

www.e-rara.ch

Lehrbuch der Geognosie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1850-1854

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 30071

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-71745>

Vierter Abschnitt.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelinformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

Vierter Abschnitt.

G e o t e k t o n i k .

§. 235. *Einleitung.*

Wie Jemand, der die Architektur eines Hauses kennen lernen will, die Form und das Material, die Stellung und die Verbindung seiner einzelnen Theile zu untersuchen hat, so liegt dem Geologen, bei der Erforschung der Architektur der äusseren Erdkruste, eine ganz ähnliche Aufgabe vor. Auch er wird sich die Fragen zu beantworten haben, aus welchem Materiale dieses Gebäude hauptsächlich besteht, in welchen Formen solches Material auftritt, wie diese Formen gegen einander gestellt und geordnet, wie sie mit einander verbunden und zusammengefügt sind. Indem wir nun alle diese Verhältnisse unter dem Namen der geotektonischen Verhältnisse (S. 229) zusammenfassen, können wir denjenigen Abschnitt der Geognosie, welcher sich mit ihnen beschäftigt, als Geotektonik oder Chthonotektonik bezeichnen.

Die erste und wichtigste Frage, nämlich die nach dem Materiale der äusseren Erdkruste, ist bereits durch die Petrographie beantwortet worden, in welcher wir wenigstens das vorherrschende Material, die eigentlichen Bausteine der Erdkruste, kennen gelernt haben. Allein, wie in einem Hause ausser den vorwaltenden Stein- und Holzmassen auch noch anderes Material zu berücksichtigen ist, welches theils zur Befestigung theils zur Zierde desselben dient, so verhält sich diess auch mit der Erdkruste, zu deren Zusammensetzung ausser den eigentlichen Gesteinen auch noch manche andere Mineral-Aggregate beitragen, welche jedoch, wegen ihres Auftretens in kleineren Massen und in äusserst vielfältigen und wechselnden Combinationen nicht füglich mit jenen vorwaltenden Mineral-Aggregaten von ziemlich constanter Zusammensetzung zugleich in Betrachtung gezogen werden konnten. Es sind also nicht nur die in der Petrographie betrachteten Gesteine, sondern auch mancherlei ganz andere Mineral-Aggregate, welche das Material der Erdkruste bilden. Diese letzteren werden aber ihrem jedesmaligen Bestande nach durch die Mineralogie zu bestimmen sein, indem sich die Geognosie nur mit ihren anderweiten Verhältnissen beschäftigen kann.

Die Geotektonik hat nämlich die Formen und Dimensionen, die gegenseitige Stellung und Verknüpfung der die Erdkruste hauptsächlich

zusammensetzenden Gesteinsmassen und Mineral-Aggregate zu betrachten. Weil aber jene Gesteinsmassen, vermöge der ihnen zukommenden Gesteinsformen, und diese Mineral-Aggregate, vermöge ihrer oft complicirten Zusammensetzung auch eine innere Structur entfalten können, so bilden diese Structur-Verhältnisse gleichfalls einen Gegenstand der Geotektonik; und weil der ursprüngliche Bau der Erdkruste oft sehr bedeutende Störungen erlitten hat, so sind auch endlich diese Störungen in Betrachtung zu ziehen.

A. Gebirgsglieder und allgemeine Verhältnisse derselben.

§. 236. Begriff und Eintheilung der Gebirgsglieder.

Unter einem Gebirgsgliede*) versteht man eine jede wirklich anstehende, durch ihr Material wie durch ihre Form individualisirte Gesteins- oder Mineralmasse, welche zur Zusammensetzung eines grösseren Theiles der festen Erdkruste wesentlich mit beiträgt.

Dieser Begriff bedarf wohl einer kurzen Erläuterung. Zuvörderst fragt es sich, was wir unter einer anstehenden Gesteins- oder Mineralmasse zu denken haben. In der weitesten Bedeutung könnte man vielleicht sagen, dass es eine jede Gesteinsmasse sei, welche in ihrer Art und Weise ursprünglich durch Naturkräfte an Ort und Stelle abgelagert worden ist. Gewöhnlich aber versteht man darunter solche Massen, welche sowohl seitwärts als abwärts, oder doch wenigstens nach einer dieser Richtungen, mit gleichartigen oder verschiedenen Massen in einem stetigen und ursprünglichen Zusammenhange oder Verbande stehen.

Einzelne, auf dem Sande oder Lehm Boden abgelagerte, oder aus ihm hervorragende Blöcke von Granit, Gneiss oder Kalkstein können daher, selbst wenn sie hausgross und grösser wären, nicht als anstehender Granit,

*) Das Wort Gebirge wird hier, wie bei dem Ausdrucke Gebirgsart (S. 415), nicht in topographischer, sondern in bergmännischer Bedeutung genommen. Allerdings ist es ein Uebelstand, dass ein und dasselbe Wort in so verschiedenen Bedeutungen gebraucht wird; auch würde ich mich lieber des Ausdruckes *Terrainglied* bedient haben, wenn er nicht gleichfalls in das Gebiet der Topographie hinüberstreifte. Wäre es nicht zu gewagt, immer neue und unerhörte Ausdrücke einzuführen, so dürfte vielleicht das Wort *Vestenglied* vorzuschlagen sein, da die Gebirgsglieder in der That die Glieder sind, aus welchen die Erdveste, die uns bekannte Erdkruste, zusammengesetzt ist.

Gneiss oder Kalkstein gelten. Dagegen wird eine Blockablagerung als solche, d. h. als eine Anhäufung von Felsblöcken, für anstehend zu erklären sein, sobald sie durch Naturkräfte an Ort und Stelle geschafft worden ist. Denn ein aus dem Sande herausragender Granitblock ist als das Gestein Granit zwar nicht anstehend; wohl aber ist er es als ein klastischer Gesteinskörper, sobald er sich noch in der Lage befindet, in welcher er ursprünglich abgesetzt wurde. Bei den meisten Gesteinsmassen lässt es sich in der That als ein Kriterium ihres wirklichen Anstehens betrachten, dass sie sowohl seitwärts als abwärts, oder doch wenigstens nach einer dieser Richtungen mit ausgedehnteren Massen derselben Art in einem festen und ursprünglichen Verbande stehen. Eine kleine, aus der Dammerde hervorragende Porphy- oder Granitpartie ist folglich nur dann anstehender Porphy- oder Granit, wenn sie nach unten mit ausgedehnten Massen desselben Gesteines zusammenhängt, wenn sie nur der aus dem Sande auftauchende Theil einer grösseren Ablagerung von Porphy- oder Granit ist.

Von einem Gebirgsgliede setzen wir nun in allen Fällen voraus, dass es eine solche wirklich anstehende Gesteins- oder Mineralmasse sei. Allein diese Masse muss auch durch ihr Material wie durch ihre Form individualisirt sein, d. h. sie muss sich durch die Eigenthümlichkeit des sie bildenden Gesteines oder Mineral-Aggregates von den angränzenden, also von denen sie unterteufenden, bedeckenden oder einschliessenden Massen unterscheiden, oder doch wenigstens durch ihre Form und Begränzung als ein selbständiges Glied in der Zusammensetzung des betreffenden Theiles der Erdkruste zu erkennen geben.

Ein Granitgang, welcher im Glimmerschiefer oder Thonschiefer, ein Barytgang, welcher im Gneisse oder Buntsandsteine aufsetzt, ein Kalksteinlager, welches im Thonschiefer, ein Magneteisenerzstock, welcher im Gneisse eingelagert ist, ein System von Kalkstein-, oder Sandstein- oder Thonschieferschichten, und eine jede einzelne solche Schicht, eine Basalt- oder Phonolithkuppe, ein Lavastrom, ein Gletscher u. s. w. liefern uns also Beispiele von eben so vielen verschiedenartigen Gebirgsgliedern.

Endlich muss aber auch ein Gebirgsglied als ein wesentlicher Theil in der Zusammensetzung des betreffenden Theiles der Erdkruste hervortreten, und damit soll besonders ausgesprochen werden, dass seine Dimensionen einigermaassen bedeutend sein müssen, ohne dass jedoch eine bestimmte Maassgrösse angegeben werden kann, unter welche sie nicht herabsinken dürfen; indem es theils von der inneren Beschaffenheit des gegebenen Gebirgsgliedes selbst, theils von seinen Verhältnissen zu den umgebenden Gebirgsgliedern abhängt, ob dasselbe wirklich auf diesen Namen Anspruch machen kann.

Manche Gebirgslieder haben eine ausserordentlich grosse Ausdehnung, indem sie ununterbrochen über viele Quadratmeilen verfolgt werden können, während andere nur einzelne Berge oder Hügel bilden, und noch andere mit

weit kleineren Dimensionen ausgebildet sind. Im Allgemeinen lässt sich voraussetzen, dass ein Gebirgsglied ein integrierender Theil des jedesmal vorliegenden Terrains, d. h. ein solcher Bestandtheil desselben sein müsse, welcher nicht entfernt werden könnte, ohne dadurch das Terrain selbst in seinem Bestande wesentlich zu verändern, oder wohl gar in seinem Verbande wankend zu machen.

Bei den äusserst verschiedenen Dimensionen, welche die Gebirgslieder besitzen, wird es nothwendig, zuvörderst eine auf dieses Verhältniss gegründete Eintheilung derselben geltend zu machen. Wir unterscheiden sie daher nach der Grösse ihrer Dimensionen oder ihres Volumens überhaupt als vorherrschende und untergeordnete Gebirgslieder, womit auch in den meisten Fällen die Selbständigkeit oder Unselbständigkeit ihres Auftretens ausgedrückt wird. Vorherrschende Gebirgslieder (oder allgemeine Lagerstätten, wie sie Werner nannte) sind solche, welche mit sehr bedeutenden Dimensionen, und zwar besonders in bedeutender horizontaler, oder überhaupt nach zwei Richtungen erstreckter Ausdehnung erscheinen, ohne doch dabei eine sehr geringe verticale, oder nach der dritten Richtung gestreckte Ausdehnung zu besitzen, daher ihr Totalvolumen immer sehr gross ist, und sie als selbständige Glieder in der Zusammensetzung des betreffenden Theiles der Erdkruste zu betrachten sind. Untergeordnete Gebirgslieder (oder besondere Lagerstätten nach Werner) dagegen sind solche, welche, verhältnissmässig zu denen sie begränzenden Gebirgsgliedern, mit geringen Dimensionen ausgebildet sind, daher ein kleines Totalvolumen besitzen, und weniger als selbständige, denn als untergeordnete Massen im Bereiche anderer, vorherrschender Gebirgslieder auftreten.

Die vorherrschenden Gebirgslieder sind es, welche ein gegebenes Terrain hauptsächlich constituiren, welche bei einem allgemeinen Ueberblicke desselben am meisten in das Auge fallen, welche das Colorit seiner Oberfläche, die Modalität seiner Reliefformen, überhaupt die ganze Physiognomie desselben bestimmen. Sie sind es auch, nach welchen die verschiedenen Formationen und Formations-Abtheilungen gar häufig benannt worden sind. Sie bestehen in allen Fällen aus wirklichen Gesteinen, während die untergeordneten Gebirgslieder theils von Gesteinen, theils von anderen Mineral-Aggregaten gebildet werden.

Die Gebirgslieder lassen sich aber auch einer anderen Eintheilung unterwerfen, welcher zufolge sie als geschichtete und als massige Gebirgslieder unterschieden werden. Diese Eintheilung gründet sich auf den oben S. 499 hervorgehobenen Unterschied der geschichteten und der massigen Gesteine. Wir verstehen nämlich unter einem geschichteten

Gebirgslieder ein solches, welches wesentlich aus geschichteten Gesteinen, unter einem massigen Gebirgslieder dagegen ein solches, welches wesentlich aus massigen Gesteinen besteht.

Ein geschichtetes Gebirgslieder erscheint daher gewöhnlich als ein System von vielen Schichten, welche in regelmässiger Aufeinanderfolge zu einem grösseren Ganzen verbunden sind. Weil jedoch die Anzahl dieser Schichten ganz unbestimmt gelassen werden muss, weil solche bald grösser bald kleiner sein kann, und weder aufwärts noch abwärts einer Beschränkung unterliegt, so ergibt sich, dass manche geschichtete Gebirgslieder aus vielen hundert Schichten bestehen werden, während andere nur sehr wenige Schichten erkennen lassen. Ja, es kann sogar eine einzelne Schicht noch auf den Namen eines geschichteten Gebirgsliedes Anspruch machen; nur wird solche niemals als ein vorherrschendes, sondern lediglich als ein untergeordnetes Gebirgslieder gelten können, wogegen sich die vielschichtigen Gebirgslieder in desto höherem Grade als vorherrschende Gebirgslieder darstellen werden, je grösser die Anzahl und die Mächtigkeit ihrer Schichten ist.

In Betreff dieser Eintheilung ist noch Folgendes zu bemerken: Geschichtete Gesteine sind solche, welche in der Regel, d. h. in allen, oder doch in den meisten Fällen, Schichtung erkennen lassen; massige Gesteine dagegen sind solche, welche in der Regel aller Schichtung ermangeln. Dieser Unterschied kann zwar in einzelnen Fällen aufgehoben sein; er lässt sich aber meistens sehr wohl rechtfertigen, sobald man dabei auf die allgemeinere Ausbildungsweise der Gesteine achtet. In den meisten Fällen ist er gleichbedeutend mit dem Unterschiede der hydrogenen oder sedimentären, und der pyrogenen oder eruptiven Gesteine. Die sedimentären Gesteine nämlich sind in der Regel geschichtet; die pyrogenen oder, wie man sie ihrer Entstehungsweise wegen genannt hat, die eruptiven Gesteine sind in der Regel massige Gesteine.

Die geschichteten Gebirgslieder bestehen entweder aus gleichartigen oder aus ungleichartigen Schichten; im letzteren Falle pflegen es gewöhnlich zweierlei Gesteine zu sein, deren Schichten in beständiger Abwechslung mit einander verbunden sind. Carl v. Raumer hat dieses Verhältniss mit dem Ausdrucke der Wechsellagerung bezeichnet, welcher auch, als vollkommen entsprechend, allgemeine Aufnahme gefunden hat. So bestehen manche geschichtete Gebirgslieder aus wechsellagernden Schichten von Kalkstein und Mergelschiefer (z. B. der Liaskalkstein); andere aus wechsellagernden Schichten von Conglomerat, Sandstein und Schieferletten (wie z. B. sehr häufig das Rothliegende).

Die massigen Gebirgslieder lassen gewöhnlich keine specifisch verschiedenen Gesteine erkennen, obwohl ihr Gestein an verschiedenen

Punkten in sehr verschiedenen Varietäten ausgebildet sein kann. Eine regelmässige Vertheilung oder Abwechslung dieser Varietäten pflegt jedoch nicht Statt zu finden.

Was die Formen der Gebirgsglieder anlangt, so sind solche ausserordentlich verschieden, und grossentheils so abhängig von ihren Structur- und Lagerungs-Verhältnissen, dass sie sich erst später ausführlicher betrachten lassen werden. An gegenwärtigem Orte mag daher nur im Allgemeinen auf folgende Formen verwiesen werden.

- 1) **Parallelmassen**; Gesteinsmassen oder Mineral-Aggregate von indefiniter Ausdehnung, welche hauptsächlich von zwei parallelen, oder doch ungefähr gleichlaufenden Flächen begränzt werden (S. 496); eine ganz gewöhnliche Form, welche zumal bei sehr vielen untergeordneten Gebirgsgliedern als die herrschende zu betrachten ist, und bei allen Schichten, Lagern und den meisten Gängen angetroffen wird.
- 2) **Decken (*nappes*)**; Gebirgsglieder, welche über grosse Flächen nach allen Richtungen mehr oder weniger horizontal abgelagert und ausgebreitet sind; sie haben oft eine bedeutende Mächtigkeit, und kommen eben so wohl bei massigen wie bei geschichteten Gesteinen vor.
- 3) **Zonen**; geschichtete Gebirgsglieder, welche nach zwei Dimensionen, von denen die eine horizontal, die andere mehr oder weniger stark geneigt ist, eine bedeutende Ausdehnung besitzen, wobei jedoch die horizontale Dimension sehr vorwaltet.
- 4) **Stöcke (*amas*)**; Gebirgsglieder, welche entweder nach zwei, oder auch nach allen drei Dimensionen bedeutend, im ersteren Falle aber auch nach der dritten Dimension nicht unbedeutend ausgedehnt sind. Diese Form kommt sehr häufig bei untergeordneten, nicht selten auch bei vorherrschenden Gebirgsgliedern vor; nach Maassgabe ihrer besonderen Configuration unterscheidet man die Stöcke als:
 - Lenticularstöcke; sie haben ungefähr eine linsenförmige Gestalt;
 - Sphenoidische Stöcke; sie haben eine keilförmige Gestalt;
 - Ellipsoidische Stöcke; sie haben ungefähr die Form eines Ellipsoides;
 - Amorphe oder typhonische Stöcke, von ganz unregelmässiger Gestalt.
- 5) **Ruppen**; Gebirgsglieder von pyramidalen, kegelförmigen, glockenförmigen oder ähnlich aufragender Form, welche theils ursprünglich

in dieser Form abgelagert wurden, theils in Folge späterer Erhebungen oder Erosionen dazu gelangt sind.

6) Ströme; Gebirgsglieder, welche nach einer Dimension vorwiegend ausgedehnt sind, und sich von einem vulcanischen Eruptionspunkte oder von einem ewigen Schneefelde abwärts erstrecken; hierher gehören die Lavaströme und die Gletscher.

Manche Gebirgsglieder sind hier und da an ihren Gränzen mit eigenthümlichen Ausläufern versehen, welche zwar sehr verschiedene, gewöhnlich aber plattenförmige oder keilförmige Gestalten, und keine sehr bedeutenden Dimensionen besitzen, weshalb sie wie bloße Anhängsel, gleichsam wie Schösslinge der betreffenden Gebirgsglieder erscheinen. Man kann sie vielleicht unter dem allgemeinen Namen Apophysen der Gebirgsglieder begreifen. Wenn sie grössere Dimensionen erreichen, so können sie die Bedeutung von untergeordneten Gebirgsgliedern gewinnen, welche jedoch immer als Dependenzen anderer, grösserer Gebirgsglieder erscheinen, von denen sie auslaufen, und mit denen sie in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Diese Apophysen lassen sich nach Maassgabe ihrer besonderen Gestalt als keilförmige, trümförmige, plattenförmige, ungestaltete Apophysen unterscheiden. In ihren Querschnitten erscheinen sie wie Bänder, Adern, spitzwinkelige Vorsprünge u. s. w., und bisweilen können sie in einer solchen Weise entblöst vorliegen, dass sie sich wie scheinbar abgetrennte Theile desjenigen Gebirgsgliedes darstellen, mit welchem sie nach anderen Richtungen stetig verbunden sind.

§. 237. *Contactverhältnisse der Gesteine.*

Unter den mancherlei Relationen der Gebirgsglieder sind besonders zwei, nämlich die Verhältnisse ihres Contactes und ihrer Lagerung, von sehr grosser Wichtigkeit.

Mit dem Ausdrücke *Contactverhältnisse* bezeichnen wir alle, bei dem Zusammentreffen zweier Gesteinskörper unmittelbar an ihrer Gränze wahrnehmbare Erscheinungen. Es sind theils materielle, theils formelle Verhältnisse, welche hierbei in Rücksicht kommen.

A. *Materielle Verhältnisse im Contacte zweier Gesteinskörper.*

a) *Gesteinsbeschaffenheit.*

Es ist nicht selten der Fall, dass zwei verschiedenartige Gesteinmassen an ihrer Gränze durch allmälige Uebergänge so stetig in einander

verlaufen, dass gar keine scharfe Demarcationsfläche angegeben werden kann, und die Gränze unbestimmt gelassen werden muss. Ein derartiger Uebergang ist z. B. zwischen Granit und Syenit, zwischen Granit und Gneiss an vielen Orten beobachtet worden. In allen solchen Fällen kann eigentlich von einem Contacte der beiderlei Gesteinsmassen kaum die Rede sein, weil ihre Verschiedenheit durch ein neutrales Zwischenglied ganz allmählig ausgeglichen wird. Die Anerkennung und Nachweisung von Contactverhältnissen setzt allemal eine räumliche Discontinuität oder doch wenigstens eine erkennbare Demarcationsfläche beider Gesteinsmassen voraus, welche übrigens eben sowohl von gleichartigen als von ungleichartigen Gesteinen gebildet werden können.

Aber auch unter Voraussetzung dieser Bedingung finden wir sehr häufig, dass jedes der beiden Gesteine, oder wenigstens dass eines derselben in der Nähe der Gränzfläche eine mehr oder weniger auffallende Veränderung seiner gewöhnlichen Beschaffenheit zeigt. Dahin gehören z. B. alle jene Veränderungen, welche so viele Gesteine im Contacte mit pyrogenen Gesteinen erlitten haben; also die Verdichtungen, Erhärtungen, Umkrystallisirungen, Imprägnationen u. s. w., wie solche in der Allöosologie der Gesteine S. 773 ff. betrachtet worden sind. Umgekehrt beobachten wir aber auch nicht selten eine Modification in der Beschaffenheit des pyrogenen Gesteins, welche in einer, von dem angränzenden Gesteine ausgegangenen Einwirkung begründet war, und sich als eine Veränderung theils seiner Textur, theils seiner mineralischen Zusammensetzung zu erkennen giebt.

So werden z. B. grobkörnige Granite, Diabase, Hypersthenite u. s. w. oft feinkörnig, an Einsprenglingen reiche Porphyre oft sehr arm daran im Contacte mit anderen Gesteinen. Besonders die Apophysen der grösseren Gebirgsglieder pyrogener Gesteine lassen häufig sehr auffallende Veränderungen der Gesteinsbeschaffenheit erkennen. Dass aber diese Erscheinungen nicht in die Kategorie des Metamorphismus gezogen werden können, sofern sie nämlich bei der anfänglichen Erstarrung und Bildung des pyrogenen Gesteins zur Ausbildung gelangt sind, diess ist bereits oben S. 755 bemerkt worden.

In sehr vielen Fällen finden wir jedoch, dass beide Gesteine bis unmittelbar an die Gränzfläche ihre gewöhnliche Beschaffenheit ganz unverändert behaupten, oder doch dass die etwa wahrnehmbaren Veränderungen von der Art sind, wie sie nicht durch eine gegenseitige oder einseitige Einwirkung der Gesteine selbst, sondern lediglich durch andere, secundäre Ursachen, z. B. durch Infiltration von Wasser, durch Verwitterung und dergleichen erklärt werden können.

b) Gesteinsverbindung.

Was die Verbindung oder Verknüpfung der Gesteine im Contacte betrifft, so findet solche entweder mit Ablosung oder mit Verwachsung Statt. Im ersteren Falle werden beide Gesteine durch eine förmliche Fuge von einander getrennt, welche sich, wenn sie auch völlig geschlossen sein sollte, doch dadurch zu erkennen giebt, dass beide Gesteine in ihr gar nicht oder nur äusserst wenig adhären, daher es schwer oder geradezu unmöglich ist, ein Gränzstück zu schlagen, weil die Gesteine durch die Erschütterung des Schlages längs der Fuge von einander springen. Findet dagegen eine wirkliche Verwachsung Statt, so ist gar keine räumliche Discontinuität mehr vorhanden, und beide Gesteine trennen sich durch den Schlag des Hammers gar nicht oder doch schwieriger.

Häufig werden auch zwei Gesteinskörper an ihrer Gränze durch eine Zwischenbildung getrennt, welche in ihrer Natur von ihnen mehr oder weniger abweicht. Diess ist besonders der Fall bei manchen geschichteten Gebirgsgliedern, deren einzelne Schichten durch dünne Zwischenlagen, und bei vielen Gängen, welche vom Nebengesteine durch sogenannte Bestege abgeondert werden.

B. Formelle Verhältnisse im Contacte zweier Gesteinskörper.

a) Form der Contactfläche.

Die Contactflächen zweier Gesteinsmassen sind sehr häufig ebenflächig oder doch dergestalt ausgedehnt, dass sie wenigstens an jedem einzelnen Beobachtungspunkte keine sehr auffallenden Abweichungen von einer Ebene erkennen lassen. Es ist diess z. B. der gewöhnliche Fall im Contacte zweier Schichten eines und desselben Schichtensystemes, im Contacte eines Ganges mit seinem Nebengesteine. Allein von diesem einen Extreme ausgehend, begegnen wir allen möglichen Formen und Graden der Unregelmässigkeit, und erreichen endlich als zweites Extrem solche Contactflächen, deren Regellosigkeit jede Beschreibung unmöglich macht. Dergleichen unregelmässige Contactflächen kommen besonders im Contacte massiger Gesteine mit geschichteten oder mit anderen massigen Gesteinen vor.

b) Relative Lage der Contactfläche.

Die relative Lage der Contactfläche gegen die Structurflächen der an einander gränzenden Gesteinskörper ist ein Verhältniss, auf welches sich der sehr wichtige Unterschied des normalen und abnormen Gesteinsverbandes gründet; ein Unterschied, dessen Bedeutung schon

lange erkannt worden ist, und auf welchem einige der wichtigsten Begriffe der Geognosie beruhen.

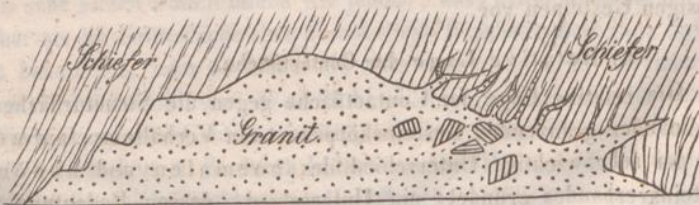
Normaler Gesteinsverband oder normale Junctur findet Statt, wenn die Contactfläche den Structur- oder Schichtungsflächen beider Gesteine parallel ist.

Diese Junctur kommt ausserordentlich häufig vor, und ist z. B. zwischen den Schichten eines und desselben Schichtensystems durchgängig anzutreffen, so dass eine Schicht mit der andern auf diese Weise verbunden erscheint. Es wird dabei freilich vorausgesetzt, dass beide Gesteinsmassen mit Parallelstructur und Schichtung versehen sind; sollte also eine derselben dieser Eigenschaften ermangeln, so bleibt der Fall zwar eigentlich zweifelhaft, kann aber doch häufig noch als normale Junctur interpretirt werden. Sollte discordante Parallelstructur (S. 486) oder transversale Schieferung (S. 516) vorhanden sein, so sind statt der Structurflächen lediglich die wahren Schichtungsflächen zu berücksichtigen. Der normale Gesteinsverband verweist immer auf eine ruhige und regelmässige Ablagerung der einen Gesteinsmasse auf der andern.

Abnormer Gesteinsverband oder abnorme Junctur findet Statt, wenn die Contactfläche in ihrer ganzen Ausdehnung, oder doch stellenweise auf bedeutendere Strecken, die Structur- oder Schichtungsflächen beider Gesteine, oder doch wenigstens eines desselben durchschneidet.

Dieser Gesteinsverband kann zwischen zwei geschichteten Gesteinen vorkommen und fällt dann mit der später zu erwähnenden discordanten Lagerung zusammen; besonders häufig und in den mannichfaltigsten Formen findet er sich aber im Contacte massiger und geschichteter Gesteine. Ist keines von beiden Gesteinen mit Parallelstructur und Schichtung versehen, so ist die Junctur gleichfalls in der Regel als eine abnorme zu betrachten. Die wichtigsten Modalitäten, unter denen sich diese Junctur ausgebildet findet, sind aber folgende:

- 1) Abnorme Junctur mit ebener Gränzfläche; sie kommt gar nicht selten vor, wo ein Gestein das andere gangartig durchsetzt; Porphyrgänge im Granit bei Meissen, Basaltgänge im Sandstein oder Kalkstein.
- 2) Abnorme Junctur mit unebener Gränzfläche; sehr häufig.
- 3) Abnorme Junctur mit gebrochener Gränzfläche; die Gränzfläche bildet bald ausspringende bald einspringende Winkel, zeigt auffallende Convexitäten und Concavitäten, Protuberanzen und Buchten, hat überhaupt



einen ganz unregelmässigen und gebrochenen Verlauf, etwa so, wie es vorstehender Holzschnitt auf der linken Seite darstellt.

- 4) Abnorme Junctur mit ramificirender Gränzfläche; von dem einen Gesteine laufen theils gerade, theils gewundene, einfache oder verzweigte, keilförmige, trümerförmige, plattenförmige Apophysen in das andere Gestein aus, so dass das letztere gleichsam von Wurzeln oder Verzweigungen des ersteren durchflochten erscheint; wie es die rechte Seite des vorstehenden Holzschnittes zeigt.

Von diesen verschiedenen Juncturen finden sich gar nicht selten an verschiedenen Punkten einer und derselben Gesteinsgränze zwei oder mehre zugleich ausgebildet. Auch kommt es vor, dass eine abnorme Gesteinsgränze stellenweise in eine normale Lage übergeht; dann ist jedoch die Junctur überhaupt immer als eine abnorme zu betrachten, indem die hier und da vorkommende normale Ausbildung derselben nur als zufällig gelten kann, wenn sie auch bisweilen auf weite Strecken hin fortsetzen sollte.

Uebrigens verweist uns die abnorme Junctur in allen Fällen entweder auf eine zeitliche Discontinuität der Bildung, oder auf eine später eingetretene Störung der ursprünglichen Ordnung.

§. 238. Lagerung der Gebirgsglieder.

Unter der Lagerung eines Gebirgsgliedes versteht man die relative Stellung seiner Massen zu den Massen der angränzenden Gebirgsglieder, zumal in verticaler Richtung.

Das Gesetz der horizontalen Ausbreitung, welchem die meisten Gebirgsglieder bei ihrer Bildung mehr oder weniger unterworfen waren, liegt eigentlich dem allgemeinen Begriffe der Lagerung zu Grunde. Da nun die in einer und derselben Gegend successiv abgelagerten Massen, vermöge jenes Gesetzes, über oder unter einander gelagert erscheinen müssen, so pflegt auch die gegenseitige Lagerung der Gebirgsglieder zunächst und vorzugsweise in der Richtung der Verticalen aufgesucht und bestimmt zu werden.

Ueberhaupt aber setzt der Begriff der Lagerung allemal ein gewisses Abhängigkeits-Verhältniss der betreffenden Gesteins- oder Mineralmassen von anderen Massen voraus, da jeder Gesteinsmasse ihre Lagerung nothwendig durch andere, präexistirende Massen vorgeschrieben worden sein muss. Von diesem allgemeineren Gesichtspunkte aus lassen sich nun für die verschiedenen Gebirgsglieder besonders folgende Modalitäten der Lagerung unterscheiden.

- a) Auflagerung; das Gebirgsglied ist in seiner Lagerung wesentlich nur durch die unter ihm liegenden, präexistirenden Massen bestimmt worden, über welchen sich dasselbe abgelagert hat.

- b) Durchgreifende Lagerung; das Gebirgglied ist in seiner Lagerung wesentlich zugleich durch die unter und über ihm (oder auch zu beiden Seiten) befindlichen präexistirenden Massen bestimmt worden, zwischen welchen sich dasselbe abgelagert hat.
- c) Untergreifende Lagerung; das Gebirgglied ist in seiner Lagerung wesentlich durch die über ihm liegenden präexistirenden Massen bestimmt worden, unter welchen sich dasselbe abgelagert hat.
- d) Umschlossene Lagerung; das Gebirgglied ist in seiner Lagerung nach allen Seiten von denen dasselbe ringsum einschliessenden, präexistirenden oder coexistirenden Massen bestimmt worden.

Von diesen vier Modalitäten der Lagerung sind unstreitig die beiden ersteren die wichtigsten, die am häufigsten in der Natur vorkommenden, weshalb wir ihnen unsere ganz besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden haben, während über die beiden letzteren nur noch wenige Worte der Erläuterung zu geben sind.

a) Auflagerung.

Eine in theoretischer wie in praktischer Hinsicht äusserst wichtige Frage ist und bleibt es jederzeit, ob irgend ein Gebirgglied unter oder über den angränzenden Gebirggliedern gelagert ist, ob es also von diesen letzteren aus in der Verticale aufwärts oder abwärts zu suchen ist. Durch die Beantwortung dieser Frage, welche namentlich auch für die vorherrschenden Gebirgglieder eine sehr grosse Bedeutung gewinnt, wird in den meisten Fällen die eigentliche bathrologische*) Stelle eines jeden Gebirggliedes, d. h. seine Stelle in der naturgemässen Reihenfolge der Formationen überhaupt bestimmt; und daraus ist es erklärlich, warum die Begriffe der Auflagerung und Unterlagerung eine so vorzügliche Wichtigkeit erlangen.

Es kann jedoch ein und dasselbe Gebirgglied *A* zu einem und demselben zweiten Gebirggliede *B* an verschiedenen Stellen verschie-

*) Von βᾶθρον, die Stufe, der Sitz; weil die normale Stufe, welche das betreffende Gebirgglied in der Stufenleiter der Formationen einnimmt, und also auch dasjenige, was möglicherweise über oder unter ihm zu suchen ist, durch diese Verhältnisse hauptsächlich bestimmt wird. Der Ausdruck bathrologisch scheint mir das Wesen der Sache richtiger zu bezeichnen, als der oft in gleichem Sinne gebrauchte Ausdruck stratigraphisch.

dene, und einander zum Theil widerstreitende Lagerungsverhältnisse zeigen, und deshalb ist es wichtig, die gesetzmässige und die anomale Lagerung zu unterscheiden. Gesetzmässige oder ursprüngliche Lagerung ist diejenige, welche ein Gebirgsglied in dem grössten Theile seines Verbreitungsgebietes wahrnehmen lässt; anomale oder verkehrte Lagerung dagegen ist diejenige, welche dasselbe nur ausnahmsweise, an einzelnen Punkten und Strichen seines Verbreitungsgebietes zeigt.

Ein Gebirgsglied *A* ist also einem anderen Gebirgsgliede *B* gesetzmässig aufgelagert, wenn es in dem grössten Theile seines Verbreitungsgebietes unmittelbar über ihm liegt. Der Pläner, eine im Bassin von Dresden sehr verbreitete Bildung, ist z. B. dem dasigen Syenit-Granite grösstentheils aufgelagert; allein an einzelnen Punkten, z. B. bei Oberau und Weinböhla, findet das Gegentheil Statt, was nur als eine locale Anomalie zu betrachten ist. Die Buntsandstein-Formation liegt fast durchgängig über der Zechsteinformation; am südwestlichen Fusse des Thüringer Waldes jedoch, zwischen Suhl und Hessisch-Steinbach, liegt der Zechstein über dem Buntsandsteine; jenes ist die gesetzmässige, dieses eine anomale Lagerung. Und so liessen sich aus anderen Gegenden und von anderen Formationen zahlreiche Beispiele anführen, welche eine stellenweise Umkehrung der gesetzmässigen Lagerung darthun.

Diejenige Fläche, in welcher ein aufgelagertes Gebirgsglied mit den unterliegenden Massen in Berührung steht, nennt man die Auflagerungsfläche, und jeden Durchschnitt dieser Auflagerungsfläche mit der Erdoberfläche, oder auch mit künstlichen Entblösungsflächen (in Steinbrüchen, Bergwerken u. s. w.) eine Auflagerungslinie.

Die Bestimmung der Lage der Auflagerungsfläche zwischen zweien Gebirgsgliedern bildet eine der wichtigsten Aufgaben für den Geognosten. Es ist nicht immer der Fall, dass die Auflagerungsfläche als solche in hinreichender Entblösung vorliegt; oft sieht man nur Auflagerungslinien, und man muss daher aus dem Verlaufe dieser Linien auf die Lage der Auflagerungsfläche zu schliessen wissen.

Wo es hierbei auf keine sehr genaue Bestimmung ankommt, da ist dieselbe gewöhnlich leicht nach dem Augenmaasse zu geben. Befindet man sich z. B. in einem Thale, durch welches die Gränze zweier Gesteine hindurchsetzt, so wird man besonders darauf zu achten haben, ob die an beiden Gehängen hinlaufenden Auflagerungslinien thalwärts oder thalabwärts fallen; nach derselben Richtung wird auch die Auflagerungsfläche einschliessen, und daher entschieden werden, ob das thalwärts oder thalabwärts anstehende Gestein das aufgelagerte ist.

Sobald es aber auf eine genauere Bestimmung ankommt, da ist es gerathen, mit einem Dioptercompasse von einem Gränzpunkte des einen Gehänges nach zweien oder mehr Gränzpunkten des anderen Gehänges zu visiren,

und in der That drückt er vollkommen das aus, was diese Lagerung auf eine so merkwürdige Weise auszeichnet. Gebirgsglieder von durchgreifender Lagerung setzen nämlich quer durch andere Gebirgsglieder hindurch, wie fremdartige eingeschobene Massen, deren Hangendes und Liegendes gewöhnlich ein und dasselbe Gestein ist, während sie selbst zu diesen angränzenden Massen in gar keiner wesentlichen und nothwendigen Beziehung stehen. Daher kann ein solches Gebirgsglied durch mehre ganz verschiedenartige Gebirgsglieder hindurchsetzen, und dennoch innerhalb eines jeden derselben seine Eigenschaften ganz unverändert behaupten. Diese Unabhängigkeit ist ein wesentlicher Charakter der mit durchgreifender Lagerung ausgebildeten Gebirgsglieder.

Was ihre Formen betrifft, so erscheinen sie bald als regelmässige Parallelmassen, bald als sehr unregelmässig gestaltete Gesteinskörper; ihre Gränzflächen aber lassen alle die Verschiedenheiten der Ausbildung erkennen, welche oben S. 908 als Modalitäten des abnormen Gesteinsverbandes aufgeführt worden sind. Denn es gehört zu den Eigenthümlichkeiten der durchgreifenden Lagerung, dass sie in der Regel mit abnormen Gesteinsverbände ausgebildet ist; wenn es auch nicht selten vorkommt, dass eine so gelagerte Masse stellenweise, auf grössere oder kleinere Strecken, regelmässig zwischen den Schichten des sie einschliessenden Gebirgsgliedes fortläuft, um dann wieder quer durch diese Schichten hindurchzusetzen.

Bisweilen setzen Gebirgsglieder von durchgreifender Lagerung an der Gränze zweier verschiedenartiger Gebirgsglieder auf, zwischen welchen sie sich eingedrängt haben; in einem solchen Falle lässt sich das Lagerungsverhältniss als zwischengreifende Lagerung bezeichnen.

c) Untergreifende Lagerung.

Diese, nicht so gar häufig vorkommende Lagerung findet sich wohl nur bei pyrogenen oder eruptiven Gesteinen, deren Massen unter andern, bereits existirenden Gesteinen dergestalt abgelagert worden sind, dass sie aufwärts in ihrer Ausbreitung von selbigen behindert wurden. Die Erscheinung ist also wesentlich verschieden von einer gewöhnlichen Unterlagerung, bei welcher die aufliegenden Massen erst später abgelagert worden sind. Uebrigens ist diese untergreifende Lagerung stets durch abnormen Gesteinsverband charakterisirt, wie es der S. 908 stehende Holzschnitt zeigt, welcher eine Granitkuppe von untergreifender Lagerung unter Thonschiefer darstellt.

d) Abgeschlossene Lagerung.

