptete Beständigkeit der Verteilung des Festlandes, der Meere und für eine Festlandwerdung früheren Meeresbodens sowie zeitweiligen allmählichen Platzwechsel der Kontinente und der Meere \*\*) der Umstand, daß jene Bänke und Schichten, in denen die Reste mariner Tiere gefunden werden, nicht aus wagerechten regelmäßigen Bänken bestehen, wie sie sich jetzt noch auf dem Meeresboden und an den Küsten bilden, sondern daß sie sich in stark gegen die Horizontalebene geneigter Stellung befinden und daß jene ehemaligen Bänke nicht aus einheitlichem Material bestehen, sondern daß in ihnen rein marine Schichtenreihen mit

---

\*) Manual of Geology.

\*\*) Wie dies Shell in seinen „Principles of Geology“ annimmt.

Land-, Sumpf- und Süßwasserbildungen wechsellagern. Diese Thatsachen lassen sich ungezwungen so erklären, daß bei dem Emporsteigen vieler Schichten, das bald schneller, bald langsamer, ruckweise oder allmählich von statten ging und hauptsächlich durch das Erkalten des Erdinnern und daraus folgender Zusammenziehung der Erdrinde veranlaßt wurde, viele Schichten aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lage durch den seitlichen Druck emporgepreßt wurden und sich zu oft sehr hohen Gebirgen aufstauten, während das Wasser, an diesen Orten verdrängt, andere, niedrige Landstriche zu überfluten gezwungen war. Man wird sich also angesichts dieser geologischen Thatsachen für die Annahme eines zeitweiligen Rollenwechsels von Festland und Meer zu entscheiden haben. Es liegt daher der Schluß nahe, daß sich auch noch in unserer Zeit der Platzwechsel der Meere und Kontinente fortsetzt, daß also Festland vom Meere überspült wird und andererseits neues Land aus dem Meere hervortaucht, vorausgesetzt, daß wir die jetzt allgemein gültige Ansicht Lyells teilen, daß auch jetzt noch bei Umgestaltung der Erdoberfläche dieselben Kräfte und Faktoren wirksam sind, wie in früheren geologischen Perioden. Wir wollen nun, um dies gleich vorauszuschicken, vorläufig unentschieden lassen, ob bei den fraglichen Erscheinungen eine Hebung und Senkung des Festlandes oder ein Anwachsen oder eine Abnahme des Meeressniveaus vorliegt und wollen eine neutrale Ausdrucksweise\*) wählen; wir bezeichnen daher eine Verschiebung der Küstenlinie nach oben, entsprechend unserem Standpunkt als Landbewohner als positive, eine Verschiebung der Küstenlinie nach unten als negative Niveauveränderung. Sueß (und nach

---

\*) Günther bezeichnet in seinem vortrefflichen Lehrbuch der Geophysik, das auch ausführliche Literaturangaben bietet, Hebungen des Festlandes als positive, Senkungen als negative Oscillationen. Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch bedeutet eine Oscillation soviel als eine periodische schnelle Auf- und Abwärtsbewegung, so daß die Bezeichnungsweise Günthers nicht korrekt sein dürfte.

ihm Supan u. a.), der angesichts der streitigen Frage eine neutrale Ausdrucksweise zuerst in Vorschlag gebracht hat, geht vom Meere aus, dessen Anwachsen er als positive, dessen Sinken er als negative Niveauveränderung bezeichnet. Diese verschiedenartige Ausdrucksweise für dieselbe Erscheinung ist gleichsam ein getreues Spiegelbild des gegenwärtigen Standes der Frage, ob die Niveauveränderung vom Meere oder vom Festlande ausgeht. Denn während man früher hauptsächlich nach von Buchs Vorgang eine Hebung und Senkung des Festlandes annahm, hat man heutzutage, wo man die Frage als eine offene bezeichnet, eine neutrale Ausdrucksweise gewählt. Ehe wir jedoch auf die historische Entwicklung der Lehre von den Niveauveränderungen bis auf unsere Tage und die Schilderungen der einzelnen Hypothesen näher eingehen, wollen wir die Kennzeichen und äußeren Anzeichen der Niveauveränderungen, sowie die geographische Verbreitung derselben einer kritischen Betrachtung unterziehen, indem wir in der Hauptsache den Ausführungen Hahn's in seinem verdienstvollen Buche: „Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten“, folgen.

Hahn teilt die Kennzeichen der Niveauveränderungen in zwei Gruppen: in solche, aus denen man auf Grund der Prüfung guter Karten auf eine Niveauveränderung schließen kann — und hierin folgt er der Beschelschen Betrachtungsweise —, und in solche, welche nur bei einer unmittelbaren Untersuchung der betreffenden Küste aufgefunden werden können, unter welcher letztere Kennzeichen auch die zu rechnen sind, welche sich durch Heranziehung historischer Nachrichten und durch Vergleichung verschiedener, durch längere Zeiträume getrennten Kartenaufnahmen derselben Küstenstrecken nachweisen lassen. Wenn auch Supan\*) es für ganz verkehrt hält, aus Küstenformen auf Niveauveränderungen zu schließen und damit über die Glaubwürdig-

---

\*) Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig, 1884.

keit der auf genauem Kartenstudium beruhenden Kennzeichen den Stab bricht, so wollen wir dennoch diese Kennzeichen der ersten Gruppe anführen und einige derselben auf ihre Verwendbarkeit im Hinblick auf Erkennung von Niveauveränderungen prüfen, indem wir mit Hahn eine Hebung und Senkung des Festlandes, nicht ein Sinken und Steigen des Meeresniveaus voraussetzen wollen.

Als ein solches Kennzeichen einer positiven Niveauveränderung führt Hahn zunächst das Vorkommen von Flachküsten mit vorgelagerten Sandbänken, Untiefen und Riffen an; durch „Hebung“ der Küste verwandeln sich die Bänke und Untiefen in Küsteninseln. Werden letztere durch Meeresströmungen und Flüsse, die fortwährend Sand und Schlamm an ihnen absetzen, vergrößert, so erreichen die meist der Küste parallel laufenden Inselstreifen bedeutende Ausdehnung, und wenn der zwischen ihnen und der Küste liegende schmale, langgestreckte Meeresteil an einem Ende abgeschlossen wird, so entsteht eine finger- oder hakenförmige Halbinsel. Wird der schmale Meeresteil aber an beiden Enden abgeschlossen, so wird er endlich einen Salzwasser enthaltenden, dem Meere parallel laufenden Strandsee bilden. Flachküsten, welche auffallend glatte Umrisse zeigen, sind daher nach Hahn einer Hebung verdächtig, zumal da, wo keine Flüsse vorhanden sind, durch deren Absatzstoffe ein Vorrücken der Küste bewirkt werden könnte. Wenn nun diese Voraussetzungen irgendwo zutreffen, so ist dies an dem südlichen Teile der französischen Westküste, den sog. „Landes“ der Fall, wo auch Salzwasser enthaltende Strandseen vorhanden sind. Trotzdem ist Hahn wegen des tiefeingeschnittenen Beckens von Arcachon, das die glatte Küstenlinie unterbricht, und wegen der großen salzigen Strandseen, die sonst auch, zumal in Verbindung mit einer glatten Flachküste, für Hebungszzeichen gelten, geneigt, eine Senkung der Küste der „Landes“ anzunehmen, was demnach im Widerspruch mit seinen obigen Behauptungen stehen würde. In der That finden wir auch die betreffende Küstenstrecke auf der

Karte von Reclus\*) als gehoben bezeichnet, während sie in der bezüglichen Karte des Andreeschen Atlas (1881) gar nicht, auf der Hannschen Karte\*\*) dagegen als gesunken, auf der Güntherschen\*\*\*) und Supanschen †) Karte als vermutlich gesunken bezeichnet wird.

Flachküsten mit leicht gewölbten, bogenförmigen Ausschnitten deuten auch auf Hebung hin. Auch die ins Meer mündenden Flüsse werden nach Hahn in ihrem unteren Lauf durch Küstenerhebung beeinflusst. Ein rechtwinklig gegen die Küste fließender Fluß kann durch langsame Erhebung derselben im Laufe gehemmt und sein Gefäll verringert werden; er neigt infolge dessen zur Sumpfbildung; es bildet sich in seinem Mündungsland eine Sumpfszone. Außerdem wird der Fluß einen unbeständigen, gewissermaßen hin- und herirrenden Lauf annehmen, wenn er nicht durch Dämme und Deiche in Schranken gehalten wird. Ein Beispiel für Erscheinungen letzterer Art bietet u. a. der Hoangho, der noch vor kurzem südlich der Halbinsel Schan-tung mündete, jetzt aber in seinem schon früher eingenommenen Bett nördlich von Schan-tung sich ins gelbe Meer ergießt. Bei lebhafter Hebung und schwer erodierbarer Bodenbeschaffenheit kann sich der Fluß nicht durch die sich hebende Küste hindurchwinden; er biegt daher seitwärts ab und läuft entlang des sich hebenden Striches, wobei er auf seinem Wege sich auch mit anderen ihm begegnenden Flüssen vereinigen kann. Ist jedoch das in „Hebung“ begriffene Mündungsland der Erosion zugänglich oder wird der Fluß durch seitliche Gebirgsketten vom Einschlagen eines neuen Weges abgehalten, so wird er in seiner alten Bahn bleiben, zumal wenn die „Hebung“ der Küste so langsam erfolgt, daß der Erosionsfähigkeit des Flusses keine zu große Aufgabe gestellt wird. Endlich hält Hahn noch die Erscheinung der Deltabildung für ein hervor-

---

\*) Reclus, Die Erde; übersetzt von Me. 1874.

\*\*) Hann, Hochstetter und Pokorny, Allgem. Erdkunde. 1881.

\*\*\*) Günther, Lehrbuch der Geophysik. 1885.

†) Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. 1884.

ragendes Kennzeichen steigender Küsten, wobei er sich mit R. Credner in Übereinstimmung befindet, der die Deltabildung in einer Monographie\*) eingehend behandelt hat. Letzterer gelangt in derselben zu dem Resultate, daß die Sedimentführung und Stromgeschwindigkeit der Flüsse, die Tiefenverhältnisse vor den Flußmündungen und die mechanische Thätigkeit des Meeres zwar accidentielle Bedingungen für die Deltabildung seien, durch deren Vorhandensein dieselbe nach der einen oder anderen Seite erheblich (!) modifiziert werden kann, daß aber der eigentliche Hauptfaktor der Deltabildung die allmähliche positive Niveauveränderung der Empfangsbecken der Ströme sei. Dieser letztere Umstand ist nach Credner so wesentlich, daß bei seinem Vorhandensein trotz sonst vorhandener ungünstiger Verhältnisse die Anschwemmungen der Flüsse zu Deltas über dem Wasserspiegel hervortreten, während negative Niveauveränderung der Meeresküsten die Bildung von Deltas an ausgedehnten Küstenstrichen verhindern und früher an denselben entstandene Deltas unter den Fluten wieder verschwinden lassen sollen. Wenn sich schon darin ein Widerspruch befinden dürfte, daß die oben als accidentielle Bedingungen für Deltabildung bezeichneten Einflüsse dieselbe erheblich modifizieren können und andererseits gesagt wird, daß die Hebung der betreffenden Küste trotz sonst vorhandener ungünstiger Verhältnisse eine Deltabildung zu bewerkstelligen vermöge, so möchten wir uns zwar ebenfalls der Ansicht anschließen, daß eine positive Niveauveränderung des Küstenlandes förderlich auf die Deltabildung eines Flusses einwirkt, daß aber dieser Faktor den übrigen nicht über-, sondern nebenzuordnen sei. Wir werden wohl das Richtige treffen, wenn wir annehmen, daß nicht ein Faktor die Deltabildung bedingt, sondern daß mehrere dazu zu-

---

\*) G. R. Credner, Die Deltas, ihre Morphologie, geographische Verbreitung und ihre Entstehungsbedingungen. Petermanns geographische Mitteilungen 1878. Ergänzungsheft Nr. 56.

