reichen bis zur Steinkohlenperiode. Spinnen finden sich erst in der Steinkohlenperiode. Häufiger werden die Insekten im Jura, am häufigsten in der Tertiärperiode, in dieser z. B. im Bernstein.

Weichthiere finden sich in allen Gruppen, ebenso auch Strahlenthiere. In den ältesten Zeiten lebten davon andere Gattungen und Arten. Strahlenthiere waren frühere häufiger als gegenwärtig.

Bildung von Erdschichten durch Thiere und Pflanzen. Aufmerksame Beobachtung lehrt uns, dass noch heut Thiere und namentlich Pflanzen die Oberfläche der Erde in hohem Grade verändern. Gegenden, die früher mit Waldungen bestanden waren und die durch Verschwendung des sich darin bietenden Reichthums davon entblöst worden sind, haben nicht nur ihren grünen Schmuck, sondern auch ihre äussere Gestaltung verloren. Die prächtigen Hügel, Thäler und Bergrücken Oberitaliens, welche einstmals mit den Landhäusern der Römer geschmückt, mit Reben und den schönsten Baumgruppen, mit Quellen, reicher ergiebiger Humusschicht bedeckt waren, sind seit ihrer Entwaldung kahl gebrannte, durch Regengüsse von aller Humusschicht entblöste, nackte, unfruchtbare Felsrücken geworden. Dasselbe ist an den Ufern der Rhone und anderwärts in Frankreich und auch in Deutschland der Fall. Aber nicht blos mittelbar üben die Pflanzen Einfluss auf die Gestaltung die Erdoberfläche, sondern auch unmittelbar bildet sich Humus, fruchtbare Erde, die Quelle und der Boden neuer pflanzlisher Organismen fortdauernd im zunehmenden Maasse. Torf entsteht gleichfalls unausgesetzt. In gleicher Weise, aber wahrscheinlich in viel mächtigerer Art, haben die Pflanzen in früheren Perioden der Erdbildung Einfluss auf die Gestaltung der Erdoberfläche geübt und durch die Mächtigkeit ihrer Zusammenhäufung ganze Erdschichten, die Stein- und Braunkohlenlager gebildet. Ebenso mächtig hat sich das Thierreich bei der Bildung von einzelnen Erdschichten betheiligt. Hier sind es die kleinsten Thiergattungen, welche die bedeutendsten Veränderungen unserer Erdoberfläche hervorgebracht haben. Die Infusorien, von denen mehrere Millionen kaum den Raum einer Kubiklinie einnehmen, sind in manchen Gesteinen z. B. dem Kieselguhr und auch in Torflagern oft so mächtig, dass diese in ihrer mächtigen meilenweiten Ausdehnung als dicht aus Infusorien zusammengesetzte Lager zu betrachten sind. Die Foraminiferen, kleine Korallenthiere, machen durch ihre ungeheure Anhäufung in einigen Häfen des Mittelmeeres diese für Schiffe unfahrbar; ebenso bildeten Thiere derselben Gattung unsere Kreidegebirge. Die Korallenriffe, welche die Unterlage von ganzen Inselgruppen z. B. in der Südsee bilden, sind mit einer 30—40 Fuss dicken Schicht bedeckt, welche ganz aus den Wohnungen kleiner Muschelthiere bestehen.

Specielle Geognosie.

Gesteinslehre.

Gebirgs- und Felsarten.

Schon bei der Charakteristik der einzelnen Mineralien hat es sich ergeben, dass deren Vorkommen in Rücksicht auf ihre Mächtigkeit und Ausdehnung ein sehr verschiedenes ist. Einige von ihnen sind selten, kommen in ihren Fundorten isolirt oder eng begrenzt, eingesprengt in andere Mineralien, oder durch den Einfluss späterer Erdbildungen aus ihren ursprünglichen Lagerungsstätten fortgerissen immer aber vereinzelt vor, so z. B. der Diamant und andere Edelsteine, die Erze der edlen Metalle etc. An-

dere Minerale dagegen treten mächtiger auf, sie bilden Lager von grosser Mächtigkeit oder füllen weite Gänge und Adern wie z. B. Eisen-, Zink-, Zinn-, Blei- etc. Erze. Endlich treten verhältnissmässig nur einige wenige Mineralien in so grosser Ausdehnung und oft so ungeheurer Mächtigkeit auf, dass sie durch ihre ganz überwiegend vorherrschende Masse, die aller anderen an demselben Theile der Erdrinde vorhandenen Mineralien in Abhängigkeit von sich erscheinen lassen. Sie umgeben, bedecken oder schliessen alle anderen Mineralien ein und bilden, wenig verändert durch diesen fremden Gehalt, an der Stelle der Erdoberfläche, an welcher sie herrschen, in der Eigenthümlichkeit ihrer Bildungsformen den Grundtypus der Gestaltung der äusseren und inneren Erdrinde. Diese Mineralien nennt man vorzugsweise Gesteine oder Gebirgs- und Felsarten.

