©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ueber den Bau

und die

Entstehung der Gebirge.

Von

PROF. DR. FRANZ TOULA.

Vortrag, gehalten am 13. December 1876.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vorerinnerung.

Der Gegenstand des folgenden Vortrages bringt es mit sich, dass an mehreren Stellen Ausdrücke angewendet werden, die obwohl in der geologischen Wissenschaft allgemein gebräuchlich, doch nicht ganz allgemein verständlich sind, weshalb ich eine kurze schematische Uebersicht über die Schichtenfolge vorausschicken will für alle diejenigen, denen ein Leitfaden der Geologie nicht zu Gebote steht.

Man unterscheidet in der Geschichte der Erde seit Beginn der Krustenbildung fünf grosse Weltalter oder Erdperioden, welche wieder in Formationen abgetheilt werden und zwar:

I. Die archaeische (primäre) Periode oder die Urzeit der Erde. Die Gesteine dieser Epoche bilden das Urgebirge; sie sind ohne sicher erkennbare organische Reste und bestehen zum grössten Theile aus krystallinischen Schiefern.

II. Die palaeozoische Periode oder das Alterthum der Erde mit den vier Hauptformationen: Silur, Devon, Carbon und Dyas.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

III. Die mesozoische oder secundäre Periode, oder das Mittelalter der Erdgeschichte. Zu welcher man drei Hauptformationen rechnet: die Trias-, die Jura- und die Kreide-Formation, wovon jede wieder in Unterabtheilungen gegliedert wird; so unterscheidet man in der Jura-Formation eine untere, mittlere und obere Abtheilung oder Lias, Dogger und Malm.

IV. Die kaenozoische (tertiäre) Periode oder die Neuzeit, zerfällt in die eine ältere und jüngere Tertiär-Formation, Eocän und Neogen genannt. Zu der letzteren Abtheilung gehören die in der Schweiz mit dem Namen Molasse bezeichneten Ablagerungen.

V. Die anthropozoische Periode oder die Jetztzeit der Erde, deren Ablagerungen auch als die quarternären Bildungen bezeichnet werden. In diesen Abschnitt der Erdgeschichte fällt das erste Auftreten des Menschen.

Allen denjenigen, welche sich über die ersten Grundzüge der historischen Geologie belehren wollen, sei der vortreffliche Abriss der Geologie in dem jüngst erschienenen Leitfaden der Mineralogie und Geologie von Hofrath von Hochstetter und Prof. Dr. Bisching auf das Beste empfohlen. — (Wien 1876. Verlag von Alfred Hölder.)

Ich schreite nun zu meinem eigentlichen Vortrage.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vor Jahresfrist hatte ich die Ehre, vor dieser hochverehrten Versammlung den Stand unseres Wissens und Meinens, in Bezug auf die Frage nach der Beschaffenheit des Erdinneren, zu beleuchten.

In innigem Zusammenhange mit dem damals Erörterten steht der Gegenstand meiner heutigen Vorlesung. Sie ist der Frage gewidmet, auf welche Art wir uns die Gebirge entstanden denken, und wird zeigen in welchem Stadium der Beantwortungsversuche die Geologie gegenwärtig steht; sie wird aber auch zeigen, wie weit wir uns einer sicheren Beantwortung schon genähert haben.

Mein zweiter diessjähriger Vortrag, „über Thalbildung", wird sich sodann vielfach mit den Veränderungen zu beschäftigen haben, denen die Gebirge nach ihrer Enstehung unterworfen waren. — Um mit Aussicht auf Erfolg an die Behandlung der verschiedenen wichtigeren Versuche zur Lösung jener Frage schreiten zu können, muss ich etwas weiter ausholen.

Wir müssen uns ein klares Bild von dem entwerfen, was wir ein Gebirge nennen. Zu diesem Behufe müssen wir von den überwältigenden Eindrücken, die wir bei

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Durchwanderung eines Hochgebirges, z. B. unserer Alpen, aufgenommen haben, ganz abstrahiren, und die Gebirge als einen Theil der Erdfeste, im Grossen und Ganzen, in Betracht ziehen und diesen Theil mit dem Ganzen vergleichen. Um diesen Zweck erreichen zu können, wäre es am besten, wenn wir unsere Erde aus einer etwas grösseren Entfernung betrachten und die Wasserbedeckung zuvörderst ganz beseitigen könnten, so dass wir unsere Erde etwa in dem Zustande sehen würden, in dem sich der Mond thatsächlich befindet.

Wir können uns ein solches Bild, mit einiger Sicherheit wenigstens, von jener Hemisphäre entwerfen, in deren Mitte der in seinen Tiefen am besten bekannte Atlantische Ocean sich befindet.

Eine ungeheure, tiefe und nur wenig undulirte Depression, zieht sich das Becken des Atlantischen Oceans von Pol zu Pol; eine Depression der Erdkruste, die in ihren mittleren und südlichen Theilen vielleicht schon seit der Juraformation, ja vielleicht noch viel länger ununterbrochen von den Fluthen des Weltmeeres erfüllt ist. Seine mittlere Tiefe können wir mit etwa 4000 Meter unter dem Meeresniveau annehmen, während seine Flächenausdehnung fast die Hälfte der gesammten Festlandsfläche beträgt. Die mittlere Höhe der letzteren über dem Meere mit circa 330 Meter angenommen, geht hervor, dass dieses eine Meerbecken die gesammten Festlandsmassen achtmal aufzunehmen vermöchte. Mit relativ steil ansteigenden Wänden erheben sich die dieses Becken umsäumenden Festländer, die als grosse

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Hochlandsmassen aufgefasst werden müssen, auf deren weiter unebener Fläche die Höhenrücken hinziehen.

Einzelne dieser Züge steigen nun allerdings bis zu höchst ansehnlichen Höhen empor, doch ist die über die mittlere Höhe ansteigende Masse, eine verhältnissmässig sehr geringe, denn es wurde ja berechnet, dass die Gesammtmasse der Alpen über Europa gleichmässig vertheilt, diesen Erdtheil nur um etwa 7 Meter erhöhen würde.

Aehnliche Vergleiche können wir auch zwischen den Festlandsmassen im Grossen und Ganzen und den grossen Depressionen der Erdkruste ziehen, und kommen dadurch zu dem Ergebnisse, dass die Oceanbecken die auffallendsten Relieferscheinungen der Oberfläche bilden. Und doch sind auch diese, trotz ihren beträchtlichen Tiefen, im Vergleiche mit dem circa 6370 Kilometer grossen Erdradius, relativ sehr unbedeutende Grössen.

In Fig. 1 auf beifolgender Tafel ist ein Durchschnitt durch das Atlantische Becken am 40° nördl. Breite gegeben, der diese Verhältnisse erklären soll, er lehrt uns, dass diese ungeheure Einsenkung sich erst bei zehnmal vergrösserten Tiefen einigermassen auffallend zur Anschauung bringen lässt.

Einen ähnlichen Eindruck können wir uns verschaffen, wenn wir bedenken, dass auf einem Globus von 10 Meter Durchmesser die höchsten Höhen der Erde, also etwa die Himalayaspitzen (mit 7·5 Kilometer Höhe), erst eine Höhe von kaum einen Centimeter erreichen würden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Diese Verhältnisse werden bei genauerer Betrachtung der übrigen Darstellungen auf Tafel I noch klarer werden, wobei ich besonders noch auf Fig. 5 aufmerksam machen möchte, welche dem Buche Rütimeyers über Thalbildung entlehnt wurde. Sie zeigt uns einerseits das Juragebirge, andererseits die Alpen und die dazwischen liegenden Voralpen im richtigen Verhältnisse der Länge zur Höhe und zeigt uns klar, wie unbedeutend diese ist im Vergleich mit der Längenausdehnung.

Nach diesen kurzen Vorausschickungen lassen Sie uns die vertikale Gliederung der Landmassen näher in Betracht ziehen.

Auf den über das Niveau des Meeres aufragenden Continenten können wir, in Bezug auf die verschiedene Ausbildung der Erhebungen, vor allem Tief- und Hochländer unterscheiden. Erstere steigen, in weiter Erstreckung, nur zu 150 oder höchstens bis zu 300 Meter Höhe über das Meer, meist ganz allmälig hinan, während die letzteren viel bedeutendere Höhen erreichen.

Nach der Gestaltung der Oberfläche unterscheiden wir in den Hochländern, die Hochebenen und die Gebirge.

Die Gebirge nennen wir nach ihrer absoluten Höhe Mittelgebirge, wenn ihre Gipfel nur 600 bis 2500 Meter Meereshöhe erreichen, Hochgebirge, wenn die Gipfelhöhen bedeutendere sind, und unterscheiden sie nach ihrem geologischen Bau in Massengebirge (Massivs) und Kettengebirge. Erstere erheben sich über einer mehr oder weniger elliptischen Basisfläche, womit das Fehlen eigentlicher

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Längenthäler im Zusammenhange steht. Sie erscheinen, wie Hochstetter sagt, als grosse Schollen der ältesten festen Erdrinde und bezeichnen die eigentlichen Grundfesten der Erde, die schon in den frühesten Perioden der Erdgeschichte als Inseln und Festländer mehr oder weniger über das Meer hervorragten. Das böhmisch-mährische Massiv und Skandinavien sind Beispiele hiefür. Aber auch der Harz, die südliche Hälfte der Vogesen-Schwarzwald-Masse und das krystallinische Gebiet von Central-Frankreich gehören hieher.

Bei den Kettengebirgen herrscht die Längenrichtung über die Breitendimension weitaus vor. In ihnen finden wir die grössten Erhebungen der Erde und die Bildung der Längenthäler kommt in ihnen zur schönsten Entwicklung. Die Pyrenäen, Alpen und Karpathen, der Kaukasus, der Himalaya und die Felsengebirge sind ausgezeichnete Kettengebirge.

Diese letzteren sind es, die uns heute besonders interessiren. Sie sind meist jüngere Erhebungen, welche sehr häufig zwei verschieden steile Abhänge zeigen. Der steilere ist fast in allen Fällen einem grösseren Meerbecken oder einer neugebildeten Tiefebene zugekehrt und heisst der oceanische Abhang, während der weniger steile, einem Hochlande zugewendet zu sein pflegt, und der continentale Abhang genannt wird.

