

Über den Zusammenhang gewisser vulcanischer Erscheinungen in Süd-America, und über die Bildung von Bergketten und Vulcanen, als Wirkung derselben Kraft, durch welche Continente erhoben werden.

Aus: Transactions of the Geol. Society of London, 2. Ser. Vol. V. p. 601—631.

Mit einer Karte (Westküste von Süd-America.)

Einleitung.

Die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung ist, die hauptsächlich, allgemein die Erdbeben an der Westküste von Süd-America begleitenden Erscheinungen zu beschreiben, und ganz besonders diejenigen, welche den Stosz begleiteten, der am Morgen des 20. Februar 1835 die Stadt Concepcion in Trümmer stürzte. Diese Erscheinungen beweisen in einer merkwürdigen Art und Weise den innigen Zusammenhang zwischen den vulcanischen und hebenden Kräften; ich werde ferner den Versuch machen, aus diesem Zusammenhange gewisse Folgerungen in Betreff der langsamen Bildung von Gebirgsketten abzuleiten.

Beobachtungen über das Erdbeben in Chile am 20. Februar 1835.

Dieses Erdbeben ist der Gegenstand mehrerer bereits erschienenener Abhandlungen geworden: der sechste Band des Geographical Journal¹ enthält eine wundervolle Beschreibung desselben von Capt. FITZ-ROY, in welcher viele interessante Thatsachen detaillirt mitgetheilt werden und die Erhebung einer bedeutenden Strecke der Küste unbestreitbar erwiesen wird. Auch die Philosophical Transactions für 1836 enthalten eine Abhandlung über diesen Gegenstand von Mr. CALDCLEUGH.

¹ „Sketch of the Surveying Voyage of His Majesty's Ships Adventure and Beagle.“ Vol. VI. P. II. p. 311.

In Bezug auf eine besondere Beschreibung des Erdbebens selbst und der Niveau-Veränderungen, welche dasselbe in der Umgebung von Concepcion begleiteten, musz ich daher auf diese Schriftsteller verweisen, deren Angaben ich, so weit ich zu beobachten Gelegenheit hatte, vollständig bestätigen kann. Ich will nur einige wenige Einzelheiten hinzufügen und dann dazu übergehn, die Art zu beschreiben, in welcher die südlichen Vulcane von Chile während des Stoszes afficirt wurden.

Die Insel Juan Fernandez, 360 geographische Meilen nordöstlich von Concepcion gelegen, scheint heftiger erschüttert worden zu sein, als das gegenüber liegende Ufer des Festlandes, und zu gleicher Zeit hatte ein submariner Vulcan in der Nähe des Vorgebirges Bacalao, wo die Tiefe des Meeres später zu 69 Faden bestimmt wurde, einen Ausbruch und blieb auch noch während des Tages und eines Theiles der darauf folgenden Nacht in Thätigkeit. Diese Thatsache gewährt ein eigenthümliches Interesse, insofern während des Erdbebens von 1751, welches Concepcion ganz in Trümmer legte, diese Insel gleichfalls in einer merkwürdigen Weise afficirt wurde, wenn man ihre grosze Entfernung vom Hauptsitze der Störung in Betracht zieht. Wenn ein genauer Bericht jenes Ereignisses aufbewahrt worden wäre, würden wahrscheinlich noch viele andere Punkte der Übereinstimmung nachgewiesen werden können. Nach einer alten Überlieferung wurde das Land damals dauernd erhoben, und das davon betroffene Gebiet scheint ziemlich genau dasselbe gewesen zu sein, wie das im Februar 1835 erschütterte. MOLINA² gibt gleichfalls an, dasz die wellenförmige Bewegung von Süden her fortschritt; und in dieser zweiten Katastrophe waren die Einwohner übereinstimmend der Meinung, dasz sie von Süd-West oder selbst noch reiner von Süden her ausgieng. Nach einem Zwischenraum von nur 84 Jahren ist es durchaus nicht unwahrscheinlich, dasz die unterirdischen Kräfte nach identisch den gleichen Punkten hin gerichtet waren.

Da mir viel daran gelegen war, die Wirkungen des Erdbebens nach Süden zu verfolgen, schrieb ich, kurz nachdem ich Concepcion besucht hatte, an Mr. DOUGLAS, einen sehr intelligenten Mann, mit welchem ich auf der Insel Chiloë bekannt geworden war; die Antwort, welche ich seit meiner Rückkehr nach England erhalten habe, ist voll von merkwürdigen Mittheilungen.

² Compendio de la Historia del Reyno de Chile, Vol. I. p. 33.

Er beschreibt das Erdbeben, welches über den ganzen Bezirk hin in beinahe derselben Minute gefühlt worden zu sein scheint (so weit man sich auf die Uhren des Landes verlassen kann), als ein sehr heftiges. Er sagt, dasz 20 Minuten vor dem groszen Stosz ein unbedeutender gefühlt wurde, ein Umstand, von welchem ich in keiner andern Abhandlung etwas gehört habe. Er war zur Zeit auf der Insel Cahue (einer der vielen kleinen Inseln auf dem nach dem Festland zu-gekehrten Ufer von Chiloë) und machte zur Zeit die folgenden Bemerkungen in sein Notizbuch: „ein Erdbeben gefühlt um halb zwölf Uhr, „die Bewegung horizontal und langsam, der eines Schiffes ähnlich, „welches auf dem Meere vor einer hohen regelmässigen Schwellung „geht, mit drei bis fünf Stöszen in der Minute, welche etwas stärker „waren als die fortdauernde Bewegung; Richtung von Nord-Ost nach „Süd-West. Waldbäume berührten beinahe den Grund in diesen Rich- „tungen, in unserer Nähe fiel aber keiner um; der Taschen-Compass „wurde horizontal auf den Boden gestellt, die Nadelspitze auf den „Nordpunkt eingestellt; bemerkte, dasz sie während des heftigen Stozes „zwei Punkte nach Westen und nur einen halben Punkt nach Osten „schwang; stand auf Nord, wenn die Bewegung weniger heftig war. „Vier Minuten später kam ein Stosz, heftiger als irgend einer der „vorhergehenden, afficirte den Compass wie vorher; ein weiterer hef- „tiger Stosz, und dann wurden die Bewegungen allmählich weniger „deutlich, und 8 Minuten nach dem ersten Anfang hörten sie gänz- „lich auf.“

Ich habe die Angaben des Mr. DOUGLAS in Bezug auf den Compass angeführt, obschon es nicht einzusehen ist, wie irgend eine Bewegung ihn stärker nach der einen Seite als nach einer andern zu schwingen veranlaszt haben kann. Ich vermuthe indessen, dasz, wenn die Nadel mit ihrer Karte nicht von der magnetischen Kraft beeinflusst worden wäre, sie in die Mulde (wenn ein solcher Ausdruck gestattet ist) der Wellenbewegung geworfen worden wäre, d. h. in die Richtung von Nord-West nach Süd-Ost, und dasz daher die Wiederholung dieser Neigung, welche gegen die polare Anziehung wirkte, die ungleichen, eben beschriebenen Schwingungen verursachte. In meiner Reise³ habe ich nachzuweisen gesucht, dasz die wirbelartige Bewegung, welche bei manchen Erdbeben die Steine in Gebäuden augen-

³ Reise eines Naturforschers etc. Übers. p. 354.

scheinlich afficirt hat, möglicherweise nach demselben Principe erklärt werden dürfte, dasz nämlich die Steine so erschüttert werden, dasz sie sich ihren Formen entsprechend in der Schwingungslinie so anordnen, wie es der Compasz gethan haben würde, wenn die magnetische Kraft nicht auf ihn eingewirkt hätte. Dasz die Bewegung der Oberfläche wellenförmig war, wird durch die Thatsache bewiesen, dasz in Concepcion die Wände, welche mit ihren Enden nach dem Hauptpunkte der Erschütterung bingerichtet waren, meistens aufrecht, wenngleich vielfach geborsten, stehen blieben, während diejenigen, welche in rechtem Winkel auf diese Hauptlinien standen, zu Boden gestürzt wurden; denn in letzterem Falle müssen wir annehmen, dasz die ganze Wand, weil sie mit ihrer ganzen Breite in die Wellenbewegung hineingebracht wurde, in dem nämlichen Augenblicke aus ihrer senkrechten Lage herausgeworfen wurde.

Die von Mr. DOUGLAS erwähnte Thatsache, dasz die Bäume beinahe den Grund in Folge der Bewegungen berührt hätten, ist, obschon sie ganz auszerordentlich ist, doch auch von Augenzeugen von Erdbeben in andern Theilen der Welt bemerkt worden⁴. Der Umstand (selbst wenn man annimmt, dasz er etwas übertrieben dargestellt ist,) ist um so merkwürdiger, da der Erdstosz in Valdivia, welches an der Küste zwischen Chiloë und dem Mittelpunkte der Erschütterung in Concepcion gelegen ist, keine derartigen Wirkungen hervorgebracht hat. Ich sas dort während des Erdbebens in einem dichten Walde, und die Bäume wurden nur unbedeutend geschüttelt.

Der Höhenzug der Cordillera gegenüber Chiloë, einer schmalen, 90 Meilen langen Insel, ist auch nicht annähernd so hoch, wie im centralen Chile, und nur einige wenige der vorspringenden Piks, welche sämmtlich active Vulcane sind, sind höher als 7000 Fusz. Mr. DOUGLAS hat mir eine detaillirte Schilderung der durch den Erdstosz auf sie hervorgerufenen Wirkungen gegeben.

Der Vulcan Osorno war in einem Zustande mäsziger Thätigkeit wenigstens 48 Stunden lang früher gewesen; Minchinmadom hat dieselbe leichte Thätigkeit während der letzten 30 Jahre gezeigt, und der Corcovado war während der ganzen vorausgehenden zwölf Monate ruhig gewesen. „Im Augenblicke des Stoszes warf der Osorno eine

⁴ Dies wird von Dolomieu als eine während des groszen Erdbebens in Calabrien vom Jahre 1783 wohlbekannte Thatsache erwähnt. Lyell, Principles of Geology, (5. edit.), Vol. II. p. 217.

„dicke Säule dunklen, blauen Rauchs aus, und unmittelbar nachdem diese ausgetreten war, sah man einen grossen Crater an der süd-südöstlichen Seite des Berges sich bilden; in ihm siedete Lava auf, er warf feurige Steine in eine geringe Höhe empor, bald aber umhüllte der Rauch den Berg. Als er einige wenige Tage später wieder zu sehen war, zeigte er am Tage nur sehr wenig Rauch, aber während der Nacht strahlte der neue Crater, ebenso wie der alte auf seinem abgestumpften Gipfel, mit einem beständigen Licht. Dieser Vulcan scheint das ganze Jahr hindurch in Thätigkeit geblieben zu sein. Die Thätigkeit des Minchinmadom war der des Osorno ähnlich: zwei sich kräuselnde Säulen weissen Rauches waren den ganzen Morgen beobachtet worden; während des Stoszes aber schienen zahlreiche kleine Kamine innerhalb des grossen Craters zu rauchen, und Lava wurde aus einem kleinen herausgeworfen, gerade oberhalb der untern Schneegrenze. Acht Tage später war dieser kleine Crater erloschen; aber zur Nachtzeit waren fünf kleine rothe Flammen in einer Reihe gleich weit von einander abstehend zu sehn, wie die Laternen in der Strasse eines Dorfes. Am 1. März war seine Thätigkeit bedeutend vermindert; am 26. aber trat ein neues Erdbeben ein, und des Nachts waren die fünf Feuer wieder sichtbar. Vierzehn Tage später konnte man die Spitzen von fünfzehn kegelförmigen Hügeln innerhalb der Wände des grossen Craters sehn und zur Nachtzeit neun stetige Feuer, von denen sieben in einer Reihe standen, und zwei einzeln.“

Zur Zeit des grossen Erdstoszes gab der Corcovado keine Thätigkeit von sich, ebensowenig konnte man hören, dasz er in Thätigkeit getreten wäre, nachdem die Cordillera in den Wolken verborgen war. Indessen gibt Mr. DOUGLAS an, dasz, als der Vulcan eine Woche später sichtbar wurde, der Schnee rings um den nordwestlichen Crater geschmolzen war. Auf dem Yantales, einem hohen Berge südlich von Corcovado, wurden drei schwarze Flecken, welche das Aussehn von Crateren hatten, oberhalb der Schneelinie beobachtet; und Mr. DOUGLAS konnte sich nicht erinnern, dieselben vor dem Erdbeben gesehen zu haben. Hält man sich gegenwärtig, dasz bei vielen Gelegenheiten das Schmelzen des Schnees auf einem Vulcan die erste Andeutung einer neuen Periode der Thätigkeit gewesen ist, und dasz, wie ich sofort zeigen werde, die Ausbrüche des Corcovado und des Osorno zuweilen bis auf den Augenblick gleichzeitig sind, so meine ich lässt sich nur

wenig daran zweifeln, dasz diese Erscheinungen den Beweis geben, dasz die Wirkungen der groszen Convulsion vom 20. Februar von diesen allersüdlichsten Vulcanen in America gefühlt worden sind.

Mr. DOUGLAS gibt an, dasz in der Nacht vom 11. November (zehn Monate nach dem Einsturze von Concepcion) der Osorno und Corcovado in heftige Thätigkeit ausgebrochen sind, Steine bis zu bedeutender Höhe emporgeworfen und viel Lärm gemacht haben. Er hörte später, dasz an demselben Tage Talcahuano, die Hafenstadt von Concepcion, nur ein Geringes weniger als 400 Meilen entfernt, von einem heftigen Erdbeben erschüttert worden ist. Diese letztere Angabe ist mir seitdem auch von einem Herrn bestätigt worden, welcher zu jener Zeit in Chile wohnte. Wir haben daher hier eine Wiederholung der nämlichen in Verbindung stehenden Thätigkeit, welche sich in einer so merkwürdigen Weise am 20. Februar zu erkennen gab. Mr. DOUGLAS fügt zum Schlusse noch hinzu, dasz am 5. December seine „Aufmerksamkeit von dem groszartigsten vulcanischen Schauspiel gefesselt worden sei, was er jemals gesehen habe; die süd-südöstliche Seite des Osorno war eingestürzt, so dasz die beiden Cratere sich vereinigt hatten, welche nun wie ein groszer Feuerström erschienen. Ungeheure Mengen von Asche und Rauch wurden während der darauffolgenden vierzehn Tage ausgeworfen.“

Es ist daher offenbar, dasz die vulcanische Reihe vom Osorno bis zum Yantales (eine Längendistanz von nahezu 150 Meilen) nicht bloss im Momente des groszen Erdstoszes vom 20. Februar 1835 afficirt war, sondern während vieler folgender Monate in ungewöhnlicher Thätigkeit blieb.

Ferner wurden am 7. November 1837, zwei und drei Viertel Jahr nach dem Einsturze von Concepcion, sowohl Valdivia als auch San Carlos, die Hauptstadt von Chiloë, heftig erschüttert, selbst noch stärker, der Angabe GAY's zufolge⁵, als im Jahre 1835 oder zu irgend einer früheren, durch geschichtliche Notizen bestimmten Periode; dieser Erdstosz war hinreichend stark („bastante recio“⁶) in Talcahuano; und aus den von Capt. COSTE in den Comptes Rendus⁷ veröffentlichten Angaben geht hervor, dasz die Insel Lemus im Chonos-Archipel, 200 Meilen südlich von S. Carlos, durch dasselbe Erdbeben um mehr als

⁵ Comptes rendus, 1838. Séance, Juin 11.

⁶ Voyages of the Adventure and Beagle, Vol. II. p. 418.

⁷ Comptes Rendus, Octob. 1838, p. 706.

8 Fusz emporgehoben wurde; bei der Beschreibung des jetzigen Zustandes der Insel sagt Mr. COSTE, „des roches jadis toujours couvertes „par la mer, restant aujourd'hui constamment découvertes.“

Wir sehen daher, dasz im Jahre 1835 das Erdbeben von Chiloë, die Thätigkeit der Reihe der benachbarten Vulcane, die Emporhebung des Landes um Concepcion herum und die submarine Eruption bei Juan Fernandez, gleichzeitig stattfanden und Theile einer und derselben groszen Naturerscheinung waren. Ferner wurde 1837 ein groszer Theil des nämlichen Bezirks heftig afficirt, während ein District, 200 Meilen südlich von San Carlos in Chiloë, anstatt wie 1835 300 Meilen nördlich davon gelegen, dauernd emporgehoben wurde. Wir müssen daher annehmen, dasz diese beiden Erhebungen des Landes, obgleich sie nicht gleichzeitig eintraten, doch die Wirkungen der nämlichen Bewegungskraft waren, welche in innigem Zusammenhange mit einander standen.