Gleichartige oder einfache und gemengte Felsarten. Die Charakteristik der Felsarten lässt sich nicht so eng begrenzen, wie die der einzelnen Mineralien. Die zwei Hauptanhaltspunkte für diese, die chemische Zusammensetzung und die Krystallisation sind in Rücksicht auf die Felsarten aus dem Grunde nicht zu verwenden, weil die chemischen Bestandtheile der Felsarten in den weitesten Grenzen wechseln und die Felsarten mit seltenen Ausnahmen, keine Krystallform zeigen. Man charakterisirt die Felsarten daher vorwiegend nach empyrischen Merkmalen.

Betrachtet man ein Stückchen eines Kreidefelsens oder eines Gypsbruches und dagegen ein Stück Granit, so bemerkt man, dass Kreide und Gyps in den einzelnen Stückchen und in dem gesammten Kreidefels oder Gypsbruche überall ein Gemenge gleichartiger Theile sind, während Granit aus einem Gemenge ungleichartiger Theilchen — Quarz, Feldspath, Glimmer — besteht. Dieselben Unterschiede zeigen alle Felsarten. Diejenigen, welche aus Gemengen gleichartiger Theilchen bestehen, hat man einfache oder gleichartige Felsarten oder Gesteine, diejenigen dagegen, welche aus ungleichartigen Theilchen zusammengesetzt sind, gemengte oder ungleichartige Felsarten oder Gesteine genannt.

Gleichartige oder einfache Felsarten.

Sie sind meist einfarbig, weil sie immer vorwiegend nur aus einem Minerale bestehen. Die meisten und wichtigsten gleichartigen Felsarten z. B. Kohle, Steinsalz, Kalkstein, Gypsfels, Kalk und Thonmergel, Quarz, Braun-, Thon-, Magneteisenstein etc. haben wir bereits in der Oryktognosie kennen gelernt.

Gemengte Felsarten.

Unter den Felsarten, welche ein mehr oder weniger deutliches Gemenge verschiedener Mineralien sind, unterscheidet man solche, deren Gemengtheile Krystallkörnchen, Blättchen oder sehr feine staubähnliche Form haben und bei denen diese Gemengtheile ohne ein eigentliches Bindemittel, sondern nur durch Einigung unter sich verbunden sind. Diese Felsarten nennt man krystallinische gemengte Felsarten. Nächst diesen giebt es gemengte Felsarten, deren Gemengtheile aus eckigen oder abgerundeten Stücken, aus grösseren oder kleineren Ueberbleibseln zertrümmerter Felsarten bestehen, welche durch thonige, kalkige oder kieselhaltige Bindemittel zusammengehalten werden; diese gemengten Felsarten bezeichnet man durch Mörtelgestein oder Trümmer-Gemengfelsarten.

Krystallinisch gemengte Felsarten.

Die wichtigsten krystallinischen gemengten Felsarten sind: Gneiss bestehend aus Quarz, Glimmer und Feldspath; Glimmerschiefer, Glimmer und Quarz; Urthonschiefer, Glimmer, Quarz, Feldspath, zuweilen mit Kohle und Talk; Granit, Quarz, Feldspath, Glimmer; Syenit, Feldspath und Hornblende; ferner Grünstein, Diorit; Porphyr, Phonolith, Basalt, Trachit u. a. m.

Mechanisch gemengte Gesteine.

Unter die aus grösseren oder kleineren Bruchstücken zertrümmerter Felsarten, die auch als Mörtel- oder Trümmergesteine bezeichnet werden können, gehören: die Breccie, die Conglomerate, die Sandsteine, dann Kies, Sand, ferner Mergel, Thon, Tuff und Dammerde.

Die Entstehungsart der Felsarten.

