

**Zeitschrift:** Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

**Herausgeber:** St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

**Band:** 19 (1877-1878)

**Artikel:** Die Entstehung der Gebirge

**Autor:** Gutzwiller, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-834681>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## VIII.

# Die Entstehung der Gebirge.

Vortrag,

gehalten den 2. Februar 1878 im Bernoullianum in Basel und den  
5. October 1878 in der Sitzung der naturwissenschaftlichen Gesell-  
schaft in St. Gallen.

Von

**A. Gutzwiller.**

So mannigfaltig und verschieden die Gebirge unserer Erde in ihrer äussern Gestalt, ihrem Bau und den sie zusammensetzenden Gesteinsarten erscheinen mögen, so verdanken doch alle ihre Entstehung ein und derselben Kraft. Es sind hierüber heutzutage wohl alle Forscher einig, wenn auch über das Wesen dieser Kraft die Ansichten auseinander gehen.

Wenn aber die Gebirge ein und derselben Kraft ihre Entstehung verdanken, so wird die Erforschung nach der Ursache über die Erhebung der Gebirge gleichbedeutend sein mit der Erforschung der Ursachen, die an der Gestaltung unserer Erdoberfläche mitgewirkt haben, und ich hätte darum meinem Vortrage vielleicht besser statt „die Entstehung der Gebirge“, den Titel „die Entstehung der Erdoberfläche“ geben sollen.

Um nun in der kurzen Zeit, die einem Vortrage zur Verfügung steht, ein möglichst klares Bild über die gegenwärtig herrschende Ansicht über die Entstehung der Erd-

oberfläche zu erhalten, betrachten wir zunächst einige allgemeine Erscheinungen, hervorgerufen durch Kräfte, die, wie wir sehen werden, in letzter Linie dieselben sind wie die gebirgserzeugenden, jedoch zunächst nicht als solche erscheinen, sondern nur als niveauverändernde auftreten; ferner fragen wir uns dann, aus welchem Material der uns zugängliche Theil der Erdoberfläche aufgebaut ist, und drittens, welche Kräfte dieses Material zu Gebirgen aufgehürt haben. Die zweite Frage fällt durchaus nicht mit der letzten zusammen; denn die Entstehung eines Gebirges ist nicht immer identisch mit der Entstehung seiner Gesteine.

Die Oberfläche unseres Erdkörpers erscheint der grossen Mehrzahl der Menschen als etwas Starres, Unveränderliches. Allein fast von Tag zu Tag wiederholen sich Erscheinungen, welche die irrthümliche Auffassung von der Unveränderlichkeit und Starrheit unserer Erdoberfläche widerlegen. Diese Erscheinungen äussern sich theils als momentane Schwankungen des Bodens, die wir als Erdbeben bezeichnen, theils als Hebungen und Senkungen, deren Wirkungen nur nach dem Verlaufe längerer Zeiten beobachtet werden können und die man desshalb mit dem Namen der *saeculären* Hebungen und Senkungen belegt.

Die Erdbeben sind häufig von Niveauveränderungen, d. h. von Hebungen oder Senkungen begleitet, welche im Gegensatze zu den langandauernden sog. saeculären als *instantane* bezeichnet werden. Diese Hebungen und Senkungen, seien sie von kurzer oder langer Dauer, sind im Binnenlande, sofern sie sich nicht auf ganz kleine Stellen der Erdoberfläche beschränken, schwer oder gar nicht zu beobachten, weil im andern Falle, d. h. wenn die Hebung oder Senkung auf ein grosses Gebiet sich ausdehnt, ein

Beobachtungspunkt fehlt, der an der Bewegung nicht theilgenommen hat. Anders verhält es sich an der Meeresküste.

Ueberall wo das Meer die Ufer berührt, lässt es unverkennbare Zeichen zurück. Gewisse Muscheln bohren sich in den das Meer umsäumenden Fels ein, immer die Oberfläche des Meeres oder doch die Nähe desselben aufsuchend. Auch nach dem Absterben der Thiere bleiben die Schalen in den Bohrlöchern zurück; sie können nicht aus denselben fallen, weil die Ausgangsöffnung, in der Jugend gebohrt, von geringerem Umfang als die Schale des erwachsenen Thieres ist. Es bilden diese Bohrmuscheln somit unverkennbare und unauslöschbare Marken der Meeresoberfläche. Ferner werden durch Unterwaschen der Felswände, durch Zusammenhäufen von Geröllen, Muscheln, Korallenbruchstücken, sowie Seetangen jene eigenthümlichen Strandbildungen erzeugt, welche den Ocean wie ein Saum umgürten. Hebt sich der Continent, so entzieht er diese Strandlinien dem Bereiche des Meeres, rückt sie landeinwärts und versetzt sie in die Höhe von Hunderten von Metern: bei der Unveränderlichkeit des Meeresspiegels ein sicherer Massstab, um wie viel sich die Küste gehoben hat. Der Einwurf, dass die über dem Meeresniveau sich befindenden Strandlinien und Fluthmarken nicht auf die Hebung des Festlandes, sondern auf das Sinken des Meeresspiegels zurückzuführen seien, wird durch die Thatsache entkräftet, dass die Strandlinien nicht immer unter sich und mit der Oberfläche des Meeres parallel laufen, was nur durch eine ungleichmässige Hebung der Küste erklärliegt. Es soll damit nicht gesagt sein, dass der Meeresgrund und in Folge davon auch der Meeresspiegel Senkungen oder Hebungen nicht unterworfen sei. Der Meeres-

grund ist ein Theil der Erdrinde so gut wie die über dem Meere erhabenen Continente. Doch wenn draussen im Ocean fern von allen Festlandsküsten Bewegungen sich nur über kleine Flächen des Meeresgrundes erstrecken, so werden in Folge Zusammenhangs aller Meere diese Bewegungen nicht zu constatiren sein. Hebungen oder Senkungen, die an Küsten beobachtet werden, sind aber nie derart aufzufassen, als bewege sich nur der Küstensaum; die Bewegung wird sich immer auf eine grössere oder kleinere Strecke landein-, sowie seewärts ausdehnen; dass sie aber erfolgt, kann nur an der Küste, an der Grenze von Wasser und Land beobachtet werden.

In grossartigster Weise wurde die Westküste von Südamerika durch instantane Hebungen betroffen. So erlitten die Küstenstriche Chile's im Jahre 1750 eine von Erdbeben begleitete Hebung von 8 Meter; der alte Hafen von Conception wurde unbrauchbar, ja die Schiffe können sich ihm seitdem nur bis auf  $1\frac{1}{2}$  Seemeilen nähern; Felsen, welche bis dahin 6—8 Meter unter dem Meeresspiegel gelegen, erhoben sich über diesen. Im Jahre 1822 hob sich die Küste von Chile und Peru auf eine Erstreckung von 240 Meilen um etwa 1 Meter, und Aehnliches wiederholte sich 1835 ungefähr in denselben Gegenden.

Schon in früheren Zeiten haben plötzliche Hebungen an der Westküste Südamerika's stattgefunden, über welche wir zwar keine geschichtlichen Nachrichten besitzen, die aber durch alte Strandlinien sicherer als durch menschliche Ueberlieferungen nachgewiesen werden können. In manchen Theilen von Chile und Peru wiederholen sich die Zeichen ehemaliger Einwirkung des Meeres bis 7 mal über einander, entsprechen also ebenso vielen plötzlichen Hebungsperioden und darauffolgenden Stillständen und er-

strecken sich an einzelnen Stellen 7 Meilen weit in's Festland. Die ältesten dieser Strandlinien erheben sich 100 bis 200, ja stellenweise bis 450 Meter über das Meeressniveau, somit müssen sich jene Küstenstriche um ebenso viel gehoben haben.