Obgleich das Erdbeben vom Februar 1835 in Chiloë so heftig war, so wurde es doch in Calbuco, einem auf dem Festlande gegenüber dem nördlichen Ende der Insel gelegenen Dorfe mit bedeutend verminderter Heftigkeit, und auf der benachbarten Cordillera (in der Nähe von Mellipulli) durchaus gar nicht empfunden. Einige Männer, welche in den Bergen damit beschäftigt gewesen waren, Fichten-Planken zu spalten, sagten, als sie am Abend nach Calbuco zurückkehrten und ihnen von dem Erdstosz erzählt wurde, dasz „sie sich erinnerten, ungefähr zu der erwähnten Zeit nicht im Stande gewesen zu sein, mit „der Axt ordentlich zu schlagen, und dasz sie ein oder zwei Bretter „verdorben hätten, weil sie zu tief geschnitten hätten.“ Dies ist wahrscheinlich nicht so märchenhaft, wie es zuerst erscheint; mindestens beweist es, dasz, wenn dort irgend eine Bewegung zu fühlen war, sie von auszerordentlich sanfter Art gewesen ist. Es ist ein äusserst interessanter Umstand, auf diese Weise zu finden, dasz die groszen aus den hohen Schornsteinen der Anden aufsteigenden Rauchsäulen den erzitternden Boden erleichterten, welcher in jenem Augenblicke über das ganze umgebende Land hinweg in convulsivischer Bewegung war.

Mr. CALDCLEUGH⁸ hat in seiner Abhandlung die Angabe gemacht,

⁸ Philosoph. Transactions for 1836. Eine intelligente Person hat mir auch noch mitgetheilt, dasz sie von der Ebene in der Nähe von Talca aus in der auf

dasz mehrere Vulcane in der Cordillera nördlich von Concepcion nach dem Erdbeben in einem Zustande groszer Thätigkeit gewesen sind. Es ist daher merkwürdig, dasz der Vulcan von Villarica (in der Nähe von Valdivia), ein Vulcan, welcher häufiger Eruptionen erleidet, als beinahe irgend ein anderer in der ganzen Reihe, trotzdem er in sich in einer mittleren Lage zwischen denjenigen des mittleren Chile und denen Chiloë's gegenüber findet, nicht im mindesten afficirt war. Der Tag war sehr klar; und, wenn auch nicht im Augenblicke des Stoszes, so beobachtete ich doch innerhalb zwei Stunden nachher seinen abgestutzten Gipfel, nahm aber nicht die geringsten Zeichen von Thätigkeit wahr. Dieser Umstand steht wahrscheinlich in inniger Beziehung dazu, dasz in dem nämlichen zwischen inne liegenden District das Erdbeben eine geringere Kraft hatte. Im Jahre 1837 indessen litt er ähnlich wie Chiloë. Obgleich der Vulcan von Villarica im Jahre 1835 übergangen wurde, so heiszt es doch in der Schilderung des Erdbebens von 1822 in Valparaiso: „in dem Augenblicke, wo der Stosz gefühlt wurde, brachen zwei Vulcane in der Nähe von Valdivia „(wo „das Erdbeben ziemlich heftig war) plötzlich mit groszem Getöse aus, „erleuchteten den Himmel und das umgebende Land für einige wenige „Secunden und fielen ebenso plötzlich in ihren ruhigen Zustand zurück“⁹. Die Auswurfsöffnungen im centralen Chile, dem hauptsächlichlichen Heerde der Störung näher, waren zur Zeit jenes Erdbebens nicht afficirt; aber den Mittheilungen zufolge, welche Dr. GILLIES¹⁰ 1836 von einem Bergmann erhielt, welcher viele Jahre in Sicht des Vulcans von Maypu gewohnt hatte, waren seine Eruptionen während der vier unmittelbar auf dasselbe folgenden Jahre sehr häufig. Es sind noch viele andere Beispiele von Erdbeben berichtet worden, welche gewisse Districte in der nämlichen Weise übersprungen haben, in der, wie wir sehen, die eruptive Kraft in Bezug auf den Vulcan von Villarica wirkte. HUMBOLDT¹¹ bemerkt, dasz die Bewohner der Anden, wenn sie von einem intermediären Stück Bodens sprechen, welches von der allgemeinen Bewegung nicht afficirt wurde, in richtiger Einfalt sagen,

das Erdbeben folgenden Nacht einen Vulcan in der Cordillera in groszer Thätigkeit gesehen habe.

⁹ Journal of Science, Vol. XVII.

¹⁰ The Edinburgh Journal of Natural and Geographical Science, August 1830, p. 317.

¹¹ Humboldt's Personal Narrative, Vol. IV. p. 21.

„daz es eine Brücke bildet“ („que hace puente“); er fügt noch hinzu: „als beabsichtigten sie durch diesen Ausdruck anzudeuten, daz die „Wellenbewegungen in einer ungeheuren Tiefe unter einem trägen „Gestein fortgepflanzt würden“¹².

Über die Identität der Kraft, welche Continente erhebt, mit der, welche vulcanische Ausbrüche verursacht.

Es hat sich häufig ereignet, daz während einer und derselben convulsiven Zuckung grosze Bezirke der Erdoberfläche erschüttert worden sind und daz sich fremdartige Geräusche auf, viele hundert Meilen weit von einander getrennte Länder fortgepflanzt haben¹³; aber in diesen Fällen ist es nicht möglich, sich irgend eine muthmaszliche Meinung zu bilden, über eine wie weit ausgedehnte Fläche irgend eine factische Veränderung in den unterirdischen Gegenden stattgefunden hat. Es ist hiervon verschieden, wenn wir von HUMBOLDT hören, daz in dem Augenblicke, wo der Vulcan von Pasto aufhörte, eine Rauchsäule auszusenden, die Stadt Riobamba, sechzig Stunden südlich davon gelegen, von einem Erdbeben erschüttert wurde; denn die hier erzeugte Wirkung kann sicherlich nicht durch die blosze Fortleitung einer Schwingung erklärt werden¹⁴. Während des Erdbebens von

¹² Ein anderes Beispiel von Erdbeben, welches entfernt liegende Gegenden heftig afficirt und über das dazwischen liegende Land glatt hinweggeht, wird erwähnt in der „True Relation of the Earthquake of Lima, 1746“. Dort wird gesagt (p. 192), daz der Stosz in Lima und Callao am heftigsten war, daz er der Küste entlang allmählich geringer wurde, daz aber in Guancavelica äusserst heftige Stösze gefühlt und Geräusche gehört wurden. Der Herausgeber glaubt, daz es keinen andern Ort des Namens Guancavelica gibt, als die berühmten Quecksilberminen, 155 Meilen südöstlich von Lima. MacClelland (Report on the Coal Mines of India, p. 43) erwähnt einige Fälle, wo mitten inne liegende Orte während groszer Erdbeben nur unbedeutend erschüttert wurden.

¹³ Als Beispiele des ersten Falls kann angeführt werden: das Erzittern des Bodens an der Küste von Chile, einer Strecke entlang von mehr als tausend Meilen; und während des Erdbebens von Lissabon im Jahre 1755 wurden 3000 Meilen entfernt liegende Länder afficirt (s. Michell, on Earthquakes, in: Philos. Transactions, 1760). In Bezug auf den zweiten Fall gibt Humboldt an, daz während der Eruption auf St. Vincent unterirdisches Getöse an den Ufern des Apure gehört wurde, in einer Entfernung von zweihundert und zehn Stunden (Personal Narrative, Vol. IV. p. 27). Während der Eruption des Cosiguina im Jahre 1835 wurden, wie man sagt, Getöse auf Jamaica gehört, 660 Meilen entfernt.

¹⁴ Als ein weiteres Beispiel der nämlichen Art will ich den Ausbruch der Vulcane in der Nähe von Valdivia erwähnen, welcher in dem nämlichen Augenblicke erfolgte, in dem Valparaiso, beinahe 400 Meilen davon entfernt, dem Boden gleich

Concepcion war an dem einen Ende des afficirten Bezirks der Schnee auf dem Yantales geschmolzen und die in der Nähe liegende Auswurfsöffnungen erneuerten ihre Thätigkeit, während bei Juan Fernandez, in einer Entfernung von nicht weniger als 720 geographischen Meilen vom Yantales, eine Eruption unter dem Meere statt hatte; bald darnach brachen die Vulcane in der Cordillera, 400 Meilen östlich von jener Insel, in Thätigkeit aus, während auch eine grosze Fläche Landes, mitten inne liegend zwischen diesen extremen Punkten, dauernd emporgehoben wurde. Um sich eine richtige Idee von dem Maszstabe dieser Erscheinung zu machen, müssen wir uns vorstellen, dasz während einer und der nämlichen Stunde Europa von der Nordsee bis zum mittelländischen Meere erschüttert, eine grosze Strecke an der Ostküste von England dauernd erhoben worden, eine Reihe von Vulcanen an der nördlichen Küste von Holland in Thätigkeit ausgebrochen sei, eine Eruption auf dem Grunde des Meeres in der Nähe des nördlichen Endes von Island stattgefunden habe und die alten Auswurfsöffnungen der Auvergne, des Cantal, Mont d'or und andere, die schon seit langer Zeit erloschen sind, eine jede eine dunkle Rauchsäule nach dem Himmel hinauf gesendet haben. Da überdies in Chile ein groszer Theil desselben Bezirks zwei Jahre später äusserst heftig erschüttert wurde, zu derselben Zeit als Lemus erhoben wurde, so müssen wir uns noch weiter vorstellen, dasz später in Europa, während Frankreich vom Canal an bis zu den centralen Provinzen, wo die Vulcane zu langer und heftiger Thätigkeit angeregt waren, durch ein Erdbeben verwüstet wurde, eine Insel im mittelländischen Meere bleibend emporgehoben wurde; — in diesen Verhältnissen würden wir ein Bild davon

gemacht wurde. Ferner, als Lima 1746 zerstört wurde, traten an drei Vulcanen in der Nähe von Patas und einem bei Lucanas, — beide Orte sind 480 Meilen von einander entfernt, — während der nämlichen Nacht Eruptionen ein (Ulloa's Voyage, Vol. II. p. 84). Ich erwähne diese Fälle noch besonders deshalb, weil der vortreffliche Naturforscher Boussingault (Bulletin de la Soc. géolog., Vol. VI. p. 54), da er von der Thatsache, dasz diejenigen Erdbeben, welche am meisten Menschenleben zerstört haben, von keinen vulcanischen Ausbrüchen begleitet gewesen sind, sehr überrascht war, diese Bemerkung, wie ich glaube, zu sehr verallgemeinert hat. Das Erdbeben von Concepcion im Jahre 1835 war zweifelsohne eines von äusserster Heftigkeit, obschon es, da es sich bei Tage ereignete und allmählich begann, nur wenig Todesfälle verursachte (wahrscheinlich in der ganzen Provinz nicht mehr, als 70); trotzdem haben wir aber gesehen, dasz es von mehreren auf den Augenblick mit ihm zusammentreffenden Eruptionen an mehreren und sehr entfernten Punkten begleitet war.

haben, wenn die unterirdischen Bewegungen, welche Süd-America am 20. Februar 1835 und am 7. Februar 1837 erschütterten, in Ländern eingetreten wären, mit denen wir vertrauter sind.

Als ich zum ersten male diese Erscheinungen betrachtete, welche beweisen, dasz eine factische Bewegung in der unterirdischen vulcanischen Masse beinahe in demselben Zeitmomente an von einander sehr entfernten Orten vorkam, trat das Bild unwiderstehlich mir vor die Augen, wo Wasser durch Löcher in der Eisdecke eines gefrorenen Tümpels in die Höhe spritzt, wenn Jemand auf die Oberfläche stampft. Die Folgerung daraus war augenfällig; dasz nämlich das Land in Chile auf einem See von geschmolzener Steinmasse schwämme, dessen Umkreis, wie er sich durch die verschiedenen Eruptionspunkte am Tage des Erdbebens zu erkennen gibt, nahezu doppelt so grosz wäre als das Schwarze Meer. Wird diese Schlussfolgerung geleugnet, so ist die einzige andere Alternative die, dasz Canäle von den verschiedenen Eruptionspunkten sich an einem tief gelegenen Heerde, wie die Arterien des Körpers im Herzen, vereinigen, von wo aus ein Impuls entfernten Theilen der Oberfläche mit nahezu gleicher Kraft übermittelt werden kann. Wenn aber zwei gesonderte Vulcan-Reihen in den Anden irgend welchen Zusammenhang mit einander haben, was wegen der Symmetrie der Cordillera in hohem Grade wahrscheinlich ist (und wahrscheinlich ist sogar der Zusammenhang ein inniger, wie sofort erörtert werden wird), dann musz dieser Ansicht zufolge der gemeinschaftliche Heerd in einer ungeheuren Tiefe seinen Sitz haben. Sämmtliche Berechnungen aber in Bezug auf die Tiefe, in welcher geschmolzene Gesteine nothwendigerweise angetroffen werden müssen, gehen, wenn ihnen überhaupt getraut werden kann¹⁵, dahin zu beweisen, dasz die Erdrinde nicht viel mehr und vielleicht weniger als zwanzig Meilen dick ist; und wenn dies der Fall ist, dann kann die Rinde allerdings wohl mit einer dünnen Schicht Eis auf einem gefrorenen Tümpel verglichen werden.

Diese Betrachtungen sind vielleicht nur von geringem Gewichte; wir müssen aber im Auge behalten, dasz die Emporhebung von vielen Hunderten von Quadratmeilen Landes in der Nähe von Concepcion ein Theil der nämlichen Erscheinung ist, wie das Heraufspritzen vulcanischer

¹⁵ Parrot (Mémoires de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Pétersbourg, Tom. I. 1831. Sc. math., phys. et nat.) verneint durchaus, dasz die vorhandenen Daten schon hinreichen, uns über diesen Gegenstand irgend ein Urtheil zu bilden.

Masse, wenn ich es so nennen darf, durch die Öffnungen in der Cordillera im Augenblicke des Stoszes; und da diese Erhebung nur eine einzelne aus einer langen Reihe solcher ist, durch welche die ganze Küste von Chile und Peru, selbst weiter als tausend Meilen, innerhalb der neuern Periode um mehrere hundert Fusz gehoben worden ist (wie ich in einem früher vor der Geol. Society gelesenen Aufsatze¹⁶ zu zeigen suchte, und wie ich später noch ausführlicher zu beweisen hoffe), so musz die unten nachgerückte Masse ganz ungeheuer grosz sein. Wenn wir hierüber nachdenken, so wird es augenfällig, dasz der Ausdruck „Canal“ nicht auf eine Communicationsweise angewendet werden kann, welche sich unterhalb eines groszen Theils eines Continentes ausbreitet und von dem Innern der Erde bis auf die oberflächliche Rinde sich erstreckt¹⁷. Die Thatsachen scheinen mir deutlich auf irgend eine langsame, aber in ihren Wirkungen grosze Veränderung in der Form der Oberfläche der Flüssigkeit hinzuweisen, auf welcher das Land ruht.

Von einem geologischen Gesichtspunkte aus ist es von der höchsten Bedeutung, in dieser Weise zu erkennen, dasz drei groszartige Naturerscheinungen, — ein submariner Vulcanausbruch, eine Periode erneuter Thätigkeit durch viele gewohnheitsgemäsz benutzte Abzugsöffnungen, und eine bleibende Emporhebung von Land, — Theile einer einzigen Handlung und die Wirkungen einer einzigen groszen, nur durch locale Umstände modificirten Ursache sind. Wenn wir in Be-

¹⁶ Proceed. Geolog. Soc., Vol. II. p. 446. Jan. 1837.