Entstehung der Erde. Die Enstehung der Erde und die Bildung ihrer Oberfläche ist in der verschiedensten und widersinnigsten Weise erklärt worden. Alle Völker und Zeitalter haben eine andere Erklärung gehabt; mystische, poetische und sogenannte natürliche Theorien sind auf einander gefolgt. In der neuesen Zeit haben die Neptunisten und Vulkanisten sich viel über die Bildungsart der Erdrinde gestritten. Die ersteren (Neptunisten) gingen von der Ansicht aus, dass die feste Erde sich nach und nach aus einer ursprünglichen wässrigen Lösung durch Niederschläge gebildet habe. Die Plutonisten oder Vulkanisten dagegen nahmen an, dass die feste Erde ursprünglich in feurig flüssigem Zustande gewesen sei und durch allmälige Abkühlung der Oberfläche in den festen Zustand übergegangen sei. Beide Theorien der Erdbildung sind in der neueren Zeit von zwei geistreichen und hochbegabten Menschen Laplace und Kant in eine neue Theorie der Erdbildung combinirt worden. Alle anderen neuesten Forschungen und Beobachtungen sind den von ihnen gezeigten Weg gegangen und haben unser Wissen erweitert und entwickelt. In allgemeinen Umrissen ist diese Theorie folgende:

Vor dem Bestehen der Erde als Weltkörper sind die Bestandtheile derselben vereint mit den Bestandtheilen aller Weltkörper unseres Sonnensystemes in dampfförmigem Zustande in einem ungeheueren Dunstballe geeint gewesen, dessen Umfang so gross gewesen ist, als er jetzt durch den Umkreis der Uranus-Bahn bezeichnet wird. Durch Anziehung hat sich in diesem Dunstballe allmälig ein dichterer Kern und endlich eine feurig flüssige Wandlung der Bestandtheile erzeugt. In letzterem Zustande sind aus dem gemeinschaftlichen Urweltkörper die Planeten hervorgegangen und die Sonne, der in seiner Masse gegen die Masse der Planeten noch ungeheuer überwiegende Restbestandtheil geblieben. Um die Sonne haben die Planeten in dem Verhältniss zu ihrer Masse den Gesetzen der Gravitation folgend, ihre Bahnen begonnen.

Die feste Erdrinde. Unsere Erde, einer dieser aus dem Urweltkörper stammenden Planeten, ist ursprünglich eine glühende Masse gewesen, in welcher alle heutigen Bestandtheile durch eine sehr hohe Tem-

peratur in feurig flüssigem Zustande gehalten worden und ist von einer, aus den bei dieser Temperatur gasförmigen Körpern gebildeten Atmosphäre umgeben gewesen. Alle die feuerbeständigen Verbindungen der Thonerde, Talkerde, Kieselsäure etc. sind damals flüssig gewesen; das Wasser befand sich als Dampf in der Atmosphäre und mit ihm die Dämpfe der Haloide etc.

Allmälig hatte die glühend flüssige Erde Wärme nach dem Weltraume ausgestrahlt und ist in Folge dessen auf der Oberfläche erkaltet. Die schwer schmelzbaren Gemengtheile begannen sich als krystallinisch blättrige, feste Krystalle auszuscheiden und eine mehr und weniger erhärtende Rinde um den glühend flüssigen Erdkern zu bilden; es war dies der Anfang der Bildung der Erdoberfläche.

Urmeer. Damit zusammen fällt die durch die Abnahme der Temperatur erzeugte Condensation der weniger flüchtigen Dämpfe der Atmosphäre, die Bildung des Urmeeres, welches dann auch in dem Vorhandensein einer festen Erddecke die Stätte zur Abscheidung fand.

Schichtgesteine. Von hier ab ist die Fortentwickelung und Umbildung der Erdoberfläche, theils durch die Wechselwirkung zwischen den Bestandtheilen der flüssigen und festen Erddecke, theils durch die Reactionen des feurig flüssigen Erdinnern gegen seine erhärtende Hülle und die im Gefolge stattfindenden mechanischen Momente erfolgt.

Das Urmeer hat nicht wie das jetzige blos einige Chlor-, Brom-, Jod- etc. Verbindungen enthalten, sondern es sind damals in demselben alle condensirten Verbindungen des Schwefels, Fluors, Chlors, Broms, Jods etc. ausserdem grosse Mengen Kohlensäure enthalten gewesen. Dem Urmeere wohnt also ungleich grössere Lösungsfähigkeit inne, als dem gegenwärtigen. Diese hat es, unterstützt von der noch herrschenden hohen Temperatur auch ausgeübt. Grosse Massen von der aus Kieselsäureverbindungen der Thonerde, Talkerde, Kalkerde bestehenden erkalteten Erdrinde sind wieder aufgelöst und bei weiter fortschreitendem Erkalten in veränderter Zusammensetzung als Schichten von kieselsaurer Thonerde, kieselsaurer Kalkerde, Kieselsäure als Sandstein etc. ausgeschieden worden. Dies ist der Zeitpunkt der Bildung der ältesten Schichtengesteine, der ältesten Schiefer, Grauwackenbildung und des Uebergangsgebirges gewesen.