Ganz ähnliche Erscheinungen hat man in Europa beobachtet, und die grösste Berühmtheit für abwechselnde Senkungen und Hebungen des Bodens hat der Serapistempel bei Puzzuoli nicht weit von Neapel erlangt. An den drei dicht an der Meeresküste stehenden, ungefähr 13 Meter hohen, aus je einem Stück bestehenden Marmorsäulen des nun in Trümmern liegenden Tempels beobachtet man eine untere ca. 4 Meter hohe, ursprünglich mit vulcanischem Schutt bedeckte Zone, die glatt und unverletzt ist, darüber eine 3 Meter hohe Zone von zahlreichen Löchern durchbohrt, in welchen die Schalen einer Bohrmuschel liegen, und endlich eine obere Partie von 6 Meter, die wie die unterste völlig unverletzt ist. Die Gesamtheit der hier vorliegenden Erscheinungen beweist, dass sich der Landstrich mit dem Serapistempel bis an die obere Grenze der Bohrlöcher, also um wenigstens 7 Meter gesenkt hat. In diesem Niveau blieb der Tempel längere Zeit, während welcher die Muscheln ihren Wohnsitz in dem Theile der Säulen aufschlugen, welcher zwischen der 4 Meter hohen Decke von vulcanischem Land und dem Wasserspiegel lag. Erst später erfolgte wiederum eine Hebung, in Folge welcher der Tempel sein heutiges Niveau erhielt.

Wann die Senkung und später wieder die Hebung erfolgte, weiss man nicht genau; doch glaubt man aus vulcanischen Vorgängen jener Gegend schliessen zu dürfen, dass die Senkung um das Jahr 1198 und die Hebung anno

1538 \*) stattfand, dass also der untere Theil der Säulen während 340 Jahren unter Wasser stand.

Aber nicht allein durch plötzliche Hebungen und Senkungen, begleitet von Erschütterungen, bezeugt unsere Erdoberfläche ihre Beweglichkeit, sondern auch durch langsame, gleichmässige Schwankungen von unberechenbarer Kraft, die so langsam vor sich gehen, dass es Generationen von Beobachtern braucht, um sie mit Sicherheit zu messen.

Am genauesten sind die durch Niveauveränderungen bedingten Erscheinungen in Skandinavien untersucht worden. Die Küsten dieses Landes befinden sich gegenwärtig noch im Zustande saeculärer Hebung. Seit dem Jahre 1730 hat der schwedische Astronom Celsius, unterstützt durch die Bewohner der Küste des bothnischen Meerbusens, mit Bestimmtheit nachgewiesen, dass der genannte Meerestheil immerwährend von der Küste sich zurückzieht und an Tiefe abnimmt. Celsius schloss hieraus, dass das Niveau des Meeres sich senke, doch haben neuere Beobachtungen erwiesen, dass im Gegentheil der Meeresgrund sammt dem nördlichen Theil Skandinaviens sich hebt. In der That, würde der Spiegel des bothnischen Meerbusens sich senken, so müsste eine Senkung des gesammten Meeresspiegels rings um Skandinavien erfolgen; eine Senkung der Ostsee allein würde bloss eine grössere Tiefe derselben herbeiführen, nicht aber eine Veränderung des Niveau; denn die Ostsee steht ja mit dem gesammten Ocean der Erde in Verbindung. Die Beobachtungen haben ergeben, dass der bothnische Meerbusen im nördlichen Theile, in der Gegend der Mündung des Torneäflusses, sich per Jahrhundert um

---

\*) Elisée Reclus, *La Terre*.

1,6 M. hebt, in der Gegend der Alandsinseln nur um 1 M., im Süden derselben noch um weniger als 1 M., bis endlich das Ufer südlich von Stockholm keine Änderung bezüglich der Meeresoberfläche mehr zeigt, der nördlichste Theil Skandinaviens aber, wie die gegenüberliegende deutsche Küste, allmälig unter die Oberfläche des Meeres taucht.\*)

An der Westküste von Skandinavien werden dieselben Erscheinungen beobachtet; nur sind die Resultate derselben an den meist senkrecht abfallenden Meeresküsten nicht so in die Augen springend wie an der flachen Ostseeküste. Zahlreiche alte, nicht parallelaufende Strandlinien, die bei 200 Meter Höhe gehen, sowie eine Menge Klippen an Stellen, wo man früher das Meer nicht branden sah, sprechen für eine Bewegung des Bodens und zwar für eine Hebung der Küste.

Die bis jetzt bekannten Thatsachen über die Bewegung Skandinaviens berechtigen zu dem Schlusse, dass die Halbinsel sich um eine festgedachte Linie so dreht, dass das eine Ende, das nördliche, sich hebt, das andere, das südlische, um ebenso viel sich senkt. Der bothnische und der finnische Meerbusen ergiessen gleich geneigten Gefässen langsam ihr Wasser in den südlichen Theil der Ostsee; neue Inseln und Inselreihen tauchen empor, und wenn die Hebung des Meeresgrundes eine immerwährend ganz regelmässige wäre, so könnte man voraussagen, dass nach 3- oder 4000 Jahren\*) der Archipel von Quarken, zwischen Umea und Wasa in eine Landbrücke umgewandelt wäre und der Golf von Tornea einen See gleich dem Ladogasee darstellen würde. Später würden sich die Alandsinseln an

---

1) Elisée Reclus, *Les phénomènes terrestres.*

die Küsten anschliessen und in der Gegend von Stockholm Skandinavien mit Russland verbinden. Die in 200 Meter Höhe sich befindenden Strandlinien der Westküste lehren den Schluss ziehen, dass die Hebung mindestens vor 15,000 Jahren begonnen hat.

Nicht nur auf Skandinavien lässt sich eine langsame Erhebung des Bodens beobachten, an vielen andern Stellen Europas und auch auf den übrigen Erdtheilen treten dieselben Erscheinungen auf. So ist Schottland während der letzten 2 Jahrtausende um 8 M. gehoben worden; die Küste Kleinasiens in der Gegend von Ephesus soll seit historischen Zeiten an 480 Quad.-Kilometer\*) Land gewonnen haben. An verschiedenen Punkten der Mittelmeerküste, auf Sicilien, Corsica, Kreta, ferner auf Neufundland, Labrador, auf Japan, Neuseeland, Ceylon haben wir Beweise von Bodenerhebung.

Langsame Senkungen sind im Allgemeinen schwieriger zu beobachten als die gegentheiligen Bewegungserscheinungen; denn das Meer verhindert, das Areal des überfluteten Landes zu constatiren. An zahlreichen Punkten der Küste Englands, der Normandie, der Bretagne, von Nordcarolina sind submarine, unter die Oberfläche des Meeres gesunkene Wälder bekannt, welche für Senkungen sprechen, die vor verhältnissmässig kurzer Zeit stattgefunden haben. Ein Theil der Küste von Holland liegt bereits unter dem Niveau des Meeres, dessen Eindringen nur durch künstliche Bauten abgehalten wird. Das Areal der Zuidersee, ehemals Sumpf, dann See, wurde erst vor 500 Jahren ganz vom Meere bedeckt und eine grosse Zahl der Küsteninseln zwischen der Zuidersee und der Elbe-

---

\*) Elisée Reclus, *Les phénomènes terrestres*.

mündung, sowie an der Westküste von Schleswig sind in unserer Zeitrechnung verschwunden oder haben bedeutend an Grösse verloren. Wie vorhin schon erwähnt, senken sich die Südspitze von Schweden und die Nordküste von Preussen. Auf ersterer soll die Küste bei Malmö seit der Beobachtung Linnés um 1,5 Meter gesunken sein und eine Zone von 30 M. Breite verloren haben.\*)

Die gleichen Erscheinungen beobachten wir an der Nordküste des Adriameeres, und wenn jetzt z. B. Ravenna und andere Orte nicht mehr am Meere liegen, so hat dies seinen Grund darin, dass die Fluthen der in das Adriameer sich ergieissenden Flüsse weit mehr Land anschwemmen, als durch die saeculäre Senkung verschwindet.