Ebenfalls ein seltenes Lagerungsverhältniss, welches wohl nur bei gewissen untergeordneten Gebirgsgliedern von stockförmiger Gestalt angetroffen wird, und theils mit abnormem, theils mit normalem Gesteinsverbande ausgebildet ist.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass gewisse Erzstücke, wie z. B. viele Magneteisenerzstücke im Gneisse, vielleicht auch gewisse Kalksteinstücke, Serpentinsteine u. a. auf diese Weise abgelagert worden sind, indem ihr Material vor seiner Erstarrung innerhalb der sie umgebenden zähflüssigen Massen etwa so enthalten war, wie das Dotter innerhalb eines Eies. Gewiss ist es aber, dass viele und zum Theil sehr grosse Massen von Schiefer, Gneiss und anderen Gesteinen innerhalb des Granites oder anderer pyrogener Gesteine auf diese Weise auftreten; so z. B. die hausgrossen Gneiss- und Schiefermassen im Granite der Pyrenäen, die colossalen, oft mehre tausend Fuss langen Glimmerschiefermassen im Granite von Eibenstock, die ähnlichen Massen im Granulite des Königreiches Sachsen. Dergleichen Massen sind nichts Anderes, als colossale Fragmente, welche wegen ihrer bedeutenden Dimensionen als selbständige Gebirgsglieder betrachtet werden müssen. Gewöhnlich ragen sie nach oben frei aus dem sie umschliessenden Gesteine heraus.

§. 239. Lagerartige und gangartige Gebirgsglieder.

Auf einige der vorher betrachteten Unterschiede der Junctur und Lagerung gründet sich eine sehr wichtige Eintheilung der untergeordneten Gebirgsglieder, welche auch auf manche kleinere vorherrschende Gebirgsglieder angewendet werden kann. Es ist natürlich, dass die Verhältnisse der untergeordneten Gebirgsglieder zunächst von ihren Beziehungen zu denen sie umgebenden oder einschliessenden vorherrschenden Gebirgsgliedern abhängen werden. Sie unterscheiden sich von ihnen jedenfalls durch die abweichende Beschaffenheit ihres Materials, stehen aber zu denselben entweder in normalen oder in abnormen Verbandverhältnissen; hiernach, so wie nach der Verschiedenheit ihrer Lagerung unterscheidet man sie als lagerartige und gangartige Gebirgsglieder.

Ein lagerartiges Gebirgsglied ist ein solches, welches durch normale Junctur und regelmässige Zwischenlagerung (bisweilen auch nur einseitig durch Auf- oder Unterlagerung) mit dem dasselbe einschliessenden (unterteufenden oder überlagernden) Gebirgsgliede verbunden ist.

Die lagerartigen Gebirgsglieder sind also einem vorherrschenden Gebirgsgliede regelmässig eingelagert oder wenigstens angelagert, und stimmen in ihrer Parallelstructur und Schichtung mit demselben überein; was Alles darauf hindeutet, dass sie in stetiger und regelmässiger Folge inmitten (bisweilen

auch zu Anfang oder zu Ende) desselben Bildungsprocesses zur Entwicklung gelangt sind, durch welchen das vorwaltende Gebirgsglied entstanden ist, zu dem sie in solcher Beziehung stehen. Das Hangende und das Liegende eines lagerartigen Gebirgsgliedes wird bald von einem und demselben Gesteine, bald von zweierlei verschiedenen Gesteinen gebildet, in welchem letzteren Falle dasselbe als ein Zwischenlager auftritt.

Nach ihrer Form und Ausdehnung erscheinen die verschiedenen lagerartigen Gebirgsglieder entweder als Lager und Flötze, oder als Lagerstöcke.

Lager (*couches*) sind lagerartige Gebirgsglieder, welche in ihrer allgemeinen Ausdehnung als mehr oder weniger regelmässige Parallelmassen (S. 496) ausgebildet sind. Sie stellen daher förmliche Schichten dar, welche sich nur durch ihr eigenthümliches Material von denen sie einschliessenden Schichten unterscheiden, ausserdem aber gerade so verhalten, wie jede andere Schicht desjenigen Schichtensystemes, von welchem sie selbst als integrirende Theile zu betrachten sind. Auch können sie sich sehr weit verbreiten, und selbst in ununterbrochener Ausdehnung durch das ganze Verbreitungsgebiet desjenigen Schichtensystemes fortsetzen, welchem sie angehören.

Es ist diess die regelmässigste Form, in welcher die lagerartigen Gebirgsglieder überhaupt vorkommen, weshalb denn auch der allgemeine Name für diese Abtheilung von ihnen entlehnt wurde. Weit fortsetzende Lager, welche aus einem technisch nutzbaren Materiale bestehen, und einem ganz entschieden sedimentären Schichtensysteme angehören, pflegt der teutsche Bergmann auch Flötze zu nennen, ohne es jedoch mit dieser Unterscheidung sehr genau zu nehmen. Am häufigsten braucht man den Ausdruck Flötz von Steinkohlenlagern, welche gewöhnlich Steinkohlenflötze genannt werden. Nachstehender Holzschnitt zeigt bei *a* und *b* die Verhältnisse eigentlicher Lager.



Lagerstöcke oder liegende Stöcke (*amas*) sind lagerartige Gebirgsglieder, welche in der Form von Stöcken (S. 904) ausgebildet sind. Sie unterscheiden sich also von den eigentlichen Lagern durch ihre geringere Ausdehnung nach Länge und Breite, und durch ihre, wenigstens in der mittleren Region, verhältnissmässig grosse Mächtigkeit, während sie in ihren übrigen Verhältnissen mit ihnen übereinstimmen.

Gewöhnlich haben die Lagerstöcke eine lenticulare oder ellipsoidische, oder auch, wenn sie nur in ihrer einen Hälfte entblöst sind, eine keilförmige

Gestalt, etwa so wie es der vorstehende Holzschnitt bei *c* und *d* zeigt. Sie keilen sich nach allen Richtungen bald aus, und haben, selbst bei bedeutender Mächtigkeit, keine grosse Ausdehnung in der Richtung ihres Streichens und Fallens.

Ein gangartiges Gebirgglied ist ein solches, welches durch abnorme Junctur und durchgreifende Lagerung mit denen dasselbe einschliessenden Gebirggliedern verbunden ist.

Die gangartigen Gebirgglieder durchsetzen also die angränzenden Gebirgglieder, und zeigen, wenn sie mit Parallelstructur, oder auch mit einer der Schichtung analogen lagenweisen Gliederung versehen sind, eine Abweichung derselben von der Structur und Schichtung des Nebengesteins. Gewöhnlich setzen sie in einem und demselben vorherrschenden Gebirggliede auf, welches von ihnen mit durchgreifender Lagerung durchschnitten und in der Stetigkeit seiner Ausdehnung unterbrochen wird. Bisweilen finden sie sich aber auch auf der Gränze zweier verschiedener Gebirgglieder, zwischen welchen sie wie eine eingeschobene fremdartige Masse auftreten.

Nach ihrer Form und Ausdehnung unterscheidet man die gangartigen Gebirgglieder besonders als Gänge und Gangstöcke.

Gänge (*flons*) sind gangartige Gebirgglieder, welche in ihrer allgemeinen Ausdehnung eine mehr oder weniger regelmässige Parallelmasse darstellen. Ihre ganze Erscheinungsweise spricht dafür, dass sie gar nichts Anderes als Ausfüllungen von Spalten sind, welche durch gewaltsame Bewegungen der äusseren Erdkruste entstanden. Wie nun die Form solcher Spalten bald regelmässig bald unregelmässig sein kann, so ist es auch die Form der Gänge; und während daher einige als ganz ebenflächig ausgedehnte Parallelmassen erscheinen, so sind andere mit mancherlei Unregelmässigkeiten behaftet, indem ihre beiden Gränzflächen zwar im Allgemeinen parallel, aber nicht mehr eben, sondern verschiedenen Biegungen und Undulationen unterworfen sind, und bald näher an, bald weiter von einander rücken.

Der nachstehende Holzschnitt zeigt bei *a* und *b* die Profile solcher Gänge, um den verschiedenen Verlauf ihrer Gränzflächen zu veranschaulichen.



Man nennt diese Gränzflächen die Salbänder des Ganges, den Abstand derselben seine Mächtigkeit, das Gestein, in welchem ein Gang aufsetzt, sein Nebengestein, und unterscheidet solches nach seiner Lage als das Hangende und das Liegende, wenn nämlich der Gang nicht vertical ist.

Die Lage der Gänge wird aber, gerade so wie die Lage der Schichten, durch das Streichen und Fallen bestimmt (S. 503).

Manche Gänge setzen auf grössere Strecken regelmässig zwischen den Schichten des Nebengesteines fort, und erscheinen dann völlig wie Lager (Fig. *n* in vorstehendem Holzschnitte); man hat sie Lagergänge (*filons-couches*) genannt. Indessen ist diese Erscheinung doch nur local, da ein jeder Lagergang in seinem weiteren Verlaufe die Schichten des Nebengesteins irgendwo durchschneidet. Gänge, welche auf der Gränze zweier verschiedener Gebirgslieder aufsetzen, werden oft Contactgänge genannt.

Gangstöcke oder stehende Stöcke nennt man diejenigen gangartigen Gebirgslieder, welche in ihrer allgemeinen Ausdehnung die Form eines Stockes besitzen, während ihnen ausserdem die wesentlichen Eigenschaften der Gänge zukommen (Fig. *c* und *d* in vorstehendem Holzschnitte). Sie haben bald keilförmige, bald ganz unregelmässige Gestalten, und ragen nicht selten als Bergkuppen und Felsen zu Tage aus.

Eine sehr wichtige Unterscheidung der lagerartigen und gangartigen untergeordneten Gebirgslieder ist diejenige, welche sich auf die Beschaffenheit ihres Materialles gründet. Dieses Material ist nämlich entweder ein wirkliches Gestein, wie es auch ausserdem in grossen und weit verbreiteten Ablagerungen vorzukommen pflegt; oder dasselbe ist ein Mineral-Aggregat von eigenthümlicher Beschaffenheit, wie es nur in untergeordneten Gebirgsgliedern bekannt ist. Hiernach unterscheidet man besonders die Lager und Gänge als Gesteinslager und Minerallager, als Gesteinsgänge und Mineralgänge, und macht auch nöthigenfalls denselben Unterschied für die Stöcke geltend.

Die Minerallager und Mineralgänge zeigen eine äusserst verschiedenartige Zusammensetzung; einige bestehen nur aus einer Mineralspecies, während andere von mehren, und noch andere von sehr vielen Mineralspecies gebildet werden. Unter ihnen gewähren nun aber besonders diejenigen ein grosses theoretisches und praktisches Interesse, auf welchen die metallischen Mineralien oder die Erze, wie sie der Bergmann nennt, in bedeutenderen Quantitäten einbrechen. Man pflegt solche daher unter den Namen der Erzlager und Erzgänge von den übrigen Minerallagern und Mineralgängen abzusondern, und unter dem Namen der Erzlagerstätten zusammenzufassen.

Diese Erzlagerstätten, so wie auch manche der anderen Mineral-Lagerstätten, unterscheiden sich nun in vielen ihrer Eigenschaften und Verhältnisse so wesentlich von allen übrigen Gebirgsgliedern, dass ihre Betrachtung einem besonderen Abschnitte vorbehalten bleiben muss. Dagegen lassen sich die Gesteinslager und Gesteinsgänge, wenigstens theilweise, schon bei der Betrachtung der vorherrschenden Gebirgslieder berücksichtigen, mit welcher wir uns zunächst beschäftigen werden. Weil jedoch die geschichteten Gebirgs-

glieder in der Regel ganz andere Structur- und Lagerungs-Verhältnisse zeigen, als die massigen Gebirgsglieder, so müssen auch solche nach einander betrachtet werden.

B. Structur- und Lagerungs-Verhältnisse der geschichteten Gebirgsglieder.

§. 240. *Structur der geschichteten Gebirgsglieder.*

Unter der Structur eines geschichteten Gebirgsgliedes versteht man die in der Lage, Form und Verknüpfung seiner Schichten obwaltende Regel.

Die Lage der Schichten wird hierbei zunächst nur nach ihrem Neigungswinkel gegen den Horizont oder nach dem Grade ihres Fallens aufgefasst, in welcher Hinsicht besonders die horizontale Lage, die geneigte, die verticale und die überkippte Stellung zu unterscheiden sind.

Häufig liegen die Schichten vollkommen horizontal oder sählig; oder sie weichen doch nur so wenig von der Horizontalfläche ab, dass diese Abweichung innerhalb kleinerer Distanzen von dem Auge gar nicht wahrgenommen werden kann, und nur an dem allmählig immer höheren Aufsteigen der Schichten über einer fast horizontalen Fläche, z. B. über dem Spiegel des Meeres, eines Landsees oder eines an ihnen hinfließenden Stromes zu erkennen ist. Wenn die Schichten zwar im Allgemeinen horizontal liegen, jedoch stellenweise ganz unbestimmte, bald nach dieser, bald nach jener Weltgegend gerichtete unbedeutende Neigungen zeigen, so sagt man, dass sie eine unbestimmte schwebende Lage haben.

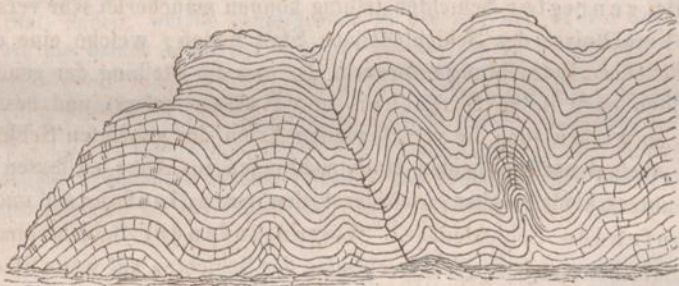
Sehr oft haben die Schichten eine geneigte Lage, bei welcher alle Grade der Neigung vorkommen können, welche zwischen den beiden Extremen der horizontalen und verticalen Stellung möglich sind. Gar nicht selten stehen die Schichten vertical oder seiger, wohin auch diejenigen Fälle gerechnet werden, wenn sie unbestimmt um einige Grade bald nach der einen, bald nach der anderen Seite von der Verticalen abweichen. Endlich giebt es auch Schichten von überhängender oder überkippter Stellung, bei denen die ursprüngliche Oberfläche als Unterfläche erscheint, und umgekehrt. Dergleichen Verhältnisse kommen besonders am Fusse mancher Gebirgsketten vor, wo bisweilen mächtige Schichtensysteme auf mehre Meilen Länge in einer völlig umgestürzten Lage anstehen. Nordrand des Harzes bei Goslar; südwestlicher Fuss des Thüringer Waldes bei Suhl; Nordrand der Alpen; Malvern-Hills und Abberley-Hills in England.

In ihrer Form lassen die Schichten sehr viele Verschiedenheiten wahrnehmen, von welchen die wichtigsten folgende sein dürften.

- a) Die Schichten sind ebenflächig ausgedehnt; diess ist bei weitem der gewöhnlichste Fall, welcher zumal bei horizontaler Schichtenlage über sehr grosse Räume angetroffen wird.

- b) Die Schichten sind einfach gebogen; man sieht nur eine einzige, stetig ausgebildete Krümmung, welche sich weiterhin nicht wiederholt.
- c) Die Schichten sind einfach geknickt; man sieht eine einzige, scharfe und unetige Richtungsänderung ihres Verlaufes.
- d) Die Schichten sind gefaltet, sie zeigen mehrfach hinter einander wiederholte Biegungen, welche in sehr verschiedener Weise ausgebildet sein können, daher man wellenförmig-, zickzackförmig-, schleifenförmig- und cylindrisch-gefaltete Schichten unterscheidet.
- e) Die Schichten sind ganz regellos gewunden; diess findet nicht selten in so auffallender Weise Statt, dass sich die Windungen und Verdrehungen gar nicht mehr beschreiben, sondern nur noch etwa mit den Zeichnungen mancher marmorirten Papiere vergleichen lassen.

Alle diese Verhältnisse kommen in sehr verschiedenem, bisweilen aber in recht grossartigem Maassstabe ausgebildet vor. Der nachstehende Holzschnitt zeigt die von Hausmann jun. naturgetreu aufgenommenen Schichtenwindungen



des Kieselschiefers bei der Innerste-Brücke unterhalb Lautenthal am Harze. Als ein merkwürdiger Umstand ist es noch zu erwähnen, dass bisweilen zickzackförmig oder wellenförmig gefaltete Schichten zwischen ganz ebenflächig ausgedehnten Schichten angetroffen werden; was jedoch fast nur bei geneigter Schichtenlage vorkommt, und sehr einfach daraus zu erklären ist, dass die Schichten zu der Zeit, als sie in die geneigte Lage versetzt wurden, sehr verschiedene Grade der Consistenz hatten.

Eine im kleineren Maassstabe ausgebildete, aber nicht selten vorkommende Erscheinung ist die Stauchung der Schichten; sie besteht wesentlich in einer einfachen oder wiederholten, scharfen aber kurzen Biegung oder Knickung, welche oft mit Zerreibungen, Zerklüffungen und anderen Zerrütungen verbunden ist. So findet man sehr häufig die Schichtenköpfe steil aufgerichteter Schichten (namentlich schiefriger und dünnschichtiger Gesteine) alle nach einer Richtung umgestaucht, dergestalt dass sie ein ganz entgegengesetztes Fallen von dem zeigen, welches den Schichten eigentlich zukommt.

Da diese Stauchung oft mehre Fuss tief hinabreicht, so kann sie leicht zu ganz falschen Bestimmungen der Schichtenlage Veranlassung geben. Aber auch im Innern der Gesteine kommen bisweilen sehr auffallende Stauchungen vor, welche gewöhnlich gewissen Klüften folgen, und bald nur als gewaltsame Biegungen, bald als förmliche, zwei- oder mehrmalige Knickungen des Gesteins erscheinen.

Aus der Verbindung sehr vieler Schichten von verschiedener Form und Lage gehen nun die mancherlei Modalitäten des Schichtenbaues hervor.

Der einfachste Schichtenbau ist derjenige, bei welchem das Gesetz der horizontalen oder unbestimmt schwebenden Schichtenlage waltet. Derselbe ist oft mit grosser Regelmässigkeit über bedeutende Räume, ja bisweilen über Flächen von Hunderten von Quadratmeilen zur Ausbildung gebracht, und giebt seiner Einfachheit wegen zu keinen weiteren Betrachtungen Veranlassung. Wir werden später sehen, dass diess in den meisten Fällen der ursprüngliche Schichtenbau sehr vieler geschichteten Gebirgsglieder war, welche gegenwärtig ganz andere Schichtengebäude darstellen.

Bei geneigter Schichtenstellung können mancherlei sehr verschiedene Verhältnisse des Schichtenbaues Statt finden, welche eine etwas ausführlichere Betrachtung erfordern. Da nun die Stellung der geneigten Schichten nach ihrem Streichen und Fallen erfasst und bestimmt wird, so werden auch die verschiedenen Arten des geneigten Schichtenbaues nach denselben beiden Hauptrichtungen ins Auge zu fassen sein. Wir unterscheiden daher zuvörderst den geradlaufenden und den umlaufenden Schichtenbau. Geradlaufender Schichtenbau ist derjenige, bei welchem die Streichlinien der Schichten auf weite Strecken hin eine constante und fast geradlinige mittlere Richtung behaupten. Umlaufender Schichtenbau dagegen ist derjenige, bei welchem die Streichlinien ihre Richtung beständig in demselben Sinne verändern.

Einen Schichtencomplex von geradlaufendem Schichtenbau nennen wir allgemein eine Schichtenzone, sobald die Längenausdehnung bedeutend grösser ist, als die Breitenausdehnung. Es ist nun begreiflich, dass alle weiteren Verschiedenheiten in der Architektur solcher Zonen lediglich in den Form- und Neigungs-Verhältnissen ihrer Schichten begründet sein werden, wie sich solche in denen auf der Streichlinie rechtwinkligen Querschnitten, oder in der Vertical-Ebene des Fallens zu erkennen geben. In dieser Hinsicht sind nun besonders der parallele, der antikle und der synkline Schichtenbau zu unterscheiden.

Eine Schichtenzone von parallelem (oder homöoklinem) Schichtenbau ist eine solche, deren Schichten durchaus, d. h. in allen ihren Theilen nach derselben Weltgegend hin einfallen. Diess gilt natürlich auch bei verticaler Schichtenstellung, ohne dass jedoch kleine, zu beiden Seiten der Streichlinie vorkommende Abweichungen von der Verticalen eine Ausnahme bedingen. Eben so können, bei entschieden einseitiger Neigung der Schichten, verschiedene Grössen der Fallwinkel Statt finden, ohne dass dadurch der parallele Schichtenbau gestört wird. Die Querprofile solcher Schichtenzonen erscheinen daher ungefähr so, wie es das nachstehende Diagramm zeigt, in



welchem angenommen ist, dass die einzelnen Schichtenzonen durch massige Gesteine von einander getrennt werden.

Eine Schichtenzone von antiklinem Schichtenbau ist eine solche Zone, deren Schichten nach entgegengesetzten Richtungen von einander wegfallen; eine Schichtenzone von synklinem Schichtenbau dagegen eine solche, deren Schichten nach entgegengesetzten Richtungen einander zu fallen. Die beiden widersinnig fallenden Theile einer solchen Zone kann man die Flügel derselben nennen.

Bei derartigen Schichtenzonen können jedoch wesentliche Verschiedenheiten Statt finden, welche hauptsächlich in der Art und Weise begründet sind, wie die beiden Flügel der Zone mit einander in Zusammenhang stehen. Dieser Zusammenhang findet nämlich entweder mit oder ohne Uebergang Statt. Der Uebergang beider Flügel kann aber entweder durch horizontale oder durch verticale Mittelglieder bewirkt werden; wogegen bei fehlendem Uebergange beide Flügel scharf an einander gränzen, und einen mehr oder weniger auffallenden Winkel bilden. Die Profile solcher Zonen stellen sich daher ungefähr auf die Weise dar, wie es das folgende Diagramm zeigt.



Antikline Schichtenzonen.

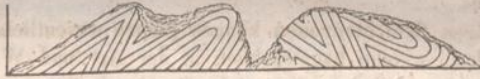
Synkline Schichtenzonen.

Die beiderlei Schichtenzonen mit verticalen Mittelgliedern, welche namentlich bei gewissen krystallinischen Silicatgesteinen vorkommen, hat man auch fächerförmige Schichtenzonen (*systemes en éventail*) genannt, und als aufrechte und verkehrt fächerförmige Zonen unterschieden, von welchen jene synklin, diese antiklin ausgebildet sind.

Anmerkung. Da der aufwärts convexe Schichtenbau, wie er bei den geschlossenen antiklinen Zonen vorkommt, charakteristisch für die unten zu erwähnenden Sattel, und eben so der aufwärts concave Schichtenbau, wie er bei den synklinen Zonen vorkommt, charakteristisch für die dort zu besprechenden Mulden ist, so werden auch oft die antiklinen Zonen Sattel, und die synklinen Zonen Mulden genannt. Dagegen ist auch wenig zu sagen,

weil die genannten Zonen gewöhnlich gar nichts Anderes sind, als ausserordentlich langgestreckte Sattel und Mulden. Desungeachtet möchten für solche Fälle, wo sie nicht so vollständig in ihrer ganzen Ausdehnung vorliegen, um wirklich als sehr langgezogene Sattel und Mulden erkannt zu werden, die Ausdrücke Sattelzone und Muldenzone zu gebrauchen sein. Die fächerförmigen Zonen dagegen lassen nur in gewissen Fällen eine Vergleichung mit den Satteln und Mulden zu, und können daher nicht allgemein so genannt werden.

Die bisher betrachteten antiklinen und synklinen Schichtenzonen lassen sich gemeinschaftlich als amphikline Zonen bezeichnen, weil das gegenseitige Wegfallen oder Zufallen ihrer Schichten nach entgegengesetzten Richtungen, oder nach beiden Seiten hin Statt findet. Es kommen aber auch zuweilen Schichtenzonen vor, welche zwar in gewisser Hinsicht den genannten zu vergleichen sind, sich jedoch dadurch wesentlich unterscheiden, dass beide Flügel ein gleichsinniges, nach derselben Seite gerichtetes Einfallen haben. Dergleichen Zonen lassen sich als heterokline Zonen bezeichnen, um die Einseitigkeit ihres Fallens auszudrücken, indem die Verticale immer als diejenige Richtung gilt, auf welche alle diese Verhältnisse bezogen werden. Der folgende Holzschnitt zeigt die Querprofile solcher heteroklinen Zonen,



welche durchaus nicht mit parallelen oder homöoklinen Zonen verwechselt werden dürfen. Wenn dieselben sehr flach fallen, so gehen sie endlich in die sehr merkwürdige Form über, welche man als eine liegende Sattel- oder Muldenbildung bezeichnen kann, indem beide Flügel horizontal über einander liegen, wie es Fig. a in beistehendem Holzschnitte zeigt.



Noch ist der in Fig. b angedeuteten sehr häufigen Erscheinung zu gedenken, dass die antiklinen Zonen auf ihrem Gipfel aufgeborsten sind; der dadurch entstandene Riss erscheint gewöhnlich als ein langgestrecktes Thal von elliptischer Form (vergleiche S. 383 und 405).

Anmerkung. Saussure, welcher sich in seinem für alle Zeiten klassischen Werke, *Voyages dans les Alpes*, so ausserordentliche Verdienste um die Geologie erworben hat, unterschied schon die so eben betrachteten Modalitäten des Schichtenbaues, obgleich die Ausdrücke synklin und antiklin erst später (1824) von Buckland und Conybeare eingeführt worden sind. Er bezeichnete den antiklinen Schichtenbau mit horizontalen Mittelgliedern als Schichtengewölbe oder *voûte* (§. 334 und 338); in dem Schichtenbaue mit scharf zusammenstossenden Flügeln verglich er die Querschnitte der Schichten mit einem griechischen Λ , und erwähnte §. 360 a und §. 361 ausgezeichnete Beispiele desselben; in §. 339 bespricht er die fächerförmigen Schichtenzonen mit verticalen Mittelgliedern, und in §. 472 beschreibt er das liegende Schichtengewölbe im Arvethale, über welches der Nant d'Arpenaz einen herrlichen Wasserfall bildet, sowie in den §§. 1935 ff. mehre dergleichen an den Ufern des Luzerner Sees. Später sind diese Formen im Jura

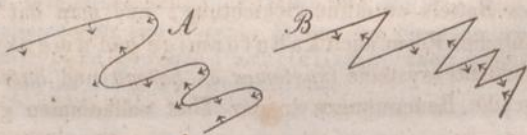
besonders von Merian, Thurmann und Rozet, sowie in den Alpen von Escher und Studer sehr genau untersucht worden*).

Bei umlaufendem Schichtenbaue beschreiben die Streichlinien entweder nur einen mehr oder weniger geöffneten Bogen, oder eine vollständig in sich zurücklaufende krumme Linie, und hiernach unterscheidet man halb umlaufenden und ganz umlaufenden Schichtenbau. In beiden Fällen ist jedoch der sehr wichtige Unterschied zu berücksichtigen, ob die Schichten nach innen oder nach aussen fallen, ob sie eine esokline oder exokline Lage haben, ob die Fallrichtungen convergiren oder divergiren. Denn hiernach bestimmt sich wesentlich die allgemeine Form des Schichtenbaues, welche bei esoklinem Fallen aufwärts concav, bei exoklinem Fallen dagegen aufwärts convex ist.

Bei halb umlaufendem Schichtenbaue können die Streichlinien eine sehr verschiedene Figur darstellen, welche bald einem Kreisbogen, bald einer Parabel, oder Hyperbel, oder irgend einer anderen krummen und einseitig offenen Linie zu vergleichen ist.

Wir wollen einen halb umlaufenden Schichtencomplex mit esoklinem Fallen eine Muldenbucht, und einen dergleichen Complex mit exoklinem Fallen ein Satteljoch nennen, weil in der That jene buchtenähnliche Einsprünge, diese dagegen jochähnliche Aussprünge bilden. Indessen werden sie auch häufig unter den Namen Mulde und Sattel aufgeführt, obgleich solche eigentlich eine etwas andere Bedeutung haben.

Dergleichen Muldenbuchten und Satteljöcher sind aber niemals isolirt, sondern immer dergestalt ausgebildet, dass sie entweder mit geradlaufenden Schichtenzonen, oder auch mit einander selbst combinirt erscheinen. In diesem letzteren Falle wird allemal jede Muldenbucht auf beiden Seiten von einem Satteljoch begränzt, wobei die Flügel der Bucht ganz allmählig in die Flügel der Jöcher übergehen; in der Gegend dieses Ueberganges sind die Schichten fast ebenflächig ausgedehnt, wodurch die Concavität der einen Form mit der Convexität der anderen Form in Verbindung gebracht wird. Uebrigens finden sich beide diese Formen besonders an den Rändern grösserer Bassins, welche oft vielfache Aus- und Einbiegungen zeigen, so wie es in nachstehendem Holzschnitte der Grundriss Fig. A darstellt**).



*) Merian, Beiträge zur Geognosie, I, 1821, S. 65—87; Thurmann und Rozet in den oben, S. 383 angeführten Schriften; Studer, Geologie der westl. Schweizer-Alpen, 1834, und Lehrbuch der physik. Geographie, Bd. II, 1847, S. 215 f.

**) Dieser Grundriss stellt nämlich den Verlauf einer Streichlinie durch mehre

Es kommen aber auch Muldenbuchten und Satteljöcher vor, in welchen gar keine Krümmung der Streichlinien vorhanden ist, sondern die beiden geradlinig verlaufenden Flügel jeder solchen Form in einer mehr oder weniger scharfen Kante zusammentreffen, so dass die Streichlinien einen zickzackförmig gebrochenen Verlauf haben, wie es in vorstehendem Holzschnitte Fig. B zeigt. In solchem Falle stellt jeder Flügel eine geradlaufende Schichtenzone dar, welche zugleich einer Muldenbucht und einem Satteljoch angehört.

Der ganz umlaufende Schichtenbau folgt einer Kreislinie, einer Ellipse, einer Eilinie, oder einer ähnlichen in sich zurücklaufenden Curve, und stellt sich entweder als bassinförmiger oder als kuppelförmiger Schichtenbau dar, je nachdem die Schichten eine esokline oder exokline Lage besitzen, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dass nach der Mitte des ganzen Baues die Neigung der Schichten immer geringer wird, und zuletzt in horizontale Lage übergeht.

Der bassinförmige Schichtenbau ist besonders eine im Gebiete der Steinkohlenformation sehr häufig und in allen Grössen vorkommende Erscheinung, wogegen der kuppelförmige Schichtenbau seltener angetroffen wird. Endlich liefert der ganz umlaufende Schichtenbau mit exokliner Schichtenlage kegelförmige Schichtengebäude, wenn sich das Fallen nach oben hin gleich bleibt, oder wohl gar steigert. Dergleichen kegelförmige Schichtengebäude sind jedoch niemals als vollständige, sondern stets als abgestumpfte und nach oben geöffnete Kegel ausgebildet; sie finden sich fast nur bei den Vulkanen und bei den Erhebungskratern aller Art, für welche sie als eine ganz charakteristische architektonische Form zu betrachten sind.

Durch eine Combination des geradlaufenden und des umlaufenden Schichtenbaues, oder auch durch eine sehr langgestreckte Ausbildung des letzteren entstehen die gemischten Schichtengebäude, von welchen besonders die eigentlichen Mulden und Sattel zu erwähnen sind*).

Eine Schichtenmulde ist nämlich ein sehr langgestrecktes umlaufendes Schichtengebäude von esokliner Schichtenlage; ein Schichtensattel dagegen ein dergleichen Gebäude von exokliner Schichtenlage. Die Querschnitte einer Mulde zeigen daher gewöhnlich synklinal, die Querschnitte eines Sattels antiklinal Schichtung, und man hat sie in dieser ihrer gewöhnlichen Form auch kahnförmige und umgekehrt kahnförmige Schichtensysteme (*systemes en bateau* und *bateau renversé*) genannt; welche Benennungen in der That vollkommen geeignet sind,

Muldenbuchten und Satteljöcher dar; die kleinen Pfeile bezeichnen die Fallrichtungen der Schichten.

*) Wir folgen bei dieser Beschreibung den trefflichen Darstellungen, welche v. Dechen von diesen Formen gegeben hat.

um eine richtige Vorstellung von ihnen zu verschaffen. Durch die, nicht selten sehr bedeutende Längsstreckung wird nun in diesen Mulden und Satteln allerdings eine Combination von geradlaufender und umlaufender Schichtung hervorgebracht.

Der folgende Holzschnitt zeigt in Fig. 1 die Hälfte eines Schichtensattels, und eben so in Fig. 2 die Hälfte einer Schichtenmulde, welche beide absicht-



lich halb durchschnitten dargestellt sind, um ihren inneren Bau zu veranschaulichen. Man nennt die beiden längeren, mehr oder weniger geradlinig, und einander ziemlich parallel fortstreichenden Seitentheile einer Mulde oder eines Sattels die Flügel derselben, und die kürzeren, krummlinig fortstreichenden oder umlaufenden Endtheile derselben ihre Wendungen^{a)}. Jede Muldenwendung besitzt alle Eigenschaften einer Muldenbucht, und jede Sattelwendung stimmt eben so mit einem Satteljoche überein; es sind wesentlich dieselben beiden Formen, welche hier nur als die Endtheile einer Mulde oder eines Sattels auftreten. Diese Wendungen sind übrigens in der Regel stetig gekrümmt, bisweilen aber auch scharf ausgebildet, wenn nämlich beide Flügel, einander zubiegend, zuletzt unter einem Winkel zusammentreffen.

Uebrigens sind namentlich die Mulden oft in einem sehr grossen Maassstabe ausgebildet. Die Mulde der Steinkohlenformation von Mons in Belgien z. B. hat 28000 F. Breite bei 5500 F. Tiefe; die Mulde der Ebersdorfer Steinkohlenbildung in Sachsen ist 14000 F. breit, und 4000 F. tief.

Unter der Muldenlinie versteht man diejenige Linie innerhalb einer und derselben muldenförmigen Schicht, welche die tiefsten Punkte aller verticalen Querschnitte derselben verbindet; und eben so unter der Sattellinie diejenige Linie innerhalb einer und derselben sattelförmigen Schicht, welche die höchsten Punkte aller verticalen Querschnitte verbindet. Da nun ein jedes muldenförmige Schichtengebäude aus vielen in einander geschachtelten muldenförmigen Schichten, und ein jedes sattelförmige Schichtengebäude aus vielen über einander liegenden sattelförmigen Schichten besteht, so giebt es auch in jedem dergleichen Schichtengebäude eine Menge über einander liegender Muldenlinien oder Sattellinien. Diese über einander liegenden Linien behaupten immer einen gewissen Parallelismus unter einander, und sind auch in einer und derselben Ebene enthalten.

Da sich die Muldenlinien in der Gegend der Muldenwendung herausheben, so haben sie dort ein sehr verschiedenes und von unten nach oben zunehmendes Fallen; wogegen zwischen beiden Muldenflügeln ihr Fallen mehr constant,

^{a)} In den Holzschnitten sind also die längs der geraden Linie *ab* liegenden Theile die Flügel, die an der krummen Linie *bc* liegenden Theile die Wendungen.

und ihr Verlauf mehr geradlinig ist. Die Neigung dieses geradlinig verlaufenden Theiles der Muldenlinie gegen den Horizont ist ein in mancher Hinsicht sehr wichtiges Element, indem sie die Lage der ganzen Mulde gegen die Horizontal-Ebene, und die Richtung und den Grad ihrer Einsenkung nach dieser oder jener Weltgegend bestimmt. Ueberhaupt bildet dieser gestreckte Theil der Muldenlinie gewissermaassen die A x e der ganzen Mulde; er repräsentirt den Kiel eines solchen kahnförmigen Schichtengebäudes.

Die Mulden sind bisweilen in ihren steileren Flügeln dergestalt zickzackförmig gefaltet, dass die Kanten der Falten der Muldenlinie parallel streichen; auch sind ihre Wendungen nicht selten durch abwechselnde Muldenbuchten und Satteljöcher gegliedert. Uebrigens kommen, ausser den bisher betrachteten amphiklinen Mulden und Satteln, auch heterokline Formen der Art vor, in welchen also beide Flügel nach derselben Weltgegend einfallen, und folglich der eine steilere Flügel eine überkippte Lage hat. Ueberhaupt aber pflegen in den meisten Mulden und Satteln beide Flügel ein auffallend verschiedenes Fallen zu haben, indem der eine flacher, der andere steiler ansteigt; die senkrechten und überhängenden Flügel aber sind es, welche nicht selten die vorhin erwähnten zickzackförmigen Faltungen zeigen.

Ausgezeichnete Beispiele für alle diese Verhältnisse der Sattel- und Muldenbildung liefert besonders die Steinkohlenformation, namentlich in den Kohlenrevieren Westphalens, Rheinpreussens, Belgiens, Nordfrankreichs und Englands. Da sich der technische Betrieb des Steinkohlenbergbaues nach diesen Formen des Schichtenbaues richten muss, so sind ihre Verhältnisse genauer erforscht worden, als irgend andere Structurverhältnisse der Erdkruste.

Die über grosse Landstriche ausgedehnten Schichtensysteme, welche sich als besonders vorherrschende Gebirgsglieder erweisen, können in verschiedenen Regionen ihres Verbreitungsgebietes alle bisher betrachteten Modalitäten des Schichtenbaues besitzen; wie denn überhaupt mancherlei Combinationen des Schichtenbaues zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehören, und dadurch jene Manchfaltigkeit der Gebirgs-Architektur herbeigeführt wird, welcher wir in der Wirklichkeit begegnen.

So findet man gar nicht selten, dass ein horizontales Schichtensystem plötzlich oder allmähig in seinen Schichten aufsteigt, und dadurch in eine Schichtenzone übergeht; oder dass es an den Rändern seines Verbreitungsgebietes in vielen Muldenbuchten und Satteljöchern ausgebildet ist; oder auch, dass es stellenweise mehr oder weniger auffallende Sattel- und Muldenformen entwickelt. Ja, manche ausgedehnte Schichtensysteme lassen in gewissen Regionen ihres Verbreitungsgebietes sehr viele, parallel neben einander hinstreichende, abwechselnd antikline und synkline Zonen, oder auch dergleichen langgestreckte Sattel und Mulden erkennen, so dass sie einen in grossem Maassstabe gefalteten, und zwar cylindrisch gefalteten Schichtenbau besitzen, innerhalb dessen durchaus dasselbe Streichen der Schichten herrscht, während das Fallen mit allen möglichen Graden, bald nach

der einen, bald nach der andern Seite hin Statt findet. Die mittlere Streichlinie aller Zonen, so wie aller Mulden- und Sattellflügel, stellt gewissermassen die *Generatrix*, die Curve der wellenförmig auf- und niedersteigenden Falllinien aber die *Directrix* derjenigen cylindrischen Fläche dar, welche die Architektur eines solchen Schichtenbaues beherrscht.