Was den geologischen Bau der Gebirgsketten anbelangt, so ist derselbe viel mannigfaltiger als der der Massengebirge und zeigt in vielen Fällen eine zonenförmige Zusammensetzung, wobei oft eine aus krystal-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

linischen Gesteinen bestehende Mittel- oder Centralzone, von anderen, verschiedenalterigen Gesteinszonen begleitet ist. Früher war die Meinung ziemlich allgemein verbreitet, dass diese Zonen regelmässig symmetrisch angeordnet seien, eine Ansicht, die von Professor Dana für Nordamerika und von Prof. Suess [1]) für die Hochgebirge von Mitteleuropa, als aus vielen Gründen nicht mehr haltbar, erfolgreichst widerlegt wurde.

Nach der neueren Meinung haben wir uns die Gebirge von zonenartigem Baue als durch Zusammenschiebung mehrerer Ketten entstanden vorzustellen.

Dabei ist noch hervorzuheben, dass die beiden Hauptformen der Gebirge nicht immer scharf von einander gehalten werden können, da gar oft auf grossen Massivs Gebirgsketten aufgesetzt erscheinen, und umgekehrt Massengebirge als Glieder eines Kettengebirges auftreten können.

Ausserdem haben wir noch die Kuppen- oder Kegelgebirge zu unterscheiden, das sind unregelmässig gruppirte Kegelberge, deren Gesteinsbeschaffenheit keinen Zweifel an ihrem vulkanischen Ursprung aufkommen lassen. Ihr Auftreten ist immer an grosse Schichtenstörungen im Krustenbau unserer Erde gebunden. Das Siebengebirge am Rhein, das böhmische Mittelgebirge zwischen Aussig und Leitmeritz, das Vogelsgebirge in

[1]) Ueber den Aufbau der mitteleuropäischen Hochgebirge. Sitzb. d. k. Ak. d. Wiss. 1873, und „Die Entstehung der Alpen", Braumüller 1875.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Hessen, die altvulkanischen Berge in der Auvergne sind Beispiele dafür.

Was die Richtung der Kettengebirge anbelangt, muss angeführt werden, dass diese sehr oft eine geradlinige ist, wie in den Pyrenäen und im Kaukasus. Viel häufiger aber ändern sie ihre Verlaufsrichtung und zeigen Bogen-, ja selbst eine halbe Ringform, wie die Alpen und Karpathen. Dabei ist jedoch anzuführen, dass auch in diesem Falle die einzelnen das Gebirge zusammensetzenden Gebirgsglieder den geradlinigen Verlauf der Schichten noch erkennen lassen. So kann man z. B. in dem grossen, die westliche Poebene umfassenden Bogen der Westalpen, das Zusammengesetztsein derselben aus Gliedern mit verschiedener Streichungsrichtung auf das schönste verfolgen.

Die Richtungen der Gebirge wurden vielfach untereinander verglichen, und nach einem Gesetze gefahndet, welches der Anordnung derselben zu Grunde gelegt werden könnte.

Leopold von Buch [1]) betonte schon im Jahre 1824, dass man in Deutschland eine Anordnung der Gebirge nach vier Richtungen erkennen könne, und zwar:

1. Von Südost nach Nordwest. So verläuft der Böhmerwald und in seiner Fortsetzung der Thüringerwald, aber auch der Harz, die Weserketten, der Teutoburgerwald u. s. w. Dieser Richtung folgt auch die

---

[1]) Geognostische Systeme von Deutschland. In Leonhard's Mineral. Taschenbuch 1824. pag. 50.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Furche der Adria zwischen dem Apennin und den Parallelketten der dinarischen Alpen.

2. Von Südwest nach Nordost. In dieser Richtung streichen der Bruchrand des Erzgebirges, die Silurmulde in Böhmen, die rheinischen Schiefergebirge etc.

3. Die meridionale Richtung. Von Nord nach Süd verlaufen das mittlere Rheinthal, zwischen Basel und Mainz, und die dasselbe begleitenden Gebirge. Dieser Richtung folgen aber auch die Gebirge von Corsica und Sardinien, das Forezgebirge und die Vulkanenreihe der Auvergne, die palaeozoischen Schichten im mittleren England; auch die Jordanfurche hat diesen Verlauf, desgleichen der Ural.

4. Die westöstliche oder äquatoriale Richtung endlich ist in dem Verlauf der Ostalpen und der Tatra, sowie durch die Pyrenäen und den Balkan, besonders aber durch die grossen asiatischen Gebirgszüge ausgeprägt.

F. Weiss [1]) versuchte es, eine Erklärung des Vorherrschens der vier Buch'schen Hauptrichtungen aus natürlichen Verhältnissen zu geben. Nach Weiss soll in der Rotation der Erde diese Ursache zu suchen sein. Die Centrifugalkraft bewirke eine Aufstauung und Faltenbildung in äquatorialer Richtung, und die Entstehung von Querspalten in meridionaler Richtung. Die neueren Erhebungen der Erde seien in der That diesen Vorgängen

---

[1]) Aufsätze über die Grundgesetze der mechanischen Geologie. Neues Jahrb. für Min. 1855, pag. 642 und 770 ff.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zuzuschreiben. Die beiden anderen, wieder auf einander senkrecht stehenden Richtungen der Gebirge kann Weiss jedoch nur unter der Annahme erklären, dass in einer früheren Epoche die Rotationsachse eine ganz andere gewesen sei als heute.

Die Ansicht, dass die „grandiös geometrisch-regelrechte Ordnung" der Gebirgsketten, eine Folge der Centrifugalkraft des gleichmässig rotirenden Erdsphäroids sei, wurde ganz neuerlich von Dr. Ami Boué (Sitzungsberichte d. k. Ak. der Wiss. 1876. 16. März) betont. Die Meridianketten betrachtet er als kleinere oder grössere Risse, die Aequatorialgebirge aber als Aufwölbungen, entstanden unter Mitwirkung von Zusammenziehungsprocessen des Erdmaterials.

Diese Idee der regelmässigen Anordnung der Gebirge, wurde unter Anderen besonders durch Elié de Beaumont weiter ausgeführt, der die Zahl der Hauptgebirgsrichtungen endlich bis auf 21 erhöhte, eine Zahl, die jedoch noch lange nicht ausreicht, denn so wurden von Dutocher für Skandinavien weitere 12, und von Marcou 13 Richtungen für Nordamerika aufgestellt.

Beaumont kam dadurch bis zu der Annahme, dass die Gebirge der Erde nach geometrischen Gesetzen angeordnet seien, und zwar meinte er durch 15 grösste Kreise die Erde in 120 rechtwinkelige Dreiecke zerlegen zu sollen, wodurch er auf ein „Hecaton-Ikosaëder" kam, einen Körper, der dem Gebirgsbaue zu Grunde liegen sollte. Auf einem ähnlichen Wege kam Hauslab auf den Achtundvierzigflächner der Krystallographie.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Diese letzteren, auf jeden Fall sehr eigen gearteten Ausführungen, welche uns zeigen, wie weit auch sehr geistreiche Männer von der richtigen Bahn abkommen können, sind nun wohl im Allgemeinen, wenigstens ausserhalb Frankreich, wo sie noch immer Anhänger haben, verlassen und haben nur noch ein historisches Interesse.

Man hat auch versucht, und diess mit dem besten Erfolg, die relativen Altersbestimmungen vorzunehmen, d. h. zu constatiren zwischen welchen Zeitabschnitten ein Gebirge emporgethürmt wurde. Elié de Beaumont war es, der den Versuch machte, für Mitteleuropa derartige Angaben aufzustellen. Dabei dachte er sich die Gebirge, wie mit einem Ruck entstanden, in Folge ungeheurer Kraftäusserungen unseres Planeten. Die sicheren Fundamente für jene Angaben bilden die folgenden Thatsachen:

1. dass die am Meeresgrunde abgelagerten Sedimente ursprünglich nahezu horizontal abgelagert waren;

2. dass, damit solche Ablagerungen in geneigte Stellung kommen konnten, Dislocationen vorgegangen sein müssen, und

3. dass, wo steiler aufgerichtete Schichten von horizontal liegenden begrenzt werden, die Aufrichtung der ersteren, vor der Bildung der letzteren erfolgt sein muss.

Um uns ein Bild zu entwerfen von der Mannigfaltigkeit des Gebirgsbaues, wollen wir einige genauer studirte Gebirge (in Ideal-Profilen) betrachten und dabei auf jene Merkmale ein achtsames Auge haben, welche

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

für die grosse Uebereinstimmung in Bezug auf die Art der Entstehung sprechen.

Die Alpen (im engeren Sinne) bilden einen grossen Bogen, der am Golf von Genua beginnt und mit seinen Ausläufern bis an die Donau reicht.

Während dieselben aber im westlichen und centralen Theile eine mehr compacte Masse bilden, besteht das System der Ostalpen aus einer Anzahl fächerartig ausstrahlender Ketten, deren nördlichste bis an die Donau bei Wien reicht; eine zweite ist im Leithagebirge erhalten und lässt sich jenseits der Donau in den Karpathen verfolgen, eine dritte bildet den Bakonywald, eine vierte endet bei Fünfkirchen, während eine fünfte zwischen der Drau und Save hinstreicht, und eine sechste endlich sich südlich von der Save an den Hauptstock der Ostalpen anschmiegt, und in südöstlicher Richtung durch Dalmatien, türkisch Kroatien und Bosnien hinzieht, parallel der Adriafurche und dem Apennin, welch letzterer diesem sechsten Zuge viel mehr verwandt zu sein scheint, als den Alpen im engeren Sinne.

Dabei bleibt es eine höchst bemerkenswerthe Thatsache, dass in den mittleren und östlichen Theilen des Systems eine aus krystallinischen Gesteinen aufgebaute Centralzone vorhanden ist, während, wie schon Studer hervorgehoben hat, in den Westalpen eine Anzahl von krystallinischen Centralmassen sich wie Inseln zwischen den sedimentären Schichten erheben, aus denen auch die, an die Centralkette angelagerten Gebirgszonen bestehen, die hier als Nebenzonen bezeichnet wurden. Sie sind

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

allerorts gestört, steil aufgerichtet, gefaltet, zerbrochen und oft sogar überstürzt, und lassen so die grossartigen Ereignisse erkennen, welchen die Alpen ihre Entstehung verdanken. Figur 6 macht ersichtlich, wie in den Westalpen auch die Eocänschichten noch zu bedeutenden Höhen emporgehoben, geknickt, zwischen ältere Gesteine eingezwängt und nach Norden überschoben sind. Aber auch die zwischen den Alpen und dem Jura befindliche Molasse ist noch gestört.

Die nach Norden umgeschlagenen Falten beweisen, dass bei der Entstehung des Gebirges kolossale seitliche, in nahezu horizontaler Richtung wirkende Kräfte thätig waren, welche die gesammte Masse nach Norden schoben, wo am älteren Festlande eine Stauung eintreten musste.