sammenwirken müssen. Daß z. B. eine reichliche Sedimentführung allein nicht zur Deltabildung hinreicht, zeigt die Gironde, die, obgleich sie sechshundsechzigmal mehr Sedimente ins Meer führt, als die Delta bildende Weichsel, dennoch eine offene Mündung hat; ähnlich verhalten sich Elbe und Weser. Dagegen bauen Donau und Nil, obwohl sie infolge ihres schwachen Gefälles viel feste Bestandteile im Binnenlande zurücklassen, dennoch ein Delta. Auch Küstenströmungen sind weder imstande, Deltabildungen zu verhindern, noch solche hervorzurufen, wie das Beispiel der im Bereich der südäquatorialen Strömung mündenden Flüsse Orinoko und Amazonas zeigt. Daß eine langsame, positive Niveauveränderung eine Deltabildung begünstigt, ist klar, da in dem durch die Sinkstoffe des Flusses seichter werdenden Meere die Ablagerung der mitgeführten Bestandteile vor der Flußmündung wegen der geringer werdenden Stromgeschwindigkeit begünstigt wird und sich diese Sedimente zunächst zu Untiefen vereinigen, dann aber über dem Meeresspiegel als Inseln hervortreten werden. Wäre es aber nicht denkbar, daß, auch wenn eine Küste sich in säkularer negativer Niveauveränderung befände, bei reichlicher Sedimentführung, günstigen Tiefenverhältnissen, nicht zu großer Stromgeschwindigkeit im Unterlauf und günstigen Küstenströmungen sich trotzdem ein Delta bilden könnte, wenn nur durch das Zusammenwirken aller dieser Faktoren die säkulare „Senkung“ paralysiert wird? Oder dürfte bei stationärer Küste unter sonst günstigen Verhältnissen nicht eine reichliche Alluvion zur Deltabildung genügen? Würde nicht bei ungünstigen Küstenströmungen und nicht zu reichlicher Alluvion trotz säkularer „Hebung“ eine Deltabildung an der betreffenden Küstenstrecke verhindert werden können? Weshalb bildet z. B. der Rio grande del Norte, dessen Mündung im Gebiete positiver Niveauveränderung liegt, kein Delta, sondern ergießt sich in einfacher, unerweiterter, offener Mündung in den Golf von Mexiko? Unter diesen Umständen vermögen wir die Deltas an sich, wenn nicht noch andere und zwar

für sich allein schon beweiskräftige Anzeichen für positive Niveauveränderung vorliegen, zu den Kennzeichen für letztere nicht zu rechnen, im Gegensatz zu Hahn, welcher aus dem Vorhandensein von Deltas beim Mekong, Niger, Zambesi, Orinoko, Lena, Indigirka und Jona auf „Hebung“ ihres bezüglichen Mündungslandes schließt, ein Schluß, welcher wohl etwas gewagt sein dürfte, zumal für die genannten Küstenstriche sonst keine weiteren Beobachtungen vorliegen. Wir werden in unserem Zweifel noch bestärkt, wenn wir die Verhältnisse der Deltas anderer Flüsse in den Kreis unserer Betrachtung ziehen. Beim Ganges- und Bramaputradelta spricht nur das Aufwärtsrücken der Nebenflüsse, welche ihre Mündungen von dem Mündungsgebiete des Hauptstromes zu entfernen suchten, für „Hebung“; die östliche Deltahälfte ist sehr zerrissen und läßt nach Hahn eher auf „Senkung“ schließen. Nach Ferguson soll man es in letzterem Falle mit einem noch nicht fertigen Delta zu thun haben. Hierzu ließe sich noch die Bemerkung machen, daß man da, wo man von einem noch nicht fertigen Delta redet, auch ein in Auflösung begriffenes vor sich haben könnte. Eine Entscheidung nach der einen oder anderen Seite hin könnte nur auf Grund jahrelanger Beobachtung des Wachstums resp. der Abnahme des betreffenden Deltas gefällt werden. Hierbei wäre auch das durch den eigenen Druck erfolgende Zusammensintern der zu Inseln aufgetürmten Schlammmassen, die z. B. beim Rhonedelta circa 100 Meter Mächtigkeit haben, zu berücksichtigen als ein Moment, das nicht auf Auflösung des Deltas, sondern im Gegenteil auf eine Konsolidierung desselben hindeuten würde. Das Mündungsland des Irrawaddy ist nach Richtigfen und Bastian in positiver Niveauveränderung begriffen, dagegen ist die Richtung der Vertikalbewegung des Mississippi-deltas zweifelhaft; Hahn glaubt sogar eher an eine „Senkung“ desselben. Beim Po ist nun keine Auflösung, wohl aber ein Wachstum des Deltas erkennbar; trotzdem erklärt Hahn das Mündungsland des Po für „sinkend“.

Da er seine Beweise für die „Senkung“ jedoch mit „sollen“, „man könnte — annehmen“ zc. einführt, so kann man dieselben nicht für stichhaltig anerkennen. Beim Po soll nun nach Hahn, der dies auch für den Mississippi anzunehmen geneigt ist, die Alluvion stark genug sein, um trotz „Senkung“ des betreffenden Küstenlandes, die übrigens auf den betreffenden Karten von Andree und Hann nicht verzeichnet ist, das Ufer hinauszuschieben und dem Meere Terrain abzugewinnen. Könnte das, was nach Hahn beim Po zutrifft, nicht auch für andere Deltas gelten? Nach Hahn soll ferner das Nildelta unter dem Einflusse einer stärkeren Senkung bereits in Auflösung begriffen sein. Wie reimt sich dies aber mit der Thatsache zusammen, daß das Nildelta jährlich um 4 Meter vorrückt, und zwar deshalb nicht um einen größeren Betrag, weil die regelmäßigen Überschwemmungen dem Fluß eine Menge Sedimente entziehen, die im Binnenlande liegen bleiben und ferner ein Teil der Sedimente durch Küstenströme an die syrische Küste gespült und dort zur Ablagerung gebracht wird. Überhaupt macht sich neuerdings die Meinung geltend, daß Peschel (und seine Schule) in seiner vergleichend geographischen Betrachtungsweise zu weit ging, wenn er behauptete, daß ein geschärftes Auge schon an gewissen Außerlichkeiten der Küste den dort sich vollziehenden Prozeß erkennen könne. Zahlreiche, sonst auf säkulare Niveauveränderungen zurückgeführte und hinwiederum selbst als Kriterien ersterer verwendete Erscheinungen (wie z. B. Deltas) hängen zum großen Teil, wie Günther mit Recht bemerkt, mit anderen und zwar besonders mit den vom Wasser auf das Land ausgeübten gestaltändernden Kräften \*) zusammen.

Von den allgemeinen, auf dem Studium guter Karten beruhenden Kennzeichen negativer Niveauveränderung führt

---

\*) Günther schreibt: „mit den vom Land auf das Wasser ausgeübten gestaltändernden Kräften.“ Dies ist wohl nur ein lapsus calami.

zunächst *Hahn* die Zerrissenheit der Küste an, die durch die Angriffsthätigkeit des Meeres veranlaßt und durch das „Sinken“ der Küste unterstützt wird; das Meer greift mit Erfolg nur sinkende Küsten an; hat es einen Zugang durch die Dünen gefunden, so werden hinter denselben sich Wasserflächen ausbreiten, und es entstehen Lagunen oder Senkungsseen. Hiergegen bemerkt *Supan*, daß die Form der Lagunenküste mit Landgewinn in Languedoc und mit Landverlust an der Ostküste der Vereinigten Staaten verträglich sei, wieder ein Beweis, daß man aus der Küstenform nicht unbedingt auf Niveauveränderungen schließen kann. Als ein ferneres Kennzeichen negativer Niveauveränderung sieht *Hahn* die sogenannten Trichtermündungen mancher Flüsse an: sinkt nämlich das Mündungsgebiet eines Flusses, so steigert sich die Stromgeschwindigkeit und der Fluß wird die Absatzstoffe zum größten Teil weit ins Meer hinausführen, anstatt ein Delta zu bilden. Außerdem dringt das Meer bei sinkenden Küsten in die Flußmündungen ein und bewirkt eine Erweiterung derselben, zu welcher auch der Kontakt zwischen dem leichteren Süßwasser und dem schwereren Salzwasser beitragen soll. Diese erweiterten Flußmündungen bezeichnet man eben nach *Beschel* mit dem Ausdruck Trichtermündungen. Ein durch frühere „Hebung“ entstandenes Delta muß sich bei „Senkung“ der Küste langsam auflösen und an seiner Stelle wird sich eine Trichtermündung bilden. *Hahn* weist übrigens selbst darauf hin, daß, wie nicht jedes Delta auf Hebung, so nicht jede Trichtermündung auf Senkung weise. Es müssen also auch bei diesen allgemeinen aus der Küstenform gefolgerten Kennzeichen negativer Niveauveränderung noch andere Momente herangezogen werden, und ohne eine Untersuchung an Ort und Stelle, nur auf Grund einer Kartenprüfung, dürften auch hier derartige Beweise für negative Niveauveränderungen nicht stichhaltig sein. Eine viel größere Bedeutung haben für uns die Kennzeichen für Niveauveränderungen, die nur durch Untersuchung an Ort und Stelle aufgefunden werden.

Für ein Aufsteigen des Festlandes resp. Sinken des Meeres-  
spiegels sprechen zunächst Strandlinien. Die Flut lagert  
nämlich an Flachküsten Sand- und Schlammmassen, Koll-  
steine, Tang, Meeresorganismen u. s. w. ab, die zur Zeit  
der Ebbe nur teilweise wieder fortgeführt werden. Diese  
allmählich wachsenden Anhäufungen bilden die Strandlinie,  
welche, wenn sie sich oberhalb der jetzigen Wasserlinie be-  
findet, für ein Vorrücken der Küste gegen das Meer sprechen  
würde, sofern sie sich nämlich auf weite Strecken hin ver-  
folgen läßt. Hat die Strandlinie nur lokale Ausdehnung,  
so braucht keine Niveauveränderung, sondern nur eine Folge  
der Anschwemmung vorzuliegen. Diese als horizontale  
Stufen erscheinenden Linien des alten Ufers finden sich auch  
zu mehreren übereinander; man nennt sie dann Strand-  
terrassen. Dieses treppenförmige Vorkommen der Strand-  
linien kann man auf zweierlei Weise erklären: der Stufen-  
bau läßt sich entweder durch ruckweise Niveauveränderung  
und darauf folgenden Stillstand, oder auch so erklären, daß  
auf Perioden schnellerer Niveauveränderungen solche lang-  
samer Vertikalbewegung erfolgten. Übrigens können auch  
Strandlinien und Strandterrassen an Felsküsten durch die  
Brandung des Meeres entstehen, und dies ist hauptsächlich  
an der norwegischen Küste der Fall, deren Strandterrassen  
R. Lehmann\*) untersucht hat. Er fand die örtliche Ver-  
teilung sehr ungleich; nach seiner Ansicht ist die Bildung  
von Aushöhlungen für Entstehung und Verbreitung von  
Strandlinien von Wichtigkeit. Zunächst bilden sich durch  
Kollsteine, die fortwährend gegen die Felswände geschleudert  
werden, Höhlungen, die allmählich größer werden, bis endlich  
deren trennende Zwischenwände weggewaschen werden. Die  
darüber stehende Felsmasse stürzt nun, der Basis beraubt, herab  
und die Strandlinie ist entstanden, beziehentlich verbreitert.

---

\*) R. Lehmann, Über ehemalige Strandlinien im anstehenden  
Fels in Norwegen. Halle, 1879. R. Lehmann, Zur Strandlinien-  
frage. Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften. Bd. 53.

Strandlinien sind nach Lehmann auch der Zerstörung durch Atmosphärien ausgesetzt; es existiert eine Beziehung zwischen den Niederschlagsmengen und der Häufigkeit der Strandlinien: wo es am meisten regnet (vom Vorgebirge Stat bis Kap Lindesnes), sind die wenigsten Strandlinien und in der Gegend von Ofotenfjord bei Hammerfest, wo sich am meisten Strandlinien befinden, herrscht der geringste Niederschlag. Auf Erhaltung der Strandlinien wirken auch noch andere Umstände ein, z. B. ob dieselben auf der Wetterseite oder auf der Seeseite liegen, ferner die Zusammensetzung und Lagerung des die Felsenküste bildenden Gesteines. Außerdem kommt noch die Temperatur und Dauer der Schneebedeckung in Frage; letztere wirkt z. B. deswegen konservierend, weil sie den Einfluß der Atmosphärien abhält. Kann man also Strandlinien über dem Meeresniveau als Beweise für stattgefundene positive Niveauveränderung betrachten, so bedarf es doch fortgesetzter Beobachtung derselben, um zu konstatieren, ob die Vertikalbewegung wächst, konstant bleibt oder in die entgegengesetzte Richtung übergegangen ist. Ähnlich verhält es sich auch mit den Muschelbänken über der Wasserlinie, deren Vorkommen an sich ebenfalls noch kein Beweis einer fort dauernden positiven Niveauveränderung ist. Derartige Muschelbänke können ihr Entstehen sowohl der Anschwemmung des Meeres, als auch menschlicher Thätigkeit verdanken. Küstenvölker errichteten nämlich oft aus den Abfällen der ihnen zur Nahrung dienenden Muscheln und Fische Haufen von ansehnlicher Größe. Sie benutzten stets bestimmte Orte zur Ablagerung der Reste dieser Nahrungsmittel, und zwar liegen diese meist in der Nähe des Sammelplatzes der Muscheln. Um nun den Muschelbestand sich wieder vermehren zu lassen, wechselte man mit diesen Sammelplätzen, ein Verfahren, welches sich bis zur Jetztzeit bei manchen Küstenvölkern erhalten hat. Die erwähnten Abfallhaufen finden sich in Brasilien unter dem Namen Sambaquis; in Norwegen nennt man sie Rjöffenmöddinger (Rüchenabfälle). Finden sie sich landein-

wärts, so scheint dies auf ein Vorrücken der Küste gegen das Meer zu deuten. Diese Deutung wird dann richtig sein, wenn nachgewiesen wird, daß die Ureinwohner ihre eingesammelten Seetiere gleich an der Küste verzehrten und sie nicht erst landeinwärts trugen. Dieser Nachweis dürfte indes seine Schwierigkeiten haben, denn daraus, daß die betreffenden Ureinwohner jetzt ihre gesammelten Seetiere gleich an der Küste verzehren, kann man doch nicht unbedingt schließen, daß sie diese Gewohnheit auch früher gehabt haben. — Einzelne Seemuscheln über der Wasserlinie, hauptsächlich Pholaden oder Bohrmuscheln und deren Bohrlöcher geben sichere Beweise für eine positive Niveauveränderung, auf welche auch Bohrmuscheln, die sich in das Material menschlicher Bauten eingebohrt haben, hinweisen. In letzterem Falle mußte zuerst eine vorübergehende negative Niveauveränderung, während welcher sich die Muscheln einbohren konnten, stattgefunden haben, der dann eine positive Vertikalbewegung folgte. Indes ist hierbei der Umstand zu beachten, daß ein Überspülen menschlicher Gebäude noch nicht ein Zeichen negativer Niveauveränderung zu sein braucht, da die Fundamente solcher Gebäude absichtlich unter Wasser angelegt sein konnten. Als ein Beispiel abwechselnder Niveauveränderung pflegt der Serapistempel bei Puzzeoli angeführt zu werden, in dessen Marmorsäulen sich reichliche Bohrlöcher von Pholaden vorfinden. Neuerdings ist aber u. a. von Brauns die allerdings mit den geschichtlichen Überlieferungen im Widerspruch stehende Meinung geäußert worden, daß der Serapistempel gar kein Tempel gewesen sei, sondern als Bassin zur Zucht von Austern gedient habe, wobei sich naturgemäß die Pholaden in die Säulen einbohren konnten. Ruffegger dagegen behauptet, daß die Marmorblöcke die Bohrlöcher schon vorher enthalten hätten, was indes sehr unwahrscheinlich ist, da zu einem solchen Bauwerk schwerlich derartig minderwertiges Material Verwendung gefunden hätte.