¹⁷ Professor Bischof (Edinb. New Philos. Journal, Vol. XXVI. p. 59. 1838) hat selbst die Folgerung gezogen, dasz „die ungeheuren, von einem einzelnen Vulcan ausgeworfenen Lava-Massen und die enorme Ausdehnung, in welcher vulcanische Thätigkeiten zu einer und derselben Zeit gefühlt werden, kaum noch daran zweifeln lassen, dasz jeder active Vulcan mit der ganzen geschmolzenen Masse im Erdinnern in unmittelbarem Zusammenhange steht“. Wie unvergleichlich stärker ist dies Argument, wenn es auf die plutonischen ebenso wie auf die vulcanischen Gesteine angewendet wird, welche die groszen Massen der Cordillera zusammensetzen! Da wir aber jetzt wissen, dasz continentale Erhebungen genau durch die nämlichen Impulse verursacht werden wie das Auswerfen von Lava und Scoriae durch die Mündungen der Vulcane, kann das von dem Umfang der ausgeworfenen oder zwischengeschobenen Gesteinsmassen hergeleitete Argument bei Seite gelassen werden, da die unten nachrückende Masse, wenn ein ganzes Reich dauernd emporgehoben wird, weit diejenige übertreffen musz, welche entweder einen Vulcan oder die Axe einer Bergkette bildet; wir werden daher nur um so viel stärker dazu veranlaszt, ihre Quelle in „der ganzen geschmolzenen Masse des Erdinnern“, und nicht in irgend einem localen Behältnis zu suchen.

tracht ziehen, dasz die südlichen Vulcane einige Tage vor dem Erdbeben schon in Eruption begriffen waren, und dasz einer von ihnen, Minchinmadom, während der letzten dreiszig Jahre nur selten geruht hat, dasz sie ferner sämmtlich für viele Monate später noch in Thätigkeit blieben, so müssen wir den Schlusz ziehen, dasz der ihnen in jenem Augenblicke gegebene Anstosz von der nämlichen Art war wie die Kraft, welche sie während der vielen Jahrhunderte thätig erhalten hat, welche nothwendig dazu gehörten, die vulcanischen Massen in groszen, von Schnee bedeckten Kegeln anzuhäufen; und diese Kraft fährt noch immer fort, ihre Höhe zu vergrößern. Wenn das Erdbeben oder das Erzittern des Bodens (welches indessen, wie wir gesehen haben, in der Nähe dieser Vulcane geringer war als an andern Orten) auf keine andere Weise gewirkt hätte, als dasz es einfach die Kruste über der Lava innerhalb der Cratere gebrochen hätte, so hätten wohl einige wenige Rauchstösze ausgegeben werden können, es hätte aber dadurch keine lange anhaltende und energische Periode der Thätigkeit veranlaszt werden können.

Aber die Kraft, welche sich in der erneuten Thätigkeit offenbarte, welcher nämlichen in früheren Perioden thätigen Kraft auch die Bildung jener verschiedenen Vulcane offenbar vollständig zuzuschreiben ist, war gleichfalls die Ursache der dauernden Erhebung des Landes; — ich will noch bemerken, dasz dies eine Kraft ist, welche in paroxysmenweise auftretenden Erhebungen, wie die von Concepcion, und in groszen vulcanischen Eruptionen in genau der nämlichen Art und Weise wirkt; denn diese beiden Erscheinungen treten nur nach langen Zwischenräumen der Ruhe auf, während welcher der Vulcan vielleicht nur ein paar Schauer von Scoriae auswirft und das Land sich mit einer so langsamen Bewegung erhebt, dasz man sie unmerklich nennt; — es kann daher keine Theorie über die Ursache der Vulcane als wohlbegründet betrachtet werden, welche nicht auf continentale Erhebungen anwendbar ist. Diejenigen, welche glauben, dasz Vulcane durch das Durchsickern von Wasser bis auf die metallischen Grundlagen der Erde oder einfach durch intensiv erhitzte Gesteine verursacht werden, müssen sich dazu verstehen, entweder diese Ansicht aufzugeben, oder sie auf die Erhebung so ungeheurer Continente wie der von Süd-America auszudehnen¹⁸.

¹⁸ Die Gründe zu Gunsten der Theorie, dasz der durch das Durchsickern von Wasser bis in das Innere des abkühlenden Planeten erzeugte Dampf die bewegende

Über Perioden vermehrter vulcanischer Thätigkeit, welche grosze Bezirke treffen.

HUMBOLDT scheint, wo er gewisse vulcanische Erscheinungen in jenem Theile von Süd-America beschreibt, welcher das westindische Meer umgrenzt, der Meinung zu sein, dasz Perioden vermehrter Thätigkeit grosze Theile der Erdoberfläche afficiren. Er hat die zwei folgenden Tabellen zusammengestellt¹⁹, denen ich eine dritte hinzugefügt habe, welche die merkwürdigen Ereignisse enthält, die während der Jahre 1834 und 1835 sich zutragen.

1. Tabelle vulcanischer Erscheinungen.

- | | | |
|-------|---------------------|---|
| 1796. | November . . . | Der Vulcan von Pasto fieng an, Rauch auszustoszen. |
| 1797. | 4. Februar . . . | Zerstörung von Riobamba. |
| — | 27. September . . . | Eruption auf den westindischen Inseln. Vulcan von Guadeloupe. |
| — | 14. December . . . | Zerstörung von Cumana. |

2. Tabelle.

- | | | |
|-------|---------------------|---|
| 1811. | Mai | Anfang der Erdbeben auf der Insel St. Vincent, welche bis zum 12. Mai dauerten. |
| — | 16. December . . . | Anfang der Erschütterungen in den Thälern des Mississippi und Ohio, welche bis 1813 dauerten. |
| — | December | Erdbeben von Caraccas. |
| 1812. | 26. März | Zerstörung von Caraccas, Erdbeben, welche bis 1813 fort dauerten. |
| — | 30. April | Eruption des Vulcans auf St. Vincent, und an dem nämlichen Tage unterirdisches Getöse bei Caraccas und an dem Ufer des Apure. |

Kraft der vulcanischen Thätigkeit ist, sind vor kurzem nachdrücklich von Professor Bischof in seinem Aufsatz im Edinburgh Journal (Vol. XXVI. p. 25) entwickelt worden. Dasz jener einen modificirenden Einflusz von groszer Bedeutung äuszert, scheint in hohem Grade wahrscheinlich, dasz er aber die primäre Ursache von continentalen Erhebungen ist, kann ich nicht zugeben. Wie es mir erscheint, vollzieht sich das Phänomen in einem bei weitem zu groszartigen Maszstabe, als dasz es zu einer solchen Erklärung stimme. Kann das Emporsteigen der ganzen West-Küste von Süd-America und der ganzen Breite wenigstens seines südlichen Theils durch den während des allgemeinen Zusammenschrumpfens der Erdrinde ausgeübten Seitendruck, nur modificirt durch die Bildung von Dampf unter hohem Druck an denjenigen Stellen, wo Wasser bis zum erhitzten Innern durchgesickert ist, erklärt werden? Eine solche Erklärung ist doch gewisz unannehmbar.

¹⁹ Personal Narrative, Vol. IV. p. 36. Ich habe einige Daten in diesen Tabellen geändert, da sie nicht mit dem Texte oder mit der bekannt gewordenen Eintrittszeit der Ereignisse übereinstimmten.

3. Tabelle.

1834. 20. Januar . . .	Sabiondoy, 1° 15' n. Br. (in der Nähe von Pasto), fürchterliches Erdbeben; achtzig Personen umgekommen; die Stadt Santiago verschlungen.
— 22. Mai	Santa Martha, 11° 30' n. Br.; zwei Drittel der Stadt zu Boden geworfen; im Verlaufe von einigen wenigen Tagen sechzig schlimme Stöße.
— 7. September . . .	Jamaica; heftiges Erdbeben, die Stadt nicht sehr beschädigt.
1835. 20. Januar . . .	Osorno, in 40° 31' s. Br. in Eruption.
— vor Tagesanbruch am Morgen	Aconcagua, in 32° 30' s. Br., in Eruption. Cosiguina, in 13° n. Br., in fürchterlicher Eruption, blieb in fortdauernder Thätigkeit während der zwei folgenden Monate.
— 12. Februar	Erdbeben zur See, sehr stark der Küste von Guyana gegenüber.
— 20. Februar	Juan Fernandez, in 33° 50' s. Br., submarine Eruption.
halb zwölf Mittags	Concepcion (36° 40' s. Br.) und sämmtliche in der Nähe liegenden Städte wurden durch ein Erdbeben zerstört; die Küste dauernd erhoben. Vulcane der ganzen Länge der Cordillera in Chile entlang in Eruption. NB. Diese Vulcane blieben einige Monate lang später noch in Thätigkeit, auch wurden viele Erdbeben gefühlt.
— 11. November . . .	Concepcion, heftiges Erdbeben; Osorno und Corcovado in heftiger Thätigkeit.
— 5. December	Grosze Eruption des Osorno.

In Bezug auf diese Tabellen musz bemerkt werden, dasz wir nicht eher darüber sicher sein können, ob wirklich ein Zusammenhang der vulcanischen Erscheinungen an sehr weit von einander entfernten Punkten besteht, bis einige besonders scharf markirte Ereignisse während des nämlichen Momentes an jenen Punkten stattgefunden haben, während das dazwischen liegende Land gleichfalls bis zu einem gewissen Grade mit afficirt war. In den beiden ersten Tabellen kann wohl der Zusammenhang zwischen den westindischen Auswurfsöffnungen und der Küste von Venezuela als beinahe sicher angenommen werden²⁰, auch ist die Entfernung nicht sehr grosz, höchstens nur 400 Meilen. Wenn wir aber auf der einen Seite Quito, von dem oben erwähnten Bezirk mehr als 1200 Meilen entfernt, und auf der andern

²⁰ Humboldt's Personal Narrative, Vol. II. p. 226, und Vol. IV. p. 36.

Seite das Thal des Mississippi mit einschlieszen, so wird der Fall sehr viel zweifelhafter. Das Zusammentreffen ist gewisz sehr merkwürdig, sowohl in Bezug auf das anfängliche Eintreten als auch auf das Aufhören jener langen Reihe von Erdbeben, welche Süd-Carolina, das Becken des Mississippi, die Inseln unter dem Winde, und Venezuela betrafen: und doch liegt Neu-Madrid mehr als 2000 Meilen von letzterem entfernt. Nur eine Wiederholung derartiger Fälle von Zusammentreffen kann bestimmt ergeben, in wie weit die vermehrte Thätigkeit der unterirdischen Kräfte an so weit von einander entfernt liegenden Punkten die Wirkung irgend eines allgemeinen Gesetzes oder nur zufällig ist.

Wir kommen nun zu der dritten Tabelle, mit welcher wir es hier ganz besonders zu thun haben. Ich habe bereits im Einzelnen die merkwürdigen vulcanischen Erscheinungen beschrieben, welche im Zusammenhange mit einander sich am Morgen des 20. Februar 1835 und gleicherweise während des darauf folgenden Jahres ereigneten.

Am 20. Januar, einen Monat früher, traten, wie in der Tabelle angegeben worden ist, drei Eruptionen beinahe zu derselben Stunde an sehr entfernt von einander liegenden Punkten der Cordillera ein. Gegen Mitternacht, am 19., schien der Gipfel des Osorno wie ein groszer Stern am Horizonte; und diese Erscheinung nahm bald bis zu einem prachtvollen Glanze von Licht zu, inmitten welches mit Hülfe eines Teleskops grosze dunkle Körper in endloser Aufeinanderfolge aufwärts schieszen und wieder niederfallen zu sehen waren. Als ich einige Zeit später in Valparaiso war, theilte mir Mr. BYERBACHE, ein Kaufmann, der sich dort niedergelassen hatte, mit, dasz er, als er eines Nachts sehr spät aus dem Hafen hinausgesegelt sei, vom Capitän aufgeweckt worden sei, um den Vulcan Aconcagua in Thätigkeit zu sehen. Da dies ein äusserst seltenes Ereignis ist, notirte ich mir das Datum. Einige Zeit darnach kamen Zeitungen von Central-America an, die eine Schilderung einer der fürchterlichsten Eruptionen der neueren Zeiten enthielten²¹. „Am 19. Januar gieng nach einer sechs- undzwanzigjährigen Ruhe ein unbedeutendes Dröhnen, von Rauch begleitet, vom Berge Cosiguina aus. Am folgenden Morgen (20.), ungefähr um halb sieben Uhr, wurde eine Wolke von sehr ungewöhnlicher Grösze und Gestalt von den Einwohnern bemerkt, welche „in der Richtung dieses Vulcans aufstieg“. Enorme Mengen von Bims-

²¹ Caldeleugh, über die vulcanische Eruption des Cosiguina, in: Philos. Transactions, 1836, p. 27.

tein wurden dann ausgeworfen, die Luft wurde verdunkelt und der Boden während der drei darauf folgenden Tage erschüttert. Beinahe noch zwei Monate später war der Vulcan in Thätigkeit. Mr. CALDCLEUGH macht die Bemerkung, dasz vielleicht der einzige parallele Fall, von dem man Nachricht hat, die bekannte Eruption von Sumbawa im Jahre 1815 ist.

Als ich die Daten dieser drei Ereignisse mit einander verglich, war ich sehr erstaunt zu finden, dasz sie bis auf einen Unterschied, der weniger als sechs Stunden betrug, mit einander übereinstimmten. Der Aconcagua liegt nur 480 Meilen nördlich vom Osorno, aber der Cosiguina liegt ungefähr 2700 Meilen nördlich vom Aconcagua. Es kann hier gefragt werden: waren diese drei Eruptionen, welche durch die nämliche Gebirgskette durchbrachen, in irgend einer Beziehung im Zusammenhang oder war das Zusammentreffen zufällig? Wir können gar nicht zu vorsichtig sein, uns gegen die Vermuthung zu wahren, dasz Naturerscheinungen in Zusammenhang stehen, weil sie in Perioden sich ereignen, welche irgend bestimmte Beziehungen zu einander darbieten. Wenn wir nachzuweisen wünschten, dasz die unterirdischen Kräfte nach Perioden von einem Jahrhundert thätig wären, wie zuweilen wohl angenommen worden ist, so könnten wir den Fall anführen, dasz Lima am 17. Juni 1578 und genau an demselben Tage wieder im Jahre 1678 erschüttert worden ist; oder die Eruptionen des Cosiguina von 1709 und 1809, welche die einzigen vor der von 1835 sind, welche in Berichten erwähnt werden. Ferner könnten wir auf derartige Gründe gestützt hervorheben, dasz die Convulsionen in Guatemala nach einem Zwischenraum von einem Jahre denjenigen bei Pasto folgten; denn ein District in der Umgebung des letzteren Ortes wurde durch einen heftigen Erdstosz genau ein Jahr vor der Eruption des Cosiguina zerstört; beides war am 20. Januar eingetreten. COSME BUENO glaubte, dasz diese Beziehung factisch zwischen den unterirdischen Bewegungen in Guatemala und Peru bestände, und dieser Fall fügt einen weiteren zu der Liste, welche ich unten im Auszuge nach HUMBOLDT gegeben habe²². In Bezug auf die gleichzeitigen Eruptionen

²² Mexico.	Peru.	Zeitunterschied.
(13° 32' n. Br.)	(12° 2' s. Br.)	
30. November 1577.	17. Juni 1578.	sechs und einen halben Monat später,
4. März 1679.	17. Juni 1678.	acht Monate früher.
12. Februar 1689.	10. October 1688.	vier Monate früher.
27. September 1717.	8. Februar 1716.	sieben und einen halben Monat früher.

Humboldt's Personal Narrative, Vol. II. p. 227. Diese Thatsachen sind viel-

des Aconcagua und Osorno bietet die Annahme nur geringe Schwierigkeiten dar, dasz sie in Zusammenhang gestanden haben können, weil in dieser nämlichen Gegend und nur einen Monat später Vulcane, welche noch weiter von einander entfernt liegen, von demselben Impulse afficirt wurden. Es besteht indessen zwischen den beiden Fällen dieser merkwürdige Unterschied: — die letztere, oder die vom 20. Februar, war eine Periode der Erschütterung über das ganze Reich Chile, während die gleichzeitige Eruption des Aconcagua und Osorno nicht von irgend welcher allgemeinen Bewegung in den unterirdischen Regionen begleitet gewesen zu sein scheint. Wahrscheinlich war diese Eruption die erste Andeutung jener bedeutenden vulcanischen Störungen, welche genau einen Monat später erfolgten; denn es scheint von sehr allgemeinem Vorkommen bei Erdbeben zu sein, dasz schwache Zuckungen den schlimmsten Convulsionen vorausgehen. So wurde am 4. November 1822 Copiapó (in $27^{\circ} 10'$ s. Br.) von einem heftigen Stosze heimgesucht, welcher viele Häuser beschädigte; diesem folgte aber am nächsten Tage ein bedeutend heftigeres Erdbeben, welches die Stadt nahezu zerstörte und selbst Coquimbo (in $29^{\circ} 50'$ s. Br.) beträchtlichen Schaden zufügte²³. Am 19. desselben Monats wurde Valparaiso beinahe zerstört. Es könnten noch andere Beispiele²⁴ angeführt werden, um zu zeigen, dasz die meisten Erdbeben, obschon sie plötzlich aufzutreten scheinen, doch in Wahrheit nur Theile einer länger dauernden Thätigkeit sind, wie es sowohl aus den Ereignissen

leicht geneigt, den Beweis zu versuchen, dasz Perioden vermehrter vulcanischer Thätigkeit entfernt von einander liegenden Theilen des Continents gemeinsam sind; da aber die Reihenfolge des ersten Eintretens nicht constant ist, kann ich nicht glauben, dasz noch irgend ein anderes Gesetz damit angedeutet würde.