Als ein Bild der Verhältnisse in den Centralmassen mag uns der Montblancstock dienen (der in Fig. 7 nach Favre dargestellt ist). An diesem tritt die eigenthümliche Fächerstructur der Centralmasse deutlich hervor. Die Felsbänke zeigen nämlich eine derartige Stellung, dass sie auf beiden Seiten steil gegen die Gebirgsachse einfallen, auf der Höhe jedoch vertikal stehen. An beiden Seiten des Hauptstockes sind dunkle Schiefer (der Liasformation zugehörig) in enge Falten zusammengepresst und derart gelagert, dass die krystallinischen Gesteine auf ihnen zu liegen, also jünger zu sein scheinen.

Da die Gesteinsschichten in umgekehrter Ordnung aufeinander folgen, d. h. die älteren auf den jüngeren Schichten liegen, so muss eine Ueberkippung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

stattgefunden haben, die als eine Folge der fortgesetzten Zusammenschiebung der Massen aufgefasst werden muss.

Einen ganz ähnlichen Bau zeigen auch die Centralstöcke des Finsteraarhorn, des St. Gotthart und andere.

Bernhard Studer, der hochverdiente Alpengeologe, ging von der Ansicht aus, dass diese Centralgesteine aus der Tiefe emporgepresst worden, und als die Urheber all der mannigfaltigen Störungen zu bezeichnen seien, weshalb er sie die Hebungscentren nannte.

Wenn auch diese Annahme, von vertikal aus der Tiefe, nach Art der Eruptivgesteine, emporsteigenden Massen, unseren jetzt geklärteren Ansichten nicht mehr entspricht, so steht doch soviel fest, dass in den Centralmassen auf jeden Fall eine starke Emporpressung stattgefunden haben muss, nur war nicht die Emporpressung die Ursache der Störungen in den benachbarten Gesteinsschichten, sondern sie wurde wie diese durch eine ausserhalb liegende Kraft mitbewirkt.

Eine weniger starke Aufwölbung, die sich jedoch durch die ganze Länge der Alpen hinzieht, liegt südlich von den genannten Gebirgsstöcken: sie beginnt in den Walliser Alpen und lässt sich, immer in der Achse des Gebirges, bis in die Ostalpen verfolgen.

Fig. 7 und Fig. 8 können eine Vorstellung geben von dem Verlauf der Krustentheile nach vollendeter Zusammenpressung. Während am Montblanc (Fig. 6 und 7) die Faltung der Liasgebilde auf beiden Seiten auftritt, ist westlich davon in der Dauphine (Fig. 8), nur der west-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

liche Flügel eingeschlagen. (Die beiden Bildchen sind der Karte Nr. 5 in den Petermann'schen geogr. Mitth. 1876 entlehnt.)

Eine höchst bezeichnende Eigenschaft der Kettengebirge ist ihr einseitiger Bau, auf welchen besonders Prof. Suess in seinem Werke über die Entstehung der Alpen ein Hauptgewicht legt. In den einzelnen Zweigen des Alpensystems, besonders aber in den Ostalpen ist diese Einseitigkeit scharf ausgeprägt, desgleichen auch im Apennin und in anderen Kettengebirgen. Als besonders instructives Beispiel will ich die Karpathen anführen, diesen grossen Gebirgsbogen, der nordöstlich von Wien beginnt und in einer Reihe von einseitigen Ketten die ungarische Tiefebene umsäumt.

Krystallinische Stöcke, ähnlich denen in den Westalpen, bilden inselartige Centralmassen, die in den meisten Fällen ihre freie Seite der ungarischen Tiefebene zukehren, während sie nach aussen hin Auflagerungen von sedimentären Gesteinen zeigen. Diese letzteren sind auch dort, wo die krystallinischen Stöcke fehlen, nach Süden hin scharf abgebrochen, sie bilden „eine Verwerfung", auf der die ausgedehnten Durchbrüche tertiärer Eruptivgesteine, die ungarisch-siebenbürgischen Trachytgebirge bildend, stattgefunden haben, während im Norden die gefalteten Kreide- und Eocänsandsteine eine ganz ausserordentliche Entwicklung zeigen. Aus ihnen ragen, als die Zeugen eines ganz ungeheuren seitlichen Druckes, einzelne Schollen der dabei zertrümmerten älteren Gesteine, die jurassischen „Klippen-Kalke" empor.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Eines der ausgezeichnetsten Beispiele für das was man ein Faltengebirge nennt, bildet das Juragebirge in der Schweiz (siehe Fig. 9). Mit einem den Alpen zugewendeten Steilrand, erheben sich die parallelen Ketten aus der „niederen Schweiz". Diese Ketten zeigen eine überraschende Uebereinstimmung in Bezug auf ihren Bau. Schichten der Trias- und Juraperiode bilden die auf der Gewölbehöhe oft geborstenen, durch Längsmulden von einander getrennten Falten, von denen sowohl die südlichste als auch die nördlichste vollkommen zusammengedrückt sind und eine totale Ueberkippung erfahren haben, so dass die südliche nach Süden, die nördliche aber nach Norden überschoben erscheint. Nirgends treten krystallinische Gesteine zu Tage und dürfte über jeden Zweifel erhaben sein, dass Studer das Richtige getroffen hat, als er für die Entstehung der parallelen Mulden und Sättel (die synclinalen und anticlinalen Falten) einen starken Seitendruck von Süden her annahm.

Ganz ähnlich ist der Bau der Alleghanys an der Ostseite von Nordamerika (vergl. Fig. 10), nur sind es hier sehr alte (paläozoische) Formationen, die in Falten gedrückt sind, und ist für diesen Fall die Einwirkung der Kraft von Osten her anzunehmen.

Auch die, das adriatische Meer zwischen sich fassenden Gebirge, der Apennin und die dinarischen Alpen lassen Faltenbildung erkennen. Der Apennin zeigt zwei von einander wesentlich verschiedene Seiten, eine Seite der Stauung gegen die Adria hin, und eine gegen das tyrrhenische und ligurische Meer gekehrte, wo Sen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

kungen und Abrisse stattgefunden haben. Lias-, Jura-, Kreide- und Eocänschichten finden sich im centralen Theile in Falten gelegt, durch eine Kraft, die offenbar von Westen her gewirkt hat.

Der Karst und die dalmatinischen Küstengebirge haben dasselbe Streichen wie der Apennin, und dürften die beiden Gebirgs-Systeme in einem näheren Zusammenhange zu einander stehen. Die Adria liegt in einer grossen Mulde zwischen beiden Systemen in einer Synclinalen, welche bei der Aufstauung der beiden Gebirge sich gebildet haben mag; doch lässt der steilere Ostrand überdiess auf einen Abbruch der Schichtengebilde schliessen. Die Falten sind im Karst nach Südwesten übergeschlagen, was entweder durch eine in der Richtung von Norden und Nordosten her wirkende Druckkraft, oder durch ein Unterschieben der an den Alpen aufgestauten Massen, durch überwältigenden Druck von Süd und Südwest, erklärt werden kann, da nicht nur die drückende, sondern auch die widerstehende Gewalt in Betracht gezogen werden muss. Es ist diess eines der wenigen Beispiele von einer nach Süden hin übergreifenden Faltung (vergl. Suess, Entstehung der Alpen, 4. Abschn.).

Der erste, der es versuchte, die in den Gebirgsschichten so häufig auftretenden Faltungen experimentel zu erklären, war James Hall, der Schichten feuchten Thones einem seitlichen Drucke aussetzte. Die auf solche Weise erhaltenen Falten und Knickungen entsprechen jedoch den in der Natur an unzähligen Punkten thatsächlich zu beobachtenden Faltungserscheinungen nur bis zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

einem gewissen Grade. Man hat mit Recht eingewendet,[1]) dass die auf solche Art erzeugten Faltenbildungen viel zu symmetrisch seien, um eine vollständige Uebereinstimmung mit den gefalteten Gebirgsschichten zu zeigen, da die letzteren nur in den seltensten Fällen einen derartig symmetrischen Bau erkennen lassen, wie er z. B. im Schweizer Jura stellenweise auftritt, sondern, wie schon angeführt wurde, in den meisten Fällen mehr weniger einseitig erscheinen, d. h. mit ihren Scheiteln in einer gewissen Richtung verschoben sind, ja sogar zungenförmige Ueberwölbungen bilden. Es ist eben beim Versuche nicht möglich alle die Verhältnisse nachzuahmen, welche in der Natur, im Grossen, die Erscheinungen beeinflussen. Hall's Versuch zeigt daher nichts Anderes als: dass durch Seitendruck vorher horizontale oder doch ebene Schichten in Falten gelegt werden können.

Bei den der Faltenbildung unterworfenen Gesteinschichten stehen in der Regel weite Flächen zu Gebote, grosse Krustentheile, auf deren Massen die Wirkung der Schwere nicht verloren geht oder doch nicht, im Vergleiche zur Grösse des wirksamen Seitendruckes, als ganz verschwindend klein zu betrachten sind, wie es bei den gedrückten Thonschichten Hall's der Fall ist. Wie sehr die Schwerkraft modificirend auf die Faltenbildung selbst im Kleinen einwirkt, das zeigen uns die instruc-

---

[1]) Vergl. Theod. Fuchs. Ueber Gebirgsfalten. Verhandl. der k. k. geol. Reichsanst. 1875 pag. 196—198.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

tiven Bilder, die Herr Custos Th. Fuchs von ganz eigenthümlichen Störungen an verschiedenen Stellen des Wiener Tertiärbeckens gezeigt hat,[1]) indem hier die Richtung der Falten von der Neigung der Schichten, ihrer „Fallrichtung" abhängt.

Von grosser Wichtigkeit für die richtige Auffassung der bei der Gebirgsbildung auftretenden Umstände ist die schon mehrfach betonte Stellung der Kettengebirge zu den Massengebirgen, den alten Festländern, an deren Rändern die jüngeren Bildungen sich stauen mussten und in Folge dessen sie zu Gebirgsketten emporgepresst wurden. Eine solche alte Scholle ist, wie schon erwähnt, das hercynische oder böhmisch-mährische Massiv. Mehr als 800 Geviertmeilen gross, besteht es aus krystallinischen Gesteinen, welche in den Randgebirgen ihre grösste Höhe erreichen. Diese sind nach zwei auf einander senkrecht stehenden Richtungen angeordnet. Suess vergleicht den Bau dieses Massivs (l. c. pag. 156) mit den übereinander geschobenen Schollen des Packeises.

