

Folgen aus dieser Theorie. — Neigung der Schichten. — Relatives Alter der Gebirge.

Die Wahrscheinlichkeit einer Hypothese bewährt sich dadurch am besten, daß sie mit allen aus ihr ableitbaren Erscheinungen im Einklange sich befindet und zu Schlüssen und Consequenzen anderer Art führt, welche den durch Erfahrung gewonnenen Thatsachen entsprechen. Wir werden daher nicht anstehen, diese Anforderung auch an unsere Hypothese zu machen, und deshalb zunächst die Lagerungsweise der sedimentären Schichten für sich allein, wie in ihrem Verhältniß zu den krystallinischen Gesteinen, untersuchen. Das Thatsächliche darüber wird uns zeigen, wie weit beide mit den vorgetragenen Ansichten übereinstimmen. —

An jedem geschichteten Erdlager bemerkt man, bei genauerer Untersuchung seiner formellen Beschaffenheit, entweder eine wagrechte Lage der Schichtungsebenen, oder eine geneigte, selbst bis zur senkrechten aufgerichtete. Die erste Lage ergibt sich uns von selbst als nothwendig, da alle Absätze aus dem Wasser immer gleichmäßig in der Richtung des Erdhalbmessers, wie es die Wirkung der Schwere fordert, geschehen; für die zweite aber liegt die Ursache nicht sogleich am Tage. Nur wenn der Boden, auf den die Schichten niederfielen, ein unebener war, konnte die Oberfläche der Schichtungsebene dieselbe unebene, theilweis ansteigende Form erhalten, nie aber konnte durch eine solche Beschaffenheit der Unterlage auch eine senkrechte Stellung der Schichten bewirkt werden. Um letztere zu erklären, giebt es gar keine andere Annahme, als die einer Aufrichtung aus der horizontalen oder geneigten Stellung, und da eine solche Annahme zugleich viele mit der geneigten Lage verbundene Verhältnisse in den meisten Fällen bei weitem besser erklärt, als der Absatz über unebene Grundlagen, so werden wir schon deshalb der Aufrichtungstheorie den Vorzug ertheilen müssen. Gesezt nämlich, eine horizontal abgelagerte geschichtete Masse wird durch von unten treibende Kräfte nach einer gewissen Richtung gespalten, und bleibt dann nicht mehr genau in ihrem alten Lagerungsverhältniß, so müssen sich die beiden Ränder der Spalte neben einander verschieben. Die Art dieser Verschiebung kann sehr verschieden sein, besonders wenn man sie nicht bloß graduell betrachtet; für die Richtung, nach welcher sie erfolgt, giebt es aber nur folgende drei Verhältnisse.

- 1) Beide Ränder der Spalte werden gehoben.
- 2) Beide Ränder der Spalte senken sich.
- 3) Der eine Rand bleibt liegen, der andere hebt oder senkt sich.

Bei genauerer Untersuchung jedes dieser drei Fälle erkennt man bald, daß im ersten die gehobene Stelle einen in der Richtung der Spalte fortlaufenden Höhenzug bilden muß, dessen Gipfel, so lange er noch aus den frischen Bruchflächen besteht, mit der Richtung des Zuges parallel gestreift sein wird, während die Seiten geneigt gegen die Ebene hin abfallen und mit der Horizontalen einen bestimmten Winkel bilden. Diesen Winkel nennt man den Fallwinkel einer Schicht, oder geradezu nach bergmännischer Weise das Fallen; die Richtung indessen, in welcher die Schichten fortgehen, parallel dem Höhenzuge, den sie bilden, ihre Streichungslinie, oder in derselben Weise ihr Streichen. Beide Verhältnisse sind für die genauere Bestimmung aller Schichten von großer Wichtigkeit, insofern nämlich aus dem Fallwinkel sich sogleich die Stärke der Hebung ergibt, und aus der Streichungslinie die Richtung, nach welcher sie sich ausdehnt. Letztere ist übrigens leicht durch den Fallwinkel zu bestimmen, da es aus dem Verhältniß beider zu einander einleuchtet wird, daß die Ebene des Fallwinkels senkrecht gegen die Schichtungsebene liegt, selbige also in der Richtung streicht, in welcher sie gehoben ist, mithin auch die Streichungsrichtung auf der Fallebene senkrecht steht. Hat man den Fallwinkel einer Schicht erkannt, so braucht man nur in einer senkrecht darauf gestellten Ebene fortzugehen, um ihre Streichungsrichtung zu verfolgen; wo sich dann bald zeigen wird, ob dieselbe eine gerade, oder einfach gebogene, oder mehrmals in sich gekrümmte ist; Fälle, die alle sehr gut vorkommen können. Die Möglichkeit einer solchen Differenz der Streichungsrichtung ergibt sich nämlich sofort aus der Form der Masse, welche die Erhebung der gehobenen Schicht bewirkte. War die hebende Substanz ein gleichmäßig fortsetzender dachförmiger Gebirgszug, so wird die Streichungslinie ziemlich gerade sein müssen; war sie ein isolirter Kegel, so wird sie um ihn einen Kreis beschreiben; war dagegen der hebende Stoff eine Reihe bald dickerer, bald dünnerer, kammartig fortsetzender Zacken, so muß die Streichungslinie je nach der Dicke dieser Zacken, bald nach außen, bald nach innen sich krümmen, also eine Wellenform darstellen. —

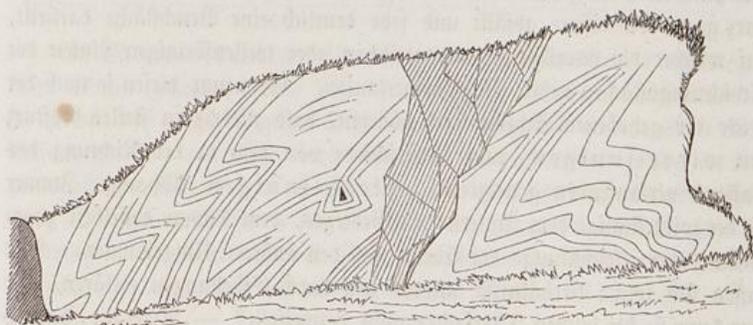
Betrachten wir, nach diesen Erörterungen des ersten Falles, den zweiten Fall der geneigten Schichtung, wo beide Ränder neben der Spalte sich senkten, so wird derselbe sich vom vorigen nur dadurch unterscheiden, daß die Neigungen des Fallens einander zugekehrt sind, während sie bei gehobenen

