

Ueber die
säcularen Hebungen und Senkungen
der Erdoberfläche.

Von

FRANZ TOULA.

Vortrag, gehalten am 10. März 1880.

„Was vor Jahren noch war ein sicher gegründetes
Erdreich,
Wurde dann Meer, und dem Schosse der Fluthen
entstiegen die Länder.“

Ich wüsste wahrlich keinen zutreffenderen Ausspruch eines Dichters über die uns heute beschäftigende Frage, als diesen viel citirten, nun bald zwei Jahrtausende alten Vers aus Ovid's Metamorphosen (XV. 262). Mit aller Sicherheit, die nur die Ueberzeugung geben kann, wird der grosse Ausspruch gethan, dass die Vertheilung von Fest und Flüssig auf der Oberfläche unseres Planeten nicht für alle Zeiten unveränderlich feststehend, sondern einem Wechsel unterworfen gewesen sei, wie Alles, was unsere Sinne zu erkennen vermögen.

„Fern vom Gestade der Wogen erscheinen uns glänzende Muscheln,“ — so heisst es dann weiter, und damit wird die Thatsache angegeben, auf welche jener Ausspruch sich stützt, eine Thatsache, die noch um ein halbes Jahrtausend früher Herodot hervorgehoben hatte, der ausdrücklich von Seemuscheln erzählt, die in Aegypten, z. B. auf dem Wege zur Orakel-Oase des Jupiter Ammon, gefunden worden waren. Also eigentlich schon vor

24 Jahrhunderten wurden Thatsachen erkannt, die nothwendigerweise, ja unabweislich, zu dem Ausspruche führen mussten, dass das Land, auf dem wir leben, dem Wechsel unterworfen sei. Sei es nun, wie wir annehmen wollen, dass die feste Erdoberfläche auf- und niederschwanke, oder dass, wie Andere lieber hören möchten, der Spiegel des Meeres sich senke oder hebe. Die letztere Ansicht erscheint beim ersten Anblick in der That begreiflicher, beim beweglichen Elemente scheint ja eine Aenderung leichter fassbar, als bei der für starr und fest geltenden Erde. Es ist daher auch gewiss nicht zu verwundern, wenn man die Ansicht aussprechen hört, der Spiegel des Meeres hebe oder senke sich.

Obwohl wir später nochmals auf diese Ansicht zurückkommen werden, sei doch gleich jetzt — der Stab darüber gebrochen.

Man findet unleugbare Spuren organischer Wesen marinen Ursprunges, aus verschiedenen geologischen Zeitaltern, Tausende von Metern hoch ober dem heutigen Niveau der Oceane, so dass kein Zweifel darüber bestehen kann, dass der Spiegel des Meeres sich wiederholt über das heutige Festland hinüber gehoben haben müsse.

Ganz abgesehen aber von der Thatsache, dass sich gleichaltigere Bildungen von terrestrischen, d. h. auf trockenem Lande gebildeten Ablagerungen oft ganz nahe bei marinen Ablagerungen finden, fehlt uns jede Möglichkeit, jene erwähnte eine That-

sache durch ein Heben des Meeresspiegels erklärbar zu machen, da wir keine Kraft kennen, welche alles Meerwasser etwa auf einen gewissen Theil oder in gewisse Regionen der Erdoberfläche hinziehen könnte. Man hat es eine Zeit lang in der That für möglich gehalten: es ist viel von säcularer Umsetzung der Meere, etwa abwechselnd von einer Halbkugel auf die andere, gesprochen und geschrieben worden und wir werden darauf im Nachfolgenden auch mit wenigen Worten zurückkommen, dabei werden wir aber auch sehen, wie sehr der Urheber oder besser der Erneuerer der Annahme säcularer Umsetzungen des Meeres (Schmick), von seinen anfänglichen voreiligen Folgerungen, auf ein viel bescheideneres Mass zurückgekommen ist. Mit solchen Umsetzungen lassen sich die betreffenden Erscheinungen nicht erklären.

Auch von Verminderung des Wassers auf der Erde wurde viel gesprochen und durch Ueberschätzung, eines sich sicher vollziehenden Verminderungs-Vorganges, sogar der Schluss gefällt, es könne das Meerwasser allmählig immer mehr zurückgetreten sein, nachdem es einst die höchsten Gipfel der Berge umspült oder gar überdeckt hatte. Diese Ansicht fällt schon durch die obige Erwähnung des Auftretens verschiedenalteriger Meeresbildungen auf den Höhen unserer Gebirge, nach welchen man ja auf eine wiederholte Zu- und Abnahme des Wassers schliessen müsste. — Eigentlich sollte die Anführung aller dieser Gründe unnöthig scheinen, bei Betrachtung

einer einzigen heute geneigten oder gar gebogenen, zerdrückten, zerbrochenen Schichte, die aus ehemaligen Meeresabsätzen besteht. Es erscheint aber dennoch geboten, auf das Unsinnige dieser Ansicht besonders aufmerksam zu machen, wenn man sieht, wie selbst Geologen von sonst gutem Namen auf diese Meinung halsstarrig zurückkommen, ich sage halsstarrig, denn mir erscheint es unfassbar, wie ein Mann, der nur einmal seinen Fuss in ein Gebirge gesetzt und den Schichtenbau daselbst studirt hat, eine vorgefasste Meinung solcher Art festhalten kann.

Nein, und wenn das Wasser noch viel beweglicher, und das feste Land noch viel, viel starrer wäre als sie es wirklich sind, und wenn es wirklich schwer wäre, die gegentheilige Meinung als unhaltbar zu erkennen, — nichtsdestoweniger müssten wir als Ausgangspunkt unserer heutigen Erörterungen den Satz festhalten: die feste uns so starr erscheinende Erde ist es, die dem Auf- und Niedersteigen unterworfen ist und unterworfen war zu allen Zeiten, seit ein Meer die Erde deckt.

Dieses festhaltend, will ich nun an die Lösung der Aufgabe schreiten, die ich mir gestellt: Ihnen verehrte Anwesende das Wesentlichste über jene eigenthümlichen Niveauschwankungen übersichtlich vorzuführen, welche man unter der Bezeichnung der säcularen Hebungen und Senkungen zusammenfasst. Wir werden dabei alle die Gründe und That-

sachen kennen lernen, welche die Richtigkeit des angeführten Satzes erweisen können.

Zuerst werden wir die Merkmale im Allgemeinen in's Auge fassen, aus welchen wir auf Hebungen oder Senkungen schliessen können, sodann wollen wir eine Reise um die Continente und durch die Oceane antreten, um zu sehen, wo überall solche Vorgänge sich vollziehen. Dabei werden wir nur hie und da etwas länger verweilen und etwas genauer zusehen. Schliesslich werden wir dann auch einige der wichtigeren, der über diese so langsam sich vollziehenden Phänomene angestellten Speculationen in Betracht ziehen. Hiebei werde ich mich mehrfach etwas kürzer fassen und auf früher schon Erörtertes verweisen können, um nicht Dinge zu wiederholen, welche ich schon in meinen Vorträgen: „Ueber das Innere der Erde“ (Schriften des Vereins, 16. Band, S. 585—643) und „Ueber die Entstehung der Gebirge“ (Schriften des Vereins, 17. Band, S. 105—155) ausführlich behandelt habe.

1.

Was vorerst die uns zu Gebote stehenden Merkmale anbelangt, aus denen wir auf Hebungen und Senkungen schliessen können, so sei nur gleich von vorneherein bemerkt, dass sich dieselben fast einzig und allein an den Küstenlinien verfolgen lassen, und dass Hebungen aus dem Wasser sich natürlich viel leichter constatiren lassen werden, als Senkungen des Landes

unter Wasser, wobei ja die Spuren unter der Wasserbedeckung verschwinden.

Die wichtigsten Merkmale, welche Hebungsgebiete charakterisiren, bestehen in den Spuren der zerstörenden oder ablagernden Thätigkeit des Meeres. Hätten wir beispielsweise eine sich hebende Flachküste vor uns, so werden wir bald in Erfahrung bringen: diese oder jene flache Insel sei früher eine Sandbank gewesen, diese oder jene Halbinsel sei erst in jüngerer Zeit aus einer Insel dazu geworden, indem diese mit dem Lande zusammengewachsen sei. Ehemalige Klippen werden jetzt durch einen ebenen Küstensaum mit dem Lande zusammenhängen. Heutige Strandseen standen vielleicht in früherer Zeit mit dem Meere in Communication, sie werden vielleicht immer kleiner und seichter, um endlich ganz zu verschwinden, auszutrocknen. Dass dabei auch auf die Möglichkeit der Mitwirkung von Anschwemmungen durch Flüsse, oder auf Dünenbildung in Folge von andauernden und in gleichmässiger Richtung wehenden Winden gedacht werden muss, ist selbstverständlich. Nach Hahn (Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten. Leipzig 1879) wären alle Flachküsten, mit auffallend einfachen („glatten“) Umrissen, der Hebung verdächtig.

Von besonderer Wichtigkeit für das Erkennen von Hebungsvorgängen können unter Umständen werden: die Veränderungen der Flussläufe, sowie die Art und Weise, wie sich die Vorgänge bei der

Ablagerung und Anhäufung von Sinkstoffen an den Mündungen der Flüsse gestalten.

Bei sehr rascher Erhebung der Küstensäume werden nämlich gar nicht selten Ablenkungen der Flüsse eintreten. Besonders interessant sind jedoch in dieser Beziehung auf jeden Fall die sogenannten Deltabildungen.

In einer jüngst erschienenen, überaus gehaltenen Monographie über die Deltabildungen, hat Dr. G. R. Credner, (Ergänzungsheft Nr. 56 zu Petermann's geographischen Mittheilungen 1878), auf den Zusammenhang, der zwischen den Niveau-Veränderungen der Küstenländer und der Bildung von Delta's besteht, hingewiesen. (Unter einem „Delta“ versteht man ein, durch die ablagernde Thätigkeit, an der Mündung eines Flusses, aus dessen Schlamm- und Schwemmstoffen, entstandenes Land). — Er kommt dabei zu dem Schlusse, dass es in erster Linie die säcularen Hebungen seien, denen die Delta's ihre Entstehung verdanken. Unter ihrem Einflusse werden die Anschwemmungen der Flüsse als Delta's über den Wasserspiegel hervortreten, während im Gegentheile, Senkungen der Meeresküsten das Hervortreten der Deltabildungen über die Meeresfläche verhindern und früher entstandene Delta's unter den Fluthen wieder verschwinden lassen.

Um zu zeigen, auf welche Weise sich in den Gestaltungen der Flussmündungen die Hebungen und Senkungen der Meeresküsten äussern, sei in Kürze

(nach G. R. Credner's Darstellung, S. 70 ff.) ein Blick auf die Verhältnisse an der Südostküste der Ostsee, an der Mündung des Njemen, geworfen. Hier lassen sich, innerhalb der jüngeren Alluvialzeit, zwei durch eine Hebungsperiode unterbrochene Senkungen des Festlandes nachweisen. Am Schlusse der ersten Senkungsperiode stellte das Kurische Haff eine tief einschneidende, breit trichterförmige Meeresbucht dar, in deren Hintergrunde der Njemen mit offener Mündung eintrat. — Es war somit das vorhanden, was man häufig ein „negatives Delta“ oder ein Aestuarium genannt hat. Sandbänke und Inseln mögen in der Bucht entstanden sein. Während der nun folgenden Hebung, welche etwa 4 Meter betragen haben mag, kamen sowohl das untermee-
rische Delta, als auch die noch heute als „Nehrung“ bekannte ehemalige Barre zu Tage. Zahlreiche Mündungsarme des Flusses durchschnitten das Delta. Bei der neuerlichen Senkung verschwanden Theile der Niederung unter dem Meeresspiegel, „der Aussenrand des Delta's rückte beträchtlich landeinwärts, der Umfang der bei der Hebung entstandenen Alluvial-Ebene verkleinerte sich“ und es stellte sich allmähig der heutige Zustand her, wie wir ihn am Kurländischen Haff vor uns sehen. — Gegenwärtig soll der Senkungsprocess einem Ruhezustand Platz gemacht haben, d. h. die vorliegenden Beobachtungen lassen eine Hebung oder Senkung der Küste „mit Sicherheit nicht erkennen“.

Ziehen wir nun die über die Mächtigkeit der Flussanschwemmungen in einigen Deltaländern, hauptsächlich nach G. R. Credner's Zusammenstellung (l. c., S. 12), etwas näher in Betracht. So heisst es (H. Credner, Elem. d. Geol., 3. Aufl., 225), dass das ganze Deltaland des Nil, bis 14 oder 15 Meter Tiefe, aus horizontalen Schichten eines bei den periodischen Ueberschwemmungen des Stromes abgesetzten, feinen, braunrothen Lehmest bestche, unter welchen sich Ablagerungen eines lockeren Meeressandes ausbreiten.

Brunnengrabungen im Rhein-Delta haben ergeben, dass dasselbe aus Ablagerungen von Flussschlamm und damit abwechselnden Torfbildungen in einer Mächtigkeit von mehr als 60 Meter bestche. Im Rhône-Delta wurden die Flussanschwemmungen an einer Stelle bei 100 Meter Tiefe noch nicht durchteuft. Im Delta des Po hat man sie 122 Meter tief aufgeschlossen, bei Venedig aber hat man sogar bis 137·8, ja an einer Stelle bis 172·5 Meter tief gebohrt, ohne das Liegende der dortigen Fluss-Alluvionen zu erreichen.

Etwas anders verhält es sich bei den Ablagerungen im Deltalande des Mississippi, wo man gefunden hat, dass nur etwa 12 Meter tief die echten Fluss-Alluvionen — (Schlamm, Thonmassen und feine Sande) — anhalten, während unter diesen, bis zu 183 Meter Tiefe, mit Sanden wechsellagernde Thonschichten, welche etwa als Ablagerungen entstanden, in einem „Aestuarium“ (in einer Flussmündungs-

bucht), aufgefasst werden könnten. Dieselben mit Sicherheit als „nicht fluviatilen Ursprunges“ zu bezeichnen, ist wohl etwas gewagt.

Ganz ähnlich verhält es sich beim Ganges. Auch hier werden die reinen Fluss-Alluvionen nur mit 18 Meter Mächtigkeit angenommen, (sie bestehen aus Lehm-, Sand- und Thonschichten), während darunter 176·7 Meter mächtige „Aestuarenbildungen“ angetroffen werden, die aus Thonen, Sandsteinen, Kieseln und conglomeratischen Sandsteinen bestehen.

Nach einiger Ueberlegung der angegebenen That-sachen ergeben sich bald unabweisbare Schlüsse. Wie kann man sich den Vorgang bei der Ablagerung der fluviatilen Sinkstoffe, sagen wir z. B. nur jener 14 bis 15 Meter mächtigen Schlamm Massen des Nil, vorstellen? Allgemein nimmt man an, dass Hebungs-vorgänge Deltabildungen unterstützen und bis zu einer gewissen Grenze mag diese Annahme auch zu Recht bestehen. Nehmen wir nun an, das Gebiet des Nil-Deltas, wie es jetzt besteht, bleibe constant im selben Niveau, was muss dann geschehen? Die Anschwemmungen werden das Land allmählig erhöhen. Die Hochwasserstände werden aber in demselben Masse geringer werden, die träge fließende Fluth des Flusses wird ihre Sinkstoffe erst weiter draussen, jenseits des heutigen Deltagebietes, ablagern können, mit einem Worte, das Deltaland wird von einem gewissen Momente an nicht mehr

an Mächtigkeit der Alluvionen, wohl aber an Flächen-
ausdehnung zunehmen.

Der zweite Fall wäre der, dass das Land im
langsamen Aufsteigen begriffen sei; dann wird im
Allgemeinen dasselbe eintreten, wie im ersten Falle,
nur wird sich das Flächenwachsthum noch früher
einstellen und auch schneller vollziehen.

Der dritte Fall endlich, dass das Land in ganz
allmähigem Niedersinken begriffen sei, der, und wie
mir scheint, nur der könnte zu einer fortdauernden
Zunahme des Wachstums in verticaler Richtung
führen; nur der könnte eine Mächtigkeit der Sink-
stoffe ähnlich jener des Po- oder Rhône-Delta's er-
klären. Man müsste sonach annehmen, ein besonders
mächtiges Schwemmland, an der Mündung eines Flusses,
sei durch einen sehr allmähig sich vollziehenden
Senkungsprocess gebildet worden, durch immerfort er-
neuerte Absätze über schon von früherher vorhandenen.

Selbstverständlich ist, dass bei schneller sich
vollziehender Senkung ein Uebergreifen des Meeres
stattfinden wird, während bei Hebungsvorgängen,
ausserdem dass die Deltabildung meerwärts fort-
schreiten wird, die Flussläufe in die Ablagerungen
aus früherer Zeit tiefer und tiefer einnagen müssen.
Es liessen sich daher die auf Hebungen und Senkun-
gen bezüglichen Erscheinungen etwa folgendermassen
präcisiren: An Flachküsten mit Hebungstendenz wer-
den die Deltabildungen im Allgemeinen eine geringe
verticale Mächtigkeit, dafür aber eine bedeutende

horizontale Ausdehnung erlangen; Deltabildungen mit mächtigen, rein alluvialen Ablagerungen dagegen, lassen mit Wahrscheinlichkeit auf sehr allmälige Senkungsvorgänge während ihrer Entstehung schliessen. Freilich muss dabei auch unter Umständen auf das Zusammensinken der Sinkstoff-Anhäufungen in Folge der Wirkung der Schwere Rücksicht genommen werden. (Man vergl. Credner, Delta, S. 33.) Mit einem Worte, das Verhältniss zwischen Hebungen und Senkungen einerseits und Deltabildung andererseits erscheint auf den ersten Blick einfacher als es wirklich ist; und darauf soll mit dem im Vorstehenden Gegebenen hauptsächlich aufmerksam gemacht werden. Die Mannigfaltigkeit des an verschiedenen Stellen herrschenden Verhältnisses ist überaus gross. Auch die Beobachtung, dass Flüsse, deren Stromgeschwindigkeit durch Regulirungsarbeiten vergrössert wird (z. B. Rhône und Donau), ihr Delta ganz besonders schnell vorschieben, könnte dabei in Betracht gezogen werden. Vergrösserung des Gefälles durch Verkürzung des Laufes hat etwa dieselbe Wirkung, wie eine entsprechende Senkung des Mündungsgebietes oder eine Hebung des daran stossenden Laufstückes, landeinwärts von der Mündung.— Delta's können in Folge von rascher sich vollziehenden Senkungen aber auch der Zerstörung anheimfallen.

Ganz anders werden die Merkmale bei in Hebung begriffenen Steilküsten sich darstellen. Wir werden da nicht selten an den Felsen haftende Schalen von Austern,

Seetulpen (Balanen) und anderen, die Brandungszone bewohnenden Thieren vorfinden. Besonders bezeichnend werden die Löcher von Bohrmuscheln sein, wenn sie über der Fluthhöhe des jetzigen Meeres-Niveaus auftreten. Die besten und verlässlichsten Zeugen für Hebungs-, ebenso als für Senkungs-Vorgänge, bilden aber die stockbildenden Korallenthieere, da sie nur in einer gewissen Tiefe mit Vorliebe gedeihen. Finden wir daher z. B. Korallenriffstöcke über Wasser, so muss eine Hebung eingetreten sein. Klippige Inseln werden mit dem Festlande verwachsen, unterseeische Felsenriffe als Klippen-Inseln auftauchen. Kiesel-, Sand-, Muschel- und Tang-Anhäufungen, Uferwälle und Muschelbänke über der Fluthhöhe werden uns gleichfalls Schlüsse erlauben. Von den sogenannten Strandterrassen, d. s. Auswaschungen in der Fluthhöhe, wird später noch ausführlicher gesprochen werden. Aber auch Werke des Menschen können Zeugniss liefern: Hafen-Anlagen und Uferbauten, Schiffhaken zum Befestigen von Schiffen u. dgl. an Orten wo sie heute unnütz sind, werden uns Hebungs-Vorgänge aus jüngster Zeit verrathen.

Endlich werden wir auch directe Markirungen der Fluthhöhen, die von Zeit zu Zeit genau untersucht werden können, zu erwähnen haben. Solche werden vor allem anderen ein verlässliches Studium der betreffenden Vorgänge erlauben.

Dass die Senkungen viel schwieriger zu verfolgen und festzustellen sein werden, wurde schon Ein-

gangs hervorgehoben. Im Allgemeinen werden an Flachküsten Senkungen leichter zu constatiren sein als an Küsten mit steilen Felsabstürzen, da im ersteren Falle das Vordringen des Meeres schon bei geringem Niedersinken der Küste weite Flächen überfluthen, respective schneller erfolgen wird, während im zweiten Falle die Spuren der Brandung dem Auge gradezu unter der Wasserbedeckung entschwinden. Stark zer-rissenè Felsküsten werden wohl zuerst an eine Senkung derselben denken lassen. Finden wir etwa Wälder oder Torfbildungen unter der Fluthhöhe, so werden wir auf eine vollzogene Senkung schliessen müssen, ob dieselbe aber noch weiter andauert oder vielleicht schon in die entgegengesetzte Bewegung übergegangen, das wird sich erst nach eingehenderen Betrachtungen ergeben. Lehrreich sind in dieser Beziehung die von F. v. Richthofen, (Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, S. 306 ff.), gegebenen Darstellungen über die südchinesische Küste: „Dort liegen an der felsigen und gebirgigen Küste allen Flussmündungen Schlammbänke vor, welche genau im Niveau der Fluth stehen und aus denen die Felsberge unvermittelt ansteigen. Wenn hier die geringste Hebung stattfände, so würden dieselben in Küsten-Ebenen verwandelt, und selbst bei vollkommenem Stillstand zum Theile trocken gelegt werden. Nur wenn Senkung stattfindet, ist es denkbar, dass durch Absatz von neuem Material jede Schlammbank genau im Niveau der Fluth erhalten wird. . . . Umgekehrt sind im

nördlichen China die ausgedehnten submarinen Sediment-Ablagerungen an den Mündungen der grossen Flüsse, zu einer weiten, den Gebirgen vorliegenden Ebene verwandelt worden, und noch jetzt schreitet die Hebung fort, die dies veranlasste."

Senkt sich das Mündungsgebiet eines Flusses, so wird einestheils das Meer in die Thäler eintreten und durch sein zerstörendes Walten unter Umständen wesentlich und energisch an der Verbreiterung und Vertiefung der entstehenden Bucht mitwirken, andererseits wird aber auch das Gefälle des Flusses und damit seine bewegende Kraft vergrössert werden, so dass er seine Sinkstoffe weiter bewegen und keine zusammenhängenden Absätze bilden wird. Solche Flussmündungen werden dadurch weit, „trichterförmig" werden. Findet man daher solche Trichter-Mündungen, so wird die Küste der Senkung wenigstens im hohen Grade verdächtig sein. So werden sich auch die Fjordbildungen am besten erklären lassen, wenn wir sie mit F. v. Hochstetter als überschwemmte Thalzüge auffassen, woraus dann beispielsweise für die jetzt im Aufsteigen begriffene Küste von Norwegen geschlossen werden müsste, dass sie noch lange nicht die einstige Höhenlage eingenommen haben könne, in welcher jene Thalwege durch Erosion gebildet worden waren.

Sehr verlässliche Anzeichen werden uns auch für die Senkungs-Vorgänge die Stöcke bildenden Korallen liefern. Was wir über das Leben der riffbauenden Korallenthierc wissen, (man vergleiche meinen Vortrag

über Korallenriffe im 18. Bd. und Schriften des Vereines S. 437—476), lässt uns den Satz aussprechen, dass sie ihren Bau stets in der Nähe des Strandes beginnen werden, da sie, wie eben erwähnt wurde, in der Brandung am besten gedeihen. Als Strandriffe werden daher; unter allen Umständen, die Korallenriffe zuerst auftreten. Finden wir nun Korallenriffe über das Meeres-Niveau emporgerückt, also abgestorben, und seawärts davon belebte und weiterwuchernde Riffe, so kann keinerlei Zweifel obwalten: die betreffende Küste muss gestiegen sein, ja sie kann unter Umständen noch im Steigen begriffen sein. Finden wir dagegen Riffe weiter abstehend vom Lande, so dass ihre Grundlage unterhalb jener Tiefe liegt, in welcher Korallenthierc bauen, so ist es eben so sicher, dass jene Grundlage um einen leicht auszumittelnden Betrag gesunken sein muss. — Hätten wir überall Korallenbauten zur Controlle, die Bezeichnung einer Küste, ob sinkend oder steigend, wäre wahrlich leicht und mit Sicherheit anzugeben.

In Bezug auf Niveau-Veränderungen im Inneren der Continente gibt es bis nun nur wenige Anhaltspunkte. Naumann (Geologie I. S. 234) spricht die Meinung aus, dass sich schon geringe Hebungen und Senkungen grösserer Landstriche an den Veränderungen erkennen lassen dürften, „welche in der Geschwindigkeit der Flüsse und in den davon abhängigen Verhältnissen der Fluss-Sedimente eintreten müssten“. Ein anderes Mittel wäre in dem Hervortreten oder

Verschwinden gewisser Gegenstände am Horizonte eines Aussichtspunktes gegeben und sollen solche Veränderungen in einigen Gegenden Württemberg's und Thüringen's constatirt worden sein. Eine ganz besondere Wichtigkeit könnten aber die genauen Eisenbahn-Nivellements gewinnen, da eine irgend wie beträchtliche Veränderung derselben sich mit grosser Sicherheit feststellen liesse. Höhenmessungen kommen hier weniger in Betracht; so hatte man vor Kurzem mehrfach die Meinung ausgesprochen, die Anden Süd-Amerika's seien im Niedersinken begriffen, da die seit mehr als einem Jahrhunderte dort vorgenommenen Höhenmessungen, für jede spätere Messung stets niedrigere Werthe ergaben. W. Reiss (Verh. d. Ges. für Erdk. in Berlin 1880 Nr. 1) hat nun vor Kurzem gezeigt, dass die gefundenen Differenzen innerhalb der Fehlergrenzen der angewendeten Methoden liegen. Es wird also durch jene Vermuthungen an den, durch Beobachtungen an den Küsten begründeten Angaben, dass das Land im Aufsteigen begriffen sei, nichts geändert.

G. R. Credner spricht in seiner citirten Arbeit über die Delta's (S. 71 ff.) unter Anderem auch die Ansicht aus, dass man aus den Niveau-Veränderungen des Wassers grosser Binnen-See'n unter Umständen auf Bewegungen des Bodens schliessen könne. Als Beispiele führt er das merkwürdige Verhalten des Tsad-See's im centralen Sudan an, dessen Gewässer nämlich mehr und mehr gegen das west-

liche Ufer drängen und dort ausgedehnte Landstriche überfluthen, während im Osten und Südosten das Land immer weiter seewärts wächst, so dass also der See förmlich von Südost nach Nordwest gedrängt wird, was, wie Credner meint, nur in einer ungleichmässigen Bewegung des Bodens begründet sein könne. Ob dabei nicht doch, wie es am wahrscheinlichsten ist, der Deltabildung des zeitweise so wasserreichen Schari die Hauptrolle zuzuschreiben sei, bleibe fürs Erste dahin gestellt, es erfordert dies eingehendere Beobachtungen als zur Zeit vorliegen. Eine andere diesbezügliche Meinung hat F. v. Dückér (Zeitschrift für Erdkunde, V., S. 183) ausgesprochen. Er meint, dass die Stromschnelle des Rheins bei Bingen auf eine Hebung hindeute, da der Rhein dieses Hinderniss sonst sicherlich schon beseitiget haben würde.

Hier sei auch auf das Verhalten des Wasserspiegels des caspischen Meeres hingewiesen, über welches neuerlichst Gr. v. Helmersen (*Mélanges phys. et chim. tirés du bull. de l'acad. imp. de St. Petersburg* 1874) berichtet hat. Helmersen sieht die Ursache des Sinkens des Spiegels dieses Binnenmeeres, in einem Sinken des Bodens der südlichen Hälfte, indem z. B. bei Derbent und Baku Ueberfluthungen des Landes constatirt wurden, während im Norden die flachen Ufer gegen das Meer vorrücken.

Bei dieser Gelegenheit sei auch auf ein von F. v. Richthofen (Anleitung zu wissenschaftlichen

Beobachtungen, S. 307) gegebenes Mittel hingewiesen. Aus Veränderungen im Gefälle der vom Gebirge herabströmenden Gewässer könne, so meint Richt-
hofen, auf Hebungen oder Senkungen geschlossen werden. Er führt als einen Beweis hiefür Verhält-
nisse an den Abhängen der Sierra Nevada in Cali-
fornien an, wo in Folge der säcularen Hebung eines
Hügelzuges bis zu einer Höhe von 6000 bis 10.000 Fuss
Flüsse ihren Lauf nach Westen hin veränderten.
Auf dieses hin spricht Hahn die Meinung aus, dass
manche Fälle des Drängens der Flüsse gegen eines
ihrer Ufer, das gegenwärtig durch das bekannte
Bär'sche Gesetz erklärt werde, auf fortdauernde
ungleiche Hebung („leise Faltungen der Erdober-
fläche“) zurückzuführen sein dürften.

Ausser den langsam, ganz allmähig sich voll-
ziehenden säcularen Hebungen und Senkungen, haben
wir auch plötzliche oder, wie Sartorius von Walters-
hausen sich ausdrückte, instantane Veränderungen
der Niveau-Verhältnisse zu verzeichnen, die wir
hier nur vorübergehend berühren wollen. Die gross-
artigsten Hebungen dieser Art haben sich an der
Küste von Chile vollzogen, wo wiederholt, bei Erd-
beben, ganze Landstriche emporgerückt wurden.
So fand man nach dem heftigen Erdbeben am
19. November 1822, dass sich die Küste auf grosse
Distanzen hin um 3—4 Fuss, und weiter landeinwärts
wohl noch um etwas mehr, gehoben habe, eine Er-
scheinung, welche auch von Darwin bestätigt wurde,

der eine ähnliche Erhebung im Betrage von 4—5 Fuss, in Folge des grossen Erdbebens am 20. Februar 1835, dessen Zeuge er war, ausführlich beschrieben hat. (Reise eines Naturforschers, S. 356 ff.)

Dass solche plötzliche Hebungen an dieser Küste zu wiederholten Malen stattgefunden haben, unterliegt keinem Zweifel.

Aber auch Beweise für plötzliche Senkungen in Folge von Erdbeben fehlen nicht. So wurden durch das verheerende Erdbeben von Calabrien, im Jahre 1783, an vielen Stellen, zum Theile sehr breite Landstreifen, um Beträchtliches gesenkt: ein grosses Stück Land, auf welchem ein Theil der Stadt Polistena lag, wurde losgetrennt und mit sämtlichen Häusern, fast $\frac{1}{2}$ Meile weit, thalwärts gehoben. — Eine der grossartigsten plötzlichen Senkungen war die, durch das Erdbeben im Jahre 1819 (16. Juni) im Indus-Delta eingetretene, wo im Verlaufe von wenigen Stunden ein mehr als 5000 Quadrat-Kilometer grosses Landstück in eine seichte Lagune (Runn of Cutch) verwandelt und als entsprechende Hebung die Anschwellung des Allahbund emporgepresst wurde.

Nur eines einzigen Objectes sei hier gedacht, an dem sich in ziemlich rascher Aufeinanderfolge wiederholte Aenderungen des Wasserstandes mit grosser Schärfe nachweisen lassen. Es sind dies die Ueberreste des so vielfach besprochenen Serapis-Tempels bei Puzzuoli unweit von Neapel. Ganz nahe am Meere erheben sich daselbst die berühmten

drei Säulen aus einem weissen, etwas schieferigen, krystallinischen Kalke (Cipollin), die nur leicht gegen Südwest geneigt sind, und eine Höhe von etwas über 12 Meter besitzen. Bei einem Besuche dieser Localität im Frühjahr 1872 stand das Niveau des Meereswassers 0·62 Meter über der Basis des,

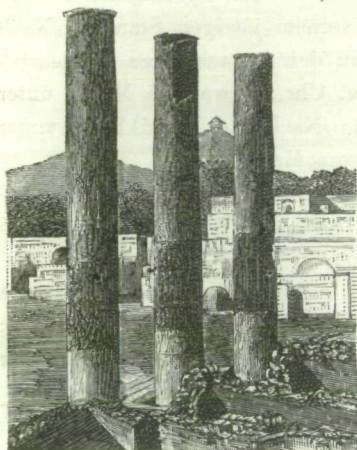


Fig. 1.

in einer ausgemauerten Vertiefung stehenden Säulensockels. Bis zu der Höhe von 2·33 Meter ist die Säule glatt und unverletzt, dann folgt eine, circa 0·07 Meter breite, deutlich sichtbare Kruste, die ringförmig um den Säulenschaft zu verfolgen ist; über dieser folgt nun eine etwa 3·4 Meter breite Zone, die mit unzähligen

Löchern bedeckt ist, wie sie die im Meerwasser lebenden Steinbohrmuscheln (*Lithodomus lithophagus*) erzeugen. In den Löchern stecken noch vielfach die wohlerhaltenen Schalen dieser Thiere. Hauptsächlich diese Thatsache, sowie ein etwa 5 Fuss unter dem Marmorpflaster des Serapis-Tempels aufgefundener Mosaikboden, bilden die Hauptanhaltspunkte, um

daraus mit Sicherheit auf ein Schwanken des Meeres-Niveaus in verschiedenen Zeiten schliessen zu können.

Der Architekt Cav. A. Niccolini hat im Jahre 1844 darüber detaillirte Mittheilungen gemacht. Nach seinen Angaben wären folgende Meerwasserstände in den verschiedenen Zeiten anzunehmen:

200 Jahre vor Christi: das Niveau des Meeres stand 6 Meter unter seinem jetzigen Stande. (Nach alten Wasserbauten an den benachbarten Küsten.)

Im Jahre 100 v. Chr.: etwa 4·5 Meter unter dem Niveau von 1844. (Nach dem Mosaikboden unter dem Boden aus weissem Marmor).

Im Jahre 80 n. Chr. wurde der Tempel restaurirt und stand das Niveau des Wassers damals 2·25 Meter unter dem jetzigen.

Zu Ende des 4. Jahrhunderts, (damals war die Cella des Tempels als christliche Capelle im Gebrauche): Der Stand des Wassers soll nur mehr 0·4 Meter unter dem jetzigen Wasserstande gewesen sein.

717 n. Chr., zur Zeit der Verschüttung bis zur unteren Grenze der Bohrlöcherzone, bei der Zerstörung von Puzzuoli, soll das Wasser 3·2 Meter höher gestanden sein.

Zwischen dem 9. und 10. Jahrhunderte erreichte es seinen höchsten Stand, 5·8 Meter über dem jetzigen.

Die Gesamtveränderung des Wasserniveaus betrüge demnach in der Zeit von 200 vor bis 1000 nach Christi, 'also in einem Zeitraume von 1200

Jahren, 11·8 Meter, also entfiel beinahe 1 Meter auf je ein Jahrhundert!

Nun folgt eine Senkung des Wasserstandes, in dem Zeitraume zwischen dem 10. und 16. Jahrhunderte im Betrage von 6·8 Meter. Das Meer stand im Jahre 1503 um circa 1 Meter tiefer als heute.

Das früher mit Wasser bedeckte, nun trocken gewordene Land muss nicht ganz unbeträchtlich gewesen sein, denn es existirt eine Schenkungsurkunde aus dem angegebenen Jahre, wonach von Ferdinand und Isabella das dem Meere entstiegene Land der Stadt Puzzuoli überlassen wurde. Diese Senkung des Meeresspiegels dürfte bis 1696 angedauert haben.

Vom 18. Jahrhundert an versank das Land allmählig wieder unter das Meer, ein Vorgang, der bis in die Mitte unseres Jahrhunderts anhielt. — Verfolgen wir diese Angaben, so kommen wir, wie gesagt, auf ein abwechselndes Sinken und Heben des Landes, beziehungsweise ein Heben und Sinken des Meeresspiegels. Auf eine lange andauernde Senkung des Landes (200 v. bis 1000 n. Chr.), folgt eine Hebung (1000—1696), worauf das Land wieder versinkt (1700—1850). —

Bevor wir uns auf unsere geplante grosse Rundtour begeben, wollen wir noch des zuerst genauer und noch immer am besten studirten, wahrhaft klassischen Gebietes etwas ausführlicher gedenken.