Im Böhmerwalde sind es Granit und krystallinische Schiefer, welche nach Nordosten, gegen das Innere des Landes einfallen. Es kommen hier weder jüngere Eruptivgesteine noch Spuren späterer gewaltiger Störungen vor.

Im Erzgebirge streichen die Schichten der krystallinischen Gesteine senkrecht zu denen des Böhmer-

---

[1]) Th. Fuchs, Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt 1872. Bezeichnend für diese Faltungen ist übrigens noch, dass sie an ein bestimmtes Material gebunden erscheinen, nämlich an den ungemein feinkörnigen und plastischen Tegel.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

waldes, die Schichten sind nach Nordwest gegen Sachsen hin sanft geneigt, während sich nach Südosten, nach Böhmen hin eine tiefe und breite Kluft geöffnet hat, wobei, wie v. Hochstetter annimmt, der südliche Theil bis auf das stehengebliebene Karlsbader Gebirge eingesunken ist. Auf dem Senkungsgebiete erheben sich die nach der grossen Störung emporgedrungenen Basalte des böhmischen Mittelgebirges und des Duppauer Gebirges. Das Iser- und Riesengebirge und der Harz lassen gleichfalls Verwerfungen und Faltungen, der letztere an seinem Nordrande bei Blankenburg sogar eine S-förmige Biegung und Ueberschiebung der mesozoischen Schichten, und somit wieder eine seitlich wirkende Kraft erkennen, wobei beim Harz entweder der krystallinische Stock gegen Norden auf die vorgelagerten sedimentären Gebilde einen Druck ausgeübt hat, oder diese letzteren, von Norden her, gegen die krystallinische Scholle gedrückt und dadurch aufgestaut wurden.

Nach diesen Vorausschickungen lassen Sie uns die verschiedenen Ansichten über die Entstehung der Gebirge, mit besonderer Berücksichtigung der neueren Theorien in Betracht ziehen.

Die älteste Ansicht über die Art der Gebirgsbildung ging von der Annahme aus, dass diese als eine Hebungserscheinung aufzufassen sei, veranlasst durch gewaltiges Andrängen des flüssigen Erdinneren gegen die äussere erstarrte Rinde, welche dadurch gehoben und schliesslich zerbrochen wurde, worauf die flüssigen oder

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

halbflüssigen Massen durch die entstehenden Spalten hervordrangen, dieselben erweiterten und dabei die benachbarten Krustentheile in Falten zusammen schoben. Bernh. Studer und Naumann vertraten unter Anderen in neuerer Zeit diese Ansicht.

Letzterer nennt den Hebungsact das Resultat des Conflictes zwischen der Erdkruste und dem Erdinnern[1]). Als hypothetische Ursache des kolossalen Druckes, der zur Hebung nothwendig angenommen werden muss, möchte Naumann[2]) eine Volumenvergrösserung, bei der an der Innenseite der Kruste fortschreitenden Erstarrung, der früher flüssigen Massen annehmen. (Er hält sie wegen der grösseren Zusammendrückbarkeit der flüssigen Körper für nicht unmöglich.) Da dadurch der mit flüssiger Masse erfüllte innere Raum verkleinert wird, müsse auf diese ein viel grösserer Druck einwirken und in Folge dessen eine Reaction derselben gegen die Erdkruste eintreten.

Nach Hopkins[3]) wäre die Ursache in der ungeheuren Spannkraft der im Erdinnern befindlichen elastischen Dämpfe zu suchen.

Nach diesen Ansichten müsste ein Gebirge eine aus plutonischen Gesteinen[4]) bestehende Achse besitzen und symmetrisch angelagerte Nebenzonen erkennen lassen. Abgesehen nun davon, dass in vielen Gebirgen von plutonischen Gesteinen keine Spur zu sehen ist, — sie

---

[1]) Lehrbuch der Geognosie I. pag. 366.

[2]) l. c. pag. 269.

[3]) Report brit. Assoc. 1847.

[4]) So nennt man die ältesten Eruptivgesteine.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

könnten ja in der Tiefe stecken — sind diese, wenn vorhanden, in den meisten Fällen weit ausserhalb der Mittellinie des Gebirges, seitlich gelegen, und wenn auch in den Ostalpen, durch symmetrische Anordnung der Kalk- und Sandsteinzonen, nördlich und südlich von der krystallinischen Centralzone, die Berechtigung obiger Folgerung einzutreten scheint, so haben doch auch hier genauere Studien gezeigt, dass diese Symmetrie nur eine scheinbare ist; auch sind in den Alpen die Centralgesteine nur selten Eruptivgesteine, sondern im Gegentheil zumeist krystallinische Schiefergesteine, die selbst auf das Mannigfaltigste gebogen und gefaltet erscheinen.

Es kann sich demnach bei den Gebirgsbildungsursachen, nicht um eine Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche, in dem Humboldt'schen eruptiven Sinne handeln.

Hier möchte ich auch der Ansicht gedenken, die Herr G. Wepfer in Wasseralfingen in den Würtembergischen Jahresheften 1876, pag. 156—177 ausgesprochen hat. Bei den Erstarrungsvorgängen im Innern der Erde lagern sich, so meint er, an die feste Kruste die jeweilig leichtesten Mineralstoffe in unregelmässigen krystallinischen Massen an, ragen aber in die dichteren (specifisch schwereren) geschmolzenen Massen hinein, und werden dadurch einen Auftrieb erfahren, der radial vom Mittelpunkte gegen die Oberfläche wirken wird. In diesem Auftrieb glaubt Wepfer „die dynamische Kraft entdeckt zu haben, deren Grösse immense Steigerungen erleiden kann, und die eine wichtige Rolle bei der Hebung der Gebirge gespielt haben wird".

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Gebirge müssten sich demnach überall dort erheben, wo im Erdinnern ungeheure Anhäufungen leichter Gesteinsmassen stattfinden.

Wepfer findet in der durch Pendelversuche constatirten, im Verhältniss zur Masse des betreffenden Gebirges etwas zu geringen ablenkenden Einwirkung auf die Lothlinie, eine Bestätigung seiner Ansicht.

Dieselbe schliesst sich im Allgemeinen an die erörterte Hebungstheorie an, und unterscheidet sich z. B. von der Naumann'schen Theorie durch Hervorhebung des Auftriebes als dynamische Kraft.

Man versuchte die Frage, wodurch die Faltung der Erdkruste hervorgerufen worden sei, auch auf andere Weise zu lösen, und wir wollen zuerst die „chemischen Theorien" betrachten, wie sie von Gust. Bischof, Volger und Mohr aufgestellt wurden.

Gustav Bischof[1]) suchte die Entstehung der Gebirge durch Volumenzunahme zu erklären, welche eintritt, wenn Gesteine Stoffe aufnehmen, durch die ihre Dichte nicht vergrössert wird. Sollte ihre Dichte dabei aber noch vermindert werden, so müsste die Volumenvergrösserung dann eine um so grössere sein.

Mineralien (so sagt Bischof l. c. pag. 338), welche durch Kohlensäure zersetzbare Silicate enthalten, sind von dieser Art; aus ihnen entstehen, wenn sie längere Zeit der Einwirkung der Kohlensäure ausgesetzt sind,

---

[1]) Lehrbuch der chem. und phys. Geologie I. 336—356 (II. Auflage 1863).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Carbonate und Thonerdesilicate, während Kieselsäure ausgeschieden wird. Da diese Substanzen alle eine geringere Dichte haben als die Mineralien, woraus sie entstanden, so muss nothwendig eine Volumenvermehrung eintreten.

So berechnet z. B. Bischof das Volumen der Zersetzungsprodukte

von Granit mit 1·65,

„ Gneiss „ 1·57,

„ Basalt „ 1·73—2·13,

„ Thonschiefer mit 1·3—1·5 des ursprünglichen Volumens.

Kohlensäure-Exhalationen, so schliesst Bischof, sind eine allgemein verbreitete, grossartige Erscheinung; dringt nun Kohlensäure beim Aufsteigen durch Silicatgesteine, so werden diese zersetzt und das Volumen der Gesteine nimmt in Folge dessen zu. Zur Hebung eines Gebirges von einer Meile Höhe wäre eine Gesteinsmasse von einer Meile Mächtigkeit hinreichend, wenn diese durch Kohlensäure vollständig zersetzt würde. Die bei solcher Volumenzunahme geweckten Kräfte, die alle Widerstände überwinden können, wirken im allgemeinen hebend nach aufwärts, doch können sie, fährt Bischof fort, „in sehr beschränktem Grade“ auch seitwärts wirken.

Material zu solchen Vorgängen ist überall in Menge vorhanden.

Senkungen der Erdkruste erklärt Bischof (l. c. 355) durch Umwandlungen von amorphen, wasserhaltigen Silicaten in wasserfreie, krystallinische Silicate (Feldspath,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Glimmer etc.), die dabei eintretende Volumenverminderung müsse eine säculare Senkung der Kruste zur Folge haben. Abgesehen von der so ziemlich feststehenden Thatsache, dass chemische Processe bei Einwirkung eines grösseren Druckes unterbrochen werden, ist diese Erklärungsweise, so viel Berechtigung sie auch in einzelnen localisirten Fällen haben könnte, doch sicher nicht in der Weise zu verallgemeinern, wie diess von Bischof und nach ihm auch von Peschel angenommen wurde.

Andere Lösungen der Frage auf chemischem Wege versuchten Volger [1]) und Mohr [2]) aufzufinden.

Ersterer stellt sich vor, dass die am Grunde der Meere abgesetzten Sedimente durch die darüber lagernden Massen belastet werden, und diesem Drucke ausweichend sich ausstrecken, um dort, wo der Druck geringer ist, emporzuquellen und sich faltig zusammenzuschieben. Ausserdem sollen aber auch die wachsenden Krystalle mithelfen an der Bildung des „ungeheuren Faltenwurfes", der das „Gewand der Erde" kennzeichnet.

Den letzteren Gedanken hat Mohr aufgegriffen und weiter ausgeführt. Nach seiner Meinung ist die Capillarattraction die bei der Bildung und Umbildung der Krystalle auftritt eine Kraft, grösser „als wir eine andere Kraft in der Natur kennen". Nach Pfaff's Versuchen würde dieselbe freilich schon durch einen Druck von vier Atmosphären überwunden.

---

[1]) Volger: Erde und Ewigkeit 1857. pag. 431—453.