Dieser gefaltete Schichtenbau, welcher am häufigsten bei sedimentären Schichtensystemen vorkommt, bildet eine der merkwürdigsten Erscheinungen, deren Erklärung weiter unten, bei der Betrachtung der Störungen des ursprünglichen Schichtenbaues, gegeben werden soll. Aehnlich, aber wohl kaum identisch, ist eine andere Modalität des zusammengesetzten Schichtenbaues, welche gleichfalls zuweilen in sehr grossartigem Maassstabe über weite Landstriche zur Ausbildung gebracht ist, aber besonders bei den kryptogenen krystallinischen Silicatgesteinen (S. 742) angetroffen wird. Dieselbe besteht wesentlich darin, dass viele, theils verticale, theils fächerförmige und umgekehrt-fächerförmige Zonen parallel neben einander hinziehen, und in dieser ihrer Verbindung ausserordentlich mächtige Schichtensysteme darstellen, in welchen durchaus eine steile, und vielleicht nirgends eine horizontale Lage der Schichten zu beobachten ist.

§. 241. *Verschiedene Lagerung der geschichteten Gebirgsglieder.*

Wir haben uns nun noch mit gewissen, in ihrer Structur begründeten Lagerungs-Verhältnissen der geschichteten Gebirgsglieder, so wie mit einigen Lagerungsformen derselben zu beschäftigen, welche bisher noch nicht zur Sprache gebracht worden sind.

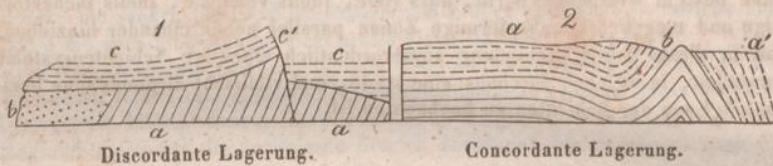
Bei der Lagerung eines geschichteten Gebirgsgliedes hat man nämlich nicht nur auf die allgemeine Stellung seiner Massen zu den Massen der angränzenden Gebirgsglieder, sondern auch, dafern diese letzteren gleichfalls geschichtet sind, auf die relative Lage der beiderseitigen Schichten zu achten.

Wenn zwei, unmittelbar an einander gränzende geschichtete Gebirgsglieder einen gegenseitigen Parallelismus ihrer Schichten offenbaren, so nennt man diess Lagerungsverhältniss *concordante* oder *gleichförmige Lagerung*. Wenn sie dagegen keinen gegenseitigen Parallelismus ihrer Schichten erkennen lassen, so bezeichnet man ihr Verhältniss als *discordante* oder *ungleichförmige* (auch wohl *abweichende*) Lagerung. Das Maximum der discordanten Lagerung findet also dann Statt, wenn die Schichten des einen Gebirgsgliedes rechtwinkelig auf den Schichten des anderen sind.

Dieser Unterschied der concordanten und discordanten Lagerung betrifft eines der bedeutsamsten geotektonischen Verhältnisse, auf dessen sorgfältiger Berück-

sichtigung gar viele der wichtigsten Resultate der Geognosie beruhen. Die concordante Lagerung, bei welcher sich beide Gebirgsglieder gerade so verhalten, wie zwei unmittelbar auf einander folgende Schichten eines und desselben Schichtensystems, verweist uns allemal auf eine ruhige und ungestörte, oft auch auf eine stetige, durch keine grosse Zwischenzeit getrennte Entwicklung des einen Gebirgsgliedes nach dem anderen. Die discordante Lagerung dagegen, bei welcher sich das eine Gebirgsglied zu dem andern beinahe so verhält, wie ein Gang zu seinem Nebengesteine, lässt uns in der räumlichen Discontinuität zugleich eine zeitliche Discontinuität erkennen; sie beweist gewöhnlich, dass zwischen der Bildung beider Gebirgsglieder ein bedeutender Zeitraum verlossen ist, und dass während dieses Zeitraumes gewaltsame Ereignisse Statt gefunden haben, durch welche das eine, ältere Gebirgsglied in seinem Schichtenbaue und in seiner Lagerung mehr oder weniger bedeutende Veränderungen erlitt.

Der folgende Holzschnitt mag zur Erläuterung dieser beiden Lagerungsarten



dienen, bei deren Bestimmung jedoch oft Vorsicht anzuwenden ist, um nicht gleichförmige Lagerung für ungleichförmige, und diese für jene zu halten. In der Natur liegen nämlich die Verhältnisse nicht immer so vollständig entblöst vor, wie es in vorstehenden Diagrammen vorausgesetzt wird; vielmehr sind die Schichten der mit einander zu vergleichenden Gebirgsglieder nur hier und da, und oft an ziemlich entfernten Punkten frei anstehend zu beobachten, und dann ist es leicht möglich, ein falsches Urtheil zu fällen. Könnte man z. B. in dem Fig. 1 dargestellten Falle die Schichten nur bei *b* und *c'* wirklich beobachten, weil alles Andere durch Sand, Lehm und Vegetation bedeckt ist, so würde man leicht auf eine gleichförmige Lagerung zwischen den Gebirgsgliedern *b* und *c*, und vielleicht sogar auf eine Unterteufung des ersteren durch das letztere schliessen. Eben so würde man in dem Falle, welchen Fig. 2 vorstellt, auf ungleichförmige Lagerung schliessen können, wenn z. B. das obere Gebirgsglied nur bei *a* und *a'*, das untere nur bei *b* entblöst wäre. Man sieht hieraus, dass es in vielen Fällen darauf ankommt, das Verhältniss an seiner wahren Stelle, d. h. unmittelbar an der Auflagerungsfläche zu beobachten, und dass entfernte Beobachtungspunkte nicht immer zu einer sicheren Entscheidung gelangen lassen.

Ein und dasselbe geschichtete Gebirgsglied kann jedoch an verschiedenen Stellen seines Verbreitungsgebietes theils concordante, theils discordante Lagerung zu einem und demselben anderen Schichtensysteme zeigen; in solchem Falle gewinnen diejenigen Punkte eine besondere Wichtigkeit, wo die Discordanz der Lagerung vorliegt. Indessen giebt es doch viele Gebirgsglieder, bei denen die gleichförmige Lagerung

als das gewöhnliche und gesetzmässige Verhältniss ihrer Aufeinanderfolge zu betrachten ist, wogegen wiederum andere in der Regel mit abweichender Lagerung angetroffen werden.

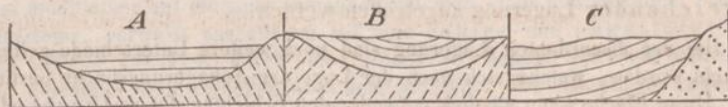
Bei der discordanten Lagerung sind noch weitere Unterschiede geltend gemacht worden, welche sich nach der Lage der Auflagerungsfläche bestimmen. Diese Fläche kann nämlich entweder den Schichten des unteren, oder den Schichten des oberen Gebirgsliedes parallel sein, oder sie kann beide Schichtensysteme durchschneiden. Den ersteren Fall hat man wohl auch als *gemein abweichende*, die beiden anderen als *übergreifend abweichende Lagerung* bezeichnet. Allein die sogenannte *gemein abweichende Lagerung* dürfte nur selten auf grössere Strecken fortsetzend gefunden werden, und würde dann jedenfalls als eine ungeweine Erscheinung zu betrachten sein. Denn wo einmal discordante Lagerung Statt findet, da wird sie in der Regel für das eine Gebirgslied als *übergreifend* in diesem Sinne erkannt werden, und der ganze Unterschied hat daher keine besondere Wichtigkeit. Weit zweckmässiger scheint es, den Begriff der übergreifenden Lagerung, wie es jetzt gewöhnlich geschieht, folgendermaassen zu bestimmen.

Wenn ein Gebirgslied zweien oder mehreren verschiedenen Gebirgsgliedern zugleich aufgelagert ist, so dass es aus dem Gebiete des einen in das Gebiet des anderen hinübergreift, so sagt man, dass es *übergreifend* gelagert sei. Die *übergreifende Lagerung* in dieser Bedeutung des Wortes ist eine sehr häufig vorkommende Erscheinung, welche zuweilen bei bergmännischen Unternehmungen eine sorgfältige Berücksichtigung erfordert.

In Fig. 1 des letzten Holzschnittes greift das Gebirgslied *c* aus dem Gebiete von *b* in das Gebiet von *a* über. So ist z. B. in Sachsen im Erzgebirgischen Bassin das Rothliegende dergestalt gelagert, dass es aus dem Gebiete der Steinkohlenformation häufig in das Gebiet des Thonschiefers übergreift; Aehnliches findet im Döhlener Steinkohlenbassin Statt.

Ein, namentlich in praktischer oder bergmännischer Hinsicht sehr wichtiges Verhältniss betrifft ferner die Lage der Schichten-Endflächen, oder der Querschnitte, mit welchen die Schichten eines Gebirgsliedes zu Ende gehen. Diese Endflächen können nämlich entweder *abwärts*, also der Auflagerungsfläche, oder *aufwärts*, also der Erdoberfläche, oder auch *theils abwärts, theils aufwärts* gerichtet sein. In den beiden letzteren Fällen bilden die aufwärts gerichteten Endflächen zugleich die Querschnitte der sogenannten *Ausgehenden* oder *Ausstriche* der Schichten (S. 501), d. h. derjenigen Enden derselben, welche an der jetzigen oder ehemaligen Erdoberfläche hervortreten. Da nun diese Ausstriche, wenn sie auch ursprünglich einmal *unbedeckt* waren, später durch darüber abgelagerte Massen *verdeckt* worden sein können, so unterscheidet man sie als *offene* und *verdeckte* Ausstriche.

Ueberhaupt lassen sich also nach allen diesen Verhältnissen folgende Modalitäten der Lagerung unterscheiden :



- a) Lagerung mit abwärts gerichteten Endflächen der Schichten; Fig. A.
 b) Lagerung mit aufwärts gerichteten Endflächen der Schichten; Fig. B.
 α) mit offenen Ausstrichen, und
 β) mit verdeckten Ausstrichen;
 c) Lagerung mit theils aufwärts, theils abwärts gerichteten Endflächen der Schichten, Fig. C, wobei abermals die ersteren theils als offene, theils als verdeckte Ausstriche erscheinen können.

Da die Ausstriche der Schichten die sichersten Nachweisungen über das etwaige Vorkommen nutzbarer Lager oder Flötze gewähren, und da in ihrer Nähe wenigstens die ersten Versuchsarbeiten zur Erforschung der Mächtigkeit und Bauwürdigkeit solcher Lagerstätten auszuführen sind, so ist allerdings die Lagerung mit verdeckten Ausstrichen ein in praktischer Hinsicht weit ungünstigeres Verhältniss, als die Lagerung mit offenen Ausstrichen.

Endlich hat man noch gewisse Lagerungsformen der geschichteten Gebirgsglieder unterschieden, welche wesentlich in der Oberflächenform ihrer Unterlage begründet sind, ohne dass dabei die Structur dieser letzteren in Rücksicht kommt. Als dergleichen Lagerungsformen werden besonders die buckelförmige Ueberlagerung, die mantelförmige Umlagerung, die bassinförmige Einlagerung, so wie die deckenförmige und kuppenförmige Auflagerung aufgeführt.

a) Buckelförmige Ueberlagerung findet für ein geschichtetes Gebirgsglied da Statt, wo dasselbe über einer auffallenden Erhöhung seiner Unterlage eine stetige Bedeckung bildet, in deren Form und Structur sich die Erhöhung der Unterlage wiederholt.

b) Mantelförmige Umlagerung findet Statt, wenn das Untergebirge in einer völlig abgeschlossenen Partie hervortritt, um welche das geschichtete Gebirgsglied ein stetig ausgedehntes, völlig umlaufendes Schichtensystem mit exoklinen Fallrichtungen bildet. Das Untergebirge ist also nach oben unbedeckt, während es nach allen Seiten von einem abgestumpft kegelförmigen Schichtensysteme, gleichsam wie von einem Mantel, umhüllt wird; woher auch von Werner der Name für diese Lagerungsform entlehnt worden ist.

Diese Lagerungsform kommt besonders bei gewissen vulcanischen Bergen, bei den Erhebungskratern und Ringgebirgen vor, und ist oft dadurch ausgezeichnet, dass das mantelförmige Schichtensystem mit seinem inneren Rande einen Circus bildet, dessen Massen mehr oder weniger hoch über die zunächst angränzenden Regionen des centralen Untergebirges aufragen.

Bassinförmige Einlagerung schreibt man einem geschichteten Gebirgsgliede zu, wenn dasselbe eine bassinartige Vertiefung seiner Unterlage erfüllt; es bildet in diesem Falle gewöhnlich ein bassinförmiges oder ein muldenförmiges Schichtensystem, je nachdem das Verhältniss der Länge zu der Breite ist.

Es kommt diese Lagerungsform sehr häufig bei der Steinkohlenformation und überhaupt bei limnischen Bildungen vor, während sie bei marinen Bildungen nur selten beobachtet wird, wie sich aus den Verhältnissen und Bedingungen dieser beiderlei Bildungen von selbst ergibt.

Deckenförmige oder auch plateauförmige Auflagerung findet Statt, wenn ein horizontal geschichtetes Gebirgsglied über seiner Unterlage in grosser horizontaler Ausdehnung nach allen Richtungen hin stetig abgelagert ist; und zwar nennt man diese Auflagerung plateau-förmig insbesondere, wenn die Decke überall, und auch an ihren Rändern höher aufragt, als ihre Unterlage.

Was endlich die kuppenförmige Auflagerung betrifft, so fällt solche bei geschichteten Gebirgsgliedern entweder mit der buckelförmigen Ueberlagerung zusammen, oder sie ist nur eine secundäre Lagerungsform, entstanden durch die Zerstörung und Wegführung des grössten Theiles eines deckenförmigen oder plateauförmigen Schichtensystemes, von welchem einzelne Theile rückständig blieben, und nun als Kuppen über ihre Umgebung aufragen. Die kuppenförmige Bildung ist in einem solchen Falle eigentlich gar nicht als eine ursprüngliche Lagerungsform, sondern als die specielle Reliefform des Ueberrestes irgend eines zerstückelten Gebirgsgliedes zu betrachten.

Werner pflegte noch unter dem Namen der schildförmigen Anlagerung diejenige Lagerungsform aufzuführen, da ein Gebirgsglied von beschränkter Ausdehnung auf seiner mehr oder weniger steil abfallenden Unterlage etwa so aufliegt, wie ein an einem Bergabhange angelehntes Schild. Diese, im Allgemeinen seltene Lagerungsform dürfte bei geschichteten Gebirgsgliedern meistens als eine secundäre Form zu betrachten sein, indem die schildförmig angelagerte Masse nur der Ueberrest eines ehemals weiter verbreiteten Schichtensystemes ist*).

Noch ist, namentlich in Betreff der zuletzt erwähnten Lagerungsformen, folgende allgemeine Bemerkung einzuschalten. Die Lagerung

*) Das Vorkommen des Thonsteinporphyrs in Herzogswalde, welches Werner als ein besonders charakteristisches Beispiel solcher schildförmigen Lagerung anführte, ist nichts Anderes, als der durch die Thalbildung entblöste Querschnitt eines mächtigen Porphyrganges. Geognost. Besch. des Königr. Sachsen von Naumann u. Cotta, Heft V, S. 94.

der geschichteten Gebirgsglieder, und zumal derjenigen, welche in irgend einem Landstriche als eine der zuletzt abgelagerten Bildungen unmittelbar an der Oberfläche auftreten, erscheint entweder stetig, oder unterbrochen. Bei stetiger Lagerung lässt sich das betreffende Schichtensystem in ununterbrochener Ausdehnung über grosse Räume verfolgen. Bei unterbrochener Lagerung tritt dasselbe nur hier und da, in einzelnen Partien auf, welche durch grössere oder kleinere Zwischenräume getrennt werden, in welchen nur tiefere Bildungen zu Tage austreten. Diess Verhältniss kann bisweilen so weit gehen, dass ein Schichtensystem nur noch in lauter kleinen, abgesonderten Parcellen existirt, welche, bei sehr verschiedener Form und Ausdehnung, im Gebiete älterer Bildungen regellos zerstreut liegen, bald einzelne Vertiefungen derselben erfüllend, bald kuppenförmig aufragend.

Gewöhnlich findet eine solche unterbrochene Lagerung schon in der Nachbarschaft grösserer, stetig abgelagerter Gebirgsglieder desselben Schichtensystemes Statt; auch pflegen wohl die einzelnen Parcellen um so kleiner und sparsamer aufzutreten, je weiter man sich von der Gränze eines solchen grösseren Gebietes entfernt. Doch kommen auch bisweilen ganz isolirte, sporadisch auftretende Parcellen eines Schichtensystemes in bedeutender Entfernung von der zunächst liegenden grösseren Ablagerung vor*).

Da nun nothwendig anzunehmen ist, dass alle dergleichen vereinzelt Partien eines und desselben Schichtensystemes ursprünglich mit einander und mit den benachbarten grösseren Ablagerungen in stetigem Zusammenhange standen, so ist diese unterbrochene und sporadische Lagerung nur als die Folge grosser Zerstörungen und Wegführungen zu betrachten, welchen das ehemals viel weiter und stetig ausgedehnte Schichtensystem in denjenigen Regionen unterworfen gewesen ist, wo gegenwärtig noch diese Ueberbleibsel desselben in zerstückelter Lagerung angetroffen werden.

§. 242. *Verknüpfung der geschichteten Gebirgsglieder.*

Nachdem wir die wichtigsten Structur- und Lagerungs-Verhältnisse der geschichteten Gebirgsglieder kennen gelernt haben, müssen wir noch einen Blick auf die gegenseitige Verknüpfung dieser Gebirgsglieder werfen.

Da bei discordanter Lagerung zweier geschichteter Gebirgsglieder nothwendig eine Unterbrechung, eine Discontinuität ihrer Bil-

*) Solche vereinzelt Vorkommnisse sind es besonders, welche die Englischen Geologen *outlier* nennen, «ein Ausdruck, der nicht füglich ins Teutsche zu übersetzen ist.» Handbuch der Geognosie von De-la-Beche, übersetzt von v. Dechen, S. 28.

ung Statt gefunden haben muss, so kann auch in solchem Falle von einer eigentlichen Verknüpfung derselben gar nicht die Rede sein.

Das untere Gebirgsglied war in der Regel schon lange gebildet, und hatte schon mehr oder weniger bedeutende Dislocationen und Zerstörungen erlitten, als die Ablagerung des oberen Gebirgsgliedes erfolgte. Zwischen der Bildung beider Schichtensysteme liegt ein grosser Zeitabschnitt, während dessen mancherlei Umwälzungen Statt fanden, so dass an einen wesentlichen Zusammenhang, an eine successive Entwicklung, an ein organisches Eingreifen beider Gebirgsglieder durchaus nicht zu denken ist. Das einzige Verhältniss, welches allenfalls als eine Art von Verknüpfung betrachtet werden könnte, ist das zuweilige Vorkommen von Fragmenten oder Geröllen des unteren Gebirgsgliedes in den unmittelbar angränzenden Schichten des oberen Gebirgsgliedes; und wo also dergleichen beobachtet werden, da hat man sie allerdings mit zu erwähnen.

Dagegen lassen die durch concordante oder gleichförmige Lagerung verbundenen Gebirgsglieder mancherlei Modalitäten der Verknüpfung erkennen. Es kann aber eine solche Verknüpfung in zweierlei Richtung, entweder rechtwinkelig auf die Schichtung, oder parallel derselben Statt finden.

Rechtwinkelig auf die Schichtung zeigen zwar die, in concordanter Lagerung auf einander folgenden Gebirgsglieder nicht selten eine scharfe Scheidung, welche theils durch eine Schichtungsfuge, theils auch durch ein Zwischenlager (S. 915) ausgesprochen ist, oberhalb und unterhalb welcher die verschiedenen Gesteine beider Gebirgsglieder in ununterbrochener Folge anstehen. Sehr häufig giebt sich aber auch eine Verknüpfung zu erkennen, welche besonders auf dreierlei verschiedene Weise, nämlich als Gesteinsübergang, als übergreifende Concretionsbildung, oder als Wechsellagerung ausgebildet sein kann.

a) Gesteinsübergang. Es ist gar nicht selten der Fall, dass zwei in concordanter Lagerung auf einander folgende Gebirgsglieder gegen ihre Gränze hin so allmählig in einander verlaufen, dass man nicht genau anzugeben vermag, wo das eine Gestein aufhört und das andere Gestein beginnt, dass man vielmehr ganz unmerklich aus dem Gebiete des einen Gesteins in das des anderen gelangt, ohne irgendwo eine scharfe Gränze ziehen zu können.

Auf diese Weise sind z. B. sehr häufig die aus Gneiss, Glimmerschiefer und Thonschiefer bestehenden Gebirgsglieder mit einander verknüpft. Auch kommen ähnliche, rechtwinkelig auf die Schichten ausgebildete Verknüpfungen zwischen Conglomeraten und Sandsteinen, zwischen Sandsteinen und Schieferthonen, zwischen Sandstein und Kalkstein, u. s. w. vor.

b) Uebergreifende Concretionsbildung. Bisweilen erscheinen zwei concordant gelagerte Gebirgsglieder an ihrer Gränze dadurch verbunden, dass noch einzelne Concretionen (gewöhnlich Nieren von lenticularer oder von abgeplattet ellipsoidischer Form, oder auch Lagen und Schmitzen) des einen

Gesteines innerhalb der zunächst folgenden Schichten des anderen Gesteines mehr oder weniger reichlich zur Ausbildung gebracht sind. Gewöhnlich pflegen diese Nieren oder Lagen in den ersten Schichten grösser und zahlreicher aufzutreten, weiterhin aber an Grösse und Zahl immer mehr abzunehmen, bis sie endlich ganz verschwinden. Sie stellen gleichsam eine Recidivbildung, eine zerstückelte Nachgeburt des vorausgegangenen Gebirgsgliedes dar, zu welchem sie ihrem Gesteine nach gehören. Mitunter kommt es wohl auch vor, dass dieses Verhältniss gegenseitig ausgebildet ist, indem z. B. an der Gränze zweier Gebirgsglieder *A* und *B* das Gebirgsglied *A* Lagen und Schmitzen von *B*, und dieses eben dergleichen Concretionen von *A* umschliesst.

c) Wechsellagerung. Dieses bereits oben S. 903 erwähnte Verhältniss begründet eine der gewöhnlichsten Verknüpfungsarten concordant gelagerter Gebirgsglieder, welche namentlich an der Gränze sedimentärer Gesteine sehr häufig zu beobachten ist. Es wird dadurch für die beiderseitigen Schichten eine Art von oscillatorischer Combination zu Wege gebracht, indem sich die Schichten des einen Gesteines zwischen jene des anderen Gesteines eindrängen, anfangs stärker und zahlreicher, allmählig immer schmaler und seltener, bis sie zuletzt gänzlich zwischen den Schichten des zweiten Gesteines verschwinden, und nun diese allein vorhanden sind.

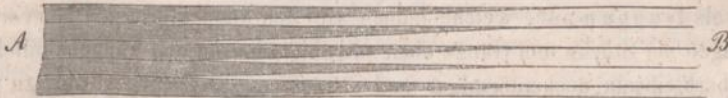
Die Verknüpfung concordant gelagerter aber verschiedenartiger Gebirgsglieder in einer ihren Schichten parallelen Richtung, oder, wie man auch sagt, in der Richtung des Streichens, weil sie gewöhnlich in dieser Richtung beobachtet wird, findet auf dieselben drei Arten Statt, wie wir solche so eben rechtwinkelig auf die Schichtung kennen gelernt haben; also entweder durch Gesteinsübergänge, oder durch eine seitwärts ausgreifende Concretionsbildung, oder auch durch eine eigenthümliche Art von Wechsellagerung, welche wir die zwischengreifende oder auskeilende Wechsellagerung nennen wollen.

a) Gesteinsübergang. Wenn die Verknüpfung durch Gesteinsübergang Statt findet, so verläuft das Gestein des einen Gebirgsgliedes ganz allmählig innerhalb seiner Schichten in das Gestein des anderen Gebirgsgliedes. Beide Gebirgsglieder gehören daher eigentlich einem und demselben Schichtensysteme an, welches nur in zwei entgegengesetzten Regionen mit wesentlich verschiedenen petrographischen Eigenschaften ausgebildet ist. Dergleichen Erscheinungen sind gar nicht selten; z. B. zwischen Gneiss und Glimmerschiefer, zwischen Glimmerschiefer und Thonschiefer, zwischen Thonschiefer und allen den verschiedenen metamorphischen Gesteinen, welche in der Nähe grösserer Granitablagerungen aus ihm hervorgehen; eben so finden sie sich zwischen Kalkstein und Sandstein, wie z. B. der Pläner des Dresdner Bassins von Pirna aus aufwärts gegen Schandau in Sandstein übergeht; auch zwischen Conglomerat und Sandstein ist dieser Uebergang eine ganz gewöhnliche Erscheinung.

b) Seitwärts ausgreifende Concretionsbildung. Die anfangs stetig ausgebildeten Schichten eines Gebirgsgliedes *A* zerschlagen sich in ihrem weiteren Verlaufe in lauter einzelne Nieren, zwischen denen sich das

Material eines zweiten Gebirgsgliedes *B* einfindet; diese Nieren werden weiterhin immer kleiner und sparsamer, während das Gestein *B* immer vorwaltender wird, bis solches zuletzt die Schichten allein zusammensetzt.

c) Auskeilende Wechsellagerung. Das Gebirgsglied *A* und das Gebirgsglied *B* sind beide in grösserer Entfernung von einander rein und



selbständig ausgebildet. Allein, wie man von *A* nach *B* fortgeht, so beginnen die Schichten oder Schichtengruppen von *A* sich allmählig zu verschmälern, indem sie zugleich durch zwischengreifende Lagen von *B* getrennt werden. Genau dasselbe findet für die Schichten des Gebirgsgliedes *B* in entgegengesetzter Richtung Statt. Beide Schichtensysteme greifen also in einander ein, und befinden sich auf eine lange Strecke im Verhältnisse der Wechsellagerung, welche jedoch, wegen des allmählichen Auskeilens und endlichen Verschwindens der Schichten, als eine auskeilende Wechsellagerung bezeichnet werden muss.

Ein ausgezeichnetes Beispiel solcher Verknüpfung liefern der Kohlenkalkstein des mittleren, und der Kohlen sandstein des nördlichen England. In Derbyshire erscheint der Kohlenkalkstein als eine einzige und ungetrennte Ablagerung von mehr als 800 F. Mächtigkeit; allein gegen Norden, nach dem Wear- und Tyne-Flusse hin, verändert sich diess allmählig, indem sich zwischen die Kalksteinschichten Lagen von Schieferthon und Sandstein eindringen, welche in demselben Maasse nach Norden hin mächtiger werden, in welchem sich die Kalksteinschichten verschmälern, bis endlich am Tyne die zusammenhängende Masse des Kalksteins verschwunden ist, und eine Wechsellagerung von Kalkstein, Sandstein und Schieferthon ansteht, in welcher noch weiter nördlich die beiden letzteren Gesteine immer mehr das Uebergewicht erhalten. — Auf eine ähnliche Weise scheint der Muschelkalk, von Teutschland aus in nordwestlicher Richtung, zwischen dem Buntsandsteine und Keuper zur Auskeilung zu gelangen, wie Hoffmann's Beobachtungen bei Ibbenbüren gelehrt haben, daher er denn auch in England so gut wie gar nicht existirt. — Eben so scheinen im Bassin von Paris der Süßwasserkalkstein der südlichen Regionen und der Meereskalkstein der nördlichen Regionen durch eine solche auskeilende Wechsellagerung mit einander in Verbindung zu stehen.

C. Lagerungsformen und Structur-Verhältnisse der massigen Gebirgsglieder.

§. 243. Lagerungsformen der massigen Gebirgsglieder.

Da die Structur-Verhältnisse der massigen oder, wie man sie nach ihrer gewöhnlichen Bildungsweise nennen kann, der eruptiven Gebirgsglieder wesentlich von ihren Form-Verhältnissen abzuhängen pflegen, so

erscheint es zweckmässig, ihre Lagerungsformen zuerst in Betrachtung zu ziehen.

Die massigen Gesteine erscheinen sehr häufig in der Form von Stöcken, unter welchen besonders die amorphen Stöcke zuweilen ausserordentlich grosse Dimensionen gewinnen. Dann treten sie auch oft als Kuppen auf, welche jedoch von den kuppenförmigen Hervorragungen der Stöcke und Gänge eben sowohl, wie von den kuppenähnlichen Ueberbleibseln deckenförmiger und stromförmiger Gebirgsglieder zu unterscheiden, und daher als ursprüngliche Kuppen zu bezeichnen sind. Decken und Ströme bilden gleichfalls ein paar Lagerungsformen, welche namentlich bei einigen neueren eruptiven Formationen sehr gewöhnlich sind. Es kommen aber auch eigenthümliche Lager und Schichten, ja sogar förmliche Schichtensysteme vor, welche in der Stetigkeit und Regelmässigkeit ihrer Schichten bisweilen mit den sedimentären Schichtensystemen wetteifern.

Alle diese Formen stehen in einem gewissen Zusammenhange mit Gängen und gangartigen Gebirgsgliedern, welche unstreitig als die wichtigste Ausbildungsform der eruptiven Gesteine zu betrachten sind. Ja, man kann fast behaupten, dass die Gänge eine nothwendige Ausbildungsform derselben sind, weil ihre so charakteristische durchgreifende Lagerung als eine unerlässliche Bedingung für die Möglichkeit jeder anderen Lagerungsform erfordert wird. Jede eruptive Gesteinsmasse muss irgendwo mit einem gangartigen Gebirgsgliede desselben Gesteins in Verbindung stehen, oder doch ehemals gestanden haben. Uebrigens sind es gerade die massigen Gebirgsglieder, welche an ihren Gränzen sehr häufig die oben S. 905 erwähnten Apophysen in das Nebengestein aussenden.

Bei den folgenden specielleren Bemerkungen über die genannten Lagerungsformen wird es zweckmässig sein, mit den Gängen zu beginnen.

a) Gänge. Sie sind häufig sehr regelmässig, in der Gestalt vollkommener Parallelmassen ausgebildet; aber, von diesem einen Extreme der höchsten Regelmässigkeit ausgehend, verlaufen sie durch eine Menge Abstufungen von minder vollkommenen Formen bis in die Form von sehr langgestreckten Stücken. Alle diese Formen schliessen sich jedoch insofern den Parallelmassen an, wiefern sie, eben so wie diese, eine vorherrschende Ausdehnung nach einer Fläche besitzen.

Wenn die Gänge eruptiver Gesteine in geschichteten Gebirgsgliedern aufsetzen, so durchschneiden sie in der Regel die Schichten derselben unter einem grösseren oder kleineren Winkel. Indessen kommt es auch nicht selten vor, dass sie auf bedeutende Strecken völlig parallel zwischen zwei Schichten eingeschlossen sind, in welchem Falle sie Lagergänge genannt werden. Bisweilen durchschneidet ein solcher Lagergang plötzlich einige Schichten,

um dann zwischen zwei anderen Schichten auf ähnliche Weise fortzusetzen; ein Verhältniss, welches sich mitunter mehrfach hintereinander wiederholt. Wo die Gänge in massigen Gesteinen aufsetzen, da können natürlich dergleichen gegenseitige Lagerungsbeziehungen gar nicht vorkommen. In allen Fällen aber pflegen die Gesteinsgänge abnorme Verbandverhältnisse zu zeigen, indem nur da, wo sie als Lagergänge ausgebildet sind, stellenweise das Gegenheil Statt finden kann; obwohl sie auch dann noch locale Unregelmässigkeiten, Apophysen oder andere Erscheinungen erkennen lassen, durch welche ihre wahre Natur dargethan wird.

Die Dimensionen der Gesteinsgänge zeigen sehr grosse Verschiedenheiten. Bisweilen sind sie nur wenige Fuss mächtig, und in solchem Falle als untergeordnete Gebirgslieder zu betrachten, welche sich auch in der Richtung ihres Streichens gewöhnlich nicht sehr weit verfolgen lassen. Andere Gänge besitzen eine Mächtigkeit von 10, 20, 30 bis 100 Fuss und darüber, bei einer angemessenen Längenerstreckung. So ist z. B. die Teufelsmauer, bei Böhmischem Aicha im Bunzlauer Kreise, ein 15 F. mächtiger Basaltgang von mehr als zwei Stunden Länge. Man kennt aber auch Gänge von Basalt, Porphyr, Melaphyr u. a. Gesteinen, welche mehre Meilen weit fortsetzen, und dabei eine Mächtigkeit von vielen hundert, ja von tausend und mehr Fuss erlangen. Auch zeigt oft ein und derselbe Gang an verschiedenen Stellen eine sehr verschiedene Mächtigkeit, indem Anschwellungen und Verschmälerungen mehrfach mit einander abwechseln. Ja, bisweilen tritt sogar ein und derselbe Gang nur an einzelnen Punkten und Strichen seiner Streichlinie zu Tage aus, während er sich in den zwischenliegenden Strecken nach oben auskeilt, bevor er die Erdoberfläche erreicht.

Die Gränzflächen oder Salbänder dieser Gänge sind theils eben, theils uneben, gekrümmt oder aus- und einwärts gebogen, bisweilen sogar winkelig oder aus- und einspringend, überhaupt aber sehr verschiedentlich gestaltet. Doch kommen auch nicht selten eruptive Gesteinsgänge vor, welche auf weite Strecken eine auffallende Ebenheit ihrer Salbänder erkennen lassen. Bisweilen gehen von den Gränzflächen solcher Gänge seitliche Ausläufer oder Verzweigungen ab, welche das Nebengestein bald regellos durchschneiden, bald auf den Schichtungsfugen desselben eindringen. Wenn dergleichen, parallel zwischen den Schichten eingeschobene Apophysen eines Ganges auf grössere Entfernungen fortsetzen, so können sie dort leicht für regelmässige Lager gehalten werden; doch pflegen sie gewöhnlich an einzelnen Punkten abnorme Verbandverhältnisse zu zeigen, und dadurch ihre eigentliche Natur zu verrathen.

Mancher Gang spaltet sich zumal gegen das Ende seines Verlaufes in zwei oder mehre, fast parallele oder doch nur sehr wenig divergirende Zweige, welche seine Trümer genannt werden, und gewöhnlich durch Auskeilung endigen. Diese Erscheinung kann theils seitwärts, in der Richtung des Streichens, theils aufwärts in der Richtung der Falllinie oder Aufsteigungslinie des Ganges Statt finden.

Oft setzen in einer und derselben Gegend mehre, ja bisweilen recht viele Gänge desselben Gesteins (oder auch verschiedener Gesteine) nahe bei einander auf. Eines der merkwürdigsten Beispiele der Art beschreibt Macculloch von Strathaird auf der Insel Sky, wo eine sehr grosse Anzahl senk-

rechter Trappgänge eine horizontal geschichtete Sandsteindecke durchschneiden. Auch die Kraterwände mancher Vulcane werden von sehr vielen Lavagängen nach allen Richtungen durchzogen.

Häufig kommt es vor, dass ein Gang von einem anderen durchschnitten wird, indem der letztere ununterbrochen durch den Körper des ersteren Ganges hindurchsetzt. Diese, besonders zwischen verschiedenartigen Gängen sehr oft wahrzunehmende Erscheinung ist von der grössten Wichtigkeit für die relative Altersbestimmung der betreffenden Gesteine. Da nämlich ein jeder Gang nichts Anderes ist, als das Ausfüllungsmaterial einer Spalte, so wird sich in einem solchen Falle der durchsetzende Gang nothwendig später gebildet haben, als der durchsetzte Gang; denn dieser musste ja schon vorhanden sein, als die zweite Spaltenbildung eintrat, durch welche er selbst zerschnitten, und dem neuen Gange sein eigentlicher Bildungsraum eröffnet wurde.

b) *Stöcke*. Unmittelbar an die Gänge der massigen oder eruptiven Gesteine schliessen sich die Stücke derselben an, welche in den meisten Fällen ganz entschieden den Charakter der Gangstücke (S. 917) an sich tragen. Sie durchschneiden daher gewöhnlich die Schichten des Nebengesteins, und vereinigen mit dieser durchgreifenden Lagerung abnorme Verbandverhältnisse, gerade so, wie diess bei den Gängen der Fall ist.

Ihre Formen sind äusserst verschieden; bald nähern sie sich der Gangform, in welchem Falle sie nur kurze aber sehr mächtige Gänge sind; bald haben sie die Form eines aufsteigenden Keiles; bald sind sie so unregelmässig oder doch so unbestimmt contourirt, dass man sie nur als regellose Stücke bezeichnen kann. Für diese letzteren, welche oft sehr grosse Horizontal-Dimensionen besitzen, und zwischen anderen Gebirgsgliedern eingesenkt zu sein pflegen, hat Omalius d'Halloy den Namen Typhon vorgeschlagen*), welcher zugleich das Gigantische ihrer Dimensionen und das Ungeschlichte ihrer Formen auszudrücken geeignet ist. Wir wollen sie daher typhonische Stücke nennen; es sind die unbestimmt-massigen Gebirgsglieder mancher teutschen Geognosten.

Ueber die Formen dieser typhonischen Stücke lässt sich deshalb im Allgemeinen nicht viel sagen, weil jeder einzelne Fall seine besonderen Eigenthümlichkeiten darbietet. Da sie gewöhnlich unter anderen Gebirgsgliedern hervorragen, von welchen sie in horizontaler Richtung ringsum begränzt werden, so giebt sich auch ihre Form meist nur in der Horizontalprojection zu erkennen; bisweilen sind sie fast in umschlossener oder auch mit untergreifender Lagerung ausgebildet, und dann gleichfalls nur theilweise in ihren Formen entblöst. — Sehr oft erscheinen sie in der Horizontalprojection mit runden Umrissen, fast kreisförmig, elliptisch, oval, jedoch mit mancherlei Ein- und Ausbuchtungen; nur selten sind sie auffallend in die Länge gestreckt, wodurch sich eine Annäherung an die Gangform zu erkennen giebt. Obwohl sie aber im Allgemeinen mehr arrondirte Formen zeigen, so erscheinen doch ihre Contoure keinesweges in allen Fällen durchaus krummlinig, son-

*) *Précis élémentaire de Géologie*, 1843, p. 138. Eben so hatte Al. Brongniart schon im Jahre 1829, in seinem *Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe*, die eruptiven Formationen unter dem Namen *terrains typhoniens* eingeführt.

dern oft stellenweise auffallend geradling, oder mit aus- und einspringenden Winkeln versehen. Auch laufen von ihren Gränzen sehr häufig Apophysen in das Nebengestein aus, welche zuweilen recht ansehnliche Dimensionen gewinnen. Ihre lateralen Gränzflächen, welche meist nur in den Einschnitten der Thäler zu beobachten, bisweilen auch durch den Bergbau aufgeschlossen worden sind, haben oft eine sehr steile, fast senkrechte Lage, und lassen abnorme Verbandverhältnisse erkennen.

Die Dimensionen dieser typhonischen Stöcke sind zuweilen sehr bedeutend, und können in horizontaler Richtung eine Länge und Breite von mehreren Meilen bedingen; andere erreichen nur einen Durchmesser von mehreren tausend Fuss, und noch andere haben noch kleinere Dimensionen.