Korallenriffe, welche nicht immer von Wasser überspült

sind, sind Beweise einer positiven Niveauveränderung, da die Korallen nur da leben können, wo sie vom Wasser dauernd bespült werden. Ob die Niveauveränderung fort-dauert, müssen nach längerer Zeit wiederholte Beobachtungen ergeben.

Indirekte Nachweise einer positiven Niveauveränderung lassen sich gewinnen durch Heranziehung historischer Nachrichten und Vergleichung verschiedener, zu verschiedenen Zeiten aufgenommener Karten. Beispielsweise weisen an der chilenischen Küste einige Küstenpunkte, deren Namen das Wort *hapui* oder *Insel* enthalten, darauf hin, daß diese Küstenpunkte früher wahrscheinlich Inseln waren, die dann durch eine positive Niveauveränderung mit dem Festlande verbunden wurden. Derartige indirekte Merkmale sind in jedem Falle eingehend zu prüfen. Dagegen dürfte das Auftauchen neuer Klippen im Fahrwasser ein sicherer Nachweis einer positiven Niveauveränderung sein; für letztere spräche auch ein Versanden und Seichterwerden der Häfen und Flußmündungen, doch kann hierbei auch die Vernachlässigung der Häfen zc. durch die Anwohner, sowie Alluvionsthätigkeit mitgewirkt haben. Alte Dock- und Hafenanlagen, hauptsächlich wenn sie so hoch über dem Meeresniveau liegen, daß ihre Benutzung unmöglich gewesen wäre, sprechen gleichfalls für positive Niveauveränderung. Als sicherste und zuverlässigste Kennzeichen führt *Hahn* die Wassermarken an, die im anstehenden Fels eingehauen sind und entweder den mittleren Wasserstand eines Jahres oder die Höhe eines Objektes über dem Mittelwasser angeben. Daraus ergibt sich, daß es nicht genügt, Wassermarken bei Gelegenheit eines flüchtigen vorübergehenden Aufenthaltes anzubringen, sondern daß es nötig ist, täglich vielleicht ein Jahr lang die durchschnittliche Höhe des Wasserstandes unter Berücksichtigung von Ebbe und Flut, des Barometerstandes und der Windrichtung zu bestimmen, um dann einen einigermaßen brauchbaren Mittelwert für die mittlere Wasserhöhe zu erhalten. Es müßte also da, wo derartige Wassermarken angebracht

würden, ein ständiger Beobachter zur Beobachtung des Mittelwassers stationiert sein, wozu sich z. B. die Leuchtturmswächter eignen würden.

Wir kommen nun zu den Kennzeichen der negativen Niveaubewegung, die uns nur durch Beobachtung an Ort und Stelle zugänglich und erkennbar sind. Da sind es vor allen die Korallenbauten, die Erwähnung verdienen. Bekanntlich sind dieselben von Ch. Darwin eingehend untersucht worden. Nach seiner Ansicht geht die Bildung einer Koralleninsel oder eines Atolls folgendermaßen vor sich. Zuerst bildet sich um die Küste eines Inselberges ein küstenumsäumendes Riff, dessen Bau innerhalb einer Meerestiefe von 15—20 Faden (30—40 Meter) begann, da nach Darwins Beobachtung die riffbauenden Korallen tiefer nicht zu leben vermögen. Es giebt aber alte Korallenfelsmauern in viel bedeutenderer Tiefe. Diese können nur so dahin gekommen sein, daß der riffumgebene Inselberg langsam zu sinken begann; die Korallentierchen wurden nun, um nicht ihrer Existenzbedingungen beraubt zu werden, gezwungen, in die Höhe zu bauen. Da nun die nach der See zu liegende Seite der Korallenkolonie infolge besserer Nahrungsverhältnisse mehr wächst, als die dem sinkenden Inselberge zugekehrte Seite, so bildet sich mit der Zeit zwischen dem Inselberg und dem Riff ein Kanal und aus dem Küstenriff wird ein Dammriff. Aus letzterem entsteht dann nach dem Verschwinden des Inselberges das Atoll; an die Stelle der vormaligen Insel ist eine Lagune getreten, die von den ringförmigen Korallenriffen umgeben wird, die einige Meter über dem Meeresspiegel hervorragt und bald mit Kokospalmen und anderen Gewächsen, deren Samen angeschwemmt worden oder durch Vögel verschleppt sind, sich bedeckt.

Gegen diese Darwinsche Korallentheorie wandte sich u. a. A. Agassiz und sein Sohn auf Grund ihrer Studien über die Korallenbänke von Florida, das sich nicht gesenkt, sondern gehoben hat.

Rein, der die Korallenbauten der Bermudasinseln untersuchte, gelangte zu dem Resultat, daß sich Korallenriffe überall bilden können, wo die sie erzeugenden Polypen vorhanden sind. Zu den Lebensbedingungen der letzteren zählt er: mäßig warme Temperatur, Klarheit des Wassers, Nahrungszufuhr durch Wellenschlag und eine feste Unterlage, die in einer untergetauchten Küste oder einer submarinen Bodenerhebung, durch vulkanische Kräfte oder organogene Aufschüttung hervorgerufen, bestehen kann. Wir sehen, daß nach Reins Ansicht die Existenz der Korallentiere nicht an bestimmte vertikale Grenzen innerhalb des Meeres gebunden ist, denn die angeführten Bedingungen dürften auch in einer größeren Tiefe als 30—40 Meter vorhanden sein. Auch Supan hält es für möglich, daß die Korallenpolypen noch in einer größeren Tiefe als 30—40 Meter zu leben vermögen; jedenfalls ist es zweifelhaft, ob nicht in früheren geologischen Perioden, denen die tiefer liegenden Korallenfelsmauern zum Teil angehören, die Temperatur eine höhere gewesen ist und die Polypen demnach doch in einer größeren Tiefe zu existieren vermochten. Semper konnte gleichfalls nach seinen an den Korallenbauten des Belem-Archipels gemachten Beobachtungen die Darwinsche Ansicht wohl bestätigen, da er nirgends Anzeichen negativer, wohl aber solche positiver Niveauveränderung konstatieren konnte. Wie Hahn richtig bemerkt, können daher Korallenbauten — je nach den Umständen — als Kennzeichen für positive und negative Niveauveränderungen gelten. Korallenbauten, die über das Meeresniveau hervorragen oder die — wenn auch nur zur Ebbezeit — trocken liegen, müssen sich in positiver Niveauveränderung befinden, denn die Korallentierchen werden doch nur soweit in die Höhe bauen, daß sie sich jederzeit unter Wasser befinden. Die Atolls der Südsee, die ja zum Teil reichen Pflanzenschmuck tragen, ragen nun sogar auch zur Zeit der Flut über den Meerespiegel hervor und diese bedeutende Erhöhung dürfte doch wohl kaum allein Anschwemmungen und Bruchmaterial der Korallen zu verdanken sein ---

wenigstens müßte dies erst durch Bohrungen festgestellt werden. Es wäre daher auch denkbar, daß diese Atolls, vorausgesetzt, daß die Korallenpolypen wirklich nur bis zur Tiefe von 40 Meter zu existieren vermögen, nach einer Periode negativer Niveauveränderung sich jetzt in positiver Vertikalbewegung befänden.

In der That hat Supan auf seiner Karte der Niveauschwankungen, die seinen „Grundzügen der physischen Erdkunde“ beigelegt ist, eine negative Niveauveränderung der Koralleninseln der Südsee als zweifelhaft und fraglich hingestellt. Bei unterseeischen Korallenbauten ist die Richtung ihrer Niveauveränderung zweifelhaft; es müßten zur Gruierung derselben an derartigen Stellen von Zeit zu Zeit zu wiederholende Lotungen angestellt werden. Auch ein Vergleich älterer und neuerer guter Seekarten könnte zum Ziele führen. Um übrigens ein Verschwinden niedriger Koralleninseln herbeizuführen, hält Supan schon den Einfluß der Sturmfluten für völlig ausreichend.

Wir möchten hier noch als Beweismittel einer, wenn auch nicht recenten, negativen Niveauveränderung, die Übereinstimmung charakteristischer Faunen und Floren auf näher oder weiter voneinander entfernten Inseln anführen. (Voraussetzung hierbei ist natürlich, daß sich die Übereinstimmung nicht auf solche Tiere und Pflanzen beschränkt, die künstlich oder durch Meeresströmungen auf eine andere Insel verschlagen sind.) Eine derartige Übereinstimmung würde für eine frühere Zusammengehörigkeit der betreffenden Inseln sprechen, die dann durch eine negative Niveauveränderung des verbindenden Festlandes gelöst worden ist. Bei dieser Gelegenheit dürfte darauf hinzuweisen sein, daß es schwierig ist, einen Unterschied zwischen recenten Niveauveränderungen und solchen früherer geologischer Perioden zu konstatieren, da ja eine Kontinuität der einzelnen geologischen Perioden besteht und ebenso die Fauna und Flora einer geologischen Periode nicht mit dieser abgeschlossen ist, sondern ihre Vorläufer in einer früheren, ihre Nachzügler in einer ihr

folgenden geologischen Periode hat. Wenn also z. B. zum Beweis einer „recenten Hebung“ das Vorkommen von Muscheln, die noch jetzt im Meere leben, verlangt wird, so ist dies nicht angängig, da solche auch schon im Oligocän vorkommen. Was nun den oft gemachten Unterschied von Niveauveränderungen historischer und prähistorischer Zeit betrifft, so dürfte diese Bezeichnungsweise zu unbestimmt sein, da eben die historischen Zeiten für die Küstenstriche der einzelnen Länder zu verschieden sind. Es liegt kein Grund vor, einen principiellen Unterschied zwischen recenten Niveauveränderungen und solchen früherer geologischer Perioden und Niveauveränderungen historischer und prähistorischer Zeit zu machen. Praktisch und nachahmungswert erscheint das Verfahren Supans, der auf seiner obenerwähnten Karte bei der Ostküste der Vereinigten Staaten neben der jetzigen negativen Niveauveränderung auch die frühere positive Vertikalbewegung bezeichnet hat.

Ein weiteres Kennzeichen negativer Niveauveränderung ist das Vorkommen von unter den Meeresspiegel herabgesunkenen Wäldern, wie sich solche z. B. an der Küste Englands und Frankreichs finden. Hierbei sind aber die geologischen Verhältnisse der betreffenden Örtlichkeit genau ins Auge zu fassen. Ständen beispielsweise die Wälder auf Thonboden, so könnte der letztere, nachdem er durch Wasser gequollen und schlüpfrig geworden war, durch den Druck der überliegenden Schichten mit diesen und dem darauf befindlichen Walde ins Meer hinabgerutscht sein. Mit den unterseeischen Wäldern kommen auch unterseeische Torfmoore gemeinschaftlich vor, mit denen es sich ähnlich verhält, die aber von besonderer Wichtigkeit sind, wenn sie Einschlüsse von bearbeitetem Holz oder Stein enthalten. Veränderung des Pflanzenkleides einer Küste kann nach Hahn ebenfalls auf eine negative Niveauveränderung hinweisen. Denn es ist natürlich, daß an Stelle von Bäumen, welche sonst trocknen Boden lieben, bei zunehmender Versumpfung der Küste Feuchtigkeits liebende Pflanzen, eine sogenannte Bruch-

flora treten muß. Mit zunehmender Versumpfung werden sich auch die Gesundheitsverhältnisse der betroffenen Küstenorte ändern. Vertiefung des Fahrwassers, langsames Verschwinden von Klippen, Umstände, die durch fortgesetzte Lotungen beobachtet werden können, würden ebenfalls für negative Niveauveränderung sprechen, für welche als ein sicheres Kennzeichen noch die abnehmende Entfernung dicht am Meere stehender Gebäude (z. B. Leuchttürme) vom Meeresspiegel anzuführen wäre. Selbstverständlich kann auch hier nur eine fortgesetzte Beobachtung sichere Resultate ergeben. Altes Straßenpflaster, das sich in manchen Seestädten unter dem heutigen Pflaster findet, ist kein sicheres Beweismittel, da nach Forchhammer viele Städte auf dem Schutt und den Trümmern der alten zerstörten Stadt wieder aufgebaut wurden. Eine derartige Möglichkeit müßte natürlich in jedem Falle an der Hand sicherer historischer Nachrichten erörtert werden. Am Schluß der Zusammenstellung der Kennzeichen der Niveauschwankungen ist noch auf die Möglichkeit hinzuweisen, Vertikalbewegungen im Binnenlande nachweisen zu können. In dieser Hinsicht hat sich Kahle\*) der dankenswerten Aufgabe unterzogen, zu Beobachtungen von Hebungen und Senkungen des Bodens auf dem Festlande anzuregen und dieselben zu sammeln. Zahlreiche derartige Beobachtungen sind ihm in der That aus der Umgebung von Jena zugegangen. Es handelte sich darum, aus dem Sichtbarwerden oder Verschwinden von Ortschaften, Bergen, Türmen, Häusern u. von Orten aus, von denen man erstere früher nicht hatte erblicken können resp. früher erblickt hatte, auf eine Hebung und Senkung des Erdbodens zu schließen und womöglich durch Verbindungslinien Hebungs- und Senkungszone feststellen zu können. Kahle hat auch die Eventualitäten festgestellt, die hierbei auftreten können:

---

\*) K. Kahle, Höhenänderungen in der Umgegend von Jena infolge Hebung und Senkung des Bodens. Mitteilungen der geographischen Gesellschaft zu Jena, Bd. V.

es kann 1) der Standpunkt des Beobachters sich heben, wodurch das ferne Objekt sichtbar wird, also gehoben erscheint; 2) kann der Standpunkt des Beobachters gesunken sein, wodurch das ferne Objekt als gesunken erscheint; 3) kann sich das ferne Objekt selbst gehoben haben oder gesunken sein, während der Standpunkt des Beobachters unverändert geblieben ist; 4) kann sich das Zwischenterrain gehoben haben oder es kann gesunken sein, wodurch das ferne Objekt verdeckt wird resp. sichtbar gemacht wird und demnach als gesunken oder gehoben erscheint. Natürlich hat Kahle alle Beobachtungen ausgeschlossen, bei denen Objekte infolge Wegschlagens von Wald zc. sichtbar geworden waren oder durch Heranwachsen desselben dem Blick verschlossen wurden. Wenn nun auch Pfeiffer\*) die allgemeinen Schlüsse, die Kahle\*\*) aus seinen Beobachtungen zieht, bestreitet und diesen Erscheinungen eine nur lokale Bedeutung zuspricht, welche nach seiner Ansicht dadurch hervorgerufen seien, daß der dort vorkommende Anhydrit durch Wasseraufnahme eine Volumvergrößerung erfährt, die sich, wenn sich der Anhydritstock im Innern von Bergen befindet, durch Hebung anzeigt, die sich aber, wenn der Anhydrit zu Tage steht und durch Meteorwasser eine die Volumzunahme überwiegende Auflösung und Auswaschung\*\*\*) erfährt, als Senkung dokumentiert — so ist doch die Idee Kahles richtig, den Schwerpunkt der

\*) Pfeiffer, Zur Erklärung der Höhenveränderungen zc. Ebenda.