Organisirte Wesen. Zugleich mit der Bildung der Schichtengesteine beginnt die Erstehung organisirter Wesen. Pflanzen und wahrscheinlich gleichzeitig mit ihnen Thierwesen, beiderseits den untersten Entwickelungsgraden angehörend, begannen damals zu leben.

Eruptive Bildungen. Aus der Einwirkung des Urmeeres, aus der allmälig weiter fortschreitenden Condensation der in der Atmosphäre vorhandenen Gase und Dämpfe und der Reaction und Wechselwirkung der verdichteten flüchtigeren chemischen Verbindungen mit der erkalteten Erdrinde, ihrer fortschreitenden Zersetzung und Ablagerung in anderer Zusammensetzungen und in Schichtenlagen ist jedoch die Gestaltung der Erdoberfläche nicht allein hervorgegangen. Die feste Erddecke musste sich in Folge ihres Erkaltens zusammenziehen. Hierdurch sind Spalten und Risse entstanden, durch welche die innere glühende flüssige Masse, emporgetrieben durch den ungeheuren Druck der sich zusammenziehenden Erdrinde, sich ergossen und, an der Oberfläche erkaltend und erstarrend, hat sie sich zu immer höheren und mächtigeren Erhebungen aufgethürmt. Dies ist der Zeitpunkt des Entstehens der ältesten Massengebirge oder der ältesten krystallinischen,

granitischen Gesteine gewesen. Dieser Zeitpunkt ist nicht rasch beendigt oder eben ein abgeschlossener gewesen. Die Massengesteine haben an den Stellen, wo ihre Erhebung geschah, die gebildeten Schichtengesteine durchbrochen und bedeckt. Durch die dabei vorgehenden gewaltigen Erdreactionen sind auch hie und da schon vorhandene organische Wesen getödtet, von dem Massenstrome überfluthet und später versteinert. Das Erkalten der Erdrinde und damit auch ihr Druck auf die innere Erdmasse ist aber fortgeschritten. Weil die Erdrinde dann eine schon viel bedeutendere erkaltete und erhärtete Schicht ausgemacht hat, so ist das Gegengewicht derselben gegen diesen Druck auch grösser gewesen. Um so mächtiger und grossartiger ist aus diesem Entgegenwirken dann der Erfolg gewesen, wenn ein Ausfluss der Erdmasse, und in Folge dessen eine Erhebung derselben zu Gebirgsmassen geschehen ist. Dies ist der Zeitpunkt der Bildung der jüngsten Massengebirge, der höchsten unserer Erde, der Alpen, Anden, Himalaya etc., die aus jüngeren krystallinischen, granitischen Gesteinen bestehen, gewesen. Wasser, in seiner damaligen Zusammensetzung, das sich in die erstehenden Erdspalten ergossen und folgend dem Einflusse der Schwere durch dieselben mit der hoch erhitzten inneren Erdmasse in Berührung gekommen und dadurch urplötzlich und in ungeheuerem Maasse zu überhitzten Wasserdämpfen verwandelt worden ist, hat durch die gewaltige ausdehnende Macht der furchtbar hoch gespannten Dämpfe die Spalten erweitert und so mittelbar jene Erhebungen veranlasst.

Steinkohlenbildungen. In den ungleich längeren Perioden, die zwischen den Erhebungen der jüngeren Massengebirge gelegen, hat auch das Leben und die Entwickelung organisirter Wesen in viel ausgebreiteterem und mächtigerem Maassstabe stattgefunden. Höher entwickelte Pflanzen und Thiergattungen haben damals gelebt. An die Farrenkräuter der früheren Perioden haben sich damals Monokotylen, Nadelhölzer und Palmen, an die Polypen, die Fische, Lurche und Schalenthiere in grossen Massen geschlossen. Insbesondere haben sich damals Pflanzen, unterstützt durch die immer gleich hohe Temperatur und die grossen Massen von Kohlensäure in der Atmosphäre in ausserordentlicher Fülle entwickelt. