

anzugehen pflegen, und da die Decke überall am leichtesten nachgiebt, wo der geringste Widerstand ist, so treiben sie in der Richtung des Kraters diesen Widerstand empor, entweichen auch zum Theil auf derselben Bahn, heben dabei fortdauernd die Decke, schleudern beim Durchbruch Asche und Lapilli heraus, und sprengen endlich die Wand des Kegels, wenn die im Krater aufgehäufte Lava einen zu großen Druck auf die in der Tiefe steckenden Dämpfe ausübt, und sie nöthigt, durch die Kraterwand selbst einen Ausweg zu suchen. Inzwischen sind die heißen Schlünde durch diese Spalte entleert, die pressenden Dämpfe entweichen nach oben, und führen Asche, Bruchstücke des Kegels aller Art mit empor; kein Widerstand hält die noch unten im Krater befindliche Lava, ihrer Schwere gemäß zu fallen, sie sinkt wieder in die Tiefe hinab, der alte Schlund bildet sich aufs Neue, und die ganze Erscheinung wiederholt sich in ähnlicher Weise nach Verlauf eines Zeitraums, der ausreichte, neue hebende Dämpfe, neue Eruptionstoffe zu bilden. Dies ist in Kurzem die Theorie aller Eruptionen; verfolgen wir dieselbe noch ausführlicher an den Bodenerschütterungen, welche sie begleiten oder ihnen vorhergehen, aber auch selbstständig an vielen Orten, die keine thätigen Vulkane besitzen, auftreten.

## 6.

Erdbeben, ihre Ursachen und Wirkungen. — Stehen im Zusammenhange mit Vulkanen.

Unter allen Naturerscheinungen, die den Menschen mit Schrecken und Angst erfüllen, die Allgewalt der im Verborgenen wirkenden Naturkräfte offenbaren, und ihn in seiner Ohnmacht solchen Kräften gegenüber zeigen, sind die Erdbeben die großartigsten und ergreifendsten; denn sie vernichten in einem einzigen Moment volkreiche Städte mit ihren Bewohnern, senken Ebenen in die Tiefe, treiben Berge aus ihnen hervor, und ergießen aufgethürmte Wogen über das wehrlose Festland, Alles zerstörend, was der Mensch im Schweiß seines Angesichts seit Jahrhunderten mühsam auf ihm sich erworben und von Geschlecht zu Geschlecht fortgeerbt hat. Deshalb sind sie mit Recht die gefürchtetsten aller Schrecknisse, fürchtbarer als Feuers-

und Wassersnoth, furchtbarer noch als beide mit Stürmen vereint, wenn die tobende Windsbraut sich der Flammen bemächtigt, oder schäumende Wellen über die Ebenen treibt; denn stets ist die Zerstörung, welche diese Elemente anrichten, eine mehr örtliche, auf kleinere Flächen beschränkte. Aber die Erdbeben durchzucken mit einem Male ganze Provinzen, zerstören mit einem einzigen Schläge die größten Städte, und begraben Tausende zu gleicher Zeit unter ihren Trümmern. Nie hat eine Feuersbrunst, eine Wassersnoth, oder ein Orkan 40,000 Menschen auf einmal getödtet, wie 1794 am 4. Februar das große Erdbeben, welches Quito zerstörte; oder 1755 bei dem Erdbeben, welches vom 1. November an Lissabon verheerte, und wobei 24,000 Menschen umkamen. In Calabrien rechnete man nach dem großen Erdbeben vom Februar 1783 über 30,000 Tödtet; das Erdbeben zu Caracas am 26. März 1812 begrub 10,000 durch vorangegangene leichtere Stöße sorglos gewordene Einwohner unter den Trümmern der Stadt<sup>1)</sup>.

Phänomene von so gewaltigen Wirkungen können nicht ohne Einfluß sein auf die Gestaltung der Erdoberfläche, und da unter allen bisher betrachteten Umwälzungsursachen die Erdbeben offenbar die großartigsten sind, so werden wir schon deshalb ihnen eine Hauptrolle in den Revolutionsepochen zuerkennen müssen. Von ihrer Bedeutung in diesen werden wir aber nur dann eine klare Vorstellung gewinnen können, wenn wir ihre Wirkungen in gegenwärtiger Zeit genauer kennen gelernt haben.

Die Bewegungen des Bodens, welche wir mit dem Namen von Erdbeben belegen, zeigen eine dreifache Verschiedenheit, und sind theils stoßförmige, theils wellenförmige, theils wirbelnde. Wie verschieden in sich diese drei Bewegungen auch sein mögen, dennoch scheint keine allein ein Erdbeben von irgend einer Bedeutung zu bilden, vielmehr in jedem je nach den verschiedenen Standpunkten der Beobachter die eine oder die andere Bewegung sich gleichzeitig kund zu geben. Am seltensten jedoch, und immer nur bei den gewaltigsten Erschütterungen, hat man die wirbelnde oder drehende Bewegung wahrgenommen. Kleine einfache Schwanckungen des

1) Das Jahr 1846 ist außerordentlich reich an Erdbeben und vulkanischen Erscheinungen gewesen; zu den bedeutendsten gehörten das Erdbeben in Toscana am 14. August, und die große Eruption des Hekla seit dem 2. September 1845. In Deutschland wurden besonders die Rheingegenden am 29. Juli heftig erschüttert. Vergl. die Schriften von Nöggerath (das Erdbeben v. 29. Juli. Bonn 1847. 4.) und Bögnier (das Erdbeben und seine Erscheinungen. Frankf. a. M. 1847. 8.)

Bodens verrathen sich gewöhnlich unter der Form von Wellenbewegungen; einzelne isolirte doch oftmals ziemlich heftige Bewegungen scheinen von senkrechten Stößen herzurühren, und in einem einmaligen Auf- und Absteigen des Bodens mit nachfolgenden leichteren Erzitterungen zu bestehen. In jeder großartigen und gewaltigen Erderschütterung aber zeigt es sich deutlich, daß in der Gegend der heftigsten Einwirkungen die Bewegung einem drehenden Wirbel gleicht, der den einfachen Hauptstoß umgiebt, und von ihm aus sich wellenförmig nach allen Seiten in die benachbarten Umgebungen fortpflanzt. So war es namentlich bei den gewaltigen Eruptionen, die Calabrien und Lissabon zerstörten.