\*\*) Vergl. hierzu noch: Gerke, Beitrag zu den Höhenänderungen in der Umgebung von Jena zc. Mitteilungen der geographischen Gesellschaft für Thüringen, Bd. VI. Gerke weist bei Besprechung der Kahleschen Beobachtungen darauf hin, daß das Sichtbarwerden entfernter Gegenstände u. a. auch durch Refraktion der Lichtstrahlen zu erklären ist und führt hierzu eigene Beobachtungen an. Betreffs der Feststellung eventueller Hebungen und Senkungen durch wiederholte Nivellements plädiert G. für geometrische Nivellements, während er die trigonometrischen Nivellements für weniger genau erachtet.

\*\*\*) Wie sehr die Denudation auf die Höhenverminderung von Bergen einzuwirken vermag, hat Heim an den Alpen gezeigt, deren noch übrig gebliebene Gebirgsmasse ungefähr die Hälfte derjenigen beträgt, die durch Faltung emporgestaut wurde.

Streitfrage, ob die Niveauveränderungen durch Vertikalbewegung des Festlandes oder durch Steigen und Fallen des Meeresniveaus bedingt werden, auf das Binnenland zu verlegen und festzustellen, ob Örtlichkeiten des Binnenlandes sich gehoben haben oder gesunken sind. Denn nur dadurch kann eine wirkliche Erhebung oder Senkung der Erdoberfläche festgestellt werden, wenn durch eine Reihe dahinzielender Beobachtungen in Verbindung mit zeitweilig wiederholten Präcisionsnivelllements die Hebung resp. Senkung der betreffenden Örtlichkeit nachgewiesen wird. Auch der 1881 in Venedig tagende internationale Geographenkongreß, auf welchem Uzielli eine Statistik der Bodenschwankungen Italiens vorlegte, sprach aus diesem Anlaß in einer allgemeinen Sitzung den Wunsch aus, daß die internationale geodätische Kommission ihre Untersuchungen auch auf Schwankungen des Bodens ausdehnen und zu diesem Zweck die Präcisionsnivelllements geeigneter Linien wiederholen möge. Was nun diese Nivelllements anbetrifft, die in den Kulturstaaten seitens der Regierungen angeordnet sind und auch in Preußen durch die königl. Landesaufnahme bewerkstelligt werden, so wurden dieselben in Preußen früher auf das Mittelwasser der Ostsee als Nullpunkt bezogen. Da es aber einesteils zweifelhaft ist, ob der Ostseespiegel konstant bleibt — hat man doch gefunden, daß das Mittelwasser der Ostsee bei Memel 0,5 m höher ist als an der holsteinischen Ostküste und kann doch die behauptete Konstanz der Ostsee bei Swinemünde nach Hagens Pegelbeobachtungen durchaus nicht für erwiesen gelten —, andernteils die Höhe der verschiedenen Meere verschieden\*) ist, so werden, um die Angaben über dem Meere in Übereinstimmung zu bringen, seit 1878 durch Be-

---

\*) Ein gleiches Niveau für alle Meere existiert nicht; dies ist auch ganz natürlich, da das Niveau der einzelnen Meere von den verschiedenartigsten Faktoren, z. B. der Anziehung der Festlandmassen, Meeresströmungen u. s. w. beeinflusst wird. So liegt z. B. das Niveau der Ostsee 0,64 m über dem Mittelmeerniveau bei Marseille, der Null-

schluß des „Centraldirektoriums der Vermessungen im preussischen Staate“ alle staatlich unternommenen Nivellements auf einen in der Berliner Sternwarte besonders fundierten Normalhöhepunkt bezogen, dessen Höhe = 37 Meter über Normalnull, d. h. ca. 37 Meter über dem Mittelwasser der Nord- und Ostsee angenommen worden ist. Wenn man nun bei der Frage, ob das Land sich hebe oder senke, oder das Meer diese Niveauveränderung verursache, die Nivellements zu Hülfe nimmt, so ist es, da der Beweis einer etwaigen Niveauveränderung des Festlandes durch ein nach längerer Zeit zu erneuerndes Nivellement erbracht werden soll, nötig, sich dabei vom Mittelwasser der Ostsee und überhaupt vom Meeresspiegel zu emanzipieren, denn man müßte sonst für ein etwa nach zehn Jahren wiederholtes Nivellement erst das Mittelwasser des betreffenden Meeres von neuem bestimmen.

Wäre nun dasselbe unverändert geblieben, so könnte man unter Umständen das zweite Nivellement auf dieses Mittelwasser als Nullpunkt basieren. Eine dann gegen die Höhenmessungen des ersten Nivellements gefundene größere oder geringere Höhe der betreffenden Punkte würde für Hebung resp. Senkung des betreffenden Festlandsterrains sprechen, deren Größe aus der Differenz der Zahlen der Höhenmessungen des ersten und zweiten Nivellements ersichtlich wäre. Die Unveränderlichkeit des Mittelwassers könnte übrigens auch so zu erklären sein, daß eine gleichzeitige, gleichmäßige, beiderseitige Erhebung resp. Senkung sowohl des Meeres, als auch der Küste stattfände, in welchem Falle sich beim zweiten Nivellement eine Übereinstimmung der Höhenzahlen mit denen des ersten Nivellements ergeben würde, wenigstens für die Punkte des Festlandes, die sich an dieser gleichmäßigen Hebung und Senkung beteiligen. Sollten weiter im Binnenlande die Höhenzahlen des zweiten Nivellements von denen des ersten Nivellements nach oben oder

---

punkt des Amsterdamer Pegels 0,242 m über der Ostsee, das Mittelwasser der Nordsee 0,093 m über der Ostsee (Günther, Geophysik).

unten abweichen, so würde man hieraus für die betreffenden Punkte auf eine Erhebung resp. Senkung schließen dürfen, deren Grenzen festgestellt werden könnten. In gleichem Maße, als die Küste stiege, würde auch das Meer steigen und umgekehrt. Es würde diese Annahme auch mit dem physikalischen Satz von der Massenanziehung übereinstimmen; je mehr Land aus dem Meer hervortaucht, desto mehr wird ersteres anziehend auf das Meer wirken. Man könnte also da, wo man bis jetzt keine Niveauveränderung konstatieren konnte, eine gleichmäßige, beiderseits gleichgerichtete Niveauveränderung des Festlandes und des Meeres annehmen; je nachdem, durch Umstände verschiedener Art veranlaßt, die Vertikalbewegung des Meeres die des Landes (und umgekehrt) überwiegt, wird sich dies als Hebung und Senkung des Meeres resp. Festlandsniveaus zeigen. Hat sich aber das Mittelwasser gegen den Pegel des ersten Nivellements erhöht, so kann der Grund hierfür ein Sinken des betreffenden Küstenstrichs oder auch eine Erhebung des Meeresspiegels sein, durch welche die betreffende Küste im Verhältnis zum Meeresspiegel als gesunken erscheint. Es würde ein unter diesen Umständen ausgeführtes Nivellement in betreff der streitigen Fragen nicht ausschlaggebend sein, da bei einem gegen den Nullpunkt des ersten Nivellements erhöhten Pegel, vorausgesetzt, daß das Festland sich nicht gesenkt, dagegen der Meeresspiegel sich gehoben hat, doch die Zahlen für die einzelnen Höhenbestimmungen naturgemäß kleinere sein würden, und zwar alle um denselben Betrag, um welchen sich das Mittelwasser des zweiten Nivellements gegen das des ersten erhöht hat. Ist die Erhöhung des Pegels aber durch ein Sinken der Küste veranlaßt, so wäre das Resultat dasselbe: die Höhenzahlen des zweiten Nivellements würden um den Betrag der Erhöhung des zweiten Pegels über den Pegel des ersten Nivellements kleiner sein. Dagegen würden Schwankungen über oder unter dem betreffenden Betrage im ersten Falle für Senkung, im letzteren

für Hebung der betreffenden Landstriche und für eine ungleichmäßige Vertikalbewegung des Festlandes sprechen. Der zweite Fall, daß nämlich das Mittelwasser des zweiten Nivellements um einen gewissen Betrag unter dem Pegel des ersten Nivellements steht, würde in ganz analoger Weise zu betrachten sein.

Verlegt man nun den Normalhöhepunkt, den Ausgangspunkt des Nivellements, auf den die Höhenzahlen bezogen werden, auf das Festland und acceptiert z. B. den fundierten Normalhöhepunkt der Berliner Sternwarte, so könnte man der Frage, ob sich das Festland hebt oder senkt, näher treten. Es würde dann folgendes zu erwägen sein: Den Fall, daß der Normalhöhepunkt allein keine passive Vertikalbewegung, wohl aber die benachbarten Höhepunkte eine solche erleiden sollten, können wir wohl, weil er ganz unwahrscheinlich ist, unberücksichtigt lassen, denn die Niveauänderung des Bodens, auf dem der Ausgangspunkt steht, würde sich nicht nur auf letzteren allein erstrecken, sondern auch die nähere Umgebung in Mitleidenschaft ziehen. Sind also die Höhenzahlen des zweiten Nivellements gegen die des ersten überhaupt nicht verschieden, so kann man daraus schließen: 1) daß sich das nivellierte Terrain gleichmäßig gehoben resp. gesenkt habe, wobei sich an der Küste ein Landzuwachs, resp. eine Landverminderung zeigen müßte; 2) daß sich das nivellierte Terrain in der Zwischenzeit überhaupt nicht gehoben oder gesenkt habe; ein während dieser Zeit konstatiertes Landzuwachs an der Küste müßte dann als ein Zurücktreten des Meeres aufgefaßt werden, ein Landverlust an der Küste dagegen als eine Erhöhung des Meeresniveaus. Man würde also bei diesen beiden Möglichkeiten ebenfalls zu keiner Entscheidung in der Frage, ob die Niveauveränderungen vom Lande oder vom Meere ausgehen, gelangen, ja man würde bei einer gleichmäßigen und gleichzeitigen Hebung resp. Senkung auch hier an eine Konstanz beider Niveaus glauben.

Wir kommen nun zur Besprechung der Möglichkeit, daß die Höhenzahlen des Ausgangspunktes und seiner näheren

Umgebung in der Zwischenzeit dieselben geblieben sind, während sich die Höhenzahlen entfernterer Landstriche erhöht oder erniedrigt haben. In diesem Falle würde eine entschiedene Vertikalbewegung des Festlandes vorliegen, deren Richtung allerdings zweifelhaft wäre. Wenn sich die Höhenzahlen der entfernteren Landstriche gegen die des Ausgangspunktes und dessen Umgebung inzwischen erhöht haben, so kann der Grund hierfür sein: 1) eine langsame Hebung des Ausgangspunktes mit Umgebung und eine beschleunigtere Hebung der entfernteren Landstriche, oder 2) eine Unveränderlichkeit des Ausgangspunktes und seiner Umgebung und eine gleichzeitige Hebung der entfernteren Gegenden. Das Verhalten des Meeresniveaus zur Küste ist hierbei nicht ausschlaggebend, da über die Konstanz desselben ebenfalls Zweifel herrschen und für dasselbe auch eine Vertikalbewegung angenommen werden könnte. Liegen aber die Ergebnisse der Höhenmessungen der entfernteren Gegenden unter denen des Ausgangspunktes mit Umgebung, so kann sich derselbe nebst Umgebung gehoben haben, während die ferneren Landstriche stabil geblieben sind, oder es könnte der Ausgangspunkt nebst Umgebung stabil geblieben sein, während die ferneren Gegenden eine negative Niveauveränderung erlitten haben, oder es könnte endlich der Ausgangspunkt und seine Umgebung in langsamer, dagegen die entferntere Umgebung in beschleunigter Senkung begriffen sein. Man könnte also demnach über die Richtung der Vertikalbewegung des Ausgangspunktes und seiner näheren Umgebung oder der entfernteren Gegenden nichts entscheiden; nur eine Vertikalbewegung des Festlandes selbst wäre konstatiert. Jedoch würde man über eine eventuelle Vertikalbewegung des Meeres, die doch noch neben einer Niveauveränderung des Festlandes statthaben könnte, durch zeitweilig wiederholte Nivellements zu keiner Entscheidung kommen. Eine Voraussetzung bei der Wiederholung der Nivellements wäre natürlich, daß dieselben unter vollständig gleichen Bedingungen, nach denselben Methoden und mit

denselben Instrumenten vorgenommen würden, als die vorhergehenden Messungen, da schon kleine Unterschiede zu großen Irrthümern Veranlassung geben können. Gerade in neuerer Zeit wird auf dem Gebiete der Präzisionsmechanik so Hervorragendes geleistet, daß es möglich ist, infolge der Vervollkommnung der Apparate ganz genaue Messungen anzustellen. Indes würden vielleicht auch frühere, nach anderen Methoden und mit andern Instrumenten angestellte Messungen zu verwerten sein, sofern man die denselben anhaftenden Fehlerquellen kennt und die Resultate dementsprechend verbessern könnte. Höhenmessungen vermittelt des Quecksilber- oder des Aneroidbarometers, sowie des Kochthermometers würden für unsern Zweck wohl kaum anwendbar sein, da die Messungen nicht genau genug sind, um zu einer soliden Basis für die Entscheidung unserer Frage dienen zu können.

Wir kommen nun zur geographischen Verbreitung der Niveauveränderungen. Wie schwierig es ist, eine sichere Übersicht über dieselbe zu geben, erhellt schon aus dem Vergleich zweier Karten verschiedener Autoren, die sich die Aufgabe stellen, die geographische Verbreitung obiger Erscheinungen zur Darstellung zu bringen. In diesen Karten offenbart sich naturgemäß die subjektive Anschauung der einzelnen Autoren: der eine hält z. B. die positive Niveauveränderung einer Küstenstrecke für sicher erwiesen, der andere hält letztere vielleicht für „hebungsverdächtig“, der dritte endlich bezeichnet sie gar nicht. Diese Ungleichheit schreibt sich auch hauptsächlich von der verschiedenen Wertschätzung der Kennzeichen für Niveauveränderungen her: der eine hält z. B. eine glattverlaufende Flachküste für das Kennzeichen von „Hebung“, der andere nicht; der eine spricht eine Küste, deren Flußmündungen Trichtermündungen zeigen, für eine Senkungsküste an, während andere dieses Kennzeichen nicht für ausschlaggebend erachten. Einige Autoren verlangen den Nachweis einer in historischer Zeit vor sich gegangenen Hebung, oder einer recenten Hebung einer Küste, während von anderer Seite ein Unterschied zwischen prähistorischen Niveau-

veränderungen und solchen in historischer Zeit nicht gemacht wird. Unter solchen Umständen wäre eine klärende Einigung über die Frage, welche Kennzeichen von Niveauveränderungen zu den untrüglichen und sicheren, welche zu den zweifelhaften gehören, sehr wünschenswert. Es würde sich dann auch eine größere Übereinstimmung der die geographische Verbreitung der Niveauschwankungen zur Darstellung bringenden Karten ergeben. In Bezug auf letztere wäre zu wünschen: 1) daß sie in einem größeren Maßstabe angelegt würden, eventuell die fünf Erdteile auf mehrere Blätter verteilt würden; 2) daß sie Flüsse und Gebirge eingezeichnet enthielten; 3) daß sicher nachgewiesene positive und negative Niveauveränderungen der Küsten mit besonderen Farben bezeichnet würden, und zwar ohne einen Unterschied hinsichtlich des geologischen Alters der betreffenden Niveauveränderungen; 4) daß ein zeitlicher Übergang einer positiven Niveauveränderung in eine negative (und umgekehrt) ebenfalls zur Anschauung gebracht würde, wie dies z. B. in der Supanschen Karte bei der Ostküste der Vereinigten Staaten und der Westküste von Grönland geschehen ist, und 5) daß solche Küsten, von denen nur unsichere Beweise für Niveauveränderungen vorliegen, als einer positiven resp. negativen Niveauschwankung verdächtig besonders bezeichnet werden. Eine in solcher Weise vorgenommene kartographische Darstellung der geographischen Verbreitung der Niveauveränderungen dürfte Forschungsreisende und Marineoffiziere zu weiteren Beobachtungen veranlassen, ihre Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die Küsten mit zweifelhaften Niveauverhältnissen hinleiten und sie so in den Stand setzen, weitere Beweise nach der einen oder anderen Seite hin zu sammeln.

Wenn nun der Versuch gemacht wird, eine Zusammenstellung der geographischen Verbreitung der Niveauschwankungen zu geben, so wird dabei den oben entwickelten Verhältnissen Rechnung getragen werden, indem nur die Niveauschwankungen als sicher angenommen werden, die nach Übereinstimmung aller Beobachter auf Grund untrüglicher

Kennzeichen sich als solche erwiesen haben; andere auf zweifelhaften Kennzeichen beruhende Niveauveränderungen werden als unsichere gekennzeichnet werden.

Beginnen wir zunächst mit der afrikanischen Küste des roten Meeres. Hier läßt die stetig fortschreitende Versandung des Hafens von Suez, die hier nicht auf Vernachlässigung beruht, auf eine positive Niveauveränderung der Küste des Meerbusens von Suez schließen, welche auch nachgewiesen ist für die Küste des roten Meeres vom Wendekreis des Krebses an südlich etwa bis Missauah. Eine gleichgerichtete Niveauschwankung erleiden die Insel Perim, ferner ein Teil der Zanzibarküste, etwa von  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$  südl. Breite und nach Griesebach auch die Bazarutoinseln, die der Sofalaküste gegenüberliegen, während die Comoren Landverluste erleiden, die vulkanischen Mascarenen dagegen ihre Küsten gegen das Meer vorrücken. In positiver Niveaubewegung befindet sich ferner nach Mann die Küste bei Port Natal, dessen Hafen jetzt durch eine Landzunge, die früher eine der Küste parallel laufende Küsteninsel war, geschützt wird; außerdem finden sich durch das Meer ausgewaschene Höhlungen (caves) über dem Meeresspiegel. Die bezüglichlichen Nachrichten über Madagascar und die von Fritsch angenommene positive Niveauveränderung der Küstenumgebung von Kapstadt und der Falschbai sind unsicher; ebenso sind von der afrikanischen Westküste und deren Inseln keine sicheren Beobachtungen vorhanden. Betreffs der kapverdischen und kanarischen Inseln möchte noch bemerkt werden, daß sich in Bezug auf diese die Meinungen von Reclus und Lyell gegenüberstehen; ersterer behauptet, daß sie in negativer, letzterer, daß sie in positiver Niveauveränderung begriffen seien. Es wäre hauptsächlich wegen des vulkanischen Charakters der Insel Teneriffa wichtig zu wissen, ob diese wirklich sich in negativer Niveauveränderung befindet, da dies eine Ausnahme von dem Darwin'schen Satze sein würde, daß auf sinkenden Gebieten thätige Vulkane fehlen. Von der marokkanischen West- und Nordküste sind gar keine und von der algierischen Küste nur un-

sichere Nachrichten vorhanden, während die Ostküste von Tunis in sicherem Vorrücken gegen das Meer begriffen ist. Die negative Niveauveränderung der tripolitanischen Küste ist zweifelhaft, sicher dagegen die der Küste von Barka und Ägypten. Eine Niveauveränderung der syrischen Küste, der Insel Cypern und der kleinasiatischen Südküste ist nicht festgestellt; bezüglich der letzteren glaubt übrigens Tieze\*) aus dem Emporragen flach gelagerter Strandkonglomerate im alten Hafen von Rhodus und dem Anwachsen der Deltas dortiger Flüsse auf ein Vorrücken des Landes gegen das Meer schließen zu können. Die kleinasiatische Küste des schwarzen Meeres dringt etwa von Sinope an bis Trapezunt gegen das Meer vor, ebenso ist die Krim einer positiven Niveauveränderung verdächtig, wie auch die Westküste des schwarzen Meeres südlich der Donaumündung bis Konstantinopel. Die europäische Küste des ägäischen Meeres entbehrt der sicheren Beobachtungen. Die Westküste von Candia rückt gegen das Meer vor, während die Ostküste ins Meer tauchen soll. Die griechische und türkische Küste des ionischen und adriatischen Meeres sind in Bezug auf Niveau-schwankungen noch zu wenig untersucht. Die dalmatinischen und istrischen Gestade sind in negativer Niveauveränderung begriffen, welche vielleicht durch Einsturz unterirdischer Hohlräume oder durch fortdauernde Faltung der noch unfertigen Küstengebirge veranlaßt wird. Die Küste Venetiens nebst Mündungsland des Po soll obige Vertikalbewegung ebenfalls zeigen, doch wird dies neuerdings von Pilar\*\*) gelegentlich einer Polemik gegen Schmid bestritten. Nach Pilar ist für Venedig seit einem Jahrtausend keine merkliche Niveauveränderung zu konstatieren. Bezüglich des Po deltas ist das Nötige schon bei Besprechung der Deltas als Kennzeichen für „Hebungen“ gesagt worden. Die Westküste Italiens soll sich zwar bei Kap Circello in positiver Niveauverände-

\*) Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt in Wien. 1885.

\*\*) Beitrag zur Frage über die Ursachen der Eiszeit. Ugram 1876.

rung befinden, was aus den Halbinselvorsprüngen, die früher Inseln gewesen sein sollen, und aus den Küstentlagunen geschlossen wird; da aber Lokalbeobachtungen fehlen, müssen die Niveauerhältnisse als unsicher hingestellt werden. Erwähnenswert dürfte noch sein, daß die Umgebung des Serapistempels von Puzzeoli trotz der Nähe des Befußs sich in negativer Niveauveränderung befinden soll. Die Küsten Siciliens dringen gegen das Meer vor; ebenso vergrößert sich die zwischen Tunis und Sicilien gelegene Insel Pantellaria. Maltas Vertikalbewegung ist zweifelhaft; nach einer früheren positiven Niveauveränderung scheint es jetzt in eine negative übergegangen zu sein. Sardinien's Südküste ist vermutlich in positiver Niveauveränderung begriffen. Aus den Strandseen an der Ostküste Corsicas schließt man auf ein Vorrücken dieser Küste gegen das Meer, wie dieses bei der ligurischen Küste sicher der Fall ist. Die zahlreichen Strandseen der französischen Mittelmeerküste scheinen nach Hahn für eine positive Niveauveränderung zu sprechen, die sich bis Nizza und Mentone erstreckt. Von der spanischen Mittelmeerküste liegen außer auf einen Landgewinn deutende Zeichen von Malaga und Gibraltar keine weiteren Beobachtungen vor; die Balearen befinden sich in positiver Niveauveränderung. Die atlantische Küste Spaniens und Portugals sind in Bezug auf Niveauveränderungen noch zu wenig untersucht, so daß man über sie nichts Sicheres berichten kann; das ist auch bei der französischen Westküste der Fall, die nach einigen Gewährsmännern in negativer Bewegung begriffen ist, von Reclus aber als „gehoben“ bezeichnet wird. Einen Landverlust erleidet die französische Nordküste, an der sich z. B. an vielen Stellen unterseeische Wälder und Torfmoore befinden. Eine Ausnahme macht die Küstenstrecke zwischen Calais und der Sommemündung, welche eine positive Niveaubewegung erleidet. Die West- und ein Teil der Südküste Englands zeigt Spuren einer früheren positiven Niveauveränderung, welcher dann, wie unterseeische Wälder beweisen, später eine negative Vertikalbewegung ge-

folgt ist. Die schottische Küste zeigt Landgewinn, während die von der irischen und isländischen Küste vorliegenden Beobachtungen keinen sicheren Schluß über die Richtung der Niveauschwankungen derselben zulassen. Die belgische, niederländische und deutsche Nordseeküste, sowie die Westküste Schleswig-Holsteins zeigen Spuren negativer Niveaubewegung; jedoch scheint seit etwa 500 Jahren ein Stillstand der Niveauverhältnisse eingetreten zu sein. Über die Richtung der Vertikalbewegung der jütländischen Küste, der dänischen Inseln, der schleswig-holsteinischen Ostseeküste und der deutschen Ostseeküste herrscht noch Unklarheit, wenn man auch bezüglich der letzteren eine negative Niveauperänderung für wahrscheinlich hält. Die russische Ostseeküste, sowie die russische und schwedische Küste des baltischen Meerbusens haben Landgewinn zu verzeichnen; die schwedische Ostseeküste schwankt bis auf den äußersten Süden, der jetzt in negativer Niveauperänderung begriffen ist, ebenfalls positiv, ebenso auch die gesamte norwegische Küste. Einer positiven Bewegung unterliegen ferner Jan Mayen, Spitzbergen, Nowaja-Semlja, die Küsten des weißen und karischen Meeres und wahrscheinlich auch die übrige Küste Sibiriens. In positiver Bewegung sind ferner die Küsten Kamtschatkas, der Beringinsel und die Aleuten, Sachalin, die japanische Inselkette, die Riu-Riu- und Riu-Siuinseln, die koreanische und chinesische Küste etwa bis zum  $20^{\circ}$  nördl. Breite, jedoch scheint ein Teil der letztgenannten Küste (von  $22^{\circ}$ — $30^{\circ}$  nördl. Breite) neuerdings wieder negativ zu schwanken. Die Nachrichten über die Küste Hinterindiens lauten so widersprechend, daß eine sichere Bestimmung der Niveauverhältnisse nicht getroffen werden kann. Nur das Mündungsland des Irrawaddy und Saluen ist nach übereinstimmenden Berichten von Richtig und Bastian in positiver Bewegung. Auf den Andamanen scheint nach den Beobachtungen Oldhams seit Jahrhunderten kein Wechsel im Niveau des Landes im Verhältnis zum Meer eingetreten zu sein. Hier schließt sich der ostasiatische Archipel an, der sich größtenteils in positiver