[2]) Mohr: Geschichte der Erde. pag. 193.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Senkungen erklären sich nach dieser Theorie durch Aushöhlungen im Erdinnern in Folge der auflösenden Thätigkeit des in den Gesteinen circulirenden Wassers. Pfaff [1]), der Geologe, der stets verneint, hat mit vollem Recht hervorgehoben, dass auf diese Weise Hebungen und Senkungen denselben Ursachen zugeschrieben werden: „das Wasser entführt oben den Schichten feste Bestandtheile, wodurch sie sich senken, und bildet aus diesen in der Tiefe Krystalle, welche das Gebirge wieder in die Höhe heben". Volger schliesst eben durch unrichtiges Verallgemeinern möglicher, ja thatsächlich bestehender, aber beschränkter Vorgänge, auf wahrlich unbeschränkte Folgen.

Viel mehr Aussicht auf richtigem Wege zu sein hatten jene, die auf der vorhin erörterten Hebungstheorie fussend, die grossen, alles beherrschenden, aus der Massenanziehung und der Wärme entspringenden Kräfte in Betracht zogen. Wir könnten diese Theorien als die physikalischen bezeichnen.

Wenn ich die Namen Shaler, Dana und Suess ausspreche, glaube ich die drei Hauptvertreter dieser Richtung genannt zu haben.

N. S. Shaler [2]) geht von der Ansicht aus, dass die Erde bereits durchaus starr geworden sei. Für ihn sind

---

[1]) Pfaff: Allgemeine Geologie als exacte Wissenschaft pag. 207.

[2]) On the Formation of mountain chain. Geological Magazine 1868. V. pag. 511 — 517. Deutsch in Klöden's Handbuch der Geographie I. pag. 442—444.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die Oberflächen Gebilde, die zuletzt erstarrten Theile, die nach seiner Meinung auf der hypothetischen, geschmolzenen Zwischenschichte liegend gedacht werden.

Die nächste Frage sei, ob Continentbildung und Gebirgserhebung verschiedengradige Aeusserungen einer und derselben Ursache seien oder nicht? Im ersteren Falle dürften sodann keinerlei andere Erscheinungsunterschiede bestehen, als die der verschiedenen Grösse. Die hierüber bestehenden Zweifel führen Shaler zu dem Ausspruche, dass diese beiden Erscheinungen nicht weiter verwandt seien als dadurch, dass beide durch Faltungen der Erdrinde entstanden gedacht werden müssen.

Die Gebirge sind nach dieser Meinung als Liniarbrüche der äusseren Rindentheile aufzufassen, die durch localisirte Energie entstanden, deren Wirkungen jedoch schon in geringer Entfernung vom Bruchrande nicht mehr erkennbar sind. Die Grösse der continentalen Falten und die sanften Höhencurven derselben führen ihn dagegen zu der Ansicht, dass in diesen Fällen die ganze starre Kruste von den Bewegungen mitbetroffen worden sei, Bewegungen die aus der Accommodation der Aussenrinde an den sich verringernden Kern entstanden.[1])

---

[1]) O. Fisher (Geol. Magazin V. 1868, pag. 493 ff.) spricht über die Entstehung der Gebirgsketten eine ähnliche Meinung aus, indem er sich den Vorgang derart vorstellt, dass die mehrere Meilen dicke Erdkruste, durch Zusammenziehung der inneren Theile der Erdmasse beim Abkühlen, den Zusammenhang mit derselben verlieren, und so unter

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Gebirgsketten, so fährt Shaler fort, sind Resultate eines seitlichen Druckes und entstanden, unabhängig von der Anpassung der Kruste an den schwindenden Kern, da diese, wie er sagt, nicht die sanften Wölbungen der continentalen Falten und zugleich die schmalen Brüche der Gebirgsketten erzeugt haben könne. Die Ursachen dieses seitlichen Druckes, und diess ist der Hauptpunkt der Shaler'schen Entwicklung, müsse man innerhalb der Rinde selbst suchen, in Vorgängen die nichts mit den Veränderungen der tiefer liegenden Innenmassen der Erde zu thun haben. — Welches könnten nun diese Ursachen sein?

Die von Shaler gegebene Antwort auf diese Frage ist in Kürze die folgende:

Der obere Theil der Aussenkruste ist auf die Temperatur der Atmosphäre erniedrigt, und behält diese unabänderlich bei, wogegen die unteren Partien ihre grössere Wärme fortwährend abgeben, also abkühlen und in Folge dessen ununterbrochen zusammenschrumpfen, wodurch selbstverständlich eine grosse Spannung auftreten wird, in Folge welcher die oberen Theile gegen einwärts gezogen werden und diesen Zug, als seitlich

---

der Wirkung des kolossalen Druckes nachgeben und einsinken müsse. Die Grösse des Druckes, der ähnlich so wie bei einem Gewölbe nach den Seiten hin wirke, bestimmt er für jedes cubische Stück der Erdkruste als gleich dem Gewichte einer Säule von dem Querschnitte und der Dichte der betreffenden Felsmassen und der halben Länge des Radius der Erde.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wirkenden Druck, auf ihre einzelnen Theile weiter fortpflanzen, bis entweder die inneren Theile zerreissen, oder die oberflächlichen Partien in Falten gelegt, eventuell zerbrochen werden, wobei es, wegen der geringen Dicke der äusseren, constanter temperirten Regionen wahrscheinlicher ist, dass in ihnen die Krümmungen und Brüche der Schichten eintreten werden, als in den viel mächtigeren tiefer gelegenen Theilen der festen Erdkruste.

Die Gebirgserhebungen — diess wären ja die Resultate der geschilderten Vorgänge — müssten demnach auf die äusseren Krustentheile beschränkt sein, eine Ansicht wie sie ähnlich auch von Prof. Suess in seinem schönen Werke über „die Entstehung der Alpen“ [1]), ausgesprochen wurde.

Complicirter wird der geschilderte Vorgang unter Mitbetrachtung der stetig wirkenden Denutation des Festlandes einerseits, und den Ablagerungen der Zerstörungsproducte am Grunde der Oceane andererseits. Shaler hat schon früher die Meinung ausgesprochen, dass überall dort, wo Ablagerungen vor sich gehen, also vor Allem am Meeresgrunde, das Bestreben der Kruste vorherrsche in die Tiefe zu sinken, wodurch die schon herrschende Spannung in den Continentalfalten noch vergrössert werde. Diese Betrachtung führt mit zu einer Erklärung, warum gerade die Küstenlinien zugleich Linien grosser Brüche und tiefgehender Dislocationen sind. Obwohl man dabei, wie ich meine, nicht vergessen sollte,

---

[1]) Ed. Suess: Die Entstehung der Alpen. Wien 1875.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dass auch am Monde, der ohne alle Meeresbedeckung ist und auch der bei den Denutationen thätigen Atmosphäre vollkommen entbehrt — trotzdem tiefe Einsenkungsfelder vorkommen, die man vielleicht am besten mit den ungeheuren Depressionen vergleichen könnte, die wir die Becken der Oceane nennen.

Doch folgen wir dem Gedankengange Shaler's weiter.

Am Festlande wird die Kruste durch Denutation dünner, wodurch die Abkühlungsvorgänge in der Tiefe rascher erfolgen können, während sie durch Verdickung der Kruste am Grunde der Oceane verzögert werden.[1])

Die Spannungen müssen demnach auch auf den Festlandsmassen grösser sein als in den, von Oceanen bedeckten Theilen der Erdkruste. Dort sehen wir daher meistens die Hebungserscheinungen vor sich gehen, an den Gränzen beider aber werden die plötzlichen Auslösungen vorzugsweise eintreten, wenn durch die Spannung die Widerstandsgrenzen überschritten werden, in welchem Falle dann die Krustentheile geknickt und übereinandergeschoben und die Gebirgsketten emporgehoben werden. Die Kraft, sagt Shaler, welche alle diese Vorgänge veranlasst, ist von unbegrenzter Grösse, wir können sie so gross annehmen als wir sie brauchen.

---

[1]) Diese Ansicht ist übrigens fast wörtlich so, von Sir John Herschel in einem Vortrage über Vulkane und Erdbeben ausgesprochen worden. Familiar Lectures on Scient. Objects pag. 12. (man vgl. auch Peschel: Neue Probleme pag. 94).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Shalers Ansichten lassen sich demnach folgendermassen formuliren:

1. Die Continentalfalten sind Runzelungen der gesammten Dicke der Erdkruste.

2. Die Gebirgsketten sind nur Faltungen in den äusseren Theilen der Rinde der Festländer, entstanden durch Zusammenziehungen der unteren Regionen derselben in Folge der fortschreitenden Abkühlung und

3. Das Sinken des Meeresgrundes, unter Mitwirkung der sedimentären Ablagerungen, veranlasst Auslösungen: d. s. Brüche und Dislocationen längs der Küsten, und veranlasst auch zugleich mit die Entstehung der, den Küstenlinien parallelen Gebirgsketten.

Dabei sei schliesslich nur noch hervorgehoben, dass für alle diese Schlüsse die Annahme eines starren Erdkernes ganz und gar unnöthig ist, ja dass dadurch die Folgerungen nur erschwert werden, da man zu der gleichfalls hypothetischen Annahme einer flüssigen Schichte zwischen dem starren Kern und der festen Kruste gezwungen wird.

Hier möchte ich aber noch auf einen Satz aus Humboldt's Kosmos[1]) hinweisen, welcher lautet: „Ungleicher säcularer Wärmeverlust der Erdrinde und des Erdkernes bewirkt eine Faltung (Runzelung) der starren Oberfläche". Er beweist gleichfalls, dass der von Shaler weiter ausgeführte Gedanke in seinen Grundzügen viel älteren Datums ist.

---

[1]) 1845. Kosmos. I. pag. 312.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Von grossem Interesse ist die von Dana[1]) aufgestellte Theorie der Gebirgsbildung, welche ich in kurzen Zügen, seinem Ideengange folgend, entwickeln will.

Dana geht von der Annahme aus, dass die Erde eine sich abkühlende und daher fortwährend kleiner werdende Kugel sei. Die äusserste Kruste, die sich über dem Rest der ursprünglich flüssigen, und wie auch Dana übereinstimmend mit Shaler annimmt, vom Mittelpunkte aus fest gewordenen Masse bildete, verdickt sich nach einwärts fortwährend, wodurch, da die Dichte der Felsen zum mindesten um 8 % grösser sei, als die der flüssigen Massen woraus sie entstanden, ein seitlich wirkender Druck in der Kruste auftreten und ein Nachgeben derselben schliesslich die unausbleibliche Folge sein müsse.