Es war im Jahre 1743, als der berühmte Schwede Celsius in einer Abhandlung der schwedischen

Akademie der Wissenschaften (Bd. V, S. 25 ff.) die Ansicht aussprach, dass der Spiegel der Ostsee in einem steten Niedersinken begriffen sei: Klippen, die früher unter Wasser lagen, seien allmählig über dasselbe emporgetaucht, flache Küsten aber immer weiter zurückgewichen, wodurch ehemalige Hafenplätze trockengelegt worden und landeinwärts zu liegen gekommen seien, alte Markirungen der Wasserstände wären weit über das Wasserniveau hinausgerückt. Es sei nicht zu bezweifeln, dass der Spiegel der Ostsee in einem allmählichen Niedergange begriffen sei, was durch eine Verminderung der Wassermenge der Ostsee erklärt werden müsse. — Die Senkung an der schwedischen Küste wurde im Allgemeinen mit 45 Zoll im Laufe eines Jahrhunderts angenommen, aber schon damals das verschiedene Mass der Veränderungen an verschiedenen Stellen hervorgehoben. Darüber entspannen sich viele Jahrzehnte währende Erörterungen, indem die Meinungen, ob der Wasserspiegel sich senke oder das Land durch seine Hebung dieses Sinken bedinge, vielfach getheilt waren. Für die von Celsius ausgesprochene Ansicht sprach sich gleich anfangs auch Linné aus, während schon im Jahre 1763 von Jessen die gegentheilige Anschauung vertreten wurde, indem dieser meinte, das Sinken der schwedischen Küste bei Egersund sei durch eine Erhebung des Bodens, in Folge der Wirkungen von Erdbeben, zu erklären.

Schon im Jahre 1802 hören wir Playfair (*Illustration of the Huttonian theorie of the earth,*

S. 355 ff.) den wichtigsten Einwurf erheben, der jener von Celsius aufgestellten Meinung entgegengehalten werden kann: das Sinken des Meeresniveaus hätte den hydrostatischen Gesetzen entsprechend gleichförmig vor sich gehen müssen.

Ganz unabhängig von diesen Darlegungen Playfair's, kam Leopold v. Buch, auf seiner im Februar 1807 unternommenen Reise, auf ganz ähnliche Schlüsse.

Ueber die Hebungsvorgänge am Bottnischen Meerbusen berichtet Leopold v. Buch in seinem classischen Reisewerke: „Reise durch Norwegen und Lappland“ (Berlin 1810, II. Th., S. 289 ff.).

Eine Meile von Skefteo (64 Grad 40 Min. n. Br.) kam er bei Innerviken an einen schmalen Meerbusen. „Noch vor wenig Jahren,” so erzählt Buch, „fuhr man mit Booten darüber; aber nun ist er so ausgetrocknet, dass die Strasse darüber hat geführt werden können, und die Anwohnenden, welche die Abnahme täglich vor Augen bemerken, glauben es noch zu erleben, den Boden des Meeresarmes in Aecker und Wiesen verwandelt zu sehen. — Es ist hier,” so fährt er fort, „kaum ein kleiner Fleck, der nicht diese Abnahme bestätigt, und gegen die Anwohnenden am ganzen Golf herunter darüber Zweifel zu erregen, hiesse wahrlich sich bei ihnen lächerlich machen. Es ist ein äusserst sonderbares, merkwürdiges, auffallendes Phänomen!” Nach einigen Hinweisen auf die von Celsius und Linné vorgenommenen Felsmarkirungen und die durch die Ingenieure

Robsahn und Hällström constatirte weitere Abnahme, bei den von Celsius bei Gefle und Calmar angebrachten Marken, kommt er zu folgenden Aussprüchen: „Gewiss ist es, dass der Meeresspiegel nicht sinken kann; das erlaubt das Gleichgewicht der Meere schlechterdings nicht. Da nun aber das Phänomen der Abnahme sich gar nicht bezweifeln lässt, so bleibt, so viel wir jetzt sehen, kein anderer Ausweg, als die Ueberzeugung, dass ganz Schweden sich langsam in die Höhe erhebe, von Frederikshall bis gegen Abo und vielleicht bis Petersburg hin. Auch an den Küsten von Norwegen bei Bergen, in Söndmör und Nordmör, hat man etwas von dieser Abnahme empfunden. Klippen, welche sonst vom Wasser bedeckt wurden, treten jetzt darüber heraus. Allein sichtlich ist am Westmeere der Glaube an Abnahme des Meeres nicht so ausgebreitet, so allgemein und nicht so gross, als in der Bottnischen Bucht. Auch verhindert die unbeständige und hohe Fluth im Westmeere die genaue Betrachtung. Möglich wäre es doch, dass Schweden mehr stiege als Norwegen, der nördliche Theil mehr als der südliche.“

In der darauf folgenden Zeit wurden an vielen dazu geeigneten Stellen Marken eingemeisselt und in den Jahren 1821 und 1822 von Bruncrona in Untersuchung gezogen, woraus sich ergab, dass in der That längs der ganzen Küste des Bottnischen Meerbusens der Spiegel des Meeres, wenn auch durchaus nicht gleichmässig, gesunken sei. Das Mass des

Sinkens wurde mit 3—5 Fuss für das Jahrhundert an verschiedenen Stellen ermittelt. Zweifel an der Richtigkeit dieser Angaben führten im Jahre 1834 auch Lyell nach Schweden, der als Reise-Ergebniss die Bestätigung der von Buch gemachten Angaben aussprach und den mittleren Betrag der Erhebung des Landes mit 3 Fuss im Jahrhunderte angab. Er sprach aber auch die Meinung aus, dass der jetzt sich vollziehenden Hebung des Landes eine Periode der Senkung vorausgegangen sei, einer Senkung, die mindestens 64 Fuss betragen haben müsse, woraus er schloss, dass die noch heute andauernde Erhebung schon vor mehr als 2000 Jahren begonnen haben müsse, wenn sie sich in gleichmässigem Verlaufe vollzogen habe.

Am Schlosse zu Calmar machte Lyell die ersten sicheren Wahrnehmungen und berechnete daraus, dass daselbst im Laufe von 400 Jahren die Hebung nur 4 Fuss betragen haben könne; bei Södertelje, südwestlich von Stockholm, fand er recente Meeres-conchylien in 90 Fuss Höhe und in dem Thale daselbst bilden dieselben eine 60 Fuss hohe Terrasse. Dass man es dabei mit sicheren Meeresbildungen zu thun hat, konnte Lyell bei Kured, nördlich von Uddewalla, nachweisen, wo er in mehr als 100 Fuss Höhe das anstehende Gestein mit Balanen besetzt und mit Celleporen (Moosthierchen) überzogen fand.

Aehnliche Beobachtungen konnte später auch Brongniart anstellen. Dass, trotz der erwiesenen

Ungleichförmigkeit der Erscheinungen, in neuerer Zeit mehrfach die Ansicht ausgesprochen wurde: das Meeresniveau sei das der Veränderung unterworfen, muss wohl unser Verwundern wecken. Die Meinung, dass die Erde im Auf- und Niedersteigen begriffen sei, wurde unter Anderen z. B. von Wagner („Geschichte der Urwelt“, 1845) als eine „desperate Hypothese“ bezeichnet. Auf eine der neuesten Arbeiten eines solchen Gegners werden wir noch an anderer Stelle ausführlicher zurückkommen.

Zunächst wollen wir auch die Westküste Skandi-naviens, wo die Verhältnisse nicht weniger interessant liegen, etwas eingehender in Betracht ziehen, um so mehr, als gerade hierüber in den letzten Jahren mehrfache und zum Theile sehr eingehende Arbeiten veröffentlicht wurden. So von Kjerulf (1871 und 1873), Sexe (1872 und 1874), Reusch (1874, 1876 und 1878), Mohn (1876) und Pettersen (1870 bis 1878). Dr. R. Lehmann hat in einer sehr ansprechenden, kritischen Arbeit die Ergebnisse der genannten Forscher eingehend beleuchtet und werden wir im nachfolgenden seinen Auseinandersetzungen mehrfach folgen *).

Nachdem schon im vorigen Jahrhunderte das Vorkommen von Muschel-Ablagerungen an verschiedenen

*) Dr. R. Lehmann: Ueber ehemalige Strandlinien in anstehendem Fels in Norwegen. Programm der Real-schule I. Ordnung im Waisenhaus zu Halle. 1879. Dasselbst finden sich auch ausführliche Literatur-Angaben.

Stellen Norwegens constatirt worden war, wurde von Leopold v. Buch das Vorkommen von blauen Mergelthonen mit Seemuscheln, in Höhen von 400 bis 500 Fuss nördlich von Thronhjøm nachgewiesen. Genauere Studien über einschlägige Thatsachen wurden aber erst von Keilhau angestellt, der in seiner ausführlichen Arbeit (Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, I. Christiania 1837) darlegte, dass nach einer ganzen Reihe von Erscheinungen, von Cap Lindesnäs bis zum Nordcap, mit Sicherheit auf Erhebungen des Landes in vorhistorischer Zeit geschlossen werden müsse, dass aber keine sicheren Beweise für derartige Veränderungen in der neueren Zeit anzuführen seien. Seemuschel-Ablagerungen bis zu 470, ja bis zu 600 Fuss über dem heutigen Meeresspiegel und ausserdem Küstenterrassen oder alte Strandlinien über dem heutigen Wasserstande, werden als Beweise dafür angegeben, ohne dass jedoch auf die Entstehungsgeschichte der letzteren näher eingegangen worden wäre.

Zwei Jahre später wurden von M. A. Bravais eingehende Untersuchungen über das Auftreten der alten Strandlinien an der norwegischen Küste, im Altenfjord bei Hammerfest in der Finnmark, vorgenommen. Er unterschied daselbst zwei übereinanderliegende Strandlinien, die sich, vielfach unterbrochen, auf 16—18 Seemeilen hin verfolgen lassen sollen. Im Hintergrunde fand er die obere mehr als 67 Meter hoch, die untere in etwa 28 Meter Höhe; am Koma-

fjord soll die obere fast 52 Meter, die untere 20·5 Meter hoch liegen, bei Hammerfest endlich die obere in 28·6 Meter, die untere in 14·1 Meter Höhe auftreten. Das führte ihn dahin, anzunehmen, dass beide Linien, die, wie er selbst hervorhebt, an den verschiedenen Stellen vollkommen horizontal und also parallel zu einander zu verlaufen scheinen, in Wirklichkeit nicht nur seewärts geneigt sein, sondern auch convergiren sollen. Diese Angaben müssen heute mit Vorbehalt aufgenommen werden.

Die ausführlichsten Darlegungen über die Unrichtigkeiten der Schlüsse Bravais' hat neuerlichst K. Pettersen erbracht*), nachdem schon vor Jahren (1848 und 1849) R. Chambers seinen Zweifeln darüber Ausdruck gegeben hatte. Pettersen sagt, dass Gründe zu der Annahme vorlägen, Bravais habe Bruchstücke verschiedener Strandlinien und Terrassen, als Theile einer und derselben Linie mit einander verbunden.

Unter dem Namen „alte Strandlinien“ versteht man in Norwegen horizontale Einschnitte an Felsabhängen der Küsten, welche sich, wenn sie gut erhalten sind, so ausnehmen, dass sie Lehmann geradezu mit, durch Einsprengung in die Felswand angelegten Wegen vergleicht. Es sind somit in festem, anstehenden Fels eingemagte Furchen, zum Unter-

*) Ueber die in festem Fels ausgegrabenen Strandlinien. Christiania 1878 Arch. for Math. og Naturvid. III 182—223.

schiede von den „Terrassen“, welche in angeschwemmten, losen Materialien auftreten. Auf dem untenstehenden Holzschnitte (nach Mohn: Magazin for Naturvidenskaberne, XXII. Bd. 1876, S. 25) ist eine doppelte Strandlinie von Grøtnes an der Südostseite der Felseninsel Renö am Grøtsund (nordöstlich von Tromsø) dargestellt. Die untere liegt circa 16·6, die obere circa 35·8 Meter über dem Meeresniveau. Sie laufen vollkommen parallel mit einander

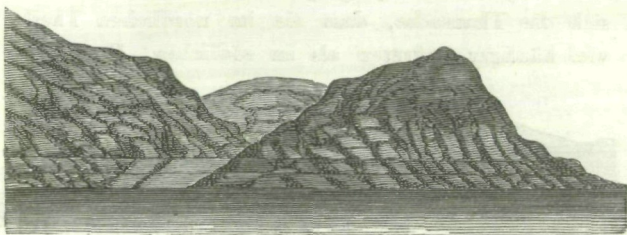


Fig. 2.

Strandlinien und Terrassen von Grøtnes (Südostseite der Insel Renö, 69° 50' n. Br.).

und lassen am Ausgange des Thales auf das deutlichste, in ganz gleicher Flucht, zwei Terrassen erkennen. An jeder der „Strandlinien“ ist rechts am Felsabhange deutlich die Stufenbildung ersichtlich.

Einen etwas anderen Anblick gewährt die zweite, derselben Quelle entnommene Abbildung, von der Nordseite der Insel Lekö (65° 8' n. Br.), nördlich von Thronthjem. An derselben erkennt man eine deutliche Stufe, in einer Höhe von 107 Meter über dem Meere. Ausserdem sieht man aber auch Fels-

massen aufragen, welche ganz gut eine Vorstellung gewähren können, wie die an den Küsten auftretenden Riffinseln (Skjären), bei Hebung des Landes, mit dem Festlande in Verbindung treten müssen.

Die Anzahl der sicher erkannten alten Strandlinien beträgt nach der von Lehmann (in geographischer Anordnung) gegebenen Zusammenstellung dermalen 120. Sie sind theils einfach, theils doppelt. In Bezug auf ihre geographische Verbreitung ergibt sich die Thatsache, dass sie im nördlichen Theile viel häufiger auftreten als im südlichen. Ihre Lage



Fig. 3.

Strandlinie an der Nordseite der Insel Lekö (65° 8' n. Br.).

in Bezug auf das heutige Niveau des Meeres ist recht veränderlich. So wird eine einfache Linie bei Grytö in einer Höhe von nur 10 Meter, eine doppelte dagegen bei Throndhjem in circa 150 Meter (die untere) und 170 Meter (die obere) angegeben. Einzelne Strandlinien konnten auf ziemlich weite Entfernung hin in vollkommen horizontalem Verlaufe verfolgt werden, so ein Linienpaar an der Ostseite von Renö (69° 52'—70°), auf eine Strecke von 20 Kilometer! Auch bei manchen weit von einander abstehenden Linien wurde ihre Zusammengehörigkeit erkannt.

Ihr Erhaltungszustand lässt übrigens in vielen Fällen Manches zu wünschen übrig. Man erkennt sie oft von weitem recht gut, kann sie aber an Ort und Stelle am Felsgehänge selbst nicht wieder auffinden, oder man sieht sie nur bei einer gewissen Beleuchtung und von gewissen Standpunkten aus. So erzählt Lehmann (l. c. 18), dass die schöne untere Throndhjemer Strandlinie im Jahre 1870 noch nicht bekannt gewesen sei und dass Kjerulf dieselbe zuerst an einer, in einem Schaufenster ausgestellten Photographie erkannt, und sie dann, bei schöner Morgenbeleuchtung, die Sonne im Rücken, von den Strassen der Stadt nach jenen Bergen blickend, in überraschender Klarheit vor sich gesehen habe!

Auf weite Strecken sind solche Strandlinien förmlich ausgelöscht durch Einwirkung der Verwitterung und der Vegetation. Vielleicht sind sie auch aus dem Grunde im Süden viel spärlicher, weil sich dort die Verwitterung rascher vollzieht als weiter im Norden.

Die ebene Oberfläche dieser Einkerbungen ist in der Regel etwas Weniges seewärts geneigt und gegen den Felsabhang hin durch einen fast lothrechten, ja in einigen Fällen förmlich überhängenden Absturz begrenzt. Ihre Breite beträgt bis zu 12·5 Meter.

Diese so merkwürdigen Bildungen wurden auf recht verschiedene Weise zu erklären gesucht. Manche dachten an Gletscherwirkung, so z. B. Sexe, obschon er nur an einer einzigen Stelle und noch dazu nur wenig

deutliche „Spuren von Eisscheuerung“ zu constatiren vermochte. Der weithin horizontale Verlauf der Strandlinien, ihr Auftreten tief im Hintergrunde der Fjorde, sowie ihre gleichmässige Fortsetzung über alluviale Anschwemmungen, scheinen mir die besten, der gegen Sexe's Ansicht sprechenden, auf That-sachen beruhenden Erwägungen zu sein. Sexe will übrigens durch seine Hypothese auch die Annahme der Strandlinien, als hochwichtige Beweise für die vollzogene Hebung, bestreiten.

Einen ganz anderen Gedankengang verfolgt Karl Pettersen. Er meint, dass treibende Eisschollen die Strandlinien eingegraben hätten. Eine Ansicht, welche übrigens schon viel früher von Keilhau, freilich nur nebenbei, ausgesprochen worden war. Dass der horizontale Verlauf der Strandlinien, ihr schon wiederholt betontes Zusammenfallen mit den Alluvial-Terrassen, auf ihre ehemalige Lage in der Nähe früherer Meeresstände hinweist, gibt Pettersen zu, ja er spricht sogar für die ununterbrochene Fortdauer der Hebung des Landes, indem er Aenderungen der klimatischen Verhältnisse annimmt, so dass nur zeitweise jene von ihm angenommenen Eisschollenzüge den Strand abgescheuert haben sollen. Dadurch wird aber die Wahrscheinlichkeit seiner Hypothese nicht wenig vermindert, die übrigens auch durch das, was wir über die Wirksamkeit der Eisberge und Eisschollen dermalen wissen, nicht sonderlich gestützt wird. Die dritte,

zuerst von Bravais und neuestens auch von Kjerulf und Mohn angenommene Erklärung der Entstehung von Strandlinien, als Folge der Wirkung des brandenden Meeres, hat wohl die meiste Berechtigung für sich, nach Allem, was wir bisher über analoge Vorgänge, in den verschiedensten Theilen der Erde, erfahren haben. Wir wissen, dass dort, wo das Gestein der Küste aus hartem Fels besteht, die Strandstufen schmal und wenig entwickelt sind, während sie in leichter zerstörbaren Gesteinen, oft mehrere hundert Meter breit werden können. Dass sie an Küsten, welche der Einwirkung der Gezeiten ausgesetzt sind, am kräftigsten in der halben Fluthhöhe ausgebildet sind, ist gleichfalls allbekannt. Dass dabei den vom Meere bewegten Gesteinstrümmern, den Rollsteinen, eine wichtige Rolle zukommt, ist wohl vollkommen klar. Dass unter gewissen Umständen, wenn Rollsteine längere Zeit an derselben Stelle herumbewegt werden, topfartige Vertiefungen (Riesentöpfe) auch als Folge der Wellenthätigkeit des Meeres entstehen können, kann gleichfalls angenommen werden.

Die grosse Schwierigkeit bei der Erklärung der alten Strandlinien, unter der Annahme einer fort-dauernden, allmählig sich vollziehenden Hebung, liegt nur in ihrer verschiedenen Vertheilung an den Abhängen; dass sie aber auf die Wirkung der brandenden Wellen zurückzuführen sei, dürfte ausser allem Zweifel stehen. — Unter Annahme von Ruhepausen während der Erhebung des Landes, liessen sich die in grossen Ab-

ständen von einander auftretenden Strandlinien wohl viel leichter erklären. — Darüber werden aber erst weiter ausgeführte Untersuchungen vollkommenes Licht verbreiten.