²³ Journal of Science, Vol. XVII.

²⁴ Mehrere bestimmte Fälle sind bekannt, in denen Quellen und Brunnen afficirt wurden; vor schlimmen Erdbeben wurde ihr Wasser trübe und die Menge änderte sich. Dies wurde 1755 in Lissabon beobachtet; und in Neu-England wurden während zweier oder dreier Tage vor einem Stosze „die Wasser einiger Brunnen „schlammig und stanken unerträglich“: (Michell, Philosoph Transactions, 1760, p. 44). Humboldt und Andere haben bemerkt, dasz die Brunnen in der Umgebung des Vesuvs vor seinen schlimmen Eruptionen afficirt werden. Diese That-sachen sind nach der Vorstellung erklärbar, dasz ein unbedeutendes Strecken oder eine Bewegung in der Erdrinde statthat, ehe ihre Spannung überwunden, eine Spalte gebildet, und, als Folge, ein Erdbeben oder eine Eruption verursacht wird. Auch Courrejolles hat in seiner Abhandlung über Erdbeben (Journal de Physique, Tom. LXIV, p. 106) die Bemerkung gemacht, dasz groszen Erdbeben beinahe immer unbedeutendere vorausgehen.

hervorgeht, welche ihnen vorausgehen, als aus denen, welche ihnen folgen.

Wenn schon wir möglicherweise zugeben können, dasz die Eruptionen des Aconcagua und des Osorno, welche in der Mitte einer und der nämlichen Nacht eintraten, mit einander in Zusammenhang gestanden haben und als Theile derselben groszen darauffolgenden Störung anzusehen sind, — zu welchem Schlusse müssen wir aber wohl in Bezug auf ihr Zusammentreffen mit der des Cosiguina gelangen, der so ungeheuer weit von ihnen entfernt ist? Der Fall wird dadurch noch bei weitem auszerordentlicher, als zwei von diesen drei Vulcanen meistens ruhen. Der Cosiguina brach, der Angabe CALDCLEUGH's zufolge, aus nach einer sechsundzwanzig-jährigen Periode der Ruhe; und der Aconcagua bietet so selten irgend welche Zeichen von Thätigkeit dar, dasz es selbst bezweifelt worden ist, ob irgend ein Theil dieser gigantischen Masse, von mehr als 23000 Fusz Höhe, vulcanischen Ursprungs ist. Um den Fall durch uns näher liegende Verhältnisse zu erläutern: — wenn wir annehmen, der Stromboli und der Vesuv wären in der nämlichen Stunde der Nacht in heftige Eruption gekommen, so würde uns dieses Zusammentreffen nicht besonders frappiren; es würde schon etwas Anderes sein, wenn sich dasselbe mit dem Vesuv und dem Aetna ereignen sollte: und unsere Überraschung würde dann noch bedeutend gröszer werden, wenn wir später hörten, dasz der Hekla nach einer Ruhezeit von sechsundzwanzig Jahren zu der nämlichen Zeit mit furchtbaren Explosionen zum Ausbruch gekommen sei. Wenn aber ein derartiges Zusammentreffen in Europa, einem Lande, welches keinen einheitlichen Character besitzt, vorgekommen wäre, wo auch die beiden betroffenen Punkte nicht weiter als 2000 Meilen von einander entfernt sind, so ist es nichtsdestoweniger sehr zweifelhaft, in wie weit die Erscheinung der Betrachtung werth gewesen wäre. Der Fall liegt aber für America anders: dort fallen die vulcanischen Öffnungen sämmtlich auf eine grosze Mauer oder Spalte (denn die Anden können ebensogut so und so genannt werden), und die ungeheure Flächenausdehnung des ebenen Gebietes auf der Ostseite beweist, mit welcher wunderbaren Gleichmässigkeit die unterirdischen Kräfte auf diese Partie der Erdrinde gewirkt haben. Wenn überdies eine Küstenstrecke von mehr als zweitausend geographischen Meilen Länge innerhalb einer so neuen Zeit, dasz sie mit den zahllosen vergangenen Jahrhunderten verglichen, von denen wir in den Werken der Natur eine

Nachricht besitzen, als Einheit gerechnet werden kann, emporgehoben worden ist (wie ich später noch zu beweisen hoffe), so hört es an einer solchen Küste auf, in irgend einem excessiven Grade unwahrscheinlich zu sein, dasz die vielen Impulse, welche zusammen die eine grosze Wirkung hervorgebracht haben, zuweilen auch absolut gleichzeitig gewesen sein können.

Es ist schon seit langer Zeit bemerkt worden, dasz die Auswurfsöffnungen der ganzen Cordillera entlang in mehrere Systeme geordnet werden können. Wir haben in dieser Beziehung schon gesehen, dasz die äussersten südlichen Vulcane mit denen vom centralen Chile im Zusammenhang stehen; und ein intelligenter Bewohner des Landes hat mir mitgetheilt, dasz er den Aconcagua und zwei nördlich davon gelegene Vulcane zusammen in groszer Thätigkeit gesehen habe: — wir haben hiernach eine, 780 geographische Meilen lange Partie der Anden (ungefähr die Entfernung vom Süden von England bis zum Vesuv), welche ein zusammenhängendes System bildet. ULLOA²⁵ gibt an, dasz, als Lima im Jahre 1746 zerstört wurde, drei Vulcane in der Nähe von Patas und einer in der Nähe von Lucanas zum Ausbruch kamen; diese Orte liegen 480 Meilen von einander entfernt. Überdies ist Arequipa, nach Süden hin gelegen, zweimal (1582 und 1687) von schweren Erdbeben gleichzeitig mit Lima heimgesucht worden. Die Entfernung zwischen Arequipa (wo sich ein activer Vulcan findet) und Patas beträgt eher etwas mehr als 600 Meilen; und dies könnte vielleicht ein zweites System bilden.

HUMBOLDT sagt²⁶, „es erscheint als wahrscheinlich, dasz der höher gelegene Theil des Königreichs Quito und die benachbarte Cordillera, weit davon entfernt, eine Gruppe einzelner Vulcane darzustellen, eine einzige angeschwollene Masse bilden, einen ungeheuren vulcanischen Wall, welcher sich von Norden nach Süden erstreckt und dessen Rücken eine Fläche von mehr als sechshundert Quadratstunden darbietet. Der Cotopaxi, Tunguragua, Antisana und Pichancha sind auf diese nämliche Wölbung, auf diesen erhobenen Bodentheil gestellt“. Er weist dann später aus der bereits erwähnten Erscheinung, nämlich dem Verschwinden der Rauchsäule in dem Augenblicke als Riobamba zerstört wurde, den Zusammenhang dieser Vulcane mit denen von Pasto und Popayan

²⁵ Ulloa's Voyage, engl. Übers. Vol. II. p. 84.

²⁶ Personal Narrative, Vol. IV. p. 29.

nach. Dieses verbundene System ist etwas weniger als 300 Meilen lang. Ferner haben wir nach Norden zu in Guatemala, Mexico und Californien drei Gruppen von Vulcanen; jedes System ist vom andern einige wenige hundert Meilen entfernt.

Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Auswurfsöffnungen in jedem besonderen Systeme ist an einigen Stellen deutlich erwiesen worden, und ist bei allen äusserst wahrscheinlich; was für eine Beziehung aber die verschiedenen Systeme als solche zu einander haben, ist zweifelhafter. Mir ist kein Bericht von einer Thatsache bekannt, welche der gleichzeitigen Eruption des Osorno und Aconcagua mit der des Cosiguina ähnlich wäre. Es darf indessen nicht übersehen werden, dass derartige Ereignisse sich in jedem Jahre seit der spanischen Eroberung zugetragen haben können, ohne dass das Zusammentreffen auch nur einmal entdeckt worden wäre. Wenn es nicht durch das Zusammentreffen zweier Ereignisse gewesen wäre, hätte ich diesen Fall niemals erfahren. In einer und derselben Nacht könnte jede Auswurfsöffnung in der Cordillera vorübergehende Zeichen von Thätigkeit zu erkennen gegeben haben, und sechs Monate später würde es ebenso unmöglich gewesen sein zu entdecken, dass sich dies zugetragen hat, als, ob der nächst darauffolgende Tag hell oder bewölkt gewesen ist. Es gibt einige thätige und einige nahezu ausgestorbene Cratere in dem Zwischenraum zwischen dem chilenischen und peruvianischen Systeme (welches letztere das längste von allen ist, nämlich 900 Meilen lang); sie liegen aber in Ländern, welche sehr dünn bevölkert und in einigen Theilen gänzlich wüste sind; und wer findet sich in derartigen Fällen, über Erscheinungen Bericht zu geben, welche man, selbst wenn sie gesehen wurden, doch nur für von geringer Bedeutung hält?

Kehren wir zur dritten Tabelle zurück, so zweifle ich nicht daran, dass die vulcanischen Erscheinungen, welche in Süd-America einige Zeit vor so wie nach den Monaten Januar und Februar des Jahres 1835 vorkamen, bei weitem zahlreicher waren, als das Durchschnittsverhältnis solcher während einer andern gleich langen Zeit. Diese Bemerkung gilt auch für die beiden nach HUMBOLDT copirten Tabellen. Sieht man sich die Daten dieser Ereignisse an, so muss man sich daran erinnern, dass ein jedes Datum nur den Augenblick bezeichnet, wo die Kruste der Erde der Kraft nachgegeben hat, welche in einigen Fällen ihre Thätigkeit bereits gezeigt und ausnahmslos fortgeföhren

hatte, dies während einer gewissen Zeit, oft von beträchtlicher Länge, zu thun. Von diesen Gesichtspunkten aus können die Erdbeben von Caraccas und Neu-Madrid, des Cosiguina und von Concepcion als factisch gleichzeitig betrachtet werden.

Nach diesen verschiedenen Umständen bin ich stark zu der Annahme geneigt, dasz die unterirdischen Kräfte ihre Thätigkeit unter einem groszen Theile des südamericanischen Continents, in derselben intermittirenden Art und Weise offenbaren, wie sie, in Übereinstimmung mit allen Beobachtungen, es auch unter isolirt stehenden Vulcanen thun, — das heiszt, sie bleiben eine Zeit lang in schlafähnlicher Ruhe und brechen dann über beträchtlich ausgedehnte Bezirke hin mit erneuter Kraft los.

Natur der Erdbeben an den Küsten von Süd-Americä.

Ich will nun noch besonders die Art und Natur der Erdbeben betrachten, welche in regelmässigen Zeitintervallen an der Küste von Süd-America vorkommen. Es kann gar nicht anders als schwierig sein, genau ihren Ursprung zu verfolgen; die folgenden Betrachtungen indessen führen, wie es mir vorkommt, nur zu einer einzigen Schlussfolgerung —, dasz sie nämlich durch das Zwischentreten verflüssigter Gesteinsmassen zwischen Schichtenmassen verursacht werden. ULLOA sagt in seinen Reisen²⁷:

„Die Erfahrung hat schon, besonders in diesem Lande (Süd-America) durch die vielen Vulcane in der Cordillera, welche durch sie hindurchtreten, zur Genüge gezeigt, dasz der Ausbruch eines neuen brennenden Berges ein heftiges Erdbeben verursacht, so dasz sämtliche Städte, welche innerhalb ihres Bereichs liegen, gänzlich zerstört werden, wie es sich beim Ausbruch des Vulcans in der Wüste von Carguagoazo ereignete. Diese zitternde Bewegung, welche wir ganz eigentlich ein Erdbeben nennen können, tritt nicht so gewöhnlich im Falle einer zweiten Eruption ein, wenn schon vorher eine Öffnung hergestellt worden war, oder es ist wenigstens die Bewegung in der Erde vergleichsweise nur unbedeutend²⁸.“

²⁷ Ulloa's Reisen, Vol. II. p. 85 (engl. Übers.).

²⁸ Michell hat in seiner merkwürdigen Abhandlung über Erdbeben in den Philosoph. Transactions für 1760 (p. 580) dieselbe Stelle zur Bestätigung seiner Ansicht citirt, „dasz die Eruptionen von Vulcanen, welche gleichzeitig mit Erdbeben eintreten, mit grösserer Wahrscheinlichkeit diesen Erdbeben zugeschrieben

Obgleich das Aufbrechen einer neuen Auswurfsöffnung ausnahmslos von einem Erdbeben begleitet werden mag, so ist doch das Umgekehrte nicht richtig; denn wenn dies der Fall wäre, so hätte bei Valparaiso, Concepcion, Lima, Caraccas und an andern Orten, in der unmittelbaren Nähe des am allerheftigsten erschütterten Theiles, immer eine Eruption stattfinden müssen, was, selbst wenn wir annehmen wollten, dasz sie unter der Meeresfläche vorgekommen sei, im allerhöchsten Grade unwahrscheinlich ist. Wir können aber vermuthen, dasz diese Erdbeben Folgen irgend einer, mit einer vulcanischen Eruption analogen Erscheinung sind. Diese Meinung wird durch die Thatsache bedeutend bestärkt, dasz grosze Erdbeben, wie grosze Eruptionen, meistens nur nach langen Zwischenräumen der Ruhe wiederkehren; und dadurch führen sie uns zu der Annahme, dasz die unterirdischen Kräfte durch beides in der nämlichen Art entspannt werden. Dies ist auch allerdings die directe Meinung der Bewohner der ganzen westlichen Küste von Süd-America, welche von einer innigen Wechselbeziehung zwischen der unterdrückten Thätigkeit der Vulcane in den Anden und dem Erzittern des Bodens ganz fest überzeugt sind. Wir haben auch gesehen, dasz, als die Insel Chiloë stark erschüttert wurde, einige an den Seitenabhängen der Cordillera mit Arbeit beschäftigte Männer (zwischen den Vulcanen Osorno und Minchinmadom, welche beide dunkle Rauchsäulen wie Signale zum Anzeigen der neuen Periode heftiger Thätigkeit ausstieszen,) von den groszen Convulsionen gar nichts merkten, welche zu jener Zeit die Ufer des Stillen Oceans über eine Strecke von mehr als tausend Meilen in Schwingungen versetzten.

Es besteht indessen doch eine, wenngleich mehr scheinbare als wirkliche Verschiedenheit zwischen Erdbeben wie den von Concepcion und jenen von ULLOA erwähnten. Bei den ersteren hat es sich bei-

„werden können, als die Erdbeben den Eruptionen, wenigstens so bald die Erdbeben „nur immer von beträchtlicher Ausdehnung sind“. Der Ausdruck Erdbeben wird hier gebraucht, um die Ursache des Erzitterns des Bodens zu bezeichnen. Sir James Hall gibt in seiner berühmten Abhandlung „Heat modified by Compression“ (Edinb. Philos. Transact., Vol. VI. p. 166) ausdrücklich an, „dasz die Erdbeben, „welche sich äusserlich nicht als vulcanisch darstellende Länder verwüsten, das Eindringen von Masse in flüssigem Schmelzungsgrade, von unten her die Gesteinsmasse „durchdringend, andeuten“; er dehnt aber weder die Ansicht, welches dieselbe ist wie die, die ich habe, zu einer umfassenden Verallgemeinerung aus, noch beschränkt er sie auf irgend eine besondere Classe von Erdbeben.

nahe ausnahmslos, wenigstens bei denen an der Küste von Süd-America, ereignet, dasz eine ungeheure Anzahl von Erdstößen der ersten groszen Convulsion gefolgt sind²⁹, und diese sind ebenso wie die begleitenden unterirdischen Geräusche von derselben Stelle ausgegangen wie der erste Stosz; sie sind also auch zweifelsohne Folge genau derselben Ursache, welche hier nur mit etwas geringerer Intensität wirkt. So wurden selbst schon in den ersten vierundzwanzig Stunden nach dem Erdbeben von 1746 in Lima nicht weniger als 200 horrible (ich gebrauche die Sprachweise der Historiker) Stösze gezählt. In Bezug auf den andern Fall sagt nun ULLOA, dasz, wenn sich einmal die Öffnung für eine Eruption gebildet hat, die Erde beinahe ganz ruhig wird; doch wissen wir, dasz der Vulcan selbst beinahe ausnahmslos viele Wochen lang später noch in groszer Thätigkeit bleibt. Hätte indessen ULLOA dem Crater selbst nahe gestanden, so würde er auch unzweifelhaft jene kleinen Erzitterungen gefühlt haben, welche jede frische Explosion begleiten, wie es von Andern beschrieben worden ist, welche in der genannten Lage es zu beobachten sich befunden haben. Es scheinen daher die Erzitterungen den secundären Erdstößen analog zu sein; und wenn sich dies so verhält, dann sind die beiden Fälle in jeder Beziehung einander äusserst ähnlich. Bei einem primären vulcanischen Ausbruche wissen wir, dasz dessen Ursache die Explosion flüssiger und gasförmiger Substanz, zuerst durch solide Schichten und später durch einen beinahe offenen Gang ist; wir werden damit zu der Schlussfolgerung geführt, dasz die Ursache des einfachen Erdbebens mit seinen secundären Stößen Explosionen einer ähnlichen Natur sind, welche indessen keinen Gang sich eröffnen, sondern nur hintereinander einzelne Partien der darüberliegenden Massen zerreißen.

In Concepcion, wo die Straszen in zwei verschiedenen, rechtwinklig auf einander stehenden Richtungen angeordnet sind, wurden die Wände der Häuser, wie bereits bemerkt wurde, je nach ihrer Richtung afficirt. Hierfür gab die Cathedrale einen sehr augenfälligen Beleg, wo die groszen, aus soliden Ziegelsteinen erbauten Strebepfeiler wie mit

²⁹ Courrejolles sagt in seiner Abhandlung über Erdbeben (Journal de Physique, Tom. LIV. p. 106): „Les grands tremblemens de terre sont presque toujours précédés et suivis quelque temps avant et après par de petites secousses.“ Michell (Philosoph. Transact., 1760, p. 10) hat einige Fälle von hinter einander auftretenden kleineren Stößen angeführt, welche augenscheinlich von demselben Punkte ausgingen, von welchem die früheren heftigeren hergekommen waren.

einem Meisel abgeschnitten und auf den Boden geschleudert waren, während die Mauer, zu deren Unterstützung sie vergebens aufgeführt worden waren, wenn gleich bedeutend beschädigt, doch noch aufrecht stand: — letztere war nämlich mit dem einen Ende nach dem Punkte hingerichtet, von wo die Schwingung ausgieng, während die Strebe- Pfeiler in einer der Undulation parallelen Linie standen. Beinahe ganz ähnliche Verhältnisse wurden im Jahre 1822 in Valparaiso beobachtet³⁰. Bei dem groszen Erdbeben von Caraccas war die Richtung der Schwingung von Ost-Nordost nach West-Südwest, und irgend eine bestimmte Richtung scheint beinahe in jedem heftigen Erdbeben beobachtet worden zu sein. Nun könnte wohl gefragt werden: kann eine Schwingung, welche aufwärts durch die Erdrinde von einer ungeheuren Tiefe ausgegangen ist, an der Oberfläche so empfunden werden, als wäre sie von einem bestimmten Punkte des Compasses hergekommen, und kann sie in gleicher Weise das Einstürzen von Mauern bestimmen je nach der Stellung derselben in Beziehung auf irgend einen derartigen Punkt? Wie es mir erscheint, ist entschieden hierauf mit Nein zu antworten; dagegen musz eine Schwingung, um derartige Wirkungen hervorzubringen, von dem Zerreißen von Schichten an einem nicht sehr tief unter der Oberfläche der Erde gelegenen Punkte ausgehen.

Die von Erdbeben betroffenen Bezirke sind meistens länglich. Bei dem Erdstosz in Syrien vom Jahre 1837 wurde die Erschütterung gefühlt „auf einer Strecke von 500 Meilen Länge und 90 Meilen Breite³¹“. HUMBOLDT macht die Bemerkung³², dasz die Erdbeben der Küste von Neu-Andalusien in derselben Art und Weise folgen, wie sie es an der Küste von Peru und Chile thun. So wurde im Jahre 1822 bei dem Erdbeben von Valparaiso die Bewegung 880 Meilen der Küste des stillen Oceans entlang gefühlt, und bei dem von Concepcion im Jahr 1835 auf einer noch gröszeren Strecke von mehr als tausend Meilen; aber bei keiner einzigen Gelegenheit ist der Stosz quer über die Cordillera auch nur bis in eine annähernd gleiche Entfernung fortgeleitet worden. Im Jahre 1835 war die Erschütterung des Bodens in Mendoza so sanft, dasz ein alter Mann, einer der dortigen Einwohner (und in diesen Ländern ist Jedermann im Besitze eines beinahe instinctiven Vermögens auch

³⁰ s. Miers' Travels in Chile, Vol. I. p. 392.

³¹ Proceedings of the Geological Society, p. 540; 5. Apr. 1837.

³² Personal Narrative, Vol. II. p. 224.

das unbedeutendste Erzittern wahrzunehmen), mir erzählte, er habe die Bewegung des Bodens eine Zeit lang für ein Schwindeln seines Kopfes gehalten und habe zu den Seinigen gerufen, dasz er sterben werde. In Concepcion, Valparaiso, Lima und Acapulco³³ glauben die Einwohner, dasz die Störung meistens vom Grunde des benachbarten Meeres ausgeht; sie erklären hieraus die ausser Frage stehende Thatsache³⁴, dasz die weiter landeinwärts gelegenen Städte meistens viel weniger beschädigt werden, als diejenigen in der Nähe der Küste. Augenscheinlich geht die Störung nicht von irgend einem einzelnen Punkte aus, sondern von vielen in einem Streifen angeordneten; andernfalls wäre die Thatsache der linearen und ungleichen Verbreitung der Erdbeben unverständlich. So wurden im Jahre 1835 die Insel Chiloë, die Umgebung von Concepcion und Juan Fernandez sämmtlich zu der nämlichen Zeit heftig afficirt, und zwar heftiger als die zwischen innerliegenden Bezirke. In gebirgigen Ländern, wie Neu-Andalusien, Peru und Chile kann man, wenn die Erdbeben den Küstenlinien folgen, von denselben sagen, dasz sie sich parallel den littoralen Bergstrecken verbreiten.

Die letzte Betrachtung, auf welche ich als auf eine die Ursache der Erdbeben andeutende hier noch eingehen will, ist die, dasz dieselbe in Süd-America zuweilen (wenn nicht, wie ich glaube, allgemein³⁵) von Emporhebungen des Landes begleitet worden sind; aber nach dem Erdstosz von Lima im Jahre 1746 zu urtheilen, ist dies allem Anscheine nach keine nothwendig begleitende Erscheinung, mindestens nicht in einem wahrnehmbaren Grade. Man könnte wohl auf den ersten Blick meinen, dasz in Concepcion das Emporheben des Bodens, welches den ersten und bedeutenden Erdstosz begleitete, für sich selbst schon die ganze Erscheinung des Erdbebens erklärt habe. Dem heftigen Stosze folgten indessen während weniger darauffolgender

³³ In Acapulco, sagt Humboldt, kommen die Stöße von drei verschiedenen Richtungen her, von Westen, Nord-West und Süd. (Polit. Essay on the Kingdom of New Spain; engl. Übers., Vol. IV. p. 58.)

³⁴ Beinahe jeder Schriftsteller seit der Zeit Molina's macht diese Bemerkung. s. Molina, Compendio de la Historia del Reyno de Chile, Vol. I. p. 32.

³⁵ Meine Annahme gründet sich auf die Thatsache, dasz sich an den nämlichen Küsten und innerhalb der nämlichen Perioden, aus denen eine ungeheure Anzahl von Erdbeben berichtet werden, auch Beweise für eine Erhebung des Landes finden, obschon nicht bekannt ist, dasz das Emporsteigen mit irgend einem besondern Erdbeben in Zusammenhang gestanden hätte.

Tage einige hundert unbedeutendere (wenn schon von gar nicht unbeträchtlicher Heftigkeit), welche von der nämlichen Stelle auszugehen schienen, von der auch der erste hergekommen war, während andererseits das Niveau des Bodens ganz gewisz durch sie nicht erhoben wurde; im Gegentheil stand es vielmehr nach einer Zwischenzeit von einigen Wochen eher niedriger, als unmittelbar nach der groszen Convulsion, — vielleicht in Folge des Sichsetzens des erschütterten Bodens. In der nämlichen Weise wurde im Jahre 1822 in Valparaiso die bleibende Veränderung des Niveaus an den Felsen an der Küste am nächsten Morgen nach dem gröszten Erdstosze beobachtet, trotzdem dasz die Erde in Intervallen für viele Tage noch fortfuhr zu erzittern. In diesen Beispielen von Niveauveränderungen haben wir daher einen deutlichen Hinweis auf irgend eine Ursache der Störung, welche zu der, welche die Schwingungen hervorbrachte, hinzutritt und welche, wie es in hohem Grade wahrscheinlich ist, die einfache Erhebung der Küste in Masse begleitet.

Nach diesen Betrachtungen können wir, wie ich meine, in Bezug auf die Erdbeben an der West-Küste von Süd-America ruhig schlieszen,

1) dasz der hauptsächlichste Stosz durch eine heftige Spaltung der Schichten verursacht wird, welche allgemein am Grunde des benachbarten Meeres vorzukommen scheint;

2) dasz denselben viele geringere Brüche folgen, welche, obschon sie sich aufwärts bis beinahe nach der Oberfläche hin erstrecken, dieselbe (ausgenommen den vergleichsweise seltenen Fall einer submarinen Eruption) nicht wirklich erreichen;

3) dasz das so gespaltene Gebiet sich parallel, oder annähernd so, zu den benachbarten Küsten-Gebirgen hinzieht;

4) dasz, wenn das Erdbeben von einer Erhebung des Landes in Masse begleitet wird, noch irgend eine weitere Ursache der Störung vorhanden ist.

Und endlich, dasz ein Erdbeben oder vielmehr die durch dasselbe angedeutete Thätigkeit die unterirdische Spannung in derselben Weise entlastet, wie ein Ausbruch durch einen gewöhnlichen Vulcan.

Was bildet nun, wo dieselbe sichtbar ist, die Axe der meisten groszen Gebirgsketten? Ist es nicht eine keilförmige lineare Gesteinsmasse, welche, wie kaum irgend ein Geologe bestreitet, früher einmal flüssig war und seitdem unter hohem Druck abgekühlt ist? Musz nicht das Eindringen einer derartigen Masse zwischen Massen von

Gesteinslagern den unterirdischen Druck in der nämlichen Art und Weise erleichtert haben, wie das Auswerfen von Lava und Scoriae durch eine vulcanische Öffnung? Müssen nicht, nachdem die Dislocation in dem Theile der oberen Rinde der Erde, welche jetzt ein Gebirge bildet, bewirkt worden ist, oberflächliche, von einem nicht tief sitzenden Heerde ausgehenden Schwingungen sich über das umgebende Land fortgepflanzt haben? Und wird, mögen diese Dislocationen eine Richtung angenommen haben, welche sie wollen, ein in derselben Richtung länglich ausgezogenes Gebiet nicht von der Schwingung afficirt worden sein?

Indem ich diese Parallele ziehe, spreche ich meine Meinung dahin aus, dasz diejenigen Erdbeben mit ihren secundären Stößen, welche von derartigen Erscheinungen begleitet sind, wie das Erdbeben von Concepcion im Jahre 1835, durch das Spalten groszer Massen von Schichten und die Erfüllung solcher Spalten mit flüssigem Gestein verursacht worden sind; — ein Vorgang, welcher in dem Zustandekommen der Erhebung einen Schritt gebildet haben musz.

Die Einwohner von Concepcion waren der Meinung, dasz die Erzitterungen von Süd-Westen ausgiengen, nach welcher Richtung hin unterirdische Geräusche gleichfalls häufig gehört wurden. Es ist daher ein äusserst interessanter Umstand, dasz die Insel Santa Maria, 35 Meilen in dieser Richtung entfernt gelegen, wie Captain FITZ ROY gefunden hat, nahezu bis zu der dreifachen Höhe von der emporgehoben worden ist, bis zu welcher die Küste in der Nähe von Concepcion emporgestiegen war. Bei Tubul, Süd bei Ost von Santa Maria, war das Land 6 Fusz gehoben worden; an dem südlichen Ende der letztern Insel 8 Fusz, in ihrer Mitte 9 Fusz, und an ihrem nördlichen Ende mehr als 10 Fusz³⁶. Diese Messungen, welche von Capt. FITZ ROY mit der äussersten Sorgfalt ausgeführt worden sind, scheinen auf eine Erhebungsaxe im Meere auf der Höhe des nördlichen Endes der Insel Santa Maria hinzuweisen.

Eine Bemerkung musz ich hier einschalten. Die Bewegung der Erde am 20. Februar 1835 in Valdivia erschien mir wie die einer, über eine undulirende Flüssigkeit ausgebreiteten Kruste; und in meiner ‚Reise‘ habe ich die Bewegung mit den Biegungen dünnen Eises unter einem sich bewegenden Gewichte verglichen. Als ich dann später davon überzeugt wurde, dasz die Erdrinde dort auf einem See geschmol-

³⁶ Geographical Journal, Vol. VI. p. 327.

zenen Gesteins ruhe, wurde mein erster Eindruck in Bezug auf die Bewegung nur noch mehr befestigt. MICHELL hat schon vor langer Zeit bemerkt (Philos. Transact., 1760, p. 8), dasz „die Bewegung der „Erde bei Erdbeben zum Theil ein Erzittern ist, zum Theil in Wellen „sich fortpflanzt, welche eine der andern folgen, zuweilen in grösseren, „zuweilen in kleineren Abständen; und diese letztere Bewegungsart „wird meistens viel weiter fortgepflanzt als die erstere“. Diese Unterscheidung ist, glaube ich, vollständig richtig. Professor PHILLIPS³⁷ macht die Bemerkung, dasz Gesteine, obschon in ihren einzelnen Theilen elastisch, „dies doch in ihrer Masse nur sehr unvollkommen sind, und „zwar in Folge der zahlreichen Scheidewände, welche sie durchsetzen. „Aus solchen Materialien zusammengesetzt“, sagt er, „vibriert die „Erdrinde nicht, und in der That kann sie es kaum, im gewöhnlichen „Sinne dieses Worts; die beobachtete Bewegung ist der Undulation „einer biegsamen Lamelle auf einer erschütterten Flüssigkeit ähnlicher“. Das Resultat, zu welchem diese Betrachtungen führen, fällt hienach mit dem meinen zusammen, welches ich von dem Eindrucke meiner Sinne entnommen hatte; auf den ersten Blick scheint es in einer sehr zufriedenstellenden Art und Weise die in weitere Entfernungen führende Fortpflanzung der langen und sanften Undulationen gegenüber der der Vibrationen, und zwar durch die Fortleitung der ersteren in der unterirdischen Flüssigkeit und der letzteren in der Erdrinde, zu erklären. Was indessen den vermeintlichen Mangel an Elasticität in der Erdrinde, als Masse genommen, betrifft, so kann ich hier mit Professor PHILLIPS nicht übereinstimmen. Wo MICHELL (Philosoph. Transact., 1760, p. 35) die Thatsache der groszen Schwingungen, oder vielmehr Schwankungen während heftiger Stürme von spitzen Kirchthürmen oder selbst groszen Thürmen anführt, von denen man sagen kann, dasz sie aus einer sehr groszen Anzahl von Schichten verschiedener Dichtegrade zusammengesetzt sind und welche häufig von queren Spalten oder Verwerfungen durchsetzt sind, lässt kaum irgend einen Zweifel übrig, dasz eine ähnliche und viel bedeutendere Schwingung von den Tiefen der Erde aus, wo die Theile mit unvergleichlich viel stärkerer Gewalt zusammengedrückt werden müssen als in irgend einem Gebäude, fortgeleitet werden können. So plausibel auch die vorstehende Erklärung der beiden Arten von Bewegung ist, so glaube ich doch nicht, dasz sie die richtige ist; denn wenn eine wellenförmige Bewegung jemals

³⁷ Lardner's Encyclopaedia, Geol., Vol. II. p. 209.

in der unterirdischen flüssigen Masse erzeugt wird, so können wir uns kaum eine kraftvollere Ursache einer solchen vorstellen, als das Aufwärts-Schieszen einer groszen Masse geschmolzenen Gesteins und gasförmiger Substanz aus dem tiefsten Abgrunde eines Vulcans: wir wissen aber, dasz Eruptionen in einem enormen Maszstabe durch alte Auswurfsöffnungen stattgefunden haben, selbst auf Gebieten, welche weit ausgedehnten und wellenförmigen Erderschütterungen ausgesetzt sind, ohne dasz derartige Bewegungen hervorgerufen worden sind. In Folge dieser Betrachtung und wegen der Thatsache, dasz die Gewalt der Erdbeben in einer ganz bestimmten Beziehung zu der Dicke der gespaltenen Erdrinde steht, wie wir aus der groszen Verschiedenheit in den durch eine Eruption verursachten Wirkungen, je nachdem sie durch eine alte oder durch eine neugebildete Öffnung erfolgt, schlieszen können, so kann ich uns nicht für berechtigt halten, die Hypothese einer undulirenden Flüssigkeit anzunehmen. Die beiden Arten von Bewegung können vielleicht durch die Betrachtung erklärt werden, dasz, wenn die Erdrinde der Spannung nachgibt, in Folge ihrer allmählichen Erhebung, dann ein Stosz im Augenblicke des Brechens eintritt, während eine gröszere Bewegung durch das Aufrichten der Schichtenränder und durch den Eintritt von flüssiger Gesteinsmasse zwischen dieselben hervorgebracht werden dürfte. Wenn man eine lange Stange von Stahl zerbricht, wird da nicht eine Erschütterung durch den Bruch ebenso wie eine Vibration der beiden nun getrennten Stücke eintreten?

HOPKINS hat in seinen *Researches on Physical Geology*³⁸ nachgewiesen, dasz, wenn ein langgestrecktes Gebiet durch eine Kraft emporgehoben wird, welche gleichmässig unter allen Theilen wirkt, dann, wenn die Schichten nachgeben, Spalten entstehen müssen, welche der längeren Axe des Bezirks parallel sind, und andere untergeordnetere quer zu jener. Da wir nun mit Sicherheit wissen, dasz die Küste von Chile in der Nähe von Concepcion am 20. Februar erhoben wurde und ebenso auch, dasz das vom Erdbeben heimgesuchte Gebiet langgestreckt war; — wenn wir ferner noch im Sinne behalten, dasz mehrere solcher Erhebungen vorgekommen sind, wie sowohl historisch beglaubigt als durch die ausgedehnten Schichten recenter Muschelarten in der Höhe von einigen hundert Fusz bestätigt wird, so sind wir absolut genöthigt anzunehmen, dasz das Gebiet (wenn wir nicht vermuthen wollen, dasz die Schichten auszerordentliches Dehnungsvermögen besaszen) zu jener

³⁸ Transactions of the Cambridge Philosophical Society, Vol. VI. P. 1.

Zeit in Richtungen gespalten wurde, von denen die hauptsächlichsten seiner längeren Axe parallel waren. Hat indessen die emporhebende Kraft ungleichmäszig auf verschiedene Theile gewirkt, wie es in Chile der Fall war, so können wir, nach der wundervollen Verallgemeinerung desselben Schriftstellers, einsehen, dasz sich einzelne Spalten bilden konnten, welche in demselben Augenblicke an entfernt von einander liegenden Orten einzelne Stösze, vielleicht von verschiedener Intensität hervorgerufen haben werden. Wir brauchen daher nicht zu vermuthen, dasz die Stösze, welche in Juan Fernandez, Concepcion und Chiloë stärker gefühlt wurden, als an zwischenliegenden Punkten, von irgend einem gemeinsamen Heerde ausgegangen sind, sondern dasz sie in jedem der einzelnen Districte hervorgerufen worden sind, — wobei wahrscheinlich die Schwingungen in jedem einzelnen Falle verschiedene Richtungen einschlugen³⁹. Diese Erklärung ist, wie ich glaube, bei weitem zufriedenstellender als die von HUMBOLDT gebotene, welcher eine Trägheit einer zwischen inne liegenden Gesteinsmasse in Bezug auf die Fortleitung der Schwingungen von einem tief liegenden Heerde nach der Oberfläche annimmt.

Über verschiedene Arten von Erdbeben; und Folgerungen betreffs solcher, welche Hebungsbewegungen begleiten.

Ich habe die vorstehenden Bemerkungen auf die Erdbeben an der Küste von Süd-America oder auf ähnliche beschränkt, welche allgemein von einer Erhebung des Landes begleitet gewesen zu sein scheinen. Da wir aber wissen, dasz in andern Theilen der Welt Senkungen eingetreten sind, so müssen sich dort Spalten gebildet haben, also auch Erdbeben eingetreten sein. Ich glaube, es würde für die Geologie von groszem Vortheil sein, wenn ein Schriftsteller, welcher die Wirkungen einer emporhebenden Kraft verfolgt hat, auch diejenigen in Betracht ziehen wollte, welche durch ein Fehlen einer Unterstützung der gewölbten Oberfläche der Erde hervorrufen werden. Die Erdbeben

³⁹ In Concepcion scheint die Schwingungslinie nordwestlich-südöstlich gelegen zu haben, die Welle von Süd-West gekommen zu sein. In Mocha (einer Insel zwischen Concepcion und Valdivia) musz nach der Art, in welcher das Wasser auf dem Boden eines an's Ufer gezogenen Bootes schwankte, die Schwingung quer nord-südlich gewesen und entweder von Osten oder von Westen gekommen sein. In Bezug auf die erwähnten Thatsachen s. Capt. Fitz Roy's Beschreibung der Reisen der Schiffe ‚Adventure‘ und ‚Beagle‘, Vol. II. p. 414.

von Calabrien, und vielleicht auch von Syrien und einiger anderer Länder, haben einen von dem der Erdbeben an der americanischen Küste verschiedenen Character. Als MOLINA, der Geschichtsschreiber von Chile, in Italien war, war er von dieser Verschiedenheit sehr überrascht; er sagt⁴⁰: in Chile erstrecken sich selbst die unbedeutenderen Stöße über das ganze Land und werden horizontal fortgepflanzt, während diejenigen, welche er in Bologna fühlte, von geringer Ausdehnung, aber momentan und ungewöhnlich explosiv waren.

Ich will noch hinzufügen, dasz in den von LYELL⁴¹ gesammelten Schilderungen der Erdbeben von Calabrien, Lissabon und einigen andern Orten, Fälle beschrieben werden, wo Stücke der Oberfläche von einem Abgrunde absolut verschlungen und nicht mehr gesehen wurden; dies scheint aber bei keinem der Erdbeben an der West-Küste von Süd-America vorgekommen zu sein. Wenn die flüssige Masse, auf welcher, wie ich vermüthe, die feste Erdrinde ruht, allmählich sinken würde anstatt sich zu erheben, so würde ein Bestreben eintreten, hohle Räume zu bilden, es würde daher eine saugende Thätigkeit nach abwärts wirken; oder es könnten auch factisch leere Räume erzeugt werden, in welche dann die einer Unterstützung entbehrenden Massen mit der Gewalt einer Explosion hineinstürzen würden. Nach dem, was in dem voranstehenden Theile dieser Abhandlung gezeigt worden ist, können wir schlieszen, dasz derartige Erdbeben nur selten von Eruptionen, und wahrscheinlich niemals von Perioden erneuerter vulcanischer Energie begleitet sein werden. Der Angabe BOUSSINGAULT's zufolge⁴² sind diejenigen Erdbeben in Süd-America, welche für Menschenleben am allerzerstörendsten geworden, d. h. welche äusserst plötzlich und heftig aufgetreten sind, nicht mit vulcanischen Eruptionen zusammen gefallen. Er führt mehrere Beispiele hierfür an, mit Einschlusz der im Jahre 1812 in Caraccas gefühlten Erdstöße; nach HUMBOLDT's Angaben⁴³ jedoch kann der Zusammenhang zwischen den unterirdischen Störungen an jenem Orte und den westindischen Auswurfsöffnungen kaum bezweifelt werden. Es darf in der That BOUSSINGAULT's Bemerkung, obgleich sie vielleicht im Allgemeinen richtig ist, nur mit einigem Vorbehalt angenommen werden; denn wäre das Erdbeben in

⁴⁰ Compendio de la Historia del Reyno de Chile, Vol. I. p. 36.

⁴¹ Principles of Geology, 5. edit. Vol. II. Book II, Chap. XIV.

⁴² Bulletin de la Soc. géolog., Vol. VI. p. 54.

⁴³ Personal Narrative, Vol. II. p. 226, und Vol. IV. p. 6.

Concepcion des Nachts eingetreten, so hätten Tausende von Menschen ganz unvermeidlich umkommen müssen.

In der Richtung einer durch Senkung hervorgebrachten Spaltung wird wahrscheinlich die Verdrehung und um das Umwerfen der Schichten selbst noch grösser sein als an einem durch Erhebung bewirkten Bruche, und zwar wegen des Umstandes, dasz, sobald das Gewicht der Masse deren Cohäsion überwunden hatte und dieselbe zu sinken begann, keine Kraft vorhanden ist, welche diesen Wirkungen entgegenstrebend das Gleichgewicht zu halten sucht, wie die Schwerkraft während der Erhebung, um so die Bewegung aufzuhalten, allerdings wohl mit Ausnahme des seitlichen Druckes der Massen aufeinander, und dieser dürfte nur die Störung noch vermehren. In diesem Falle würde keine Axe von eingespritzten plutonischen Gesteinsmassen vorhanden sein, oder mindestens keine, welche oberhalb der allgemeinen Oberfläche vorragte; und hieraus können wir die ausserordentliche Störung in der Lage der Schichten in Ländern erklären, welche nur hügelig sind, wie Theile von Grosz-Britannien, und das dortige Vorkommen von Erhebungssaxen, wie sie meistens genannt werden, welche aber wahrscheinlich in den meisten Fällen noch passender Senkungsaxen genannt werden dürften.

Wenn die Theorie, welche ich in Bezug auf die Ursache der Erdbeben an der West-Küste von Süd-America aufgestellt habe, richtig ist, so dürfen wir natürlicherweise nach denselben Grundsätzen auch erwarten, Beweise von successiver Bildung in den vielen parallelen Rücken zu finden, aus denen die Cordillera zusammengesetzt ist. In den Theilen des centralen Chile, welche ich untersucht habe, ist dies richtig, selbst in Bezug auf die zwei Haupt-Rücken; von diesen wird der eine zum Theil aus geneigten Conglomeratschichten gebildet, welche aus Rollsteinen bestehen, die aus den Gesteinsmassen des andern herrühren. Ich bin auch im Besitze von Beweisen, allerdings von einer weniger befriedigenden Art, dasz einige von den äusseren Bergzügen ganz und gar von späterem Datum sind als die centraler gelegenen Rücken. Überdies finden sich in allen Theilen der Cordillera Beweise für eine gleichmässige Erhebung in Masse bis zu einer sehr bedeutenden Höhe. Ich war von dieser letzteren Thatsache, im Zusammenhange mit dem, was, wie ich mir vorstellte, während des Erdbebens von Concepcion stattgefunden haben musz, so sehr überrascht, dasz ich zu nahebei derselben Schlussfolgerung kam, wie sie HOPKINS

durch seine mathematischen Untersuchungen nachgewiesen hat, dasz nämlich Gebirgsketten bei continentalen Erhebungen nur subsidiäre und begleitende Erscheinungen sind. Verhält sich dies so, und nur Wenige werden es, nachdem sie HOPKINS' Abhandlung gelesen haben, bestreiten mögen, so müssen auch, wie es gewisz ist, dasz sicherlich continentale Erhebungen innerhalb der jetzigen Erdperiode in groszem Maszstabe stattgefunden haben, ebenso sicher auf den Spaltungslinien Massen ungleichmäszig emporgehoben und eingedrückt worden sein, — d. h. mit andern Worten, es sind einige Schritte zur Bildung einer Gebirgskette gethan worden.

Wenn HOPKINS sagt⁴⁴, „er könne in keiner Weise die nach einander erfolgende Bildung von parallelen Spalten verstehen, ohne in Bezug auf die Wirkungsart der erhebenden Kraft Hypothesen aufzustellen, welche unendlich viel zu willkürlich sind, um auch nur für einen Augenblick angenommen werden zu können“, so möchte ich hier wohl fragen: hat er die Wirkungen langer Zwischenräume der Ruhe in Betracht gezogen, während welcher die injicirten Gesteinsmassen fest werden können? Wird die Erdkruste in solchen Fällen nicht leichter auf jeder Seite nachgeben, wie sie es meiner Meinung nach in der Cordillera gethan haben musz, als in der Linie der aus festgewordenen Gesteinsmassen, wie Granit oder Porphyr, zusammengesetzten Axe? Da eine äusserst langsame Erhebung des Landes mit langen Zwischenpausen der Ruhe die einzige Art von Bewegung ist, von welcher wir irgend eine Kenntniss haben, so kann das langsame Abkühlen jener Partie des verflüssigten Gesteins, welche in die oberen Theile der Kruste eingetrieben worden ist, nicht für eine willkürliche Vermuthung angesehen werden.

Nach den in dieser Abhandlung mitgetheilten Thatsachen dürfen wir ruhig schlieszen, dasz die vulcanische Thätigkeit, selbst eine sich in einem sehr groszartigen Maszstabe äussernde wie in den Anden, nur die eine Wirkung jener Kraft ist, welche Continente in der langsamen Weise erhebt, in welcher gegenwärtig die Küste von Süd-America emporsteigt. Blicken wir zurück auf die vergangene Geschichte der Erde, so erfahren wir von LYELL⁴⁵, dasz es vulcanische

⁴⁴ Abstract of a Memoir on Physical Geology, by W. Hopkins. p. 31.

⁴⁵ Elements of Geology. Im 24. Capitel hat Lyell Fälle von vulcanischen Eruptionen in jeder der groszen Epochen der geologischen Geschichte von Europa gesammelt. Die Beweisführung, welche oben im Texte folgt, ist die nämliche wie

Eruptionen während jeder Epoche gegeben hat, von der der cambrischen Formationen an bis auf den heutigen Tag. Die Eruptionen alter Zeiten scheinen von den sämtlichen Umständen begleitet worden zu sein, welche auch die heutigen noch begleiten; es findet sich, wie derselbe Autor bemerkt hat, kein Beweis dafür, dass die Quantität der ausgeworfenen Massen in der grösseren Anzahl alter Fälle excessiv gewesen ist. Wir müssen daher folgern, dass continentale Erhebungen, eine von den Wirkungen derselben bewegenden Kraft, welche die Vulcane in Thätigkeit erhält, seit jenen uralten Zeiten in demselben langsamen Schritte regelmässig fortgegangen sind, wie heutigen Tages, und folglich auch, wie oben erschlossen wurde, die stufenförmige Bildung von Gebirgsketten. Es kann daher gefragt werden, ob wir zur Annahme der Hypothese von einer paroxysmenartigen Erhebung irgend einer Gebirgskette berechtigt sind, ohne für jeden besondern Fall bestimmte Beweise dafür zu haben, dass nicht eine Reihe von Impulsen gleich denen, welche jetzt durch ihre häufige Einwirkung auf dieselben Linien die Erdrinde zerklüften und Partien derselben ungleichmässig erheben, die beobachteten Wirkungen hervorgebracht haben könne. Es ist indessen eine untergeordnete Frage, ob Beweise für Paroxysmen von Heftigkeit in einigen Gebirgsketten vorhanden sind; die bedeutungsvolle Thatsache, welche mir bewiesen zu sein scheint, ist die, dass gegenwärtig eine Kraft in Thätigkeit ist, und mit der nämlichen mittleren Intensität (die vulcanischen Eruptionen sind hier der Masstab) seit den allerentferntesten Perioden in Thätigkeit gewesen ist, welche nicht bloss hingereicht hat, ungleichmässige Erhebungen auf den Spaltungslinien hervorzubringen, sondern welche beinahe unvermeidlich solche hervorgebracht haben muss.

Theoretische Betrachtungen über die langsame Erhebung von Gebirgsketten.