Daß Erdbeben von unterirdischen, nach oben drängenden Gewalten herrühren, ist keinem Zweifel mehr unterworfen; auch ergibt sich aus dieser Art ihres Ursprungs von selbst die schon erwähnte Verschiedenheit der Bewegungen. Geht die drängende Kraft senkrecht nach oben, von gleichmäßig leitenden Erdschichten fortgepflanzt, so wird das Resultat derselben eine einfach aufstoßende Bewegung sein müssen, die in dem ganzen erschütterten Erdstrich um so weniger sich fühlbar macht, je weiter der getroffene Punkt von derjenigen Stelle, auf welche der Stoß senkrecht wirkte, entfernt ist. In einem solchen Falle läßt sich um die Bewegungen ein Kreis oder eine Ellipse zeichnen, innerhalb welcher sich der Landstrich befindet, auf den der Stoß seine Wirkungen äußerte. Diese Fläche bildet den Erschütterungskreis, und seine Bestimmung, Größe, Ausdehnung und Lage zu benachbarten Umgebungen, zumal Gebirgen, ist wichtig, wenn man Erdbeben mit wissenschaftlicher Schärfe feststellen und ihre Beziehungen zu anderen Erscheinungen abwägen will. Aber nicht alle Erdbeben wirken in dieser Art, viele zeigen sich bloß einseitig in einer bestimmten Richtung, und werden immerhalb dieser Richtung ebenfalls mit verschiedener Intensität beobachtet. Solche Erdbeben haben immer eine wellenförmige Bewegung, und bringen durch dieselbe höchst merkwürdige Wirkungen hervor. Während nämlich bei senkrechten Stößen, und noch mehr bei Wirbelbewegungen, die Oberfläche und besonders die auf ihr befindlichen Gebilde des menschlichen Kunstfleißes, vollständig zertrümmert zu werden pflegen, sobald der Stoß mit irgend einer genügenden Heftigkeit wirkte; ist es bei gradelinig fortschreitenden Wellenbewegungen häufig und auch einleuchtend, daß senkrecht gegen die Stoßlinie stehende Gegenstände zertrümmert werden, während die ihr folgenden oder parallelen unverfehrt bleiben. Diese Thatsache ist wichtig für spätere Beobachter, welche aus den Wirkungen auf die Ursachen und Richtungen der Bewegung schließen müssen; denn es giebt ihnen

die Untersuchung der Trümmer ein Mittel an die Hand, zunächst die Richtung und dann vielleicht auch die Ursache zu erkennen. Auch die bloße Beobachtung des Bodens kann dies leisten, wenn derselbe zertrümmert wurde und Spalten riß; was bei heftigen Erdbeben nicht selten der Fall ist. Liegen die entstandenen Spalten parallel und in einer Richtung, so weisen sie auf kleinere Erdbeben mit Wellenbewegung verbunden hin; gehen die Spalten strahlenartig von einem Mittelpunkte aus, so wird der Erdstoß ein einfacher senkrechter gewesen sein; bilden sie Bogen um einen Mittelpunkt, so werden wir an wirbelnde Erdstöße denken müssen. Die Beachtung dieser verschiedenen Erscheinungen ist übrigens für die Erklärung früherer Erdbildungsphänomene von großer Wichtigkeit und kann besonders, wie sich bald zeigen wird, über die Form der Gebirge und Gebirgszüge interessante Aufschlüsse ertheilen. Beachtenswerth ist in dieser Beziehung auch die Art und Weise, in welcher auf einander folgende Stöße sich zu einander ordnen: ob sie sich auf derselben Stelle wiederholen, ob sie in einer Richtung einander folgen, oder ob sie über eine gewisse Fläche sich vertheilen. Das Erdbeben, welches 1783 Calabrien verwüstete, bot z. B. den zweiten der drei unterschiedenen Fälle dar; seine drei Hauptstöße vom 5. Februar, 7. Februar und 28. März lagen in einer Linie hinter einander, jeder Stoßpunkt etwa um 5—6 Meilen vom anderen nordostwärts entfernt. Die gerade Linie, welche sie beschrieb, folgte dem Hauptzuge der Calabrien durchlaufenden Bergkette, auf dem westlichen Abhange gegen Sicilien hin sich haltend. Aus dieser Lage der Stoßpunkte erklärt es sich leicht, warum die Ostseite Calabriens viel weniger betroffen wurde, als die westliche, warum ferner die Gegenden in der Richtung der Stoßlinie so grauenvoll verwüstet waren, und warum endlich noch bis nach Sicilien hinein die Stöße verheerend wirkten, während die Ostseite Calabriens ziemlich verschont blieb. Offenbar setzte nämlich der starke Gebirgsstock den Erschütterungen nach dieser Seite hin einen Damm entgegen, und schwächte sie durch seine Festigkeit; während die leichter beweglichen Schichten am Westabhange nicht bloß überhaupt stärker erschüttert wurden, sondern auch in der Richtung der Erschütterungsradien gegen das Meer hin einfallen, mithin zur Fortpflanzung der Erschütterungen, die sie selbst erfuhren, nach dieser Seite hin sich ganz besonders eigneten.

Sehr wichtig ist also für die Fortpflanzung der Stöße der Boden des betroffenen Landstriches, und in dieser Beziehung zeugt das erwähnte Beispiel Calabriens für die Annahme, daß Gebirgszüge die Fortpflanzung eines Erdbebens senkrecht gegen ihre Streichungslinie hemmen, daß sie da-

gegen der Ausbreitung desselben in der Richtung der Streichungslinie ganz besonders günstig zu sein scheinen. Diese Annahme ist in der That durch vielfache ähnliche Wahrnehmungen als eine allgemeine Wahrheit bestätigt; sie hat namentlich durch Beobachtung der Erderschütterungen in der Cordillerenkette, diesem großartigsten aller von vulkanischen Erscheinungen umgebenen Höhenzüge, eine vielfältige Bestätigung gefunden. Ganz Südamerika, vom Feuerlande bis zum Merikanischen Meerbusen hinauf, wird von einer fortlaufenden, nur stellenweis unterbrochenen Reihe von Vulkanen durchzogen, die immer dem hohen Gebirgskamme der Cordilleren folgen, und größtentheils auf ihm selbst ruhen. Bald hinter Quito theilt sich dieser Kamm in zwei Arme, der eine westliche streift durch die Landenge von Panama nach Mexiko und Nordamerika hinauf, der andere östliche wendet sich zum Meere nach Caracas, geht an der Küste fort, bis er die kleinen Antillen erreicht, und setzt sich durch diese unter dem Meere bis nach Portoriko fort, neben Haiti, Jamaika, Cuba zur Halbinsel Yucatan zurückkehrend. Nur innerhalb der durch diese Streichungslinie vorgezeichneten Richtung liegen die großen furchtbarsten aller Erderschütterungen, welche Amerika so oft heimgesucht haben, und in kleineren minder gewaltsamen Spuren fast jährlich heimsuchen; sie folgen dem Laufe der großen Bergkette genau und entfernen sich von ihr im Ganzen so wenig, daß eigentlich sie allein als der Erschütterungskreis erscheint, den die gewaltsamsten aller Beugungen des Bodens berühren. Das Centrum der einzelnen Erschütterungen liegt immer neben dem Hauptgebirgsstock, bald auf der Ost-, bald auf der Westseite, und folgt seiner Richtung theils auf-, theils absteigend in vielfachen Modificationen der jedesmaligen Wirkungen.