Rändern von einander abstehen. Uebrigens werden sich alle Verhältnisse des Fallens und Streichens hier wiederfinden, und demgemäß dieselben Bezeichnungen sich anwenden lassen. Auch der dritte Fall wird in diesen Benennungen keine Aenderung hervorbringen; denn an der einen gehobenen oder gesenkten Schicht werden Fallwinkel und Streichungslinie vorkommen müssen, während der horizontalen beide fehlen.

Die drei angenommenen Fälle beruhen übrigens auf der Voraussetzung, daß die Schichten wirklich durchbrochen wurden; diese Voraussetzung ist aber keineswegs für alle Fälle richtig, vielmehr giebt es viele geschichtete Massen, die in der That gehoben, aber nicht durchbrochen sind. Es läßt sich nämlich sehr wohl denken, daß eine Hebung oder Senkung des Bodens eintrat, auf welchem die Schicht liegt, ohne daß dadurch die Schicht zertrümmert wurde; besonders wenn sie noch nicht ganz fest war und eine gewisse Zähigkeit besaß, die sie als Niederschlag aus dem flüssigen Element in den ersten Epochen ihrer Bildung sehr wohl haben konnte. Wir werden daher auf gehobene und gesenkte Schichten stoßen können, deren Zusammenhang nirgends durchbrochen ist, und dabei immer dieselben Ausdrücke zur Bezeichnung ihrer Neigung und Streichung anwenden dürfen. Endlich werden wir aber in einem solchen Falle nicht immer Hebungen oder Senkungen voraussetzen, da ein schichtweiser Absatz über schon gehobenen oder mit Einsenkungen versehenen Unterlagen ziemlich dasselbe Resultat ergeben dürfte. Schichten von solcher Form fordern eine sehr aufmerksame Untersuchung, bevor man ihren wahren Bildungsgang bestimmen kann. —

In allen bisherigen Schilderungen ist die stillschweigende Voraussetzung gemacht worden, daß die einzelnen Schichten eines Gesteins, wie es der allmälige Absatz bei ruhigem Gewässer fordert, regelmäßig auf einander folgen und in ebenen oder leichtgekrümmten Flächen an einander liegen. So verhalten sich in der That die meisten Schichten, aber freilich nicht alle. Manche sind in sich vielfach hin und her gewunden, oder beschreiben sogar Zickzacklinien, die oft in den schärfsten Winkeln an einander stoßen und einzelne Stellen der SchichtungsEbene in eine vollkommen schwebende Lage bringen. Ein solches Verhältniß streitet durchaus gegen den allmäligen Niederschlag, und weist auf spätere Verwerfungen und Verrückungen hin. Namentlich läßt sich die Zickzackbiegung und die unregelmäßige Krümmung der Schichten sehr gut durch gleichzeitige Wirkung zweier verschiedenen Kräfte erklären, von denen die eine senkrecht nach unten drückte, während die andere mächtigere einen Druck von zwei gegenüberstehenden Seiten ausübte. Werden weiche, eben nicht sehr elastische Lagen auf solche Weise gedrückt,

so krümmen sie sich in sich selbst und heben dadurch die von oben herab drückende Masse. Letztere brauchte nicht gerade fest zu sein, oft war gewiß der Druck desselben Wassers, aus dem die Schichten sich abgesetzt hatten, hinreichend, solche Verschiebungen hervorzubringen, wenn gleichzeitig Erhebungen in parallelen Streichungslinien durch die Schichten hindurch stattfanden, und die emporsteigenden Eruptionstoffe sie nicht bloß hoben, sondern von den Rändern der Bruchspalten her auch gegen einander schoben. Wie mannigfaltig die Krümmungen auf solche Weise gebogener und verdrückter Schichten sein können, davon giebt die eingeschaltete Zeichnung der gewundenen Kalkschichten am Wege zur dritten Gypshütte des Sevekenberges bei Quedlinburg eine sehr lehrreiche Ansicht. —



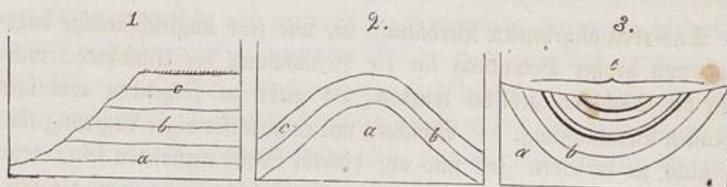
Wenn nun durch diese vollkommen genügende Erklärung die steile und in sich gekrümmte Schichtung als das Produkt hebender Kräfte außer allen Zweifel gesetzt wird, so erscheint auch die einfach geneigte dadurch vollständig erläutert, wenn es gelingt, die aufgerichteten Ränder der Bruchspalte zu entdecken. In der That sind sie in sehr vielen Fällen nicht bloß leicht nachweisbar, sondern auch in allen, wo wir sie finden, der hebenden Masse zugekehrt, wie es sein muß, wenn die Neigung der ganzen Schicht durch Hebung entstand. Kommt nun hinzu, daß stellenweis große Schichtenstücke umgekehrt auf den übrigen liegen, in ihnen also die Reihenfolge der Schichten sich umgekehrt wie in der Hauptschicht verhält, so dürfen wir wohl nicht daran zweifeln, daß auch dies Phänomen von einer Hebung bewirkt wurde, indem sich ein Stück der Schicht neben dem Bruchrande ablöste und nicht bloß steil sich aufrichtete, sondern selbst nach außen überbog, wo es denn nothwendig durch seine eigne Schwere mit umgekehrter Folge seiner Bestandtheile auf die übrigen Schichten niederfallen mußte. —

Die Untersuchung der Schichtungsverhältnisse weist uns durch alle mitgetheilten Thatfachen auf wirkliche Erhebungen von unten in früheren Perioden der Erdbildung eben so sehr hin, wie die vulkanischen Phänomene der Gegenwart sie für die jetzige Periode bestätigen; beide rechtfertigen die Annahme analoger Erscheinungen in allen Zeiträumen. Noch mehr aber bewährt sich diese Behauptung durch die Betrachtung des Zusammenhanges, in dem die krystallinischen Massen zu den verworfenen Schichten stehen. Hat der forschende Geognost die hebende krystallinische Felsart, welche selbst aus der Tiefe emporstieg, neben den geschichteten Sedimenten wirklich aufgefunden, so trifft er sie unter den Schichten im Fallwinkel des Lagers und zwischen seinen Schenkeln an. Er beobachtet weiter, daß, wenn die hebende Substanz über die gehobene hinausragt, die letztere mit einem scharfen Abwurf gegen die erstere abfällt und sehr deutlich eine Bruchfläche darstellt, auf welcher die parallelen, concentrischen oder wellenförmigen Linien der Schichtungsflächen neben einander verlaufen. Er nennt diesen je nach der Dicke der gehobenen Schicht bald höheren, bald niedrigeren steilen Abwurf den widersinnigen, zum Unterschiede von dem in der Richtung des Fallens verlaufenden geneigteren, gleichsinnigen Abhang. Immer ist der widersinnige dem Innern des Gebirges, dem Kamm desselben zugewendet, der gleichsinnige der Ebene und den äußeren Umgebungen. Wie lassen sich solche Verhältnisse anders als durch Erhebungen erklären, und wer kann sie bei solchen Thatfachen noch bezweifeln? — Niemand, dem es um die Erforschung der Wahrheit mehr zu thun ist, als um Festhalten an alterthümlichen Ansichten und vorgefaßten Meinungen. —

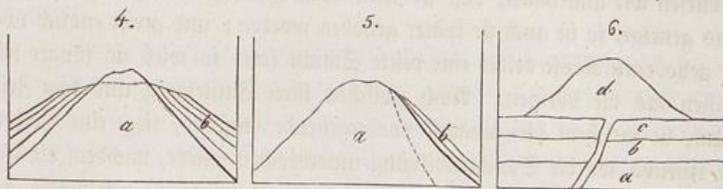
Nicht zufrieden mit dem Resultate, daß alle aus der wagrechten Lage in eine geneigte verfesteten Schichten als gehoben oder verworfen anzusehen sind, verfolgen wir vielmehr die aus der Neigung verschiedenartiger Schichten gegen einander zu ziehenden Schlüsse weiter, da sie uns zu noch bedeutenderen Resultaten führen werden. Ehe wir aber dazu schreiten können, müssen einige Erklärungen über die Beziehungen verschiedenartiger Schichten zu einander hier ihre Stelle finden. Es sind das Ausdrücke, welche der Leichtigkeit wegen eingeführt, häufig in Anwendung kommen, an sich aber die Schichtungsverhältnisse nicht weiter erläutern.

Man nennt in der Geognosie die über einer gewissen Schicht befindlichen Lagen das *Hangende*, die unter ihr befindlichen das *Liegende*. Die Art und Weise, wie eine Schicht räumlich gestaltet und ausgedehnt ist, bezeichnet man als ihre *Lagerung*, und unterscheidet folgende sechs auf den beigefügten Durchschnitten erläuterte Hauptarten. — 1. *Söhlig*

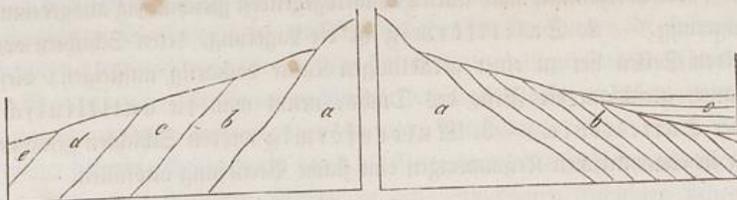
heißt jede horizontale, nach allen Himmelsgegenden gleichmäßig ausgedehnte Lagerung. — 2. Sattelförmig ist die Lagerung, deren Schichten von beiden Seiten her zu einer geradlinigen Kante dachartig aufsteigen; diese Kante, gleichsam die Firne des Dachs, nennt man die antiklinische oder Sattellinie. — 3. Muldenförmig werden Schichten genannt, die in concentrischen Krümmungen eine flache Vertiefung ausfüllen. —



4. Mantelförmig heißen um den Fuß eines Berges von Kegelform herum gelegte, durch ihn in der Regel gehobene Schichten. — 5. Schildförmig dagegen Schichten, die nur auf die eine Seite eines Kegels wie aufgelegt, bloß hier von ihm emporgehoben oder an ihm herabgestossen sind. — 6. Buckelförmig heißt jede hügel- oder kegelförmig aufsteigende Masse, welche sich gleichmäßig nach allen Seiten über die Unterlage ausbreitet. Sie ist Eigenthümlichkeit vulkanischer Emportreibungen, und besteht fast nur aus Basalt oder Trachyt. —



Liegen die Schichtungsebenen verschiedenartiger Massen, z. B. von Kalksteinen und Sandsteinen, mit einander parallel, so heißen sie gleichförmig gelagert; schneiden sich ihre Schichtungsflächen unter irgend einem Winkel, so nennt man sie ungleichförmig oder abweichend gelagert; das Ende jeder Schicht, sei es am Bruchrande oder sonst wo, heißt das Ausgehende, oder im ersten Falle auch wohl ihr Kopf. Von zwei oder mehr Schichten mit ungleicher Lagerung wird die oberste, welche über das Ausgehende oder die gehobenen Köpfe der unteren sich ausbreitete, die übergreifende genannt. Zur Veranschaulichung dieser Unterschiede dient der nachstehende Holzschnitt.



Das eben angeedeutete Verhältniß ist, wie jede ungleichförmige Lagerung, von großer Bedeutung für die Bestimmung der Umstände, unter denen die Schichten gebildet wurden; es giebt zu folgenden wichtigen Schlüssen Veranlassung. — Schichten mit ungleichförmiger Lagerung können nicht zu derselben Zeit und auf dieselbe Weise entstanden sein; denn wären sie gleichzeitige Gebilde, so müßten ihre Schichtungsebenen, als Niederschläge aus demselben Wasser und auf denselben Boden, einander parallel liegen. Jede ungleichförmige Lagerung zeigt daher an, daß zwischen der Bildung ihrer Schichten eine Periode eintrat, wo keine Schichtenmasse mehr niederfiel, und daß während dieser Periode die Lage der unteren Schicht geändert wurde, ehe die obere sich absetzte. Wahrscheinlich gab dieselbe Ursache, welche die untere Schicht emporhob, auch Veranlassung zu einer neuen Epoche im Entwicklungsgange des Erdkörpers, deren Resultat die obere Schicht selbst sein dürfte. Liegt diese obere Schicht noch horizontal, so dürfen wir annehmen, daß sie keine neue Hebung erlitt; liegt sie ebenfalls geneigt, so ist auch sie später gehoben worden; und greift endlich über die gehobenen Köpfe beider eine dritte Schicht fort, so wird sie jünger sein müssen als die vorigen. Auch zwischen ihrer Entstehung und dem Zeitraum, in welchem die zunächst vorhergehende entstand, liegt eine Periode der Unruhe, wo die Schichtenbildung unterbrochen wurde, nachdem die Bestandtheile der älteren aus dem Wasser abgeschieden waren; erst später, als die neue Schichtenmasse abweichend von der früheren sich aufzulagern begann, war anderes Material zur Sedimentbildung durch die inzwischen veränderten Zustände der Erdoberfläche erzeugt worden. Enthalten diese Schichten, die älteren wie die neueren, Reste von abgestorbenen Organismen eingebettet, wenn auch nicht überall, doch in einzelnen Straten, so zeigen sie uns an, daß die Erde in jenen Perioden mit Geschöpfen bevölkert war; und wenn die Reste der Organismen mit den verschieden gelagerten, oder überhaupt nur mit den verschiedenen Schichten sich in ihrer spezifischen Eigenthümlichkeit ändern, so erkennen wir daraus, daß mit dem Eintritt einer neuen Katastrophe die Organisation wenigstens an der Stelle, wo die

Umwälzung erfolgte, vernichtet wurde, und eine andere, jüngere, an ihre Stelle trat<sup>1)</sup>. Zugleich begreifen wir, wie selbst in verschiedenartigen Schichten sich dieselben Organismen finden können, wenn wir annehmen, daß einzelne Geschöpfe den Stürmen einer Erdumwälzung entgingen und ihr Geschlecht nach denselben in den darauf folgenden Zeiträumen vermehrten. —

Während die eben erörterten Unterschiede in der Lagerung auf verschiedene Bildungsepochen und namentlich auf mehrfache Hebungen hinweisen, sprechen also die in jeder einzelnen Schicht enthaltenen Versteinerungen nur dann für eine wirklich neue Epoche der Erdschöpfung, wenn sie sämmtlich oder größtentheils spezifisch verschiedenen Thieren und Pflanzen angehören. Das ist aber keineswegs immer der Fall, vielmehr erstrecken sich die organischen Reste bisweilen aus einer Schicht in die nächstfolgende, ja selbst bis in eine dritte hinüber. Wir dürfen daraus schließen, daß die eingetretene Revolution von untergeordneter Bedeutung war, oder einen beschränktern örtlichen Charakter besaß, nicht weit genug um sich griff, um alle Organismen ihres Gebietes zu vernichten. Diese Ansicht ist in Erwägung anderer Fälle, wo keine organische Form aus der vorhergehenden in die folgende Schicht hinübergreift, sehr wohl verstatet; sie rechtfertigt wenigstens die Annahme, daß die Ursachen zwar für alle Revolutionen dieselben sein konnten, nämlich in Erhebungen bestanden, daß aber die Wirkungen je nach der Größe und Ausdehnung der gehobenen Massen sehr verschieden ausfielen.

Auf die angeführten doppelten Charaktere der Lagerung und der in ihren Schichten enthaltenen Organismen gründet sich der Begriff eines Lagerungsganzen, dessen Feststellung, gleich wie die Bezeichnungen der früher erörterten Schichtungsverhältnisse, die Geognosie ihrem eigentlichen Schöpfer und ersten Lehrer: Abrah. Gottf. Werner verdankt. Er verstand unter jenem Ausdruck eine Reihe unmittelbar auf einander folgender Schichten, die unter gleichen Verhältnissen gebildet wurden und, wie wir hinzusetzen müssen, gleichartige Versteinerungen enthalten. In der

1) Die Ansicht, daß die Organismen nicht eigentlich untergingen, sondern durch die successiven Aenderungen der Oberflächenverhältnisse unseres Erdkörpers nur in ihren Charakteren modificirt wurden, ist in der letzten Note zum vorigen Abschnitt besprochen worden; ich wiederhole, daß sie mir nach den bestehenden Gesetzen der Organisation unerklärlich zu sein scheint und keine geringeren Schwierigkeiten darbietet, als die Annahme wirklicher Neuschöpfungen. —

neueren Zeit ist zwar dieser Begriff geblieben, für seine Bezeichnung wird indeß jetzt gewöhnlich wieder das Wort *Formation* oder *Gruppe* in Anwendung gebracht, obwohl sich immer mehr und mehr herauszustellen scheint, daß es gar keine streng abgeschlossenen Perioden der Erdschöpfung, also auch keine scharf gesonderten *Formationen* giebt, sondern daß vielmehr ein stetiger Fortgang der Ursachen auch fortdauernd ähnliche Wirkungen hervorbrachte, und daß beide bloß dem Grade nach verschieden waren, ihre Unterschiede aber theils hiervon, theils von den längeren oder kürzeren Zeitabschnitten abhängen, in denen sie einander folgten. Dabei scheint es im Allgemeinen richtig zu sein, daß nach einer längeren Ruhe auch eine um so tiefer eingreifende größere Umwälzung eintrat, mithin sehr durchgreifende Unterschiede zwischen den auf einander liegenden Schichten auch längere Pausen und sehr gewaltsame Erhebungen andeuten.

Wenn es nach diesen Thatsachen feststeht, daß wiederholte, in bedeutenden Zwischenräumen erfolgte Hebungen vormals unterirdischer geschmolzener vulkanischer Massen das Erscheinen der Gebirgszüge auf der Erdoberfläche bewirkt haben, und daß durch diese Hebungen auch der Unterschied von Land und Meer, wenn nicht allein, doch größtentheils bedingt ist, so scheint es zunächst eine der interessantesten und wichtigsten Aufgaben der geologischen Untersuchung zu sein, die Zeitpunkte genauer zu bestimmen, in welchen die verschiedenen Hebungen eintraten. Denn daß nicht alle gleichzeitig emporgestiegen sind, davon überzeugen uns eines Theils die vielfachen *Successionen* differenter Schichten und die in ihnen begrabenen, mehrfach verschiedenen organischen Reste, andern Theils die Betrachtungen der noch in historischer Zeit in sehr verschiedenen Jahren und Jahrhunderten stattgefundenen Erhebungen von Vulkanen und Inseln. Es wurde deshalb sehr bald das Streben der Beobachter, die verschiedenen Erhebungen nach Perioden zu ordnen. Deutschlands größter Geognost, L. v. Buch, welcher die ganze Lehre von den Erhebungen begründete und wissenschaftlich zuerst darthat, gelangte zu diesem zweiten, eben so wichtigen Resultate noch nicht, sondern blieb bei dem Beweise für die Richtigkeit seiner Ansichten von den Erhebungen stehen, welcher in dem übereinstimmenden Streichen verschiedener Gebirgszüge liegt. Er verfolgte die Darstellung dieses Factums besonders an den deutschen oder mitteleuropäischen Bergketten, und zeigte, daß sich dieselben auf vier Hauptrichtungen zurückführen lassen. Die Richtung von Westen nach Osten wurde besonders deutlich durch die Alpenkette dargestellt, der sich als parallele Reihe das Zuragebirge anschließt. Höher hinauf im Norden von Deutschland streicht der Harz von

Nordwest nach Südost, und ihm reihen sich in gleicher Richtung das Riesengebirge, die Sudeten und Karpathen an, mit welchen der Teutoburger Wald, der Thüringer Wald und der Böhmer Wald in ziemlich gleicher Neigung gegen die Himmelsstriche parallel laufen. Als einen dritten Hauptzug betrachtete er die Richtung von Norden nach Süden, die wieder zwei Parallelfetten bildet, welche der Rhein theils trennt, theils durchbricht; auf der einen Seite streichen die Vogesen, der Hundsrück, Taunus und der Vogelsberg, auf der anderen der Schwarzwald, Odenwald, Spessart und die Rhön; beide an ihren oberen Enden in basaltische Regel ausgehend, wie bereits früher (S. 117) gezeigt wurde, und mit ihnen die Richtung von Nordwest nach Südost zwischen dem Teutoburger und Thüringer Walde durchbrechend. Endlich die vierte Richtung von Südwest nach Nordost ist weniger deutlich ausgesprochen; sie wird durch die Ardennen, Eifel, das Siebengebirge und Rheinische Schiefergebirge dargestellt. Mit ihnen parallel zieht im Innern Deutschlands das Erzgebirge und Fichtelgebirge, wie jenseits Böhmens das Mährische Gebirge und die Karpathen. — Vergleicht man mit diesen Richtungen die Streichungslinien der übrigen Gebirge Europas, so findet man allerdings eine ganz überraschende Gleichförmigkeit zwischen ihnen und den genannten; denn die Pyrenäen, Apenninen, die Bosnische Bergkette, die Bergzüge Griechenlands und der Kaukasus folgen dem Zuge des Harzes, Riesengebirges und der Karpathen; die Bergreihen Englands, Scandinaviens, Finnlands, des südlichen Frankreichs, Corsikas, Sardinien haben die Richtung der Vogesen und des Schwarzwaldes; die Balkankette folgt der Alpenkette und dem Atlas. Allein wie interessant diese Beobachtungen auch sein mögen, und wie sehr sie die Ansicht, daß alle Gebirge aus Spalten hervortraten, auch unterstützen, immer würde es eine rein hypothetische Annahme sein, gleichartig streichende Gebirgszüge für gleich alte zu halten. Es liegen die vier angenommenen Hauptrichtungen, wenn man dabei das Mehr oder Minder ihrer Neigung gegen die vier Himmelsgegenden nicht so genau berücksichtigt, zu sehr in der Zahl der möglichen Richtungen überhaupt begründet, als daß man sich über die Uebereinstimmung aller Hauptgebirgszüge mit der einen oder der andern jener vier Richtungen wundern könnte; denn eigentlich sind ja keine andern möglich, als die rechtwinkligen oder schiefwinkligen Verbindungslinien der Himmelsgegenden. Eine solche Betrachtung überzeugte auch diejenigen Forscher, welche von der Annahme