Die Schlussfolgerung, dass Bergketten durch eine lang aufeinander folgende Reihe kleiner Bewegungen gebildet werden, kann, wie es mir erscheint, auch durch einfaches theoretisches Raisonement wahrscheinlich gemacht werden. HOPKINS hat nachgewiesen, dass die erste Wirkung einer gleichmässigen Erhebung einer longitudinalen Partie

die, welche derselbe Autor in den Principles of Geology bringt (1. Buch, 5. Cap.); Lyell wendet sie aber besonders auf die Erdbeben und Convulsionen an, „durch „unterirdische Bewegungen verursacht, welche bloss ein anderer Theil der vulcanischen Phänomene zu sein scheinen“.

der Erdrinde die ist, dasz sich der längeren Axe parallele Spalten (andere, quer zu denselben stehende können hier vernachlässigt werden) von der Art bilden, wie sie in dem beistehenden Holzschnitt dargestellt sind (Fig. 1), welcher nach dem in den *Cambridge Philosophical Transactions* veröffentlichten copirt ist. Er zeigt aber noch weiter, dasz die viereckigen, jetzt unzusammenhängenden Massen, — weil es äusserst unwahrscheinlich ist, dasz die unterirdische Kraft dieselben, wenn sie getrennt, gleichmäszig aufhebt oder später nieder-

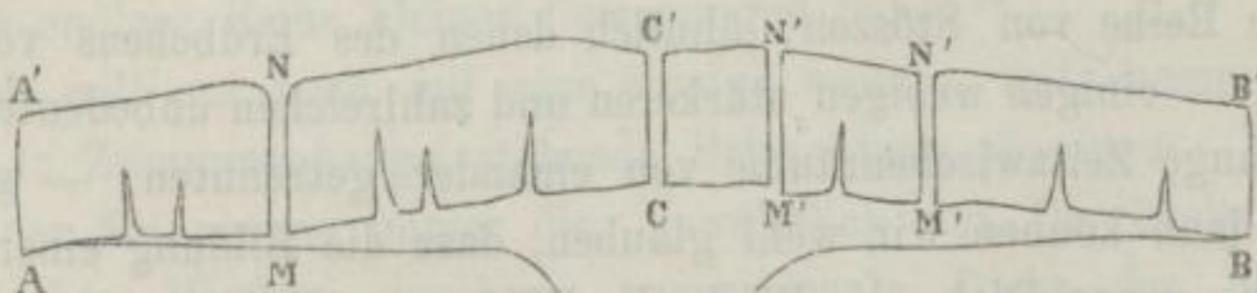


Fig. 1.

lässt, — irgend solche Stellungen annehmen, wie sie in der Fig. 2 wiedergegeben sind. In der Cordillera, welche als ein gutes Beispiel von der Structur einer groszen Gebirgskette genommen werden kann, sind die Schichten in den centralen Theilen gewöhnlicher in einem

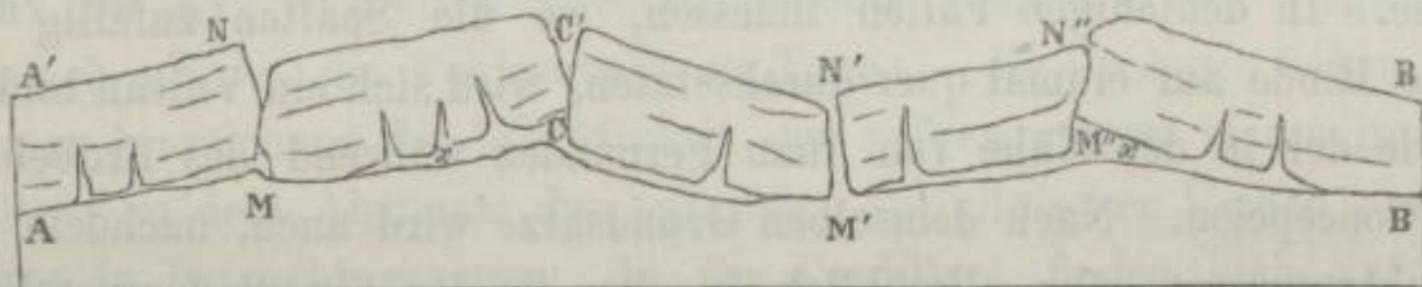


Fig. 2.

Winkel über 45° als darunter geneigt; und sehr häufig stehen sie absolut senkrecht. Die Axe der Dislocationslinien wird aus Massen von Syenit und Porphyr gebildet, welche nach der groszen Zahl der von ihnen abzweigenden Gänge flüssig gewesen sein müssen, als sie gegen die unteren Schichten angetrieben wurden⁴⁶. Wenn wir daher

⁴⁶ Der Angabe Boussingault's zufolge (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, Tom. VI. p. 55) ist dies in der Cordillera der äquatorialen Gegenden nicht der Fall. Er gibt an, dasz dort Trachyt die Basis der Gebirge bilde und dasz derselbe in einer festgewordenen Form vorgetrieben worden ist. Kann aber die tiefegelegene Axe einer gigantischen Gebirgskette aus Trachyt bestehen, einem wesentlich vulcanischen Gestein? Wenn wir in gröszere Tiefen eindringen könnten, so würden wir, wie nicht bezweifelt werden kann, finden, dasz der Trachyt allmäh-

annehmen, der Holzschnitt Fig. 2 stelle einen Durchschnitt der Cordillera vor ihrer endlichen Erhebung dar, so möchte ich fragen, wie es möglich ist, dasz einige von den Schichten-Massen haben senkrecht gestellt, andere absolut übergebogen werden können, und zwar durch die Wirkung flüssigen Gesteins, ohne dasz geradezu die Eingeweide der Erde vorgestürzt sind? Würden wir da nicht eine enorme Sintfluth von vulcanischer Masse haben, anstatt keilförmiger, injicirter Massen von solidem krystallinischem Gestein? Wenn wir andererseits annehmen, dasz die höchste Kette von Gebirgen durch eine aufeinander folgende Reihe von Stößen, ähnlich denen des Erdbebens von Concepcion, — einigen wenigen stärkeren und zahlreichen unbedeutenderen, durch lange Zeitzwischenräume von einander getrennten, — gebildet würde, dann können wir wohl glauben, dasz die Bildung einer Spalte durch die ganze Dicke der Rinde die Wirkung vieler Kraftäusserungen in der nämlichen Richtung sein wird, und dasz während der Zwischenzeiten das zuerst injicirte Gestein abgekühlt sein wird. Wenn daher die Spannung (welche nach HOPKINS' Angabe zuerst auf die untere Fläche wirkt⁴⁷), den obern Theil zu brechen veranlaszt, so werden die Spalten, wenn sie in derselben Linie liegen, die festgewordenen Enden der Gesteinsgänge treffen, anstatt der darunter befindlichen flüssigen Masse. In denjenigen Fällen indessen, wo die Spalten zufällig die ganze Rinde auf einmal quer durchsetzten, wird sich ein Vulcan bilden, so wie der in der Nähe von Juan Fernandez während des Erdbebens von Concepcion. Nach demselben Grundsatz wird auch, nachdem die Schichtenmassen sehr allmählich in die, in der Fig. 2 dargestellten Lage emporgehoben worden sind, das Gestein unterhalb der antiklinischen Axen, weil es bis jenseits seiner früheren unterirdischen isothermen Linie fortgestoszen worden ist, abgekühlt und, wenn ihm hinreichend Zeit gestattet wird, fest werden. Auf diese Art und Weise, wenn jeder neue Bruch durch das Abkühlen der injicirten Gesteinsmasse fest verkittet wird, können die Schichten in jede nur mögliche

lich in ein plutonisches Gestein übergeht; und es dürfte wohl die Vermuthung gestattet sein, dasz seine Verbindung mit den darüberliegenden Schichten eine sehr verschiedene äuszere Erscheinung von dem des Trachyt darbieten wird; — wir können uns allerdings ganz gut vorstellen, dasz der Trachyt die Rinde derartiger plutonischer, unter geringem Drucke abgekühlter und in einer soliden Form aufwärts auf die Oberfläche der geschmolzenen Masse gezwängter Gesteine ist.

⁴⁷ Cambridge Philosophical Transactions, Vol. VI. p. 43—45.

Lage umgestürzt werden, und doch wird die Erde, weil sich eine allmählich verdickende Kruste über der flüssigen Masse bildet, auf welcher der Annahme nach das Ganze ruht, gegen eine Sintfluth von Lava geschützt. Ist diese Argumentation richtig, so lässt sich die merkwürdige Schlussfolgerung ableiten, dass wir bei einer Gebirgskette mit einer Axe von plutonischem Gestein, welches in einem flüssigen Zustande nach aufwärts getrieben worden ist, wo die Schichten die Wirkungen der allerheftigsten Thätigkeit verrathen, wengleich nach einem riesenhaften Maszstabe doch die besten Belege für eine beinahe endlose Reihe kleiner Bewegungen haben⁴⁸.

Ich will nur noch auf eine einzige weitere, mit diesem Gegenstande in Zusammenhange stehende Betrachtung eingehen. Weil ich in meiner Erinnerung immer die, gewöhnlich auf Durchschnitten in geologischen Werken gegebene proportionale Dicke der Schichten vor mir hatte, war ich sehr überrascht, als ich die Cordillera überschritt und hoch aufgerichtete antiklinische Reihen eine die andere in kurzen Entfernungen sich folgen sah, dass das die Axe bildende Gestein nirgends anzutreffen war, ausgenommen in einzelnen Flecken in den Thälern. Wenn wir annehmen, dass Theile der Schichten in der Figur 2 senkrecht gestellt werden, so wird nothwendigerweise das Gestein der Axe in breiten Strecken exponirt werden; hier liegt aber, wie ich glaube, die Fehlerquelle zu Tage: — die Geologen haben nicht immer hinreichend die Mächtigkeit der aufgeworfenen Masse im Verhältniss zu dem Abstände der parallelen antiklinischen Reihen von einander in Betracht gezogen. In der Cordillera finden sich auf einer Breite von ungefähr sechszig Meilen acht oder noch mehr antiklinische Linien; und hiernach stehen also die Mittelpunkte der Mulden und der Höhenrücken ungefähr vier Meilen auseinander. Wenn wir nun annehmen, dass die aufgewulstete Rinde nur vier Meilen dick ist (was

⁴⁸ Humboldt hat die Thatsache hervorgehoben, dass in doppelten Bergketten, solche wie sie grosse Partien der Anden bilden, die hohen Theile der einen Reihe den unteren Theilen der andern entsprechen. Eine derartige Symmetrie der Structur ist bei der Vorstellung, dass sich Berge durch Paroxysmen von Heftigkeit gebildet haben, kaum zu verstehen; wenn wir aber die ganze Reihe als die Wirkung einer weit ausgedehnten, während vieler Jahrhunderte fortdauernder Erhebung betrachten, so ist es leicht zu verstehen, dass, wenn die eine Reihe schwach und in Folge dessen der Störung durch eine unterirdische Kraft eine lange Zeit hindurch ausgesetzt ist, wahrscheinlich die parallele und nahe dabei liegende Reihe eine um so kürzere Zeit hindurch afficirt wird.

etwas mehr ist als wirklich gesehen werden kann), dann werden die Schichten, wenn sie senkrecht gestellt werden, eine ebenso grosse horizontale Ausdehnung einnehmen, als vorher, ehe sie gestört wurden. In dem Holzschnitt Fig. 3, welcher, wie ich zu beachten bitte, nur zur Erläuterung dieses einen Punktes gegeben wird, habe ich Theile von Schichten von genau derselben Länge wie die in Fig. 2 genommen [hier des Raumes wegen unbedeutend verkleinert]; ich habe aber ihre Dicke vergrößert, so dasz dieselbe dem Abstände der antiklinischen Linien von einander gleichkommt; — wir werden nun sehen, dasz nicht nur die ganze Axe bedeckt wird, sondern dasz auch die Massen nicht wieder in ihre früheren horizontalen Grenzen eingezwängt werden können. Ich habe indessen weder der ungeheuren Abreibung, welche

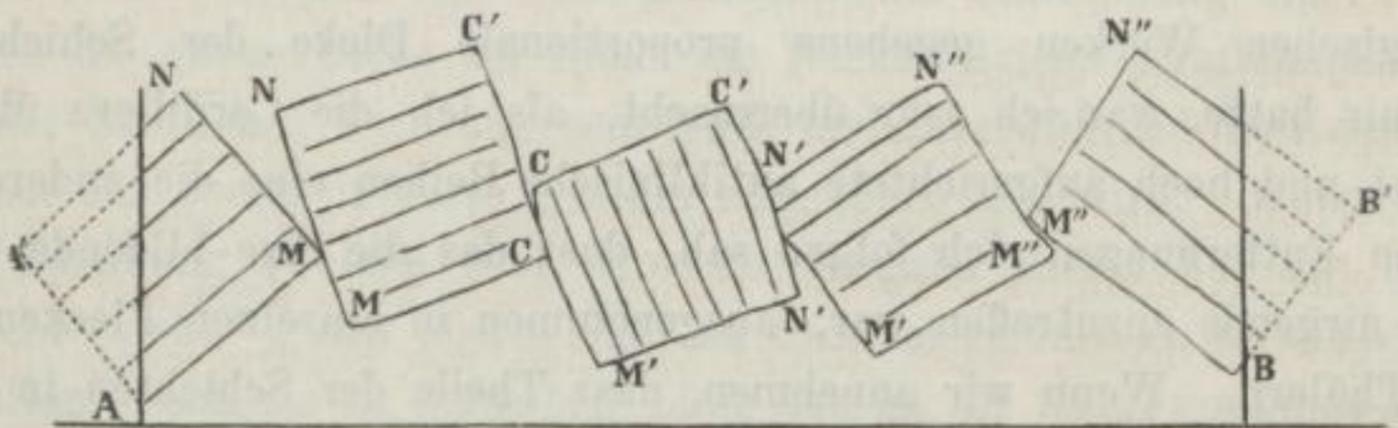


Fig. 3.

Schematische Zeichnung, um die Wirkung zu erklären, welche hervorgebracht werden würde, wenn die Dicke der, durch Hebungsbewegungen umgestürzten Erdrinde gleich dem Abstände zwischen den antiklinischen Linien wäre. [Gleiche Buchstaben bezeichnen die Punkte der früheren Verbindung der späteren Spaltränder.]

unter solchen Umständen die unteren Winkel zu erleiden haben, noch der Denudation und der Abrundung der obern, Rechnung getragen, Diese hier angenommene Zusammenquetschung solcher riesenhafter Bruchstücke wird vielleicht die ungeheure Verwirrung der Schichten erklären, mit welcher jeder Geolog vertraut sein musz, welcher nur irgend eine grosse Gebirgskette untersucht hat⁴⁹. Ich musz hier hin-

⁴⁹ In der Cordillera ist die Axe von plutonischem Gestein in dem Hauptzuge weniger exponirt, als in den untergeordneten Zügen; indessen kommen einige scharf ausgesprochene Ausnahmen vor. Auch in der ersteren sind die Schichten äusserst stark geneigt. Da nach den hier vertheidigten Ansichten die Bildung einer Bergkette Folge unzähliger einzelner Impulse ist, so musz der höchste Theil allgemein die gröszte Zahl von Impulsen gefühlt haben, seine Schichtungsverhältnisse werden daher auch allgemein am meisten gestört sein. Und wenn ein grosser Theil der Störung Folge des seitlichen Druckes ist, welcher aus dem Zusammengedrücktwerden der grossen dicken Partien der Erdrinde resultirt, so werden die centralen Züge oder diejenigen, welche mehrere Rücken an ihren beiden Seiten haben, am meisten

zufügen, dasz nach diesen Ansichten, welche wie ich glaube correct sind, der theoretische Theil der vorstehenden Argumentation, nämlich die Schwierigkeit, während irgend einer in Paroxysmen auftretenden Bewegung die flüssige Masse innerhalb der Kruste festzuhalten, an Stärke verliert; und doch glaube ich, dasz das Princip Gültigkeit behält; denn um Theile einer sehr dicken Rinde zu brechen und überzustürzen, wie in Fig. 3, musz das betreffende Gebiet eine grosze horizontale Ausdehnung haben, und hierdurch werden, wenn die Bewegung plötzlich war, ebenso viele zusammenhängende Ausbrüche vulcanischer Massen verursacht worden sein, als jetzt Axen von solidem Gestein vorhanden sind. Wenn wir überdies betrachten, erstens, dasz die Bruchstücke einen Augenblick lang getrennt von einander gestanden haben müssen, und zweitens, dasz die zum Überstürzen und Zusammenquetschen dieser ungeheueren Massen mit einem Zuge nothwendige Kraft im Verhältniß zu jener, zum bloszen Aufheben derselben erforderlichen, enorm grosz gewesen sein musz, so kann, wie ich meine, nicht einen Augenblick bezweifelt werden, dasz, wenn die Kraft plötzlich gewirkt hätte, diese Stücke Erdrinde wie Felsfragmente durch Schieszpulver absolut in die Höhe gesprengt worden wären; dies hat sich aber nicht ereignet, und deshalb hat die Kraft nicht plötzlich gewirkt ⁵⁰.