Das grösste gegenwärtig bekannte Senkungsfeld unserer Erdoberfläche findet sich im stillen Ocean zwischen Australien und Amerika, wo der Bau der dort so zahlreichen Coralleninseln auf ein langsames Sinken des Meeresgrundes hinweist. Coralleninseln wie die Corallenriffe bestehen aus Corallenstöcken vermischt mit Trümmern von Corallen, Muscheln und Schneckenschalen. Die Corallenstücke werden durch sogenannte Corallenthiere oder Polypen aufgebaut. Diese Polypen halten sich immer in der Nähe der Meeresoberfläche auf, und unter 40 M. Tiefe findet man in der Regel keine lebenden Corallenthiere mehr. Und doch gehen die Corallenriffe bis auf eine Tiefe von vielen Hunderten von Metern, allerdings ohne lebende Thiere. Die Corallen müssen demnach durch Senkung aus der den Thieren zum Leben angewiesenen obersten Meereszone allmälig in jene Tiefe gelangt sein. Ein solcher Vorgang zwang die neu sich entwickelnden Generationen von Corallenthierchen, um

\*) Elisée Reclus, La terre.

nicht aus ihrer Lebenssphäre gerissen, also ihrer Existenzbedingungen beraubt zu werden, zu fortwährender Ansiedelung auf den oberen Rändern des sinkenden Corallenriffes, zwang sie also dazu, die Bauten statt in die Breite nach oben zu richten. Die Folge dieser Senkung und der dadurch bedingten Thätigkeit der Corallenthierchen war die Entstehung der nach Hunderten zählenden ringförmigen Coralleninseln oder Atolls. Jede ringförmige Insel entspricht einer versunkenen Insel, um welche sich die Corallenthiere angesiedelt und ursprünglich ein Küstenriff aufgebaut hatten, das sich direct an das Ufer anlehnte. Es begann die saeculäre Senkung des Meeresgrundes und mit ihm der Insel und ihres Riffes, welches sich dadurch allmälig zu einem Dammriff umgestaltete. Die Insel verschwand bei fortgesetzter Senkung unter den Meeresspiegel, die Corallenthiere hingegen erhielten ihre Bauten stets in demselben Niveau, so dass dieselben trotz Senkung des Untergrundes stets die Oberfläche des Meeres erreichten und hier die Atolls bildeten. Das Senkungsfeld auf dem Meeresgrunde des stillen Oceans scheint gegen 1200 Meilen Länge und 400 Meilen Breite zu besitzen.

Das Gesagte möge genügen, um zu beweisen, dass die Erdoberfläche durchaus nicht fest und starr, sondern im Gegentheil in steter Bewegung begriffen ist. Grössere und kleinere Gebiete heben oder senken sich, bald plötzlich als wären es die Zuckungen, bald langsam als wären es die trägen Bewegungen eines lebenden Wesens.

Doch nicht nur gegenwärtig, sondern auch in früheren Perioden, längst vor dem Dasein des Menschen war unsere Erdoberfläche in beständiger Bewegung. Es beweisen uns dies die allüberall vorkommenden Versteinerungen, die sogenannten Fossilien, welche zum grössten Theil unverkenn-

bar die Reste einst im Meere lebender Thiere repräsentiren. In grosser Zahl finden sich insbesondere die Schalen von Schnecken und Muscheln und zwar oft so vorzüglich erhalten und in solcher Menge angehäuft, dass man glauben möchte, man befindet sich am Meerestrande.

Von den an das Meer anlehnenden grossen Ebenen bis hinauf an die Gipfel der höchsten Gebirge finden sich die Spuren einstiger Meeresbedeckung, nicht allein an der Oberfläche des Erdbodens, sondern auch tief unter demselben verborgen.

Ausser Meeresthierresten finden wir aber auch Theile organischer Wesen, welche nur im Süßwasser gelebt haben können, und Gesteinsschichten mit Süßwasserthierarten sehen wir oft in Wechsellagerung mit Gesteinsschichten, welche Ueberbleibsel von Meeresthieren enthalten. Es beweisen uns diese Thatsachen allein, dass nicht eine einmalige Meeresbedeckung all' die Reste organischer Wesen auf unsren Continenten zurückgelassen hat und dass grossartige Aenderungen im Laufe der Zeiten auf der Erdoberfläche vor sich gegangen sein müssen.

Aus was für Material ist denn unsere, stets in Bewegung begriffene Erdoberfläche zusammengesetzt?

Wie bekannt, führen unsere Bäche, Flüsse und Ströme eine Menge Gesteinsmaterial mit sich, welches sie von ihren Ufern losreissen oder welches von den Thalgehängen, den Felswänden sich loslösend in das Bett des Flusses niederrückt. Die Gesteinstrümmer werden durch das beständige Vorwärtsschieben abgerundet, sie werden zu Gerölle. Je länger der Transport, um so kleiner werden die Gerölle, sie werden zu Sand und Schlamm zerrieben. In dem Maasse, in welchem die Stosskraft des Wassers abnimmt, wird das Gesteinsmaterial abgelagert, das gröbere zuerst, Sand

und Schlamm erst später; mündet der Fluss endlich in einen See oder in das Meer, so kommt Alles zum Niederschlage. Die Hauptmasse bleibt allerdings an der Mündung des Flusses liegen, doch werden feinzertheilte Gesteinstheilchen auch weit hinaus in den See, in das Meer getragen. Ganze Seebecken werden auf diese Weise nach und nach ausgefüllt, die Mündung der Ströme immer weiter in's Meer hinausgeschoben.

Es bilden sich auf solche Art aus altem, zertrümmertem Gestein neue Gesteinsmassen, die zunächst nur locker und lose aufgehäuft erscheinen, später aber durch Zufuhr eines im Wasser gelösten Bindemittels, z. B. Kalk, zu einem festen Ganzen verkittet werden können.

Wechselnde Wassermengen, bald grössere, bald geringere Ausfuhr aus verschiedenen Gebieten werden eine verschiedene Beschaffenheit und Zusammensetzung des transportirten Materiales bedingen, und in Folge davon wird eine sogenannte Schichtung der niedergeschlagenen Gesteinstrümmer eintreten.

Nicht nur durch die mechanische Kraft des Wassers, sondern auch durch die chemische Thätigkeit werden ausgedehnte Schichtenkomplexe aufgebaut. Allerdings hält man die Steine für unlöslich im Wasser; es ist dies nur scheinbar so, das Wasser greift jedes Gestein an und löst dasselbe, wenn auch nur langsam und oft in äusserst kleinen Quantitäten. Die Wassermenge, die alljährlich den Seen und dem Meere zugeführt wird, ist eine ungeheuer grosse, und wenn die gelösten festen Bestandtheile auch nur in geringer Menge im Wasser enthalten sind, so werden doch im Laufe der Zeiten mächtige Schichten niedergeschlagenen Gesteines sich bilden. Da Flüsse wie der Rhein, die Donau, die Rhone, die Elbe mindestens  $1/8000$  mineralische Sub-

stanzen in aufgelöstem Zustande enthalten, so führen sie dem Meer in 8000 Jahren so viel zu als das Gewicht ihrer jährlichen Wassermasse beträgt, wahrlich genug, um im Laufe längerer Zeiträume das Material zu mächtigen Gesteinsformationen zu liefern.

Eine grosse Zahl im Wasser lebender Wesen nimmt die gelösten mineralischen Substanzen auf und scheidet sie als Schale oder skeletartige Gebilde wieder aus, welche nach dem Tode oder auch schon während der Lebenszeit der Thiere in Folge ungeheurer Anhäufung ganze Bänke und Felsriffe bilden. Auch können im Wasser lebende Pflanzen die Ausscheidung mineralischer Stoffe befördern, und so kann also auf die eine oder andere Weise Veranlassung zur Bildung neuer Schichten gegeben werden.

Alle Gesteine, die auf die soeben angedeutete Weise, sei es durch die mechanische oder durch die chemische Thätigkeit des Wassers, oft unter Beihilfe organischer Wesen, zum Niederschlag gelangen, bezeichnet man als *Sedimentärgesteine* oder kurz auch als *Sedimente*. Das Material dieser Sedimente stammt, wie wir gesehen haben, von der Zerstörung älterer, bereits vorhandener Gesteinsmassen; es ist dasselbe geschichtet und schliesst gewöhnlich Reste organischer Wesen ein, welche von dem sich niederschlagenden Gestein umhüllt, auf alle Zeiten erhalten bleiben können.

Gerade so wie heutzutage in Seen und Meeren Sedimente sich bilden, so geschah es auch früher, und wir finden in der That, dass der grösste Theil der obersten uns zugänglichen Schichten unserer Erdrinde aus Sedimentär-gesteinen besteht. Die meisten derselben sind Ablagerungen des Meeres, während Schichten, die durch Quellen und Flüsse, in Sümpfen und Seen gebildet wurden, nur eine

untergeordnete Stellung einnehmen. Die bekanntesten und verbreitetsten Sedimentärgesteine sind Kalk- und Sandsteine.

Doch nicht nur durch die Thätigkeit des Wassers sehen wir heutzutage neues Gestein an unserer Erdoberfläche sich bilden. Die auf der Erde zerstreuten Vulcane fördern von Zeit zu Zeit durch sogenannte Eruptionen Gestein in feuerflüssigem Zustand, Lava genannt, zu Tage, und mag ein Vulcan noch so hoch sein, die gesammte Gesteinsmasse, welche den Vulcankegel bildet, stammt aus dem Erdinnern, sie war einst eine feuerflüssige Masse. Ein solches Gestein darf somit als ein *Erstarrungsgestein* oder *Eruptivgestein* bezeichnet werden. Wenn wir auch an einem Vulcan eine Schichtung des Gesteines beobachten, so röhrt diese Schichtung von der Wechsellagerung von Lava und Asche her, und wenn wir auch innert solchem geschichteten Gestein hin und wieder Meeresthierereste finden, so beweist dies nur, dass die vulcanische Asche in das Meer niedergefallen ist, sei es dass der Vulcan unmittelbar am Meere sich befand oder selbst eine Insel im Meere bildete oder gar, dass die Eruption unter der Meeresoberfläche erfolgte. Nirgends hat man bis jetzt die Beobachtung gemacht, dass ein Vulcan durch gewaltsames Aufrichten von vorhandenen sedimentären Gesteinsschichten entstanden ist. Die Lava und die Dämpfe nehmen ihren Weg durch vorhandene Spalten, ohne das begrenzende Gestein in seiner Lage zu stören. Diese für die Entstehung der Gebirge äusserst wichtige Thatsache ist das Resultat neuerer Untersuchungen der vulcanischen Erscheinungen und steht ganz im Gegensatze zu den Anschauungen älterer Geologen, welche dem vulcanischen Gestein, der Lava, eine Hebung und Aufrichtung der angrenzenden Schichten zuschrieben.

Die Untersuchungen über den Bau unserer Erdrinde haben bewiesen, dass zu allen Zeiten vulcanische Ausbrüche stattgefunden haben, Ausbrüche, bei welchen bald grössere, bald kleinere Ergüsse von geschmolzenem Gestein das sedimentäre Gestein durchbrachen und dadurch bald grössere, bald kleinere Massen eruptiven Gesteines an die Erdoberfläche förderten. Zu den ältesten eruptiven Gesteinen gehört der Granit, jünger ist der Basalt, am jüngsten die Lava.

Aus dem Gesagten folgt, dass nach der Entstehungsart die Gesteine unserer Erdoberfläche in zwei Hauptgruppen zerfallen, nämlich in Erstarrungsgesteine und Sedimentärgesteine.

Andere Entstehungsarten von Gesteinen sind weder bekannt, noch wahrscheinlich. Aber das zuerst Entstandene ist zuweilen sehr stark, ja bis zur Unkenntlichkeit umgewandelt, und hieraus ergibt sich als dritte Gruppe die der *metamorphen* Gesteine, zu welchen z. B. die krystallinischen Schiefer, Gneis und Glimmerschiefer gehören. Die angegebene Reihenfolge ist zugleich eine chronologische. Zuerst konnten nach der herrschenden Ansicht von der Erdbildung nur Erstarrungsgesteine entstehen, aus ihren Zerstörungsproducten sedimentäre und aus beiden, doch am häufigsten aus den sedimentären, metamorphische. Aber jede Entstehungsart, einmal begonnen, hat bis jetzt fortgedauert, daher gibt es in jeder der drei Gruppen alte und neue Gesteine. Für die Beobachtung gestaltet sich das Verhältniss zum Theil sogar umgekehrt, d. h. die metamorphen erscheinen durchschnittlich als die ältesten.

Es mag hier am Platze sein, der Abstammung und des früheren Zustandes der Erde mit wenigen Worten zu gedenken:

Unser Planetensystem verdankt sein Dasein einer einheitlichen Entstehung. In seinem ursprünglichen Zustande wurde dasselbe durch einen von West nach Ost rotirenden Nebelfleck von sehr hoher Temperatur repräsentirt, dessen centralen Kern die Sonne bildete und dessen äusserste Grenzen weit über die Bahn des entferntesten unserer Planeten hinausreichte. Durch Wärmeausstrahlung in den Weltraum erfolgte seine Abkühlung, somit Zusammenziehung und in Folge davon Beschleunigung der Rotation des Nebelfleckes. Sobald aber die Rotation eine gewisse Grenze überschritt, trat die Bildung von aequatorialen Ringen ein, welche in Folge ungleicher Beschaffenheit und Erkaltung zerrissen und sich in einzelne Nebelballen, deren jeder von West nach Ost rotirte, auflösten. Aus jedem der letzteren ging ein Planet hervor, jedoch konnte sich bei jedem derselben der nämliche Vorgang der Ringbildung wiederholen, daher die Trabanten (die Monde) der Planeten und die Saturnringe.

Zu den entscheidenden Beweisen für die Richtigkeit dieser von Kant zuerst ausgesprochenen, von Laplace 41 Jahre später wiederholten, wenn auch selbständige gewonnenen Theorie gehört die Uebereinstimmung der Revolutions- und Rotationsrichtung der Planeten, d. h. die Ueber-einstimmung der Bewegungsrichtung in der Bahn um die Sonne und der Umdrehungsrichtung um die Axe; gehören ferner die geringen Neigungen und Excentricitäten ihrer Bahnen, das Vorhandensein nicht fester Saturnringe, die gegenwärtige gluthflüssige Beschaffenheit der Sonne, die spectralanalytisch nachgewiesene Identität gewisser, den Sonnenkörper zusammensetzender Elemente mit solchen unserer Erde und endlich die Gleichartigkeit der Bestandtheile der Meteorite und derjenigen unseres Planeten.

Von der Kant'schen Theorie ausgehend lassen sich nach Zöllner fünf Entwicklungsphasen der von den erwähnten Nebelballen abstammenden Weltkörper unterscheiden:

*Erste Phase*, die des glühend-gasförmigen Zustandes.

*Zweite Phase*, die des glühend-flüssigen Zustandes.

*Dritte Phase*, die der Schlackenbildung oder der allmäßigen Entstehung einer kalten, nicht leuchtenden Oberfläche.

*Vierte Phase*, die der gewaltsamen Zerberstung der bereits erkalteten Oberfläche durch innere Gluthmasse und dadurch bedingte Eruption der letztern.

*Fünfte Phase*, die der fortschreitenden Verdickung der Erstarrungskruste, auf welcher sich die Wasserdünste condensiren, und schliesslich völlige Erstarrung des Himmelskörpers.

Unsere Erde hat die vier ersten Stadien des kosmischen Entwicklungsprocesses schon durchlaufen und ist in die fünfte Phase eingetreten.

Die auf unserer Erde zuerst sich bildenden Gesteine müssen nach dem Gesagten Erstarrungsgesteine sein. Sedimente konnten sich erst bilden, nachdem sich eine Kruste um den feuerflüssigen Erdball gelegt hatte; denn ein Meer, in welchem sich die ersten Sedimente bildeten, setzt einen festen Boden voraus, und die Sedimente, mögen sie aus chemischer Lösung oder aus in Wasser zertheilten Gesteinstrümmern entstehen, müssen ihr Material von schon vorhandenen Gesteinen erhalten.

Das Wasser des Urmeeres musste in Folge hoher Temperatur eine bedeutende Lösungsfähigkeit besitzen und in sehr energischer Weise zersetzend und lösend auf die

mineralischen Bestandtheile der Erstarrungskruste wirken. In Folge allmälicher Abkühlung verlor das Wasser seine Lösungsfähigkeit mehr und mehr; eine Menge früher in Lösung sich findender Substanzen mussten sich ausscheiden, die anfänglich das Material der sogenannten krystallinischen Schiefer lieferten. Während nun diese Sedimentbildungen vor sich gingen, fanden da und dort Durchbrüche der feuerflüssigen Masse des Erdinnern statt, anfänglich häufiger und in grösserer Masse als später.

Die primitive Kruste ist bis jetzt nirgends beobachtet worden, und es scheint auch zweifelhaft, dass sie jemals an irgend einer Stelle beobachtet werden könnte. Sie scheint durch die Wasser der Urmeere grösstentheils zersetzt und umgewandelt und durch die sich bildenden ersten Sedimente bedeckt zu sein.

Der für uns zugängliche Theil der Erdkruste muss somit vorzugsweise aus geschichteten Gesteinen sedimentären Ursprungs aufgebaut sein; die eruptiven Gesteine nehmen eine mehr untergeordnete Stellung ein.

Alle mit Hülfe des Wassers auf dem Grunde von Meeres- oder Seebecken abgesetzten Schichten hatten ursprünglich eine horizontale oder nur sehr wenig geneigte Lage inne. Es sind daher die untersten Schichten die ältesten, die obersten die jüngsten.

Gar häufig beobachten wir aber sedimentäre Schichten in geneigter Lage bis senkrecht stehend, gefaltet, geknickt, sogar überworfen, so dass der ursprünglich oben liegende Theil nun unten liegt. Diese Schichten müssen Störungen erfahren haben, Störungen, welche nach den Lagerungsverhältnissen zu schliessen als Hebung, als Senkung oder als seitlicher Druck sich geäussert haben müssen. Oft beobachtet man nicht gestörte, horizontale Schichten über

geneigten, gefalteten Schichten liegen. In solchen Fällen muss die Störung offenbar erfolgt sein vor Ablagerung der oberen horizontalen Schichten, und wenn z. B. am Fusse eines Gebirgszuges horizontale Schichten auf geneigten Schichten liegen, so kann mit Recht der Schluss gezogen werden, dass die Erhebung des Gebirges bereits abgeschlossen war, ehe die horizontal liegenden Schichten abgelagert wurden. Es lässt sich auf diese Weise das relative Alter eines Gebirges, d. h. die Zeit, während welcher die Hebung ihr Ende erreichte, bestimmen.

Gesteine sedimentären Ursprungs, abgelagert in Gestalt von Schichten, welche oft durchbrochen sind von Gesteinen eruptiver Natur, setzen, wie wir vorhin erwähnt haben, unsere Erdkruste und somit auch die Gebirge zusammen. Auf welche Weise sind nun aber diese Gebirge entstanden? Welches ist die Kraft, die die ursprünglich horizontal liegenden sedimentären Schichten aus ihrer Lage gebracht und zu Gebirgen aufgethürmt hat?

Die Gebirge erscheinen gleichsam als Runzeln auf dem Antlitz unserer Erde, Runzeln, welche allerdings im Verhältniss zur Grösse der Erde verschwindend kleine Dimensionen besitzen. So erscheint auf einer Kugel von 3 Meter (10 Fuss) Durchmesser der höchste Gipfel als Erhebung von ungefähr 2 Millimeter, der Montblanc etwas mehr als 1 Millimeter, die mittlere Kammhöhe der Alpen wenig mehr als  $\frac{1}{2}$  Millimeter. Wollte man also diese mittlere Kammhöhe der Alpen auf einer Kugel von 3 Meter Durchmesser auftragen, so dürfte die Erhöhung die Dicke eines gröbner Fadens nicht überschreiten und auf einem Globus von 30 bis 40 Centimeter Durchmesser, in welchen Dimensionen er gewöhnlich beim Schulunterricht verwendet wird, sind die Rauhheiten des Papiers im Verhältniss zur Kugel grös-

ser als die Gebirge unserer Erde im Verhältniss zur Erdkugel. Nach ihrer äussern Gestalt, sowie nach ihrem innern Bau unterscheidet man die Gebirge als Kuppengebirge, Massen- oder Plateaugebirge und Kettengebirge. An die erstgenannten, die Kuppengebirge, könnte man noch die Vulcane anschliessen, doch sind die Vulcane keine Gebirge, sondern erscheinen meist nur als vereinzelte Berge und nur da, wo mehrere Vulcane nahe beisammenstehen, könnte man von einem Vulcangebirge reden.

Die Kuppen- oder Kegelgebirge bestehen aus unregelmässig neben und um einander gruppirten, mehr oder weniger kegel- oder domförmigen Bergkuppen, welche neben und über einander aufragen. Ueber die Entstehung dieser Gebirge herrscht wohl kein Zweifel: sie sind vulcanischen Ursprungen. Das Gestein, aus welchem sie bestehen, war bei der Bildung des Berges aktiv; dasselbe hat, die Sedimentärschichten durchbrechend, den Berg aufgethürmt. Der Berg ist somit das primitive, das ursprüngliche, und das Gebirge erscheint als ein Conglomerat von Bergen. Durch das Auftreten einer grössern Zahl von Vulcanen auf einem verhältnissmässig kleinen Raum sind die Kuppengebirge entstanden. — Das Siebengebirge, das Vogelsgebirge, das Gebirge der Auvergne, auch das Höhgau mit Hohentwiel, Hohenkrähen etc. mögen als Beispiele für Kuppengebirge angeführt werden.

Bei den Plateau- und Kettengebirgen war das Gestein bei der Entstehung des Gebirges schon vorhanden, es verhielt sich im Gegensätze zu dem Gestein der Kuppengebirge passiv; die gebirgsbildenden Kräfte haben dasselbe aus der horizontalen Lage in eine andere Lage versetzt. Das Gebirge war hier das Ursprüngliche, die Berge entstanden

erst nachträglich; durch die mechanische Kraft des Wassers wurden sie nach und nach aus dem Gebirgskamm ausgemeisselt.

Die Plateaugebirge sind von unregelmässiger Form und Ausdehnung, ohne bestimmte Längsrichtung, ohne ausgesprochene Längenthäler; die Berge gruppiren sich mehr oder weniger symmetrisch um einen gemeinsamen Mittelpunkt und erreichen selten eine bedeutende Höhe. Sie bestehen in ihrem innern Kern aus den ältesten Gebilden der Erde, aus krystallinischen Schiefergesteinen, welche von Granitstöcken durchsetzt sind. Sie gehören zu den ältesten Gebirgen der Erde und erscheinen gleichsam als grosse Schollen der primitiven Erdrinde. Zu den Plateaugebirgen gehören z. B. der Schwarzwald, die Vogesen, das Gebirge Skandinaviens u. a. m.

Die Kettengebirge zeigen eine lineare Ausdehnung, indem die Längsrichtung gegen die Breite vorherrscht; sie zeigen eine mehr oder weniger regelmässige Gliederung in Quer- und Längenthäler; ihnen gehören die höchsten Gipfel der Erde an. Bei den meisten lässt sich ein oceanischer und ein continentaler Abhang unterscheiden; der oceanische fällt steil in's Meer oder in neugebildete Tiefebenen, der continentale läuft allmälig in Hochebenen oder Bergland aus. Die Alpen, der Jura, die Pyrenäen, der Apennin, die Karpathen, der Kaukasus, der Himalaja, die süd- und nord-americanischen Cordilleren mögen als Beispiele für Kettengebirge hier angeführt werden.

Die Kettengebirge zeigen im Allgemeinen einen manigfältigeren Bau als die Plateaugebirge, doch verdanken beide ihre Entstehung denselben Kräften. Betrachten wir, um uns hierüber einige Rechenschaft zu geben, unsere nächstliegenden Kettengebirge Jura und Alpen, welche

sammt den anschliessenden Karpathen, dem Apennin und den dinarischen Alpen ein zusammengehörendes Ganzes ausmachen, welches Ganze der Oestreicher Geologe *Eduard Süess* in seinem Werke über die Entstehung der Alpen,<sup>\*)</sup> das wir der nachfolgenden Betrachtung zu Grunde legen wollen, als *Alpensystem* bezeichnet.

Die Alpen bestehen aus einer Mittelzone krystallinischer Schiefer, welche die sogenannten Centralmassive des Mont-blanc, Finsteraarhorn, Gotthard etc. bilden und welche hin und wieder durchsetzt sind von granitischem Gestein. An diese Mittelzone krystallinischer Schiefer lehnen sich nördlich und südlich parallele Nebenzonen, meist aus Kalkgestein bestehend, eng in Falten gelegt, die aber auf längere oder kürzere Entfernung auslaufen und neu wieder beginnen. In Mulden der krystallinischen liegen noch Stücke den Nebenzonen angehörender Gesteinsschichten, wie z. B. im Thale von Andermatt.

Im Jura fehlt eine Mittelzone krystallinischer Schiefer, die Falten sind weniger zahlreich und nicht so eng gepresst, viel regelmässiger gebaut als in den Alpen.

Die bis in die letzte Zeit herrschende Ansicht über Gebirgsbildung ging dahin, dass durch das Herauftreten einer starren oder halbstarren oder feuerflüssigen Gesteinsmasse längs einer Linie, der sogenannten Gebirgsaxe, oder durch Emporpressen, durch nach oben Drücken von im Erdinnern liegender Gesteinsmasse, die oberen Schichten der Erde nach rechts und nach links auseinandergeschoben und so die Gebirgsketten aufgerichtet worden seien.

In der That scheint bei Betrachtung eines geologischen Alpenprofiles diese Ansicht über die Entstehung der Alpen

---

<sup>\*)</sup> Die Entstehung der Alpen von Eduard Süess. 1875.

Vieles für sich zu haben. Die Centralmassen des Mont-blanc etc. wären durch einen gewaltigen Druck aus der Tiefe gehoben worden und hätten nord- und südwärts die über ihnen liegenden Schichten in Falten gelegt. Doch woher sollte dieser gewaltige Druck gekommen sein? Sollten es plutonische Kräfte gewesen sein, Kräfte in den Tiefen der Erde, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit den vulcanischen Erscheinungen der Gegenwart hätten? Die Centralmassive sollen in ähnlicher Art wie die vulcanischen Gesteine oder sollen durch vulcanische, durch Eruptivgesteine gehoben worden sein.

Es ist allerdings richtig, dass die Centralmassen von Eruptivgesteinen, besonders granitischen, durchsetzt werden, welche über Versteinerungen führende Schichten herübergreifen und ihnen aufliegen; doch fällt die Eruption dieser Gesteine in eine Zeit, die älter ist, als die Faltung der den Nordrand der Alpen bildenden Gesteine, und es können somit das Emporsteigen derselben und die dabei thätigen Kräfte nicht Ursache der Faltung des Alpengebirges sein. Ferner wissen wir, dass die Vulcankegel nicht aus aufgerichteten Sedimentgesteinen bestehen, dass das feuerflüssige vulcanische Gestein durch Spalten dringt, ohne die Schichten in ihrer Lage zu stören. An vielen Orten kann man sich überzeugen, dass das vulcanische Gestein früherer Perioden zwischen sedimentärem Gestein eingeschlossen ist, mit letzterm gehoben und gefaltet wurde, und Niemand glaubt daran, dass diese alten Ausflüsse Ursache der viel späteren Hebung waren. Nach heutiger Erfahrung über den Vulcanismus erscheint es als unzulässig, einer bestimmten Felsart oder einer Gruppe von Felsarten eine Kraftäusserung zuzuschreiben, die z. B. in unsren Alpen in einer Breite von mehreren Meilen alles geschichtete Gestein ge-

hoben, nach Nord und Süd auseinander geschoben und gefaltet haben soll. Man kann den in den Centralmassen vor kommenden eruptiven Felsarten, sofern sie überhaupt eruptiver Natur sind, gewiss keinen grössern Einfluss auf die Bildung der Gebirgsketten zuschreiben als den eruptiven Gesteinen der Gegenwart, welche, weit entfernt Gebirge zu erheben, nur die vorhandenen Lücken der Erdrinde benützen, um zu Tage zu treten und sich auszubreiten.

Lange Falten geschichteten Gesteines ziehen in weitem Bogen, die Nordseite der Alpen bildend, durch die Schweiz nach Osten hin; eine sogenannte Antiklinale, eine Falte in der Molasse, zieht sich vom Genfersee dem Nordrand der Alpen entlang hinaus bis Baiern; nur eine allgemeine Bewegung des Hochgebirges kann solche Falten erzeugen, nicht aber der Ausbruch vereinzelter Centralmassen.