Sehr ausgezeichnete Beispiele solcher Stöcke liefert unter anderem der Granit, wo solcher in grösseren Massen innerhalb des Gneisses, Glimmerschiefers, Thonschiefers und Grauwackenschiefers auftritt. So erscheint er z. B. im Erzgebirge bei Bobritzsch und bei Flöhe (in Böhmen) im Gneisse, bei Geyer, Schwarzenberg und Schneeberg im Glimmerschiefer, bei Kirchberg und Lauterbach im Thonschiefer. Auf ganz ähnliche Weise tritt er im Gebiete der Grauwacke am Harze auf, wo die beiden Granitpartien des Brockens und des Ramberges als ein paar colossale typhonische Stöcke emporsteigen. Gerade so ist auch sein Vorkommen in den Pyrenäen, in Cornwall, Devonshire und Schottland, in den Cevennen und in vielen anderen Gegenden.

c) Kuppen. Diese Lagerungsform der eruptiven Gesteine ist eine äusserst interessante, eine ihnen ganz eigenthümlich zukommende Erscheinungsweise, welche jedoch nicht nur bei massigen, sondern auch bei gewissen geschichteten Bildungen dieser Art angetroffen wird. Sie giebt sich durch eine kegelförmige oder pyramidale, durch eine glockenförmige oder domförmige, oft auch durch eine unregelmässig gestaltete Protuberanz zu erkennen, mit welcher die betreffenden Gesteins-Ablagerungen über ihre nächsten Umgebungen emporsteigen, daher sie immer als sehr eminente, aber mehr oder weniger isolirte Berge erscheinen. Das Wesentliche bei diesen Kuppen ist nun aber, dass sie sich nach allen ihren Verhältnissen als ursprüngliche Lagerungsformen erweisen, welche unmittelbar bei der Bildung des Gesteins, durch eine an Ort und Stelle Statt gefundene Aufhürmung desselben entstanden sind. Sie unterscheiden sich daher als primitive Kuppen von anderen, ihnen z. Th. sehr ähnlichen Formen, welche als secundäre Kuppen betrachtet werden müssen. Die Kriterien für diese Unterscheidung sind besonders in den Structur-Verhältnissen der Kuppen und in ihrem Zusammenhange mit gangartigen Gebirgsgliedern zu suchen, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Die Dimensionen dieser Kuppen sind sehr verschieden, können aber zuweilen in horizontaler wie in verticaler Richtung so bedeutend werden, dass die Kuppe als ein förmliches Massengebirge (S. 339) zu betrachten ist. Von diesen grössten kuppenförmigen Ablagerungen ausgehend finden sich nun abwärts alle mögliche Abstufungen der Grösse, bis sie zuletzt nur noch als hausgrosse und noch kleinere Massen aufragen.

Es sind besonders die Porphyre, Grünsteine, Trachyte, Phonolithe und Basalte, welche sehr häufig dergleichen kuppenförmige Gebirgsglieder bilden, wie diess die meisten Basalt- und Phonolith-Regionen z. B. in Böhmen, in der Lausitz in der Rhön, und die Trachyt-Regionen Ungarns und Frankreichs beweisen. Aber

auch die Vulcaue und die, auf den Abhängen und in der Umgebung derselben so zahlreich vorkommenden Eruptionskegel gehören in diese Kategorie der Lagerungsformen, und man kann wohl behaupten, dass diese vulcanischen Berge die vollkommenste Ausbildungsform von dem darstellen, was man unter einer primitiven Kuppe vorzustellen hat. Sie unterscheiden sich aber von den übrigen Kuppen besonders durch ihren Krater und Eruptionscanal, welcher letztere freilich oft verstopft ist, so wie durch eine mehr oder weniger regelmässige Schichtung, welche allemal den Gesetzen eines kegelförmigen Schichtsystems (S. 924) unterliegt.

Nur in seltenen Fällen ist es bis jetzt gelungen, primitive Kuppen auf die Verhältnisse prüfen zu können, mit welchen sie in die Tiefe fortsetzen. Von der Basaltkuppe bei Stolpen in Sachsen ist es z. B. erwiesen, dass sie, obwohl nicht sehr hoch über den Granit der Umgegend aufragend, dennoch in bedeutende Tiefe fortsetzt, weil der dortige Schlossbrunnen 287 Fuss tief in Basalt abgeteuft worden ist^{*)}. Der Druidenstein, eine kleine Basaltkuppe bei Kirchen im Siegenschen, ist durch bergmännische Arbeiten untersucht worden, durch welche es sich herausgestellt hat, dass der Basalt in die Tiefe fortsetzt, und dass die Kuppe abwärts mit einem gangartigen Gebirgsgliede in unmittelbarer Verbindung steht^{**}). Der Burgberg, eine bedeutende Porphyrkuppe zwischen Freiberg und Frauenstein, setzt an dem steilen Gehänge des Gimlitzthales als ein schmaler gangartiger Porphyrestreifen bis in die Thalsohle abwärts. Dasselbe ist mit einer Porphyrkuppe bei Klingenberg, zwischen Freiberg und Dippoldiswalde, in sehr ausgezeichnete Weise der Fall. Ueberhaupt dürften die primitiven Kuppen in der Regel nach der Tiefe eine indefinite Fortsetzung ihrer Masse durch gangartige Gebirgsglieder erkennen lassen.

Mit diesen primitiven Kuppen dürfen nun die auffallend kuppenartigen Bergformen vieler anderer Vorkommnisse von Basalt, Porphyr und ähnlichen Gesteinen durchaus nicht verwechselt werden, obgleich solche in ihrer Gestalt eine täuschende Aehnlichkeit mit jenen besitzen können. Dergleichen Formen, welche man *secundäre Kuppen* nennen kann, sind nämlich nichts Anderes, als das Werk der Zerstörung; sie sind einzelne rückständig gebliebene Theile anderer, ehemals viel weiter ausgedehnter Gebirgsglieder, können nur als besondere Formen der Berg- und Thalbildung, als Producte der Erosion, aber keinesweges als ursprüngliche Ablagerungsformen gelten, und verhalten sich in dieser Hinsicht gerade so, wie die Kuppen der geschichteten sedimentären Gesteine. Solche *secundäre Kuppen* finden sich z. B. häufig in allen denjenigen Gegenden, wo Basalte, Laven und ähnliche Bildungen verbreitet sind, oder doch ehemals verbreitet waren. Bisweilen erscheint ein Basaltstrom oder ein Lavastrom nur noch in einzelnen, kuppenähnlich aufragenden Ueberresten.

d) *Ströme (coulées)*. Wenn eine massige Gesteins-Ablagerung von einer sehr vorherrschenden Längendimension sich in mehr oder weniger geneigter Lage von einem vulcanischen Eruptionspunkte aus abwärts erstreckt, und dabei den angränzenden Gebirgsgliedern entschieden aufgelagert zeigt, so nennt man sie einen *Strom*. Und in der That ist sie auch

^{*)} Charpentier, Min. Geogr. der Chursächs. Lande, S. 36.

^{**}) Nöggerath, das Gebirge in Rheinland-Westphalen, II, S. 220 ff.

nichts Anderes, als der in Erstarrung übergegangene Strom einer ursprünglich zähflüssigen Gesteinsmasse.

Dergleichen Ströme kommen besonders bei den eigentlichen Laven und bei denjenigen Gesteinen vor, welche mit der Familie der Lava in so genauer Beziehung stehen; also bei den Basalten, Trachyten, Phonolithen. Da es nun keinem Zweifel unterliegt, dass sie insgesamt durch die stromartige Fortbewegung und Ausbreitung einer im zähflüssigen Zustande hervorquellenden Masse gebildet wurden, so werden sie, den Bewegungsgesetzen der Flüssigkeiten zufolge, den Thälern, Schluchten und anderen Vertiefungen des Terrains gefolgt sein, um ihre Massen darin fortzuwälzen. Auf steil geneigtem Terrain sind sie meist schmal und nur wenig mächtig, während sie auf sanft geneigtem und fast horizontalem Grunde eine grosse Ausbreitung und Mächtigkeit gewinnen können (S. 165). — Zuweilen liegen zwei oder mehre Ströme von Lava oder Basalt über einander, indem die Massen verschiedener Eruptionen denselben Weg einschlugen, weil ihnen dieselben Terrain-Verhältnisse vorlagen.

e) Decken (*nappes*). Wenn sich eine mächtige und ausgedehnte Ablagerung massiger Gesteine bei ungefähr horizontaler Auflagerung nach allen Richtungen zusammenhängend über einen grösseren Landstrich ausbreitet, so nennt man sie eine Decke, oder ein Plateau. Diese Decken schliessen sich unmittelbar an die Ströme an, zu welchen sie sich etwa so verhalten, wie ein Landsee zu einem Flusse; die colossalen Lavaströme Islands erlangen stellenweise in ihrem Unterlaufe eine solche Breite, dass sie schon einen Uebergang in Lavadecken oder Lavaplateaus bilden.

Ogleich nun bei dergleichen Decken massiger Gesteine, welche sich zuweilen über viele Quadratmeilen ausbreiten, die beiden grossen Begränzungsflächen, nämlich die Oberfläche und Unterfläche, als ungefähr parallel gelten können, so darf man sich doch diesen Parallelismus nicht so regelmässig vorstellen, wie z. B. bei den Lagern und Schichten. Oft ist er nur sehr unvollständig ausgebildet, indem sowohl die Unterfläche als die Oberfläche mehr oder weniger bedeutende und einander durchaus nicht correspondirende Unebenheiten wahrnehmen lassen. Für die Unterfläche wird diess sehr häufig der Fall sein, weil sich in ihrer Form nothwendig alle die Unebenheiten der Auflagerungsfläche wiederholen müssen, welche in einem Landstriche oder in einer Region des Meeresgrundes von so bedeutender Ausdehnung natürlicherweise voraussetzen sind. Aber auch die Oberfläche sehr mächtiger und weit ausgedehnter Gebirgslieder dieser Art zeigt nicht selten eine Abwechslung von Erhöhungen und Vertiefungen, von Bergen und Thälern, welche theils in localen Aufstauungen der Massen bei ihrer ursprünglichen Ablagerung, theils in späteren Dislocationen, in partiellen Hebungen und Senkungen, theils auch in denen durch die Verwitterung und die Gewässer bewirkten Erosionen und Zerstörungen begründet sind.

Auf diese Weise bildet z. B. der Basalt nicht selten weit ausgedehnte Decken oder Plateaus; wie z. B. im nördlichen Irland, in Centralfrankreich, im Böhmischem Mittelgebirge, und in anderen Gegenden. Auch der Granit scheint bisweilen über grosse Landstriche in der Form von mächtigen Decken verbreitet zu sein; und in Sachsen bedeckt der Porphyr in der Gegend zwi-

schen Rochlitz, Döbeln, Oschatz und Taucha einen Flächenraum von ungefähr 20 Quadratmeilen in fast ununterbrochener Ausdehnung.

f) Lager und Lagerstöcke. Die massigen Gesteine erscheinen aber auch bisweilen in der Form von Lagern und Lagerstöcken, von welchen namentlich die ersteren in der Regelmässigkeit ihrer Form und Ausdehnung mit den gleichnamigen Lagerungsformen der geschichteten Gebirgglieder wetteifern können. Dergleichen Lager von massigen oder eruptiven Gesteinen lassen sich nun aber sehr häufig nur als Lagergänge, oder auch als lagerähnliche Apophysen anderer Gebirgglieder von durchgreifender Lagerung erkennen; wie es denn überhaupt in der ganzen Natur der eruptiven Gesteine begründet ist, dass sie nicht füglich solche independente und selbständige Lager bilden können, wie sie bei den sedimentären Gesteinen vorkommen. Die meisten, wo nicht alle Lager von eruptiven Gesteinen werden daher irgendwo mit gangartigen Gebirggliedern derselben Gesteine in einem unmittelbaren Zusammenhange stehen; und wenn auch dieser Zusammenhang durch spätere Zerstörungen aufgehoben worden sein sollte, wenn auch ein solches Gesteinslager in seiner gegenwärtig noch vorliegenden Ausdehnung alle Eigenschaften eines Lagers in der strengeren Bedeutung des Wortes besitzen sollte, so ist doch anzunehmen, dass ursprünglich ein solcher Zusammenhang bestanden hat.

g) Schichten und Schichtensysteme. Endlich finden wir auch, dass massige oder eruptive Gesteine zuweilen in ganz regelmässigen Schichten abgelagert sind, welche, in vielfacher Wiederholung über einander liegend, mächtige und zum Theil weit ausgedehnte Schichtensysteme bilden. Nicht selten sind diese Schichten als so regelmässige Parallelmassen ausgebildet, dass sie in ihrer Form von den Schichten sedimentärer Gesteine kaum zu unterscheiden sind; nur vermisst man bei ihnen gewöhnlich das Merkmal einer gleichsinnigen Parallelstructur des Gesteines. Wenn aber auch dieses Merkmal, z. B. durch viele plattgedrückte und parallel abgelagerte Blasenräume, oder durch tafelartige und eben so abgelagerte Krystalle zur Ausbildung gelangt ist, dann lässt sich in der That kein wesentlicher Unterschied in der Erscheinungsweise solcher Schichten und der Schichten sedimentärer Gesteine auffinden. Desungeachtet aber giebt es doch ein Verhältniss, welches eine wesentliche Verschiedenheit zwischen den beiderseitigen Schichten begründet. Es ist diess der Zusammenhang mit gangartigen Gebirggliedern, gewöhnlich mit regelmässigen Gängen desselben eruptiven Gesteins, welcher für die Schichten eruptiver Gesteine in allen Fällen Statt findet, oder doch irgend einmal Statt gefunden haben muss.

Für die zuweilen vorkommende Schichtung eruptiver Gesteine liefern z. B. die Färöer, besonders aber die Insel Island sehr überzeugende Beispiele. Die Trappformation dieser grossen vulcanischen Insel ist, nach den Beobachtungen von Krug v. Nidda, in ihrer ganzen Ausdehnung auf das Regelmässigste geschichtet, so dass man kaum in Sedimentär-Formationen den gleichmässigen Parallelismus der Schichten schöner und vollkommener antrifft. So weit das Auge reicht, sieht man in denen über tausend Fuss hohen Felsengehängen die Trappschichten horizontal und völlig parallel fortlaufen, und oft liegen gegen hundert solcher Schichten über einander. Auch kommen zwischen diesen höchst regelmässigen Trappschichten einzelne Schichten von sedimentären

Gesteinen, von Thon, Sandstein und feinen Conglomeraten vor, so dass über das wirkliche Vorhandensein eines geschichteten Trappgebirges in Island durchaus kein Zweifel obwalten kann. Aber jede dieser Trappschichten steht nach unten mit einigen Gängen von Trapp in stetigem Zusammenhange*). — Eben so lässt der ungeheure Basaltdistrict des Plateaus von Deccan in Vorderindien, nach den Berichten von Sykes, Clark und Conybeare, eine regelmässige Schichtung erkennen, indem eine Decke von basaltischem Gesteine über der andern ausgebreitet ist**). Dieselbe Erscheinung wiederholt sich nach M' Cormick auf Kerguelen-Insel, wo die Schichten, gerade wie Sandsteinschichten, in horizontalen Terrassen über einander liegen. — Auch viele Vulcane, und namentlich die Erhebungskegel derselben, lassen sehr ausgezeichnete Systeme von Lavaschichten wahrnehmen; wie z. B. der Monte Somma am Vesuv, und der Aetna im Val-del-Bove. — Man ersieht hieraus, dass die effusiven Schichten der eruptiven Gesteine eben so wohl mächtige und weit ausgedehnte Schichtensysteme bilden können, wie die sedimentären Schichten der im Wasser gebildeten Gesteine.

Die meisten der bisher betrachteten Lagerungsformen der massigen Gesteine sind nun gewöhnlich zu zweien oder mehreren mit einander verbunden, und dadurch bilden sich jene eigenthümlichen Combinationen von Lagerungsformen aus, welche diese Gesteine zu zeigen pflegen. Besonders häufig kommt es vor, dass diejenigen massigen Gebirgsglieder, welche an und für sich nicht den Charakter von gangartigen Gebirgsgliedern besitzen, entweder an ihren Grenzen, oder an irgend anderen Stellen ihres Verlaufes mit Gängen und gangartigen Gebirgsgliedern combinirt sind, welche bald in kleineren, bald in grösseren Dimensionen auftreten, und daher theils als blose gangartige Apophysen, theils als förmliche untergeordnete Gebirgsglieder erscheinen.

So sind namentlich die typhonischen Stücke an ihren Grenzen sehr häufig mit gangartigen Ausläufern versehen, indem der Hauptkörper des massigen Gesteins Gänge, Keile und Adern in die Massen des Nebengesteins hinaus treibt; wodurch jene eigenthümliche Junctur hervorgebracht wird, welche wir oben (S. 909) als ramificirenden Gesteinsverband kennen gelernt haben.

Diese Erscheinung ist in der That eine äusserst gewöhnliche, und man kann wohl behaupten, dass es z. B. keinen typhonischen Granitstock von einiger Ausdehnung giebt, an welchem dergleichen gangartige Ausläufer nicht nachzuweisen wären. Am frühesten wurde man in Schottland und England auf die Erkennung dieses merkwürdigen Verhältnisses geführt, weil dort sehr günstige Entblösungen vorliegen. Später sind jedoch ähnliche Erscheinungen

*) Krug v. Nidda, in Karstens Archiv für Mineralogie u. s. w. Bd. VII, 1834, S. 479 ff.

***) Sykes, in *Trans. of the Geol. Soc.* 2. ser. IV, p. 410; Clark, im *Quarterly Journal of the Geol. Soc.* III, 1847, p. 222; ebendasselbst p. 225 werden von Hamilton die Beobachtungen Conybeare's mitgetheilt.

fast überall erkannt worden, wo der Granit im Gebiete des Thonschiefers, Glimmerschiefers, Gneisses, oder auch der Grauwacke und des Grauwackenschiefers hervortritt.

Auch die Porphyre lassen nicht selten in ihren stockförmigen oder deckenförmigen Ablagerungen eine Verbindung mit gangartigen Gebirgsgliedern erkennen. So streckt z. B. die mächtige Porphyr-Ablagerung des Tharander Waldes in Sachsen an dreien Punkten ihrer Gränze drei mächtige Porphyrgänge, gleichsam wie eben so viele Hauptwurzeln in das angränzende Gneiss- und Schieferterrain hinaus. Der eine dieser Gänge beginnt in Tharand selbst, und lässt sich von dort aus in nördlicher Richtung über $\frac{3}{4}$ Stunden weit verfolgen; der andere, auf der Höhe des Landsberges bei Herzogswalde, ist etwa $\frac{1}{4}$ Stunde weit entblöst; der dritte, am Südrande des Tharander Waldes bei Dorfthain, ist über $\frac{1}{2}$ Stunde lang, läuft der Gränze der grossen Porphyr-Ablagerung ziemlich parallel, und zeigt ausserdem noch sehr merkwürdige Verhältnisse, von welchen in §. 245 die Rede sein wird*). Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass die zusammenhängende Porphyrmasse des Tharander Waldes auch nach unten mit mehren Porphyrgängen in stetigem Zusammenhange steht.

Die mächtige Porphyredecke, welche bei Flöha, zwischen Freiberg und Chemnitz, der dortigen Steinkohlenformation eingelagert ist, setzt an der Ausmündung des Forstbaches als Gangmasse durch die unter ihr liegenden Sandstein- und Conglomeratschichten, und bewirkt dabei zugleich eine sehr bedeutende Verwerfung des einen Gebirgtheils gegen den andern**).

Dass die Decken und Schichten von Basalt, Trapp und ähnlichen Gesteinen nach unten häufig mit Gängen desselben Gesteins zusammenhängen, diess wurde schon oben gelegentlich bemerkt. Zuweilen sieht man recht viele solcher Gänge, wie z. B. im Elbthale zwischen Aussig und Salesl, wo die dem Braunkohlensandsteine aufgelagerte mächtige Basaltdecke mit mehren bedeutenden Gängen in Verbindung steht. Ein sehr ausgezeichnetes Beispiel dieser Art zeigt der beistehende Holzschnitt, welcher nach Macculloch eine Trappdecke bei Swinish-Point auf der Insel Sky darstellt, die mit zahlreichen, aus der Tiefe heraufsteigenden Trappgängen zusammenhängt. Dass aber auch die mächtigeren Gänge massiger Gesteine bisweilen mit Kuppen derselben in Verbindung stehen, welche als locale kuppenförmige Aufhürmungen und Ausbreitungen der Gesteinsmassen zu betrachten sind, verdient noch erwähnt zu werden.



bei Swinish-Point auf der Insel Sky darstellt, die mit zahlreichen, aus der Tiefe heraufsteigenden Trappgängen zusammenhängt. Dass aber auch die mächtigeren Gänge massiger Gesteine bisweilen mit Kuppen derselben in Verbindung stehen, welche als locale kuppenförmige Aufhürmungen und Ausbreitungen der Gesteinsmassen zu betrachten sind, verdient noch erwähnt zu werden.

*) Geognost. Beschreib. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft V, 1845, S. 215 ff.

**) Geogn. Beschr. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft II, 1838, S. 389.

§. 244. *Structur der massigen und eruptiven Gebirgsglieder.*

Die massigen Gebirgsglieder zeigen gewöhnlich ganz andere Structur-Verhältnisse, als die geschichteten Gebirgsglieder, was seinen natürlichen Grund darin hat, dass diese letzteren aus weit fortsetzenden und regelmässig über einander liegenden Schichten bestehen, welche sehr verschiedene Formen und Gruppierungen zulassen, während bei den eruptiven Gesteinen eine solche Schichtung in der Regel vermisst wird.

a) *Structur geschichteter Gebirgsglieder eruptiver Gesteine.*

Nur die wirklich geschichteten Ablagerungen eruptiver Gesteine sind daher geeignet, wenigstens einige von denjenigen Structur-Verhältnissen zu zeigen, welche wir bei den übrigen geschichteten Gebirgsgliedern kennen gelernt haben. Indessen pflegen es doch nur zwei Modalitäten des Schichtenbaues zu sein, die bei ihnen angetroffen werden. Die eine ist die des horizontalen oder doch fast horizontalen Schichtenbaues, indem die geschichteten Decken von Basalt, Trapp und ähnlichen Gesteinen gewöhnlich dem Gesetze der horizontalen Ausbreitung unterworfen sind, oder doch nur eine geringe Einsenkung nach dieser oder jener Weltgegend erkennen lassen. Die zweite Modalität ist der bereits S. 924 erwähnte kegelförmige Schichtenbau, welcher die Vulcane, Erhebungskegel und Erhebungskratere aller Art auszeichnet, und allerdings in solchen Fällen, wo er aus regelmässigen und stetig fortsetzenden Lavaschichten, oder aus sedimentären Schichten besteht, nur durch die successive oder plötzliche Erhebung eines ursprünglich horizontalen Schichtensystemes um ein gemeinschaftliches Erhebungscentrum erklärt werden kann*).

*) Ich benutze diese Gelegenheit, um einen Fehler wieder gut zu machen, welchen ich S. 151 bei der Schilderung der Entstehung des Monte nuovo begangen habe. Es ist dort, auf den Grund namhafter Auctoritäten, die Ansicht adoptirt worden, dass dieser Berg kein Erhebungskrater sei, obgleich Leopold v. Buch schon im Jahre 1835 (Poggend. Ann. Bd. 37, S. 181 ff.) die gegentheilige Ansicht geltend gemacht hatte. Die dagegen vorgebrachten Bedenken müssen aber verschwinden, seitdem derselbe grosse Meister im Jahre 1845 die Veranlassung zu einer sehr genauen Untersuchung des Berges Seiten der geologischen Section der Italienischen Naturforscherversammlung gab, durch welche es erwiesen wurde, dass die Tuffschichten des Monte nuovo dieselben organischen Ueberreste enthalten, wie sie in der dortigen weit verbreiteten Formation des Pausilipptuffes vorkommen. Durch diese Entdeckung ist es ausser allen Zweifel gestellt, dass der Monte nuovo wirklich ein Erhebungskrater ist, dessen Erhebung in sehr kurzer Zeit bewerkstelligt

In den Eruptionskegeln dagegen ist dieser Schichtenbau als eine ursprüngliche Ausbildungsform zu betrachten, indem die, unter ziemlich steilen Winkeln über einander abgesetzten Schichten von Schlacken, Lapilli und vulcanischem Sande gleich bei dem Niederfalle ihres Materiales zu solcher Neigung gelangt sind.

Ein sowohl bei den deckenförmigen, als auch bei den kegelförmigen Schichtensystemen der eigentlichen eruptiven Gesteine sehr häufig vorkommendes Structur-Verhältniss ist es nun, dass solche von zahlreichen Gängen derselben Gesteine nach allen Richtungen durchschnitten werden. Diese Gänge erscheinen gewöhnlich als regelmässige Parallelmassen und ragen nicht selten wie Mauern hervor, wenn ihr Nebengestein theilweise zerstört und entfernt worden ist. Auch zeigen sie oft die Merkwürdigkeit, dass sie, aus der Tiefe heraufsteigend, in irgend einer der Schichten zu Ende gehen, mit welcher sie zu einem und demselben Gesteinskörper verbunden sind; zum offenbaren Beweise, dass die Spalten dieser Gänge nur die Ausflüsseanäle waren, durch welche die eruptiven Gesteinsmassen aus dem Erdinnern hervordrangen.

So bemerkt z. B. Krug v. Nidda ausdrücklich, dass die so höchst regelmässig gelagerten Trappschichten Islands ausserordentlich häufig von Trappgängen durchsetzt werden, welche, wenn man sie von unten nach oben verfolgt, allemal in irgend einer der Trappschichten ihr Ende erreichen. Da nun jeder solche Gang dasselbe Gestein zeigt, wie diejenige Schicht, in welcher er mit voller Mächtigkeit zu Ende geht, so muss jede Trappschicht mit den ihr anhängenden Gängen als ein Ganzes, als das Resultat eines und desselben Bildungsactes betrachtet werden. — Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich sehr häufig in den vulcanischen Bergen. So werden z. B. die kegelförmigen Schichtensysteme des Monte-Somma am Vesuv und des Aetna im Val-del-Bove von zahlreichen Lavagängen durchschnitten, welche gar nicht selten in irgend einer Lavaschicht ihr oberes Ende erreichen*), und bisweilen so zahlreich vorhanden sind, dass das System der Lavaschichten nach allen Richtungen von ihnen durchkreuzt, und gleichsam in grosse Fragmente zerstückelt erscheint, welche zwischen den Gängen suspendirt sind.

wurde. Leopold von Buch hat mich mit einem Briefe beehrt, in welchem diese schöne Entdeckung auf eine höchst geistreiche und lebendige Weise geschildert wird, und welcher, mit Genehmigung seines Verfassers, in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Bd. I, S. 107 f. abgedruckt worden ist.

*) Wie diess schon Fr. Hoffmann von der Südseite des M. Calati berichtet (Geognost. Beob. gesammelt auf Reisen durch Italien und Sicilien, 1839, S. 707), und auch Elie de Beaumont bestätigte, welcher ausdrücklich sagt, dass viele der Lavagänge des Val del Bove nach oben in einer der Lavaschichten endigen, deren Wurzel sie gleichsam bilden. *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, t. IV, 1838, p. 134.*

b) Structur der deckenförmigen und stromförmigen
Gebirgsglieder.

Die deckenförmigen und stromförmigen Gebirgsglieder gewisser massiger Gesteine zeigen nicht selten eine säulenförmige Absonderung; so namentlich jene der Basalte, Anamesite, Trachyte, Laven, mancher Porphyre und Grünsteine, überhaupt derjenigen Gesteine, welche zur Ausbildung prismatischer Gesteinsformen besonders geeignet sind. Die Säulen pflegen dann in der Regel vertical zu stehen, oder doch nur sehr wenig von der verticalen Stellung abzuweichen. Man findet z. B. mächtige und weit ausgedehnte Basaltdecken, welche durchaus in verticale, einfache oder gegliederte Säulen abgesondert sind, so dass sich eine Säule an die andere anschliesst, und dass die entblösten Querschnitte einer solchen Ablagerung die herrlichsten Colonnaden darstellen. Auf ähnliche Weise ist die mächtige Porphyrdecke des südlichen Tyrol in der Gegend von Botzen durchaus in verticale Prismen gesondert. — Sind mehre Decken nach Art der Schichten über einander gelagert, so zeigt wohl bisweilen eine jede derselben die säulenförmige Absonderung, während in anderen Fällen solche Schichten, welche diese Absonderung besitzen, mit anderen Schichten abwechseln, an denen sie vermisst wird.

Es ist aber diese Absonderung in regelmässig gestellte verticale Säulen eine Erscheinung, welche wohl ursprünglich nur bei deckenförmigen, schichtenförmigen und breiten stromförmigen Gebirgsgliedern der eruptiven Gesteine zur Ausbildung gelangen konnte. Wenn wir also isolirte Kuppen von dergleichen Gesteinen beobachten, welche gleichfalls aus lauter verticalen Säulen bestehen, so können wir in der Regel schliessen, dass solche nur die Ueberreste von anderen, ehemals viel weiter verbreiteten Gebirgsgliedern darstellen, deren Massen grösstentheils zerstört und weggeführt worden sind. (Pöhlberg bei Annaberg.)

Zuweilen zeigen aber auch die deckenartigen, und noch häufiger die stromartigen Gebirgsglieder eine säulenförmige Absonderung, bei welcher die Säulen in ganz regellos durch einander geworfene Systeme gruppiert sind, so dass zwar innerhalb jedes einzelnen Systems eine mehr oder weniger bestimmte Anordnung der Säulen in bündelförmige, büschelförmige oder sternförmige Gruppen zu erkennen ist, die verschiedenen Gruppen selbst aber ohne irgend eine erkennbare Regel ganz verworren durch einander liegen; daher denn verticale, geneigte und horizontale Säulenbündel mit einander abwechseln, welche bald von parallelen, bald von divergirenden, bald von geraden, bald von krummen Säulen gebildet werden, und oft recht scharf an einander abstossen. Diese verworrene

Gruppierung säulenförmig abgesonderter Gesteinskörper, welche an manchen Basalt- und Lavaströmen sehr auffallend ist, zeigt gewöhnlich Säulen von geringerer Dicke; wogegen die verticalen Colonnaden oft von sehr dicken Säulen gebildet werden, die fast wie Thürme neben einander aufragen.

Von der Gliederung der Säulen, durch welche die säulenförmige Structur noch interessanter wird, ist bereits oben S. 524 die Rede gewesen. Doch müssen wir noch einer eigenthümlichen longitudinalen Gliederung gedenken, welche als Seltenheit am Trachyte beobachtet und von Nöggerath beschrieben worden ist*). Am Stenzelberge im Siebengebirge sieht man nämlich mitten in den Wänden des in mächtige Säulen und Pfeiler abgesonderten Trachytes grosse, spitz kegelförmige oder cylindrische Säulen wie dicke Baumstämme aufragen, welche eine mit ihrer äusseren Form übereinstimmende krummschalige Structur zeigen. Bei genauerer Untersuchung ergibt sich, dass sie gleichfalls von eckigen Säulen herkommen, welche nach innen diese cylindrisch-schalige Structur entfalten, während die äusserste Schale nach aussen die eckigen Umrisse der prismatischen Säule zeigt. Die Steinbrecher nennen diese cylindrischen Säulen Umläufer.

Manche Decken und Ströme sind auch mit einer plattenförmigen oder bankförmigen**) Absonderung versehen; wie solches namentlich bei gewissen Porphydecken, bei manchen Basalt- und Phonolithströmen der Fall ist. Dann zeigen die Platten oder Bänke entweder einen Parallelismus mit der Auflagerungsfläche, oder eine steile aber regelmässige Lage, oder auch eine Gruppierung in ganz regellos durch einander geworfene Systeme.

Im ersteren Falle lassen sich die Platten bisweilen mit grosser Stetigkeit und Regelmässigkeit verfolgen, indem sie fast horizontal liegen, oder nur geringe Undulationen in ihrem Verlaufe darstellen. (Porphy bei Brösen, zwischen Colditz und Leissnig in Sachsen; Granit vieler Gegenden, wo er in horizontale Bänke abgesondert ist.) Im zweiten Falle stehen die Platten oder Bänke senkrecht, oder doch mehr oder weniger stark geneigt, lassen aber gewöhnlich auf grosse Strecken ein ziemlich constantes Streichen und Fallen erkennen, so dass man sie, namentlich bei grösserer Mächtigkeit, leicht mit Schichten verwechseln kann. (Porphy bei den Erlenhäusern unweit Colditz, Porphy des Frauenberges, Holzberges und anderer Berge nordöstlich von Wurzen in Sachsen; Granit in Cornwall und Devonshire, bei Zehren und anderen Orten in Sachsen.) Im dritten Falle endlich wiederholen sich die Erscheinungen, welche wir bei der verworrenen Gruppierung säulenförmig abgesonderter Gesteinskörper kennen gelernt haben; d. h. die Platten sind zwar in einzelne

*) Das Gebirge von Rheinland-Westphalen, IV, S. 360.

**) Wenn die Platten eine bedeutende Stärke, und eine angemessene Ausdehnung nach Länge und Breite besitzen, da dürfte es zweckmässig sein, die Absonderung als bankförmig zu bezeichnen.

Systeme gruppirt, innerhalb welcher eine gewisse Regelmässigkeit der Anordnung herrscht, aber diese Systeme liegen ohne alle Regel durch einander, so dass ebenflächige und krummflächige Systeme von der verschiedensten Lage an einander gränzen. (Porphyr südlich von Grethen bei Grimma in Sachsen.)

Die kugelige Absonderung pflegt in den deckenförmigen, wie in allen übrigen Gebirgsgliedern der eruptiven Gesteine nur stellenweise, da und dort mit einiger Regelmässigkeit und Beständigkeit ausgebildet zu sein. Sie kommt bisweilen in einem sehr grossen Maassstabe vor, während die Kugeln in anderen Fällen nur einige Zoll im Durchmesser erreichen. Meistentheils ist sie mit einer concentrisch schaligen Absonderung verbunden, und häufig erscheint sie im Gefolge der säulenförmigen Absonderung, indem sich die Säulen in lauter Reihen von Sphäroiden auflösen (S. 526). Ueberhaupt wird sie oft durch die Verwitterung, theils als sphäroidische, theils als rundknollige Absonderung zum Vorschein gebracht, und in dieser Weise ist sie zumal bei gewissen Grünsteinen, Melaphyren, Basalten und Anamesiten eine gar nicht selten vorkommende Erscheinung; (vergl. oben S. 473 ff. und S. 536).

Endlich lassen auch viele Decken pyrogener Gesteine gar keine regelmässige Structur erkennen, indem sie nur der unregelmässig polyëdrischen Absonderung unterworfen sind, welche sehr häufig vorkommende Structur nicht selten zu der oben S. 758 erwähnten sphäroidischen Exfoliation Veranlassung giebt.

Ueberhaupt aber ist es als eine ziemlich allgemein gültige Regel zu betrachten, dass die grösseren deckenförmigen Ablagerungen, eben so wie die grösseren typhonischen Stöcke in verschiedenen Regionen ihres Verbreitungsgebietes verschiedene Structurverhältnisse zur Entwicklung gebracht haben. So kann z. B. eine und dieselbe Porphyrdecke stellenweise eine sehr schöne säulenförmige Absonderung zeigen, während sie anderwärts plattenförmige oder bankförmige Absonderung, und an noch anderen Punkten nur unregelmässig polyëdrische Absonderung erkennen lässt. Dasselbe gilt von den deckenförmigen Ablagerungen anderer Gesteine, in welchen zwar bisweilen, aber keinesweges immer, eine einzige Modalität der Structur mit Consequenz ausgebildet ist, vielmehr eine Abwechslung derselben von einer Stelle zur anderen Statt zu finden pflegt.

c) Structur der kuppenförmigen Gebirgsglieder.

Die kuppenförmigen Gebirgsglieder eruptiver Gesteine lassen im Allgemeinen eine grössere oder geringere Uebereinstimmung

ihrer Structur mit ihrer Form, also eine gewisse Abhängigkeit der ersteren von der letzteren erkennen. Natürlich gilt diess nur von den ursprünglichen Kuppen, weil die secundären Kuppen, als blosse Rückstände anderer Gebirgsglieder, eine ganz zufällige Form besitzen, bei welcher an irgend einen nothwendigen Zusammenhang zwischen ihr und der Structur gar nicht zu denken ist.

Wenn die Kuppen eruptiver Gesteine aus Schichten bestehen, so zeigen sie, wie bereits erwähnt wurde, den kegelförmigen Schichtenbau oft mit grosser Regelmässigkeit. In den Erhebungskegeln jedoch erscheint das ganze Schichtengebäude gewöhnlich von mehreren radialen Spalten durchrissen, welche eine nothwendige Folge ihrer Entstehungsweise und meistens als tiefe und schroffe, spaltenähnliche Thäler (Barancos) ausgebildet sind*).

Auch giebt es glockenförmige an ihrem Gipfel geschlossene Berge, welche aus mächtigen schichtenähnlichen Bänken eines eruptiven Gesteins bestehen, dessen Bänke insgesamt eine der äusseren Bergform entsprechende Gestalt besitzen, so dass sie in ihrer Verbindung ein oben geschlossenes kuppelförmiges Schichtensystem darstellen, und dass der ganze Berg wie aus lauter concentrischen halbkugeligen Schalen zusammengesetzt ist.

Ein sehr ausgezeichnetes Beispiel dieser Structur liefert nach Leopold v. Buch der Puy de Sarcouy in der Auvergne, eine der schönsten und regelmässigen Trachytkuppen in der Welt. (Geognost. Beob. auf Reisen durch Deutschland und Italien, II, S. 245 f.). Auch der grosse Cliersou ist nach Montlosier durch ähnliche Verhältnisse ausgezeichnet; *sa tige ronde et lisse*, sagt er, *est parfaitement dégagée et détachée, et la calotte sphérique qui le*

*) *Elie de Beaumont* und *Dufrénoy* haben in den *Mémoires pour servir à une descr. géol. de la France*, II, 1834, p. 223 ff. ausführliche mathematische Untersuchungen über die Dimensionen angestellt, welche diese Radialspalten eines Erhebungskraters, bei einer gegebenen Höhe und Grundfläche desselben, erhalten müssen. Schon früher hatte sich *Virlet* mit ähnlichen Rechnungen in Betreff der Insel Santorin beschäftigt (*Bull. de la soc. géol.* III, 1832, p. 172 ff. u. 302 ff.), glaubte jedoch dabei auf absurde, der Natur widerstreitende Resultate zu gelangen; was aber offenbar auf einer irrigen Voraussetzung sowie auf der Vernachlässigung des Umstandes beruhte, dass die inneren Theile der erhobenen Sektoren durch die Explosionen späterer Eruptionen zerstört und fortgeschleudert werden mussten. *Boblaye* machte daher (a. a. O. p. 317 ff.) sehr gegründete Einwendungen, indem er namentlich zeigte, dass die Dicke des wirklich erhobenen Theiles der Erdkruste ein durchaus nicht zu vernachlässigendes Element sei. Auch hat *Virlet* später (a. a. O. IV, p. 216 ff.) seine Ansichten modificirt, und die Möglichkeit vulcanischer Erhebungskratere anerkannt.

recouvre est, on ne peut pas plus, régulière. Diese Erscheinungen bestimmten Leopold v. Buch schon im Jahre 1802 zu der Ansicht, dass alle diese Domitkegel durch vulcanische Kraft erhoben worden seien. „Daher ihre kuppelartige Form; daher die Neigung ihrer Schichten dem Falle des äusseren Abhanges gemäss; daher die Höhlen des Innern; daher endlich der Mangel eines Kraters auf dem Gipfel der Domitberge, und die Stetigkeit ihres Gesteins, denn sie sind nicht ausgeworfen, sondern aus dem Grunde erhoben.“ Vom Sarcouy insbesondere sagt er: er sieht völlig einer Blase auf einer viscosen Flüssigkeit ähnlich; was auch Rozet 42 Jahre später mit den Worten bestätigt: *sa forme annonce une tuméfaction de la matière*; denn rings um den Berg verbreitet sich der Domit in grosser horizontaler Ausdehnung, und man sieht, wie er sich gegen den Berg hin erhebt. (*Mém. de la soc. géol. 2. série, I, 1844, p. 70 f.*) Uebrigens ist eine ähnliche Structur an vielen vulcanischen Bergen nachgewiesen worden, und schon Bouguer berichtete von den vulcanischen Kegeln Peru's: *que toutes leurs couches vont en s'inclinant autour de chaque sommet, en se conformant à la pente de ses collines* (*Voyage au Perou, p. XLI*).

Wenn ursprüngliche Bergkuppen eruptiver Gesteine mit plattenförmiger Absonderung versehen sind, was z. B. bei manchen Trachyten und Basalten, besonders häufig aber bei den Phonolithen der Fall ist, so lassen sie gleichfalls gar nicht selten einen merkwürdigen Zusammenhang zwischen ihrer Form und Structur wahrnehmen, indem die Platten eine, mit der conischen oder glockenförmigen Gestalt des Berges übereinstimmende Anordnung besitzen, und daher ein System von conformschaligen Massen rings um die Axe des Berges darstellen, so dass man die Structur solcher Berge fast mit der einer Zwiebel vergleichen möchte.

Diese Erscheinung, welche sich unmittelbar an die vorher erwähnte Architektur des Puy de Sarcouy anschliesst, ist z. B. mit der grössten Regelmässigkeit am Spitzberge bei Brüx in Böhmen zur Ausbildung gebracht, an welchem die Phonolithtafeln rings um den Berg ein völlig geschlossenes kegelförmiges System bilden. Sie kommt auch am Teplitzer Schlossberge, am Donnersberge bei Milleschau und an vielen anderen Phonolithbergen vor, und gehört überhaupt keinesweges zu den seltenen Erscheinungen*), obgleich sie nicht immer so regelmässig ausgebildet ist, wie am Brüxer Spitzberge. Hierher gehört wohl auch eine sehr interessante Beobachtung, welche Hardie von dem Phonolithberge Jasinga, südlich von Batavia auf Java berichtet. Dieser, nur etwa 300 Fuss hohe Berg hat eine äusserst regelmässige domförmige oder glockenförmige Gestalt, ist aber an der einen Seite durch eine Spalte zerris-

*) Vergl. Reuss, die Umgebungen von Teplitz und Bilin, S. 249. Nach Bertrand-Roux kommt diese Structur auch an manchen Phonolithbergen des Velay, dieser classischen Phonolithregion Frankreichs vor; *Descript. géognost. du Puy en Velay, 1823.*

sen, so dass man in das Innere gelangen kann. Dort erreicht man eine grosse gewölbte Höhle von 132 F. Länge, 96 F. Breite und 30 F. Höhe, welche das Segment eines Ellipsoides darstellt, und nach unten in einem kleinen Kratersee oder Maare endigt. (Neues Jahrb. für Min. 1835, S. 99.)

Eine solche kegelförmige Anordnung der Platten ist jedoch keinesweges in allen Kuppen vorhanden; bisweilen zeigen die Platten eine entgegengesetzte Anordnung, indem sie von allen Seiten her gegen die Axe des Berges einfallen; wie z. B. am Phonolithberge Roc-du-Curé im Velay. In noch anderen Fällen lässt sich gar kein bestimmtes Gesetz der Anordnung nachweisen. Wenn endlich eine Kuppe von plattenförmiger Absonderung eine horizontale oder nur wenig geneigte Lage der Platten erkennen lässt, so liegt immer die Vermuthung sehr nahe, dass sie eine secundäre, und gar keine primitive Kuppe sei, weil solche Lage der Platten auf eine ursprünglich horizontale Ausbreitung der Massen schliessen lässt.

Nicht selten zeigen die Kuppen eine plattenförmige und eine säulenförmige oder pfeilerförmige Absonderung zugleich. In solchen Fällen setzt die erstere Absonderung ungestört durch die zweite Absonderung hindurch, so dass sie da, wo sie einem allgemeinen Gesetze folgt, dieses Gesetz behauptet, welche Stellung auch die Säulen zeigen mögen.

Die plattenförmige Absonderung durchschneidet daher manche Prismen unter einem rechten, andere unter einem spitzen Winkel, je nachdem es die Stellung der Säulen mit sich bringt. Diese Unabhängigkeit der plattenförmigen Absonderung und der mit ihr sehr nahe verwandten schaligen Gesteinsstructur von der säulenförmigen und pfeilerförmigen Absonderung liefert wohl den Beweis, dass die erstere Structur eine ursprüngliche, unmittelbar bei der Ablagerung des Gesteins zur Ausbildung gelangte Erscheinung ist, wogegen die säulenförmige Absonderung als ein späteres, durch die innere Contraction bewirktes Strukturverhältniss zu betrachten sein dürfte.

Ueberhaupt aber ist die säulenförmige Absonderung eine bei sehr vielen Kuppen vorkommende Erscheinung. Dabei findet nicht selten eine regelmässige Anordnung der Gesteinssäulen Statt, welche auf zweierlei Weise vorkommt, in beiden Fällen aber eine bestimmte Beziehung zu der Axe des Berges erkennen lässt. Die Säulen convergiren nämlich entweder aufwärts, und sind daher um die Axe des Berges auf ähnliche Weise gestellt, wie die Holzscheite in einem Meiler; oder sie divergiren aufwärts, und bilden daher ein büschelförmiges System. Oft ist aber auch gar keine gesetzmässige Stellung der Säulen nachzuweisen, und dann zeigt eine solche Kuppe regellos durch einander gruppirte Systeme von Säulen, gerade so, wie diess auch in Gebirgsgliedern von anderen Formen so häufig der Fall ist.

Der Hasenberg, südlich von Lobositz in Böhmen, eine über die dortige horizontale Plänerdecke sehr auffallend emporragende Basalkuppe, zeigt eine kegelförmige Gruppierung seiner Säulen, welche alle gegen die Axe des Berges geneigt sind, so dass sie verlängert in einem weit über dem Gipfel liegenden Punkte zusammentreffen würden. Dasselbe ist am Chlum bei Pschan der Fall *). Ein äusserst regelmässiges, man möchte fast sagen niedliches Beispiel dieser Gruppierung liefert ein ganz kleines Basalküppchen, welches an der Südseite des Bärensteins in Sachsen, dicht bei dem Huthause der Grube Prinz Joseph aufragt, und ganz wie ein Verkohlungsmeiler erscheint **).

d) Structur der gangförmigen Gebirgsglieder.

Wenn die Gänge und gangähnlichen Stöcke eruptiver Gesteine eine säulenförmige Absonderung besitzen, so lassen sie sehr häufig eine gesetzmässige Structur erkennen. Das gewöhnlichste Gesetz, welches zuweilen mit bewundernswerther Regelmässigkeit in Erfüllung gebracht ist, besteht darin, dass die Säulen insgesamt rechtwinkelig auf den Salbändern des Ganges stehen, und folglich quer durch den Gang hindurchsetzen; was bei verticalen Gängen eine horizontale Lage derselben bedingt, und die Prismen wie aufgeklafferte Holzscheite erscheinen lässt. Diese Structur ist bei den Gängen von Lava, Basalt, Trachyt, Porphyr und Grünstein gar nicht selten zu beobachten, kommt aber besonders bei den basaltischen Gesteinen vorzüglich schön und regelmässig vor.

Es sind meist Gänge von geringerer Mächtigkeit, welche diese Structur in der grössten Vollkommenheit zeigen. In sehr mächtigen Gängen und Gangstücken lassen die Säulen diese Anordnung oft nur an beiden Salbändern mit einiger Regelmässigkeit erkennen, während sie in dem mittleren Theile des Ganges anderen Gesetzen der Gruppierung unterworfen sind. Sie biegen sich bisweilen von beiden Seiten her gegen die Mitte des Ganges aufwärts, und stossen dort unter spitzen Winkeln zusammen, wie diess unter anderm sehr schön an dem mächtigen Basaltgange des Werregotsch oder Ziegenrückens bei Wannowa, oberhalb Aussig im Elbthale, der Fall ist, dessen Säulen eine umgekehrt büschelförmige oder federartige Gruppierung zeigen. In anderen Fällen lässt ein und derselbe Gang in der Mitte gar keine regelmässige Structur erkennen, während gegen die Salbänder hin die säulenförmige Absonderung immer deutlicher hervortritt.

Wenn die Gänge eruptiver Gesteine mit plattenförmiger Absonderung versehen sind, so pflegen die Platten den Salbändern des Ganges parallel zu liegen, wodurch eine Art von lagenweiser Structur zum Vorschein kommt, welche bisweilen mit grosser Regel-

*) Reuss a. a. O. S. 199.

**) Geognost. Beschr. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft II, S. 481.

mässigkeit durch die ganze Mächtigkeit des Ganges zu verfolgen ist, während sie in anderen Fällen nur an den Salbändern selbst erkannt werden kann, und nach der Mitte zu verschwindet. Diese Erscheinung findet sich z. B. an den plattenförmig abgesonderten Gängen der Basalte, Phonolithe und Porphyre.

Nicht selten ist diese plattenförmige, eben so wie die säulenförmige Absonderung mit einer planen Parallelstructur des Gesteines selbst verbunden, welche sich bald durch eine lagenweise Abwechslung der Gesteinsbeschaffenheit, bald nur durch eine blose Farbenstreifung zu erkennen giebt. In einem solchen Falle folgt diese Parallelstructur in ihrer Richtung den Salbändern des Ganges, und ist daher bei plattenförmiger Absonderung den Platten parallel, bei säulenförmiger Absonderung ungefähr rechtwinkelig auf die Axen der Säulen ausgebildet; (Porphyrgang bei Tanneberg, am rechten Ufer der Triebisch in Sachsen). Auch die mächtigeren Gangstöcke eruptiver Gesteine lassen zuweilen eine Absonderung in dicke Platten oder Bänke, und eine derselben conforme Parallelstructur des Gesteins wahrnehmen, in welchem Falle die Erscheinung eine auffallende Aehnlichkeit mit Schichtung gewinnt; (Porphyrstock in Mohorn, zwischen Freiberg und Dresden).

Eine bei vielen Gängen gewisser eruptiver Gesteine, zümal der Laven, Basalte und Trappe vorkommende Erscheinung ist es, dass sie unmittelbar an ihren Salbändern auf einen oder einige Zoll weit eine obsidianähnliche, überhaupt eine glasartige oder hyaline Gesteinsbeschaffenheit zeigen, aus welcher gewöhnlich ein ziemlich rascher Uebergang in den steinartigen Zustand Statt findet, weshalb solche Gänge an beiden Seiten gleichsam mit einem Saume von hyaliner Gesteinsmasse eingefasst sind. Diese Erscheinung ist jedenfalls in der raschen Erkaltung und Erstarrung der unmittelbar an die Spaltenwände angränzenden Theile des ursprünglich feurigflüssigen Materials begründet.

Ein ähnlicher Einfluss des Nebengesteins giebt sich bei vielen Gängen und Gangstöcken eruptiver Gesteine dadurch zu erkennen, dass solche gegen ihre Salbänder hin eine mehr oder weniger auffallende Veränderung ihrer Structur zeigen, indem das Gestein dort immer feinkörniger und zuletzt ganz dicht wird, während es in der Mitte des Ganges grobkörniger und deutlich krystallinisch entwickelt ist. Doch sind auch Beispiele von dem entgegengesetzten Verhalten bekannt, wo das gangartige Gebirgsglied an seinen Grenzen grobkörniger ausgebildet ist, als weiter einwärts.

Sehr nahe verwandt mit dieser Verdichtung des Gesteins an seinen Gränzflächen ist die bereits oben gelegentlich erwähnte Erscheinung, dass

die gangartigen Apophysen der eruptiven Gebirgsglieder nicht selten eine, von der des herrschenden Gesteins sehr abweichende Gesteinsbeschaffenheit entwickeln, welche in den feineren Verzweigungen derselben immer auffallender hervorzutreten pflegt.

So werden z. B. die Granite in den Trümmern und Adern, welche sie in das Nebengestein hinaustreiben, oft so feinkörnig, dass ihr Gestein endlich als eine dichte Felsmasse erscheint; damit ist nicht selten ein entschiedenes Zurücktreten des Feldspathes verbunden, in Folge dessen die letzten Verzweigungen und Ausspitzungen solcher Granitramificationen fast nur aus Quarz zu bestehen scheinen. Eben so berichtet Blackwell, dass der Trapp der Rowley-Hills in Staffordshire, welcher eine Menge gangförmiger Ausläufer in die Schichten der dortigen Steinkohlenformation treibt, in den äussersten Verzweigungen dieser Apophysen fast weiss erscheint, während das Gestein ausserdem sehr dunkelfarbig ist. Ja, viele Ausläufer grösserer Granit-Ablagerungen verwandeln sich in einiger Entfernung von dem granitischen Hauptkörper geradezu in Porphyry oder porphyryähnliche Gesteine.

Anmerkung. Ueber die eigentliche Ursache, durch welche die Stellung der Säulen in denjenigen Gebirgsgliedern bestimmt wurde, wo solche überhaupt eine auffallende Regelmässigkeit zeigt, kann man nicht in Zweifel sein; auch ist solche von Hessel sehr gründlich nachgewiesen worden. Wenn wir nämlich sehen, dass die Säulen in den Gängen rechtwinkelig auf den Salbändern oder Spaltenwänden, in den Decken und Strömen rechtwinkelig auf den Auflagerungsflächen stehen, so ist es wohl sehr natürlich, zu schliessen, dass ihre Stellung hauptsächlich durch diejenigen Flächen bestimmt wurde, von welchen die Erkaltung des Gesteins zunächst ausging. Wir können es daher als ein allgemein gültiges Gesetz betrachten, dass die Natur bei der Ausbildung der säulenförmigen Absonderung danach strebte, die Axen der Säulen immer rechtwinkelig auf die zunächst angränzenden Abkühlungsflächen zu stellen, werden es aber begreiflich finden, dass dieses Gesetz nur bei einer vollkommen ruhigen und gleichmässigen Erkaltung verwirklicht werden konnte, während dasselbe bei lange fortdauernder Bewegung der Massen und durch andere Ursachen vielfache Störungen erleiden musste.

e) Durch Blasenräume und Höhlungen veranlasste Structuren.

Die mit Blasenräumen erfüllten Gesteine, also die vesiculösen Laven und die amygdaloidischen Varietäten der Melaphyre, Basalte, Grünsteine, Porphyre u. s. w. lassen noch eigenthümliche Structurverhältnisse erkennen, welche lediglich in der Form und Lage ihrer Blasenräume begründet sind. Dahin gehört zuvörderst die, durch die longitudinale Streckung und parallele Anordnung aller Blasenräume bedingte lineare Parallelstructur (S. 468), welche in den Lavaströmen sehr häufig zu beobach-

ten ist, und auch in den verschiedenen Mandelsteinen gar nicht selten vorkommt. Die Blasenräume sind zuweilen so ausserordentlich in die Länge gezogen, dass das Gestein gleichsam von parallelen Röhren durchzogen erscheint.

In den Lavaströmen zeigen die Längsaxen der gestreckten Blasenräume oft einen sehr entschiedenen Parallelismus mit der Richtung des Stromes, also mit der Richtung des ehemaligen Fortschreitens seiner Massen. Auch in den Mandelsteinen lässt sich zuweilen dieselbe Regelmässigkeit der Anordnung durch ganze Gesteinsablagerungen nachweisen; doch wird solche auch sehr häufig vermisst, indem die Axen der Blasenräume zwar an einzelnen Stellen einen gegenseitigen Parallelismus beobachten, von einer Stelle zur andern aber sehr rasche und ganz unregelmässige Wechsel ihrer Lage zeigen, so dass sie bald horizontal fortlaufen, bald unter kleineren oder grösseren Winkeln geneigt sind, bald vertical aufwärts steigen, wobei sie denn an den Uebergangsstellen aus einer Richtung in die andere den auffallendsten Biegungen unterworfen zu sein pflegen.

Nicht selten sind die Blasenräume zugleich gestreckt und stark abgeplattet, indem sie durch den Druck der aufliegenden Massen comprimirt wurden. Dann verleihen sie dem betreffenden Gesteine zugleich eine lineare und eine plane Parallelstructur; (S. 467). Diese Erscheinung kommt nicht nur in den Strömen und Decken, sondern auch bisweilen in den Gängen amygdaloidischer Gesteine vor, indem ihre Blasenräume eine den Salbändern des Ganges parallele Plattung und zugleich eine der Falllinie oder Aufsteigungslinie des Ganges parallele Streckung besitzen.

Interessant ist auch die nicht so gar selten zu beobachtende Thatsache, dass in den amygdaloidischen Gesteinen, wenn sie zugleich eine säulenförmige Absonderung besitzen, die Blasenräume genau in der Richtung der Axen der Säulen gestreckt sind. Doch scheint diess nur bei verticalen Säulen vorzukommen, und auch nur bei ihnen vorkommen zu können. Nach Schmidt zeigen die verticalen Basaltsäulen im Hückengrunde bei Ober-Dresselndorf unweit Siegen ihre 8 bis 10 Zoll langen Blasenräume auf diese Weise gestellt, und nach Hitchcock findet sich dieselbe Erscheinung an den Grünsteinsäulen von Deerfield im Connecticut-Thale, welche bisweilen wie wurmstichiges Holz aussehen, dessen Löcher insgesamt der Säulenaxe parallel laufen.

Uebrigens ist noch zu bemerken, dass in den massigen Gesteinen eine lineare und eine plane Parallelstructur, wie durch Blasenräume und Mandeln, so auch durch zahlreich ausgebildete Concretionen verursacht werden kann, wenn solche sehr lang gestreckt oder sehr platt gedrückt sind. Dergleichen Concretionen werden keinesweges immer von eigenthümlichen Mineralien gebildet, sondern stellen bald nur eine abweichend gefärbte, bald eine etwas

verschiedentlich zusammengesetzte, oder eine theils mehr, theils weniger porose Varietät desselben Gesteins dar, in welchem sie vorkommen.

Die Blasenräume sowohl der Laven als auch der Mandelsteine sind übrigen gewöhnlich nur in den oberen und äusseren Theilen der betreffenden Gesteinsablagerungen in bedeutender Anzahl und Grösse vorhanden, während solche in den tieferen und inneren Theilen seltner und kleiner werden, und endlich verschwinden, um erst wieder ganz in der Tiefe, unmittelbar über der Auflagerungsfläche zu erscheinen. Daher ist auch der schlackige Habitus, welcher die Lavaströme auf ihrer Oberfläche so ausserordentlich charakterisirt, in der Regel nur dort und an ihrer Unterfläche zu finden, und jeder nur einigermaassen mächtige Lavaström entwickelt in seinen inneren und tieferen Theilen ein compactes, krystallinisches Gestein.

Aehnliche Verhältnisse finden sich auch in manchen Ablagerungen solcher Gesteine, welche aufwärts eine amygdaloidische Structur entwickeln. Die Erscheinung wird besonders auffallend, wenn das Gestein zugleich in verticale Säulen abgesondert ist, weil dann eine und dieselbe Säule in verschiedenen Höhen eine verschiedene Structur erkennen lässt. So sind nach Hessel die Basaltsäulen des Stempel bei Marburg am unteren Ende ganz dicht und schwarz; höher aufwärts werden sie poros, noch weiter hinauf blasig und braun, und endlich erscheinen sie als ein Mandelstein mit Drusen von Chabasit, Harmotom und Aragonit.

Eine, besonders häufig in den Lavaströmen, zuweilen aber auch in den Ablagerungen anderer eruptiver Gesteine ausgebildete Erscheinung ist das Vorkommen von kleineren und grösseren Höhlenräumen. Diese Räume haben meist eine in der Richtung des Stromes langgestreckte Form, und rundliche, sehr unregelmässig gestaltete Begränzungsflächen, von welchen namentlich die obere Deckenfläche mit den manchfaltigsten Schlacken-Stalaktiten bekleidet ist.

Die Dimensionen dieser Höhlen sind sehr verschieden, können aber mitunter sehr bedeutend werden. So sind nach Mackenzie in den Isländischen Lavaströmen Höhlen von 40 bis 50 F. Durchmesser gar nicht selten. Krug v. Nidda und Eugène Robert berichten von der Surtshellir, einer Höhle im Lavastrome des Baldajökell auf Island, welche einen 5000 F. langen gewundenen Canal mit mehren Verzweigungen darstellt. Zuweilen liegen mehre solcher Höhlen in verschiedenen Höhen über oder hinter einander; ein bekanntes Beispiel liefert nach Ferrara die Fossa della Palomba bei Nicolosi am Aetna, aus welcher man in eine ganze Reihe von Höhlen gelangt, welche zuletzt in einem 90 F. langen Schlauche endigt, der noch in andere unerforschte Räume führt. Die berühmte Höhle von Ponta-del-Gada auf der Azorischen Insel St. Miguel besteht nach Webster aus zwei grossen Gewölben, welche durch eine, nur 1 bis 2 F. dicke Lavadecke von einander getrennt werden.

Die Entstehung solcher Höhlenräume wird auf verschiedene Weise erklärt. Die kleineren derselben sind nichts Anderes als sehr grosse Blasenräume, welche durch reichliche Gas- und Dampf-Entwickelungen in der noch flüssigen Lava aufgebläht wurden. Die grösseren und sehr langgestreckten Höhlen dagegen bedürfen einer anderen Erklärung, welche wir mit den Worten L. v. Buchs folgen lassen: sie entstanden durch „das allmähliche Stocken der Lava, und durch ihr nach und nach aufgehörendes Fliessen. Die Oberfläche des Stroms erkaltet schnell; unter der harten Decke fliesst aber die Lava noch fort. Vermindert sich nun der Druck und die Masse von oben, so sinkt auch die Lava; aber die erstarrte Rinde vermag ihr nicht zu folgen, sie erhält sich, und bildet eine Art von Gewölbe über den unteren Theilen des Stromes“^{*)}. Einige Höhlen wurden wohl auch durch die Mitwirkung des Wassers gebildet, indem sich der Lavaström in das Meer oder in einen Landsee ergoss, und dort mit dem Wasser in Conflict gerieth, wobei gewaltige Dampfmassen entwickelt werden mussten. Die Form der Schlacken-Stalaktiten, sagt Webster, erinnert oft an die Formen des im Wasser erstarrten geschmolzenen Bleies.

§. 245. *Beweise gewaltsamer mechanischer Einwirkung der eruptiven Gesteine auf ihr Nebengestein.*

Zum Schlusse dieses Capitels müssen wir noch gewisse Erscheinungen betrachten, welche sich im Conflict der massigen oder eruptiven Gesteine mit geschichteten Gesteinen oder mit anderen, präexistirenden massigen Gesteinen zu erkennen geben. Wir finden nämlich bei aufmerksamer Beobachtung, dass zumal die geschichteten Gesteine bei ihrem Zusammentreffen mit massigen Gesteinen, wo nicht immer, so doch sehr häufig ganz eigenthümlichen Veränderungen unterlagen; Veränderungen, welche uns nothwendig auf die Ansicht führen müssen, dass die massigen Gesteine bei ihrer Ablagerung nicht nur sehr gewaltige mechanische Kraftäusserungen, sondern auch sehr tief eingreifende chemische Einwirkungen auf die unmittelbar angränzenden Gesteine ausgeübt haben.

Diese Veränderungen lassen sich hauptsächlich auf zwei Arten zurückführen, je nachdem sie sich entweder als Umwandlungen der Gesteinsbeschaffenheit, als eigentlicher Metamorphismus, oder als Störungen und Zerstörungen des Zusammenhanges, der Structur und der Lagerung der angränzenden Gesteine zu erkennen geben. In den ersteren, welche mehr die Substanz des Nebengesteins betreffen, offenbaren sich uns die chemischen Einwirkungen; in den letzteren, welche mehr die Form und Structur des Nebengesteins betreffen, erkennen wir die

^{*)} Geognost. Beob. auf Reisen u. s. w. II, S. 264.

mechanischen Einwirkungen der eruptiven Gesteine. Da nun die hierher gehörigen Erscheinungen des Metamorphismus schon oben, in der Allöosologie der Gesteine (S. 773 ff.) ausführlich beschrieben worden sind, so haben wir es an gegenwärtigem Orte nur noch mit den mechanischen Störungen zu thun, welche von den eruptiven oder pyrogenen Gesteinen auf ihr Nebengestein ausgeübt worden sind. Es sind aber besonders folgende Erscheinungen, welche wir als Beweise solcher gewalt-samen mechanischen Einwirkungen zu betrachten haben:

- 1) die Zersprengung und Aufspaltung des Nebengesteins;
- 2) die Zerbrechung, Zerstückelung und Zermalmung desselben;
- 3) die Ausfüllung oder Injection der Spalten und Risse des Nebengesteins mit eruptiver Gesteinsmasse;
- 4) die Abschleifung und Glättung der Wände und Bruchstücke des Nebengesteins;
- 5) die localen Stauchungen und Windungen seiner Schichten, und
- 6) die allgemeineren Störungen seines Schichtenbaues und seiner Lagerung.

Die Wichtigkeit aller dieser Erscheinungen erfordert eine etwas genauere Betrachtung derselben.

1) Zersprengung und Aufspaltung des Nebengesteins.

Es ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden, dass die gangförmigen Gebirgslieder als eine nothwendige Lagerungsform, als eine *conditio sine qua non* für die Möglichkeit aller übrigen Gebirgslieder der eruptiven Gesteine zu betrachten sind. Nun haben wir aber die durchgreifende Lagerung als das charakteristische Merkmal aller gangartigen Gebirgslieder kennen gelernt (S. 916), und diese Lagerung setzt wiederum voraus, dass der ursprüngliche Zusammenhang derjenigen präexistirenden Gebirgslieder, durch welche ein gangartiges Gebirgsglied hindurchgreift, völlig aufgehoben wurde, weil nur dadurch der Ablagerungsraum für die Massen des letzteren geliefert werden konnte. Auch haben wir gesehen, dass dieser Ablagerungsraum im Allgemeinen den Charakter einer mehr oder weniger weit geöffneten Spalte an sich trägt. Da nun das Material der eruptiven Gesteine aus den unbekanntten Tiefen des Erdinnern an die Erdoberfläche gelangt ist, so setzt die Möglichkeit ihrer Eruption eine Aufsprengung und Zerspaltung der äusseren Erdkruste voraus, welche wiederum ganz undenkbar sein würde, ohne höchst gewaltsame Angriffe jener abyssodynamischen Potenzen vorauszusetzen, deren ungeheuere Wirkungen sich

uns in den Erdbeben und vulcanischen Eruptionen, in den Hebungen und Senkungen grosser Landstriche zu erkennen geben.

Die letzten und obersten Ramificationen der, bei solchen abyssodynamischen Erschütterungen und Bewegungen gebildeten Spalten und Spaltensysteme sind es, welche uns gegenwärtig, im ausgefüllten Zustande, als Gänge und Gangstücke eruptiver Gesteine erscheinen. Die blose Existenz solcher Gänge liefert uns aber den Beweis, dass ihre Ausbildung von tief heraufwirkenden Bewegungen und Erschütterungen, oder doch wenigstens von Spannungen und Ausdehnungen der Erdkruste eingeleitet und begleitet gewesen sein muss, welche eine förmliche Zerspaltung oder Zerreiessung derselben zur Folge hatten. Denn, dass es in der That oft nur eine Tension, eine horizontale Ausstreckung, und endlich eine in derselben Richtung eingetretene Zerreiessung der Erdkruste gewesen sei, dafür spricht insbesondere der Umstand, dass man zuweilen nahe bei einander sehr viele verticale Gänge in fast paralleler Richtung durch eine horizontale Decke von geschichteten Gesteinen hindurchsetzen sieht, ohne dass die Schichten derselben die geringsten Verrückungen erlitten haben *).

2) Zerbrechung und Zermalmung des Nebengesteins.

Es bedarf kaum einer Hinweisung darauf, dass die Bewegungen der Erdkruste, durch welche die Spalten gebildet wurden, und dass die gewaltsame Hindurchpressung des eruptiven Gesteinsmaterials vielfache Zertrümmerungen, Zerbrechungen und Zermalmungen der Gesteine aller derjenigen Gebirgsglieder verursachen mussten, welche durch jene Bewegungen gesprengt worden waren, und in ihren Spalten die Bahnen lieferten, auf denen die eruptiven Massen hervorgewälzt wurden. Daher sind denn auch die Fragmente des Nebengesteins eine in den eruptiven Gesteinen so häufig vorkommende Erscheinung.

Sie finden sich bald klein bald gross, bald einzeln bald zahlreich beisammen; ja zuweilen sind sie dermaassen angehäuft, dass sie förmliche Breccien und Conglomerate darstellen. Auch lassen sich die, von dem eruptiven Gesteine selbst abstammenden Fragmente und Geschiebe mit

*) Wie z. B. am Cap Strathaird auf der Insel Sky, wo über hundert senkrechte Trappgänge ein Sandsteinplateau durchschneiden, ohne irgend eine andere Störung des Schichtenbaues hervorzubringen, als die hundertfache Unterbrechung seines Zusammenhanges. Es ist klar, sagt Macculloch, dass das ganze Sandsteinplateau eine laterale Ausdehnung erlitten haben muss, welche endlich die vielen Rupturen zur Folge hatte. *Descr. of the Western Islands, 1, p. 398.* Auch Krug v. Nidda deutet darauf hin, dass es eine horizontale Zerreiessung gewesen sei, durch welche die zahllosen Gangspalten der Isländischen Trappgänge zur Ausbildung gelangten, weil die Schichtung der Trappformation durch sie in keiner Weise gestört worden ist. *Rarsten's Archiv, Bd. VII, S. 515.*

hierher rechnen, weil ihre Form den Beweis liefert, dass sie durch die Zertrümmerung bereits erstarrter Massen gebildet wurden, welche mit noch flüssigen Massen in Conflict geriethen. Alle die so entstandenen Bruchstücke wurden nun gewöhnlich von dem eruptiven Gesteinsmateriale eingewickelt, und bilden daher, wenn sie sehr angehäuft sind, eruptive Reibungsbreccien oder sogenannte Brockengesteine (S. 485 und 690); bisweilen fand wohl auch eine sehr weit ausgreifende Zerbrechung und Zerwürgung des Nebengesteins Statt, bei welcher nur ein Theil der Fragmente in die Masse des eruptiven Gesteins hineingerissen wurde, während die übrigen eine contusive Reibungsbreccie darstellen.

Uebrigens ist diese Bildung von Fragmenten, von Brockengesteinen und Breccien eine Erscheinung, welche besonders durch gangartige Gebirgsglieder, also durch Gänge, Gangstöcke und typhonische Stöcke, zumal auch durch die Stöcke von untergreifender Lagerung (S. 913) hervorgebracht worden ist, während sie bei den deckenartigen, lagerartigen und stromartigen Gebirgsgliedern minder häufig angetroffen wird; doch ist sie auch bei ihnen, namentlich in der Nähe ihrer Eruptionslinien oder Eruptionspunkte zuweilen sehr ausgezeichnet zu beobachten.

Die Freiburger und Frauensteiner Porphyrgänge zeigen an ihren Gränzen nicht selten dergleichen Breccien und Brockengesteine*), wobei man zuweilen beobachtet, wie das Brockengestein allmählig in eine bloße Breccie des Nebengesteins verläuft, indem die Porphyrmasse nur bis auf eine gewisse Tiefe zwischen den Fragmenten eingedrungen ist, und diese dann unmittelbar an einander stossen. Eines der grossartigsten Beispiele von Breccienbildung findet sich in Sachsen am Südrande des Tharander Waldes bei Dorfham, wo der, zwischen der grossen Porphyr-Ablagerung und dem S. 944 erwähnten Porphyrgänge eingeschlossene Gneiss, eine Masse von ungefähr 8 Millionen Quadratfuss Oberfläche, durchaus zertrümmert, zermalmt und in den Zustand einer Breccie versetzt worden ist. Sehr auffallende Brockengesteine kommen in Sachsen an der Gränze des grossen Porphyrgebietes gegen den Thonschiefer vor, zumal in den Thälern von Nauenhain und Westewitz, wo ganze Felsen eines Brockengesteines aufragen, in welchem die Menge der Thonschieferfragmente nicht selten die Masse des Porphyrs überwiegt.

Dass auch der Granit gewaltsame Zerbrechungen des Nebengesteins so wie Breccien- und Brockenfelsbildungen veranlasst hat, ist eine vielfach bestätigte Thatsache; die Granitgänge der Gegend von Johannegeorgenstadt, welche im Glimmerschiefer, und diejenigen der Gegend von Kriebstein, welche im Granulit aufsetzen, liefern interessante Beispiele. Bekannt sind auch die Greifensteine bei Geyer, deren Granit z. Th. lachtergrosse Blöcke von Glim-

*) Eine sehr genaue Schilderung derselben gab v. Beust in seiner vortrefflichen Schrift: Geognostische Skizze der wichtigsten Porphyrgebilde zwischen Freiberg, Frauenstein, Tharand und Nossen, 1835, S. 42 ff.

merschiefer umschliesst, und der sogenannte Stockscheider des Granitstockes von Geyer, eine feinkörnige weisse Granitmasse, welche den Stock umgiebt, und oft so viele Fragmente des Nebengesteins enthält, dass sie den Charakter einer Breccie gewinnt *).

Aehnliche Erscheinungen kommen bei den Grünsteinen, Melaphyren, Basalten und Trachyten vor, und es wird wenige Regionen geben, wo eines dieser Gesteine auftritt, ohne dass hier und da Reibungsbreccien oder doch wenigstens einzelne Fragmente des Nebengesteins zu beobachten wären. Es sind derartige Vorkommnisse so gewöhnlich, dass es gar nicht der Mühe werth ist, besondere Beispiele anzuführen. Dagegen müssen wir noch folgende zwei Erscheinungen hervorheben:

a) Das Vorkommen von Fragmenten, die aus grosser Tiefe stammen.

Man findet nämlich nicht so gar selten in einer eruptiven Gesteinsmasse, z. B. in einem Gange, Fragmente von solchen Gebirgsgliedern suspendirt, welche weit tiefer liegen, als dasjenige Gebirgsglied, innerhalb dessen der wirklich sichtbare Theil des Ganges ansteht. * Solche Vorkommnisse sind aber deshalb sehr interessant, weil sie den Beweis liefern, dass das eruptive Gestein wirklich aus der Tiefe heraufgedrungen ist. So wissen wir durch Cotta, dass der Basalt des Ascherbühels bei Spechtshausen unweit Tharand, welcher auf Quadersandstein liegt, nicht nur Fragmente dieses Sandsteins, sondern auch Fragmente des tiefer liegenden Porphyrs umschliesst; und Reuss berichtet, dass die Basalte des Elbthals, zwischen Aüssig und Lobositz, nicht selten Granitfragmente enthalten, während in dem ganzen Bereiche des Böhmisches Mittelgebirges der Granit nirgends zu Tage austritt. Eben so finden sich in dem schönen Porphyrgänge bei Prossitz, zwischen Meissen und Lommatzsch, welcher mitten in einer Granitregion aufsetzt, zuweilen Fragmente von Thonschiefer, welche nur aus dem unter dem Granite vorhandenen Schiefergebirge abstammen können.

b) Das Vorkommen von schichtenähnlichen Schollen des Nebengesteins in einer mit dessen Schichtung parallelen Lage.

Während nämlich die in den eruptiven Gesteinen eingeschlossenen Fragmente des Nebengesteins meist eckig und ungestaltet so wie ganz regellos gelagert sind, so erscheinen sie zuweilen als ziemlich dünne und ausgedehnte Gesteinsschollen, welche unter einander eine parallele Lage behaupten, die mit der Lage der benachbarten Schichten übereinstimmt. Auf diese Weise kommen z. B. bei Aubenas im Vivarais Kalksteinschollen im Ba-

*) Der Granit umschliesst auch bisweilen wirkliche Geschiebe, d. h. mehr oder weniger abgerundete Fragmente, welche diese Abrundung ihrer Ecke und Kanten höchst wahrscheinlich der Reibung des granitischen Materiales selbst zu verdanken haben. Ein äusserst interessantes Beispiel der Art beschreibt Charpentier von Lekburrin in den Pyrenäen; dort enthält der Granit Sphäroide von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ F. Durchmesser, welche aus einem schiefrigen, gneissartigen Gesteine bestehen; die Parallelstructur dieses Gesteins ist vollkommen eben, aber jedes Sphäroid zeigt sie nach einer besonderen Richtung. Es ist kaum anders denkbar, als dass man es hier mit Geschieben zu thun hat.

salte, bei Micklewood, zwischen Bristol und Gloucester, Sandsteinschollen im Melaphyr, bei Thannhof unweit Zwickau Grauwackenschieferschollen im Grünstein vor; besonders häufig ist aber die Erscheinung an den schiefrigen Gesteinen zu beobachten, welche von Granit durchbrochen worden sind. Hitchcock hat einige sehr auffallende Beispiele der Art aus der Gegend von Chesterfield und Williamsburgh in Massachusetts beschrieben, und Mohs gedenkt solcher Fälle zwischen Sandstein und Trapp aus Schottland um auf die Schwierigkeiten ihrer Erklärung aufmerksam zu machen*). Man hat nämlich auf diese Erscheinung ein grosses Gewicht gelegt, indem man in ihr einen Beweis gegen die fragmentare Natur solcher schichtenähnlichen Schollen zu finden glaubte und sich einbildete, mit ihnen zugleich alle übrigen Fragmente aus der Kategorie der eigentlichen Fragmente heraus und in die Kategorie der Concretionsbildungen verweisen zu können. Wenn wir jedoch sehen, in welcher völlig regellosen Lage sich die Fragmente schiefriger Gesteine gewöhnlich da befinden, wo sie in grösserer Anzahl von einem eruptiven Gesteine umschlossen werden, so werden wir uns durch das zuweilige Vorkommen parallel gelagerter Fragmente nicht irre machen lassen. Im Gegentheile werden wir in der Form solcher plattenähnlichen, von einem geschichteten Gesteine abgehobenen und losgesprengten Fragmente eine Bedingung finden, welche unter geeigneten Umständen eine parallele Ablagerung derselben innerhalb der eruptiven Gesteinsmasse eben so nothwendig erscheinen lässt, wie die parallele Ablagerung der Glimmerblätter, welche sich mit ihren breiten Seitenflächen rechtwinkelig auf die Richtung der Schwerkraft oder eines von aussen ausgeübten Druckes stellen.