Wenn wir zugeben, dasz das Erdbeben von Concepcion am 20. Februar 1835 einen Schritt in der Erhebung einer Gebirgskette bezeichnete, dann musz auch, da während der zwölf darauf folgenden Tage über dreihundert Erdstösze gezählt wurden, welche von derselben

an einander gequetscht, und in Folge dessen werden die Schichten über ihnen am dichtesten zusammengepackt werden. Der Umstand, dasz das Gestein der Axe nicht auf den höchsten, sondern auf den secundären Rücken eines Gebirgszugs sichtbar ist, was sehr häufig vorkommt, ist mir von keinem andern Gesichtspunkte aus verständlich.

⁵⁰ Hopkins folgert überdies (Abstract of a Memoir on Physical Geology, p. 15), dasz, wenn die hebende Kraft den Character einer impulsiven Thätigkeit hätte, sie „die allerunregelmässigsten Erscheinungen hervorbringen würde, und solche, welche durchaus jenseits des Bereichs der Rechnung liegen würden. Ich schliesze daher die Hypothese dieser Art von Thätigkeit aus, nicht weil sie in sich irgend eine offenbare Unwahrscheinlichkeit involvire, sondern als unverträglich mit der Existenz bestimmter Annäherungen an allgemeine Gesetze in den resultirenden Erscheinungen.“ An andern Stellen weist der Verfasser nach, dasz derartige Annäherungen in der Natur existiren. — s. auch Philos. Magaz., 1836, Vol. VIII. p. 234.

Seite herkamen, von wo auch der heftige Stosz ausgieng, das flüssige Gestein durch ebenso viele einzelne Pumpenstöße in die Axe hineingepreszt worden sein; auch hörte der Proceß während vieler darauffolgender Monate nicht auf⁵¹. Auf den centralen Rücken der Cordillera finden sich Massen compacten nicht geschichteten Gesteins, noch ein halb mal höher als der Aetna, und nach den oben gegebenen Betrachtungen glaube ich, dasz dieselben durch nahezu ebenso langsame Schritte gebildet worden sind, wie die durch die unzähligen Lager vulcanischer Substanz angedeuteten, welche sich an den Seitenwänden des siciliani-schen Berges angehäuft haben. An dem Vulcan, d. h. an einem Berge, welcher im Zustande seines Werdens durchbrochen worden ist, wird das an die Oberfläche gebrachte flüssige Gestein rapid abgekühlt und dadurch werden auf einander folgende Lager gebildet; aber in der Axe von plutonischer Formation (oder in dem unterirdischen Vulcan, wenn man sie so nennen darf) verschmilzt die, nicht rapid abkühlende injicirte Masse zu einem einzigen ungeheuren kegelförmigen Haufen. Diese ganze Ansicht ist nichts weiter als eine Anwendung von HUTTON'S Lehre von der Wiederholung kleiner Ursachen zur Hervorbringung groszer Wirkungen, welche LYELL bereits ausdrücklich in ihrer Anwendung auf diesen besondern Gegenstand verwerthet hat.

Die Thätigkeitsäusserung der hebenden Kraft, wie sie durch Schichten littoraler Muscheln, durch über einander liegende Linien von Abnutzung durch Wasser an Klippen von festem Gestein und durch, eine über der andern sich erhebende Terrassen bekannt sind, scheint überall von langer Dauer, wenn schon intermittirend gewesen zu sein: am Vulcan bezeugt die Structur des Berges, ebenso gut wie seine ganze Geschichte, dieselbe Thatsache in Bezug auf die eruptive Kraft. Während des Erdbebens von Concepcion waren diese Kräfte, die so analog in ihrer Wirkungsweise sind, wie wir gesehen haben, absolut Theile eines und desselben Phänomens. Hält man sich HOPKINS' Nachweis gegenwärtig vor der Seele: wenn beträchtliche Erhebung vorhanden ist, musz es auch Spalten geben, und sind Spalten vorhanden, dann findet sich beinahe sicher ungleichmässige Erhebung oder später erfolgendes Einsinken, — so lässt sich die ganze Argumentation schliesz-

⁵¹ In dem Auszuge eines Briefes, datirt „Concepcion, 6. Mai“, also sechsund-siebenzig Tage nach dem groszen Erdbeben, findet sich folgende Stelle: „Erst seit wenigen Tagen ist es vorgekommen, dasz ein Tag ohne einen Erdstosz vorübergegangen ist, und selbst gestern hatten wir einen.“

lich so fassen: — Bergketten sind die Wirkungen continentaler Erhebungen und die eruptive Kraft der Vulcane sind Folgen einer groszen bewegenden Kraft, welche jetzt in progressiver Thätigkeit ist; es ist daher die Bildung von Bergketten gleichfalls im Fortschreiten begriffen, und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche nach jeder der beiden Erscheinungen, am nächsten aber nach dem Wachsthum der Vulcane, beurtheilt werden kann.

Schlussbemerkungen.

Wenn wir mit diesen Gesichtspunkten eine Karte von America betrachten und die Continuität der groszen Kette der Anden und ihre parallelen kleineren bemerken, auf welchen von $55^{\circ} 40'$ s. Br. bis zu 60° n. Br., auf einer Strecke von unbedeutend weniger als 7000 Meilen, die vulcanischen Kräfte entweder jetzt in Thätigkeit sind oder es neuerlich gewesen sind, — und gleichfalls auch die Symmetrie des Ganzen, — so werden wir einen tiefen Eindruck von der Groszartigkeit der einen bewegenden Kraft erhalten, welche, die Erhebung des Continents verursachend, als secundäre Wirkungen Bergketten und Vulcane hervorgebracht hat. Dieselben Gründe, welche mich zu der Überzeugung führten, dasz die Kette von unter einander in Zusammenhang stehenden Vulcanen in Chile und die neuerlich emporgehobene Küste, zusammen mehr als 800 geographische Meilen in der Länge, auf einer Fläche von flüssiger Masse ruhen, sind auch mit beinahe gleicher Kraft auf die Gebiete unter den andern Reihen anwendbar. Wir sehen, dasz diese Gebiete durch eine gleichförmige Kette von Bergen zusammenhängen, von welchen an vielen entfernt von einander liegenden Punkten flüssige Gesteinsmassen jährlich ausgeworfen werden; und da sich Beweise dafür finden, dasz beinahe die ganze West-Küste von Süd-America innerhalb einer, geologisch genommen, modernen Periode erhoben worden ist und dasz diese Bewegung, wenigstens an einigen Stellen, sich quer über den Continent erstreckt hat, — wenn wir auch die Wahrscheinlichkeit im Auge behalten, dasz während der Perioden vermehrter unterirdischer Thätigkeit, wie solche in den früher mitgetheilten Tabellen angedeutet wurden, der ganze westliche Theil des Continents beinahe gleichzeitig afficirt worden ist, — so scheint mir in der Annahme nur wenig Gefahr zu liegen, dasz dieser grosze Theil der Erdrinde in einer gleichen Weise auf einem See von geschmolzenem Gesteine schwimmt. Wenn wir überdies an

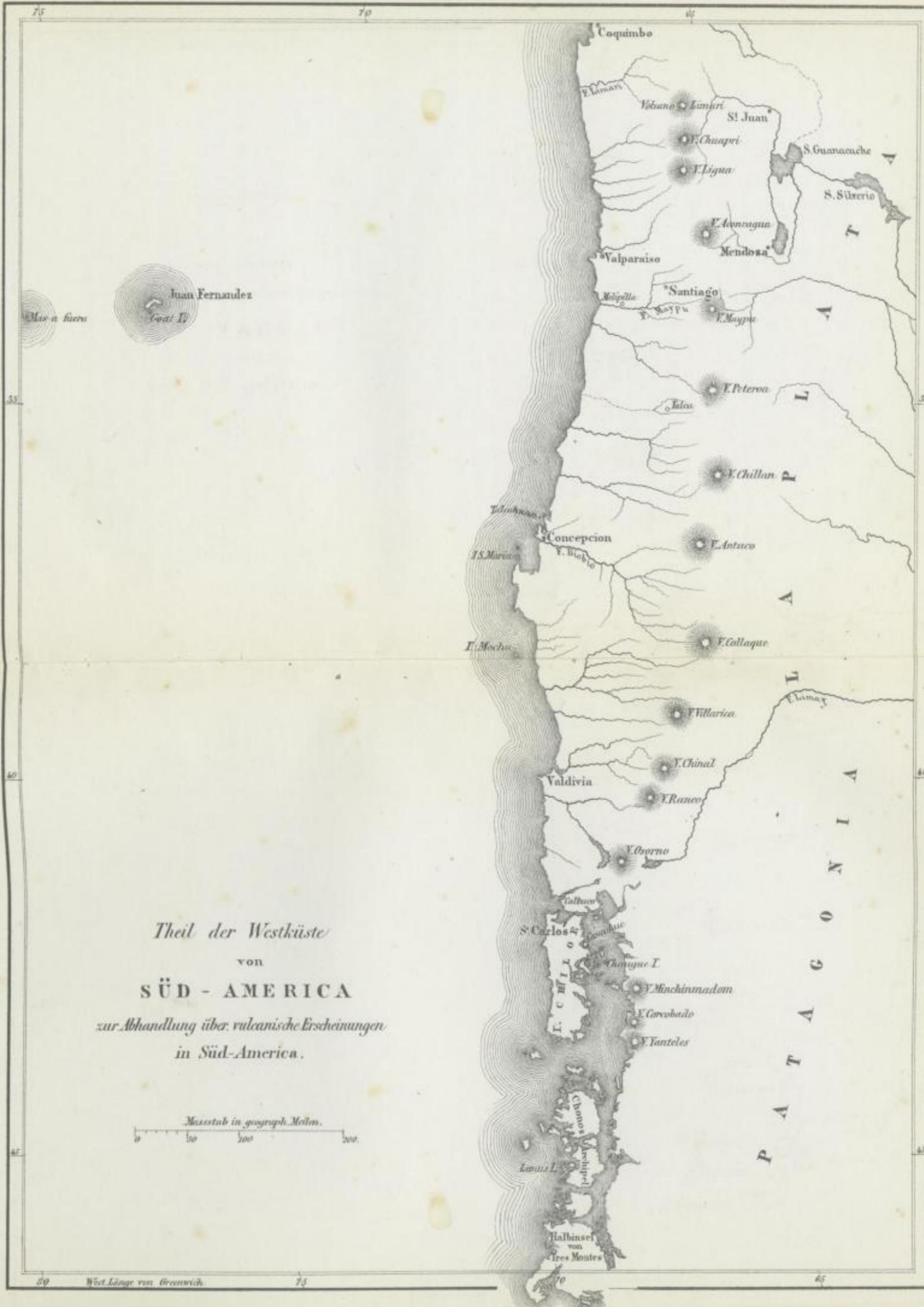
die zunehmende Temperatur der Schichten denken, je weiter wir in allen Theilen der Erde abwärts eindringen, und an die Gewisheit, dasz jeder Theil der Oberfläche auf Gesteinen ruht, welche früher einmal flüssig gewesen sind, — wenn wir die grosze Anzahl von Punkten bedenken, aus denen flüssiges Gestein jährlich entlassen wird, und die noch gröszere Zahl von Punkten, aus denen solches während der letzten wenigen geologischen Perioden zusammengenommen entlassen worden ist, welche, so weit das Abkühlen des Gesteins in den alleruntersten Abgründen in Betracht kommt, wahrscheinlich als eine einzige Periode betrachtet werden kann, wegen der auszerordentlichen Langsamkeit, mit welcher Wärme aus solchen Tiefen entweichen kann; — wenn wir uns ferner überlegen, wie viele und grosze Bezirke in allen Theilen der Welt sicher bekannt sind, von denen einige während der jetzigen Aera selbst bis auf den heutigen Tag gestiegen und andere gesunken sind, und nicht den innigen Zusammenhang vergessen, welcher, wie gezeigt wurde, zwischen diesen Bewegungen und dem Ausstoszen verflüssigten Gesteins auf die Oberfläche im Vulcan besteht; — so werden wir dazu getrieben, die ganze Erde mit in die vorstehende Hypothese einzuschlieszen.

Gegen den Glauben an diese groszen Seen von geschmolzenem Gestein, um nicht von einem vollständigen so constituirten concentrischen Lager zu sprechen, ist der Einwand erhoben worden, dasz, wenn der Flüssigkeitszustand nur einigermaßen vollkommen ist (was, wie wir guten Grund zu glauben haben, nach dem, was wir von der Verbindung der plutonischen mit den metamorphischen Formationen sehen, der Fall ist), so müszte die Lava (angenommen, eine vergleichende Untersuchung wäre möglich) innerhalb benachbarter vulcanischer Öffnungen auf nahezu gleicher Höhe stehen. Hierauf möchte ich, wenn mir anzunehmen gestattet ist, dasz die sich senkenden Gebiete ebenso gut wie die sich hebenden auf einer flüssigen Oberfläche ruhen, antworten, dasz die Kraft, was sie auch immer sein mag, welche die einen zu heben, die andern zu sinken veranlaszt, mit ungleicher Gewalt an verschiedenen Theilen selbst eines sehr beschränkten Gebiets wirkt (bedeutend auch durch ungleichen Widerstand modificirt). Die Hauptstärke des Erdbebens vom 20. Februar 1835 übersprang Valdivia, afficirte aber die nördlich und südlich davon gelegenen Districte; und augenscheinlich war diese Stadt bis zum November 1837 durch die unzähligen Erdstösze, welche Chile verwüsteten, weniger beschädigt

worden, als irgend eine andere; doch stehen die unterirdischen Tiefen unmittelbar unter ihr (wie durch die Ereignisse von Villarica im Jahre 1822 bewiesen wird) in Zusammenhang mit den Districten im Norden, welche so häufig convulsivisch bewegt worden sind; und im November 1837, zu derselben Zeit, in welcher eine weit südwärts gelegene Insel um acht Fusz erhoben wurde, wurde es von einem so heftigen Erdbeben erschüttert, dasz es einer gänzlichen Zerstörung nur dadurch entgangen ist, dasz die Häuser aus Holz gebaut waren. Das vergleichsweise Verschontbleiben Valdivia's von Störungen am 20. Februar kann der Thätigkeit des Vulcans von Villarica nicht zugeschrieben werden; denn wir haben gesehen, dasz dieser Vulcan ruhig war; es gibt auch in der That keinen Grund, warum eine derartige Wirkung seiner Thätigkeit zugeschrieben werden sollte, da die Eruptionen des Osorno und Minchinmadom die nördlichen Theile von Chiloë nicht bewahrten, trotzdem sie dieselbe relative Lage zu denselben einnehmen wie Valdivia zum Villarica. Sollen wir nun sagen, dasz Valdivia den unterirdischen Störungen, von welchen einige gleichzeitig nördlich und südlich davon gelegene Gegenden betrafen, nur in Folge einer bedeutenderen Stärke der Erdrinde an dieser Stelle entging? Das ursächliche Moment hier hinein zu verlegen, erscheint mir als völlig unangemessen; und es ist besser, direct anzunehmen, dasz, wie innerhalb der nämlichen Periode ein Theil des Continents mehr als ein anderer erhoben worden ist, so auch hier die Lava durch die Wirkung dieser Kraft mächtiger gegen einige als gegen andere von den vulcanischen Öffnungen, welche die Rinde durchdringen, angetrieben worden ist.

Das säculare Zusammenschrumpfen der Erdrinde ist von vielen Geologen als eine genügende Ursache betrachtet worden, um die primäre bewegende Kraft dieser unterirdischen Störungen zu erklären; wie dieselbe aber die langsame Erhebung nicht bloz linearer Strecken, sondern auch groszer Continente erklären könnte, kann ich nicht verstehen. Von demselben Gesichtspunkte aus sind in neuester Zeit einige in hohem Grade bedeutungsvolle Speculationen vorgebracht worden, — so z. B. über die Veränderungen des Druckes auf die innere flüssige Masse in Folge der Ablagerung neuer sedimentärer Schichten, und selbst über die Wirkung der Anziehung der planetaren Gestirne auf eine nicht durchaus solide Kugel; wir können aber wohl einsehen, dasz es viele, alle derartigen primären Kräfte modificirenden Einflüsse

geben musz. Die weiteste Verallgemeinerung, zu welcher die Betrachtung der in dieser Abhandlung geschilderten vulcanischen Erscheinungen zu führen scheint, ist die, dass die Gestaltungsverhältnisse der flüssigen Oberfläche des Kerns der Erde einigem Wechsel unterworfen sind: die Ursache desselben ist vollständig unbekannt, seine Wirkung langsam, aussetzend, aber unwiderstehlich.



Theil der Westküste
 von
SÜD - AMERICA
 zur Abhandlung über vulcanische Erscheinungen
 in Süd-America.

Masstab in geograph. Meilen.
 0 50 100 200