Dana denkt dabei an einen verdorrenden Apfel, dessen Aussenschale sich in Folge der inneren Volumsverminderung in Falten legt und runzelig wird, und glaubt in der festen Kruste, als eine Folge der Abkühlungsvorgänge, die Anzeichen einer, nach gewissen Richtungen (ONO und NNW) hin geringeren Widerstandsfähigkeit (er spricht von „Linien des geringsten Zusammenhanges“) annehmen zu sollen, deren Erklärung er in der schnelleren Abkühlung dieser Aussenpartien finden will. Er

---

[1]) Zuerst in einer Reihe von Abhandlungen in Amer. Journ. of Scienc. and Art. Juni — September 1873, und in gedrängter Uebersicht in seinem Manual of Geology. II. Ed. pag. 735—754.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nennt es die Cleavage Structur der Erde, und vergleicht dieses Verhalten mit den Richtungen leichter Spaltbarkeit bei vielen Mineralien. Das Vorwalten der in diesen Richtungen verlaufenden Bruchlinien auf den Festländern, und die Richtungen der continentalen Grenzen sollen für diese Meinung sprechen.

Die grossen Plateau's, als welche wir die Continente auffassen können, betrachtet auch Dana als die zuerst erstarrten Theile der Erdoberfläche. Die ersten Schollen sollen nach dieser Ansicht, vermöge der beim Festwerden zunehmenden Dichte, in den benachbarten geschmolzenen Massen eingesunken, dabei in ihren unteren Partien theilweise abgeschmolzen sein; über ihrer Oberfläche aber sollen immer neue Flüssigkeitstheile erstarrt sein, bis endlich ein Stock entstand, der mit seinem Fusse auf dem starren Erdkern aufruhte. Dieser Theil der Theorie ist wohl der schwächste; er erinnert an die von W. Thomson ausgesprochene Vorstellung von den ersten Erstarrungsmomenten, die ich in meinem vorjährigen Vortrage erörtert habe.

Die zwischen den grossen Schollen befindlichen Areale erstarrten in der Folge gleichfalls. Die Krusten wurden allmälig dicker und dicker und sanken ein, u. zw. in Folge der oben erwähnten Dichtigkeitszunahme und der Volumsverminderung des abkühlenden Erdinnern. Dana schliesst, indem er eine Vergrösserung der Dichtigkeitszunahme um $8^0/_0$ und ein Einsinken bis 5000 Meter unter das Niveau der jetzigen Festländer annimmt, auf eine Krustendicke von 38 engl. Meilen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

In Folge der fortwirkenden Contraction der Kruste, eines über den ganzen Erdball verbreiteten Vorganges, bilden sich, durch die Thätigkeit der dabei auftretenden ungeheuren, in fast horizontaler Richtung wirkenden Kräfte, die wir als seitlichen Druck bezeichnet haben, Biegungen und Faltungen in der Kruste, die muldenförmig vertieft oder sattelförmig erhoben sein können. Erstere nennt Dana die Geosynclinalen, letztere die Geanticlinalen. Ausserdem werden aber auch Brüche und Quetschungen überall dort eintreten, wo die Grenzen der Biegsamkeit überschritten werden.

Diese Kräfte äusserten sich zuerst an den Rändern der Continente. Hier erhoben sich mächtige Gebirgszüge, oft in mehreren parallelen Ketten, die in verschiedenen Perioden nacheinander entstanden und zwar so, dass sich die Nebenketten immer an der Seeseite, dem zuerst gebildeten Zuge anschmiegten.

(Whitney war es, der zuerst den Satz aussprach, dass parallele Ketten nicht gleichzeitig entstanden seien, wie Beaumont angenommen hatte, sondern sich nacheinander gebildet hätten.)

Nach Dana's Meinung wirken die unter dem Niveau der Festländer liegenden, jetzt vom Meere bedeckten Krustentheile drückend auf die Abhänge der Festlandsmassen ein, und pressen dieselben an ihren Rändern in die Höhe und zwar um so mehr, je grösser und ausgedehnter die drückenden Massen — also je grösser die Oceane sind.[1])

[1]) Die Frage nach der Ursache des Aufsteigens der Gebirge an den Festlandsrändern, hat auch den leider so früh

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Thätigkeit der seitlichen Pressung äussert sich nach Dana in einem Auf- und Niederbewegen der Kruste. Wir kennen in der Reihe der Formationen mehrere Perioden wiederholter Senkung weiter Territorien, die in einer späteren Periode wieder emportauchten.

Dafür sprechen die sogenannten Transgressionen, das sind die Uebergreifungen eines späteren Meeres über das Terrain einer früheren Meeresbedeckung. Einer der grossartigsten Vorgänge dieser Art erfolgte z. B. während der Kreideformation.

---

verstorbenen hervorragenden Geographen Oskar Peschel beschäftigt. (Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde II. Aufl. 1876 pag. 85—96.) Auch er hebt hervor, dass die grossen Gebirge aus Parallelketten bestehen, so die Anden, Alpen, der Jura und die Appalachien, und spricht beispielsweise für die Letzteren die Ansicht aus, dass die hebende Kraft vom atlantischen Ocean her gewirkt haben müsse. Die Lage und die Streichungsrichtungen sämmtlicher Gebirge erscheinen bedingt durch die Ufer des Festlandes dem sie angehören. Bei allen neueren (in der Tertiärzeit emporgestiegenen) Gebirgen, so bei den Alpen, den Cordilleren und dem Himalaya ist diess in der That nachweisbar, während für die im Inneren der Festlandsmassen gelegenen, die Entstehung in eine viel frühere Zeit versetzt werden muss, (so beim Ural, dem Böhmerwald, dem Harz und anderen), in eine Zeit ganz anderer Vertheilung von Wasser und Land. Peschel hebt dabei scharf hervor, dass alle jüngeren Gebirge sich an ihren continentalen Abhängen an weite Hochländer anlagern. Die Erklärung des Aufsteigens der Gebirge an den Küstenrändern sucht er aber, wie wir gesehen haben, mit Bischof in einer chemischen Umwandlung der Gesteine.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Von den Haupterscheinungen der Erhebungen auf der Erdoberfläche, die einer Erklärung bedürfen, können wir, nach Dana, ausser dem Auftreten der Gebirge an den Rändern der Continente, noch besonders hervorheben, dass auch die Vulkane zumeist an den Küsten und zwar an der, dem grösseren Ocean zugewendeten Seite der Continente stehen. So ist der Pacifische Ocean förmlich umgürtet von Vulkanreihen.

Den Vorgang bei der Entstehung der Gebirge, stellt sich demnach Dana folgendermassen vor:

In Folge des Niedersinkens eines Krustentheiles entsteht eine weite Mulde, eine Geosynclinale, womit die Gebirgsbildung eingeleitet ist. In dieser Mulde sammeln sich Ablagerungen der verschiedensten Art, vorzugsweise Kalk und Thonschlamm fortwährend an, bis endlich die Mulde das Maximum der Tiefe erreicht und eine Katastrophe eintritt. Die tiefsten Theile derselben werden nämlich durch die von Innen wirkende Erdwärme geschwächt, bis sie endlich dem Seitendrucke nachgeben und zusammenbrechen. Die Sedimente werden dadurch auf einen viel kleineren Raum zusammengedrängt, in Falten gelegt und über das Meeresniveau emporgehoben. Auf diese Weise entsteht nach Dana ein Gebirge, welches er, weil aus einer Mulde (Synclinale) entstanden, ein Synclinorium nennt. Dieses wird um so grösser sein, je ausgedehnter die Mulde anfänglich war.

Solche Processe können wiederholt stattgefunden haben. Nachdem sich nämlich ein Synclinorium dem benachbarten Festlande angelagert hatte — denn an den

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

alten Festlandsmassen musste die Aufstauung der zusammengeschobenen Sedimente erfolgen — konnte sich seewärts die Muldenbildung wiederholt haben. Dana findet eine Begründung seiner Vorstellung in den Verhältnissen der Nordamerikanischen Gebirge und zwar, sowohl in den Appalachien an der Ostseite — wo es nach der Bildung der Alleghany-Kette (die am Schlusse der Carbon-Periode entstand), während der Trias- und Jura-Formation, ostwärts davon, zu wiederholter Muldenbildung gekommen sei — als auch in den Ketten am Pacifischen Ocean.

Dass auch Aufwärtswölbungen der Krustentheile vorkommen werden, ist selbstverständlich. Dana nennt Gebirge, die auf letztere Art entstanden sind, Anticlinoria und sagt, dass sie besonders auf den Festlandsmassen zur Entwickelung kämen. Die Sattelbildungen aber, die bei der Entstehung von Syclinorien nothwendiger Weise mit auftreten müssen, seien derartig zerbrochen, und der Denutation später so sehr ausgesetzt, dass sie zum grössten Theile zerstört wurden.

Nachdem die Kruste durch fortgeschrittene innere Abkühlung immer dicker und durch die Faltung, Erhärtung und mannigfaltige Metamorphosen starrer und widerstandsfähiger geworden — so schliesst Dana weiter — wurde die Bildung von geosynclinalen Gebirgen vielfach erschwert. Die Folgen des nichts desto weniger unablässig wirkenden seitlichen Druckes müssen daher auch später immer grossartigere sein. Sie werden sich zuerst in Aufwärtspressungen äussern, bis die Kruste

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

endlich zum bersten gebracht werden wird. Spaltenbildungen und Ausflüsse vulkanischer Massen mussten daher in den jüngeren Erdperioden zunehmen, wie es in der That der Fall ist, auch sind, wie schon erwähnt wurde, die grossartigsten Kettengebirge in der neueren Zeit entstanden.

Alle diese Vorgänge umfassen ungeheure Zeiträume oder mit anderen Worten: die zur Gebirgsbildung führenden Kräfte wirken ungemein langsam.

Auch hier muss jedoch angeführt werden, dass die Ansichten, welche Dana mit so vielem Erfolg und so grosser Sachkenntniss entwickelte, in ihren Grundzügen nicht ganz neu sind, sondern dass Prevost[1]) schon im Jahre 1840 die Erhebungen als Folgen benachbarter Senkungen erklärte, und dass schon vor diesem, Sir John Herschel[2]) darauf hingewiesen hat, dass zur Bildung mächtiger Sedimente, bedeutende Senkungen der Kruste nothwendig angenommen werden müssten, dass dadurch Theile derselben in Tiefen gelangen werden, deren hohe Temperatur ihren Zusammenhang lockern und dass auf diese Weise endlich Brüche oder überhaupt grössere Störungen erfolgen müssen.

Einen ähnlichen Weg zur Erklärung der Gebirgsbildung hat Heinrich G. Bronn in seiner Geschichte

---

[1]) Bull. soc. géolog. XI. 1840. und Compt. rend. 1853.

[2]) In einem Briefe an Ch. Lyell: Proc. geol. soc. 1838. Suess Entst. der Alpen pag. 4.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

der Natur eingeschlagen [1]). Die Zusammenziehung des Kernes, sagt er, hat ein Einsinken der Rinde zur Folge, was nicht ohne ein Aufsteigen anderer Theile denkbar ist. Hebungen und Senkungen müssen aber mit zunehmender Dicke der Rinde auf immer grössere Flächen ausgedehnt, die Aufquellungen dagegen immer mehr auf einzelne Linien und Spalten, an den geneigten und gebrochenen Rändern der Hebungen verwiesen werden. Dadurch, so heisst es dann an anderer Stelle, dass einzelne Hebungen in grössere Massen zusammenflossen, entstanden die Kontinente, durch wiederholte Hebungen an derselben Stelle aber die Hochgebirge.

Auch Leconte (1872) hat die Meinung ausgesprochen, dass Gebirge jene Linien der Erdoberfläche seien, wo diese einem, aus der Contraction der Erde hervorgehenden Drucke nachgegeben hat.

Professor Suess hat in seinem, im Jahre 1875 erschienenen Werke über „die Entstehung der Alpen", die Fragen nach der Gebirgsbildung im Allgemeinen, mit besonderem Hinblicke auf das grossartigste Kettengebirge Europas, in seiner bekannten glänzenden Weise beleuchtet. Seine Ansicht über die Entstehung der Gebirge lässt sich in Kürze folgendermassen darstellen:

Die Erdkruste dürfen wir uns nicht als etwas absolut starres vorstellen, sondern wir müssen die scheinbar festesten Gesteine, als mit einem gewissen Grade

---

[1]) Handbuch einer Geschichte der Natur. Stuttgart. 1841. I. pag. 245. ff.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von Plasticität ausgestattet betrachten, entstanden durch Erstarrung der Oberfläche unseres Planeten. Wobei wir wieder annehmen müssen, dass diese Erstarrung in gewissen Theilen viel weiter vorgeschritten ist als in anderen, wodurch sich die Entstehung der grossen Urschollen (Archibolen) erklären lässt, welche wir gewöhnlich als Gebirgsmassive bezeichnen. So in Europa: Skandinavien, Schottland, das Centralplateau von Frankreich, das böhmisch-mährische Massiv, die krystallinischen Plateaux der iberischen Halbinsel, Corsika und Sardinien, der südöstliche Theil der Balkan-Halbinsel und die Granitgebiete im südlichen Russland. Durch die ungleiche Contraction, in den zwischen diesen Urschollen gelegenen Krustentheilen, wird eine Bewegung der Massen eintreten, welche um so geringer sein wird, je weiter nach einwärts dieselben liegen. Wo die in Bewegung gesetzten Massen auf Urschollen treffen, werden sie sich unter Umständen zu Gebirgen aufstauen können. Diese Bewegung scheint in Europa vorwaltend nach Norden gerichtet zu sein, (so in den Alpen, Apenninen, Karpathen und im Kaukasus), während sie weiter ostwärts in westöstlicher — (im Ural, Libanon und den Westghats), und in Inner-Asien in südlicher Richtung zu erfolgen scheint.

Die einfachste Form der Gebirgsbildung ist nach Suess ein Riss, senkrecht auf der Contractionsrichtung; als Beispiel kann das Erzgebirge angenommen werden. Die zweite und häufigste Form ist begründet durch die Entstehung einer Hauptfalte, ebenfalls senk-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

recht auf der Richtung der seitlich wirkenden Contraction. In dieser Falte wird bei fortdauernder Kraftäusserung ein Bruch oder Riss auftreten, während die vorliegenden Sedimente in Falten zusammengeschoben werden. Apenninen und Karpathen sind Beispiele hiefür. Durch Stauung an alten Festländern werden die Falten mannigfach abgelenkt.

Um eine Vorstellung von der Art solcher Vorgänge zu geben, sei auf das Verhalten des Alpen-Karpathen Systemes zu dem böhmischen Massiv hingewiesen. Nach dieser Theorie können wir uns vorstellen, dass Alpen und Karpathen einst eine continuirlich zusammenhängende Kette gebildet haben, welche von Süd nach Norden vorrückte. Dabei fanden die Ostalpen an der böhmisch-mährischen Scholle einen unüberwindlichen Widerstand, während die Karpathen durch kein derartiges Hinderniss gehemmt, den weiten Bogen nach Norden bilden konnten. Dadurch entstand aber auch jener grosse Riss, durch den die Donau heute nach Osten abfliesst, jene grosse Pforte, der, den Westen und Osten Europas verbindenden Strasse, an der unsere Metropole liegt.

Die dritte Hauptform endlich entsteht durch einfache Zusammenschiebung der, der Oberfläche näher liegenden Sedimente. Als bestes Beispiel seien der Schweizer Jura und die Alleghanys in Nord-Amerika angeführt.

Durch die Zusammenschiebung in der Richtung des eintretenden Schubes erklärt sich nach Suess die Thatsache, dass man an den Kettengebirgen zwei verschiedene Seiten erkennen kann. An der einen (nach vorne

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gerichteten), tritt die Faltung der Schichten auf, an der anderen Seite hingegen muss eine Lockerung im Gefüge der Erdrinde eintreten, es finden sich hier Spalten und Risse, und auch die vulkanische Thätigkeit hat auf dieser Seite ihren Sitz.

Solche Verhältnisse zeigen Apennin und Alpen, Kaukasus und Karpathen und nicht minder der Balkan und der Ural. Nach dieser Theorie ist also die Entstehung der Gebirge als eine reine Oberflächen-Erscheinung aufzufassen und durch eine ungleiche Contraction in Folge der Abkühlung zu erklären, eine Auffassung der Verhältnisse, welche sich theils an die im Vorhergehenden gegebene Entwicklung der Vorstellungen Shaler's, theils an die Dana'schen Ansichten anschliesst und dieselben einen guten Schritt weiter führt.

Schliesslich möchte ich noch auf die Ausführungen *eines hervorragenden Technikers hinweisen, die mir erst* vor Kurzem zugänglich wurden.

In einem Aufsatze über die Tiefbohrungen bei Böhmisch Brod[1]) spricht der Oberingenieur Franz Ržiha auch seine Ansichten über die Gestaltung der Erdoberfläche aus, in welchen manches Neue enthalten ist. Ein Anhänger der Kant-Laplacé'schen Theorie und von dem Satze ausgehend, dass jeder Wärme abgebende, also abkühlende Körper sein Volumen vermindert, kommt er zu dem Schlusse, dass auch unsere Erde einer solchen Aenderung ausgesetzt sein müsse und berechnet, um diese

[1]) Erschienen in der Zeitschrift Bohemia. Neujahr 1875.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Thatsache recht anschaulich zu machen, unter Annahme einer Verkürzung des Halbmessers der Erde um $2^1/_2$, 5 und 10 Meilen, die Verminderung oder „Schwindung" der Erdoberfläche.

Er kommt dabei zu folgendem Ergebnisse:

Halbmesser der Erde in Meilen	Oberfläche der Erde in Quadratmeilen	Verminderung der Erdoberfläche	je eine Quadratmeile Verminderung für
858 (jetzt)	9,246.219	—	—
860·5	9,300.180	53.961	172·3 Quadratmeilen
863	9,354.298	108.079	86.5 Quadratmeilen
868	9,463.005	216.787	43.6 Quadratmeilen

Ich habe die Rechnung noch für die Volumen-Veränderung der Erde ausgeführt und bin dabei unter denselben Annahmen auf folgende Zahlen gekommen:

Halbmesser der Erde in Meilen	Volumen der Erde in Kubikmeilen	Volumenverminderung der Erde in Kubikmeilen
858	$2645._{310609}$	—
860·5	$2668._{961136}$	$23._{656521}$
863	$2692._{291079}$	$46._{980470}$
868	$2739._{358046}$	$94._{047437}$

Da jedoch das Volumen der gesammten, über das Niveau emporragenden Festlandsmassen, (ihre mittlere Höhe nach Humboldt mit 158 Toisen angenommen), nur etwa 97000 Kubikmeilen, oder, das der gesammten, über das mittlere Meeresbodenniveau aufsteigenden Massen, (die mittlere Tiefe mit 1600 Faden angenommen), nicht viel mehr als eine Million Kubikmeilen (1·08 Mill.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

K. M.) beträgt, — so ergibt sich daraus, dass wir keine so bedeutenden Durchmesserverkürzungen anzunehmen brauchen, um die auf der Erde vorkommenden Einsenkungen und Erhebungen begreiflich zu machen.

Ziehen wir auch noch die Ausdehnungs-Verhältnisse der den Erdkörper zusammensetzenden Stoffe in den Bereich dieser Betrachtungen, so finden wir, unter der Annahme, die Gesammtmasse der Erde bestünde aus Granit, wenn wir für diesen (nach Trotter) den linearen Ausdehnungs-Coefficienten mit 0·00086, also den cubischen Ausdehnungs-Coefficient mit 0·0026 annehmen, für hundert Grade Celsius Temperaturabnahme, eine Volumen-Verminderung um 6.875,489 Kubikmeilen, welche einer Verkürzung des Erdhalbmessers um etwas weniger als eine Meile entsprechen würde. Für eine Kugelschale von 200 geogr. Meilen Dicke, ergäbe sich ein Volumen von 1461 Mill. Kub. Meilen und für eine Temperaturabnahme in derselben um 100° C. unter obigen Annahmen eine Volumenverminderung um 3.798,600 K. Meilen. Nach einer anderen Angabe (von Deville), soll der Granit bei seiner Erstarrung und Abkühlung, von 2000° C. bis auf 0° C., eine lineare Zusammenziehung um 0·03 erfahren, was einer körperlichen Contraction 0·09 entsprechen würde. Angenommen nun, das Erdinnere sei erst in 200 geogr. Meilen Tiefe flüssig, der Radius der flüssigen Kugel also etwa 658 geogr. Meilen und ihr Volumen circa 1193 Mill. Kubikmeilen, so würde beim Erstarren dieser Masse eine Volumenverminderung um etwa 107 Mill. Kubikmeilen die Folge sein.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Für eine Temperaturabnahme von 6000°, bei welcher wohl die ganze Erdmasse flüssig gewesen sein dürfte, würde sich, angenommen der Ausdehnungs-Coefficient bliebe derselbe, das Volumen der Erde mit circa 3357 Mill. Kubikmeilen ergeben; (dem entspräche ein Radius von etwa 930 geogr. Meilen); dasselbe war jedoch gewiss ein noch grösseres, da der Ausdehnungs-Coefficient für bedeutendere Temperaturen in einem rascheren Verhältnisse zunimmt.

Derartige Volumenveränderungen vorgehend gedacht, reichen wohl vollkommen aus, um die Faltungen, Verwerfungen und Aufstauungen begreifen zu können, denen der obere Theil der festen Kruste in allen früheren Erdperioden ausgesetzt war und noch immer ausgesetzt ist. Man ist dabei durchaus nicht genöthiget eine Verkürzung des Erdradius auf die Hälfte seiner früheren Länge anzunehmen, wie Professer Pfaff (Geologie als exacte Wissenschaft pag. 246.) meint,[1]) schon aus dem Grunde nicht, weil nicht die ganze Erdoberfläche in Falten gelegt ist, wie an jener Stelle angenommen wird. Dabei dürfen wir nie vergessen, dass die Veranlassung einer Erhebung nicht gerade in den unmittelbar darunter

---

[1]) Dabei unterläuft ein Rechnungsfehler, indem angenommen wird, dass erst bei einer Verkürzung des Radius um die Hälfte eine Verringerung der Oberfläche in demselben Masse eintrete, während doch eine einfache Rechnung ergibt, dass diess schon unter der Annahme einer Verkürzung auf circa 606 geogr. Meilen eintritt!

„Es gilt hier einfach die Proportion“. $x^2 : 858^2 = 1 : 2$.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at.

liegenden Krustentheilen zu suchen ist, (wie wenig Wahrscheinlichkeit diese Annahme hat, zeigt Pfaff l. c. pag. 199) sondern dass dieselbe, wie es den obigen Erörterungen über den Seitendruck entspricht, von weither einwirkend gedacht werden muss.

Doch kehren wir zur Ržiha'schen Theorie zurück. Ržiha betont die Wichtigkeit, welche der „mechanischen Verschiebung der einzelnen Theile der Erdkruste, in Folge der Veränderung der Stützpunkte dieser Theile", zukomme. Nimmt man auch das kleinste Maass des Schwindens des Erdhalbmessers an, sagt er, so muss ein Rückzug der Erdperipherie gegen den Mittelpunkt der Erde erfolgen, und zwar in Folge der Schwerkraft „welcher alles Irdische unterliegt". Da ferner niemals alle Krustentheile der Erde sich gleichmässig niedersenken, werden trotz der Allgemeinheit des Vorganges, die Krustentheile theils ober-, theils unterhalb eines mittleren Wertes zu liegen kommen. Dadurch, dass das raschere Einsinken abwechselnd verschiedene Partien der Erdkruste treffen kann, erklärt sich nach dieser Ansicht der Wechsel in der Vertheilung von Wasser und Land:

„Brach der Grund des Meeres tief und auf weite Flächen ein, so fand der kubische Inhalt des Wassers eine andere Lagerung und eine kleinere Oberfläche, blieb er stehen und sank das trockene Land, so wurde die mittlere Meerestiefe geringer und ein Theil der Continente überschwemmt". Ržiha nimmt weiter an, dass einzelne Gebiete der Urgebirgsformationen Stützpunkte für die sich senkenden Krustentheile bildeten, zwischen denen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die letzteren schneller eingesunken seien. Solchen Massen würden unsere Continente ihre Entstehung verdanken.

In Bezug auf die Entstehung der Alpen spricht derselbe Autor die Meinung aus, dass die Grundstockbildung derselben in eine sehr frühe Periode versetzt werden müsse, in eine Zeit, während welcher der Kruste noch eine grössere Biegsamkeit innewohnte. Grosse Schollen hätten die ersten Grundstöcke gebildet, diese hätten die weichen Innenmassen zwischen sich hervorgepresst, seien jedoch bei der, in jener Periode grossartiger Flächenverminderung an einander gepresst und unter Umständen auch hoch emporgedrückt worden und zwar bei dem folgenden, stetigen und allgemeinen Niedergange der Erdkruste. Dass sich die Druckkräfte als Seitendruck äussern müssen, nimmt auch Ržiha an; so erklärt er dadurch auch die fächerförmige Schichtenstellung in den Centralstöcken der Alpen.

Wenn wir aus dem heute hier Angeführten Schlussfolgerungen zu ziehen versuchen, so ergibt sich das nicht gerade sehr erfreuliche Resultat, dass durch all die vielen Bemühungen der Geologen, die Frage nach der Entstehung der Gebirge noch immer nicht, als mit voller Sicherheit gelöst zu betrachten ist, es geht daraus aber hervor, dass grossartige und allgemein wirkende Kräfte dabei thätig sein müssen.

Fragen wir, welches diese Kräfte sind, so werden wir mit zwingender Nothwendigkeit auf die, das All beherrschenden Wirkungen der Wärme und der Massen-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

anziehung geführt und in diesen beiden Gruppen von Wirkungen, müssen wir auch die Ursachen der Gebirgsentstehung suchen.

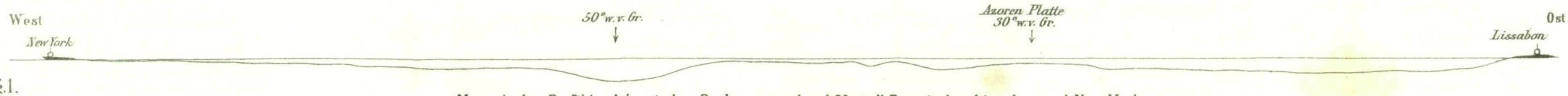
Wärmeverminderung ist im Allgemeinen so sicher mit Volumenverminderung verbunden, dass wir dieser die Hauptbedeutung zuerkennen müssen. Nach den Betrachtungen, die im Vorhergehenden über Volumenveränderung angestellt wurden, ist der Schluss erlaubt, dass schon ganz geringe Wärmeverluste grosse Folgen nach sich ziehen müssen, Folgen, die in der Entstehung von Gebirgen ihren endlichen Ausdruck finden werden, nachdem eine Menge von kleineren Spannungs- und Auslösungs-Erscheinungen vorangegangen sein werden.

Wir leben in einer Periode scheinbaren Stillstandes, obwohl wir Beweise genug haben, für die nimmer ruhenden grossen Vorgänge; Hebungen und Senkungen des Landes, Erderschütterungen und Vulkanausbrüche sind solche Aeusserungen. Weil nicht anzunehmen ist dass unsere Erde seit der Tertiärperiode, dieser Epoche grandioser Gebirgsbildungen, altersschwach geworden sei, ist es auch nicht zu bezweifeln, dass das, nach jener Periode eingetretene Stadium relativer Ruhe, einst wieder gestört werden wird, durch Vorgänge, vielleicht noch viel grossartigerer Art als jene gewesen, durch welche die schneeigen Häupter der Alpen, des Kaukasus und des Himalaya in die dünnluftigen Regionen emporgerückt wurden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 1.

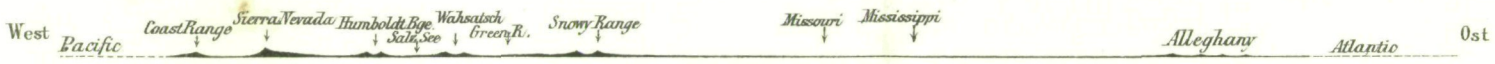


Meeresboden-Profil im Atlantischen Becken unter dem 40° nördl. Br. zwischen Lissabon und New York
Verhältniss der Länge zur Tiefe wie 1:10.

Fig. 2.

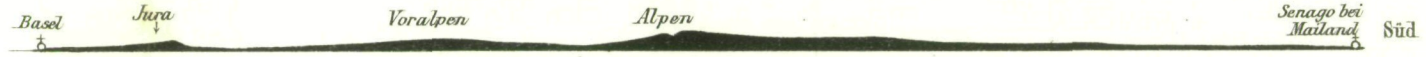
Profil v. Europa in der Richtung des 10° östl. v. Paris.
Verhältniss der Länge zur Höhe wie 1:10.

Fig. 3.



Profil von Nord America unter dem 40° nördl. Breite.
Verhältniss der Länge zur Höhe wie 1:10.

Fig. 4



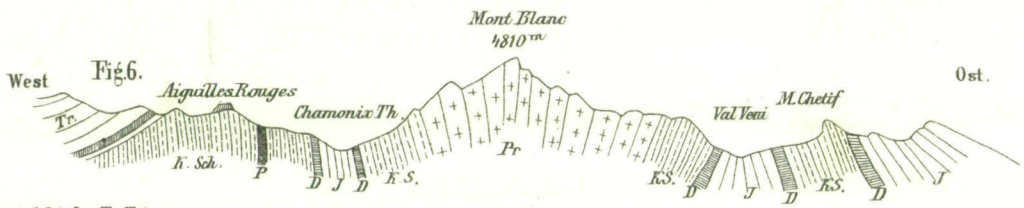
Profil von Basel nach Mailand in den richtigen Verhältnissen (nach Rütimeyer.)

Fig. 5

Jdeal Profil durch die Westalpen.

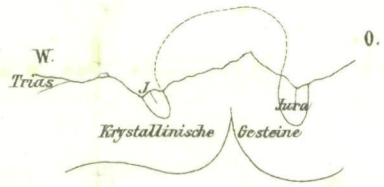
(Pr. Protogin (Granit). K.S. Kryst. Schiefer. Tr. Trias J. Jura. K. Kreide. E. Eocen. M. Molasse. D. Dolomit.)

Fig. 6.



Durchschnitt durch den Mont Blanc stock. Nach Favre.

Fig. 7.

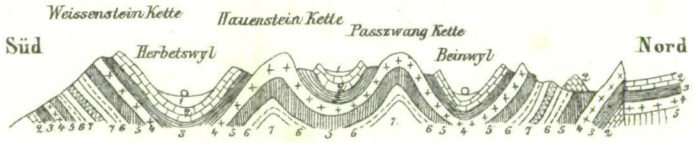


Montblanc Stock.

Fig. 8.

Westalpen in der Dauphiné

Fig. 9.



Profil durch die Ketten des Schweizer Jura (bei Solothurn).

1. Jüngere Bildungen. 2-4. Jura. 5. Lias. 6. 7. Trias

Fig. 10

Die Kette der Alleghanies in Nord Amerika. Nach Rogers.

M. Miocen. E. Eocen. Kr. Kreide. n.r.S. neuer rother Sandstein. St. Steinkohle. De. Devon. Sil. Silur. K.S. Krystall. Schiefer.

Lith. Anst. v. F. Köke, Wien.