Schwankung befindet; so die südwestlich von Sumatra liegenden Mantawiinseln, Teile der javanischen Küste, Bali, Lombok, Sumbava und Timor, ferner von den Molukken Gilolo, die Nordküste der Philippineninsel Luzon, die Palauinseln, die Marianen, vermutlich auch die Nordwestspitze von Neu-Guinea, während über die übrigen Küsten dieser großen Insel keine Beobachtungen vorliegen. Eine gleich gerichtete Vertikalbewegung erleiden die Salomoninseln, die neuen Hebriden, die Loyalitätsinseln, die Tongainseln und die vulkanischen Sandwichinseln. Die übrigen zahlreichen Inselgruppen der Südsee, meist Atolle oder Koralleninseln, sollen nach Darwins Untersuchungen in negativer Niveauveränderung begriffen sein, was indes neuerdings stark angezweifelt wird. Dahin gehören die Karolinen, der Marschall-, Gilberts- und Ellicearchipel, die Fidjinseln und Tuamotuinseln. Wenden wir uns nun zu dem australischen Kontinent, so fällt die Ausbeute an sicher konstatierten Niveauveränderungen sehr gering aus; die meisten Beobachtungen sind nicht genau genug, um einen sicheren Schluß zuzulassen. So nimmt S u p a n auf seiner Karte für die Küste des Golfes von Carpentaria eine negative, H a h n dagegen für dieselbe Strecke eine positive Niveauveränderung an, die sich nach letzterem noch bis zur Nordwest- und Westküste fortsetzen soll. Hahn stützt sich dabei auf die Konfiguration der Küste, die wegen ihrer Flachheit und der durch Sandstreifen mit dem Festland verbundenen Küsteninseln nach seiner Meinung auf „Hebung“ schließen läßt. Die von mancher Seite behauptete negative Niveauveränderung der Küste von Queensland ist sehr unsicher; von der Küste von Neu-Süd-Wales sind keine Angaben vorhanden, außer einer von Russell in der Umgebung von Sidney angestellten Beobachtung, die, gestützt auf die Angaben des Flutmessers, ergab, daß in der Zeit von 1873 — 1885 keine Niveauveränderung stattgefunden hatte. Eine positive Niveauveränderung wird ferner vermutet für die Umgegend von Melbourne, die Ostküste Tasmaniens und den südlichen Teil der West-

küste Australiens. Die zu Australien gehörende Doppelinsel Neu-Seeland zeigt auf den Ostküsten beider Inseln positive Niveauveränderung, während nach der Meinung einiger Gelehrten, z. B. Hanns, die Westküste der Südinself, nach der Ansicht anderer, z. B. Supans, die Westküste der Nordinsel in sicher beglaubigter negativer Niveaubewegung sich befinden; letzterer bestreitet übrigens ausdrücklich das Vorhandensein einer sogenannten Schaufel- oder Schwengelbewegung an der westlichen Küste der Südinself Neu-Seelands. Andere Autoren wiederum nehmen die Westküste, sowohl der Nord- als auch der Südinself, als in negativer Schwankung befindlich an. Dies ein Beispiel kennzeichnet zur Genüge den Zwiespalt der Meinungen betreffs unserer Fragen.

Wenden wir uns nun nach dieser Abschweifung nach dem indo-australischen Archipel und Australien wieder der indischen Küste zu, so begegnen wir betreffs des Ganges- und Brahmaputradeltas widersprechenden Ansichten. Die Ostküste Vorderindiens bis zum Hugli hat sich vermutlich gegen das Meer vorgeschoben, da sich an diesen Küsten entsprechende Kennzeichen (z. B. südlich von Madras) vorgefunden haben; dasselbe gilt von der Insel Ceylon. Die aus Atolls bestehende Maladiven und die Schagosgruppe sollen eine, übrigens neuerdings bezweifelte, negative Niveauveränderung erleiden. An der Westküste Vorderindiens sind bei Bombay und einigen anderen Punkten der Nordwestküste Spuren positiver Schwankung wahrgenommen worden, an welcher auch die Küste von Belutschistan, sowie die an der persischen Küste liegenden Inseln Ormus, Charedsch und Keraf teilnehmen, während von der persischen Küste selbst Beobachtungen fast ganz fehlen. Ebenso deuten Felsausgehöhlungen und Bohrmuscheln über dem Meeresspiegel bei Kap Mirbat in Südarabien auf Landgewinn hin. In positiver Bewegung befindet sich endlich ein großer Teil der arabischen Küste des roten Meeres und die Insel Berim.

Wenden wir uns nun nach der westlichen Erdhälfte und betrachten wir die Niveauschwankungen der südamerikanischen Westküste. Die westpatagonische Inselkette bis zum Chonos-Archipel, nebst der entsprechenden Festlandküste stehen jetzt in negativer Niveauveränderung, nachdem sie vorher eine positive Bewegung erlitten hatten. In positiver Richtung bewegt sich ebenfalls der nördlich davon gelegene Teil der Westküste bis etwa 15° südl. Breite, wofür die vorhandenen Strandlinien und Muschelvorkommnisse über der Wasserlinie Zeugnis ablegen. Die chilenische Küste ist, gleichwie die norwegische, ein klassisches Untersuchungsfeld für Niveauschwankungen, da schon Böppig\*) und Ch. Darwin\*\*) hier ihre diesbezüglichen Studien angestellt haben. Es ist interessant zu hören, wie sich ersterer über die chilenische Küste äußert: „Jedem Beobachter wird es auf den ersten Blick wahrscheinlich, daß der ganze Küstenstrich von der Spitze von Lavapie bis etwas nördlich von Talcahuano einst aus einem Archipel bestanden habe, der in Zeiten, welche z. T. von den unseren wohl nicht sehr entfernt sind, durch das Zurücktreten des Meeres zum Festland wurde. Die Richtigkeit dieser Annahme in Bezug auf einige dichtbewohnte Punkte dieser Küste läßt sich sogar mit historischer Gewißheit durch Urkunden nachweisen, welche den Kriegen und Feuersbrünsten glücklich entgingen. Die Halbinsel von Talcahuano, welche jetzt durch festes Land mit Concepcion zusammenhängt, heißt in alten Papieren „Insel“ und wird noch jetzt zu einer solchen, wenn der Biobio sehr anschwillt. Die breite, sandige und mit vielem Seesalz durchzogene Ebene, welche sich von der ehemaligen Küste, den Bergen von Concepcion und San Pedro, bis an das jetzt zwei Leguas entfernte Meer erstreckt, lag vor kaum 200 Jahren an mehreren Orten noch unter der Wasserfläche begraben. Überall finden sich Lager

\*) Reisen in Chile und Peru. 1827—1831.

\*\*) Geologische Beobachtungen über Süd-Amerika, übersetzt von Carus.

von Seegeschöpfen, denen man oft kaum ein hundertjähriges Alter zutrauen möchte, nahe an der Oberfläche, welche von mancherlei Seepflanzen und Gräsern bedeckt wird . . . . Hügel von verschiedener, aber nie sehr bedeutender Höhe erheben sich auf dieser Ebene und beweisen durch mancherlei Merkmale, daß sie einst Inseln waren, welche die unverhältnismäßig breite Mündung des Biobio erfüllten.“ Man hat für den größten Teil der chilenischen Küsten eine „ruckweise“ Erhebung neben der säkularen Hebung angenommen und erstere als durch eruptive Gewalten veranlaßt angesehen. Dieser Annahme ist aber von Sueß widersprochen worden auf Grund der Erdbebenstudien von Karl Fuchs. Letzterer sagt nämlich, daß, seitdem Erdbeben wirklich wissenschaftlich beobachtet und deren Erscheinungen und Folgen untersucht werden, sich unter vielen Tausenden von Erdbeben auch nicht ein Fall von Hebung zugetragen hat. Sueß\*) formuliert seine Ansichten über die so oft behauptete stoß- oder ruckweise Erhebung des westlichen Süd-Amerika in folgenden fünf Sätzen: 1) „In Callao wurden irrtümlich Meinungen durch Rutschenreste veranlaßt; hier handelt es sich um wiederholte Anschwemmung oder Abschwemmung einer Bank an der Landseite der Insel S. Lorenzo. 2) In dem Falle von Valparaiso 1822 wird von den berufensten Augenzeugen, wie Guming, jede Veränderung der Strandlinie entschieden geleugnet. 3) Bei dem Erdbeben von Concepcion 1835 war die Bewegung der Wassermasse des pazifischen Oceans so heftig, daß bald nach dem Stoße einige Fuß Landes am Strande trocken blieben; dies hielt nicht an; mehrere Wochen vergingen jedoch, bis das Gleichgewicht des Meeres wiederhergestellt war. 4) Über Baldivia 1837 liegen überhaupt keine genauen Angaben vor. 5) Bei keiner der seitherigen zahlreichen Erschütterungen des westlichen Süd-Amerika ist eine Erhebung des Landes bemerkt worden.“

---

\*) Sueß, Antlitz der Erde, I. Abteilung, 1. Band.

Im allgemeinen kann man jedoch an einer fortdauernden positiven Niveauveränderung der Chilenischen Küste in dem oben bezeichneten Umfange festhalten, welche, wenn auch nicht eine Folge von eruptiven vulkanischen Vorgängen, so doch vielleicht der fortschreitenden Gebirgsfaltung sein könnte. Wir wollen hier nur noch eine Bemerkung von Dohsenius\*) anführen, der für Valparaiso eine positive Niveauveränderung von 5,8 Meter in 220 Jahren annimmt und hinzufügt, daß dies zum großen Nutzen des Magistrats geschehe, der das dem Meere entsteigende Terrain als Bauplätze verkauft. Der übrige Teil der südamerikanischen Küste, die peruanische, ecuadorianische und kolumbianische Küste ist in Bezug auf Niveauveränderungen noch zu wenig eingehend untersucht, um einen Schluß auf die Richtung der letzteren zu gestatten. Im Anschluß hieran möchte jedoch noch eine, der positiven Niveauveränderung der südamerikanischen Westküste widersprechende Notiz im „Ausland“ (1872) zu erwähnen sein, nach welcher die äquatorialen Anden fast bei jeder weiteren Messung eine verminderte Höhe zeigen; als Beweis wird eine offenbare Einsenkung von Quito um 246 Fuß in 125 Jahren, des Pichincha um 218 Fuß, des Kraters des letzteren um 425 Fuß und des Antisana um 165 Fuß in 64 Jahren angeführt. Diese Höhendifferenzen dürften sich indes auch durch Denudation erklären lassen. — Die Westküste Patagoniens ist in positiver Bewegung, die sich von der Rio de la Plata-Mündung bis Rio de Janeiro fortsetzt. An der letztgenannten Küstenstrecke finden sich die sog. Sambaquis, das brasilianische Analogon zu den skandinavischen Rjöffenmöddinger. Das Mündungsgebiet des Amazonenstroms hingegen zeigt eine negative Niveauveränderung. Die Nordostküste Süd-Amerikas schiebt sich vermutlich gegen das Meer vor; ebenso ist die Richtung der Vertikalbewegung Mittelamerikas und der großen und kleinen

---

\*) Sand und Seute in Chile. Leipzig und Prag. Wissen der Gegenwart.

Antillen zweifelhaft. Die texanische Küste und die Küste von Louisiana ist, mit Ausnahme der zweifelhaften Mississippi-mündung, sicher in positiver Bewegung begriffen, die sich bis zum St. Lorenzbusen fortsetzt, jedoch wenigstens von der Küste von Georgia an neuerdings in die negative Vertikalbewegung übergegangen ist, an welcher auch die Bermudasinseln teilnehmen. Labrador, sowie Neu-Foundland sind vermutlich im Aufsteigen begriffen, wie auch ein großer Teil der britisch-amerikanischen Eismeerküste. Die Westküste des südlichen Grönlands befindet sich in negativer Bewegung, welcher jedoch eine positive vorhergegangen ist. Der nördliche Teil der Westküste, sowie die Ostküste ist, soweit Beobachtungen vorliegen, in positiver Niveauveränderung begriffen, wie über dem Meeresniveau vorgefundene Strandlinien beweisen. Von der nordamerikanischen Westküste wäre noch die positive Niveauveränderung der Küste von Britisch-Kolumbien, des Königin-Charlotte-Archipels und der Vancouverinsel, sowie die Küste des Meerbusens von Kalifornien zu erwähnen, während über eine Niveauveränderung der Westküste der Vereinigten Staaten nichts Sicheres bekannt ist.

Aus obigem Versuch einer Zusammenstellung der geographischen Verbreitung der Niveauschwankungen ist ersichtlich, daß die positiven Niveauveränderungen an Ausdehnung die negativen überwiegen, ein Umstand, der infolge der schwierigeren Nachweisung negativer Schwankungen erklärlich ist. Auch hat sich in einigen Gebieten mit prähistorischer positiver Niveauveränderung bei eingehender Untersuchung eine umgekehrt gerichtete Niveauveränderung herausgestellt. Es ergibt sich ferner, daß eine Abhängigkeit der Richtung und Stärke von der geographischen Breite nicht nachweisbar ist. Dagegen scheint eine Beziehung zwischen Gegenden vulkanischer Thätigkeit und Niveauschwankungen stattzufinden, insofern als sich Küsten mit thätigen Vulkanen nur in positiver Niveauveränderung befinden. Hiervon dürfte jedoch die negative Schwankung der neapolitanischen Küste eine Ausnahme machen; auch sei auf das noch nicht sicher ge-

stellte Verhalten der kanarischen Inseln hingewiesen. Leider liegen von manchen vulkanbesetzten Inseln, wie Island, den Galapagosinseln, keine sicheren Beobachtungen vor; es wäre deshalb eine diesbezügliche eingehende Untersuchung gerade vulkanischer Gebiete sehr wünschenswert. Ebenso scheint die geologische Zusammensetzung und das geologische Alter der in Niveauveränderung begriffenen Länder auf die Richtung der Schwankung ohne Bedeutung zu sein, denn positive wie negative Niveauveränderungen finden sich in älteren, wie in jüngeren geologischen Formationen. Die geologisch-petrographische Beschaffenheit der betreffenden Küsten kann allerdings insofern von Wichtigkeit sein, als sich z. B. manche Hebungen als ein durch eindringendes Wasser verursachtes Aufquellen\*) von Gesteinsmassen, oder lokale Senkungen durch den Einsturz von Höhlen, Austrocknen und Sichsetzen angeschwemmter Massen erklären lassen. Auch dürfte in einigen Fällen, wo positive Niveauveränderung beobachtet ist, eine Anschwemmung seitens des Meeres stattgefunden haben, ebenso wie manche negative Niveauveränderung auf die zerstörende Thätigkeit des Meeres zurückzuführen sein würde. Im allgemeinen ist daher eine geologisch-petrographische Untersuchung der Küsten, welche in Bezug auf Niveauveränderungen untersucht werden, von Wichtigkeit.