Die Zertrümmerung des Nebengesteines zu Fragmenten hat übrigens zuweilen in einem ausserordentlich grossen Maassstabe Statt gefunden, und wir begegnen daher mitunter solchen Fragmenten in umschlossener Lagerung, deren Dimensionen so colossal sind, dass man sie für selbständige Gebirgsglieder halten möchte. — Auf der andern Seite ist aber auch oftmals die Zerstückelung und Zerreibung des Nebengesteins so weit fortgesetzt worden, dass statt der Breccien und Conglomerate andere Frictionsproducte von psammitischem und selbst pelitischem Habitus zum Vorschein kamen, deren Material theils von dem durchbrochenen, theils von dem durchbrechenden Gesteine abstammt.

So beschreiben Lyell und Murchison Trachytfelsen von Giou bei Aurillac, welche ganz colossale Schichtenfragmente des dortigen Süsswasserkalksteins umschliessen; die einzelnen Trümmer sind z. Th. 50 bis 60 Fuss lang, und zeigen mitunter eine eben so auffallende Form als Lage. Eben so berichtet Boué von dem Granite der Pyrenäen, zumal der Gegend von Cierp und Pouzac, welcher hausgrosse Schiefer- und Kalksteinblöcke umschliesst; dasselbe ist in Sachsen der Fall mit dem Granite und Granulite der Gegend zwischen Rochlitz, Luntzenau und Burgstädt, wo diesen eruptiven Gesteinen

*) Hitchcock Report on the Geol. of Massachusetts, 1833, p. 482 ff. Mohs, Die ersten Begriffe der Min. u. Geogn. II, S. 174.

Fragmente des Glimmerschiefers von mehren tausend Fuss Länge eingesenkt sind; ja, der Granit von Eibenstock enthält Schieferinseln von stundenlanger Ausdehnung, welche nach allen ihren Verhältnissen gar keine andere Erklärung gestatten, als dass sie wirklich colossale Fragmente oder rückständige Fetzen des von dem Granite durchbrochenen Schiefergebirges sind.

Besonders auffallend erscheinen solche colossale Schollen und Partien der durchbrochenen Gesteine, wenn sie in fast horizontaler Lage auf der Oberfläche der eruptiven Gesteinsablagerungen eingesenkt oder aufgesetzt liegen, welche letztere unter ihnen mit untergreifender Lagerung auftreten. So sahen v. Oeynhausen und v. Dechen auf der Insel Sky grosse Partien des Liaskalksteins, welche wie fast horizontale Schalen auf der Oberfläche des dortigen Syenites ausgebreitet sind; und Hoffmann berichtet Aehnliches von einem tertiären Mergel, welcher auf einer der Cyclopininseln dem Basalte aufliegt.

3) Gewaltsame Einpressung oder Injection des eruptiven Gesteins.

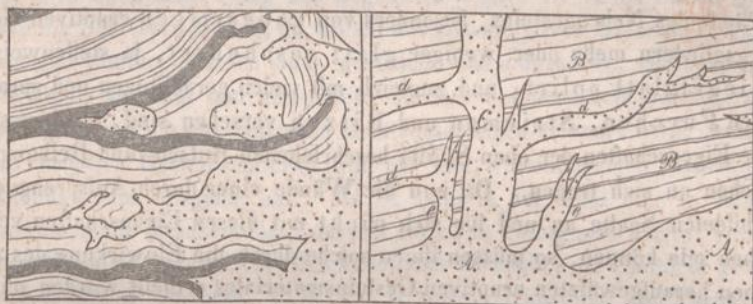
Zwar liefert uns schon die von unten nach oben erfolgte Ausfüllung der Gangspalten einen Beweis dafür, dass das Material der eruptiven Gesteine mit unwiderstehlicher Kraft in seine gegenwärtigen Ablagerungsräume hineingetrieben worden sein muss. Doch wird solches auf eine für die unmittelbare Wahrnehmung weit überzeugendere Weise durch diejenigen Erscheinungen dargethan, welche die von den gangartigen und stockförmigen Gebirggliedern auslaufenden Apophysen zeigen. Es ist oft wirklich erstaunenswerth, wie weit dergleichen Ausläufer von der Hauptmasse aus seitwärts abgehen, und in welchem feinen Maassstabe die äussersten Verzweigungen derselben ausgebildet sind. Besonders Granit und Basalt lassen in dieser letzteren Hinsicht sehr auffallende Erscheinungen wahrnehmen, indem sich die Adern dieser Gesteine oft so fein verästeln, dass deren äusserste Enden kaum liniendick sind, und endlich in papierdünne Lamellen auslaufen. Solche Erscheinungen beweisen nicht nur, mit welcher ungeheuren Kraft die eruptiven Massen in ihren gegenwärtigen Ablagerungsraum eindringen, und wie sie sich nach allen Richtungen bis in die feinsten Verzweigungen der gebildeten Spalten Bahn zu brechen suchten; sondern sie beweisen zugleich, welchen hohen Grad der Flüssigkeit diese Massen besitzen mussten, um bis in die äussersten Enden so feiner Klüfte vordringen zu können.

Schon Faujas-de-Saint-Fond bemerkte, dass sich die letzten Verzweigungen der Basaltadern im Kalkstein zuweilen als haarfeine Lamellen darstellen, und Macculloch beobachtete dasselbe an den Granitadern im Glentilt in Schottland*),

*) *Recherches sur les volcans eteints du Vivarais et du Velay*, 1778, p. 332, und *Macculloch* in *Trans. of the Geol. Soc.* III, p. 265.

wie Hutton schon früher die nur linienstarken Verzweigungen des Granites an anderen Puncten Schottlands erkannt hatte.

In welchen höchst bizarren Formen aber die durch Injection gebildeten Apophysen des Granites zuweilen ausgebildet sind, dafür liefert der folgende Holzschnitt ein paar ausgezeichnete Beispiele, welche beide von Macculloch



Granit-Ramificationen
in Glentilt am Cape Wrath

entlehnt sind. Das erste Bild zeigt eine Stelle aus dem Glentilt in Schottland, wo der Granit mit Kalkstein und Schiefer in Conflict getreten ist; das zweite Bild stellt eine Granitverzweigung im Schiefer am Cape Wrath dar.

In beiden Figuren sind die granitischen Massen durch punktirte Zeichnung ausgedrückt; in der ersten Figur bedeuten die dicht gestreiften und daher dunkel erscheinenden Lagen blauen Thonschiefer, das Uebrige ist Kalkstein; zwischen den beiden oberen Thonschieferlagen sieht man den rundlichen Querschnitt einer, von dem übrigen Granite scheinbar völlig getrennten Apophyse dieses Gesteins. In der zweiten Figur streckt die grosse Granitmasse *A* in den Thonschiefer *B* eine mächtige gangartige Apophyse *C* hinaus, welche sich seitwärts ramificirt, während sie beiderseits von zwei kleineren Apophysen *e* begleitet wird; die mit *d* bezeichneten Theile aller dieser Ramificationen liegen den Thonschieferschichten fast parallel.

Von ganz besonderem Interesse sind die aufwärts steigenden und nach oben sich auskeilenden Trümer und Adern, welche man gar nicht selten von der Oberfläche solcher eruptiver Gesteinsmassen auslaufen sieht, die eine entschiedene untergreifende Lagerung besitzen. Indem sich diese Massen ihren Ablagerungsraum unter einem bereits vorhandenen Gebirgsgliede verschafften, wurde dieses letztere aufwärts gedrängt und in seinem Zusammenhange vielfältig unterbrochen; dadurch entstanden Klüfte und Spalten, in welche ein Theil des eruptiven Gesteinsmaterials hineingepresst wurde. Dergleichen aufsteigende Ramificationen sind nicht selten an Granitmassen zu beobachten; v. Oeynhaus und v. Dechen haben ein ausgezeichnetes Beispiel von Carnsilver-Cove in Cornwall beschrieben und abgebildet, zu welchem die an den sogenannten Seilthüren, bei Auerhammer in Sachsen, vorkommenden kleinen Gänge ein Seitenstück liefern, welches sich nur dadurch unterscheidet, dass die aufwärts steigenden Gänge alle vertical und fast parallel sind, während sie bei Carnsilver auffallend divergiren. Friedrich Hoffmann sah ganz ähnliche, vertical aufsteigende und sich nach oben auskeilende Basaltgänge in den

fast horizontalen Mergelschichten einer der Cyclopheninseln, welche dort auf einer untergreifenden Basaltmasse liegen.

4) Friction der Wände und Fragmente des Nebengesteins.

Es gehört zu einer der gewöhnlichsten Erscheinungen, dass die Wände des Nebengesteins, besonders von gangartigen eruptiven Gebirgsgliedern mehr oder weniger glatt gescheuert, ja stellenweise spiegelglatt polirt, und zugleich mit vielen geradlinigen und parallelen Furchen, Striemen und Ritzen versehen sind, so dass sie alle Eigenschaften der oben S. 494 beschriebenen Rutsch- und Reibungsflächen an sich tragen. Da nun die Wände einer durch Aufsprengung gebildeten Spalte an und für sich nicht mit diesen Eigenschaften versehen sein können, so müssen ihnen solche durch die Einwirkung des an ihnen heraufgewälzten eruptiven Gesteinsmaterials ertheilt worden sein. Auch ist es wohl sehr begreiflich, dass namentlich solche Gänge, deren Spalten vielleicht monatelang den Ausweg für eruptives Gesteinsmaterial bildeten, durch die so lange fortgesetzte Reibung dieser Massen eine mehr oder weniger auffällende Abglättung und Politur ihrer Gangulmen*) erleiden mussten.

Gerade so, wie die Wände der Canäle, in welchen die Lavaströme ausfließen, durch die mehrtägige Friction der Lavamasse abgeglättet und mit Furchen versehen werden. Die Richtung der Frictionsstreifen, welche die Gangulmen eruptiver Gänge zeigen, ist gewöhnlich mehr oder weniger parallel mit der Falllinie dieser Gänge. Doch kommen auch sehr merkwürdige Ausnahmen vor. So berichtet z. B. Krug v. Nidda, dass die höchst ausgezeichneten Frictionsstreifen und Furchen an den Ulmen der Isländischen Trappgänge immer eine vollkommen horizontale Richtung haben, was nur durch eine vorausgegangene horizontale Friction der getrennten Gebirgsthelle zu erklären sei.

Aber nicht nur die Gangulmen eruptiver Gesteinsgänge, sondern auch die Oberfläche der von ihnen fortgeschleppten Fragmente und die Oberflächen der, oft sehr gewaltsam in einander gewürgten Fragmente des zertrümmerten und in den Zustand einer Breccie versetzten Nebengesteins haben häufig eine starke und langwierige Friction erlitten, in Folge welcher sie als Rutsch- und Reibungsflächen erscheinen.

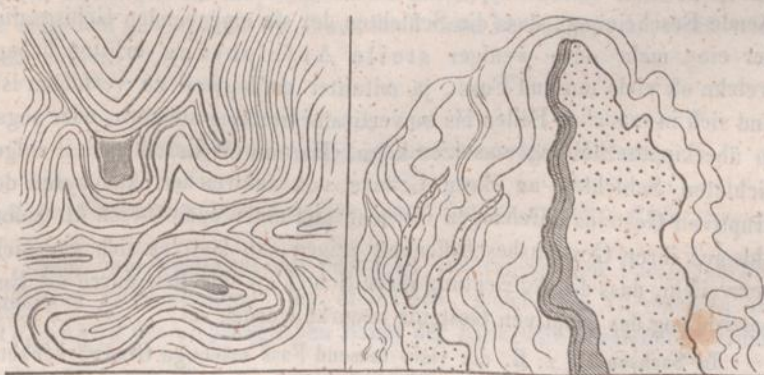
Diess ist z. B. der Fall mit den Fragmenten der Granitbreccien, welche die im Granite aufsetzenden Porphyrgänge unterhalb Meissen am Rabensteine und am Görisch einfasst, auch mit den Fragmenten des zertrümmerten Gneisses welcher stellenweise die Porphyrgänge der Gegend von Freiberg begleitet.

*) So nennt man nämlich die Wände des Nebengesteins eines Ganges.

5) Stauchungen und Windungen der Schichten.

Obgleich die eruptiven Gesteinsmassen die Parallelstructur und die Schichtung des Nebengesteins oft ganz ungestört gelassen haben, so findet doch auch sehr häufig das Gegentheil Statt. In vielen Fällen sieht man die Schichten-Enden, da wo sie mit dem eruptiven Gesteine in Contact und Conflict getreten sind, gestaucht und aufgeklafft, verbogen und geknickt, verdreht und gewunden, so dass man bei ihrem Anblicke unwillkürlich an die mechanischen Kraftäusserungen erinnert wird, welche das eruptive Gesteinsmaterial auf die ihm widerstehenden Massen des Nebengesteins ausgeübt hat. Es ist diess in der That eine so häufig vorkommende Erscheinung, dass es gar nicht nöthig sein dürfte, besondere Beispiele anzuführen. Sie findet sich vorzüglich im Contacte älterer eruptiver Gesteine, z. B. der Granite, Grünsteine und Porphyre, mit älteren Sedimentgesteinen, und sie lässt sich gewissermaassen als das erste Stadium derjenigen Störungen betrachten, welche, wenn sie im gesteigerten Maasse eingetreten sind, eine Zerbrechung und Zermalmung des Nebengesteins verursacht haben.

Obgleich die Erscheinung bei den Laven, als den neuesten eruptiven Gesteinen, nicht so gar häufig beobachtet worden ist, weil wir diese Gesteine, selbst da, wo sie gangartig auftreten, gewöhnlich unter Verhältnissen beobachten, bei welchen sie nicht mehr einen bedeutenden Widerstand des Nebengesteins zu überwinden hatten, so führt uns doch Lyell ein paar sehr ausgezeichnete Beispiele einer solchen von Lava ausgeübten Einwirkung vor, welche so vollkommen an die ähnlichen Erscheinungen erinnern, die man hundertfältig im Contacte von Granit und Schiefer beobachtet hat, dass wir es uns nicht versagen können, sie in beistehendem Holzschnitte unsern Lesern zu veranschaulichen.



Schichtenwindungen und Apophysen von Lava auf den Cyclopaen-Inseln.

Beide Figuren zeigen uns die höchst auffallenden Windungen, welche die tertiären Schieferthonschichten der Cyclopienseln durch die Einwirkung der Lava erlitten haben; die zweite Figur stellt aber auch Adern und Keile von Lava dar, welche in diese gewundenen Schichten eingedrungen sind, gerade so, wie es an vielen Punkten beobachtet wird, wo der Granit mit dem Thonschiefer oder Glimmerschiefer in Conflict getreten ist. Eine so völlige Uebereinstimmung der Wirkungen lässt wohl auch auf eine grosse Aehnlichkeit der Ursachen und ihrer Wirkungsart schliessen.

An den Gränzen der Gänge und der gangartigen Apophysen eruptiver Gesteine ist die Biegung der Schichten nicht selten in der Weise ausgebildet, dass die Enden derselben alle entweder aufwärts oder abwärts geschleift sind, was zum Theil mit gewissen Bewegungen der Gebirgtheile in Verbindung steht, von denen weiter unten die Rede sein wird. Als eine besondere Merkwürdigkeit, welche z. B. die Trümer und Adern des Granites im Granulite der Gegend von Mittweida in Sachsen gar nicht selten wahrnehmen lassen, ist noch der Umstand zu erwähnen, dass die Schieferung des Granulites zu beiden Seiten dieser Granitadern nach entgegengesetzten Richtungen umgebogen ist, indem die Biegung auf der einen Seite vorwärts, auf der andern Seite rückwärts Statt findet.

6) Störungen des allgemeinen Schichtenbaues und der Lagerung.

Wenn uns schon die plötzlichen Unterbrechungen der Stetigkeit eines Gebirgsgliedes, wie sie durch jeden Gang oder Stock hervorgebracht worden sind, als höchst evidente Beweise eines sehr gewaltsamen Eingreifens der eruptiven Gesteine gelten müssen, so wird uns doch der wahre Maassstab für die Grösse dieser mechanischen Gewalten erst durch diejenigen Störungen geboten, welche mächtige Schichtensysteme in ihrem Baue und in ihrer Lagerung da erkennen lassen, wo sie der Einwirkung grösserer eruptiven Gesteinsmassen ausgesetzt gewesen sind. So ist es eine bei den typhonischen Stöcken sehr gewöhnlich vorkommende Erscheinung, dass die Schichten der sie umgebenden Gebirgsglieder eine mehr oder weniger steile Aufrichtung erlitten haben, welche oft viele tausend Fuss, ja mitunter meilenweit zu verfolgen ist, und sich in manchen Fällen bis zu verticaler Stellung steigern, oder sogar in überkippte Stellung umsetzen kann. Da nun oft dieselben steil aufgerichteten Schichten an ihrer Gränze von zahlreichen Apophysen des eruptiven Gesteins durchzogen werden, und einen auffallenden Metamorphismus ihrer Gesteinsbeschaffenheit zeigen, so lässt es sich gar nicht bezweifeln, dass die Aufrichtung ihrer Schichten wirklich durch die Emportreibung des eruptiven Gesteins bewirkt worden sei.

In Sachsen ist z. B. die viele tausend Fuss mächtige Grauwackenkette zwischen Strehla und Oschatz, welche weiterhin im Collmberge aufragt, durch die Granitmassen des nördlich vorliegenden Dürrenberges so stark gehoben

worden, dass ihre Schichten meist 70 bis 90° in Süd einfallen; zugleich haben die, zunächst an den Granit angränzenden Thonschieferschichten sehr merkwürdige Umwandlungen erlitten. Der colossale typhonische Granulitstock zwischen Döbela und Hohenstein hat aber die Massen des Schiefergebirges fast ringsum nach allen Seiten aufwärts gedrängt, so dass er von demselben beinahe in mantelförmiger Umlagerung umgeben wird; dabei fanden die auffallendsten Zerreibungen des Schiefergebirges, Zerbrechungen desselben in grosse Schollen und Fetzen Statt, welche letztere, eben so wie die innersten Theile des Mantels, die verschiedenartigsten Metamorphosen ihres Gesteins erkennen lassen. Die Wirkungen dieser mächtigen und sehr alten Erhebung lassen sich aber nach gewissen Richtungen an 2 Meilen weit verfolgen. In England hat die Trappkette der Abberley-Hills, von Abberley-Lodge bis Hills-End, oder auf eine Länge von einer geographischen Meile, die Schichtensysteme der Silurischen und Devonischen Formation dermaassen aus ihrer Lage gebracht, dass sie völlig überkippt wurden, und eine anomale Umkehrung ihrer Lagerung eingetreten ist*). Und so liessen sich viele ähnliche Beispiele aus anderen Gegenden anführen.

Wenn wir bedenken, dass in solchen Fällen durch die eruptiven Gesteinsmassen Schichtensysteme von vielen tausend Fuss Mächtigkeit erhoben und aufwärts gebogen wurden, wie die Blätter eines Buches durch die Hand eines Kindes, so werden wir wohl auf die Anerkennung ganz ungeheurer mechanischer Kräfte gedrängt, durch welche das Material jener Gesteine zu Tage gefördert worden sein muss. Diese Kräfte sind aber keine anderen, als diejenigen, welche noch jetzt halbe Welttheile erschüttern, ganze Inseln aus dem Meeresgrunde steigen lassen, und grosse Landstriche unter Lavadecken begraben. Es sind, mit einem Worte, die abyssodynamischen Kräfte, welche zu allen Zeiten in Wirksamkeit waren, ohne gerade immer von Eruptionen massiger Gesteine begleitet gewesen zu sein, deren mechanische Wirkungen sich aber in den Störungen des ursprünglichen Gebirgsbaues auf so vielfache Weise zu erkennen geben, dass wir ihnen noch einen besonderen Abschnitt widmen müssen.

D. Störungen des ursprünglichen Baues der Erdkruste.

§. 246. *Verwerfungen und andere durch Spalten geleitete Dislocationen.*

Sehr nahe verwandt mit denen im vorhergehenden Paragraph betrachteten Erscheinungen sind diejenigen, welche im Allgemeinen als Störungen des ursprünglichen Baues der Erdkruste bezeichnet werden

*) Murchison, *The Silurian System*, p. 420.

können, und sich von jenen theils durch die Grösse ihres Maassstabes, theils dadurch unterscheiden, dass sie sich nicht immer in einen bestimmten Causalzusammenhang mit gewissen Gesteins-Eruptionen bringen lassen, sondern meist nur als die Resultate ehemaliger Bewegungen grösserer oder kleinerer Theile der Erdkruste zu erkennen geben.

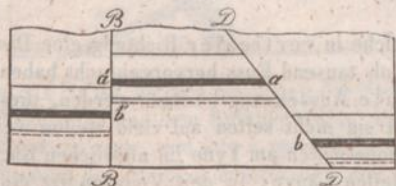
Dergleichen Bewegungen haben sich aber zu allen Zeiten und in allen Gegenden ereignet; denn, wenn sie auch in den älteren geologischen Perioden besonders häufig und grossartig vorgekommen sind, so begegnen wir ihren Wirkungen doch auch im Gebiete der neueren Formationen; und wenn auch grosse Landstriche während gewisser Perioden von ihnen verschont blieben, so sind sie doch entweder in früheren oder in späteren Perioden von ihnen ergriffen worden. Man kann daher behaupten, dass sich kein Theil der Erdkruste noch gegenwärtig in seiner ursprünglichen Lage befindet, und dass ein grosser Unterschied zwischen den ursprünglichen und den gegenwärtigen geotektonischen Verhältnissen obwaltet. Diess gilt sogar ganz abgesehen von denjenigen Bewegungen, welche eine allgemeine absolute Niveau-Aenderung herbeigeführt haben, wie sie z. B. durch die säcularen Hebungen der Continente verursacht werden musste.

Zu den häufigsten Wirkungen der mehr localen, auf einzelne Landstriche beschränkten Bewegungen gehören die *Dislocationen*, die *Verwerfungen* oder *Verschiebungen*, welche längs gewisser Spalten zwischen den beiden durch sie getrennten Stücken der Erdkruste eingetreten sind. Man hat sie auch *Sprünge* genannt, welche Benennung zugleich an die Spalte und an die mit ihr verbundene Dislocation erinnert. Es bestehen aber diese Verwerfungen wesentlich darin, dass die beiden Gebirgtheile, deren ursprünglicher Zusammenhang durch eine Spalte aufgehoben worden war, während oder nach der Spaltenbildung eine gegenseitige Verrückung ihrer Lage erfahren haben, welche gewöhnlich nur in einer Bewegung des einen Theils, bisweilen aber auch in einer Bewegung beider Theile begründet gewesen ist.

Man beobachtet dergleichen Verwerfungen sowohl bei solchen Spalten, welche durch eruptive Gesteinsmassen oder durch andere Mineral-Aggregate ausgefüllt und zu Gängen umgebildet worden sind, als auch bei solchen Spalten, welche keinen Raum für Gangbildungen geliefert haben, und daher als mehr oder weniger geschlossene, jedoch weit fortsetzende Klüfte erscheinen. In allen Fällen aber nennt man die Spalte, welche gewissermassen die Bahn für die Statt gefundene Bewegung geliefert und solche geleitet hat, die *Dislocationsspalte*, *Verwerfungsspalte* oder *Sprungklüft*.

Sehr häufig ist nun die Verwerfung darin begründet, dass der eine, im Hangenden der Verwerfungsspalte befindliche Gebirgstheil abwärts bewegt worden ist; was meist genau, oder doch sehr nahe in der Richtung der Falllinie der Spalte Statt gefunden hat.

Solche, durch eine Niederziehung oder Senkung des hangenden Gebirgstheils bewirkte Dislocationen gehören zu den ganz gewöhnlichen Erscheinungen. Der beistehende Holzschnitt mag zur Erläuterung derselben dienen.



Er stellt ein horizontales Schichtensystem dar, in welchem eine durch ihr Material ausgezeichnete Schicht aa' , z. B. ein Steinkohlenflöz, enthalten ist. Der ursprüngliche Zusammenhang dieses Schichtensystems ist durch eine verticale Spalte BB , und durch eine geneigte Spalte DD aufgehoben worden, und der links von der ersten Spalte liegende Theil ist um die Höhe $a'b'$, der rechts von der zweiten Spalte liegende Theil um die Höhe ab herabgerutscht. Dadurch sind die einzelnen Theile des Kohlenflöztes und aller übrigen Schichten von einander gezogen oder verworfen worden. — Bei Sprungklüften, welche nicht vertical, sondern gegen den Horizont geneigt sind, wie bei DD , nennt man die Länge ab die flache Sprunghöhe, und den verticalen Abstand des Punktes b unter dem Punkte a die seigere Sprunghöhe; bei verticalen Sprungklüften wie BB giebt es natürlich gar keine flache Sprunghöhe.

Bei allen Verwerfungen, welche längs flach fallender oder geneigter Sprungklüfte Statt fanden, lässt sich aber eigentlich die Erscheinung nach zwei, oder selbst nach drei Richtungen zerlegen, indem die Verwerfung sowohl eine verticale, als auch eine horizontale Entfernung der getrennten Schichtentheile verursacht hat, welche letztere wiederum entweder in der Vertical-Ebene des Fallens, oder in der Vertical-Ebene des Streichens der Verwerfungsspalte aufgesucht und verfolgt werden kann. Daher sind in solchen Fällen die verticale Grösse der Verschiebung, oder die seigere Sprunghöhe, und die horizontale Grösse der Verschiebung, oder die söhlige Sprungweite, die letztere aber wiederum in der Richtung des Fallens und des Streichens der Sprungkluft zu unterscheiden.

Die Grösse der Sprunghöhe, welche den absoluten Maassstab für die Grösse der ganzen Verwerfung abgiebt, ist nun äusserst verschieden; bald beträgt sie nur einige Zoll, bald mehre Fuss; nicht selten erreicht sie aber auch mehre hundert, ja zuweilen tausend Fuss und darüber. Daraus ergiebt sich, dass wir es bei diesen Dislocationen zum Theil mit sehr grossartigen Erscheinungen zu thun haben.

So hat z. B. der sogenannte *ninety-fathom-dike*, im Steinkohlenreviere von Newcastle, die zu beiden Seiten liegenden Theile der Steinkohlenformation um 90 Faden oder 540 F. verworfen. Eben so kennt man nach Mammat

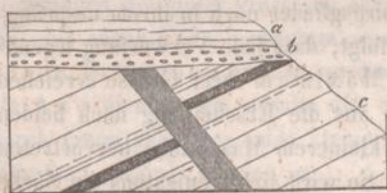
in dem Kohlenfelde von Ashby-de-la-Zouch in Leicestershire eine Verwerfung von 500 Fuss. Andere Verwerfungen in der Gegend von Newcastle erreichen eine Sprunghöhe von 140 Faden, oder 840 Fuss. Die grosse Verwerfung im Döhlener Steinkohlenbassin bei Dresden erreicht in der Gegend des Gustavschachtes an 700 Fuss flache, oder 560 Fuss seigere Sprunghöhe. Der sogenannte Feldbiss, bei Bardenberg unweit Eschweiler in Rheinpreussen, hat eine so enorme Verwerfung hervorgebracht, dass auf seiner nordöstlichen Seite die ganze Steinkohlenformation in unerreichbarer Tiefe zurückgeblieben ist. Dasselbe ist mit der sogenannten Münstergewand im Indethale, und mit der Sandgewand bei Eschweiler der Fall.

Dass nun Verwerfungsspalten, welche in verticaler Richtung eine Dislocation von vielen hundert oder mehr als tausend Fuss hervorgebracht haben, auch eine sehr bedeutende horizontale Ausdehnung besitzen werden, diess ist zu erwarten; und in der That sind sie nicht selten auf viele Meilen weit nachgewiesen worden. Einige Dislocationsspalten am Tyne im nördlichen England kennt man auf 6 bis 7 geogr. Meilen Länge; in den Vogesen ist eine solche Spalte auf 15 Meilen Länge nachgewiesen worden, und die im Königreiche Sachsen bei Oberau beginnende und bis nach Liebenau in Böhmen fortlaufende Dislocationslinie hat eine Länge von 17 Meilen; ja, nach Virlet setzt bei Givry unweit Châlons (sur Saone) eine Verwerfung auf, welche sich aus der Gegend zwischen Cluny und Charolles, über Dijon bis nach Nancy, also 45 Meilen weit verfolgen lässt.

Ogleich aber die Verwerfungen in zahllosen Fällen durch eine Senkung des hangenden Gebirgstheils erfolgt sind, so kennt man doch viele Fälle, in welchen sie durch eine Emportreibung des liegenden Gebirgstheils bewirkt wurden. Es ist begreiflich, dass der formelle Bestand der Erscheinung allein kein bestimmtes Anhalten dafür gewähren kann, welcher Gebirgstheil eigentlich in Bewegung versetzt worden ist, und dass also noch andere Verhältnisse zu berücksichtigen sind, wenn es sich um die wahre Erklärung einer solchen Verwerfung handelt. In praktischer Hinsicht, z. B. für die Wiederauffindung eines durch eine Verwerfung verlorenen Steinkohlenflötzes, ist jedoch die Frage gleichgiltig, sobald nur der hangende Gebirgstheil das tiefere, und der liegende Gebirgstheil das höhere Niveau behauptet*). — Es giebt aber auch Fälle, in denen das Gegentheil Statt findet, indem der hangende Gebirgstheil in ein höheres Niveau gerückt ist, als der liegende Gebirgstheil. Man hat dergleichen Verwerfungen, sofern sie wirklich durch eine Aufwärtsbewegung des hangenden Gebirgstheils entstanden sind, Uebersprünge oder auch Ueberschiebungen genannt.

*) Im zweiten Theile, bei der speciellen Betrachtung der Lager und Gänge, werden die Regeln für die Wiederauffindung der durch Verwerfungen verlorenen Lager- und Gangtheile mitgetheilt werden.

Der beistehende Holzschnitt, welcher nach Sedgwick die durch einen Melaphyrgang oder Grünsteingang bewirkte Verwerfung der Schichten der Steinkohlenformation am Quarrington-Hill bei Durham darstellt, zeigt uns ein



Beispiel einer solchen Ueberschiebung. Die Sprunghöhe, um welche die beiden Theile des durchsetzten und verworfenen Steinkohlenflötzes, eben so wie die aller übrigen Schichten, von einander entfernt worden sind, beträgt 24 Fuss. Die in dem Bilde mit *a* und *b* bezeichneten Schichten, welche ab-

weichend auf den Schichten der Steinkohlenformation liegen, gehören dem Zechsteine und dem Rothliegenden, den beiden Hauptgliedern der Permischen Formation an, und ihre Lagerung beweist, dass sie sehr lange nach der Bildung der Steinkohlenformation und des Grünsteinganges abgesetzt worden sind.

Es lässt sich voraussetzen, dass diese rutschenden Bewegungen grosser Gebirgsteile, welche längs einer sie trennenden Spalte eingetreten sind, eine mehr oder weniger auffallende mechanische Einwirkung auf die Spaltenwände und die zunächst angränzenden Gesteinsmassen ausgeübt haben müssen; und die Erfahrung bestätigt diese Voraussetzung vollkommen. Die Wände der Dislocationsspalten wurden durch die gewaltsame und unter einem ungeheuren Drucke vollzogene Bewegung abgeglättet und polirt; ihre gegenseitig hervorragenden Theile wurden zerquetscht und zerrieben; die angränzenden Schichten-Enden wurden einerseits aufwärts, anderseits abwärts geschleift, geknickt und gestaucht, zerbrochen und zermalmt, und der durch alle diese Operationen gelieferte, theils gröbere, theils feinere, mit unwiderstehlicher Kraft in einander gewürgte, gepresste und gequetschte Gesteinsschutt stellt nun eigenthümliche, dem Laufe der Dislocationsspalte folgende gangartige Gebilde dar, welche meist nach allen Richtungen von Rutsch- und Quetschflächen durchzogen werden, deren Frictionsstreifen, eben so wie diejenigen der Spaltenwände selbst, in ihrer Richtung die Richtung der Statt gefundenen Bewegung erkennen lassen.

Daher finden wir denn z. B. in der Steinkohlenformation die sogenannten Rücken oder Kämme; gangähnliche Bildungen, welche die Verwerfungsspalten erfüllen, und hauptsächlich aus zerbrochenem und zerriebenem Sandstein, aus zermalmtem Schieferthon, auch wohl stellenweise aus zerquetschter Steinkohle bestehen. In manchen Fällen ist es nur eine schmale Lettenlage, welche als das Product des Zerreibungsprocesses erscheint, und zuweilen liegen die glatt geschleuerten und polirten Wände der Verwerfungsspalte unmittelbar an einander, ohne irgend ein Zerreibungsproduct erkennen zu lassen.

Eine jede Dislocationsspalte wird, wenn sie auch noch so weit fortsetzt, doch in ihrem Streichen nach beiden Seiten hin zu Ende gehen, was in der Regel durch eine Auskeilung geschieht. Da sich nun jenseits dieser Auskeilung die Gebirgsglieder noch in ihrem ursprünglichen Zusammenhange befinden, so folgt, dass jede Verwerfung irgendwo in der Mitte ihres Verlaufes das Maximum ihrer Grösse erreichen muss, und dass von dieser Region aus die Erscheinung nach beiden Seiten hin in immer kleinerem und kleinerem Maassstabe hervortreten wird, bis sie endlich verschwindet. So wird sich wenigstens die Sache dort herausstellen müssen, wo nur eine einzige Verwerfungsspalte durch das Land setzt; auch lässt sich dann erwarten, dass die Verwerfung selbst wesentlich nur in einer Hebung oder Senkung des einen Gebirgstheils bestanden hat, weshalb die Frictionsstreifen der Sprungluft hauptsächlich der Richtung der Fallinie derselben folgen werden.

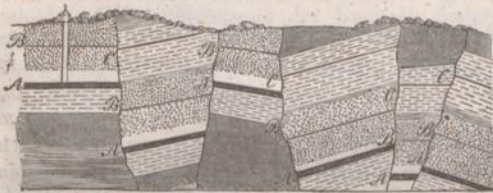
Bisweilen hat jedoch längs einer und derselben Dislocationsspalte eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne Statt gefunden, indem von irgend einem Punkte aus nach der einen Seite eine Senkung, nach der andern Seite eine Hebung des einen Gebirgstheils vollzogen worden ist, so dass die ganze Verwerfung gewissermassen in zwei Flügel zerfällt, innerhalb welcher die relativen Niveau-Verhältnisse beider Gebirgstheile geradezu die entgegengesetzten sind.

Gewöhnlich sind aber in einer und derselben Gegend viele Dislocationsspalten zugleich oder bald nach einander zur Ausbildung gelangt, welche einander theils parallel streichen, theils unter rechten oder schiefen Winkeln durchschneiden, und eine solche Zerstückelung des betreffenden Theiles der Erdkruste verursacht haben, dass sich die Erscheinung nur mit einer im colossalen Maassstabe ausgebildeten unregelmässig polyëdrischen Zerklüftung vergleichen lässt, welche zugleich mit einer gegenseitigen Verschiebung aller Zerklüftungsstücke verbunden ist. In einem solchen Falle können nun die Bewegungen der zwar dicht in einander gefügten, aber durch Spalten allseitig von einander getrennten Gesteinskörper nach mancherlei sehr verschiedenen Richtungen Statt gefunden haben; und denken wir uns z. B., dass ein solches zerstückeltes Gebirgsglied von den Undulationen wiederholter Erdbeben ergriffen worden ist, so begreifen wir, dass die verschiedenen Stücke, indem sich die abyssodynamischen Bewegungen mit den Wirkungen der Schwerkraft vereinigen, nach sehr verschiedenen Richtungen an einander verschoben werden mussten.

Daher finden wir denn auch nicht selten, dass die Frictionsstreifen, in welchen sich uns die Richtung der Bewegung offenbart, in schrägen,

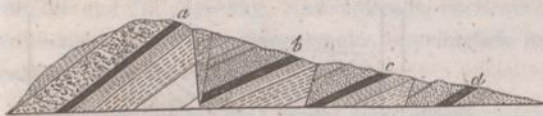
ja zuweilen sogar in horizontalen Richtungen auf den Wänden der Sprungklüfte hinlaufen; oder auch, dass sich auf einer und derselben Kluft mehre Systeme von Frictionsstreifen unterscheiden lassen, deren Richtungen sich unter grösseren oder kleineren Winkeln durchschneiden. Es sind sogar Fälle beobachtet worden, welche nur durch eine drehende Bewegung erklärt werden können, wobei irgend eine Linie als Axe diente, um welche der eine Gebirgsthail auf der Kluftfläche durch einen grösseren oder kleineren Winkel gegen den anderen Gebirgsthail verdreht worden ist.

Ein auf diese Weise zerstückelter und in seinen einzelnen Stücken durch einander gerüttelter Theil der Erdkruste gewährt das Bild der grossartigsten Zerstörung, wie sie wohl nur durch heftige Erdbeben hervorgebracht worden sein kann, und kaum durch blose Senkungen, in Folge der alleinigen Wirkung der Schwerkraft, zu erklären sein dürfte. Der heistehende Holzschnitt zeigt eine solchergestalt zerstückelte und durch einander geschüttelte Region



des Steinkohlenreviers von Auckland in Durham. Man sieht, wie die colossalen Fragmente des ganzen Schichtensystems nach verschiedenen Richtungen bewegt worden sind, wie dadurch Senkungen und Verstürzungen entstanden, so dass das Ganze eine Riesenbreccie von wild durch einander geworfenen Gebirgstrümmern darstellt. Besonders lässt das mächtigste Kohlenflötz *A* in der Lage seiner einzelnen Theile die Statt gefundenen Verschiebungen in einer sehr auffallenden Weise erkennen; aber auch in den minder mächtigen Flötzen *B* und *C*, so wie in allen übrigen Schichten, wiederholen sich genau dieselben Verhältnisse.

Wenn die Spalten, durch welche solche vielfache Verwerfungen verursacht wurden, einander ungefähr parallel sind, so können dadurch ganz eigenthümliche Verhältnisse hervorgebracht werden. Namentlich gehört hierher diejenige Erscheinung, bei welcher für ein und dasselbe Flötz, überhaupt für einen und denselben Schichtencomplex, viele hinter einander liegende Ausstriche zum Vorschein kommen. Denken wir uns z. B. ein Schichten-



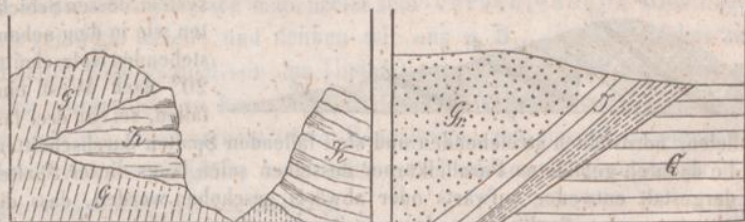
system, dessen Schichten wie in dem nebenstehenden Holzschnitte 20° nach West einfallen, sei von drei fast parallelen, nordsüdlich streichenden und steil fallenden Spalten durchschnitten, und die dadurch gebildeten Parallelkörper desselben seien längs dieser Spalten alle dergestalt entweder aufwärts oder abwärts geschoben worden, dass die Bewegung von einer Spalte zur anderen in immer grösserem Maasse Statt fand, so wird dadurch für jede Schicht eine Repetition ihrer Ausstriche her-

beigeführt werden, vor deren richtiger Erkenntnis man sich leicht der Illusion hingeben könnte, dass man z. B. in dem betreffenden Felde nicht ein Kohlenflötz *a*, sondern vier verschiedene Kohlenflöze *a*, *b*, *c* und *d* besitze. — Zugleich zeigt dieses Bild bei *a* den bisweilen vorkommenden Fall, dass sich eine Verwerfungsspalte durch das Auseinanderweichen der getrennten Gebirgsthelle zu einem mehr oder weniger weit klaffenden keilförmigen Schlunde erweitert hat, welcher gewöhnlich mit größerem Schutte der angränzenden Gesteinsschichten ausgefüllt worden ist.