2.

Nun lassen Sie uns aber die Rundreise antreten, herum um die Festlandsmassen der Erde, und lassen sie uns dabei die Küstenstriche in Bezug auf ihr Verhalten: ob sinkend oder steigend, in's Auge fassen, um auf diese Weise eine Uebersicht über die dermalen mit grösserer oder geringerer Sicherheit nachgewiesenen Vorgänge zu erhalten.

Es sei dabei jedoch gleich von vorneherein bemerkt, dass es nicht ohne gelegentliche Aufenthalte, an der einen oder anderen Stelle abgehen wird, wenn wir gleich im Allgemeinen nur die Thatsachen verzeichnen werden *).

Ein Blick auf die beigegebene Karte wird das Gesagte unterstützen und die Uebersichtlichkeit vermehren.

*) Eine sehr ausführliche Darstellung der an den Küsten constatirten Niveauveränderungen verdanken wir Herrn Dr. F. G. Hahn. (Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten. Ein Beitrag zur allgemeinen Erdkunde, 1879, Leipzig, Verlag von W. Engelmann.) In diesem Werke sind übrigens, so weit dies überhaupt möglich ist, nur die in der Gegenwart sich vollziehenden Veränderungen berücksichtigt.

1. Europa: am Atlantischen Ocean und an der Ostsee.

Hiebei beginnen wir mit der grossen nordwestlichen Scholle: Skandinavien und Finnland, von der wir soeben ausführlicher gesprochen haben. Wir haben es hier nach dem Gesagten mit einem ausgezeichneten Hebungsgebiete zu thun, wenngleich die Verhältnisse nicht so einfach liegen, als man früher gewöhnlich angenommen hat. Die grössten Werthe erreicht die Erhebung zwischen Stockholm und Gefle — (bei Oeregrund beträgt dieselbe 1·14 Meter für ein Jahrhundert) — und an der nördlich davon gelegenen Küste von Norrland — (hier beträgt die Hebung bei Sundvall 1·36 Meter). Dazwischen liegt ein Gebiet geringerer Hebung und auch weiter im Norden, sowie weiter südlich von Stockholm bis nach Calmar nimmt der Betrag der Hebung wesentlich ab. Hieraus folgt, dass man für die Hebungen an der Ostküste Skandinaviens eine wellig gekrümmte Linie erhielte, wenn man die Maasse der Hebung, in den entsprechenden Abständen, längs einer das Meeresniveau vorstellenden Linie (als Ordinaten) auftragen würde.

Was die westliche Steilküste Skandinaviens anbelangt, so steht fest, dass auch diese, von Cap Lindesnäs, der Südspitze Norwegens, bis zum Nord-Cap fast durchweg in Hebung begriffen ist, wenn der Betrag der Hebung auch weniger beträchlich zu sein scheint, als an der Küste des Bottnischen Meerbusens und sich auch weniger leicht feststellen lässt. Aehnlich so

verhält sich aber auch die finnländische Küste, ja überhaupt die ganze östliche Küste der Ostsee, von Tornea bis nach Estland, bis an den Riga'schen Meerbusen. Im südlichen Finnland soll die Hebung nach Hallstén 0.63, im nördlichen aber ca. 1.3 Meter im Jahrhundert betragen. Für den Bottnischen Meerbusen hat man es versucht, gestützt auf die Tiefenverhältnisse und die bisher bekannt gewordenen Angaben für die Hebung, festzustellen, wie sich die Umrisse dieses Meeres bei Fortdauer des Aufsteigens, im Zeitraume der nächsten Jahrtausende, gestalten müssten. Es würden sich besonders im nördlichen, seichten Theile wesentliche Veränderungen ergeben, während sich die westliche Küste verhältnissmässig wenig verändern würde. (Man vergleiche die Kartenskizze in Reclus-Ule: Die Erde, I, S. 481.) Haben wir vorhin das Hebungsgebiet, mit abnehmendem Betrage, bis in die Gegend von Calmar nach Süden verfolgt, so ist nun noch die merkwürdige Thatsache beizufügen, dass der südlichste Theil von Schweden, freilich nur ein verhältnissmässig sehr kleiner Theil der skandinavischen Halbinsel, ein sicher erkanntes Senkungsfeld vorstellt, was neben Anderem auch durch überfluthete Torflager bewiesen werden konnte.

Aber auch auf der norwegischen Hälfte Skandi-naviens werden zwei Punkte mit „localer“ Senkung angeführt, nämlich Arendal und Skavanger im südlichen Theile des Landes, während die Südspitze wieder einen der am sichersten erwiesenen Hebungs-

punkte, unweit Cap Lindesnäs aufweist, wo z. B. zwei alte, zum Theile mit Steinen eingefasste Docks (Schiffbergeplätze), etwa 1·17 Meter über dem Wasserspiegel aufgefunden wurden.

Die deutsche Ostseeküste befindet sich gegenwärtig im Zustande der Senkung, was wohl nicht durch zahlenmässig sichergestellte Veränderungen in den Wasserstandshöhen, wohl aber durch directe Beobachtungen sehr verschiedener Art; wenigstens für Ostpreussen als erwiesen gelten kann. Zunehmende Versumpfung, unterseeische Torfmoore und versunkene Wälder, sowie Landverminderung an verschiedenen Punkten (auch noch im Mecklenburgischen), in Folge des eindringenden Meeres, sind diese Beweise. Die Senkungs-Erscheinungen lassen sich weiterhin durch das südliche Jütland zur Festlandsküste der Nordsee, durch Holland, Belgien, Nordfrankreich, ja bis an den südöstlichen Theil des Biscayischen Meeres verfolgen. Dabei ist als ziemlich feststehend anzunehmen, dass z. B. im südlichen Jütland und auf dem Gebiete der dänischen Inseln Hebungs- und Senkungsperioden mit einander abgewechselt haben.

Das nördliche Jütland zeigt dagegen vielfach Spuren vormals grösserer Meeresbedeckung, doch dürfte die sich gegenwärtig vollziehende Hebung, den Betrag von 0·3 Meter im Jahrhundert nicht übersteigen.

Dass Helgoland früher eine grössere Ausdehnung hatte, liess sich mit Sicherheit feststellen, wieviel von diesem Landverluste jedoch auf Rechnung der Sen-

kungs-Vorgänge und wie viel auf die Wirkung der Sturmfluthen zu setzen ist, wird schwer festzustellen sein.

Für Holland wurde die Senkung an einigen Stellen auf 1·2 Meter im Jahrhundert berechnet. Dass die Dünen allmähig immer mehr Terrain im Westen verlieren ist sicher, das Mass des Eindringens des Meeres, — abgerechnet die rapiden Fortschritte bei Sturmfluthen, — wird zwischen 0·9 bis 5 Meter jährlich angenommen! Von der französischen Küste liegen sehr viele Beobachtungen vor, aus welchen sich ergibt, dass an derselben das Mass der Niveau-Veränderungen ein ungemein wechselndes ist. Bei Calais werden Hebungsspuren angeführt, desgleichen bei der Somme-Mündung. Dagegen haben wir in dem Mündungsgebiete der Seine und weiter hin bis an die Loire Senkungen zu verzeichnen. In der Vendée herrscht wieder Hebung, während die Gironde in einem sicheren Senkungsgebiete mündet. Im Grossen und Ganzen herrschen somit sicherlich die Senkungen an der westfranzösischen Küste vor.

Für die Küsten der pyrenäischen Halbinsel fehlen sichere Nachrichten; nur für die Südküste Spaniens, besonders in der Nähe der Strasse von Gibraltar, werden Hebungen angenommen. — Doch kehren wir noch einmal zurück, um die Verhältnisse an den britannischen und irländischen Küsten in Betracht zu ziehen, bevor wir in das Mittelländische Meer eindringen. Auch hier haben wir es vorherrschend

mit Senkungen zu thun. Der südwestlichste Theil Englands dagegen scheint, nach einer vorhergegangenen Hebungsperiode, nun seit langer Zeit, seiner Höhenlage nach, im Ganzen unverändert geblieben zu sein, und nur für die schottischen Küsten ist Hebung sicher nachgewiesen. Strandlinien, sowie heute tief im Lande liegende römische Hafenbauten, zeigen dies ganz unzweifelhaft und es scheint auch mit Sicherheit angenommen werden zu können, dass der Caledonische Canal einst eine Meeresstrasse gewesen sei.

Was die Küsten des Mittelländischen Meeres anbelangt, so haben wir auch hier aufsteigende und sinkende Striche zu verzeichnen. Aufsteigend verhalten sich im Allgemeinen die Küsten des westlichen Mittelmeerbeckens, mit Ausnahme eines Striches an der algerischen Küste, und der nördlichen Hälfte der Insel Sardinien. Im östlichen Becken dagegen haben wir ausgedehnte Senkungsgebiete, und zwar an der Südküste, von Tripoli ostwärts bis an die Enge von Suez, eine kurze Strecke weit an der Ostküste des levantischen Meeres (bei Beirut) und im Mündungsgebiete des Mäander. Eine der merkwürdigsten Küsten mit Senkungs-Erscheinungen ist die Nord- und Ostküste der Adria, von Venedig bis an den Golf von Patras. Auch die Osthälfte von Candia soll Senkungs-Erscheinungen erkennen lassen. Sicilien, Morea, die Nord- und Ostküste des Archipel, die Küsten des Pontus euxinus und der grössere Theil

der kleinasiatischen Küstenstriche, sind als Hebungsgebiete zu bezeichnen.

Wie beträchtlich z. B. die Hebung Siciliens in den letzten geologischen Zeitabschnitten war, das geht aus der Thatsache hervor, dass F. Hoffmann („Reise durch Italien“) Meeres-Conchylien oberpliocänen Alters, die jedoch mit recenten auf das beste übereinstimmen, bei Caltanisetta, 1100 Meter hoch, angetroffen hat. Die Westküste Siciliens muss sich, nach verlässlichen Angaben in den letzten 2300 Jahren um etwa 5 Meter gehoben haben. Von den Erscheinungen am Golfe von Neapel braucht nur andeutend gesprochen zu werden. Derselbe ist, wie wir aus den ausführlich besprochenen Vorgängen am Serapis-Tempel bei Puzzuoli gesehen haben, Schauplatz von wiederholten Hebungen und Senkungen gewesen, welche sich zum Theile in recht beträchlichem Masse vollzogen haben. Wir wollen nur noch bei den an den Küsten der Adria herrschenden Vorgängen etwas verweilen. Während auf der westlichen (italienischen) Seite Hebungs-Erscheinungen auf weite Erstreckung vorherrschen, ist, wie schon erwähnt, die ganze Ostseite einer Senkung unterworfen, was durch eine ganze Reihe von Thatsachen sichergestellt ist. Die Angabe Peschel's (neue Probleme, S. 109), dass schon ein Blick auf die Küsteninseln dies errathen lasse, ist wohl nicht ganz stichhältig, da ja Küsteninseln in ganz ähnlicher Ausbildung auch an sich hebenden Küsten

vorkommen, wie die an Inseln und Klippen reiche steigende Küste Norwegens zeigt, bei welcher von Hahn (l. c. 154) auf die merkwürdige Thatsache hingewiesen wurde, dass die Skjären gerade an den der Senkung unterworfenen Strichen fehlen! Ob die felsigen Küstenseinseln die letzten Reste der sinkenden oder die ersten wieder auftauchenden Höhen eines sich wieder hebenden Landes sind, ist auf den im Vollzuge stehenden Vorgang in diesem Falle ohne sonderlichen Einfluss.

Nicht übersehen darf an dieser Stelle werden, dass an der sinkenden Nordwestküste der Adria die Zufuhr von Alluvialschutt so gross ist, dass trotz des sicher constatirten Versinkens des Landes, dennoch ein Wachsthum der Deltabildungen im seichten Meere, ein Sichvorschieben des Landes gegen das Meer vorwaltet, ähnlich so, wie es sich auch im sinkenden Deltalande des Nil vollzieht. — Erwähnt sei schliesslich in Bezug auf das Mittelmeer das eigenthümliche Verhalten der Insel Kreta, deren Westseite deutliche Hebungsspuren zeigt, während die Ostseite, wie schon angeführt wurde, ebenso bestimmte Merkmale der Senkung erkennen lässt.

Setzen wir unsere Küsten-Umfahrt in Afrika fort und beginnen wir im Mündungsgebiet des Nil, dessen Senkung wir schon erwähnten. Im Gebiete der nahen Landenge von Suez wurde schon im vorigen Jahrhunderte (1762 und 1763) durch Carsten Niebuhr „ein lebhaftes Wachsen des Landes gegen das Meer erkannt“. — Bei diesen hoch interessanten Ver-

hältnissen wollen wir einen Augenblick verweilen. Sie sind in neuester Zeit besonders durch Herrn Custos Th. Fuchs ausführlich erörtert worden. (Denkschriften d. Ak. d. W. math.-naturw. Cl. XXXVIII. Band 1877).

Durch den niederen, kaum 120 Kilometer breiten Landstrich, der heute von dem Suez-Canal durchzogen ist, werden zwei, in Bezug auf ihre Thierbevölkerung fundamental verschiedene Meeresbecken von einander geschieden. — Schon Niebuhr hat auf die Thatsache hingewiesen, dass der Meerbusen von Suez früher nicht nur tiefer gewesen sei als jetzt, sondern dass er auch weiter nach Norden gereicht haben müsse, was er an den abgestorbenen Muschel-Ansiedelungen erkannte, die er in höheren und trockenen Lagen, weit über dem Spiegel des heutigen Meeres auffand. Die Brüder Schlagintweit erzählen sogar von Strandlinien „mit noch jetzt lebenden Meeresschnecken“, in der Wüste unweit Suez.

Hören wir nun aber, dass nach den von Lesseps veröffentlichten Mittheilungen (man vergleiche Fuchs l. c. S. 2), die Bitterseen (20 Kilometer) nördlich von Suez, bis in das 8. Jahrhundert in Folge der periodischen Ueberschwemmungen des Rothen Meeres von brackischem Wasser erfüllt waren, dass das ganze Gebiet bis zu dem, (70 Kilometer von Suez entfernten) Timsah-See „aus ganz jungen Ablagerungen des Rothen Meeres besteht, in denen sich, in der Umgebung der Bitterseen, eine etwas

ältere, rein marine und eine jüngere halbbrackische Abtheilung unterscheiden lassen“, hören wir dann weiter, dass die, in den marinen Ablagerungen gefundenen Thierreste fast ausschliesslich von solchen Arten herrühren, welche heute noch im Rothen Meere leben, so ergibt sich daraus die frühere Grenze dieses Meeres ganz gut, und können die betreffenden Ablagerungen mit vollem Rechte als gehobene Strandterrassen des Rothen Meeres angesehen werden.

Andererseits aber geht aus den von Fuchs angestellten Beobachtungen mit voller Sicherheit hervor, dass bis El Kantara und noch darüber hinaus in dem schwarzen sandigen Boden nur Mittelmeer-Formen gefunden wurden, ja dass auch noch die Seen von Ballah als abgeschnürte Mittelmeer-Lagunen aufzufassen sind, ganz ebenso wie der See von Menzaleh. Es bleibt sonach nur eine kaum 30 Kilometer (4 Meilen) breite und nur circa 15 Meter über den Wasserspiegel des Canals aufragende Bodenschwelle zwischen den beiden Meeren zurück, die als eine Flussanschwemmung aufgefasst wird, die abgelagert wurde durch einen Arm des Nil.

Mit Recht ruft Fuchs aus, „dass es auf der ganzen Erde keinen Punkt gibt, an dem zwei so fundamental verschiedene Meeresfaunen so nahe an einander rücken würden, wie am Isthmus von Suez, wo auf der einen Seite die gemässigte Mittelmeer-Fauna, auf der anderen eine Fauna von vollständig tropischem Charakter vorkommt“.

An der Nordküste Afrikas ist bis über Barka hinaus eine Senkungszone zu verzeichnen. Während also der südliche Theil der Strasse von Suez auf einem sicheren Hebungsgebiete liegt, herrscht im nördlichen Theile derselben dermalen Senkung. Ein Senkungsfeld liegt auch an der algerischen Küste und zwar im östlichen Theile, während der westliche in aufsteigender Bewegung begriffen ist. Auf der Credner'schen Karte (l. c. Tafel 3) wird auch für die Küste von Marocco verschiedenes Verhalten angegeben: Aufsteigen im Norden, Sinken im südlichen Theile. Ausserdem ist nur noch anzugeben, dass an der Ostseite Afrikas, von Natal angefangen bis nach Sansibar, Hebungen vorherrschen. Senkungen werden dagegen in der äquatorialen Gegend verzeichnet. Das Rothe Meer mit dessen Nord-Ende wir uns schon beschäftigt haben, zeigt Hebungs-Erscheinungen im ganzen Umkreise, nur ist das Aufsteigen im nördlichen Theile beträchtlicher als in der südlichen Hälfte. Die gehobenen Korallenbänke liegen nämlich im Norden 9 bis 12, im südlichen nur $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Meter über dem Meeresspiegel.

Auch an den Südküsten Asiens sind fast durchgehends Hebungsvorgänge nachgewiesen worden: Von Arabien bis Hinterindien. Als eine locale Senkung neuesten Datums ist das Land im Osten von der Mündung des Indus schon erwähnt worden. In Bezug auf das Deltaland des Ganges und Bramaputra gehen die Angaben sehr auseinander, die Einen

(Peschel und Reclus) schliessen auf Senkung, während Andere (darunter Hahn und Credner nach Tergusson) eine Hebung des Landes annehmen.

Hebungs-Erscheinungen sind sodann an den Küsten von Madagaskar und an den vulkanischen Maskarenen zu verzeichnen, während sich die Comoren, die im Südosten von den wahrscheinlich gleichfalls sinkenden Seychellen liegenden Riffe, sowie die niederen und Atoll-Inseln der Chagos-Malediven- und Laccadiven-Archipel eine grosse Senkungszone bezeichnen, die eben durch das Vorkommen von Korallen-Ring-Inseln auf das vortrefflichste charakterisirt wird. (Darwin.)

Ceylon, sowie die Inselreihe von den Andamanen, über Sumatra, bis nach Timor, sind als aufsteigend anzunehmen. was vorzugsweise aus dem Auftreten von Strandriffen erhellt. Auch Hinterindien erhebt sich aus dem Meere. F. v. Richthofen sagt über das Mündungsgebiet des Saluen, dass das Land geradezu unter den Augen der Bewohner wachse.