Ebenso stetig fortlaufend sind die Bogenlinien, welche die Faltungen des Jura beschreiben, und der Jura besitzt gar keine Centralmassen. Aehnliche Erscheinungen sollen in den Karpathen, sowie im Apennin sich zeigen.

Wie schon erwähnt, sind die verschiedenen Gebirge auf unserer Erde nicht gleich alt. So sind z. B. die westlich und nördlich der Alpen gelegenen Gebirge, das Centralplateau Frankreichs, die Vogesen, der Schwarzwald, der Böhmerwald älter als die Alpen. Sie bezeichnen, wie jede Karte deutlich zeigt, den westlichen und nördlichen Rand des weiten Gebietes, innerhalb welchem sich die Alpenketten entwickeln. Von einem dieser älteren Gebirge bis zum andern spannen sie ihre Bogen, und sobald die Südspitze Böhmens umgangen, schwenkt das ganze Gebirge gegen Nordost, die Abhänge der ältern Gebirgstheile Mährens begleitend, bis sich weiterhin der Bogen der Karpathen ausbreitet. So ist im grossen Ganzen die Abhängig-

keit des Verlaufes des nördlichen Saumes der Alpen, des Juragebirges und der Karpathen von der Lage der westlich und nördlich vorliegenden Gebirge leicht erkennbar.

Aber diese Abhängigkeit äussert sich auch in dem innern Bau der Ketten, die wir nur kurz andeuten können.

Nördlich von Dôle liegt eine kleine, aus krystallinischen Schiefern bestehende Insel, die den Wald der Serre bildet und welche als südliche Fortsetzung der Vogesen betrachtet werden kann. Von den Alpen her ist das ganze Juragebirge an diese älteren Felsarten in vielen parallelen Falten angepresst, während jenseits derselben die Ablagerungen der Jurazeit die Spuren eines Seitenschubes nicht mehr zeigen. Aehnliches zeigt sich am Südfuss des Schwarzwaldes. Hier sind die nördlichen Juraketten in Folge der Stauung am Schwarzwald überschoben, während südwestlich von Basel, wo dem Jura das offene Rheintal gegenübersteht, regelmässige Wölbungen im Gebirgsbau eintreten und die Zahl der Falten eine grössere ist als ostwärts.

Die Alpen folgen in ihren nördlichen Hauptlinien der innern Curve des Jura. In Vorarlberg und Baiern, wo keine älteren Gebirgsmassen ihnen gegen Norden entgegenstehen, ist die Anordnung der Falten in den äusseren Zonen eine sehr regelmässige, in dem Maasse aber, in welchem sie sich dem Böhmerwalde nähern, geht diese Regelmässigkeit verloren. Die Falten der Beskiden scheinen über das ältere Gebirge hinübergeschoben, gleichwie die Wellen auf flachem Strande auflaufen. So verräth sich von Frankreich bis nach Polen der Widerstand älterer Massen gegen eine von den Kettengebirgen her wirkende Kraft, deren Richtung gewiss nur eine horizontale gewesen sein kann.

Soll aber eine mehr oder minder horizontale und gleichmässige Gesamtbewegung Ursache der Aufrichtung unserer

Gebirgsketten sein, so frägt es sich, ob die Quelle dieser Bewegung innerhalb jedes einzelnen Gebirgszweiges, der Alpen, des Jura, der Karpathen etc. zu suchen sei oder ob irgend eine, allen Theilen des Alpensystems gemeinschaftliche Ursache dieser grossartigen Erscheinung zu Grunde liege.

Schon die Richtung der Ketten deutet auf eine gemeinschaftliche Ursache hin; denn bei allen Ketten zeigt sich das Bestreben, gegen Nordwesten, gegen Norden oder gegen Nordosten, also im Allgemeinen gegen Norden gekrümmte Bogen zu bilden. Und in ihrem Bau zeigen die Ketten an ihren Nord- und Südseiten so grosse Verschiedenheiten, dass sich gleichsam eine Aussen- und Innenseite jedes einzelnen Gebirgszweiges unterscheiden lässt.

So zeigt der Apennin eine convexe östliche Seite mit Stauung und Faltung, mit Falten, die stetig verlaufen, und eine concave westliche, abgerissene, von Senkungsfeldern unterbrochene. Ebenso wiederholen die Westalpen den Gegensatz einer gefalteten äusseren und einer abgebrochenen inneren Seite. Die Centralalpen zeigen dasselbe, die Südseite ist ein Senkungsfeld, die convexe Nord- und Westseite ist gefaltet. Vergebens sucht man auf der Südseite die langen Falten der Nordseite, vergebens sucht man ein Profil, in welchem einer älteren Mittelzone jüngere, einigermassen symmetrische Nebenzonen vorgelagert wären. Die Central- und Westalpen sind wie der Apennin ein einseitiges Gebirge, eine Gruppe einseitig aneinander geschoßener Falten.

Der den Centralalpen vorgelagerte Jura zeigt ebenfalls einseitigen Bau. Die Ketten sind im Süden am höchsten und nehmen nach Norden an Höhe allmälig ab; die meisten Falten sind nach Norden übergelegt, wenige nach Süden.

Der Jura ist eine seitlich gestaute Faltenschaar, ein Zweig der Alpen, zu gleicher Zeit mit den Alpen entstanden und durch dieselbe Kraft gestaut. Er hat sich da (südwestlich Genf) abgelöst, wo in Folge geringerer Belastung ein geringerer Druck dem Horizontalschube entgegenwirkte.\*). Der gänzliche Mangel einer Centralkette zeigt deutlich genug, dass es nicht eruptive Vorgänge sind, welche die Gebirgsfalten erzeugen.

Die Ostalpen laufen in mehrere einseitig ausgebildete Ketten auseinander; in den Karpathen und dem ungarischen Mittelgebirge ist der einseitige Bau seit Jahren erkannt worden; die Bruchseite ist stets nach Süden gekehrt.

Gleichsam wie Wellen auf einer Wasserfläche folgen sich alle diese Ketten, gestaut und abgelenkt am Centralplateau Frankreichs, bei Dôle, am südlichen Ende des Schwarzwaldes und der böhmischen Masse. Wo diese Gebirge gegen Norden zurücktreten und flach werden, treten die grossen Wellen auseinander und zeigen deutlich ihren einseitigen Bau. Unter solchen Verhältnissen muss man wohl eine gemeinsame, gegen Nord oder Nordwest wirkende, durch Hindernisse ablenkbare horizontale Kraft als die Aufrichtung dieser Gebirgsketten ansehen.

Einen ähnlichen einseitigen Bau zeigen Balkan und Kaukasus, sowie die Gebirge Nordamerika's, und aus den bis jetzt bekannten Untersuchungen scheint hervorzugehen, dass die grossen Hochgebirge Centralasiens ebenfalls einseitig gebaut sind; doch sind dort die Gebirge nach Süden gekrümmmt, und es scheint mehr als wahrscheinlich, dass bei der Entstehung derselben die vorherrschende Bewegung

---

\*) Albert Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, II. Band:

der Massen nicht nach Norden, sondern, entsprechend der entgegengesetzten Beugung des allgemeinen Verlaufes der Gebirge, gegen Süden gerichtet war.

Also nicht eine vertical von unten nach oben wirkende Kraft kann unsere Kettengebirge erzeugt haben, sondern eine in horizontaler Richtung wirkende, eine zusammenschiebende, faltende, deren Ursache zunächst in der Contraction des Erdinnern zu suchen ist, und wobei es natürlich gleichgültig ist, ob dieses Erdinnere feuerflüssig war und es noch ist oder nicht, wenn es nur auf einer höheren Temperatur sich befand, so dass es der Contraction fähig war. In Folge Zusammenziehens des Erdinnern sinkt die äussere Hülle nach; gleich einem einsinkenden Gewölbe sollte sie auf einer kleinern Basis Platz nehmen; die nothwendige Folge ist ein Bruch und ein Zusammenschieben der sinkenden Theile.

Unsere Gebirge sind Runzeln, Falten der immer mehr und mehr sich abkühlenden Erde und zwar die Kettengebirge meist eng zusammengeschobene und langgestreckte Falten, die Plateaugebirge schwache Falten.

Durch horizontalen Schub entstandene Falten, wie das an einem von der Seite zusammengeschobenen Tuch zu sehen ist, werden sich nie kreuzen, und es gibt auch keine sich kreuzenden Kettengebirge, was wohl möglich wäre, wenn letztere auf Spalten, durch eruptive Kräfte entstanden wären.

Denken wir uns die Falten und Ueberschiebungen der Erdrinde glatt ausgestrichen, so wird die Erdrinde zu gross für den unterliegenden Kern. Damit sich also die Erdrinde falten konnte, musste sie vorerst bezüglich des Erdinnern grösser werden. Dies konnte aber nur geschehen, indem entweder die Rinde wuchs und das Innere gleich gross

blieb, oder indem die Rinde gleich gross blieb und die innere Masse zusammenschwand. Für das erstere, für ein Wachsthum der Erdrinde, liegen durchaus keine Beweise vor, wenigstens solche, mittelst welcher die Erhebung aller Gebirge zu erklären wäre. Die Ursache der Faltung muss im Schwinden der Kernmasse liegen; dann muss aber der Erdumfang vor der Stauung der Gebirge um denjenigen Betrag grösser gewesen sein, welcher sich aus dem Ausstreichen der Falten im Vergleich zur jetzigen Breite der Gebirgszone ergibt. Professor Heim hat in dem zweiten Theile seines Werkes, betitelt „Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung“,\* ) versucht, das Maass zu bestimmen, um welches die Erde in ihrem Umfang in Folge Stauung der Gebirge kleiner geworden ist, und hat gefunden, dass der Erdumfang, gemessen im Meridian, welcher die Centralalpen schneidet, vor Bildung der Alpen um höchstens 120,000 Meter länger war als nachher und sich somit um  $\frac{3}{1000}$  des Ganzen verkleinert hat; ferner, dass die Umfangsverkürzung durch die gesammte Gebirgsbildung auf denselben Meridian  $\frac{9}{1000}$  des Ganzen ausmacht, oder während der mittlere Erdradius vor jeder Gebirgsfaltung 6,427,000 Meter betrug, beträgt er jetzt nur noch 6,370,000 Meter; also um 57,000 Meter hätte sich die Erdrinde im Durchschnitt dem Mittelpunkte genähert; das macht für eine Kugel von 2 Fuss Durchmesser nicht ganz eine Linie oder für eine solche von 2 Meter Durchmesser nicht ganz einen Centimeter, gewiss ein kleiner Betrag, der aber genügte, um unsere Alpen und die übrigen Gebirge zu stauen. *Heim* sucht dann nach den Ursachen, in Folge welcher der Kern der Erde kleiner wird, und findet,

---

\* ) Albert Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, II. Band.

dass es durchaus nicht der Verlust an Material durch die vulcanischen Eruptionen sein kann oder wenigstens nicht allein sein kann, um die Erhebung der Gebirge zu erklären, sondern die Contraction bei fortschreitender Abkühlung und Erstarrung, und findet, dass eine durchschnittliche Abkühlung von  $200^{\circ}$  genügt, um die Alpen entstehen zu lassen, und eine solche von  $500^{\circ}$ , um alle vorhandenen Gebirge zu bilden.

Wenn aber die Entstehung der Gebirge eine Folge der Contraction des Erdinnern ist, so ist klar, dass die Bildung der Gebirge mit der Bildung der ersten starren Hülle auf unserer Erdoberfläche begonnen hat und dass sie so lange fort dauern muss, bis die Erkaltung ganz oder beinahe gänzlich erfolgt ist, dass also einzelne Gebirge älter sein müssen als andere und dass das Aufrichten der Gebirgsschichten, in Folge der äusserst langsamem Contraction, nicht plötzlich erfolgt ist und endlich, dass dasselbe, da verschiedene Thatsachen für eine gegenwärtig noch höhere Temperatur des Erdinnern sprechen, vielleicht noch heute fort dauert.

In der That kennen wir ja ältere und jüngere Gebirge, wir wissen, dass die älteren auf die Richtung der jüngeren einen wesentlichen Einfluss ausübten; wir wissen auch, dass die Alpen in einer Zeit, die weit hinter derjenigen liegt, während welcher die Ablagerungen der jüngsten, den Nordfuss der Alpen bildenden Schichten erfolgte, der Schauplatz grosser Störungen gewesen sind und dass somit die Aufrichtung keine plötzliche, sondern eine äusserst langsame gewesen sein muss, und endlich scheinen einzelne Erscheinungen darauf hinzudeuten, dass die Faltung unseres mächtigen Hochgebirges heute noch nicht beendet ist.

Wir haben früher erwähnt, dass die Kuppengebirge alte Vulcane sind und dass die Vulcane entstanden sind

durch Aufschütten feuerflüssigen Gesteines. Alle Vulcane stehen in der Nähe des Meeres oder doch grösserer Wasserflächen; sie stehen auf Bruchrändern der Continente und auf Bruchlinien längs der Kettengebirge, sie sind nicht Ursache der Hebung der Gebirge, sondern eine Folge derselben. Durch die entstandenen Brüche in der Rinde, in Folge Zurücksinkens letzterer, treten eingeschlossene Gase und oft auch feuerflüssiges Gestein aus. Es erscheint der Vulcanismus als eine Folge der Contraction des Erdinnern, gleichwie die Anfangs erwähnten Hebungen und Senkungen.

Die Bewegung Skandinaviens können wir uns in Gestalt einer sehr lang gezogenen Falte mit kurzer concaver Gegenfalte im Süden vorstellen oder so, dass eine von der deutschen Küste über das Nordcap hinausgezogene gerade Linie im Laufe einer gewissen Zeit in ein sehr lang gezogenes liegendes *S* sich verwandeln würde.

Die Contraction des Erdinnern ist somit die Ursache der Entstehung der Continente, sowie der gegenwärtig noch deutlich wahrnehmbaren Schwankungen derselben; sie ist die Ursache des Vulcanismus und der Entstehung der Gebirgsketten.

Uunausgesetzt wirken auf die gebildeten Falten verschiedene Kräfte, mechanische und chemische, zerstörende und lösende; Furchen werden eingegraben, Thäler gebildet, Berge ausgemeisselt, ihre Spitzen und Zacken wieder zertrümmert und weggeführt. Aus dem weggelösten Material bilden sich neue Sedimente oft weit von ihrer Lagerstätte, aus den neuen Sedimenten bilden sich wieder neue Gebirge, bis einmal die gebirgsbildenden Kräfte, die Contraction des Erdkernes und mit ihr das Leben unseres Planeten erloschen ist.