Wenn die vorher erwähnten Ueberschiebungen auf flach fallenden Verwerfungsklüften in einem sehr grossen Maasstabe zur Ausbildung gelangt sind, so können sie gleichfalls zu merkwürdigen Erscheinungen Veranlassung geben, weil dann die verschobenen Massen auch in horizontaler Richtung eine bedeutende Dislocation erfahren haben, und folglich über andere Gebirgsglieder hingeschoben worden sein können, denen sie gegenwärtig aufgelagert erscheinen, obwohl solche vielleicht einer weit späteren Bildung angehören, als sie selbst.

Höchst ausgezeichnete Beispiele solcher weit ausgreifenden Ueberschiebungen liefert uns die oben erwähnte grosse Dislocation zwischen Oberau in Sachsen und Liebenau in Böhmen. Sie hat längs einer ziemlich gerade von WNW. nach OSO. laufenden Linie Statt gefunden, und ist offenbar mit einem Drängen des nördlich vorliegenden Theiles der Erdkruste gegen den südlich anliegenden Theil verbunden gewesen, daher auch die südlich angränzenden Schichten des Quadersandsteins und Pläners theils eine Aufrichtung, theils eine Bedeckung durch die, in ein höheres Niveau herauf und über sie weggeschobenen Massen des weit älteren Granites und Syenites erfahren haben.

Der folgende Holzschnitt zeigt in der zweiten Figur diese Ueberschiebung des Granites über den Quadersandstein, wie solche im Polenzthale bei Hohnstein vorliegt. Die Gränzfläche des Quadersandsteins hat ungefähr eine Neigung von 30° , und lieferte die schiefe Ebene für die Ueberschiebung des Granites, welche, so weit sie über Tage entblöst ist, mindestens auf eine Länge von 1000 Fuss Statt gefunden hat. Dazu gesellt sich jedoch noch die merkwürdige und in ihrer Art einzige Erscheinung, das zwischen dem Granit und dem Quadersandsteine ein System von Kalkstein- und Sandsteinschichten eingeklemmt ist, welches durch seine Petrefacten ganz entschieden als ein Glied der Juraformation charakterisirt wird; einer Formation, die gesetzmässig nur



Gneiss über Kalkstein am
Laubstocke.

Granit über Quadersandstein
bei Hohnstein.

unter dem Quadersandstein gelagert sein kann, von welcher man aber bis jetzt weder in Sachsen, noch in den angränzenden Theilen von Böhmen und Schlesien eine Spur entdeckt hat. Der Granit muss also bei seiner Ueberschiebung einen Theil der, unter dem Quadersandstein nothwendig vorauszusetzenden, aber völlig begrabenen Juraformation erfasst, fortgerafft und mit sich aufwärts geschleift haben.

Jedenfalls sind die wunderbaren Erscheinungen in den Alpen, welche zuerst von Hugi und dann genauer von Studer beschrieben wurden, gleichfalls in die Kategorie solcher Ueberschiebungen zu verweisen. Im Haslithale sieht man zu beiden Seiten, sowohl am Laubstocke als am Pfaffenkopfe, über den dem Gneisse aufgelagerten Kalkstein denselben Gneiss in ungeheuren Massen hinausgeschoben, so wie es das erste Bild in vorstehendem Holzschnitte darstellt. Die Erscheinung tritt uns hier in einem weit grossartigeren Maassstabe entgegen, als in dem vorher betrachteten Falle von Hohnstein, und sie wird noch dadurch besonders lehrreich, dass man unten den Kalkstein auf derselben Granitgneissbildung aufliegen sieht, welche oben über ihm aufragt, daher er wie ein colossaler, im Gneisse eingeklemmter Keil erscheint. Ganz ähnliche, aber zum Theil unter noch weit merkwürdigeren Verhältnissen ausgebildete Ueberschiebungen des Gneisses finden sich am Mettenberge, am Schreckhorn, an der Jungfrau, am Urbachsattel gegen Rosenlauri hin, und an vielen anderen Puncten, so dass diese Erscheinung eine in den Alpen ganz gewöhnliche Dislocationsform ist.

§. 247. *Aufrichtung mächtiger Schichtensysteme, und ursprünglich geneigte Schichten.*

Wir können es als einen völlig erwiesenen Satz hinstellen, dass die meisten sedimentären, d. h. auf dem Grunde eines grösseren oder kleineren Wasserbassins gebildeten Schichten in horizontaler oder doch nur sehr wenig geneigter Lage abgesetzt worden sind, und dass also eine vollkommene oder doch beinahe horizontale Lage als die gesetzmässige und ursprüngliche Lagerungsweise derselben zu betrachten ist. Es kommen zwar Ausnahmen von dieser Regel vor; allein diese Ausnahmen sind doch nur auf kleinere Räume beschränkt, und zeigen höchstens einen Fallwinkel bis zu 35° , während Schichten von 50° und 70° Neigung, und vollends verticale Schichten entschieden sedimentärer Gesteine nimmermehr ursprünglich in solcher Lage gebildet worden sein können.

Die Unebenheiten des Grundes eines jeden grösseren Bassins wurden nämlich durch die zuerst abgesetzten Sedimente sehr bald ausgeglichen, und die fernerweit zum Absatze gelangten Materialien fanden daher eine fast horizontale oder doch nur sehr sanft undulirte Fläche als Auflagerungsfläche vor, auf welcher sich ihre Schichten ausbreiteten. Nur gegen die Ränder des Bassins kann ein allmähiges Ansteigen der Schichten Statt finden.

Rozet hat besondere Versuche angestellt, um das Maximum der Neigung des Grundes zu bestimmen, auf welchem sich noch Niederschläge in einer ihm parallelen Lage absetzen können, und er schliesst aus diesen Versuchen, dass in der Regel mit 30° die Gränze erreicht wird, bei welcher diess noch möglich ist. Saussüre machte aufmerksam darauf, dass dergleichen in geneigter Lage abgesetzte Schichten nothwendig nach unten hin eine auffallende Zunahme ihrer Mächtigkeit zeigen müssen*), worauf auch die vorerwähnte Ausgleichung der vorhandenen Vertiefungen des Bassingrundes beruht, wie Lyell (*Elements of Geology*, 2. ed. I, p. 33) gezeigt hat. Unter gewissen Umständen dürfte eben so eine Vermächtigung nach oben anzunehmen sein, so dass dergleichen Schichten oft eine spitz keilförmige Gestalt zeigen werden. Daraus folgt aber, dass andere, eben so stark geneigte Schichten, welche in ihrer ganzen Ausdehnung vollkommene Parallelmassen von constanten Mächtigkeit darstellen, nicht füglich in solcher Lage gebildet worden sein können.

Man hat eingewendet, dass Schichten, deren Material als ein chemischer Niederschlag, oder durch unmittelbare Krystallisation zum Absatze gelangte, wohl eben so in steiler, verticaler und selbst überhängender Lage entstanden sein könnten, wie die Salzkrusten an den Wänden eines Gefässes, oder wie die Incrustationen an der Innenseite eines Dampfkessels. Wir möchten jedoch wissen, in welcher Weise diese, für die krystallinischen Ausfüllungen der Mineral- und Erzgänge, für den Kalksinter, und allenfalls noch für den Gyps und das Steinsalz zulässige Ansicht auch auf die Conglomerat- und Sandsteinschichten, auf die Mergel- und Schieferthonschichten anzuwenden ist, welche so häufig in den verwegenen Stellungen gen Himmel ragen.

Die Ausnahmen von der oben aufgestellten Regel kommen besonders an denjenigen Stellen der Bassinränder vor, wo die Einmündung der Flüsse über einen steil abfallenden Grund Statt findet; überhaupt da, wo sich in der Richtung irgend einer, mit Geröll, Sand und Schlamm beladenen Strömung quer vorliegende Abstürze oder Stufen des Bassingrundes einstellen, über welche diese Materialien fortgeführt werden. An solchen Stellen wird nämlich der hinausgeschwemmte Schutt nach den Gesetzen der Sturzkegel und Schwemmkegel (S. 363) abgesetzt werden müssen; es bildet sich hinter der Terrainstufe ein förmlicher Haldensturz aus, in welchem allerdings die einzelnen Schichten Neigungen bis zu 35° erhalten können. Aber, je weiter man von solchen Stellen hinausgeht, um so mehr verflachen sich die Schichten, um endlich mit immer abnehmender Neigung in horizontale Lage überzugehen.

*) *Voyages dans les Alpes*, §. 1211; derselbe Umstand ist schon von Fichtel, in seinen Mineralogischen Bemerkungen von den Karpathen, 1791, S. 421 als Beweis für die Aufrichtung der Schichten geltend gemacht worden.

Die Bildung solcher ursprünglich geneigten Schichtensysteme ist daher immer eine mehr oder weniger locale Erscheinung, welche in der Form von Deltas, von Schwemmkegeln oder Schwemmterrassen auftritt. Eben so sind die kegelförmigen Schichtensysteme der vulcanischen Eruptionskratere durch successive Aufschüttung der Schlacken und Lapilli, der Sand- und Aschenmassen unmittelbar in ihrer steilen Lage gebildet worden. Dasselbe gilt von den Dünen, jenen durch den Wind zusammengewehten Sandanhäufungen, welche auf ihrer Leeseite den Sand in Schichten von 30 bis 35° Neigung abgesetzt zeigen, und zuweilen in fortlaufende Sandterrassen übergehen *).

Endlich kommt es wohl auch zuweilen (jedoch nur in kleinerem Maassstabe) vor, dass da, wo Gesteinsschutt durch eine sehr heftige, in enge Räume eingepresste Fluth, in tumultuarischer Bewegung und mit grosser Schnelligkeit zusammengeschwemmt wurde, steil aufgerichtete Schichten entstanden, welche jedoch keilförmige oder andere sehr unregelmässige Formen, und eine sehr geringe Ausdehnung besitzen.

Zur Erläuterung des Vorkommens von geneigten Geröll- und Sandschichten hat De-la-Beche ein Experiment angestellt, indem er einen Bach in ein tiefer liegendes Bassin leitete, an dessen Rande sich die von dem Bache fortgeschwemmten Steine in geneigten Schichten absetzten. Egerton hat das, an der Ausmündung der Kander in den Thuner See gebildete und aus grobem Gesteinsschutt bestehende Delta gemessen, und gefunden, dass die Neigung desselben allmählig von 43° bis zu 28° abnimmt. Studer untersuchte sehr genau die, am westlichen Ende des Lungernsees durch einströmende Gebirgsbäche abgesetzten Schichten, und fand, dass die Geröll- und Grussschichten unter 35° geneigt waren, sich meist nach unten auskeilten, und dort an sehr wenig geneigte Schlammsschichten anschlossen, deren Enden jedoch zwischen den Geröllschichten z. Th. unter 25° Neigung aufstiegen. Martins stellte am Aardelta bei Brienz, welches aus sehr feinen Sand- und Schlammsschichten besteht, Messungen an, welche das Resultat lieferten, dass dasselbe am Rande des Sees 30°, in 300 Meter Entfernung nur noch 20° abfällt, und in 1200 Meter Abstand mit dem Grunde des Sees zusammenfällt.

Dass während langer Zeiträume unter ähnlichen Umständen, wie z. B. da, wo sich mehre Flüsse neben einander an steil abfallender Küste in tiefes Meer ergiessen, auch recht mächtige Schichtensysteme ausgebildet werden konnten, deren Schichten Neigungen von 20 bis 30° besitzen, diess ist gar nicht in Abrede zu stellen. So führt Lyell (a. a. O. p. 38) ein sehr interessantes Beispiel aus der Gegend von Nizza an, wo sich vom Fusse des Monte Calvo bis an die Seeküste eine fast zwei Meilen breite hügelige Terrasse ausdehnt, in welcher das Thal des Magnan eingeschnitten ist, und deren aus

*) Nach Elie-de-Beaumont und Le-Blanc giebt trockner Sand in der Luft aufgeschüttet eine Böschung von 35°; unter Wasser beträgt nach Martins diese Neigung nur 30°, weil die Sandkörner im Wasser schlüpfrig sind.

Sand, Mergel und Geröll bestehende, meist keilförmige Schichten alle unter 25° dem Meere zufallen. Es ist diess der innere, zur Emersion gelangte Theil eines grossen Deltas, welches ehemals von den Alpinischen Gewässern an der dortigen Steilküste gebildet wurde. — H. Rogers hält sogar die geneigte Schichtenlage des Sandsteins auf der südwestlichen Seite des Hudson für eine ursprüngliche. In dem ganzen Sandsteinbassin herrscht nämlich ein constantes nördliches Fallen von 15° , bis auf mehr als 4 Meilen Breite, während doch die ganze Bildung nicht in grosse Tiefe reicht, was besonders in Pennsylvanien sehr bestimmt zu erkennen ist, wo unter den Sandsteinschichten die älteren Gesteine hervortreten, welchen jene abweichend aufgesetzt sind. W. Rogers glaubt, dass dieselbe Sandsteinbildung in Virginien und Nordcarolina auf ähnliche Weise zu beurtheilen sei, da in dem ganzen Bassin durchaus nordnordwestliches Fallen herrscht, und die Schichten an solchen Stellen, wo das Untergebirge entblöst ist, mit unveränderter Neigung daran absetzen. Er meint daher, das Material dieser Sandsteinbildung sei durch eine von Südosten kommende Strömung zugeführt und fortwährend in nordwestlich geneigten Schichten abgesetzt worden. (*The Amer. Journ. of sc. vol. 43, p. 170.*) Eine ähnliche Ansicht äussert Darwin über den östlichen Rand der mächtigen Sandsteinformation des Plateaus der Blue Mountains in Neu-Südwestwales; dieses Plateau senkt sich nämlich von 4000 Fuss Höhe ganz sanft nach Osten ein, und endigt zuletzt mit einem 1000 F. hohen Absturze, in welchem die Schichten mit grosser Regelmässigkeit unter demselben Winkel abfallen, wie die Plateaustufe selbst. Darwin glaubt daher, dass diese Stufe die ursprüngliche Gränze der Sandsteinbildung sei, indem dort der Meeresgrund einen steilen Abfall in die Tiefe hatte, an welchem die geneigten Schichten abgelagert wurden. Noch bemerkt er, dass auch im Westindischen Archipelagus die grossen Sediment-Ablagerungen mit 30 bis 40° geneigten Schichten endigen. (*Geol. obs. on the volc. islands, p. 133.*)

Es sind also besonders gewisse, theils vorweltliche, theils jetztweltliche Küstenstriche des Meeres oder der Landseen, längs welcher das Vorkommen von ursprünglich unter 20 bis 30° geneigten Schichtensystemen sedimentärer Gesteine gar nicht geläugnet werden kann. Diese Schichten sind jedoch häufig durch eine etwas unregelmässige Form, namentlich durch eine keilförmige Verschmälerung, entweder von unten nach oben, oder von oben nach unten ausgezeichnet, und besitzen keine grosse Ausdehnung in die Tiefe; weshalb sie zu dem merkwürdigen Lagerungsverhältnisse Veranlassung geben, dass auf fast horizontalem Grunde mächtige Decken aufliegen, welche von lauter geneigten Schichten gebildet werden.

Ganz anders verhält es sich jedoch mit jenen, über weite Landstriche, ja wohl über Hunderte von Quadratmeilen ausgedehnten Schichtensystemen, deren Schichten mit gleichmässiger Mächtigkeit als regelmässige Parallelmassen fortziehen, und selbst da,

wo sie in stark geneigten Stellungen angetroffen werden, durchaus keine auffallende Veränderung weder ihrer Mächtigkeit, noch ihrer petrographischen und paläontologischen Charaktere erkennen, wohl aber innerhalb derselben Schichten den allmäligen Uebergang aus der geneigten bis in die horizontale Lage verfolgen lassen. Solche Schichtensysteme sind es aber, welche die meisten Sedimentformationen in dem grössten Theile ihres Verbreitungsgebietes zusammensetzen, und für solche Schichtensysteme ist eine horizontale oder doch nur wenig geneigte Lage als die ursprüngliche und gesetzmässige zu betrachten, wie ausserordentlich abweichend auch ihre gegenwärtige von jener ursprünglichen Lage sein mag.

Wenn aber diese Ansicht als ein hinreichend begründetes geologisches Theorem anzusehen ist, und wenn die vorerwähnten Ausnahmen die Gränze von 35° Neigung nicht überschreiten, so ergibt sich die unmittelbare Folgerung, dass in allen denjenigen Fällen, da wir steil aufgerichteten oder wohl gar vertical gestellten Schichten sedimentärer Gesteine begegnen, eine Dislocation, eine gewaltsame Störung ihres ursprünglichen Schichtenbaues eingetreten sein muss.

Conglomeratschichten, welche mit flachen, parallel liegenden Geschieben unter 70 oder 80° einfallen, wie z. B. jene der Steinkohlenformation von Hainichen und Ebersdorf in Sachsen, können nur durch eine Hebung oder Senkung in solche Lage versetzt worden sein. Müssen wir diess aber unbedingt für Conglomeratschichten zugeben, deren platte Geschiebe alle auf der hohen Kante stehen, so müssen wir es auch für die mit denselben Conglomeraten wechselnden Sandsteinschichten, so müssen wir es auch für andere Sandsteinschichten zugestehen, welche steil aufgerichtet sind, ohne gerade mit Conglomeraten zu wechseln. Es ist geradezu unmöglich, in solchen Fällen dem Gedanken an eine ursprüngliche Bildung verticaler Schichten Raum zu geben. Mit demselben Rechte, mit welchem wir ein Gestein ein klastisches nennen, weil seine Elemente Bruchstücke sind, mit demselben Rechte dürfen wir eine Sandsteinschicht eine dislocirte Schicht nennen, weil ihre Stellung eine verticale oder stark geneigte ist*).

*) Wir müssen uns daher ganz entschieden der herrschenden und allein rationellen Ansicht über die Entstehung der steil aufgerichteten Schichten anschliessen, für welche schon Fichtel und Saussüre so schlagende Gründe aufgestellt haben; obgleich noch vor wenigen Jahren in einer chemischen Zeitschrift erklärt wurde, dass es unter den Geologen zu einer Art von Monomanie geworden sei, keine Veränderung der Schichtenstellung ohne hebende Kraft von unten zu denken, woran sich der Wunsch knüpfte, dass man doch bald auch in der Geognosie, in „diesem aus einer crassen Empyrie (?) erst zur Wissenschaft sich empor arbeitenden Zweige der Naturforschung, einsehen lernen möge, wie mit Hypothesen nichts gewonnen werden könne.“ Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 51, 1844, S. 265.

Dass aber Hebungen oder Senkungen ihres Fundamentes wirkliche Aufrichtungen der Schichten eines horizontalen Schichtensystemes zur Folge haben mussten, diess bedarf keines Beweises. Wenn z. B. durch Bewegungen der Erdkruste eine Spalte entstand, und der an der einen Seite dieser Spalte anliegende Theil aufwärts geschoben wurde, so mussten die obersten, horizontal abgelagerten Schichtensysteme längs dem Bruchrande der emporgedrängten Masse aufwärts geschleift werden; wenn aber vollends diese Bewegung, bei flacher Lage der Spalte, mit einer Ueberschiebung verbunden war, so konnten dadurch mächtige Schichtensysteme nicht nur zu einer verticalen, sondern sogar zu einer überkippten Stellung gelangen, indem die anfangs nur wenig erhobenen Schichten später von den nachschiebenden Massen vorwärts gedrängt, immer steiler aufgerichtet und endlich überstürzt wurden.

Auf diese Weise sind sehr viele Schichtenzonen von stark geneigter, verticaler oder überkippter Schichtenstellung zur Ausbildung gelangt; und, wenn wir jene grossartigen Verwerfungen und Ueberschiebungen, von denen im vorhergehenden Paragraphen die Rede war, als unbestreitbare Thatsachen zugestehen müssen, so sind wir auch genöthigt, die Aufrichtungen und Ueberstürzungen ganzer Schichtensysteme als nothwendige, von jenen Bewegungen der Erdkruste ganz unzertrennliche Ereignisse anzuerkennen.

Da nun die meisten Gebirgsketten, wie wir oben S. 402 f. gesehen haben, als die Wirkungen einer grossartigen Erhebung der Erdkruste längs einer oder mehrer Spalten zu betrachten sind, so können wir auch erwarten, den steil aufgerichteten Schichtenzonen besonders am Fusse der Gebirgsketten zu begegnen. Und so verhält es sich denn auch wirklich, wie man sich am Fusse fast eines jeden Gebirges überzeugen kann.

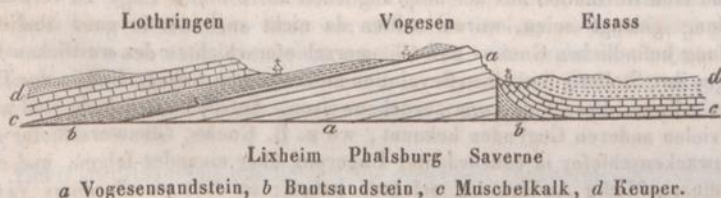
Wenn wir uns aus dem ebenen oder hügeligen Lande, welches einer Gebirgskette vorliegt, dem Fusse derselben nähern, so bemerken wir gewöhnlich, wie die Schichten der die Ebene constituirenden Gebirgsglieder sich allmählig heben, eine immer steilere Lage gewinnen, und zuletzt wohl bis zu senkrechter Stellung aufgerichtet sind. Steigen wir am Steilabfalle des Gebirges hinauf, so finden wir dort meist ganz andere Gesteine, welche dem entblösten, aber durch die vieltausendjährige Wirkung der Gewässer und Atmosphärentheile zu Thälern und Jöchern gegliederten Querbruche des aus der Tiefe heraufgestiegenen Theiles der Erdkruste angehören. Haben wir aber die Höhe erreicht, so treffen wir nicht selten auf dem Rücken und jenseitigem Abfalle des Gebirges abermals das Schichtensystem der Ebene in schwach geneigter Lage, aber in einer, das Niveau der Ebene bedeutend übertreffenden Höhe.

Solche Verhältnisse sind es, wie sie in dem Diagramm Fig. I auf S. 410

dargestellt sind, wenn man dabei von den mit *c* bezeichneten Schichten absieht. In anderen Fällen wurde eine schmale Zone der Erdkruste aufwärts geschoben, wobei die zu beiden Seiten angränzenden Schichten eine mehr oder weniger starke Aufrichtung erfahren, und daher am Fusse der Gebirgskette noch gegenwärtig in solcher Stellung angetroffen werden, wie es ebendasselbst Figur II zeigt. Das Erzgebirge in seinem östlichen Theile kann für den ersten Fall, die Kette der Pyrenäen für den zweiten Fall als Beispiel dienen.

Für die mit einer Ueberschiebung verbundene Gebirgserhebung liefert uns aber der Harz ein sehr lehrreiches Beispiel, an dessen nördlichem Fusse sich die sämtlichen Sedimentformationen, vom Buntsandsteine an bis zur Kreide, im Zustande der Ueberkippung befinden. Die Grauwacke, dieses vorherrschende Gebirgsglied des Harzes, welche sammt den von ihr eingeschlossenen typhonischen Granitstücken und zahlreichen Grünsteinbildungen aus der Tiefe heraufgeschoben wurde, liegt da, wo sie an den Buntsandstein angränzt, gleichfalls über ihm, wodurch, eben so wie durch die Ueberkippung aller Formationen, die Hinausschiebung desjenigen Theiles der Erdkruste, welchen wir gegenwärtig das Harzgebirge nennen, längs einer von Süden nach Norden aufsteigenden Spalte höchst wahrscheinlich gemacht wird.

Wir beschliessen diese Betrachtungen mit der Erläuterung eines von Elie-de-Beaumont entworfenen Querprofils der Vogesen in der Gegend von Saverne, welches De-Sivry bereits im Jahre 1782 sehr genau beschrieben hat. Die Vogesen werden nämlich in der Richtung N18°O nach S18°W (also beinahe in *hor.* 1,2 *red.* des bergmännischen Compasses) von einer 15 Meilen langen Dislocationsspalte durchsetzt, welche sich von Lemberg bei Pyramasens über Saverne bis nach Saales verfolgen lässt, und ausser vielen anderen interessanten Erscheinungen (wie z. B. bei Saales die Heraufschiebung des Granites neben den Vogesensandstein) auch die Merkwürdigkeit zeigt, dass in ihrem nördlichen Flügel, von Saverne bis Lemberg, der östliche Gebirgsthail, in ihrem südlichen Flügel, von Saverne bis Saales, der westliche Gebirgsthail in ein höheres Niveau gerückt worden ist. In der Gegend von Saverne selbst stellt sich nun diese Verwerfung noch so heraus, wie es der folgende Holzschnitt zeigt.



Der westlich von der Dislocationsspalte gelegene Gebirgsthail ist so weit heraufgeschoben worden, dass der Vogesensandstein den dort nur 1320 Fuss hohen Kamm des Gebirges bildet. Dadurch haben die Schichten desselben, so wie die ihm ausliegenden Schichten des Buntsandsteins, Muschelkalkes und Keupers eine sanfte Einsenkung nach Westen, gegen die Ebenen Lothringens erhalten. Der östliche Gebirgsthail ist dagegen in der Tiefe zurückgeblieben, hat jedoch eine sehr bedeutende Aufrichtung seiner Schichten erfahren, welche

bei der Emportreibung des Vogesensandsteins aufwärts gebogen und geschleift wurden. Saverne selbst liegt daher auf Muschelkalk, über welchem aber gegenwärtig der, ursprünglich weit tiefer liegende Vogesensandstein mehr als 600 Fuss aufragt. Denkt man sich die aufgerichteten Schichten des Muschelkalkes und Buntsandsteins in ihre ursprüngliche Lage zurückversetzt, so er giebt sich, dass die ganze Erhebung des westlichen Gebirgstheils weit über 1000 Fuss betragen haben muss.

Wir haben nun noch eine sehr wichtige Frage zu erörtern. Alle bisher über die Schichtenaufrichtung angestellten Betrachtungen bezogen sich nämlich nur auf die Schichten sedimentärer Gesteine, es mögen dieselben von klastischer oder krystallinischer Natur sein. Es drängt sich uns aber die Frage auf, ob sich die ganz ähnlichen Verhältnisse jener räthselhaften geschichteten Silicatgesteine, welche wir in §. 208 einstweilen als kryptogene Gesteine aufgeführt haben, auf dieselben Vorstellungen zurückführen lassen; ob also die steilen, verticalen und fächerförmigen Schichtenzonen von Gneiss, Granulit, Hornblendschiefer Glimmerschiefer u. s. w. durchgängig als ursprünglich horizontale, und erst später dislocirte Schichtensysteme zu denken sind.

Wenn ein solches System von steil aufgerichteten kryptogenen Gesteinsschichten unmittelbar im Liegenden von sedimentären Schichten auftritt, und beide in concordanter Lagerung auf einander folgen, so möchte für die Stellung der kryptogenen Schichten kaum eine andere Erklärung zulässig sein, als diejenige, welche für die Stellung der sedimentären Schichten gilt.

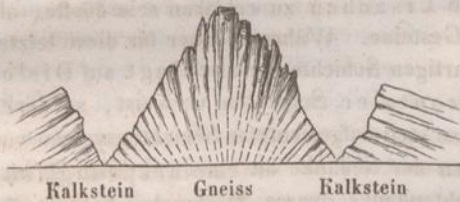
So beurtheilte schon Saussüre das Verhältniss der Gneisschichten des westlichen Thalgehanges bei Valorsine zu den Conglomerat- und Schiefer-schichten des östlichen Thalgehanges am Col-de-Balme. Wenn es erwiesen sei, sagt er, dass die Conglomeratschichten des östlichen Gehanges durch irgend eine Revolution aus der ursprünglichen horizontalen Lage zu verticaler Stellung gelangt seien, warum sollten da nicht auch die in ganz ähnlicher Stellung befindlichen Gneiss- und Glimmerschieferschichten des westlichen Gehanges ihre Stellung derselben Revolution zu verdanken haben. Und in der That ist es schwer, diese Folgerung zurückzuweisen. Aehnliche Beispiele sind auch aus vielen anderen Gegenden bekannt, wo z. B. Gneiss, Glimmerschiefer und Grauwackenschiefer in concordanter Lagerung über einander folgen, und eine gemeinschaftliche Aufrichtung erfahren haben; so dass es allerdings viele Vorkommnisse von steil aufgerichteten Schichten krystallinischer Silicatgesteine giebt, welche einer ganz ähnlichen Erklärung unterliegen dürften, wie die steil aufgerichteten Schichten sedimentärer Gesteine.

Allein in anderen Fällen ist eine solche Erklärung mit so grossen Schwierigkeiten verbunden, dass man die Zulässigkeit derselben bezweifeln muss. Dahin gehören zuvörderst die fächerförmigen Schichtensysteme von Gneiss, Granitgneiss, Grünstein u. s. w., welche

zwischen Glimmerschiefer, Thonschiefer, oder auch zwischen unzweifelhaft sedimentären Gesteinen dergestalt eingekeilt sind, dass sich die zunächst an einander gränzenden Schichten des centralen Gesteins und der äusseren Gesteine in concordanter Lagerung befinden.

Diese Erscheinung findet z. B. in Norwegen für die Grünsteinkette am Samnangerfjord Statt, welche als eine steile fächerförmige Zone zwischen Glimmerschiefer und Gneiss eingeschlossen, und nach aussen als Grünsteinschiefer, in ihrer Mitte als grobkörniger Grünstein ausgebildet ist. Man begreift in der That nicht, wie die beiden aus Grünsteinschiefer bestehenden Flügel dieses Fächers aus einer ursprünglich horizontalen Lage in ihre gegenwärtige sehr steile Stellung versetzt werden konnten.

Weit auffallender sind die ähnlichen Erscheinungen, welche in den Alpen vorliegen, und besonders von Studer so genau studirt und so vortrefflich geschildert worden sind. In den Centralstöcken der Alpen ragen nämlich fächerförmige Schichtensysteme eines granitartigen Gneisses (S. 564), welcher stellenweise in vollkommenen Granit übergeht, zwischen sedimentären Schichten der Lias- und Juraformation dergestalt auf, dass die äusseren, zuweilen schon glimmerschieferähnlichen Flügel des Gneissfächers in gleichförmiger Lagerung dem Kalksteine aufliegen, während weiter auswärts die Kalksteine von der Centrakette weg fallen; daher denn die Querprofile dieser höchst merkwürdigen Architektur ungefähr so erscheinen, wie es der beistehende Holzschnitt darstellt. Hier scheint es fürwahr ganz unmöglich, für die



centralen Gneisschichten eben so eine ursprünglich horizontale Lage vorauszusetzen, wie solche allerdings für die angränzenden Kalksteinschichten vorausgesetzt werden muss. Vielmehr gewinnt es das Ansehen, als ob die ganze Kette

der Alpinischen Sedimentgesteine durch das Dazwischentreten dieses Centralgneisses wie durch einen Keil auseinander getrieben wurde, und dass dadurch auch jene Ueberschiebungen der, von diesem Gneisse wahrscheinlich ganz verschiedenen Gneissbildung entstanden sind, von welchen zu Ende des vorhergehenden Paragraphen die Rede war. Wenn aber diese Ansicht richtig ist, so könnte der Centralgneiss der Alpen wohl nur für eine eruptive Bildung erklärt werden.

Eben so räthselhaft erscheinen die zuweilen vorkommenden verticalen Schichtensysteme, welche zwischen anderen geschichteten Gebirgsgliedern von geneigter Schichtenstellung auf eine solche Weise eingeschlossen sind, dass sich die Schichten der letzteren an den senkrechten Schichten der ersteren abstossen.

Ein auffallendes Beispiel dieser Art liefert der südliche Theil der Sächsischen Granulitformation in dem 1½ Meilen breiten Querschnitte von Wolkenburg nach Rusdorf. Die Schichten des Granulites stehen bei einem Streichen

von NO. nach SW. ziemlich vertical, indem sie nur hier und da nach der einen oder anderen Seite von der Verticalen abweichen. Diese Stellung behaupten sie aber bis dicht an die Gränze gegen den Glimmerschiefer, dessen Schichten sich bei Wolkenburg unter 30° , bei Rusdorf unter 10° Neigung an den Granulit anlehnen. Eine solche Architektur scheint sich durchaus nicht in die Vorstellung zu fügen, dass alle diese, vertical neben einander hinstreichenden Granulitschichten ursprünglich horizontal lagen, und erst durch spätere Dislocationen in die verticale Stellung gelangten.

Endlich hat es auch seine grossen Schwierigkeiten, die oben S. 927 erwähnten, oft 10, 20, 30 und mehre Meilen breiten, dabei weit fortziehenden Schichtensysteme von steil aufgerichteten und verticalen Schichten kryptogener Gesteine, wie solche in Scandinavien, Finnland, Brasilien, Nordamerika und in anderen Ländern bekannt sind, als ursprünglich horizontale und erst später aufgerichtete Schichten zu betrachten. Es ist diess eine so ganz eigenthümliche Architektur, dass wir uns vor der Hand bescheiden müssen, sie als eine Thatsache anzuerkennen, deren genügende Erklärung der Wissenschaft bis jetzt noch unmöglich gewesen ist.

Es kommen also wirklich im Gebiete der krystallinischen Silicatgesteine viele Fälle vor, wo die steile und verticale Schichtenstellung durch ganz andere Ursachen zu erklären sein dürfte, als im Gebiete der sedimentären Gesteine. Während daher für diese letzteren das Vorkommen von derartigen Schichten unbedingt auf Dislocationen ehemaliger horizontaler Schichten verweist, so dürfte dagegen für viele Vorkommnisse steil aufgerichteter Schichtensysteme von krystallinischen Silicatgesteinen der Gedanke an eine ursprüngliche Ausbildung solches Schichtenbaues grosse Wahrscheinlichkeit für sich haben.

Scheerer hat in einer sehr interessanten Abhandlung zu zeigen gesucht, dass die verticale Parallelstructur und Schichtung der krystallinischen Silicatgesteine wohl durch elektromagnetische Strömungen hervorgebracht worden sein möge; (Karstens und v. Dechens Archiv für Min. u. s. w. Bd. 16, 1842, S. 109 ff.). Eine ähnliche Ansicht ist schon früher von De-la-Beche aufgestellt worden, welcher glaubt, dass nicht nur die Structurflächen, sondern auch die parallelen Absonderungsflächen durch die Thätigkeit polarer Kräfte entstanden seien; wofür auch der Umstand spreche, dass die meisten Systeme von Absonderungsflächen in Cornwall und Devonshire sehr nahe mit der Richtung des magnetischen Meridianes zusammenfallen. Vielleicht seien die, den Erdmagnetismus bedingenden, den Erdball von Ost nach West umkreisenden elektrischen Ströme als eine Ursache jener Structur-Verhältnisse zu betrachten. (*Report on the Geol. of Cornwall etc.* 1839, p. 281.) Von demselben Gesichtspunkte scheint diese Erscheinungen auch Evan Hopkins, in seinem Werke *On the connexion of Geology with terrestrial Magnetism*,

aufzufassen, in welchem, nach denen mir bekannt gewordenen Auszügen, von einer allgemeinen Polarität der Materie, und von einer *meridional structure* der krystallinischen Gesteine viel die Rede ist. Die ähnlichen Ideen von Fox und Hunt werden wir in §. 249, bei der Betrachtung der transversalen Schieferung erwähnen.

§. 248. *Faltungen und Stauchungen mächtiger Schichtensysteme.*

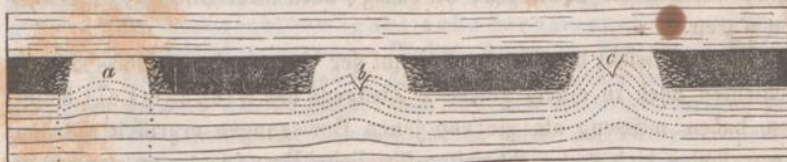
Wie die steil aufgerichteten Schichten sedimentärer Gesteine unmöglich in solcher Stellung gebildet worden sein können, so gilt diess auch von den stark gewundenen und gefalteten Schichtensystemen, deren wichtigere Formen wir in §. 240, bei der Betrachtung des antiklinen und synklinen, des muldenförmigen und sattelförmigen Schichtenbaues kennen gelernt haben. Schon der Umstand, dass die Flügel dieser Schichtengebäude oft eine sehr steile, verticale und selbst überkippte Lage besitzen, liefert uns den Beweis, dass sie gleichfalls in das Gebiet der Gebirgsstörungen zu verweisen sind.

Wenn daher auch nicht geläugnet werden kann, dass ganz sanfte Undulationen der Schichten, wie solche z. B. bei der unbestimmt schwebenden Schichtenlage (S. 918) vorkommen, dass Mulden oder Sattel mit sehr schwach geneigten Flügeln, und mit sehr wenig concaven oder convexen Wendungen ursprünglich gebildet worden sind; so ist es doch ganz unmöglich, dieselbe Ansicht auch für jene steilen und tiefen Mulden, für jene scharfen und schroffen Sattel, und für alle die ähnlichen Schichtenzonen geltend zu machen, denen wir in der Gebirgswelt so ausserordentlich häufig begegnen. Für alle diese wunderbaren Formen ist unbedingt anzunehmen, dass sie das Werk eigenthümlicher und sehr gewaltsamer Bewegungen sind, welchen die Schichten, oft lange nach ihrer Bildung, unterworfen waren.

Diese Ansicht beruht nun aber auf der Voraussetzung, dass sich die Schichten noch in einem gewissen Zustande der Biegsamkeit befunden haben müssen, als sie von jenen Bewegungen ergriffen wurden. Zwar finden sich gar nicht selten förmliche Rupturen an denjenigen Stellen, wo das Maximum der Krümmung Statt fand; wenn aber auch diese Erscheinung einen schlagenden Beweis für die spätere und gewaltsame Ausbildung der Schichtenwindungen liefert, so folgt daraus noch keinesweges, dass die Schichten aller Biegsamkeit entbehrten; denn, wäre diess der Fall gewesen, so würde überhaupt gar keine Krümmung, sondern nur eine Zerbrechung und Zerreißung derselben eingetreten

sein. Die Dicke selbst sehr mächtiger Schichten, ist ja im Vergleich zu ihrer Länge und Breite eine so geringfügige Grösse, dass die meisten Schichten in ihrer Gesamtausdehnung mit ganz dünnen Lamellen verglichen werden können; und, wie eine sehr grosse Glastafel noch eine Biegsamkeit erkennen lässt, welche in einem kleinen Glasscherben unbemerkbar bleibt, so werden auch die meisten Gesteinschichten als mehr oder weniger biegsame Parallelmassen zu betrachten sein. Natürlich wird aber diese Biegsamkeit für weiche, milde und noch feuchte Gesteine in einem höheren Grade Statt finden, als für harte, spröde und völlig ausgetrocknete Gesteine.