An der Ostküste von Asien haben wir Hebungsgebiete im südlichen Theile, in Siam und Cambodja und sodann von der Mündung des Hoangho, um den Golf von Petschi-li, über Korea, Japan, die Kurillen bis nach Kamtschatka, zu verzeichnen, während das Küstengebiet von Anam und Tong-king, sowie die Strecke zwischen dem Wendekreise und der Yang-tse-Mündung sichere Anzeichen des Sinkens erkennen lassen. Die schon früher erwähnten stationär blei-

benden Schlammflächen an den Mündungen der südchinesischen Flüsse sprechen auf das Beste dafür.

Nach F. v. Richthofen sollen die in der Hangtscheu Bucht (30 Grad n. Br.) liegenden Tschusan-Inseln und die davon nach Südwest ziehende Bergkette eine Stillstandszone, beziehungsweise eine Drehungs-Achse bezeichnen, so dass nach Norden davon Hebung, nach Süden aber Senkung des Landes stetig zunimmt. „Dadurch sind die ungeheuren Anschwellungen der Riesenströme des Nordens in Ebene verwandelt worden, während die allerdings geringeren der südlichen Flüsse unter Wasser bleiben. . . . An der neutralen Stelle umsäumen breite Schlammflächen im Niveau der Fluth das Land. Sollte sich die Bewegung umkehren, so würde schon bei geringem Betrage die nördliche Ebene unter dem Meere verschwinden, im Süden aber ein Küstenstrich von Alluvialland geschaffen werden.“

Der indische Archipel, dessen südliche Hebungszone wir schon erwähnten, ist in seiner ganzen Ausdehnung vorwaltend durch Hebungs-Erscheinungen ausgezeichnet, so dass sich die Hebungsgebiete nordwärts über die Philippinen, über Formosa und die Liu-kiu-Inseln bis nach Japan verfolgen lassen, während sie sich nach Osten bis zu den Marianen ausdehnen. Nur zwei Senkungsgebiete von grösserer Ausdehnung lassen sich sicher constatiren: das eine nordwestlich von Borneo im südchinesischen Meere, das vielleicht mit dem erwähnten sinkenden Anam und Tong-king

zusammenhängt, und das der Arou-Inseln im Südwesten von Neu-Guinea, das sich wohl an die Nord- und Ost-Australien umsäumenden Senkungszone anschliessen dürfte. Ob die durch die Atollbildung charakterisirten sinkenden Keelings-Inseln als ein Verbindungsglied, zwischen dem im Norden von Australien liegenden Senkungsgebiete mit jenem des indischen Oceans angenommen werden könnte, muss wohl dahingestellt bleiben; es erscheint jedoch nicht unwahrscheinlich. — Was die Küsten des Austral-Continentes anbelangt, so dürfte (nach Hahn) für Nord- und Westaustralien mit einiger Sicherheit Hebung anzunehmen sein. Besonders interessant gestalten sich die Verhältnisse an der Ostküste, vom Cap York bis in die Nähe des Sandy-Cap. Diese Küste ist nämlich von ausgezeichneten Damm- oder Canal-Riffen begleitet, welche mit voller Sicherheit auf Senkung schliessen lassen. Nun wurden aber gerade in neuester Zeit Beobachtungen gemacht, (Versandungen und über dem Flusswasserspiegel liegende Auswaschungslöcher und Höhlen), woraus mit Sicherheit gefolgert werden kann, dass die Senkungsperiode einer Periode der Wiederaufsteigung Platz gemacht hat. — An der Südküste von Victorialand und an der Nordküste des gegenüberliegenden Tasmanien werden Hebungs-Erscheinungen angegeben, so dass hienach fast die gesammten bis jetzt bekannt gewordenen australischen Küstenzüge als aufsteigende bezeichnet werden könnten.

Werfen wir nun einen Blick auf das ungeheure Becken des pacifischen Oceans, so finden wir hier an den winzigsten Inselchen vielfache Andeutungen dafür, ob sie im Sinken oder im Aufsteigen begriffen sind. Die schönsten und überzeugendsten Andeutungen bestehen in der schon früher besprochenen Art und Weise des Auftretens der Korallenbauten. Ehe wir darauf eingehen, soll jedoch das Verhalten Neu-Seelands in Kürze erwähnt werden. Nach v. Hochstetter und Haast trägt die nordwestliche Halbinsel des nördlichen Eilandes Spuren einer starken Senkung an sich; wie weit sich diese Senkungs-Erscheinungen an der Westküste der Nordinsel nach Süden erstrecken, ist nicht mit Sicherheit anzugeben. Da jedoch die Südinsel an ihrer ganzen Westküste niedersinkt und durch v. Hochstetter's Angaben, (nach dem Vorkommen der Reste der das Flugvermögens vollkommen entbehrenden Moa's auf beiden Inseln), auf eine ehemalige, nun aufgehobene Landverbindung geschlossen werden kann, dürfte auch die Annahme eines Versinkens der ganzen Westküste plausibel erscheinen. Die Westküste trägt dagegen deutliche Spuren eines allmäligen Auftauchens an sich, so dass also Neu-Seelands Küsten ganz entgegengesetztes Verhalten zeigen. Als Achse dieser eigenthümlichen Drehung nimmt v. Hochstetter eine Linie an, welche etwa parallel der Westküste verläuft und im Tauranga-Hafen an der Nordküste der Nordinsel endet.

Für die übrigen Inseln des pacifischen Oceans sind die von Darwin gegebenen Darstellungen massgebend.

Darnach haben wir vor Allem eine grosse, weit-hin reichende Senkungszone anzunehmen, welche sich, im Osten von den Philippinen beginnend, über die Palaos-Inseln, den Carolinen- und Marschall-Archipel, die Gilberts-, Phönix- und Ellice- oder Lagunen-Inseln, über die Gesellschafts-Inseln und den Tuamotu-Archipel (niedrige Inseln) bis zur Pitcairn- und Ducie-Insel erstreckt. Wie weit sie sich untermeerisch nach Osten fortsetzt, kann noch nicht angegeben werden.

Südlich davon tritt eine, durch kleinere Senkungsfelder etwas unterbrochene, aber gleichfalls in ähnlicher Erstreckung zu verfolgende Zone der Hebung auf, welche, im südlichen Theile von Neu-Irland beginnend, über die Salomon-Inseln mit einem südwestlichen Aste bis zu den Neuen Hebriden reicht, während sie sich über St. Cruz und Rotuma zu den Schiffer- oder Samoa- und Freundschafts-Inseln verfolgen lässt. Zwischen diesen und den westlich davon liegenden Neuen Hebriden liegt das alte Senkungsfeld der Fidschi-Inseln, in welchem jedoch auch einzelne Hebungs-Erscheinungen aus neuerer Zeit angegeben werden. Kleinere Hebungsgebiete werden durch die Cooks-Inseln, einige der Tubuai- (Austral-) Inseln und die Insel Elisabeth im südöstlichen Theile des Gebietes der niedrigen Inseln bezeichnet.

Westwärts der Hebungslinie: Salomon-Inseln — Neue Hebriden, hätten wir noch die Senkungszone des Louisiaden- und Neu-Caledonischen Archipels zu erwähnen, obgleich für den letzteren (nach Hahn, l. c. S. 731) ein Aufsteigen des südlichen Theiles immerhin möglich wäre.

Im Norden der grossen und breiten Senkungszone liegen die aufsteigenden Marianen- und Bonin-Inseln, sowie die in besonders rascher Hebung begriffenen vulcanischen Sandwich-Inseln.

Der von Darwin ausgesprochene Satz: dass die Hebungsfelder mit den Gebieten des Vulcanismus übereinstimmen und dass vulcanische Erscheinungen auf den Senkungsfeldern fehlen, kann noch immer als vollkommen zu Recht bestehend festgehalten werden.

Durch die Betrachtung der Verhältnisse in der Südsee wurden wir quer durch den Ocean gegen Südamerika hin geführt, wo wir nun unsere Umschau fortsetzen wollen.

Im südlichsten Theile von Patagonien sollen nach Hahn's Ausführungen (l. c. S. 80 ff.) beide Küsten die charakteristischen Merkmale von Senkungsgebieten tragen und den Rest eines früher einmal bis über die Falklands-Inseln hin ausgedehnten Landes vorstellen. Nach früheren Angaben — Agassiz fand z. B. in der Magalhaenstrasse, in 47 Meter Höhe über dem Meere, Muschelbänke mit recenten Muschel-Arten — wurde für die viel zerrissene West-

küste ein Aufsteigen angenommen. Hahn meint, dass diese Hebungsperiode wohl schon längst abgeschlossen sei. Entschieden ist hier die Frage nach dem bis jetzt erkannten durchaus nicht. — Weiter im Norden beginnt ein weithin reichender, sicher aufsteigender Küstenstrich, der sich bis in die Nähe von Lima erstreckt. Ueber diesen Landstrich haben hauptsächlich Darwin und Pöppig Nachrichten gegeben. Die Verhältnisse sind hier ganz besonders dadurch verwickelt, dass vielfach plötzliche Erhebungen durch Erdbebenwirkungen aufgetreten sind und noch auftreten, neben welchen jedoch offenbar ein fortwährendes säculares Aufsteigen sich vollzieht. Darwin sagt („Reise eines Naturforschers“, S. 410 ff.): „Ich habe überzeugende Beweise in Händen, dass dieser Theil des Continents von Südamerika, in der Nähe der Küste, mindestens von 400 bis 500, an einigen Stellen von 1000 bis 1300 Fuss, seit der Periode der jetzt lebenden Schalthiere erhoben worden ist; und weiter landeinwärts kann möglicherweise die Erhebung noch bedeutender gewesen sein.“ In Valparaiso soll nach derselben Quelle die Erhebung in 220 Jahren etwas weniger als 19 Fuss betragen haben, und in Lima soll der Boden während der Indianerperiode um 80 bis 90 Fuss gehoben worden sein. Das Maximum der Erhebung finden wir nach den von Hahn gegebenen Zahlen (l. c. S. 91) bei Valparaiso mit 396 Meter und südlich bei Concepcion mit 188 bis 305 Meter,

während sie bei Callao nur mehr 26 Meter beträgt.

Ganz nahe bei Callao haben wir übrigens auch ein Senkungsgebiet bei Lurin und auch der Meerbusen von Guayaquil (südlich von Quito) scheint auf einen Meeres-Einbruch hinzudeuten.

Was die Ostküste von Südamerika anbelangt, so haben wir dafür wieder von Darwin gemachte Angaben zu verzeichnen (l. c. S. 197): „Das Land vom Rio Plata bis nach dem Feuerlande, eine Entfernung von 1200 engl. Meilen (= 1800 Kilom.), ist als eine einzige grosse Masse, (in Patagonien bis zu einer Höhe von 300 und 400 Fuss), und zwar innerhalb der Periode der jetzt noch lebenden Seemuscheln, emporgehoben worden. . . . Die hebende Bewegung ist von mindestens acht langen Perioden der Ruhe unterbrochen worden, während welcher das Meer tief in's Land hineingefressen hat, wobei es die auf einander folgenden Höhen der Klippen und Böschungen bildete, welche die verschiedenen, wie Stufen eine hinter der anderen liegenden Ebenen trennen.“ Darwin führt an, dass die unterste Ebene 90, die höchste aber 950 Fuss hoch sei. Die offenen, trichterförmigen Mündungen der Flüsse lassen nach Hahn darauf schliessen, dass seit jener Hebungsperiode bereits wieder Senkung des Landes eingetreten sei. Auch für die La Plata-Mündung nimmt er dasselbe an. In Süd-Brasilien zeigt die Küste Hebungs-Erscheinungen. Bei Bahia und an der Trichter-

mündung des Rio San-Francisco zeigen sich jedoch schon wieder die Charaktere der Senkung. Auch das Mündungsgebiet des Marañon gibt sich deutlich als ein Senkungsfeld zu erkennen, indem die grossen Flussinseln nicht etwa Anschwemmungen ihre Entstehung verdanken, sondern als abgerissene Theile des alten Uferrandes erkannt worden sind. Von der Mündung des Orinoco bis Panama ist die Küste als aufsteigend zu bezeichnen.

Betrachten wir nun in Kürze die Küsten von Mittel- und Nordamerika und beginnen wir mit der Westküste, so sind an dieser Hebungs-Vorgänge anzugeben, von Panama bis über Panseca, sodann im Golf von Californien und an der Küste von Nieder-Californien, in der Nähe der Insel Vancouver und in der Nähe der Berings-Strasse.

An der Ostseite des Continentes haben wir zuerst die Hebungs-Erscheinungen an den Antillen zu erwähnen, welche fast durchaus von Strandriffen umgeben sind. Für Trinidad und Guadeloupe wird eine Art Wiege-Bewegung angenommen, wie wir sie auch bei Neuseeland und Kreta zu erwähnen Gelegenheit hatten. Ob auch die Bahama-Inseln derselben Kategorie zuzugesellen seien, ist wohl noch nicht ganz sicher gestellt. Hahn sagt freilich (l. c. S. 104) man könne dieselben mit einem Brette vergleichen „das nach Norden über das Wasser emporsteigt, nach Süden unter dasselbe hinabtaucht“. Die den Golf von Mexico umsäumenden Küsten sind fast durchaus als auf-

steigende zu bezeichnen. Nur das Mündungsgebiet des Mississippi scheint eine Ausnahme zu machen, ich sage scheint, weil die darüber gemachten Angaben noch immer nicht ganz entscheidend sind. Denn wenn man sagt, das Delta müsste stärker wachsen, wenn die Ablagerung der immensen Menge von Sinkstoffen noch durch ein Aufsteigen des Landes unterstützt würde, so könnte da immerhin eine Täuschung unterlaufen, da man das In-sich-zusammensinken und das flache Ausbreiten der Schlamm-Absätze nur zu leicht unterschätzen könnte. Darüber können erst länger fortgesetzte Sondirungen des ganzen (auch des unterseeischen) Deltas sichere Ueberzeugung verschaffen.

Florida ist bekanntlich zum grössten Theile als eine recente, noch fortwachsende Korallenbildung aufzufassen, doch scheint es keine wahrnehmbare Bewegung zu besitzen, was um so weniger zu verwundern ist, als es „zwischen der aufsteigenden Zone der grossen Antillen und der Senkungszone im Osten der Vereinigten Staaten“ — als eine neutrale Zone — in der Mitte liegt.

Die Ostküste der vereinigten Staaten ist in ihrer ganzen Erstreckung im Sinken begriffen. Allenthalben zeigen sich die grossartigsten Spuren von verheerenden Einbrüchen des Meeres gegen das flache Land, Verhältnisse, welche vielfach an jene der flachen Südküste der Nord- und Ostsee erinnern. Vorliegende, alte Uferlinien bezeichnende Inseln, weit ins Land

hineinreichende, an die Haffbildungen erinnernde Sunde, mit versunkenen Wäldern, und trichterförmige Flussmündungen, zeigen sich an vielen Stellen und sprechen um so lebhafter für das langsame Versinken des Landes — (dasselbe soll nach Cook etwa 0.6 Meter für ein Jahrhundert betragen) — als hier keine Sturmfluthen mit ins Spiel kommen. Das Senkungsgebiet scheint aber auch weit nach Osten zu reichen, denn auch die Bermuda-Inseln zeigen Senkungs-Erscheinungen.

Neu-Fundland ist im Aufsteigen begriffen und auch für Labrador werden, freilich der Zeit nach nicht sicher bestimmte, Hebungsspuren angegeben.

Schliesslich wollen wir nun auch noch die arctischen Länder in Betracht ziehen. In erster Linie ist dabei Grönland zu erwähnen, dessen südlicher Theil im Sinken begriffen ist, während für den nördlichen Theil neuerlichst wenig sichere Hebungs-Anzeichen angegeben wurden.

Ueber den nordamerikanischen Polar-Archipel sind keine sicheren Beobachtungen zu verzeichnen, obzwar es nicht an Angaben von Hebungen an verschiedenen Stellen fehlt. Für die Nordküste Asiens, sowie für die neusibirischen Inseln, für Novaja Semlja und das Kaiser Franz Josefsland und für Spitzbergen werden Hebungs-Erscheinungen angegeben; ebenso für die Insel Jan-Mayen und für Island, so dass wir daraus auf ein ungemein weit ausgedehntes arctisches Hebungsgebiet schliessen können, welches nur durch

die Senkung an der Südwestküste Grönlands unterbrochen wird.

Verfolgen wir die im Vorstehenden verzeichneten Angaben, oder überblicken wir die Darstellung auf der beiliegenden Karte, so finden wir, dass an den Küsten der Continente die Hebungen im Allgemeinen vorherrschen, ohne dass es uns möglich wäre, eine Gesetzmässigkeit herauszufinden. — Es sei nur noch hervorgehoben, dass wir bei unseren Darlegungen bemüht waren, in erster Linie die gegenwärtigen Vorgänge ins Auge zu fassen, dass es aber in gar vielen Fällen schwierig ist, zu entscheiden, ob die eine oder andere Erscheinung eine noch heute fortdauernde Erhebung oder aber ein in der Vergangenheit vollzogenes Aufsteigen beweise.

Haben wir uns auf diese Weise in flüchtiger Umschau, so gut es ging, eine Vorstellung von den in der Gegenwart sich vollziehenden Niveau-Veränderungen verschafft, so können wir es uns nun doch nicht versagen, auch die der Zeit nach aufeinander folgenden, zum Theile allmäligen, säcularen, theils aber wohl auch durch grandiose, mehr oder weniger instantane (plötzliche) Vorgänge unterbrochenen Hebungs- und Senkungs-Processse ins Auge zu fassen und beispielsweise in zwei räumlich weit von einander ab liegenden Regionen der Erde ganz in Kürze in Betrachtung zu ziehen. Wir wollen dazu zwei Gebirgs-Regionen wählen: die Alpen in Europa und die Rocky-Mountains im Herzen Nordamerikas. —

Vorerst aber wollen wir nur noch, um gewissermassen einen Uebergang herzustellen, der in den jüngeren Erdperioden vor sich gegangenen Veränderungen in der Vertheilung von fest und flüssig in Kürze gedenken, um so mehr, als es ja, wie wir aus dem Vorhergehenden ersehen konnten, in vielen Fällen schwer war, die Erscheinungen, die auf gegenwärtig sich vollziehende Prozesse hinweisen, auseinander zu halten von jenen, welche schon in vorhistorischer Zeit zum Abschluss gekommen sind. Peschel hat darüber in einem seiner schönen Aufsätze in den neuen Problemen: „Ueber die Verschiebung der Welttheile seit den tertiären Zeiten“ berichtet. Auf der beifolgenden Karte habe ich die seit Beginn der Tertiär-Periode erfolgten Landbildungen verzeichnet, so weit es bei dem mangelhaften Materiale möglich war. Wir ersehen daraus, dass sich seit dieser Zeit zum Theile recht durchgreifende Veränderungen in der Vertheilung von Fest und Flüssig vollzogen haben; so besonders im mittleren Theile des reich gegliederten und am besten bekannten Europa.

Während sich zu einer gewissen Zeit eine Meeresverbindung vom Weissen Meere über den finnischen Meerbusen hinzog, das Meer Theile von Schweden und Norddeutschland bedeckte, andererseits der kaspische See mit dem Schwarzen Meere und dieses nach Nordwesten wieder mit der Ostsee in Verbindung gestanden haben mögen, war dafür die heutige Nordsee nicht vorhanden, sondern dehnten

sich an ihrer Stelle Britannien, Jütland und Schweden verbindende Tiefländer aus, so dass Themse und Rhein damalseinem und demselben Flussgebiet angehört haben dürften, was uns noch heute manche Uebereinstimmungen in der Verbreitung der Süsswasserfische andeuten. Ja vielleicht erstreckte sich das Festland wirklich, wie Peschel annahm, über die Färöer-Inseln und Island nach Grönland und Nordamerika. Sowohl Spanien, als auch Italien, über Sicilien und Malta, standen mit Afrika in Verbindung, das Mittelmeer war noch abgeschlossen vom Atlantic, griff aber weiter nach Süden, indem es Theile der Sahara bedeckte. Aber auch die Verbindung zwischen dem Mittelmeere und dem Pontus euxinus, der Bosporus, ist neueren Ursprunges. Betrachten wir Asien, so finden wir Anzeichen einer weitausgedehnten Wasserbedeckung im Norden. Das tertiäre Meer soll ja bis an den so auffallend tiefen Baikal-See vorgedrungen sein, der von Peschel geradezu als ein alter Fjord aufgefasst wurde, ganz ähnlich den Fjorden der ehemals viel grösseren Adria, an deren Stelle wir jetzt die tiefen Seen der Ebene, mit ihren Relicten-Faunen finden, (M. vgl. die Karte in Reclus-Ule: die Erde, S. 107), d. h. Seen mit einzelnen marinen Thierformen unter ihrer Bevölkerung. Was hier Asien an Land gewonnen hat, dürfte es im Süden verloren haben, wo sich ja im Indischen Ocean ein Land befunden haben soll, als dessen letzte Reste Madagaskar und Ceylon angesehen werden, während die Korallenriff-

Inseln und Atolle geradezu als Denksteine des versunkenen Landes bezeichnet wurden.

Noch bedeutendere Senkungsgebiete haben wir aber im pacifischen Ocean erkannt, die eine Fläche einnehmen etwa $2\frac{1}{2}$ mal so gross, wie ganz Europa. Dass auch in Amerika grossartige Umsetzungen und Verschiebungen stattgefunden haben müssen, habe ich schon in meinem vorjährigen Vortrage über die Entwicklungsgeschichte der Säugethiere dargelegt.

Ein Blick auf die Karte lehrt uns, dass wir an der Westküste dieser meridionalen Continentalmasse vorwiegend Hebungen, im Osten dagegen weithin Senkungs-Regionen antreffen. Dass Australien einst wahrscheinlich eine viel grössere Ausdehnung hatte und zu einer gewissen Zeit auch mit Asien in Verbindung gestanden haben mag, hat Peschel sehr schön auseinandergesetzt.

Während in früherer Zeit die Verbindung einerseits über die jetzige mittelamerikanische Insellur hin hergestellt war, ist diese jetzt wieder aufgehoben und hat sich dagegen die nicht allzulange bestehende Festlandsbrücke der Enge von Panama gebildet. Das von Peschel ausgesprochene Gesetz, dass die Continente seit der Tertiärzeit sich nach dem Norden und nach dem Westen auszudehnen streben, während sie im Süden und Osten an Land verloren haben, hat demnach bis zu einem gewissen Grade seine Berechtigung, wenn es auch nicht an einigen Andeutungen von Ausnahmen fehlt. Solche wären

besonders das Verhalten von Europa, des best studirten Erdtheiles, so wie auch die weiten jungen Landbildungen an der Ostküste Amerikas, an den jetzt freilich zum Theile wieder versinkenden Küstenstrichen.

Nur nebenbei sei erwähnt, dass für die Annahme einer Continental-Masse zwischen Europa und Amerika, — (die hypothetische Atlantis), — aus geologisch neuerer Zeit keinerlei Anzeichen vorliegen. Auch die neuesten Ergebnisse der Tiefsee-Forschungen sprechen dafür, dass dem mittleren Theile des Atlantischen Oceans, ein wohl noch über die Tertiär-Periode hinausreichendes Alter zuzuschreiben sei.

Werfen wir nun einen Blick auf die Phasen in der Entwicklungsgeschichte des mitteleuropäischen Hochgebirges, der Alpen, so finden wir für dieses grandiose Rückgrat unseres Continentes eine sehr complicirte Aufeinanderfolge von Hebungs- und Senkungsvorgängen. Betrachten wir zuerst die Ostalpen etwas näher:

Wohl schon in einer Zeit, aus welcher uns keinerlei Zeugen organischen Lebens erhalten sind, mag die Alpenbildung in der Form einer Emporwölbung eines langgezogenen Rückens begonnen haben, der aus den Gesteinen bestand, die wir noch heute in den innersten Kernmassen des Gebirges antreffen: aus Centralgneiss oder Gneiss-Granit. Ob dieser Rücken über den Spiegel des damaligen Meeres aufragte oder etwa einen unterseeischen Verlauf hatte, kann nicht sicher angegeben werden. Um diesen und über diesem ersten Rücken lagerten sich die ältesten Sedimente

ab, welche im Laufe der Zeit zur Entstehung der verschiedenen Schiefergesteine führten, welche wir als Phyllitgesteine zu bezeichnen pflegen. Auch während der paläozoischen Periode (Silur, Devon, Carbon und Perm) haben im Bereiche der Alpen marine Absätze stattgefunden. Silur-Ablagerungen finden wir in beiden Randzonen der Alpen, sichere Devon-Gebilde dagegen nur in der Grazer Bucht und noch weiter im Osten, (an einigen Stellen im Eisenburger Comitate). Die Steinkohlen-Formation kennen wir vor Allem aus der südlichen Grauwackenzone und zwar sowohl in mariner Entwicklung, als auch in Form von Seichtwasser- und Strandbildungen. In der centralen Region (Stangalpe, an der Grenze von Steiermark und Kärnten, und am Steinacher Joch, südlich von Innsbruck) sind sogar Landpflanzen und Kohlen erhalten und auch aus dem Gebiete der „nördlichen Grauwackenzone“ ist ein Vorkommen von Landpflanzen (bei Klamm am Semmering) bekannt geworden, so dass es keinem Zweifel unterliegt, dass damals und wohl schon früher theilweise Hebungen bis über das Niveau des Meeres stattgefunden haben müssen.

Während der Perm-Formation erfolgten grosse Störungen: im Westen brachen z. B. ungeheure Porphyrmassen durch und zwar offenbar in der Nähe eines Festlandes. Man kennt auch aus dieser Zeit etliche Landpflanzen.

Viel genauer kennen wir übrigens die während der folgenden Zeitabschnitte eingetretenen Veränderungen.

Wir wissen, dass mit dem Abschlusse der paläozoischen Förmationen andauernde Senkungen Platz griffen. So war während der Trias-Formation, der grösste Theil des heute von den Kalkzonen der Alpen eingenommenen Gebietes, unter den Spiegel des Meeres versenkt. Die grandiosen Kalkmassen der mesozoischen Formationen sind marinen Ursprunges und zum Theile wenigstens auf Korallenriff-Bildungen zurückzuführen.

Nichts desto weniger fehlen aber, z. B. in der nördlichen Kalkzone, einzelne Striche keineswegs, in welchen die Nähe des Festlandes auf das bestimmteste bewiesen wird durch das Vorkommen von Landpflanzen-Resten. Eine solche Zone, die wir als Strandlinie bezeichnen könnten, tritt beispielsweise nahe dem Nordrande der nördlichen Kalkalpen an vielen Punkten hervor. Die betreffenden Schichten sind Kohle führend und werden nach dem Orte Lunz, als die Lunzer Sandsteine bezeichnet. Sie scheinen ein zeitweiliges Vordringen eines nördlich gelegenen Festlandes gegen das alpine Trias-Meer, oder eine abermalige theilweise Hebung zu bezeichnen. Im Allgemeinen dürfte der grössere Theil des Gebietes der Kalkalpen während der ganzen Trias-Periode in allmäliger Senkung begriffen gewesen sein. Ja viele der Ablagerungen haben, trotz der heute verhältnissmässig geringen Breite des Gebietes, einen ausgesprochenen Tiefsee-Charakter. Die Ablagerungen der Jura-Formation liegen über jenen der Trias-Periode, sie haben sich bei, im All-

gemeinen fortdauernder Senkung gebildet: sie sind ja fast durchgehend als Tiefsee-Bildungen charakterisirt und zeigen wie jene der Trias, eine grosse Mannigfaltigkeit in Bezug auf die, in den einzelnen benachbarten Meeresräumen und in den verschiedenen auf einander folgenden Zeitabschnitten herrschend gewesenen physikalischen Verhältnisse. Eine einzige Ausnahme machen die sogenannten Grestener Schichten, Kohle führende Ablagerungen mit Landpflanzen, welche auf eine Wiederholung der schon während der Ablagerung der „Lunzer Sandsteine“ herrschend gewesenen Verhältnisse, also auf ein wiederholtes partielles Aufsteigen eines Festlandes, von Norden her, schliessen lassen. Während der Kreide-Periode vollzog sich in den Ostalpen ein allmähliges Aufsteigen des Landes, so dass wir hier von den Ablagerungen der mittleren Kreidezeit keine Spur vorfinden. Während des jüngeren Abschnittes der Kreide-Periode drang das Meer aber doch wieder in den Ostalpen vor, wenn auch nur in Form von schmalen fjordartigen Meeresarmen (Gosau-Formation). Da sich jedoch in diesen Ablagerungen stellenweise auch Landpflanzen - Reste und Kohlen finden, dürfen wir auf sumpfige Strandniederungen an den Rändern jener Fjorde schliessen. In den südlichen Regionen des heutigen Alpen-Gebietes fanden gleichzeitig fortdauernde Senkungen statt (Karst-Region).

Während der älteren Tertiär-Periode nimmt das Meer etwas andere Gebiete ein: Die nördliche Kalkzone beginnt aufzusteigen. Nach diesem Abschnitte

aber steigen die Alpen in ihrer ganzen Ausdehnung empor, nur ist der Betrag der Hebung im Osten ein geringerer, als weiter westwärts. — Noch gewaltigere Veränderungen vollzogen sich jedoch in noch jüngerer Zeit. Die alten tertiären Sandstein- und Mergelschiefer wurden zusammengepresst und emporgerückt. In Meeresbuchten griff das miocäne Meer, mit seinen tropischen und subtropischen Charakteren, in die Alpen hinein. Später machte es aber einem Meere von ganz und gar anderer Beschaffenheit Platz, ohne dass wir heute mit Sicherheit angeben könnten, wie sich jene bedingenden Niveauschwankungen vollzogen haben mögen; wir kennen eben nur die That- sache, dass solche eingetreten sein müssen, da wir alle Charaktere der wechselnden Meeresbedeckungen vor Augen haben. Aber auch jenes zweite miocäne Meer verschwand aus der Randregion der hoch auf- ragenden Alpen, eine ausgesüsst Wassermasse, mit vom Grunde aus verschiedenen Eigenschaften, erfüllte weite Räume unseres Vaterlandes, um endlich gleich- falls zu verschwinden, und zwar offenbar wieder nur durch den Vollzug von Hebungsprocessen gross- artiger Art. Wie sich diese vollzogen, das wissen wir gleichfalls nicht, obwohl für jene drei Wasser- bedeckungen wenigstens so viel feststeht, dass sie nicht durch allmälige Uebergänge mit einander in Verbindung stehen; die Grenzen der betreffenden Ablagerungen sind ganz bestimmte und scharf ausge- sprochene. Es sei dabei schliesslich nur noch die

Thatsache betont, dass während der beiden ersten Meeresbedeckungen, mit vom Grunde aus verschiedener Wasser-Bevölkerung, das benachbarte Land von derselben Säugethier-Fauna bewohnt wurde, während durchgreifende Veränderungen, in Bezug auf die Flora der betreffenden Länder, sicher nachgewiesen wurden.

Hier sei dann auch noch darauf hingewiesen, dass die geschilderten wiederholten Wandlungen, das Abwechseln von Hebungen und Senkungen, in den Ostalpen in ganz anderer Folge sich vollzog, als in den Westalpen. So hat uns Heer (Urwelt der Schweiz 1865, S. 571 ff.) die Aufeinanderfolge von Hebungen und Senkungen geschildert, wie sie im Gebiete der Schweiz erfolgten und schon daraus können wir entnehmen, wie Theile der Schweiz im Niedersinken begriffen waren, während in den Ostalpen Hebungsprocesse herrschten und umgekehrt.

So ein Gegensatz bestand beispielsweise während der mittleren Kreide, wo in der Schweiz Senkung mit Tiefsee-Bedeckung stattfand, während unser Gebiet im Aufsteigen begriffen war. Noch schärfer war der Gegensatz während der Trias-Formation: in den Ostalpen Senkung mit Tiefsee, in den Westalpen Hebung, die bis in den unteren Jura andauerte. Wenn wir also heutzutage ein Schwanken benachbarter Küstentheile, eine Schaukelbewegung einzelner Landmassen, vorgehen sehen, so haben wir ganz ähnliche Vorgänge auch aus allen früheren Perioden zu verzeichnen.

Betrachten wir nun auch noch die Verhältnisse eines Theiles des westlichen Continentes, in rascher Ueberschau, nämlich die Felsengebirgsregion Nordamerikas. Nach dem dermaligen Stande unserer Kenntnisse, über das centrale Gebiet des nordamerikanischen Continentes, (nach King's geologischen Untersuchungen am 40. Parallel), können wir uns eine annähernd richtige Vorstellung von dem Entwicklungsgange verschaffen, durch welchen sich der heutige Zustand der orographischen Gliederung jenes Landes ergab.

Was die ältesten Sedimente (die paläozoischen Schichten) anbelangt, so ist hervorzuheben, dass sie allenthalben über den älteren azoischen (krystalinischen) Schiefergesteinen in nicht übereinstimmender, also discordanter Lagerung auftreten. Ihre Mächtigkeit ist an verschiedenen Orten sehr verschieden. Während sie nämlich in den Rocky-Mountains nicht über 1000 Fuss mächtig sind, erreichen sie beispielsweise im Wahsatch-Gebirge 30.000 Fuss, ja an der äussersten Westgrenze, gegen die Sierra Nevada zu, sogar 40.000 Fuss Mächtigkeit. Abgesehen von der verschiedenartigen mineralogischen Zusammensetzung dieser Gebilde ist doch festzuhalten, dass sie fast durchaus Tiefsee-Absätze vorstellen. Nur ganz unbedeutende Ablagerungen von Conglomeraten, in einigen Schichtfolgen, sind sichere Zeugen dafür, dass wenigstens vorübergehend Seichtwasser-Ablagerungen vorkamen. Ein tiefes Meer hat demnach während jener längst vergangenen langen Periode den

weiten Raum erfüllt, unterbrochen durch einzelne insulare Bildungen, an deren Rändern jene Conglomerate und Seichtwasser-Ablagerungen abgesetzt wurden. Diese letzteren stellen partielle Hebungen vor, durch welche die Senkungsvorgänge, die weit aus die herrschenden waren, unterbrochen wurden.

Die darüber liegenden (mesozoischen) Schichtencomplexe kamen in zwei grossen Becken zur Ablagerung: einem grösseren östlichen, welches den ganzen Raum vom Ostrande des Felsengebirges bis zum Westrande der Wahsatchkette einnahm, und einem kleineren westlichen. Diese beiden Räume waren offenbar durch einen breiten Festlandsrücken, (in dessen Mitte sich heute das östliche Humboldt-Gebirge erhebt), von einander geschieden. Diesem, die beiden Becken trennenden Räume, mangelt nämlich jede Spur von Ablagerungen aus jenem Zeitabschnitte; wir werden daher zu der soeben ausgesprochenen Ansicht gedrängt, wenn wir nicht etwa die wenig plausible Annahme machen wollen, alle jene Ablagerungen mesozoischen Alters seien von jener Scheideregion durch Erosions-Processe entfernt worden.

Das Auftreten dieser jüngeren Bildungen auf den paläozoischen Schichten, ja über diese selbst hinübergreifend, auf den krystallinischen Gebilden, lässt uns den Entwicklungsgang wieder ganz klar erkennen.

Während sich nämlich in der paläozoischen Periode die Ablagerungen hauptsächlich in jener mitt-

leren Region vollzogen, hob sich dieses Gebiet in der folgenden mesozoischen Periode und wurde aller Wahrscheinlichkeit nach Festland, während die beiden früheren Festlandsregionen, im Osten und Westen davon, durch Senkungsvorgänge unter Wasserbedeckung kamen. Das erfolgte nun freilich nicht ohne Faltung und Zusammenpressung der älteren Gebirgslieder, was sich an vielen Stellen sicher constataren liess.

Die Gesamtmächtigkeit der mesozoischen Bildungen wird übrigens mit mehr als 20.000 Fuss angegeben, woraus man wieder auf die lange Dauer und die Grossartigkeit des ganzen Vorganges schliessen kann. Zur näheren Beleuchtung der Verhältnisse in Bezug auf die Vertheilung von Festland und Wasser in jenen fernen Zeiten, kann noch die Thatsache benützt werden, dass die mesozoischen Ablagerungen im westlichen Becken unmittelbar auf krystallinischen Gesteinen lagern, während jene des östlichen Beckens, wenigstens theilweise, über den paläozoischen Gebilden liegen. Daraus ergibt sich folgerichtig, dass sich im östlichen Becken zum Theile die schon während der paläozoischen Periode eingetretenen Senkungsprocesse weiter fortsetzten, während im westlichen Becken das Land zum erstenmal unter Wasserbedeckung kam. Ja noch mehr, das Material der abgelagerten mesozoischen Schichten lässt auch noch erkennen, dass das Meer des östlichen Beckens ein weniger tiefes gewesen sei, als jenes im westlichen Becken.

Nur in diesem letzteren kommen nämlich Kalksteine in grosser Mächtigkeit zur Entwicklung.

Die stratigraphischen Verhältnisse beweisen uns überdies, dass die Trias- und Jura-Sedimente sich ruhig abgesetzt haben müssen, bei ganz allmählig sich vollziehender Senkung der betreffenden Gebiete.

Ablagerungen der Kreide-Formation findet man — und dies ist wieder von grösster Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte des Landes, — nur im östlichen der beiden vorhin erwähnten Becken, sie fehlen aber vollständig in der westlichen Region. Während demnach im ersteren Gebiete die Senkungen im Verlaufe der Kreide-Formation noch weiter andauerten, müssen sie im westlichen Becken zum Stillstande gekommen sein, oder müssen sogar Hebungen an ihrer Statt begonnen haben. Im Osten war also weitaus gleichmässiger Fortbildung, während im Westen scharfe Umkehrungen sich vollzogen.

Während der Kreide-Formation hob sich auch das östliche Gebiet allmählig mehr und mehr. Aus dem mediterranen (mittelländischen) Meere wurde allmählig ein grosses Aestuarium oder ein mit ausgesüßtem Wasser erfülltes Becken, bis endlich auch dieser Theil, wie das übrige inneramerikanische Gebiet, dem Meere vollkommen entrückt wurde, um von jener Zeit an nicht mehr unter Meeresbedeckung zu kommen. Dieser grosse Hebungsact am Schlusse der Kreide-Formation ist sicherlich als einer der bedeutendsten und wichtigsten Vorgänge und als bedingend

für die orographische Gliederung der Cordilleren Nord-Amerikas zu bezeichnen.

Damit waren aber die Hebungen und Senkungen des weiten Landes noch durchaus nicht abgeschlossen.

In weiten Depressionen, welche damals zwischen den zum Theile erst neu gebildeten Höhenrücken bestanden, dehnten sich Süsswasser-Seen aus, auf deren Boden sich, Schichte über Schichte, die Sedimente der Tertiär-Formation ablagerten. Das erste grosse Seebecken befand sich in der centralen Region. (King nennt es den Ute-See, nach dem gleichnamigen Territorium.) Fünftausend Fuss mächtig sind die Schichten, welche darin zur Ablagerung kamen.

In einem folgenden Zeitabschnitte vergrösserte sich dieses Becken, offenbar durch eine Senkung des Landes, nach Westen hin sehr beträchtlich, und neue Massen lagerten sich darin ab. (Im Gosiute-, Washakie- und Uinta-See.) Weder im Osten noch im Westen der Rocky-Mountains kennt man aus jener älteren (eocänen) Abtheilung der Tertiär-Formation Ablagerungen; diese Landstriche stellten damals wohl drainirte Länder ohne Seebedeckung dar.

Ganz anders gestalteten sich die Verhältnisse in der darauf folgenden Zeit, (in der mittleren Tertiär-Formation), wenn uns auch hier über die Art, wie sich die Veränderungen vollzogen haben, keinerlei sichere Andeutungen vorliegen und wir nur die Thatsache

einer ganz anderen Vertheilung des trockenen Landes und der seebedeckten Gebiete vor uns haben.

Im Westen der früher erwähnten Seen, am Ostfusse der Sierra Nevada und des Cascade-Gebirges, finden wir nämlich etwa 4000 Fuss mächtige Ablagerungen, welche zum grössten Theile aus vulkanischen Tuffen und Schuttmassen, den Producten der grossartigen Vulkan-Ausbrüche jener Periode bestehen, die in einem Süsswasser-See zur Ablagerung kamen, während ein zweiter grosser See die nördlichen Ebenen bedeckte.

Am Schlusse der miocänen Periode trat im westlichen Miocän-Gebiete neuerdings eine tief einschneidende orographische Veränderung ein: eine Bewegung, in Folge welcher die miocänen Ablagerungen sogar in Falten zusammengepresst wurden, während sich im östlichen Raume eine Senkung vollzog, so dass die angesammelten süssen Gewässer, während der nun folgenden pliocänen Periode, eine viel grössere Fläche bedeckten, als in dem vorhergegangenen Zeitabschnitte.

Wir können nach den bis jetzt bekannt gewordenen Forschungsergebnissen, nicht weniger als drei grosse pliocäne Seebecken unterscheiden. Der Schluss der Pliocän-Periode ist durch eine abermalige orographische Veränderung, durch eine wieder etwas anders sich vollziehende Bewegung bezeichnet. Die ursprünglich horizontalen Ablagerungen des Sees der

grossen Ebene kamen dadurch in eine verschiedenartig geneigte Stellung. Der grosse See im Gebiete der östlichen Ebenen kam zum Abflusse, das Land ward völlig drainirt. Im westlichen Becken dagegen entstanden zwei neue tiefe Depressionen: eine am Westfusse der Wahsatch-Kette, und eine zweite am Ostfusse der Sierra Nevada; Depressionen, in welchen während der, nach dem Pliocän beginnenden Glacial-Periode, zwei Seebecken Aufnahme fanden, welche durch die, in Folge der Verwitterungsvorgänge entstandenen Schuttmassen zum Theil ausgefüllt wurden, so dass sie heute nur noch in der Form von einigen, verhältnissmässig kleinen Seebecken angedeutet sind. Die orographischen Verhältnisse des Landes sind im Ganzen und Grossen seither dieselben geblieben, nur die Erosions- und Verwitterungsvorgänge haben Veränderungen vollzogen und das Relief im Detail noch vielfach modificirt.

3.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Beweise gesammelt haben, auf welche sich die weiteren Erörterungen über die als säculare Hebungen und Senkungen zu bezeichnenden Vorgänge stützen müssen, wollen wir nun auch endlich die in den verschiedenen Zeiten, von den verschiedenen Autoren und Schulen ausgesprochenen Meinungen über die Ursache dieser Processe erörtern. Die Ansichten lassen sich etwa folgenderweise gruppiren.

Manche dachten an vulkanische Einwirkungen; Andere wollten Hebungen und Senkungen als zufällige Vorgänge, in Folge von Einstürzen und Brüchen in der Erdrinde erklärt wissen; wieder Andere wollten chemischen Processen die Hauptrolle dabei zuschreiben: Zersetzungen von Mineralstoffen, Krystallisirungs-Processen u. dgl. sollten das Bedingende sein. Einige wollten die Bewegungen der festen, starren Theile der Erde möglichst in den Hintergrund stellen, gegenüber den Niveauveränderungen des Meeres, sie dachten an Umsetzung der Meere in Folge von Einwirkungen astronomischen Ursprunges, durch Veränderungen in der Lage des Erdschwerpunktes oder der Drehungsachse unseres Planeten, oder sie dachten an Verminderung des Wassers der Erdmeere; wieder Andere endlich rechnen mit den Factoren, welche sich aus den Volumenveränderungen des Inneren der Erde, in Folge des säcularen Wärmeverlustes ergeben müssen.

Es fehlt aber auch nicht an Solchen — wie es sich ja von selbst versteht — welche mehrere der genannten Richtungen verbinden zu müssen glaubten, da in der That die genannten, und noch eine oder die andere Ursache, Veränderungen der Niveaus zur Folge haben können. Dass es auch an solchen nicht fehlte, welche Hebungen einfach durch Anschwemmungen, Senkungen durch Zerstörungen der Küsten erklärt wissen wollten, kann uns nicht wundern. Im Nachfolgenden sollen nun einige dieser Meinungen etwas näher erörtert werden.

In Bezug auf die älteren Ansichten über die Ursachen der Hebungen und Senkungen seien nur einige angeführt.

An vulkanische Einwirkungen dachten z. B.:

Der Däne Nik Stenon, der Begründer der geologischen Wissenschaft (1669).

Robert Hooke (1688).

Lazaro Moro, der übrigens auch die Erhebung des Meeresspiegels annahm, als Folge der Sediment-Ablagerung am Grunde der Meere (1740).

J. Ch. Füchsel, der erste Geologe Deutschlands, vertrat (1761) die Meinung, dass das Meer stets gleichbleibendes Niveau habe; Einstürze in Folge vulkanischer Vorgänge sollen das Land verkleinert, die Meeresbedeckung verallgemeinert haben.

Playfair (1802) war der Meinung, das Heben des Landes erfolge, der Hutton'schen Theorie entsprechend, in Folge der Wirkung unterirdischer, nach oben wirkender Expansivkräfte.

Babbage (1835) meinte, dass neu abgesetzte Sedimente die ausstrahlende Wärme der Erde weniger schnell leiten als die frühere Wasserbedeckung und daher eine Wärme-Ansammlung im Boden und dadurch ein Wiederausdehnen und Heben desselben, ja unter Umständen selbst dessen Auftauchen aus dem Meere veranlassen könnten.

J. Herschel (1837) brachte dagegen auch die stellenweise Verdünnung der Erdkruste durch Erosion mit in Rechnung, so dass, in Folge der Ver-

dickung durch den Absatz von Sedimenten, an einer Stelle die Wärmewirkung näher an die Oberfläche treten, an den abgetragenen Stellen aber mehr in's Innere zurückweichen müsste. Im ersteren Falle müsse Hebung, im zweiten Senkung eintreten. Diese so geweckten Kräfte hielt Herschel für mächtig genug, um all die Hebungs-Erscheinungen dadurch zu erklären, welche z. B. in Skandinavien und in den Anden vor sich gegangen sind und etwa noch vor sich gehen.

Bronn (1841) führt die Hebungen und Senkungen auf das, in Folge der fortschreitenden Abkühlung auftretende Zusammenschrumpfen des Erdsphäroides zurück. „Zog sich später, als die Abkühlung der Oberfläche vollendet, aber die des Inneren noch im Fortschreiten war, dieses rascher zusammen, so entstanden Höhlen unter der Oberfläche, wo die Rinde der Unterstützung entbehrte, und in welche ebensowohl flüssige Massen (Gesteins-, Fluss- und Ocean-), bei gelegentlicher Eröffnung eines Weges von unten oder oben einzudringen, als die abgekühlte Rinde von oben einzusinken strebte und bei hinreichender Aufhebung des Gleichgewichtes und wachsender Spannung endlich auch einsinken musste; sei es, dass diese Höhlen sich bereits mit Wasser gefüllt hatten, oder nicht.“ (Geschichte der Natur I, S. 249.) Dass diese Vorgänge Senkungen veranlassen müssten, welchen zufolge andererseits Emporhebungen auftreten mussten, das hebt er ganz bestimmt hervor.

Verzeichnet werden soll hier als Curiosität auch eine, von F. J. Hugi in seinen wunderlichen Grundzügen zu einer allgemeinen Naturansicht (die Erde als Organismus, Solothurn 1841, S. 236 ff.) ausgesprochene Meinung, wonach wir uns vorzustellen hätten, dass „durch allmäliges inneres, lebendiges Bilden, durch eigentliches Wachsen“ die Hebung der äusseren Schichten hervorgerufen werde. Er vergleicht die betreffenden Vorgänge geradezu mit dem inneren Wachsthum, wie es sich in der Bildungsschichte etwa eines Eichstammes vollzieht. „Die Hebung und Zerreissung der Rindenschichten (eines Baumes) ist im Verhältnisse viel gewaltiger, als die Hebung der Gebirgsreihen der Erde.“

In Humboldt's Kosmos (I. 1845, S. 310 ff.) wird auf ein Oscilliren von Hebungen und Senkungen hingewiesen, und als Ursachen desselben werden unterirdische Kraftäusserungen in Folge der Spannung eingeschlossener Dämpfe, plötzliche Temperatur-Veränderungen und der ungleiche säculare Wärmeverlust des Kernes und der Rinde angegeben.

Aber schon viel früher glaubte Berzelius (Jahresbericht, 14. Jahrgang, S. 386) die Ursache der Hebung der schwedischen Küste, aus der allmählig stattfindenden Abkühlung unserer Erde ableiten zu sollen, in Folge welcher Volumenverminderung des Innern und Nachsinken der Rinde eintreten müsse, das sich aber bei deren zu grossem Umfange in einer Faltenbildung, d. h. in einem Aufsteigen an den einen

und einem Sinken an anderen Stellen äussern müsse, womit eigentlich schon die Grundzüge der neueren Richtung ausgesprochen wurden.

Gustav Bischof hat in seinem grossen Werke: „Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie“ (2. Aufl., I. Bd., S. 336—356) sich ausführlich mit der Frage nach den Ursachen von Hebungen und Senkungen befasst. Ich habe darüber in meinem Vortrage über die Entstehung der Gebirge (Schriften zur Verbr. nat. Kenntn., 1877, XVII. Bd., S. 130 ff.) berichtet und will hier nur hervorheben, dass Bischof Hebungen und Senkungen als Folge-Erscheinungen von Mineral-Umwandlungen erklärt. Nehmen Steine Stoffe auf, durch welche ihre Dichte nicht vergrössert oder gar vermindert wird, so muss Volumenvergrösserung und in Folge dessen Hebung, beim umgekehrten Vorgange aber Volumenverminderung und Senkung eintreten.

Schon an der angegebenen Stelle wurde hervorgehoben, dass diese, unter allen ähnlichen Vorstellungen gewiss ansprechendste Erklärungsweise, bei näherer Beleuchtung, trotz aller Richtigkeit der zu Grunde liegenden Thatsachen, den Anforderungen nicht entsprechen kann, da es feststeht, dass chemische Processe bei Einwirkung eines grösseren Druckes unterbrochen werden, so dass die Verallgemeinerung des, unter gewissen localisirten Verhältnissen immerhin berechtigten Grundgedankens, dermalen leider noch durchaus nicht zulässig erscheint.

Bischof gab übrigens in seiner „Wärmelehre“ (S. 298 ff.) auch einige interessante, auf die Wärmeverhältnisse bezugnehmende Erklärungsversuche für die Entstehungsursache der säcularen Hebungen und Senkungen, mit besonderer Berücksichtigung Skandi-naviens, unter der Voraussetzung, dass unter dessen Schollenmasse Wärme zurückbehalten würde. Er berechnete, dass für eine Wärmezunahme um 2·9 Grad R. die Ausdehnung einer etwa 140.000 Fuss dicken Schichte eine Hebung um 4·3 Fuss bewirken müsste.

Auch O. Peschel hat als Ursache der Hebungen die Zersetzung von Mineralien angenommen.

Der von Volger und Mohr ausgesprochenen Ansichten über die Ursachen der Hebungen wurde in dem angegebenen Vortrage gleichfalls schon gedacht. Dervon Mohr aufgenommene Gedanke Volger's, dass in der, bei der Bildung und Umbildung der Krystalle auftretenden „Krystallisationskraft“ die zur Hebung nöthige Kraftäusserung gefunden werden könnte, wurde auch von Karl Vogt ausgesprochen*), der gerade bei dem Probleme, das Aufsteigen der skandinavischen Küsten zu erklären, den Ausspruch that: „Alles, was krystallisirt, dehnt sich aus“, und darauf hin annahm, dass die Gesteinsschichten, aus welchen Skandinavien aufgebaut sind, früher unkrystallinische Sedimente gewesen und allmählig in krystallinische Gesteine übergegangen seien. Mit einem geistreichen

*) „Nordfahrt“ etc. 1863, Frankfurt a. M., S. 391.

Aussprache ist es jedoch bei dieser Frage leider nicht abgethan, geht doch schon aus den von Bischof (Geologie I., S. 35 in der Anmerkung) gemachten Bemerkungen hervor, dass diese Erklärung schon aus dem Grunde nicht stichhältig ist, weil über die bei der Krystallisation auftretenden Kraftäusserungen die Acten „noch lange nicht geschlossen sind“. Auch Pfaff (Geologie als exacte Wissenschaft, S. 312) hat in neuester Zeit über das Verhältniss zwischen Druck und Capillar-Attraction Versuche angestellt, die durchaus nicht für die angenommenen Kraftäusserungen sprechen, da ein Druck von acht Atmosphären hinreicht, um jede Spur von Capillar-Attraction zu überwinden.

In der Dorr'schen Schrift: „Ueber das Gestaltungsgesetz der Festlandsumrisse“ etc., Liegnitz 1879, kommt der Verfasser, besonders in dem polemischen Anhang, auch auf die uns heute beschäftigende Frage zu sprechen. Er geht, hauptsächlich auf Dana's Ausführungen fussend, von Abkühlungsvorgängen aus, in Folge welcher durch Risse und Spaltungen mehr oder weniger trianguläre Erdschollen entstanden, und zum Theil in die Tiefe gesunken sein sollen. Auf diese Weise wird auch versucht, die Entstehung der Oceanbecken zu erklären. Jene Spaltenzüge, so wird angenommen, wurden später die Linien des geringsten Zusammenhanges, welchen entlang neue Hebungen und Senkungen am leichtesten wirksam zu werden vermöchten. (I. Anhang, S. 23.) An anderer Stelle (II. Anhang, S. 7) heisst es: „In Folge

der säcularen Oscillationen der grossen Festlandsschollen bildeten sich auf ihrer Oberfläche im bunten Auf- und Nebeneinander die Sedimentgesteine. . . .” Die „Schollentheorie” hat gar Manches für sich, wenn sie auch durchaus nicht neu ist, sie wurde ja schon von Buffon (1798) ausgesprochen.

In freilich ganz anderer, neuer Fassung finden wir sie in dem Suess’schen Werke „Ueber die Entstehung der Alpen” (Wien 1875, S. 155 ff.) ausgeführt. Massen von sehr verschiedener Ausdehnung sollen sich aneinander aufstauen. Manchmal werden sie, so wird diese Ansicht weiter ausgeführt, wahrscheinlich in Folge der Contraction tieferer Regionen, in Falten geworfen oder über einander gepresst, — „Packeris vergleichbar”, — bald wieder erscheinen sie auf weite Flächen hin horizontal liegend (wie z. B. „die grosse russische Scholle”). Urschollen (Archibolen) finden sich auf den Continenten vertheilt. Als eine solche Urscholle kann auch Skandinavien aufgefasst werden. —

Wir haben schon bei Gelegenheit der Betrachtung der von Celsius gemachten Darlegungen erwähnt, dass er der Meinung gewesen, es sei nicht die starre Erdkruste in Bewegung begriffen, sondern das bewegliche Element: das Wasser. Es ist dies eine Ansicht, die neben den im Vorhergehenden erörterten Ansichten zu allen Zeiten ihre Anhänger hatte. Bei Hebungen der Festländer scheine also die Erde nur emporzusteigen, weil ein Rückzug des Meeres eingetreten sei, und umgekehrt. Von neueren Autoren, die für

diese Meinung eingetreten sind, seien nur zwei genannt: J. H. Schmick, — der in einer ganzen Reihe von Schriften die Umsetzung der Meere, in Folge der anziehenden Wirkungen von Sonne und Mond auf die verschiebbaren Stoffe der Erde, verkündet hat — und H. Trautschold, auf dessen letzte Publication wir etwas näher eingehen werden. Die Ansichten des Ersteren haben im Laufe der Jahre manche Aenderung erfahren, und auch das, was er kürzlich „für die Oberclassen höherer Schulen“ vorgetragen hat, wird aller Wahrscheinlichkeit noch weiteren Aenderungen unterworfen werden. Nach dem heutigen Stande seiner Darlegungen betrüge die durch Umsetzung der Meere eintretende Niveauveränderung, während einer $10\frac{1}{2}$ -tausendjährigen Periode, nur noch etwa 33 Fuss ($7\frac{1}{2}$ Zoll im Jahrhundert), während sie in der ersten Abhandlung mit nicht weniger als $437\frac{1}{2}$ Fuss für jede Hemisphäre angenommen worden war. — Wir können diese Hypothesen, als zur Erklärung der beobachteten Thatsachen nicht ausreichend, bei Seite lassen *).

*) Als Hauptneuerung erscheint mir die Hervorhebung der Annahme einer Stoffverschiebung im Inneren unseres Planeten. — Die neueste Schmick'sche Schrift führt den Titel: „Sonne und Mond als Motoren und Anordner der verschiebbaren Erdstoffe. Für die Oberclassen höherer Schulen und den weiteren Kreis gebildeter Leser, dargestellt von Prof. Dr. J. Heinr. Schmick, Oberlehrer. Programm der städtischen Realschule I. Ordn. zu Köln 1878/79.“ Auch die von Adhémar und neuerlichst von

Betrachten wir nun die Trautschold'schen Anschauungen etwas näher. Schon im Jahre 1869 hat Trautschold (im „Bulletin de la Soc. Imp. des Nat. de Moscou“, S. 1—70) den Satz ausgesprochen und vertheidigt, dass nicht das Land sich hebe, sondern dass der Meeresspiegel in einem allgemeinen Niedergange begriffen sei. Thatsächlich beobachtete Senkungen des Landes werden durch locale Unterwaschungen, Einstürze u. dgl. zu erklären gesucht.

Neuestens hat sich nun Trautschold über seine, beispielsweise auch von Hahn auf das bestimmteste abgelehnte Meinung abermals in einer kleinen Schrift ausgesprochen. (Sur l'invariabilité du niveau des mers. Moscou 1879.)

Seine Anschauungen lassen sich in Kürze etwa folgendermassen geben:

„Je mehr gewisse Theile der Erdrinde sich aus dem Grunde des Meeres und über dessen Oberfläche erheben, desto mehr muss sich der Spiegel des letzteren

J. Croll aufgestellten Hypothesen haben für unsere Fragen keine weitere Bedeutung. Es sei hier nebenbei auch angeführt, dass schon R. Philipps, in seiner 1824 erschienenen nicht uninteressanten Schrift: „Ueber die nächsten Ursachen der materiellen Erscheinungen des Universums“, die Wandlung oder Umsetzung der Meere durch astronomische Ursachen, in Untersuchung gezogen hat, worüber z. B. Keferstein in seiner Naturgeschichte des Erdkörpers (Leipzig 1834) ausführlich berichtet. Die Annahme einer Verschiebung des Erdschwerpunktes wurde überdies schon von Robert Hooke (1688) ausgesprochen.

senken. Die Oberfläche der heutigen Continente war fast durchaus ehemals Meeresgrund; sie entstieg dem Meere, theilweise durch Erhebungen, theilweise durch den Rücktritt des Meeres."

"Je mehr sich nun die Continente ausbildeten, umso mehr Wasser des Meeres wurde in den Seen und Flüssen, in der Form von beständigem Schnee und Gletschereis, dem Meere entzogen und auch in verschiedenen organischen Körpern gebunden. In Folge dieser Processe hat sich das Wasser des Oceans vermindert und sein Niveau musste sinken."

"Bei fortschreitender Abkühlung der Erde häuft sich das Eis an den Polen und auf den Bergen an, das Wasser dringt tiefer in die Erdrinde ein und die Bildung der Mineral-Hydrate zeigt sich überall."

"Durch diese in der That unbestreitbaren That- sachen ist es — so meint Trautschold — bewiesen, dass, seit das Wasser überhaupt auf der Erde existirt, das Niveau des Meeres fortwährend gesunken sei, die Menge des Wassers aber abgenommen haben müsse."*)

*) Schon Deluc nahm eine Verminderung des Wassers an und wollte sie dadurch erklären, dass er im Innern der Erde die Entstehung von Höhlen annahm, in welche Meer- wasser eindringen sollte.

d'Aubuisson machte schon im Jahre 1819 darauf aufmerksam, dass diese Annahme ganz willkürlich sei. Er gedenkt auch der von De Maillet, Fontenell und in gewisser Weise auch von Saussure ausgesprochenen Meinung, dass eine Verminderung des Wassers, durch Ver-

Man kann gegen diese Annahme eigentlich kaum etwas einwenden. Es mag ganz wohl damit seine Richtigkeit haben. Diese Processe dürfen jedoch in ihrer Wirksamkeit nicht überschätzt werden. Was ist alles Süsswasser in seiner Menge, gegen die Menge des oceanischen Wassers? Wenn man gar die von Trautschold angeführten Beispiele betrachtet: Jede durch Eruption zu Tage geförderte Gesteinmasse müsse, so heisst es unter Anderem, ein Sinken des Meeres in entsprechendem Grade verursacht haben. — Mit solchen Factoren ist es schwer zu rechnen. — Wenn es übrigens Jemand, wie Trautschold anführt, nicht fassen kann — (es wird dabei K. Pettersen aus Tromsø namhaft gemacht) — dass z. B. die Hebung Skandinaviens vor sich ging, ohne Störung der regelmässigen Structur der Felsen, so hat das der Betreffende mit sich selbst auszumachen, Andere können sich solche und noch viel grossartigere Vorgänge ganz wohl vorstellen. Auch die Hebung der 90.000 Quadratmeilen grossen Oberfläche Russlands ist nicht un-

lust an den Weltraum, eingetreten sein könnte, worauf wir übrigens hier gar nicht weiter eingehen wollen, wenngleich noch ganz in neuester Zeit derartige Speculationen angestellt wurden. — Freilich wurde jüngst auch die entgegengesetzte Meinung ausgesprochen: „Das Wasser auf der Erde vermehrt sich, indem neue Wassermassen aus dem Weltraume auf die Erde gelangen“ (Graf v. Pfeil: Kometische Strömungen, Berlin 1879). — Es werden eben sehr verschiedene Meinungen laut, ohne dass sie sich auch nur im Entferntesten begründen liessen.

fassbar, ob sie nun, wie die Einen meinen, periodenweise, oder als ein ununterbrochener, allmäliger Hebungsact sich vollzogen habe. Die Kraft, welche Gebirge aufrichtet und weite Flächen unter Umständen in Falten zusammenschiebt, reicht auch dazu noch aus; hier lagen und liegen diese Umstände eben anders. —

Professor Ed. Suess in seinem schon erwähnten Buche über die Entstehung der Alpen (S. 150), betrachtet die Emporhebung der skandinavischen Halbinsel als die Folge einer Emporwölbung einer Falte von so grosser Amplitude „dass es nicht zur Bildung einer Gebirgskette“ kommen konnte. Und in der That, die constatirten Verschiedenheiten in den Hebungsbeträgen, sowie die im Süden erfolgenden Senkungen, würden sich auf diesem Wege auf das ungezwungenste erklären lassen. Als ein Faltenzug von noch viel grösserer Bogenweite müsste die Fläche Russlands und Sibiriens aufgefasst werden. —

Sieht man näher zu, so findet man übrigens, dass Trautschold selbst Hebungen der Landmassen mit in Rechnung zieht und ziehen muss. Hebungen des Landes ohne Einsenkungen an anderen Stellen sind nun aber kaum denkbar. Sichere Zeugnisse für weit ausgedehnte Senkungsvorgänge in der Gegenwart sind auch in der That unleugbar vorhanden; dass aber solche in der Vergangenheit, im Laufe der Zeit mit Hebungen wiederholt abgewechselt haben, ist, wie wir gesehen haben, gleichfalls eine vielfach bewiesene Thatsache. Wir können daher zu keinem

anderen Schlüsse kommen, als zu dem folgenden: Die Verminderung des Wassers mag immerhin stattfinden und stattgefunden haben, nichtsdestoweniger ist es aber geradezu eine Unmöglichkeit, die Erscheinungen, wie wir sie an den Küstenlinien der Festlandsmassen verfolgt haben, auf andere Weise zu erklären, als durch Hebungen und Senkungen des festen Landes. Bei dem Streite darüber, — wenn ein solcher überhaupt möglich wäre, — würde den Gegnern eine noch weit misslichere Rolle zufallen, als jenen Widersachern, welchen Galilei sein berühmtes: „E pur si muove!“ (Und sie bewegt sich doch!) zugerufen haben soll; denn in unserer Frage kann von keinem „der Schein trügt“ die Rede sein.

Es soll nur noch zur Richtigstellung der von Pettersen gemachten Aussprüche angeführt werden, dass dieser nur in ganz objectiver Weise anführt, dass es schwierig sei, sich die Art der Kraft vorzustellen, welche im Stande sein könnte, nicht nur das Land zu heben, sondern dies auch so langsam und gleichmässig zu thun, wie es in der That vor sich zu gehen scheint. Wenn er dabei die Meinung ausspricht, dass die Kräfte, welche die Alpen, den Himalaya und die Cordilleren gehoben haben und dabei weit ausgedehnte Schichtgebilde zerbrochen, zusammengeschoben und gefaltet haben, mit einer ganz anderen Heftigkeit gearbeitet haben müssten, so ist dies eben nur eine Meinung, mit der man nicht um jeden Preis übereinstimmen muss, da man sich, wie schon an anderer

Stelle angeführt worden ist, ganz gut sowohl die ruhige Hebung von Continentalmassen, als auch die Zusammenschiebung und Emporstauung der Massen zu Gebirgen, als verschiedenartige Aeussierungen einer und derselben Kraft vorstellen kann.

Wenn nun Pettersen auch in seiner neuesten Publication (Tromsø Museums Aarshefter. 1878 „über das langsame säculare Steigen und Sinken der Continentalmassen“) an eine Niveauveränderung des Meeres denken möchte, so spricht er doch diesen Gedanken durchaus nicht mit voller Bestimmtheit aus. „Die verschiedenen Hebungs-Erscheinungen Skandinaviens würden (so meint er) unter dieser Annahme nur am ehesten erklärbar erscheinen.“ Er betont ja ausdrücklich selbst die Verschiedenheit in dem Masse der Hebungsvorgänge im Norden und Süden und leugnet nicht, dass die Annahme von Senkungen und Hebungen des Landes während aller geologischen Perioden, in Folge der Wirkung unterirdischer Kräfte, als wissenschaftliche Thatsachen zu betrachten seien.

Schliesslich sei auch noch erwähnt, dass G. A. v. Klöden (in Petermann's geographischen Mittheilungen 1871, S. 173 ff.) die Ansicht ausgesprochen hat, viele (man müsste dann sagen: sogenannte) Senkungs-Erscheinungen an Küsten seien auf die zerstörende Wirkung der Meereswogen zurückzuführen. — Dass an der zerstörenden Thätigkeit der brandenden Wellen des Meeres nicht gezweifelt werden kann, ist wohl über allen Zweifel erhaben, ob diese aber in der von Klö-

den angenommenen Weise wirken, das muss wohl dahingestellt bleiben. Klöden sagt: dass „dasselbe Gesetz“, welches nach Baer für die, in meridionaler Richtung fließenden Gewässer des Festlandes Giltigkeit habe, auch für Meeresströmungen Anwendung finden müsse. „Tritt zu der allgemein vorhandenen Einwirkung — der Meereswogen auf das Ufer — noch ein stetes Andrängen an die auf der Ostseite die Strömung begleitende Uferreihe, so ist wohl eine Steigerung der Einwirkung denkbar, und wird auch ein wirkliches Wegnagen sich nur an weichem Terrain nachweisen lassen, so wird doch das unterirdisch seitlich in die Zwischenräume der Schichten eindringende Wasser durch einen solchen seitlichen Druck eine Unterstützung finden, und in reichlicherem Masse eindringen, und die auswaschende Kraft des Wassers zwischen den Gesteinsschichten wird erhöht werden. Eine Folge solcher durch das Wasser gebildeten Zwischenräume wird aber endlich ein Setzen der der Unterstützung beraubten Gesteinsmassen sein müssen und somit, in Uebereinstimmung mit Otto Volger's Theorie einer Reihe von Erdbeben-Erscheinungen, das Entstehen von localen Senkungen der Küstenstrecken und von Erdbeben.“ Diese Anschauung wird nach Klöden unterstützt durch die Thatsache, dass an den sinkenden Küsten, an der Ostseite der Adria, an der Küste von Syrien — (an welcher jedoch, wie wir sahen, vorherrschend Hebungs Vorgänge constatirt werden) — an jener der Bretagne (wo gleichfalls einzelne Striche mit Hebungen nicht

fehlen) und endlich an der Westküste von Grönland Strömungen, aus Südost nach Nordwest gerichtet, hinziehen. Es müssten aber alle Küsten, auf welche Strömungen unter diesen Umständen einwirken, Senkungs-Erscheinungen zeigen, was nicht der Fall ist, da sich im Gegentheil eine ganz erkleckliche Zahl solcher Küsten anführen liesse, welche Hebungen unterworfen sind. Andererseits gibt es auch sinkende Küsten, welche keinen andringenden Strömungen ausgesetzt sind. — —

Werfen wir endlich noch einen Blick auf die beistehende Karte und überzeugen wir uns von der Thatsache, dass sowohl Hebungen, als auch die, wie wir gesehen haben, weniger leicht zu constatirenden Senkungen, als allgemein verbreitete, an keine Zone und an keinen Raum gebundene Erscheinungen zu bezeichnen sind, so kommen wir auch zu der Ueberzeugung, dass die bedingende Ursache eine allgemein wirkende sein müsse. Ob die Hebungen überwiegen oder die Senkungen, wer vermöchte es zu sagen? Gewähren uns doch nur die Ränder der Continente und die Inseln, die oft nur allzu wenig sicheren Anhaltspunkte, während uns die weiten, unter Meeresbedeckung liegenden Flächen, sowie auch die im Innern der Continente befindlichen Theile der Landmassen nähere Aufschlüsse versagen. Nach Allem, was wir zur Stunde wissen, könnten wir im Allgemeinen auf ein „sich die Wage halten“ beider Vorgänge schliessen. Das ganze Bild macht gewiss

nur den Eindruck, als sähen wir ein ganz allmähliges Zusammenschrumpfen oder Schwinden sich vollziehen. Hier entstehen Gruben, Mulden und Furchenzüge, dort Sattel-Aufwölbungen und Emportreibungen, die endlich bis zur Gebirgsbildung führen können, wenn die immer mehr angespannten, aus der Zusammenziehung des Innern der Erde infolge Wärmeverlustes resultirenden und durch die Massen-Anziehung beeinflussten Kräfte alle aus der Wirkung der Molecularkräfte entspringenden Widerstände zu überwinden im Stande sein werden. — Hie und da tritt wohl auch ein locales Zerren, Quetschen oder Brechen ein und schüttelt die Umgebung oft weithin durcheinander. Modificirende Processe wirken mit und compliciren die Sache, verdecken wohl gar die Vorgänge in Folge jener grossen, allgemein thätigen Gewalt, die ich — ich gestehe es offen ein — noch immer in dem Vollzug von Abkühlungs- und von, in Folge dessen auftretenden Volumenverminderungs-Vorgängen, begründet sehen möchte, da den chemischen Processen die nöthige Verallgemeinerung dermalen nicht zugesprochen werden kann. Es ergeben sich dabei Vorgänge, über deren Mass wir immerhin Ausnahmen machen können, Vorgänge, deren Wirken sich kein Stoff der Erde entziehen kann.

In dem Reclus-Ule'schen Werke: Die Erde (Leipzig 1874, I., S. 510 ff.) wird die Meinung ausgesprochen, dass man versucht sei, für die langsamen Schwankungen der Erdrinde „eine gewisse periodische

Regelmässigkeit" anzunehmen. „Vielleicht wird man sogar, so heisst es weiter, einmal im Stande sein nachzuweisen, dass im Schoosse der Erde eine ähnliche Verschiebung der Theile vor sich geht, wie wir sie in dem Kreislauf der Luft- und Flüssigkeitstheilchen der Atmosphäre und des Oceans sehen." — (Dieser Gedanke findet sich in etwas anderer Fassung und Verbindung, auch in der neuesten Abhandlung von Schmick wieder.) — „Die Continente heben und senken sich wie eine athmende Brust, sie bewegen sich in langen Wellen, den Wellen des Oceans vergleichbar."

Wenn wir nach allem früher Dargestellten zum Schlusse schreiten, so ergibt sich schon heute als unabweisbar, dass die Oberfläche der Erde durchaus für keinen Zeitabschnitt als in starrer Ruhe liegend angenommen werden kann, sondern dass sie im Gegentheile unausgesetzten Schwankungen unterworfen war. Gedenken wir beispielsweise nur der Wandlungen, welche Skandinavien erfahren hat: zuerst ein der Erosion in hohem Grade ausgesetztes, gehobenes Land, sank es später so weit, dass die damaligen tiefen Thalzüge als weit ins Land hineingreifende Fjorde auftraten, bis die Hebung der gegenwärtigen Periode eintrat. Was für dieses eine Beispiel gilt, kann auch ohne Gefahr einen Fehlschluss zu thun, für die ganze Erdoberfläche angenommen werden. Hebungen und Senkungen treten abwechselnd auf, als Veränderungen deren Rhythmus wir zwar noch nicht

zu erkennen vermögen, deren Existenz wir aber nicht wegleugnen können.

Auch die Vertheilung des hoch Aufragenden und des tief Versenkten, der Continentalmassen und der Oceanmulden, ist, wie alles Irdische, dem Wechsel unterworfen. Und was Rückert, in einem herrlichen Gedichte, Chidher, den ewig jungen, erzählen lässt, kommt nach Allem, was wir über die Sache wissen, der Wahrheit im Grunde genommen doch recht nahe, wenn wir nur, anstatt der fünfhundert Jahre, einen entsprechenden geologischen Zeitabschnitt annehmen wollen: wo eine Stadt sich gedehnt, findet Chidher nach einander, immer nach fünfhundert Jahren, Weide, wellenbewegte See und Wald, um dann wieder einmal vor einer volkbelebten Stadt zu halten; dass auch diese verschwinden wird im Laufe der Zeit, er lässt es uns ahnen, indem er schliesst:

Und aber nach fünfhundert Jahren
Will ich desselbigen Weges fahren.