Indessen ist das keineswegs die einzige Art, wie Erdbeben sich ausdehnen und fortpflanzen; man hat sogar einige beglaubigte Beispiele, daß sie Gebirgskämme in querer Richtung durchschneiden, von dem einen Abhange auf den anderen übergehen können. Die häufigsten dieser Erdbeben finden sich in Mexiko, und hier scheinen sie durch die in derselben Richtung verlaufende Vulkanen-Reihe bedingt zu sein, welche dem Gebirgszuge der Inseln Jamaika, Haiti und Portoriko ziemlich parallel gehend genau von Westen nach Osten über die Landenge durch die Cordilleren hin sich fortzieht. In dem Falle folgt also die Stosslinie nicht dem Hauptgebirgszuge, sondern vielmehr dem ihn durchsetzenden Vulkanen-zuge; und ist im Grunde keine verschiedene, sondern eine bloß modificirte ähnliche Richtung. Allein auch unabhängig von solchen Bedingungen hat man quer über Gebirgszüge laufende Erdbeben beobachten können, so

namentlich eins bei *Cumana*, worüber *A. v. Humboldt* Mittheilungen machte, und ein anderes zwischen *Genua* und *Boghera*, quer über die *Apenninen*; ein drittes zwischen *Sciacca* und *Palermo* während der Bildung einer neuen Insel im Mittelmeer, wovon unten das Nähere bemerkt ist.

Die Wirkungen, welche Erdbeben auf die Umänderung der Erdoberfläche auszuüben im Stande sind, werden wir übrigens nicht sowohl aus den Zertrümmerungen menschlicher Bauwerke abnehmen können, sondern um vieles richtiger aus den wirklichen Veränderungen ersehen, welche die natürliche Erdoberfläche durch sie erleidet. In dieser Beziehung ist es indes nöthig zu bemerken, daß bei weitem die meisten Erdbeben der gegenwärtigen Periode keine bedeutenden Veränderungen hervorbringen, sondern sich bloß auf momentane Erschütterungen des Bodens beschränken. Nur die heftigsten Stöße wirken gewaltsamer und veranlassen Niveauveränderungen, die zwar ihrem Grade nach sehr verschieden sind, aber doch immer in *Hebungen* oder *Senkungen* bestehen. Was erstere betrifft, so hat man wohl wirkliche Hebungen des ganzen Bodens beobachtet, aber doch ungleich seltener, als Anhäufungen neuer Stoffe, die aus entstandenen Spalten hervorbrachen, und durch sich selbst und ihr Emporsteigen die Niveauveränderung bedingten. Eine wirkliche Hebung<sup>2)</sup> des Bodens fand indessen auch bei dem großartigsten Phänomen dieser Art, welches der Bildung des neuen *Merikanischen* Vulkans von *Jorullo* am 28. September 1759 voranging, statt. Auf einer Fläche von mehr als 4 Quadratmeilen Umfang hob sich der bis dahin ebene Boden gleich einem Gewölbe, dessen Mitte nahe an 500 Fuß aufstieg, und zerriß in vielfache Spalten, aus denen kleine Kegele von 6—10 Fuß Höhe hervorkamen. Zwischen ihnen entstand der Hauptvulkan aus einer großen Spalte, welche von *WNW* nach *OSO*, also ziemlich in derselben Richtung riß, in welcher die Reihe der Vulkane quer durch *Meriko* streicht, und thürmte sich bald bis zu einer Höhe von 1500 Fuß auf. Unaufhörlich spie er rauchende Flammen aus, schleuderte glühende Massen empor, und blieb bis Mitte Februar 1760 in fast ununterbrochener

2) Die neuesten Mittheilungen über den gegenwärtigen Zustand der damals veränderten Gegend von *C. Schleiden* stellen die Hebung des Bodens in Abrede und machen es wahrscheinlich, daß die scheinbare Hebung durch eine sehr schnelle Aufschüttung trümmerförmiger Lavamassen bewirkt wurde. Ob indessen nicht eine vorübergehende Hebung ihrem Durchbruche voranging, und ein Theil des gehobenen Bodens in veränderter Lage stehen blieb, möchte durch Untersuchung der gegenwärtigen Ueberschüttungen schwer zu entscheiden sein. Vergl. *A. Froriep*, Fortschr. der Geogr. u. Naturgesch. 2. Bd. S. 14 ff.

Thätigkeit. Selbst als am Anfange unseres Jahrhunderts A. v. Humboldt diese Gegenden besuchte, rauchte er noch, und die kleinen Kegel, *Horritos* (Defen) genannt, stießen fortdauernd ihre heißen Dämpfe aus. Ein Phänomen ganz ähnlicher Art ereignete sich an demselben Tage, doch 221 Jahre früher, bei Puzzuoli am Golf von Neapel. Häufige Erdbeben hatten diese Gegend schon seit Jahren erschüttert und vom 28. Sept. 1538 an durch mehrfache Bodenrisse zertrümmert; ein Theil der Küste hatte sich emporgehoben und die Stelle, wo später der Berg entstand, war sichtbar angeschwollen; — aber erst in der folgenden Nacht gegen 1 Uhr öffnete sich die Aufreibung wirklich, ein weit klaffender Schlund entstand, und über ihm stieg in 2 Tagen ein Berg empor, der noch jetzt eine Höhe von mehr als 400 Fuß und einen Umfang von 8000 besitzt. Seine Spitze ist mit einem Krater versehen, an dessen südwestlichem Rande sich eine deutliche, phonolithische Lavaschicht mit verschlacter Oberfläche erhalten hat; aber die Wände des Kraters bestehen hauptsächlich aus Bimssteintuff und größeren porösen Schlackenstücken, den Producten der Eruption, welche bis zum 6. October fortbauerte und den *Monte nuovo* in seiner jetzigen Form hervorbrachte. Seitdem ist der Berg nie wieder thätig gewesen. — Beide Erscheinungen, deren wir, statt vieler ähnlichen, hier als der großartigsten in der Gegenwart allein gedenken, geben nicht bloß über die Entstehung aller Vulkane in der früher (S. 74) angegebenen Weise die entschiedensten Aufschlüsse, sondern sie zeigen auch am bestimmtesten, wie gewaltige Wirkungen Bodenerschütterungen wenigstens einleiten, wenn auch nicht allein hervorbringen können, und wie ungeheuer wohl die Beugungen und Umgestaltungen der benachbarten Erdoberfläche gewesen sein mögen, welche mit dem Ursprunge und der allmäligen Ausbildung von Kegelfbergen, wie der *Aetna*, der *Monte Roa* auf *Owehi*, der *Pic* von *Teneriffa* und die gewaltigen Vulkane in den Umgebungen *Quitos*, verbunden waren.

In der That werden sich Einwirkungen von bedeutendem Umfange nicht wohl in Abrede stellen lassen, wenn wir uns die Entstehung dieser mächtigen Vulkane in derselben Weise, wie die Bildung des *Jorullo* oder des *Monte nuovo* vorstellen wollen; allein andererseits dürfen wir auch nicht übersehen, daß trotz der Gewalt, womit diese jüngsten Feuerschlünde der Erdoberfläche durchbrachen, die Erhöhung des Bodens im Ganzen eine räumlich sehr beschränkte, wenn auch örtlich bedeutende war, und offenbar mehr durch die Aufschüttung neuer Massen, als durch die Hebung älterer Erdschichten bewirkt wurde. Als Gegensatz dazu lassen sich jedoch gewisse

vulkanische Phänomene anführen, welche ohne irgend eine Aufhäufung eruptiver Stoffe merkliche Niveauveränderungen des Bodens, und was noch wichtiger sein dürfte, in bei weitem größerer Ausdehnung hervorbrachten. Eins der neuesten, wenigstens am genauesten ermittelten, ist die Erhebung der Chilesischen Küste von Copiapo bis Chiloe. Mit heftigen Erdstößen begann hier am 20. Februar 1835 die letzte Revolution, welche sich nicht bloß über den Küstenstrich ausdehnte, sondern auch über den dortigen Theil der Cordillerenfette erstreckte, von Lavaergüssen des Oforno begleitet wurde, und bis zur Insel Juan-Fernandez ihre Wirkungen verbreitete. Das wichtigste Resultat derselben war eine Erhebung der Meeresküste von 4—5 Fuß senkrechter Höhe, die später allmählig nachließ, binnen 6 Wochen auf 2 Fuß herabsank und in dieser Höhe stehen blieb. Chili scheint überhaupt unter allen Gegenden der Erdoberfläche die häufigsten Niveauveränderungen selbst in historischer Zeit erlitten zu haben; denn nach Untersuchungen von Darwin zeigen sich bei Coquimbo wenigstens 5 Terrassen älterer Küsten; ja nach demselben Beobachter beträgt die Erhebung des Bodens an manchen Stellen 1000—1300 Fuß und hält durchschnittlich 400—500. Diese bedeutende Veränderung des Festlandes gegen das Meer muß aber seit der Diluvialepoche erfolgt sein, oder kam wenigstens nicht aus einer beträchtlich älteren Periode stammen, weil die Schalen derselben Muscheln, welche jetzt das dortige Meer bewohnen, auch in den früheren Strandbildungen angetroffen werden. In der That läßt sich eine öftere Wiederholung der Küstenerhebung Chilis um so weniger bezweifeln, als dieselbe nicht bloß das eine Mal wirklich eintrat, sondern schon früher, während heftige Erdstöße vom 19. November 1822 bis zum September des folgenden Jahres diese Gegend heimsuchten, in gleicher Weise erfolgt war. Damals betrug die durchschnittliche Hebungshöhe am Meeresufer selbst 4 Fuß, obgleich stellenweis sich Niveauunterschiede von  $11\frac{1}{2}$  Fuß bemerklich machten; noch höher wurde das Festland in seinem Innern gehoben, selbst bis 2 Meilen weit vom Ufer, wo die Größe der Emporhebung zwischen 5—7 Fuß schwankte. Schwerlich wird sich übrigens in Abrede stellen lassen, daß man in dergleichen Hebungen die Resultate vulkanischer Kräfte anzuerkennen habe; zumal wenn man bedenkt, daß sie wenigstens an dieser Stelle nie ohne Bodenerschütterungen und sie begleitende vulkanische Erscheinungen eintraten<sup>3)</sup>. —

3) Ein Phänomen anderer Art, dessen hier nur seiner äußeren Aehnlichkeit wegen gedacht wird, scheint die fortdauernde Erhebung Schwedens zu sein. Seit fast 100

Besonders wichtig für die Bestimmung der Bodenveränderungen, die durch Erdbeben hervorgebracht werden, ist der Antheil, den an ihnen das Meer nimmt. Wir kennen kein Erdbeben von irgend einer Bedeutung, das, in den Bereich von Meeresküsten fallend, nicht auch dieses Element gewaltsam aufgeregt und zu Veränderungen der Niveauverhältnisse veranlaßt hätte. Schon Plinius, der älteste Schriftsteller über die Phänomene, welche den großen Ausbruch des Vesuvius vom Jahre 79 unserer Zeitrechnung begleiteten, spricht von einem auffallenden Zurücktreten des Meeres während der Eruption, das lediglich durch ein Emporsteigen des Ufers, oder wo dieses nicht stattfand, durch Schwankungen des Bodens, welche sich dem leichter beweglichen Elemente mittheilten, bedingt sein kann. Bei dem geschilderten Durchbruch des Monte nuovo trat das Meer gegen 200 Fuß vom Ufer zurück, und da mit seinem Emporsteigen eine allgemeine Hebung des benachbarten Bodens zugleich erfolgte, so erklärt sich

Jahren, zuerst durch Celsius, auf diese merkwürdige Erscheinung hingewiesen, können wir es nunmehr für eine entschiedene, besonders von L. v. Buch festgestellte Thatsache ansehen, daß der ganze Küstenrand Scandinaviens von Friedrichshall bis nach Åbo in Finland sich langsam über den Meerespiegel erhebt und während der historischen Zeit wenigstens um 200 Fuß gestiegen ist. Die Hebung nimmt sichtbar ab, je weiter man nach Süden kommt, und ist an den Küsten Schonens unmerklich; dagegen zeigt sie sich noch deutlich bei Stockholm und am sichtbarsten in der Gegend von Torneå und Piteå, wo innerhalb 30 Jahren gegen eine Meile breites Küstenland vom Wasser befreit wurde. Es scheint, als wenn 40 Zoll Steigung die Mittelzahl eines Jahrhunderts angiebt. Indes kann die Hebung nicht immer gleichmäßig zugenommen haben, es müssen auch Sentungen wieder eingetreten sein, wie andere Thatsachen, namentlich eine in 60 Fuß unter der jetzigen Oberfläche nahe bei Stockholm aufgefundene Fischerhütte, welche ursprünglich am Meeresufer stand, beweisen. Daraus würde hervorgehen, daß Schweden abwechselnd sich hebe und senke oder wenigstens früher auch einmal sich gesenkt habe; und da dieselbe Erscheinung, wie sonderbar es auch klingen mag, von einer Küstenstrecke der Bai zu Bajå, wo der vielbesprochene Serapistempel steht, mit den Bohrlöchern der Lithodomi in seinen Säulen, 23—28 Fuß über dem jetzigen Wasserpiegel, aufs Bestimmteste nachgewiesen ist (besonders durch Fr. Hoffmann in Karsten's Archiv III. S. 374), so würde sie auch für Scandinavien zulässig sein. Freilich scheinen Erdbeben und vielfache vulkanische Kräfte, welche mit den Vorgängen am Serapistempel zu Bajå erwiesenermaßen im Zusammenhange stehen, die Hebung Schwedens nicht zu bewirken, denn es fehlt durchaus an Beobachtungen, welche uns darüber Nachweis erteilten. Und doch muß das ganze Phänomen ein örtliches, auf das nördliche Scandinavien beschränktes sein, weil weder an den südlichen deutschen, noch an den westlichen dänischen Küsten der Ostsee eine ähnliche Zunahme des Ufers bemerkt wird, eine solche aber nothwendig eintreten müßte, wenn man die Erhebung Schwedens als nur scheinbar ansehen und die Zunahme des Küstenstrichs aus dem Fallen des gesammten Ostseespiegels herleiten wollte. —

das Zurücktreten des Wasserspiegels aus ihr von selbst. Aber nicht immer tritt das Meer zurück, oftmals greift es auch über seine früheren Grenzen hinüber. So namentlich beim Erdbeben von Lissabon. Anderthalb Stunden nach dem ersten heftigen Stoß am 1. November begann der Tajo zu schwellen, und hob sich 40 Fuß höher als zur Zeit der stärksten Fluth; bald darauf fiel er wieder, und zwar ebenfalls tiefer als die niedrigste Ebbe, und in ähnlicher Weise schwankte er mehrmals auf und nieder. Gleichzeitig mit dieser Bewegung des Tajo bemerkte man Schwankungen des Atlantischen Oceans, sowohl an seinen östlichen, als auch an seinen westlichen Küsten; selbst in die Nordsee hinein erstreckten sich ihre Wirkungen, und wurden z. B. bei Glückstadt an der Elbe um 11 Uhr 30 Minuten wahrgenommen. Manche der größeren Seen zeigten Erschütterungen, besonders die Schweizer Seen; aber auch an anderen, selbst in der Mark Brandenburg und in Schweden, spürte man Bewegungen. Ueberhaupt sind wenige Erdbeben so ausgebreitet gewesen, wie dieses, und keines hat in den verschiedensten und entferntesten Punkten so gleichzeitige Wirkungen hervorgebracht, als das eben genannte. Momentan stockten um diese Zeit die Teplizer Quellen; der Besuch, welcher seit 8 Uhr ausgeworfen hatte, ward ruhig um die Zeit des Stoßes, der Lissabon zerstörte; an allen Küsten der Westindischen Inseln stieg die Fluth zu ungeheurer Höhe empor. Dies und das spätere Schwellen des Tajo zeugt nicht bloß für die Heftigkeit des Stoßes, sondern auch für die Richtung desselben, welche radienartig von Lissabon ausstrahlte und nach allen Seiten hin sich erstreckte. Daher konnte der Tajo erst steigen, als die westwärts fortgeschleuderten Wasser des Oceans in ihre horizontale Ebene zurückkehrend nach den physikalischen Gesetzen der Wellenbewegung auch ostwärts stiegen, und zwischen beiden Extremen schwankend nach und nach ihre vormalige Stellung wieder erlangten. — Noch viel gewaltiger waren die mit Erdbeben verbundenen Meeresbewegungen an manchen Küsten und Inseln Amerikas. Keine unter den letztern ist häufiger erschüttert worden, als Jamaika, und keine so selten wie Cuba. Erstere, freier in die Caraibische See hinausgestoßen, als irgend eine andere Insel der Antillen, besitzt zwar keinen noch thätigen Vulkan, ist aber vielleicht eben deshalb ein Herd gewaltiger Erschütterungen, die fast jährlich in größeren oder geringeren Spuren sich zeigen. Eine der heftigsten fand am 7. Junius 1692 statt und zerstörte Kingston fast völlig. Das Meer war während dieses Erdbebens so aufgereggt, daß es in die Straßen der Stadt drang, und eine große Fregatte, welche auf dem Werft lag, mitten unter den Häuser-

trümmern niedersezte. — Ebenso große Verwüstungen richtete das von mächtigen, aufgethürmten Meereswogen begleitete Erdbeben am 28. October 1746 zu Lima an. Hier zählte man binnen 24 Stunden gegen 200 Stöße. Nach dem ersten heftigsten von allen, der Abends 10 $\frac{1}{2}$  Uhr statthatte, schwoll das Meer in der Nacht angeblich 80 Fuß über sein gewöhnliches Niveau und vernichtete die Hafenstadt Callao mit ihren 5000 Bewohnern so vollständig, daß nach dem Rücktritt des Wassers nur noch die Grundmauern der Festungswerke sichtbar waren. Mehrere Schiffe, die im Hafen lagen, stütheten über die verschlungenen Häuser weg, und vier strandeten eine Stunde landeinwärts zwischen Landhäusern und Gärten. Ihre Mannschaften waren fast die einzigen Geretteten.