eines verschiedenen Alters der Gebirgszüge ausgingen, wohl bald, daß die Richtung ihres Streichens allein darauf einen bestimmenden Einfluß nicht haben könne, und daß andere Thatsachen ermittelt werden müßten, das relative Alter der einzelnen Systeme festzustellen. Und da war es dem glücklichen Genius des französischen Geognosten *Elie de Beaumont* vorbehalten, den Gedanken zuerst auszusprechen, dessen Verfolgung für die Bestimmung der Reihe, in welcher die einzelnen Gebirgszüge sich nach einander gehoben haben, so wichtig geworden ist, und der wie alle großartigen Wahrheiten, wie die Lehre von den Erhebungen selbst, so nahe liegt, wenn man weiß, worauf es bei Ergründung der Phänomene ankommt. Von der Thatsache ausgehend, daß die geschichteten Niederschläge des Wassers in unabänderlicher Reihe auf einander folgen, aber stellenweis von unten her durch vulkanische Eruptionen zerbrochen und gehoben sind, versteht es sich wohl von selbst, daß nur solche Schichten gehoben werden konnten, die bereits da waren, als der sie hebende Durchbruch erfolgte, diejenigen aber horizontal abgelagert angetroffen werden müssen, welche erst nach dem Durchbruch sich wieder absetzten. Dieser einfache naturgemäße Gedanke wurde von *Elie de Beaumont* mit großem Erfolg auf die wirklichen Verhältnisse der Gebirge angewendet, und sehr bald in seinem größten Umfang als richtig erkannt. Es ergab sich, daß wahrhaft horizontale Schichten innerhalb der Gebirgszüge entweder gar nicht, oder nur höchst selten in kleinen Erstreckungen als vielleicht abgerissene Bruchstücke und spätere Auflagerungen vorkommen, sondern vorzugsweise die Eigenheiten großer ausgedehnter Ebenen sind. In ihnen findet durchaus nie anders eine Störung dieser regelrechten Gesetzmäßigkeit statt, als wenn isolirte Durchbrüche von vulkanischen Kegeln auch die Ebene stellenweis zertrümmert haben. Nähert man sich dagegen den Gebirgszügen, so beginnen die Schichten aus ihrer horizontalen Lage sich in die geneigte zu versetzen und nach und nach um so mehr aufzusteigen, je mehr sie an das hohe Gebirgsplateau oder den Kamm des Gebirges hinanreichen. In solcher Umgebung, unmittelbar an die massigen ungeschichteten plutonischen oder vulkanischen<sup>2)</sup> Gesteine sich anschließend, stehen

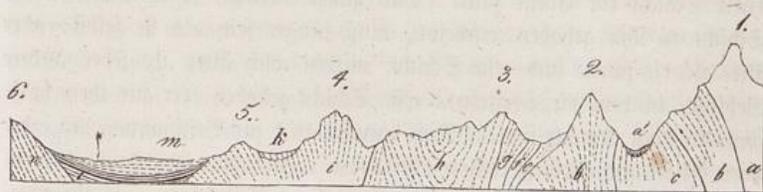
2) Man hat neuerdings diejenigen krystallinischen auf feurigem Wege gebildeten Gesteine plutonische genannt, welche nicht an noch jetzt thätigen Vulkanen als Bestandtheile angetroffen werden, sondern, wie Granit, Syenit, Diorit, Gabbro, Pyroxene und Porphyre, bloß als Massengesteine ganzer Gebirgszüge bekannt sind; vulkanische dagegen die Basalte, Trachyte, Dolerite, Phonolithe, Obsidiane, Bimssteine und alle Laven, welche Vulkane bilden oder von ihnen ausgeworfen werden.

sie nicht selten steil und lothrecht, oder hängen gar nach außen gewendet über in einer Stellung, die dem Umsturze nahe kommt, wenigstens ihn in Aussicht zu stellen scheint. Vielfach in ihren Neigungen verworfen, in ihren Streichungsrichtungen verändert, bieten sie überall im Gebirge die gewaltsamsten Zerrüttungen dar, und gehen nicht selten in eine so vollständige Zerrümmerung über, daß die Einsicht in den wahren Zusammenhang der Gebirgsbestandtheile außerordentlich erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht wird. So viel aber scheint festzustehen, daß die hohen Gipfel, die weit ausgedehnten Kämme, selbst manche Plateaus von plutonischen oder vulkanischen Massen herrühren, woran die emporgehobenen, mit einzelnen Punkten sogar noch höher<sup>3)</sup> aufgerichteten neptunischen Schichten, wie untergeordnete, parallele Nebenkämme, sich anschließen; ihre abgerissenen offenen Schichtungsköpfe jenen krystallinischen Centren zuwendend, während ihre geneigten Flächen sanfter gegen die umherliegende Ebene abfallen. Durch tiefe, beim Emporheben entstandene Querspalten sind die Nebenkämme aufs Neue zerrissen und selbst in ihren untersten Lagen bis auf den Grund hinab dem forschenden Auge des Beobachters bloß gelegt. Oben weiter klaffend als unten, bilden die Querspalten offene Pforten, wodurch das an den Kämmen und Gipfeln niedergeschlagene Wasser seinen Weg nimmt, die Trümmernmassen der Hochlande mit sich führt, und die Spalten in der Tiefe ausfüllt, bis sie mehr verflacht und mit den Verwitterungsprodukten ihrer eignen Felswände bedeckt, zu Quertälern sich gestalten. Schmale, wenn auch reißende Gießbäche verfolgen fortan in ihnen ihren Lauf, und erreichen durch sie das große, der Streichungslinie des Gebirges parallele Längenthal, welches die vielen gleichartigen Genossen, zum breiteren Flußbette vereint,

3) Fälle beider Art kommen so häufig vor, daß kaum einer von ihnen als Regel, der andere als Ausnahme angesprochen werden darf. Im Harzgebirge sind die höchsten Punkte, der Brocken mit seinen Umgebungen und der Ramberg, allerdings Granitkuppen (plutonisches Gestein); im Riesengebirge ist zwar der Kern plutonisch, aber die höchste Spitze desselben, die Schneekoppe, besteht aus krystallinischen Schiefen (metamorphischem Gestein). Anders verhalten sich die Hauptalpen; nur der Montblanc und St. Gotthart sind plutonisch, die Gipfel des Berner Oberlandes metamorphisch. In der Andeskette bilden zum Theil rauchende Vulkane die höchsten Punkte der Cordillere von Quito, während nahe ebenso hohe Gipfel derselben Bergkette (vergl. Note 3 S. 120), die Nevada de Sorata und der Illimani, aus Grauwackenschiefen bestehen, welche durch eingeschlossene Trümmer zu beweisen scheinen, daß sie von plutonischem Syenit und Porphyr emporgehoben wurden. Es wird also in jedem Falle von besonderen Umständen abhängen, ob die aufrichtenden pyroxenen Substanzen, oder die aufgerichteten sedimentären Schichten die größte Höhe des Gebirges erreichen. —

in die Ebene hinableitet. Auch die Längenthäler sind Spalten, in ähnlicher Weise mit Geröll und Schutt aller Art angefüllt und bis zu einer gewissen Höhe geebnet; aber sie durchsetzen nicht einzelne Schichten gegen ihre Streichungsrichtung, sondern sie laufen ihnen parallel, sie bezeichnen die Lücken oder Einsenkungen zwischen den emporgehobenen Massen, und folgen dem Streichen des ganzen Gebirges, weil sie ursprünglich von den Spalten herrühren, wodurch die plutonischen Stoffe aus der Tiefe emporstiegen. Gewöhnlich in ihnen, oft aber auch in den Querthälern, sammelt sich an gewissen Stellen das Wasser zu Seen an, wenn gerade eine sehr weite Lücke seinem Laufe begegnet und weder die Verwitterungsprodukte, noch die Gerölle hinreichen, sie zu füllen. Die bedeutende Tiefe solcher Gebirgsseen erklärt sich von selbst aus ihrem Ursprunge; es sind weit abwärts flassende offene Brüche zwischen den emporgehobenen Substanzen, die anfangs selbst zu unergründlicher Tiefe hinabreichen konnten, bis ihre untersten Fugen von den angesammelten Sedimenten verschlossen wurden. — In wenigen, allgemeinen Zügen haben wir dies Bild der Gebirge zu entwerfen gesucht, der mannigfachen lokalen Unterschiede aber nicht weiter gedenken mögen. Gleichmäßig auf die größten, wie auf die kleinsten, auf die Alpen wie Cordilleren passend, zeigt sich freilich bei näherer Betrachtung eine fast überall wiederkehrende Abweichung, die aber ihrer Allgemeinheit wegen nicht Zufall, sondern Regel zu sein scheint. Fast alle größeren Gebirge haben einen ungleichen Abfall nach beiden Seiten; einen ungemein steilen, stellenweis sogar senkrechten, und einen sanfter geneigten, terrassenartig in die Ebene übergehenden. Dort stehen ihre Schichten im Loth, oder hängen über, und breiten sich fächerförmig an ihren Gipfeln aus; hier liegen sie unter spitzern Winkeln in mehr gleichförmiger, einander paralleler Neigung. Die Erklärung so sonderbarer Phänomene hat nicht lange auf sich warten lassen, nachdem die Erhebung der Gebirge aus Spalten erkannt war; sie hat nachgewiesen, daß an der Seite des steilen Abfalles die Schichten vielleicht weniger emporgehoben als verdrückt wurden, mit ihrer Sohle einsanken, und indem sie auf diese Weise gleichsam festgeklemmt waren, unter dem Druck der empordrängenden plutonischen Stoffe an ihren freien Rändern nach außen sich überbogen; während an der Seite des geneigteren Abhanges nicht bloß eine Hauptspalte, sondern mehrere unter sich parallele Spalten entstanden, aus denen die hebenden Stoffe mit geringeren Störungen zu Tage hervortraten, oder, wenn sie nicht sichtbar sind, was häufig der Fall ist, keine wirklichen Spalten an dieser Seite sich öffneten, sondern nur Hebungen entstanden, wobei die aufgelagerten sedimentären Schichten

zerrissen und ungleich mit der einen Seite ihrer abgebrochenen Köpfe emporstiegen, mit der anderen liegen blieben, oder selbst etwas herabsanken. Bei den Alpen neigt sich der steilere Abfall nach Süden, der sanftere nach Norden; die Cordilleren richten jenen nach Westen, diesen nach Osten. Ursachen der angegebenen Art, mit der ungleichen Zahl und Neigung der Gebirgsterrassen zusammenfallend, ziehen auch die Lage der Hauptfette, welche gewöhnlich die Wasserscheide der Flußgebiete zu bilden pflegt, nach sich, und rücken sie dem Fuße des steilen Abhanges näher als dem des geneigten. Sind nun die höchsten Gipfel, wie gewöhnlich, Theile der Hauptfette unmittelbar, oder liegen sie ihr auch nur nahe, so folgen sie ihr an den Rand des steilen Abfalles und entfernen sich um so mehr von dem geneigten. Daher finden wir die Spitzen der Alpen, den Montblanc, großen Bernhard, Mont Rosa, Simplon, St. Gothart, Splügen, Ortles u. a. m. näher an den südlichen Rand des Gebirges, bis an die Grenzen von Italien hinangeschoben, während auf der Nordseite die Nebenfetten des Berner Oberlandes und der Glarner Alp sich als erste, über einer dem Hauptzuge parallelen Spalte emporgehobene Gebirgsterrasse darstellen, hinter welcher nach und nach ähnliche niedrigere Stufen bis in das Thal der Aar abfallen. Rhone und Rhein durchströmen das große Längenthal zwischen dem parallelen Haupt- und Nebenzuge, dieser nach Nordosten, jene nach Südwesten die entgegengesetzten Richtungen einer gleichen großartigen Vertiefung bezeichnend. Beide füllen, bevor sie die Ebene erreichen, ein bedeutendes Becken mit ihren Wassern, und durchbrechen, aus ihren Seen wieder hervortretend, den Gebirgszug des Jura auf einem gewaltsam gebahnten oder erweiterten Wege. —



a. Granit, b. Gneiß, c. Talkschiefer, e. Hornblendeschiefer, f. Kiefelschiefer, g. Grauwacke und Thonschiefer, h. älterer Alpenfalk, i. jüngerer Alpenfalk, k. Grünsand, l. untere Tertiärschichten, m. Molasse, n. Jurafalk.

1. Aiguille du Midi, 12000'; 2. Breven, 8000'; 3. Salé, 6400'; 4. Molé, 6000';  
5. Salève, 4600'; 6. Jura, 5000' hoch.

\* Thal der Rhone unterhalb Genf. d. Gerölle des Chamounix-Thales.

Diese Betrachtungen, denen zur bessern Verständigung ein Querschnitt durch die Alpen von der *Aiguille du Midi* im Norden des *Montblanc* bis hinüber zur Kette des *Jura* durch das Thal der *Rhone* unterhalb *Genf* beigegeben ist, mögen es versuchen, meinen Lesern ein schnell übersichtliches Bild der Verhältnisse zu gewähren, welche die vorgetragene Ansicht von der Erhebung der Gebirge aus großen Spalten herbeiführen mußten; es reiht sich daran eine nähere Erörterung der Frage, wie es möglich sei, aus den Erhebungen auch die Zeitpunkte, in welchen sie erfolgten, bestimmen zu können. Dazu trägt eine genaue Kenntniß der neptunischen Schichten das Meiste bei. Gesezt nämlich, wir steigen auf den geneigten Abhängen eines Gebirges in die Ebene hinunter und stoßen gleich am Fuße desselben auf eine Schicht, die in den Abhängen selbst fehlt, so werden wir annehmen dürfen, daß diese horizontale Schicht der Ebene aus dem Wasser erst niedersiel, als der benachbarte Gebirgszug schon in seiner aufgerichteten Stellung sich befand, mit seinen Ketten und Abhängen über das ihn umgebende Wasser hervorragte und eben deshalb nicht mehr von den neu entstehenden Niederschlägen bedeckt oder überzogen werden konnte. Findet sich dann unter der obersten horizontalen Schicht der Ebene eine zweite, von ihr verschiedene, die ebenfalls in den gehobenen Abhängen des Gebirges fehlt, so folgt auf dieselbe Weise, daß das Gebirge älter ist als beide Schichten, und seine Entstehung ihrem Absaß vorausging. Ist aber die dritte horizontale Schicht der Ebene einerlei mit der äußersten gehobenen an den Abhängen des Gebirges, so erkennen wir daraus die Erhebung des Gebirges aus der Ebene zu einer Zeit, als diese dritte Schicht schon auf ihr lag und aus dem sie damals bedeckenden Wasser bereits abgesezt war, mithin ein Alter des Bergzuges, welches in den Zeitraum zwischen die zweite und dritte Schicht der Ebene fällt. Das ganze Gebirge, so weit diese dritte Schicht in ihm gehoben erscheint, muß jünger sein als sie selbst, aber älter als die zweite und erste Schicht, mithin auch älter als jedes andere Gebirge, in dem die zweite und erste Schicht gehoben oder aus ihrer horizontalen Lage verrückt sind. Man braucht also zur Bestimmung des relativen Alters der Gebirge eines Theils die vollständige Kenntniß aller geschichteten Lagen der Ebene in ihrer successiven Reihenfolge auf einander, andern Theils eine genaue Untersuchung derjenigen Schichten eines jeden Gebirges, die in ihm gehoben sind. Theoretisch werden wir aber schon jetzt diejenigen Gebirge für die ältesten erklären, in denen gar keine neptunischen Schichten aufgerichtet sind; dagegen für die allerjüngsten gerade solche Gebirgszüge halten, in denen sämtliche geschichtete Lagen der Ebenen steil

siehen oder in ihrer Lagerung verändert wurden. Demnach wird sich das Alter der Gebirge nach der Zahl ihrer verworfenen geschichteten Bestandtheile richten; Gebirge ohne alle Hebung derselben werden älter sein als die neptunischen Produkte, ja älter als die Wasserbedeckung überhaupt, und der Zeitpunkt der Entstehung eines Gebirges wird der Jetztwelt um so näher liegen, je größer die Anzahl seiner gehobenen Schichten ist. —

Die Richtigkeit dieser Behauptungen erhellt zu sehr aus ihnen selber, als daß es nöthig wäre, bei ihrer Erörterung noch länger zu verweilen; wir wenden uns daher zur Altersbestimmung der hauptsächlichsten Gebirge, nachdem wir zuvor die vorzüglichsten hebenden und gehobenen Bestandtheile des Erdkörpers in ihrer Succession auf einander kennen gelernt haben.

## 11.

Abnorme und normale Gesteine. — Wirkungen der abnormen auf die normalen. — Metamorphismus.

Gehen wir in dieser neuen Betrachtung wieder von den auf feurigem Wege entstandenen Gesteinen aus, so findet sich zwar eine gewisse Altersfolge auch unter ihnen, wenn man die einzelnen Glieder eines Gebirges mit einander vergleicht, aber durchaus keine so bestimmte Succession aller auf einander, wie bei den verschiedenen neptunischen Schichten. Während die letzteren in unabänderlicher, stets gleicher Reihe von unten nach oben auf einander folgen, höchstens stellenweis durch spätere Umkehrungen und Verwerfungen in eine abweichende Lage gebracht; zeigt sich dagegen das vormals feurig-flüssige Gestein an keine bestimmte Altersfolge gebunden, mithin auch in keiner überall wiederkehrenden, gleichartigen Beziehung zu den geschichteten Lagen. So wichtige Unterschiede erregten schon früh die Aufmerksamkeit der Beobachter und führten zu Benennungen, welche noch jetzt, da sie gewisse allgemeine Eigenschaften richtig andeuten, im Gebrauch sind, und zunächst einer Erklärung bedürfen. Wegen der überall gleichartigen Wiederkehr in der Schichtenfolge nennt man die neptunischen Sedimente normale Gesteine; — gleich als ob in ihrer Succession eine bestimmte Abfolge, eine Regel befolgt wäre, während sie doch ganz von zufälligen Verhältnissen, von den zur Verwitterung sich darbietenden pluto-