Was nun die Ursachen der Niveauveränderungen betrifft, so haben es sich schon die ersten wissenschaftlichen Beobachter angelegen sein lassen, eine Erklärung für diese Erscheinungen zu geben. Die frühesten Beobachtungen derselben hat v. Hoff, sowie die Schweden Celsius, Linné, Ohydenius und der Österreicher Hall gemacht, Männer, die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts lebten. Sie erklärten die Niveauveränderung an der skandinavischen Küste

---

\*) So zerfallen sich nach Bischof alle Silikate, sobald sie mit kohlenstoffhaltigem Wasser in Berührung kommen und nehmen an Volumen zu; z. B. Granit um die Hälfte, Basalt um noch mehr. (Bischof, Chemische und physikalische Geologie, Bd. 1.)

als von einem Zurückweichen des Meeres herrührend, außer v. Hoff, welcher die Niveauänderung an der baltischen Küste auf einen Versandungsprozeß zurückzuführen suchte. Diesen Ansichten trat zuerst Jessen entgegen, der nicht im Wasser, sondern im Lande das eigentlich Bewegende erblickte, eine Ansicht, die durch L. v. Buch eine neue, kräftige Stütze erhielt. Nach seiner Meinung war der Meeresspiegel unveränderlich; hätte nun an einer Stelle ein Sinken des Meeresspiegels stattgefunden, so müßte dies nach seiner Meinung in allen Meeren der Fall sein, so daß alle Küsten um den gleichen Betrag, um welchen das Meeressniveau gefallen war, über dem letzteren hätte emporragen müssen. Da dies aber nicht der Fall ist, so schloß daraus v. Buch, daß nicht der Meeresspiegel steige und falle, sondern daß das Festland sich hebe und senke. Als Ursache hierfür zog er die im Erdinnern sich entwickelnden Dämpfe heran, welche, wenn es nicht zur Eruption kam, die Felsmassen in die Höhe hoben, die an andern Orten wieder nachrutschten. Auch Sir Charles Lyell hielt die v. Buchsche Erklärung für die richtige. In anderer Weise wie v. Buch suchte John Herschel die Hebung der Kontinente und der Gebirge zu erklären. Denken wir uns, sagt er, die Erde heißflüssig unter einer starren Rinde, und die Auflagerung dieser Rinde als Festland und Meereshoden habe Gleichgewicht und Ruhe erlangt, so wird schon im nächsten Moment dieses Gleichgewicht gestört; denn durch die auf die Thätigkeit des Wassers erfolgende Erosion des festen Landes wird dieses leichter, während der Meereshoden durch die ihm zugeführten Festlandstoffe, die sich auf ihm ablagern, um ebensoviel beschwert wird. Dadurch erfährt das geschmolzene Erdinnere unter der Sohle der See einen Druck, der es aus dem Gleichgewicht und aus seiner Ruhe verdrängt. Der flüssige Brei wird also seitlich zu entchlüpfen suchen und an den Rändern der Decke die Centralmassen der Gebirge emporpressen. Hier gleicht also Festland und Meereshoden zwei Wagschalen: wenn die eine belastet wird, steigt die andere empor. Gegen v. Buchs Mei-

nung spricht vor allem der Umstand, daß, wie wir oben schon erwähnt, ein gleiches Niveau für alle Meere nicht vorhanden ist. Ferner spricht gegen einen vulkanischen Ursprung der „Hebungen“ die Thatsache, daß Senkungen infolge von Erdbeben häufiger beobachtet worden sind, als Hebungen und endlich würde die positive Niveauveränderung der von Erdbeben vollständig verschonten Gebiete nicht erklärt werden. Gegen die Herschel'sche Erklärungsweise ist der Beweis des Astronomen Hopkins anzuführen, nach welchem aus astronomischen Gründen die Rinde der Erde mindestens bis zu einem Viertel oder einem Fünftel ihres Halbmessers starr sein muß, während die Herschel'sche Hypothese nur unter der Voraussetzung einer sehr dünnen Erdrinde richtig wäre. An einer Hebung und Senkung der Kontinente halten in neuerer Zeit Pilar, Jenzsch und Toulas fest. Nach ersteren beiden bestehen die Kontinente aus Schollen, die ins feuerflüssige Erdinnere hinabtauchen. Nach Jenzsch werden diese Schollen, die nur mit ihren Rändern in das Erdmagma hinabtauchen, von Dämpfen getragen und emporgetrieben, jedoch würde sich ein solches Gewölbe wohl kaum halten können, ohne in sich zusammenzustürzen. Toulas\*) läßt die Niveauschwankungen durch die Stauchungs-, Kompressions- und Faltungserscheinungen zwischen den einzelnen, durch Klüfte und Spalten voneinander getrennten Erdschollen bedingt sein. Chambers machte angesichts der schwierigen Entscheidung, ob das Meeres- oder Festlandsniveau sich hebe oder senke, einen Vermittlungsversuch, indem er vorschlug, nur von einer Verschiebung der Elementargrenzen zu sprechen und von einer den Vorgang erklärenden Namengebung abzusehen. Dagegen bezeichnete Tyler\*\*), sowie der baltische Geologe Trautshold\*\*\*) ein Sinken des Meeresniveaus als den

\*) Schriften zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Wien. 20. Band.

\*\*) Geological Magazin. 1872.

\*\*\*) Bulletin de la société imp. des naturalistes de Moscou. 1869.

Grund für die Niveauschwankungen. Letzterer behauptet, daß jede Förderung von Material aus Vulkanen auf das bisherige Festland, jede Höhenfaltung eines Gebirges das Volumen der inneren Erdmasse vermindere, also deren Zusammensinken und die Ausfüllung des entstehenden Verlustes durch Meerwasser befördern müsse. Die Hydratbildung in den Gesteinen, die Ablagerung von Schnee und Eis, der Aufbau der Organismen, sowie das mit zunehmender Abkühlung der Erde fortschreitende Tiefereindringen des Wassers in den Boden trage zum Sinken des Seespiegels bei und werde auch durch die Sedimentabführung von Festland ins Meer nicht ausgeglichen (?). Negative Niveauveränderungen hingegen würden hervorgebracht durch das Zusammensinken von Schlammablagerungen und durch Unterwaschung und Auflösung von Ufergestein. Z ö p p r i z bemerkt hiergegen, daß Trautschold übersieht, daß jede unterseeische Erhebung eine Erhebung des Meeresspiegels verursacht; Trautschold müßte also nachweisen, daß Faltungen und vulkanische Aufschüttungen innerhalb des meerbedeckten Teils der Erdrinde nicht oder viel seltener vorkommen, als auf Festlandflächen. J e n g s c h bekämpft ferner die Befürchtung, als ob das Wasser durch Tiefereindringen in die Erde, Hydratbildung zc. in seiner Menge abnehmen könnte, mit dem Hinweis darauf, daß das Wasser vom Erdmagma abgesondert und fortwährend, namentlich aber bei vulkanischen Ausbrüchen, frisch geliefert werde. H a h n spricht sich ebenfalls in der Einleitung seiner Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken von Küsten gegen die nach seiner Meinung veralteten Anschauungen von Trautschold aus und schließt den betreffenden Paragraphen mit folgenden Worten: „Wir können also völlig beruhigt darüber sein, daß die säkularen Niveauveränderungen der Küsten nicht bloß scheinbare sind, sondern in Wirklichkeit stattfinden.“ Ob er jetzt noch derselben Ansicht ist, dürfte dahingestellt bleiben. — Für eine aktive Beteiligung des Festlandes an den Niveauveränderungen spricht sich auch

Habenicht\*) aus, nach dessen Ansicht die Bewegungen der Erdrinde von den Hebungen, nicht von den Senkungen ausgehen: die wirklichen Bewegungen sind Hebungen; Senkungen sind nur scheinbar, indem dort, wo Ruhe herrscht, das von den Stellen der Hebungen verdrängte Wasser sich aufstaut; die Rinde der Erde ist nicht in Einschrumpfung, sondern in Ausdehnung begriffen und die Erde hat während der recenten Periode ihr Volumen vergrößert. Habenicht ist geneigt, als Grund für diese Hebungen die vulkanische Thätigkeit in Anspruch zu nehmen; gegen diese Annahme als alleinigen Grund für „Hebungen“ würde indes sprechen, daß auch in vulkanfreien Gebieten Hebungen vorkommen. Insofern aber mag Habenicht recht haben, als wenigstens manche negative Niveauveränderungen auf das durch die Hebungen verdrängte Wasser zurückgeführt werden könnten. Eine Hebung der Festlandsmassen infolge chemischer, im Innern der Gesteine vor sich gehender Prozesse behaupten Karl Vogt\*\*) und Bischoff\*\*\*). Ersterer glaubte bei einem Besuche Scandinaviens in den gehobenen Felsen selbst den Sitz der Hebungskraft zu erkennen. Nach seiner Ansicht haben die Stockwerke der großen skandinavischen Steinplatte ursprünglich aus geschichteten Felsarten bestanden, die dann allmählich in krystallinische übergegangen sind. Nach Analogie des Wassers, das bei + 4° C. seine größte Dichtigkeit hat und sich ausdehnt, wenn es krystallinisch d. h. zu Eis wird, nahm er an, daß alles, was krystallisiert, sich ausdehnt: „Wo also die Umbildung einer im Innern formlosen Masse in krystallinische Felsarten erfolgt, da muß auch die räumliche Ausdehnung derselben Massen eine notwendige Folge sein.“ Das Verhalten des Wassers ist aber in unserm Falle nicht maßgebend; beim Übergang von geschichteten Silikatgesteinen in

---

\*) Über die hauptsächlichsten recenten Veränderungen der Erdoberfläche. „Ausland“ 1882.

\*\*\*) Nordlandsfahrt.

\*\*\*\*) Chemische und physikalische Geologie.

krystallinische und wasserfreie Felsarten findet eine Abnahme des Volumens statt, da sie sich verdichten. Man kann sich also eher das Sinken von Küsten, sowie örtliche Senkungen in Gebirgen, die Entstehung von Gangklüften und Verwerfungen durch einen Übergang von geschichteten Silikatgesteinen in krystallinische erklären, als die Hebungen der Kontinente. Ein annehmbarer Grund für eine Hebung des Festlandes läßt sich aus den Untersuchungen Bischoffs ableiten. Beschel schreibt hierüber in seinem anregenden Aufsatz über das Aufsteigen der Gebirge an den Festlandsrändern: „Nach den Lehren Gustav Bischoffs entstehen, wenn Kohlen säure auf Silikatgesteine trifft, Zersekungen, und das Zersekte nimmt nach diesem Vorgange einen größern Raum ein, als vorher. Diese Zunahme ist höchst beträchtlich. Bei Gneissen und Graniten schwankt sie von 30—65 %, bei Feldspaten erreicht sie 100 % und bei Basalten überschreitet sie sogar diesen Maßstab, so daß ein unzersektes Basaltlager von einer deutschen Meile Mächtigkeit nach der Zersekung um eine volle Meile, also selbst bis zu den Gipfelhöhen des Himalaya aufsteigen könnte.“ Zweifelhaft ist jedoch, ob die chemische Kraft ausreicht, den Druck der auflagernden Schichten zu überwinden. — Wie es in der Geschichte der Wissenschaft so oft der Fall gewesen ist, daß Hypothesen, die man längst als beseitigt ansah, wieder von neuem auftauchten, so ist dies auch mit der Theorie der Niveauveränderungen geschehen, denn die ältere Ansicht, daß nicht das Festland sich hebe und senke, sondern daß die Niveauveränderungen vom Meere ausgehen, hat neuerdings hervorragende Verfechter gefunden. So hat der Wiener Geologe Sueß\*) folgenden Satz aufgestellt: „Es giebt keine irgendwelche namhafte Vertikalbewegungen der Erdrinde, durch welche ein bestimmter Teil dem Erdmittelpunkt genähert oder von ihm entfernt würde; vielmehr lassen sich alle bisher auf diese Bewegungsform zurückgeführten Phänomene ungezwungener durch See-

\*) Verhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt. Wien 1880.

spiegelschwankungen, durch Gestaltenänderungen der Hydro-  
 sphäre erklären.“ Nur die aus der durch Abkühlung und  
 Kontraktion hervorgerufene Faltenbildung der Erdrinde her-  
 vorgehende Vertikalbewegung des Festlandes läßt er be-  
 stehen; mit dieser Abkühlung hängt nach Suesß' Meinung  
 eine Änderung der Rotationsdauer der Erde zusammen.  
 Durch letztere wieder würden dann fortdauernde und zwar  
 periodische Veränderungen in der flüssigen Hülle der Erde  
 hervorgebracht. Gegenwärtig sei das Meer in den höheren  
 Breiten gesunken und in den Äquatorialgegenden gestiegen.  
 Hiermit ist aber z. B. die positive Niveauveränderung der  
 Zanzibarküste und einiger Küstenstriche des indischen Ozeans  
 nicht in Einklang zu bringen. Suesß steht bezüglich der  
 durch die Kontraktion der Erdrinde hervorgebrachte Vertikal-  
 bewegung des Festlandes mit Dana\*) auf demselben Stand-  
 punkte. Die Ansichten des letzteren gipfeln in folgenden  
 Worten: „Wenn ein Apfel im Innern eintrocknet, so wird  
 seine Schale an der Oberfläche in parallele Runzeln sich zu-  
 sammenlegen. Wird unsere Erde als ein vormals feuer-  
 flüssiger Körper betrachtet, der durch den Verlust an Wärme  
 beim Starrwerden notwendig und beständig eine Verkürzung  
 seiner Durchmesser erleiden muß, so wird die bereits starr  
 gewordene Rinde um den entstehenden Hohlraum Falten  
 werfen.“ Auch Pettersen sieht in der Annahme eines Sin-  
 kens des Ozeanspiegels eine leichtere Erklärung wenigstens  
 der Hebung der norwegischen Küste. Eine Hypothese, nach  
 welcher nur das Meer an den Niveauschwankungen teil-  
 nimmt, hat Schmid aufgestellt: Die Erde wird allein durch  
 die Anziehung der Sonne in ihrer Bahn festgehalten; ein  
 der Sonne zugekehrter nächster Punkt der Erdoberfläche wird  
 stärker angezogen, als ein ihm diametral entgegengesetzter.  
 Da der Erdkörper nicht bildsam und in sich verschiebbar  
 ist, so übt die Anziehung keine Wirksamkeit auf seine Ge-  
 stalt aus und er behält seine Gestalt. Dagegen giebt

---

\*) Manual of Geology.

seine Wasserumhüllung der Anziehung nach und bildet Aufwölbungen oder Fluten.

Hauptsächlich infolge der variierenden Exzentrizität der Erdbahn wird periodisch (in Perioden von ca. 10 000 Jahren) bald die eine, bald die andere Halbkugel überflutet. Dieser Ansicht Schmid's hält Supan entgegen, daß die höheren südlichen Breiten ebenso Land gewonnen haben, als die nördlichen. Zöppriß erklärt sich in einer Kritik in den Göttinger gelehrten Anzeigen (1878) aus geologischen und mathematisch-physikalischen Gründen gegen die Theorie Schmid's\*). In ähnlicher Weise als der letztere sucht Duponchel die Niveauveränderungen durch kumulierte Wirkung der Fluten von der Periode des Umlaufs der Äquinoktien zu erklären und zieht auch die Fluten des Erdinnern von gleicher Periode in Betracht. An eine Vertikalbewegung des Meeres allein glaubt auch Bend\*\*), als deren wesentliche Ursache er die auf das flüssige Element nach den Gesetzen der Gravitation einwirkende Eisbedeckung des Festlandes annimmt. Er weist den Einwurf, daß die Veränderungen des Meeresspiegels sich nicht lokal, sondern allgemein in gleicher Weise bemerkbar machen müßten, solche allgemeine Veränderung aber nicht nachgewiesen werden konnte, mit dem Hinweise darauf zurück, daß der Meeresspiegel ganz erhebliche Abweichungen von der Sphäroidfläche zeige, da die Wassermassen von den Festländern angezogen würden und zwar von großen, hochaufliegenden Kontinenten stärker, von niedrigen, wenig umfangreichen Inseln schwächer. Wie hoch sich in jedem einzelnen Falle der Meeresspiegel an der Küste erhebt, hängt von der Masse und dem Umrisse des betreffenden Landes ab. Jede Veränderung in der Masse und dem

---

\*) Schmid, Die Umkehrungen der Meere und die Eiszeiten der Halbkugeln der Erde, ihre Ursachen und Perioden. Köln 1869. — Schmid, Thatsachen und Beobachtungen, zur weiteren Begründung seiner Theorie zc. 1871. — Schmid, Die großen säkularen Schwankungen des Seespiegels zc. 1872.

\*\*\*) Schwankungen des Seespiegels. München 1872.

Umriß eines Landes muß auf den Stand des Meeres zurückwirken. So muß die Faltung der Erdrinde im Innern des Festlandes, ohne daß an derselben die Küste teilnimmt, die Anziehung des Meeres durch das Land vergrößern und das Meer wird infolge dessen an jenem Lande emporsteigen; die Küsten werden dann überflutet und als gesunken erscheinen. Hierzu führt Bend die istrisch-dalmatinische Küste als Beispiel an und weist hier auf den Zusammenhang der negativen Niveauveränderung mit den dort häufigen, eine Verschiebung und Faltung der Erdrinde \*) anzeigenden tektonischen Erdbeben hin. Für Länder geologischer Ruhe nimmt Bend die Wirkung langsamer Denudation und Erosion in Anspruch, um dort eine „Hebung“ zu erklären; ihr Niveau wird durch die letztgenannten beiden Faktoren verringert werden; daher wird sich das Meer an derartigen Küsten weniger hoch erheben und letztere werden als gehoben erscheinen. Die in das Meer geführten Sedimente verdrängen einen Teil des Meerwassers und führen so eine Überflutung, ein anscheinendes Sinken der Küsten herbei. Ein auf diese Weise verursachtes Steigen des Meeres wird jedoch, weil allgemeiner und sich über größere Flächen verteilend, den lokalen Rückzug des Meeres, der von dem Maße der Erosion und Denudation des einzelnen Landes abhängt, nicht ausgleichen können. Zur Erklärung lokaler Küstenveränderungen zieht Bend noch das zeitliche Verhältnis des Meerwassers zum Eis heran. Während jetzt etwa 1,1 % des Meerwassers Eis ist, so war zur Eiszeit etwa 2,2 % Wasser in Eis verwandelt, da ein großer Teil der Erdoberfläche vereist war. (Bend setzt hierbei eine Konstanz der vorhandenen Wassermenge der Erde voraus.) Da nun das Eis der Glacial-

---

\*) Herr Prof. v. Koenen teilte mir unterm 3. Mai d. J. brieflich mit, daß er in einem bald im Druck erscheinenden Aufsatz (Jahrbücher der königl. geol. Landesanstalt) Beobachtungen mitteilen werde, welche zeigen, daß an sehr verschiedenen Stellen in postglacialer Zeit Verschiebungen in der Erdrinde erfolgt sind unabhängig vom Bergbau, von der Auslaugung von Steinsalz und Gips u. dergl. mehr.

zeit dem Meere entzogen war, so mußte das Niveau des Meeres etwas sinken; dann aber mußte wegen der Anziehungskraft der auf dem Festlande lagernden Eismassen das Meeresniveau an den Küsten sich erhöhen und das Wasser an den Küsten derartig vereister Länder emporsteigen. Da nun die Eisdecke sich nicht überall mit der gleichen Geschwindigkeit zurückzog, so erklärt sich auch der auffällige Umstand, daß die Strandlinien und Strandterrassen Grönlands in Bezug auf ihr Niveau selbst an nicht sehr weit voneinander entfernten Orten nicht mit einander übereinstimmen. Pænd erklärt auch die Nichtparallelität vieler skandinavischen Strandlinien mit der Nichtparallelität desselben Meeresniveaus zu verschiedenen Zeiten. Ebenso hat er eine Erklärung für die ruckweisen Spiegelschwankungen gegeben: bewegte sich nämlich der Inlandgletscher stetig, so war auch das Meeresniveau beständig, machte er aber einen plötzlichen Vorstoß, so zog er das Meer plötzlich und kräftig zu sich heran; schwand ein Teil seiner Eismasse plötzlich, so sank ebenso plötzlich das Niveau des Meeres. — Wenn man auch diesen Ausführungen Pænds nicht allenthalben beipflichten kann und wenn auch die Intensität der Niveauschwankungen von Pænd vielleicht überschätzt wird, da der Attraktion der Wassermassen durch das Festland doch auch die eigene Schwere derselben entgegenstrebt, so hat Pænd doch das Verdienst, auf die Attraktion des Meerwassers durch das Festland resp. durch die auflagernden Eismassen mit Nachdruck hingewiesen zu haben. Aus allen hier geschilderten Theorien dürfte sich ergeben, daß es eine alleinige Ursache für die Niveauveränderungen nicht giebt, daß vielmehr verschiedene Ursachen wirksam sind, die dasselbe Resultat hervorbringen. Es ist auch zu bedenken, daß sich verschiedene Faktoren entgegenwirken können, derart, daß infolge von Paralyse zweier gleich stark wirkender Faktoren eine Konstanz der Niveaulinie eintreten könnte oder andernfalls durch Überwiegen eines Faktors

über den andern eine Niveauveränderung verursacht werden könnte, wobei das Vorhandensein des schwächer wirkenden Faktors durch die Wirkung des stärkeren verdeckt und verdunkelt werden könnte. An der Hand der bisherigen Untersuchungen ist man zu dem Schluß gedrängt, daß Niveauveränderungen sowohl vom Meere, als auch vom Festlande ausgehen. Betreffs der vom Meere ausgehenden Niveauveränderungen möchte zunächst daran erinnert sein, daß, wie schon oben bemerkt, das Meeresniveau nicht für alle Meere gleich ist und daß diese lokale Ungleichheit des Meeresspiegels und die Veränderlichkeit desselben im Laufe der Zeit ihren Hauptgrund in der veränderten Anziehung haben dürfte, die das in seiner Masse stets wechselnde Festland auf das Meer ausübt: die Festlandsmasse erfährt eine Vergrößerung durch das Material, das der Erdoberfläche durch Vulkane zugeführt wird, und durch einen Teil der von den Flüssen ins Meer geführten Schwemmenteile, von denen die gröberen Schutt- und Sandmassen durch das Meer an die Ufer der Kontinente zurückgetrieben werden. Eine erhöhte Anziehungskraft auf das Meer wird auch das Aufsteigen der Gebirge und die hierdurch vergrößerte Masse des Festlandes ausüben.

Eine Vertikalbewegung des Festlandes kann durch Faltung der Erdrinde \*) und durch die bei dieser Gelegenheit entstehenden Spaltungen und Berwerfungen stattfinden. Eine Hebung wird beispielsweise hervorgebracht durch eine durch seitlichen Druck, der infolge der zunehmenden Abkühlung \*\*) und Kontraktion des Erdinnern entsteht, bewirkte Faltung der Erdrinde, eine Senkung durch Spalten und Klüfte,

---

\*) Recht anschaulich ist dieser Vorgang durch einen einfachen Versuch mittels verschiedenfarbiger, übereinander gelegter Tücher zu machen, die seitlich zusammengedrückt werden (s. Geologie von Geikie, übersetzt von D. Schmidt. Straßburg bei Trübner).

\*\*) D. Brauns macht in seiner „Einleitung in das Studium der Geologie“ mit Recht darauf aufmerksam, daß die Annahme eines feuerflüssigen Erdkerns bis jetzt noch unbewiesen sei.

die zu einer Verwerfung der Gesteinslagen führen, bei welcher die eine Seite der Spalte gehoben, die andere gesenkt wurde. Diese Vertikalbewegung des Festlandes bedingt auch eine Niveauveränderung des Meeres, einestheils wegen der lokalen Einengung des Meeresbeckens, andernteils wegen der veränderten Masse, deren Anziehungskraft sich somit auch ändert. Je näher ein Gebirge an der Meeresküste aufsteigt, desto größere Anziehung übt seine Masse auf das Meer aus. Von Fritsch weist übrigens in seiner jüngst erschienenen „Allgemeinen Geologie“ noch auf einen Faktor hin, aus dem sich Vertikalbewegungen des Festlandes erklären lassen, nämlich auf die Volumvermehrung, die eintritt als Folge der Wärme, welche ihrerseits verursacht wird durch den Druck der Erdmassen aufeinander. Bemerkenswert ist auch, was er über das Bestreben derjenigen Forscher sagt, die die Niveauveränderungen auf eine einzige Ursache zurückzuführen sich bemühen: „Es ist, wie bei den meisten Naturerscheinungen, ein Bestreben der Forscher, eine einzige Ursache für die Verschiebungen der Erdrindenmassen aufzufinden, eine Generalhypothese aufzustellen, welche alle Hebungen und Senkungen erklären soll, vielfach zur Geltung gekommen. Es ist ein solches Bestreben psychologisch sehr begründet, denn der Mensch generalisiert nur allzugern und wer eine Ursache ergründet hat, die große Wirkungen hervorruft, versucht es gern, dieser Ursache auch noch weitere Wirkungen zuzuschreiben.“

Lokal-Niveaushiftungen negativer Art können ferner durch den Einsturz unterirdischer Höhlen bedingt werden, die durch die zerstörende Thätigkeit des Wassers entstanden sind, positive Niveauveränderungen des Festlandes hingegen durch Aufquellen von Felsgestein infolge von Hydratbildung, vorausgesetzt, daß der Druck der überlagernden Massen kleiner ist, als der durch die aufgequollene Masse ausgeübte Druck.

Beim Rückblick auf unsere zusammenstellende Betrachtung bleibt uns als sicheres Resultat nur die Thatsache, daß sich die Niveaulinien des Festlandes und des Meeres

im Laufe der Zeit verschoben haben und sich auch jetzt noch gegen einander verändern; ob die Niveauveränderungen vom Festland, oder vom Meer, oder auch von beiden ausgehen, ist zur Zeit noch nicht sichergestellt; der Weg, auf dem dies Ziel sich erreichen ließe, ist bei Besprechung der Präzisionsnivelllements, die zu diesem Zweck von Zeit zu Zeit zu wiederholen wären, angedeutet. Nach dem Vorhergesagten ist es auch klar, daß es wohl ausgeschlossen sein dürfte, eine einzige causa efficiens anzunehmen; es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß auch in diesem Falle viele Ursachen eine Wirkung hervorbringen, daß es aber bei der Kompliziertheit der in Frage kommenden Erscheinung nicht in jedem einzelnen Falle möglich ist, die wahre Ursache aufzufinden. Es wäre daher wünschenswert, wenn sich auch weitere Kreise für die abgehandelte Frage interessieren und Beobachtungen über Niveauveränderungen an Küsten, sowie im Binnenlande anstellen und bekannt geben würden.

Altensburg, im Mai 1888.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen aus dem Osterlande](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [NS 4 1888](#)

Autor(en)/Author(s): Koepert Otto

Artikel/Article: [Über Niveauveränderungen des Festlandes des Meeres 1-51](#)