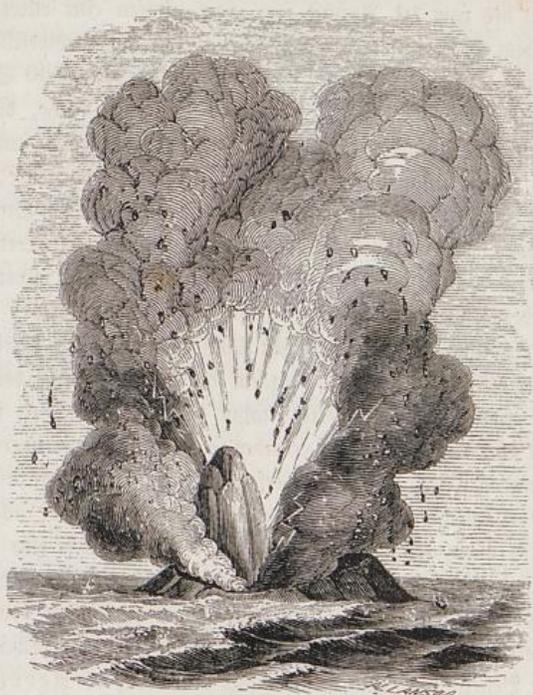
Bewegungen des Decans, die von Erdbeben herrühren, bemerkt man übrigens nicht bloß an den Küsten, sondern selbst auf offenem Meere. Und gewiß sind dieselben hier gar nicht selten, aber nur zufällig hat ein gerade in der Nähe befindliches Schiff Gelegenheit, sie zu beobachten. Eine solche bot sich dem bekannten Reisenden Shaw dar, als er auf einem Algierschen Schiffe das Mittelmeer im Jahre 1724 (der Tag ist nicht angegeben; siehe dessen Reisen 1. Bd. S. 303) besuhr. Man empfand drei heftige Stöße hinter einander und Erzitterungen des Schiffes, wie wenn große, 30 Tonnen schwere Lasten in dasselbe geworfen würden. In demselben Jahre war der Vesuv thätig, und in Island fanden ungeheure Eruptionen des Krabla statt. Eine ganz ähnliche Erfahrung machte ein englisches Schiff während des Erdbebens von Lissabon; es empfand einen heftigen Stoß 50 Seemeilen vom Ufer, als es im Begriff war, der Hauptstadt zuzueilen. Mehrere ältere Beispiele hat Buffon (Theorie der Erde 16. Cap.) gesammelt, die meisten erwähnt Fr. Hoffmann (Werke, 2. Bd. S. 352) in seiner vortrefflichen Schilderung aller vulkanischen Phänomene.

Allein nicht bloß Erschütterungen, auch die Erdbeben von bedeutender Intensität öfters begleitenden Erhebungserscheinungen hat man im Ocean wahrgenommen. Vielen meiner Leser ist gewiß noch das interessante Phänomen einer aus dem Mittelmeere emporsteigenden Insel im Gedächtniß, welches im Juli 1831 dem Städtchen Sciacca gegenüber, 8 Meilen von der Sicilianischen Küste, in der Richtung nach Pantellaria zu stattfand, und damals alle Zeitungsschreiber beschäftigte. Nachdem Ende Juni mehrere unbedeutende Erdstöße, die sich in querrer Richtung durch Sicilien bis nach Palermo hin fortpflanzten, verspürt worden waren, sah man am 12. Juli zuerst unweit Sciacca eine große Menge kleiner fein poröser

Schlackenstückchen auf dem Meere schwimmen, und nahm gleichzeitig einen starken Schwefelwasserstoffgeruch wahr. Fischer, welche in See gingen, aber wegen dichten Nebels nicht weit von der Küste sich entfernten, fanden das Meer überall mit ähnlichen kleinen Steinbrocken und stellenweis so dicht bedeckt, daß sie sich mit den Rudern Bahn brechen mußten; nicht minder überraschten sie große Mengen todter Fische, welche unter den Trümmern umhertrieben. Am folgenden Morgen waren die Nebel verschwunden und jetzt erkannte man deutlich eine hohe Rauchsäule am Horizont, in der unten von Zeit zu Zeit helle Flammen aufzuflackern schienen. Den ganzen Tag sah man die Rauchsäule gleichförmig und fast senkrecht emporsteigen, und hörte in Pausen ein donnerähnliches Getöse herüberdröhnen, womit gegen Abend Blitze, wie beim Wetterleuchten, sich verbanden. Bei so drohenden Erscheinungen wagte Niemand von den Einwohnern, sich dem Eruptionspunkte zu nähern; erst als nach 10 Tagen deutsche Reisende<sup>4)</sup> durch das merkwürdige Ereigniß herbeigeloct waren, gelang es ihnen, einige Schiffer zu einer Untersuchungsfahrt zu bewegen. Beim Herannahen an die Stelle der Eruption bot sich der Anblick dar, welchen wir auf dem eingeschalteten Holzschnitt wiederzugeben versucht haben. Es zeigte sich ein deutlicher, an verschiedenen Punkten von 60 — 200 Fuß hoch aufgeschütteter schwarzer Kraterrand, dessen unterste Ränder ziemlich steil in das Meer abfielen, weil die Wellen unaufhörlich die äußersten Schichten abspülten und eine starke Brandung ihre losen erdigen Bestandtheile herunterriß. Aus der Mitte des Kraters erhoben sich ununterbrochen und mit Hefigkeit, doch geräuschlos, große Ballen schneeweißer Dämpfe, deren stets gleiche auf einander folgende Massen bis zu einer Höhe von 2000 Fuß emporwirbelten. Durch dieselben schossen dann und wann schwarze Schlackenstücke, welche die Dampfvolken zerrissen und mannigfach in einander rollten; aber das Prachtvollste der ganzen Erscheinung waren die von Zeit zu Zeit erfolgenden heftigeren Aschenausbrüche. Unmittelbar unter und neben der weißen Rauchsäule schwoh dann furchtbar drohend eine dichte schwarze Wolke herauf, in deren Mitte schwarzbraunes kochendes Wasser fontainenartig emporstieg, während sie selbst, immer höher und höher werdend, sich garbenförmig ausbreitete und ihren dichten Sand-, Aschen- und Schlackengehalt ausschüttete. Zu Tausenden flogen die geschleuderten Massen umher und

4) Der verstorbene Geognost Fr. Hoffmann mit dreien Begleitern; wir verdanken ihm eine sorgfältige Schilderung des Phänomens, wovon hier ein Auszug gegeben ist. Poggendorff's Ann. Bd. 24. S. 63.

bedeckten im Halbmesser von  $\frac{1}{8}$  Meile die Oberfläche des Meeres, welches nicht bloß emporspritzte, sondern fausend und zischend von den heißen Körpern erhitzt zu Dämpfen aufwallte. Jeder große Stein, der durch den erhaltenen Schwung weiter flog, als die Hauptmasse, führte einen Schweif



schwarzen Sandes hinter sich her, wodurch merkwürdige strahlenförmige Gruppierungen entstanden, gleich Raketen von dunkler Farbe oder Cypressenzweigen, die einen ungemein schönen Anblick gewährten. Dabei ließ sich ein Plagen und Rasseln der in der Luft an einander schlagenden Stücke und ein Rauschen gleich niederfallenden groben Hagels vernehmen; noch vermehrt durch das Plätschern und Zischen des Meeres, wenn die Stücke in dasselbe eintauchten. Keine Flammen fuhrn aus dem Krater und kein Leuchten war in ihm erkennbar; dagegen sah man in Augenblicken hoher Steigerung des Auswurfs eine große Zahl hell leuchtender Blitze durch die schwarzen Rauchmassen hin- und herzucken, und einem jeden derselben folgte deutlich ein lauter und lange anhaltender Donner, welcher, von fern ver-

nommen, ein gleichmäßig fortdauerndes Getöse zu sein schien. In solcher Art dauerten stärkere Eruptionen oft nur 10 Minuten, bisweilen gegen eine Stunde; dann verschwanden sie und es trat eine mehr oder minder lange Pause ein, während welcher bloß die weißen Dampfwolken gleichmäßig emporwirbelten. — Diese Eruptionsphänomene setzten sich mit abnehmender Intensität bis zum 12. August fort, und schufen eine elliptische Insel mit wallartigem Kraterande, deren höchster Punkt am nordwestlichen Ende gegen 200 Fuß anstieg, während ihr Umfang sich bis 2000 Schritte belaufen mochte. Ihr Erdreich war nichts als feine lose Asche, die größtentheils aus kleinen Augitkrystallen oder Trümmern bestand, und mantelartige, nach außen und innen einfallende Schichten darstellte, zwischen denen dünne weiße Salzkrusten in fast regulär wiederholter Streifung sich abgesetzt hatten. Festes Gestein war außer den emporgeschleuderten schwarzen Trümmern von basaltischem Gefüge und sehr feinem Korn nicht zu entdecken, ebenso wenig Lava oder Bimsstein. Ein so loser Aschenbau konnte dem Andrang der Wogen nicht lange widerstehen; bereits als die Hefigkeit der Eruption nachließ, begann die Verkleinerung des Kraters, und als sie endlich ganz aufhörte, nahm der sichtbare Theil mit solcher Schnelligkeit ab, daß schon im December seine letzten Reste unter den Wogen verschwunden waren. In den ersten Jahren fand man an der Stelle der Insel, von welcher die Engländer am 2. August unter allen Formen des Seerechtes Besitz genommen hatten, in 2 Faden Tiefe eine Felsenspitze und vermuthet, daß es die im Krater bis zu solcher Höhe emporgehobene erkaltete Lava gewesen sei; jetzt ist auch dieser letzte Rest des Gilandes, unter dessen vielen Namen (Merita, Julia, Graham-Insel, Gotham-Insel, Corrao) die Benennung nach dem Könige von Neapel: Ferdinandea, den meisten Beifall gefunden zu haben scheint, verschwunden und nicht einmal seine Spur als Untiefe zurückgeblieben<sup>5)</sup>.

Eine ganz ähnliche Inselbildung beobachtete der englische Schiffscapitain Tillard 1811 vom 13. Juni an in der Gegend der Azoren, der Küste von San Miguel gegenüber, und nannte das entstandene Giland nach seinem Schiff Sabrina; es war 300 Fuß hoch und hatte eine englische Meile im Umfange. Sein Dasein dauerte nur wenig länger; im Februar 1812 war es schon zur Sandbank geworden, und später ist es

5) Nach den neuesten Untersuchungen beträgt die Meerestiefe auf der Stelle der Insel 32 Faden (192 Fuß); vor der Eruption war sie an 100 Faden; die Insel besaß also eine wirkliche Höhe von 800 Fuß.

ganz verschwunden. Zweimal früher, im Jahre 1638 und 1720, fanden schon ähnliche Erscheinungen bei den Azoren statt, und mehrmals beobachtete man verwandte Bildungen im Aegäischen Meere, zumal bei Santorin, wovon bereits früher (S. 75) beispielsweise die Rede war. Während hier die neu entstandenen Regel sich zum Theil erhielten, sind auch die bei Island vor dem großen Ausbruch des Skaptar Jökul von 1783 im Meere entstandenen wieder verschwunden. Einen ähnlichen Fall kennt man aus der Reihe der Aleuten, wo man 1796 die neue Insel neben Unnak emporsteigen und fortdauernd bis 1806 sich vergrößern sah, seit welcher Zeit ihre Eruptionen aufhörten. Sie steht noch, und soll mehrere tausend Fuß Höhe haben. —

Wenden wir uns nach diesen Angaben über Eigenschaften und Wirkungen der Erdbeben zur näheren Untersuchung ihrer Ursachen, so ist es zunächst wohl einleuchtend, daß sie von denen vulkanischer Eruptionen überhaupt nicht verschieden sein werden, da sie ja alle mit solchen Phänomenen in Beziehung stehen, und stets den Bildungen neuer Vulkane und vulkanischer Ausbrüche vorangehen. Wenn wir also früher die Hebung der Lava, Asche und Lapilli mittelst des Durchbruches gasförmiger Stoffe und ihrer hebenden Kräfte erklärten, so dürfen wir auch die dabei stattfindenden Bodenerschütterungen dem Drängen solcher eingepreßten, auf einen zu kleinen Raum beschränkten und einen Ausweg suchenden Dämpfe zuschreiben. Unter allen Gewalten, die wir kennen, sind die Kräfte eingengter Gase die heftigsten; ihre Wirkungen also auch sicher die großartigsten. Nirgends aber werden die durch Erdbeben und vulkanische Eruptionen hervorgebrachten Phänomene der Umwälzung und Zerstörung von anderen tellurischen Erscheinungen ähnlicher Art an Ausdehnung übertroffen, so daß schon eine ganz äußerliche Uebereinstimmung auf die Gleichmäßigkeit von Ursache und Wirkung uns hinweisen muß. Kommt nun noch hinzu, daß Wasserdämpfe und gasförmige Stoffe der verschiedensten Art aus den Kratern der Vulkane entweichen; daß sich in den Vulkanen ein Hitze-Grad findet, der manche feste Substanz in Gasform verwandelt, und daß auch da, wo keine offenen Vulkane sich zeigen, solche Stoffe aus den durch Erdbeben entstandenen Spalten ausgesprüht werden; so ist wohl mehr als eine bloße Wahrscheinlichkeit vorhanden, wenn wir den eingepreßten Dämpfen das ganze Phänomen der Bodenerschütterung, der Verftung und des Emporsteigens unterirdischer Stoffe zuschreiben. Dieser Ansicht huldigt denn auch die gegenwärtige Theorie der Erdbeben vollständig, sie war aber lange Zeit noch uneins über die Beschaffenheit der Dämpfe selbst.

Neuerdings hat man sich besonders seit Scrope's Behauptung<sup>6)</sup>, daß lediglich Wasserdämpfe zur Erklärung sämtlicher vulkanischer Eruptionsphänomene ausreichten, immer mehr eben dieser Ansicht zugeneigt, und ihr eine um so verdientere Anerkennung gezollt, als ja die Wasserdämpfe den Hauptbestandtheil aller von Vulkanen ausgehauchten Gase ausmachen, ja mehrere überhaupt nur sie, statt aller anderen Stoffe, hervorbringen. Daß dabei eine Zersetzung des Wassers in seine Bestandtheile erfolge und namentlich die stärksten Explosionen von verbrennenden Wasserstoffströmen, wie man früher annahm, herrühren, ist nicht wahrscheinlich; man glaubt jetzt mit größerem Rechte, daß die Detonationen, welche aus dem Innern des Berges erschallen, den durchbrechenden erhitzten Wasserdämpfen zugeschrieben werden müssen und die stellenweis sichtbaren Flammen von verbrennenden Schwefeldämpfen herrühren, die ihren Ursprung aus zersetzten Schwefelmetallen, besonders dem Schwefelkies, herleiten. Eine ähnliche Bewandniß hat es mit dem Kochsalz, welches manche Vulkane an ihren Abhängen und in den Niederschlägen erzeugen; es ist das Residuum des durch Erbspalten und Klüfte in die Tiefe gedrungenen Meerwassers, welches als Dampf mit den Explosionen entweicht, die wir vernehmen, und seine festen Bestandtheile zurückläßt. Vielleicht mögen kleine Quantitäten des Chlornatriums sich zersetzen und daher die Chlordämpfe oder die salzsauren Dämpfe rühren, deren Anwesenheit in den vulkanischen Eruptionen manche Beobachter nachzuweisen suchten; sicher aber bleibt der größte Theil des Wassers, welches der Vulkan an sich gezogen hat, bloßer Wasserdampf, hebt als solcher die flüssige Lava, entweicht, wo er kann, und führt Asche mit sich, besonders zuletzt, wo nach Abfluß der Lava ihm ein freierer Abzugskanal gebildet worden ist. — Uebrigens bieten die thätigen Vulkane durch ihre mit geschmolzener Lava erfüllten Krater dem pressenden Gase einen weit geringern Widerstand dar, als die feste, in sich geschlossene Erdrinde. Häufen sich unter dem Vulkan in seinen zum Theil leeren und ausgeschöpften Schländen Dämpfe an, so brauchen sie nur jene Lavamassen, die den Ausgang verstopfen, zu heben, und werden damit fortfahren, bis der Druck der gehobenen Massen im Abzugrohr zu stark ist, als daß sie ihn noch ferner überwinden können. Dann suchen die Dämpfe hier und da einen Ausweg, erschüttern dabei den Boden, finden ihn endlich in der Nähe des Kraters, wo sie neue Spalten, neue Schlände aufdecken, und mittelst derselben für die gehobene Lava ein Abzugrohr bereiten. Wo aber

6) Poul. Scrope, Considerations on Volcanos etc. London 1823. 8. Cap. 2.

offene Schlände fehlen, da müssen sie entweder durch Zerreißen der festen Rinde und Emportreiben des Widerstandes gemacht werden, oder die eingepreßten Dämpfe müssen sich verdichten; und dazu mag das Aufsteigen in kältere Räume, wobei Detonationen und Erschütterungen erfolgen, manchmal Gelegenheit darbieten. Fälle der Art könnten Erdbeben ohne Eruptionsphänomene herbeiführen. Hätte jeder von Erdbeben häufig heimgesuchte Ort, wie z. B. Jamaica, seine thätigen Vulkane, seine offenen Schlände für die eingepreßten Dämpfe, er wäre glücklicher daran, als jetzt, wo diesen Dämpfen der Ausweg fehlt, und die Erschütterungen zu schwach sind, ihn zu schaffen. Ist er aber irgendwo entstanden, so hören die Erschütterungen auf, und neue Erdbeben, neue Hebungen stellen sich erst wieder ein, wenn der Ausgang ihnen verstopft wird. Bei dieser Ansicht läßt es sich sehr wohl begreifen, warum Gegenden, die keine offenen Vulkane besitzen, viel mehr von Erdbeben heimgesucht werden müssen, als andere, die einen Vulkan in ihrer Nähe haben, und warum thätige Vulkane oft plötzlich innehalten, wenn Erdbeben an entfernten Orten stattfinden; denn die dort vor sich gehenden Aenderungen in vulkanischen Herde stören auch hier die gewohnte Thätigkeit, entziehen dem Schlande auf gewisse Zeiten seine Dampfmassen oder halten sie in der Tiefe zurück. Wir dürfen daher zwischen anscheinend so entfernten Punkten irgend eine Beziehung annehmen, und wahrscheinlich einen Zusammenhang ihrer vulkanischen Herde aus solchen gleichzeitigen Begebnissen ableiten.

## 7.

Ausbreitung der thätigen Vulkane über die Erdoberfläche. Folgen daraus.

Der Zusammenhang scheint übrigens bei weitem größer zu sein, als die einzelnen, darüber vorhandenen Wahrnehmungen glauben machen; er könnte sich wohl durch den ganzen Erdkörper in einer gewissen Tiefe verbreiten. Eine solche Annahme, von der größten Wichtigkeit für die Entwicklung unseres Planeten, muß durch zweierlei Untersuchungen einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn die Resultate beider bejahend ausfallen sollten. Wenn sich nämlich vulkanische Phänomene und