In der That zeigen auch viele und mitunter recht alte Gesteine noch gegenwärtig eine sehr grosse Nachgiebigkeit und Verschiebbarkeit ihrer Theile. So besteht z. B. die Silurische Formation der Umgegend von Petersburg in ihrer unteren Etage aus einem dunkelblauen Thone, welcher fast so weich und zäh wie Töpferthon ist. Die Schieferthone der Steinkohlenformation erscheinen oft noch sehr nachgiebig und biegsam, und der Steinkohlenbergbau hat nicht selten mit Schwierigkeiten zu kämpfen, welche lediglich in dieser Eigenschaft begründet sind. Eine damit zusammenhängende Erscheinung sind die in den Englischen Kohlenbergwerken sogenannten *Creeps*, welche zugleich den Beweis liefern, dass solche Nachgiebigkeit und Biegsamkeit ihre Wirkungen innerhalb mächtiger Schichtensysteme äussern kann. Diese Creeps sind nämlich Anschwellungen und Eintreibungen des Schieferthons in die Gallerieen oder Strecken der Steinkohlenbergwerke, welche mit einer völligen Ausfüllung dieser Strecken endigen. Lyell schildert uns die Erscheinung so, wie sie bei Walls- und weit Newcastle beobachtet worden ist. Dort baut man in 630 Fuss Tiefe ein $6\frac{1}{2}$ Fuss mächtiges, von Schieferthon bedecktes und unterteuftes Kohlenflöz wie gewöhnlich dadurch ab, dass man in dem Flöz selbst parallele Gallerieen oder Strecken aushaut, zwischen welchen breite Kohlenpfeiler stehen bleiben, die dann allmählig nachgerissen werden. In dem folgenden Holzschnitte bedeuten die weiss gelassenen Stellen *a*, *b* und *c* die Querschnitte solcher Strecken, während die schwarzen Stellen die noch anstehende Kohle bezeichnen. Durch die so entstandenen leeren Räume wird



nun der Druck der aufliegenden auf die unterliegenden Massen in Wirksamkeit gesetzt, und die Bildung der Creeps veranlasst. Das erste Symptom eines sich bildenden Creep besteht darin, dass der in der Sohle der Strecke anstehende Schieferthon eine aufwärts gewölbte Form annimmt (*a*); diese Wölbung wird allmählig immer stärker, so dass die ganze Streckensohle zu einer Sattelzone anschwillt, welche endlich der Länge nach aufberstet (*b*); die Aufrichtung beider Sattelfügel setzt sich aber fort, bis solche die Decke

oder Förste der Strecke erreichen (*c*); zuletzt wird die ganze Strecke, von der Sohle bis zur Förste, vollständig ausgefüllt.

Das Merkwürdigste bei dieser Erscheinung ist aber die grosse Tiefe, bis zu welcher sich ihre Wirkungen zu erkennen geben. Die tieferen Schichten folgen nämlich mit denjenigen Theilen, welche genau unter einer im Hauptflötze befindlichen Strecke liegen, den Bewegungen des Creep in mehr oder weniger bedeutendem Grade, wie solches bei *b* und *c* angedeutet ist; die Fortpflanzung dieser Bewegung geht aber so weit, dass von einem, 54 Fuss tiefer liegenden Kohlenflötze einzelne Streifen, genau von der Breite und Richtung der im Hauptflötze ausgehauenen Strecken, abgelöst und aufwärts gedrängt werden. Ja, bis zu 150 Fuss Tiefe lassen sich die Spuren dieser Bewegung und der mit ihr verbundenen Verrückungen verfolgen. — Auch ist die Langsamkeit und Ruhe bemerkenswerth, mit welcher diese Bewegungen vollzogen werden, indem oft viele Wochen, ja wohl Monate vergehen, bevor ein solcher Creep von der Sohle einer Strecke bis an ihre Förste hinaufgerückt ist.

Jedenfalls aber beweisen diese, in Folge der einseitigen Aufhebung des Druckes, durch ein 150 Fuss mächtiges System von Schieferthon- und Sandsteinschichten reichenden Bewegungen und inneren Verschiebungen, dass dergleichen Schichten noch heutzutage eine gewisse Biegsamkeit und Nachgiebigkeit besitzen, daher sie dieselben Eigenschaften in früheren Zeiten gewiss in einem weit höheren Grade besessen haben. Dass diess für die Steinkohlenflötze insbesondere der Fall gewesen ist, dafür führt Daubuisson einen Beleg aus der Gegend von Mons an, wo ein Kohlenflötz an der Stelle eines Sattelrückens eine cylindrische Krümmung von nur 3 Meter Halbmesser erfuhr, ohne die geringste Unterbrechung seines Zusammenhanges zu erleiden. Auch die dem Schieferthone oft so nahe stehenden Grauwackenschiefer und Thonschiefer, die Kieselschiefer und Quarzite, die Kalksteine und Mergel müssen sich ehemals in einem weit biegsameren Zustande befunden haben; wie die vielfachen, in grösserem und kleinerem Maassstabe vorkommenden Windungen ihrer Schichten beweisen. Für den Kieselschiefer verweisen wir auf das oben Seite 919 gegebene Bild; am Quarzite aber sah Darwin cylindrische Windungen, welche sich durch einen Quadranten erstreckten, obwohl der Krümmungshalbmesser nur 7 Fuss betrug.

Es ist also gar nicht zu bezweifeln, dass sehr viele Schichten noch gegenwärtig eine hinreichende Flexibilität besitzen, um Biegungen zu gestatten, dass aber die meisten Schichten ehemals diese Eigenschaft in einem weit höheren Grade besaßen, als gegenwärtig, und dass verschiedene Gesteine in dieser Hinsicht ein verschiedenes Verhalten gezeigt haben werden, indem einige der Biegung leichter nachgeben konnten, als andere.

Wenn also ein Schichtensystem, welches aus abwechselnden Schichten von sehr grosser und sehr geringer Biegsamkeit besteht, einer Biegung unterworfen worden ist, so konnte es geschehen, dass die ersteren Schichten ohne irgend eine Ruptur gebogen wurden, während die letzteren dabei in lauter einzelne Stücke zerbrachen. Ein Beispiel dieser Art erwähnt Lyell aus der Gegend

zwischen San-Caterina und Castrogiovanni in Sicilien, wo ein aus weichem Mergel und aus Gyps bestehendes Schichtensystem sattelförmige Biegungen zeigt, welchen die Mergelschichten stetig folgen, wogegen die Gypsschichten in lauter einzelnen Schollen zerrissen und aus einander gezogen sind.

Da sich übrigens in einem jeden gebogenen Schichtensysteme die inneren, der Krümmungsaxe näheren Schichten unter ganz andern Verhältnissen befanden, als die äusseren, von der Krümmungsaxe entfernteren Schichten; da diese letzteren einer weit stärkeren Spannung und Ausstreckung unterworfen waren, als die ersteren; und da diese Ausdehnung an den Stellen des Maximums der Curvatur am grössten gewesen sein muss; so können wir erwarten, dass namentlich die äusseren Schichten eines gekrümmten Schichtensystems an diesen Stellen sehr häufig eine förmliche Ruptur erlitten haben, in Folge welcher das ganze Schichtensystem dort zum Aufklaffen gelangt ist.

Diese Rupturen finden sich daher gewöhnlich an der Stelle der Sattlrücken und der Muldenbäuche, und erscheinen im ersteren Falle nicht selten als Thäler, im letzteren Falle meist nur als Gewirre von wild durcheinander geworfenen, zermalnten Fragmenten der betreffenden Schichten; wie z. B. die sogenannten *slashes*, in den Steinkohlenrevieren von Pembrokeshire, und ähnliche Erscheinungen, welche Héron de Villefosse aus dem Steinkohlengebirge der Grafschaft Mark in Westphalen beschrieb.

Indem wir uns nun zu einer Untersuchung der Ursachen wenden, durch welche der gewundene und gefaltete Schichtenbau hervorgebracht worden ist, müssen wir nochmals den bereits oben S. 926 erwähnten Umstand hervorheben, dass nämlich da, wo dieser Schichtenbau in grösserem Maassstabe und in vielfacher Wiederholung zur Ausbildung gelangt ist, in der Regel ein paralleles Streichen aller Mulden und Sattel, aller antiklinen und synklinen Schichtenzonen Statt findet; weshalb sich auch die ganze Architektur gewissermassen als eine solche bezeichnen lässt, welche durch eine cylindrisch gefaltete Fläche repräsentirt wird, in deren wellenförmigem Querschnitte die Maxima und Minima der senkrechten Coordinaten den Sattlrücken und Muldenkielen entsprechen. Es ist diess ein Umstand, welchen schon Hutton und Playfair in seiner ganzen Wichtigkeit erkannten.

Nun folgt aber mit mathematischer Nothwendigkeit aus den ganzen Verhältnissen seines Baues, dass ein solches cylindrisch gewundenes und gefaltetes Schichtensystem gegenwärtig einen kleineren Flächenraum einnimmt, als in seiner ursprünglichen horizontalen Lagerung. Weil aber die Abweichungen von der Horizontale nicht in der Richtung des Streichens, sondern in der Richtung des Fallens und Steigens der Schichten eingetreten sind, so können wir für die Ausbil-

dung eines solchen Schichtenbaues gar keine andere Ursache voraussetzen, als eine ganz allgemeine, rechtwinkelig auf die dermaligen Streichlinien eingetretene laterale Pressung, Zusammenschiebung und Stauchung des Schichtensystemes in seiner vollen Mächtigkeit. Dadurch musste nothwendig ein System von parallelen Falten und zugleich eine Aufstauung der Massen herbeigeführt werden, kraft welcher sie auf ein etwas kleineres Areal zusammengedrängt wurden, als vorher.

James Hall hat im Kleinen ganz ähnliche Schichtungsverhältnisse durch ein sehr einfaches Experiment hervorgebracht, bei welchem ein System von horizontalen und biegsamen Schichten seitwärts zusammengepresst wurde. Er breitete nämlich viele Schichten von Tuch und Leinwand über einander aus, beschwerte das ganze System durch eine mit grossen Gewichten belastete Tafel und liess nun die Massen seitwärts scharf gegen einander treiben. Die horizontalen Lagen wurden dadurch verschiedentlich aufgerichtet, und auf das Seltsamste gebogen und gewunden, so dass dadurch im Kleinen ganz ähnliche Profile entstanden, wie man sie im Grossen am Grauwackenschiefer der Schottischen und Englischen Küsten beobachtet.

Noch haben wir endlich die Frage zu beantworten, welche Kräfte es wohl gewesen sind, durch welche diese lateralen Convulsionen ganzer Schichtensysteme, von oft vielen tausend Fuss Mächtigkeit und vielen Quadratmeilen Ausdehnung, verursacht wurden. Die Schwerkraft war es gewiss, welche in den meisten Fällen die Hauptrolle gespielt hat; während in anderen Fällen die Gewalt plutonischer Emportreibungen oder auch jene aufwärts gerichteten Bewegungen einzelner Theile der Erdkruste mit im Spiele gewesen sein mögen, welche wir in den vorhergehenden beiden Paragraphen kennen gelernt haben, und deren wir auch in allen Fällen bedürfen, um die Wirkung der Schwerkraft erst in Thätigkeit denken zu können.

Einseitige Erhebungen des Untergrundes, auf welchem ein horizontales, in seinen Gesteinen noch biegsames und verschiebbares Schichtensystem abgelagert ist, werden nothwendig, sobald die Hebung einen solchen Grad erlangt hatte, dass die Auflagerungsfläche in die Lage einer hinreichend schiefen Ebene versetzt worden war, ein allgemeines Herabgleiten des ganzen Schichtensystemes und eine Aufstauung und Faltung desselben in der Richtung der Falllinie der schiefen Ebene verursachen müssen.

Wir wollen uns vorstellen, dass auf dem Boden des Meeres ein tausend Fuss mächtiges System von horizontal ausgebreiteten Sand- und Schlamm-schichten abgesetzt worden sei, und dass durch irgend eine Ursache ein Theil des Meeresgrundes aus seiner ursprünglichen Lage gerückt wurde, wodurch

das Schichtensystem in eine geneigte Lage versetzt wird. Da seine Massen noch einen hohen Grad von Weichheit, Biogsamkeit und innerer Beweglichkeit besitzen, so muss nothwendig ein Drängen derselben von oben nach unten entstehen, und das ganze System wird ein Bestreben erhalten, auf der schiefen Ebene herabzugleiten; seine tiefsten Theile werden von den nachdrängenden oberen Theilen seitwärts zusammengepresst, und da ihnen kein völliges Ausweichen gestattet ist, so werden sie sich manchfaltig emporrichten und aufstauen, krümmen und winden, in und über einander schieben, und alle die seltsamen Undulationen hervorbringen, wie sie so oft in der Wirklichkeit zu beobachten sind.

Wir können uns die Sache ungefähr so denken, wie sie durch beistehendes Diagramm versinnlicht wird. Indem



nämlich das ursprünglich horizontal gelagerte Schichtensystem *B* durch die einseitige Aufrichtung seiner Unterlage *A* in eine geneigte Lage gelangte, so erfolgte eine Herabgleitung und innere Convulsion desselben, durch welche die auffallendsten Windungen und Faltungen seiner Schichten entstanden,

deren Streichlinien jedoch dem Streichen der schiefen Ebene parallel sein werden, in deren Aufrichtung die eigentliche Ursache der ganzen Erscheinung zu suchen ist. Es ist möglich, dass die schiefe Ebene später fast in ihre ursprüngliche Lage zurücksank; dann wird aber die gewundene Architektur des Schichtensystems als ein Monument der ehemals Statt gefundenen Bewegung rückständig geblieben sein. War über dem biegsamen Schichtensysteme *B* ein anderes, aus starren und sehr festen Schichten bestehendes System *C* abgelagert, so wird der Druck desselben die Convulsionen des ersteren noch gewaltsamer gemacht haben, während es selbst vielleicht nur grosse Zerreissungen erlitt, wie solches in dem Holzschnitte angedeutet ist.

Dass aber wirklich viele Schichtungswindungen auf diese Weise zu erklären sind, dafür liefern uns diejenigen Fälle einen sehr schlagenden Beweis, wo eine und dieselbe Aufrichtung zugleich ein flexibles und ein starres Schichtensystem betroffen hat. Ein recht auffallendes Beispiel der Art erwähnt Conybeare von der Insel Portland, an der Südküste Englands. Dort liegen die weichen, thonigen Schichten des Purbekmergels (des untersten Gliedes der Wealdenformation) auf den harten und festen Schichten des Portlandkalkes; beide sind aber unter 45 bis 60° geneigt. Während nun die Schichten des Portlandkalkes nur tafelförmig aufgerichtet, aber noch ganz eben ausgedehnt sind, so erscheinen die Schichten des Purbekmergels sehr auffallend gewunden und gefaltet; zum Beweise, dass die Aufrichtung so weicher Schichten ein Drängen und Zusammenschieben derselben in der Richtung der Falllinie zur Folge hatte. Ganz ähnliche Beispiele sind mehrfach im Gebiete der Englischen Steinkohlenformation bekannt, wo die Schieferthonschichten oft stark gewunden zwischen tafelförmig aufgerichteten Schichten des Sandsteins oder Kalksteins vorkommen.

In anderen Fällen sind die grossartigen Schichtenwindungen durch Eruptionen massiger Gesteine, oder überhaupt durch Empor-

treibungen der tieferen Theile der Erdkruste bewirkt worden. Wenn sich z. B. ein Schichtensystem an irgend eine Gebirgskette anlehnt, und mitten in seinem Gebiete, in nicht zu grosser Entfernung von der ersten, eine zweite Parallelkette aufstieg, oder ein grosser typho-nischer Stock eines eruptiven Gesteins eindrang, so wurde der zwischen beiden Gebirgsketten enthaltene Theil desselben auf einen kleineren Raum zusammengedrängt, wodurch, so wie durch die mit der Hebung verbundene einseitige Aufrichtung der Schichten eine Stauchung und Faltung derselben herbeigeführt werden musste. Ganz besonders werden auch grossartige Ueberschiebungen, z. B. in der Weise, wie sie am Harze Statt gefunden haben, für die vorliegenden horizontalen Schichtensysteme nicht nur die, oben S. 982 erwähnte Aufrichtung und Ueberkipfung der unmittelbar angränzenden Schichtentheile, sondern auch eine weit hinaus reichende Faltung und Stauchung der entfernteren Schichtentheile zur Folge gehabt haben.

Auf solche Weise konnten Structur-Verhältnisse verursacht werden, wie sie der nachstehende, von Ansted entlehnte Holzschnitt versinnlichen soll.



Das links aufragende Gebirge hatte vielleicht schon bei seiner Emportreibung eine grosse Störung des Schichtenbaues verursacht; später wurde das in der Mitte aufragende Gebirge emporgedrängt, und dadurch trat eine neue Störung ein, welche um so auffallendere Windungen des Schichtenbaues bewirkte, weil sie zugleich mit einer lateralen Zusammenpressung des ganzen, zwischen beiden Gebirgen eingeklemmten Schichtensystems verbunden war.

Studer ist geneigt, die eigenthümliche Structur des Schweizer Juragebirges, welches ein grosses System von langgestreckten Mulden und Satteln, von antiklinen und synklinen Zonen darstellt, durch eine solche, von den Alpen bei ihrer Erhebung ausgeübte Lateralpressung zu erklären, und sucht durch nachstehenden Holzschnitt die gegenseitigen Verhältnisse dieser beiden Gebirge



zu erläutern. Da in den Centralstücken der Alpen so manche Beweise vorliegen, dass an vielen Stellen eine gewaltsame keilförmige Auseinandertreibung der ganzen colossalen Kette Statt gefunden hat, so scheinen dort allerdings die Bedingungen zu ungeheuren Lateralpressungen und Ueberschiebungen in einem solchen Maasse vorhanden gewesen zu sein, dass sich deren Wirkungen wohl bis in die Regionen des Jura erstrecken konnten.

In welchem colossalen Maassstabe aber dergleichen Convulsionen des ursprünglichen Gebirgsbaues oft Statt gefunden haben, dafür liefert uns nicht nur der ausserordentlich gewundene Schichtenbau der Sedimentgesteine der Alpen, und des, nur aus sedimentären Schichten bestehenden Juragebirges, sondern fast ein jedes grössere, aus solchen Schichten zusammengesetzte Gebirge mehr oder weniger auffallende Beweise.

Auch im Gebiete der geschichteten krystallinischen Silicategesteine, also der hypogenen oder kryptogenen Gesteine, wiederholen sich ganz ähnliche Erscheinungen, welche wenigstens in solchen Fällen einer ähnlichen Erklärung unterliegen dürften, wo sich diese Gesteine als blose metamorphische Sedimentgesteine interpretiren lassen.

Als ein sehr interessantes Beispiel für grossartig ausgebildete Faltungen des Gebirgsbaues ist auch, nach den Untersuchungen der Gebrüder Rogers, die Kette der Alleghanies in Nordamerika zu betrachten, von welcher der nachstehende Holzschnitt eine Profildarstellung giebt.



In diesem Profile bedeutet der Theil *AB* die Atlantische Ebene, der Theil *BC* den Atlantischen Abhang, und der Theil *CD* die eigentliche Kette der Alleghanies. Die von *A* bis *D* vorliegenden und mit Zahlen bezeichneten Formationen aber sind folgende:

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1) Miocäne Tertiärbildung. | 5) Steinkohlenformation. |
| 2) Eocäne Tertiärbildung. | 6) Devonische Formation. |
| 3) Kreideformation. | 7) Silurische Formation. |
| 4) Neuer rother Sandstein. | 8) Gneiss, Glimmerschiefer etc. |

Man sieht, welche gewaltsame Convulsionen der ganze Schichtenbau der älteren Sedimentformationen, wahrscheinlich durch die Heraufschubung des östlich angränzenden Gneissgebietes, erlitten hat.

Die vorhergehenden Betrachtungen beziehen sich wesentlich nur auf den vielfach gefalteten Gebirgsbau, in welchem viele parallele Mulden und Sattel zu einem grösseren Systeme combinirt sind. Die einfachen Mulden, welche zuweilen vorkommen, sind theils einzelne, in Folge späterer Zerstörungen und Wegführungen völlig isolirte Ueberbleibsel eines solchen grösseren Systemes, theils auch die Resultate partieller, von zwei Seiten, bisweilen auch nur von einer Seite her erfolgten Hebungen und Aufrichtungen der Schichten.

Endlich giebt es aber auch sehr viele, isolirte und dabei ganz flache Mulden und Bassins, deren sanft geneigte und den allgemeinen Gesetzen des umlaufenden Schichtenbaues entsprechende Schichtenstellung

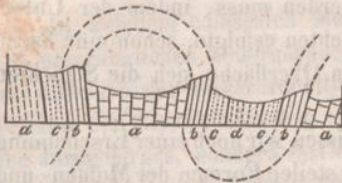
als eine ursprüngliche betrachtet werden muss, indem der Untergrund, auf welchem der Absatz ihrer Schichten erfolgte, schon eine flache bassinförmige Vertiefung darstellte, deren Oberfläche sich die Schichten mehr oder weniger conformirten.

Zum Schlusse dieses Paragraphen müssen wir noch einer Erscheinung gedenken, welche zuweilen durch die sehr steilen Formen der Mulden- und Sattelbildung hervorgebracht wird, und eine sorgfältige Berücksichtigung verdient, weil ihre Nichtbeachtung sehr leicht zu grossen Fehlschlüssen verleiten kann. Es ist diess die mehrfache Repetition derselben Schichten innerhalb eines und desselben Profiles; also ein, der mehrfachen Repetition der Schichtenausstriche (S. 975) analoges Verhältniss.

In dem Profile eines Sattels oder einer Mulde erscheint nämlich eine jede Schicht zwei Mal, weil sie in jedem Flügel vorhanden ist. Wenn nun der Sattel oder die Mulde noch vollständig erhalten und zugleich hinreichend aufgeschlossen ist, so wird man nicht leicht Gefahr laufen, die in beiden Flügeln auftretenden correlaten Theile einer und derselben Schicht für zwei verschiedene und von einander unabhängige Schichten zu halten. Wenn aber der Sattelrücken bis zu grosser Tiefe zerstört und weggeführt ist, so kann man, zumal bei sehr steiler und fast paralleler (daher auch besonders bei heterokliner) Lage der Sattelflügel, das ganze Schichtensystem leicht mit einer parallelen oder fächerförmigen Schichtenzone verwechseln, und die correlaten Schichten theile für selbständige Schichten halten.

Man pflegt wohl solche Sattel, deren oberer Theil in Folge späterer Zerstörungen verschwunden ist, Luftsattel zu nennen, weil ihr Rücken über der jetzigen Erdoberfläche zu suchen ist. Dass übrigens auch bei den Mulden ganz ähnliche Täuschungen vorkommen können, wenn der Muldenbauch nicht sichtbar ist, und die Flügel eine sehr steile und fast parallele Lage haben, diess versteht sich von selbst. Liegen also in einem Profile mehrere dergleichen Sattel und Mulden unmittelbar hinter einander, so wird sich die Gelegenheit zur Täuschung vervielfältigen, und eine und dieselbe Schicht viele Male wiederholen, so dass man z. B. viele Kohlenflötze voraussetzen könnte, wo am Ende nur eines existirt. Dass aber ein solches Missverständniss auf sehr falsche, ja zuweilen auf höchst verkehrte und paradoxe Interpretationen des ganzen Gebirgsbaues führen kann, diess liegt am Tage, und dürfte die etwas ausführlichere Erwähnung dieses nicht so ganz selten vorkommenden Verhältnisses rechtfertigen.

Zur Erläuterung desselben mag folgendes interessante Profil dienen, welches Chamousset aus der Gegend von Entrevernes mittheilt; (*Bull. de la soc. géol.* 2. sér. I, 1844, p. 815). Die unteren Schichten der Kreideformation, die sogenannten Neocomschichten, welche nach unten durch *Spatangus retusus*, nach oben durch *Chama ammonia* ausgezeichnet sind, werden dort von den Schichten des Nummulitenkalkes bedeckt, über welchen endlich



- a Neocomschichten mit *Spatangus retusus*,
 b Dieselben mit *Chama ammonia*,
 c Nummulitenschichten,
 d Fucoidenschichten.

die des Fucoidensandsteins folgen. Aber dieser ganze Schichtencomplex bildet in der Gegend von Entrevernes eine sehr steile Mulde, und in der Vallée du Charbon einen sehr steilen und sogar fächerförmig erscheinenden Sattel. Der Rücken dieses Sattels ist jedoch gänzlich zerstört, und der Muldenbauch ist so gänzlich verdeckt, dass nur die steil aufgerichteten Theile ihrer beiderseitigen Flügel zu beobachten sind, und das ganze Schichtensystem gar leicht für eine fächerförmige oder auch für eine parallele Schichtenzone gehalten werden könnte. Die punktirten Linien, welche die einzelnen Theile der durch *Chama ammonia* charakterisirten Schichten mit einander verbinden, zeigen, auf welche Art dieses Profil eigentlich zu beurtheilen ist, welches ausserdem ganz unerklärlich sein würde.

§. 249. Transversale Schieferung und parallele Zerklüftung.

Die bereits oben S. 516 f. beschriebene transversale Schieferung ist allerdings insofern mit in die Kategorie der Störungen zu verweisen, wiefern sie sich als eine, lange nach der Bildung, ja sogar erst nach der Aufrichtung und Faltung der Schichten entstandene Erscheinung zu erkennen giebt. Aber freilich ist sie eine Störung ganz eigenenthümlicher Art; eine Störung, welche nicht die äusseren Formen, sondern die innerste Structur der Gesteine betroffen, und weit mehr auf die Herstellung einer allgemeinen Regelmässigkeit dieser Structur, als auf die Hervorbringung von Unregelmässigkeiten hingearbeitet hat. Ja, man kann behaupten, dass sich in ihren Wirkungen geradezu ein Bestreben zur Ausgleichung aller jener Unregelmässigkeiten der Gesteinsstructur offenbart, welche durch die Aufrichtungen und Windungen der Schichten hervorgebracht wurden.

Dass die transversale Schieferung erst lange nach der Bildung, d. h. nach dem ursprünglichen Absatze der betreffenden Schichten zur Ausbildung gelangt ist, diess ergibt sich schon daraus, weil sie in gar keiner nothwendigen Beziehung zu der Ausdehnung und Lage der Schichten steht; wie solches doch mit der normalen Schieferung der Fall ist, welche sich stets der Schichtung parallel erweist. Dass sie aber auch erst nach der Dislocation der Schichten eingetreten sein kann, diess beweist ihre völlige Unabhängigkeit von denjenigen Formen des Schichtenbaues, welche durch jene Dislocation herbeigeführt worden sind. — Der einzige Zusammenhang, welcher bis jetzt zwischen der Schichtung und

der transversalen Schieferung nachgewiesen wurde, besteht darin, dass beide dieselbe Streichrichtung behaupten; woraus sich die, durch vielfache Beobachtungen vollkommen bestätigte Folgerung ziehen lässt, dass die Erscheinung in einem gewissen Causalnexu mit den Dislocationslinien und Dislocations-Ursachen stehen muss. Auch glauben Murchison und Sedgwick das Gesetz erkannt zu haben, dass die Schieferung in der Regel eine steilere Lage hat, als die Schichtung.

Eine höchst auffallende und, man kann wohl sagen, staunenswerthe Thatsache ist aber die grosse Beständigkeit und Regelmässigkeit, mit welcher die transversale Schieferung durch weit ausgedehnte und mächtige Schichtensysteme hindurchsetzt, ohne in ihrer Richtung auf irgend eine Weise von der Lage der Schichten geleitet oder abgelenkt zu werden. Durch ganze Gebirgsketten lässt sie sich in ungestörter Lage verfolgen; die Schichten mögen diese oder jene Neigung haben, mögen in den manchfaltigsten Sattel- und Muldenformen auf- und niedersteigen: die Schieferung behauptet eine constante Lage, und durchschneidet daher die Schichten, namentlich in den Satteln und Mulden, unter allen möglichen Winkeln von 0 bis 90°. Nur längs den Schichtenfugen beobachtet man nicht selten eine kurze Biegung oder Undulation der Schieferung. Wenn aber die Schiefer mit anderen Gesteinen, z. B. mit Schichten von Sandstein, Grauwacke oder Kalkstein abwechseln, so wird in diesen Zwischenschichten die Schieferung entweder unterbrochen, oder durch eine gleichsinnige transversale Plattung ersetzt.

In dem nachstehenden Holzschnitte stellen die stärkeren, gebogenen Linien die Lage der Schichten, die schwächeren, geraden Linien die Lage der



Schieferung vor; man sieht, dass die letztere die ihr einmal zukommende Rich-

tung mit starrer Consequenz behauptet, ohne sich irgendwie durch die Lage der Schichten bestimmen zu lassen. Und so ist es oft in meilenweit fortsetzenden Profilen zu beobachten. Sedgwick hat z. B. in England, in einem Districte von 30 Engl. Meilen Länge, und 8 bis 10 Meilen Breite, wo alle Schichten verdreht und gewunden sind, die Schieferung ohne alle Abweichung von einem Ende bis zum anderen in paralleler Richtung nachgewiesen; und ähnliche Beispiele sind aus so vielen Gegenden bekannt, dass die ganz eigenthümliche Gesetzmässigkeit der Erscheinung und ihre völlige Unabhängigkeit von der Lage der Schichten gar nicht bezweifelt werden kann. Diese Beständigkeit der Richtung widerlegt auch die früher von Bakewell aufgestellte und von Eaton adoptirte Ansicht, dass die Schieferung die Schichten unter dem constanten Winkel von 60° durchschneide; vielmehr kommen alle mögliche Winkel vor, und wenn es auch meistens schiefe Winkel sind, so kann und

muss doch auch stellenweise die Schieferung rechtwinkelig durch die Schichten gehen, während sie ihnen an anderen Stellen parallel wird.

Wenn aber behauptet worden ist, die transversale Schieferung sei eine so ganz allgemeine und nothwendige Erscheinung, dass das Vorkommen der normalen Schieferung überhaupt in Zweifel gestellt werden müsse, so ist man offenbar zu weit gegangen. Denn erstens ist die transversale Schieferung ein, fast nur in den ältesten Sedimentgesteinen der Thonschieferformation, der Silurischen und Devonischen Formation vorkommendes Structurverhältniss; zweitens scheint sie besonders nur in stark dislocirten Schichtensystemen aufzutreten, welche freilich in den genannten Formationen als die gewöhnlichen zu betrachten sind; und drittens sind selbst aus diesen Formationen sehr viele Fälle bekannt, wo die Schieferung der Schichtung durchgängig parallel ist.

So bemerkt z. B. Cumming in seiner Beschreibung der Insel Man, dass er im dortigen Thonschiefer nirgends eine Discordanz zwischen Schichtung und Schieferung beobachtet habe; Hausmann erklärt gleichfalls, dass am Harze beide in der Regel parallel sind, was wir für die Schiefer- und Grauwacken-Regionen Sachsens bestätigen können. Dasselbe fand Durocher auf grosse Strecken in der Bretagne, Macculloch vielorts in Schottland, De-la-Beche bei Linton und Barnstaple in Devonshire, Baur im Rheinischen Schiefergebirge, und v. Dechen erklärte sich gleichfalls gegen die Allgemeinheit der Erscheinung, welche Sedgwick zur Regel erheben wolle, während man sie früher nur als Ausnahme von der Regel betrachtet habe. Dass sie in solchen Gegenden beobachtet worden sei, wo diese alten Schichten noch ihre ursprüngliche horizontale Lage besitzen, ist mir nicht bekannt. In den Schichten der neueren Sedimentformationen ist sie aber, eben so wie in den Schichten der krystallinischen Silicatgesteine, gewiss nur äusserst selten vorgekommen*), obwohl in einem jeden schieferigen Sedimentgesteine die eine Bedingung zur Möglichkeit ihrer Ausbildung gegeben ist.

Ueber die Ursache der transversalen Schieferung sind verschiedene Ansichten aufgestellt worden. Boué suchte solche in einer Einwirkung eruptiver Massen, welche durch ihre hohe Temperatur in den Schiefergesteinen auf ähnliche Weise die Schieferung verursachten, wie bisweilen Basaltgänge den angränzenden Sandstein in parallele Platten abgesondert haben; auch ist Sharpe nicht abgeneigt, wenigstens in gewissen Fällen eine Mitwirkung jener Temperatur zu gestatten. De-la-Beche vermuthete, dass es vielleicht die polaren Kräfte des Erdmagnetismus waren, welche die Schieferung hervorbrachten, und gedenkt

*) Eine merkwürdige Ausnahme bildet die, nach Darwin der Kreideformation angehörige, mächtige und ausgedehnte Schieferbildung des Feuerlandes.

dabei des bekannten Versuches von Fox, welcher in feuchtem Thone, durch sehr lange unterhaltene galvanische Ströme, eine auf der Richtung derselben rechtwinkelige Schieferung erzeugte; (von der jedoch Lyell bemerkt, dass sie *very imperfect* gewesen sei). Aehnliche Versuche sind später von Robert Hunt an verschiedenen weichen, und selbst an festen Massen mit ähnlichem Erfolge wiederholt worden, weshalb auch er dieselbe Erklärung anzunehmen scheint. Sedgwick, Darwin und Herschel neigen sich mehr zu der Ansicht, dass es eine innere, (durch Wärme oder durch chemische Verwandtschaften hervorgerufene) Molecularthätigkeit gewesen sei, durch welche eine, nach bestimmten Richtungen geordnete Umkrystallisirung eintrat, deren Erfolg sich als Schieferung kund giebt.

Wenn wir jedoch bedenken, dass die transversale Schieferung nur in stark dislocirten Schichtensystemen vorkommt, dass sie in der Regel ein mit den Schichten übereinstimmendes Streichen beobachtet, dass also ihr Streichen, eben so wie das dieser Schichten, den grossen Dislocationslinien parallel ist, so finden wir uns offenbar auf einen inneren Zusammenhang verwiesen, welcher zwischen diesem räthselhaften Structurverhältnisse und jenen grossen Bewegungen und Lateralpressungen obwaltet, die bei der Ausbildung des gewundenen Schichtenbaues in Thätigkeit gewesen sind. Wir müssen es demnach für sehr wahrscheinlich halten, dass die transversale Schieferung als das Resultat einer, durch gewaltige Lateralpressungen verursachten Umsetzung der ursprünglichen Parallelstructur oder normalen Schieferung zu betrachten ist, welche, vermöge der Fortpflanzung jenes enormen Druckes, innerhalb der noch hinreichend weichen und in ihren kleinsten Theilen verschiebbaren Schichten erfolgte, und wesentlich darin bestand, dass sich diese kleinsten Theile rechtwinkelig auf die Richtung des Druckes stellten.

Diese Ansicht, deren Zulässigkeit sich durch zweckmässige Experimente prüfen lassen würde, ist wohl zuerst mit einiger Bestimmtheit von Baur für das Rheinische Schiefergebirge ausgesprochen worden (Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 20, 1846, S. 398 ff.), indem er die Erscheinung aus einer inneren Spannung der Massen erklärte, welche da eintrat, wo solche durch einen Druck auf einen kleineren Raum zusammengedrängt wurden. Bei der Dislocation des Rheinischen Schiefergebirges wurde dasselbe einem gewaltigen Drucke unterworfen, der von Süden nach Norden wirkte; dieser Druck erzeugte die Sattel und Mulden, die Ueberschiebungen und Verwerfungen, und brachte in den Schichten eine innere Spannung hervor, welche die Ursache der Schieferung ist. Die Richtung der Schieferung musste sich durch die Richtung des Druckes bestimmen, auf welcher sie möglichst rechtwinkelig ist; da sich nun die Richtung des Druckes im Ganzen gleich blieb, so erklärt sich

daraus der auffallende Parallelismus der Schieferung über grosse Räume. Im Jahre 1847 hat Daniel Sharpe, gestützt auf sehr genaue Untersuchungen über den Zusammenhang, welcher zwischen der Stauchung und Verdrückung der organischen Formen, und zwischen der Lage der Schieferung Statt findet, gleichfalls das Resultat gefolgert, dass die Gesteinsmasse eine Compression rechtwinkelig auf die Ebene der Schieferung erlitten haben müsse, während er zugleich auf eine Expansion oder Streckung derselben in der Richtung der Falllinie jener Ebene schliesst, und zuletzt das Gesetz aufstellt, dass jene Compression der Schiefermassen durch diese Expansion compensirt worden sei; (*Quarterly Journal of the Geol. Soc. III, 1847, p. 87 ff.*). Endlich hat auch Hopkins ganz neuerdings die schieferige Structur durch die Wirkungen eines inneren Druckes zu erklären versucht.

Eine mit der transversalen Schieferung einigermaassen verwandte Erscheinung ist die parallele Zerklüftung, welche so viele Gesteine erkennen lassen. Diese Zerklüftung darf wohl nicht mit der plattenförmigen Absonderung identificirt werden, von welcher sie sich dadurch unterscheidet, dass die Klüfte eine weit grössere Ausdehnung besitzen, auch gewöhnlich in grösseren Intervallen auftreten, und bei geschichteten Gesteinen die Schichten mehr oder weniger rechtwinkelig durchschneiden. Das Merkwürdige bei dieser Erscheinung, welche übrigens auch bei Graniten, Porphyren und anderen eruptiven Gesteinen vorkommt, ist nun aber, dass sie oft durch grosse Ablagerungen eine auffallende Beständigkeit ihrer Richtung erkennen lässt, weshalb De-la-Beche vermuthet, dass sie gleichfalls durch eine allgemein wirkende Ursache hervorgebracht worden sein müsse.

Oft ist es nur ein einziges System von parallelen Klüften, durch welches grosse Gesteinsmassen in lauter parallele Bänke abgesondert erscheinen; noch öfter sind es zwei dergleichen Systeme, welche dann gewöhnlich fast rechtwinkelig auf einander sind, und daher bei geschichteten Gesteinen die quaderförmige Absonderung bedingen.

Schon Saussüre hat sich mit dieser Zerklüftung beschäftigt. Er glaubte, dass die in stark geneigten Schichten vorkommenden, und daher fast horizontalen Kluftsysteme sich zu einer Zeit gebildet haben müssen, da die Schichten noch horizontal lagen, weil die verticale Stellung solcher Klüfte in horizontalen Schichtensystemen den Beweis liefere, dass sie hauptsächlich durch die Wirkung der Schwerkraft, in Folge entweder von Senkungen oder von Neigungen des Untergrundes entstanden sind; eine Ansicht, auf welche auch Ramond durch seine Beobachtungen in den Pyrenäen geleitet wurde.

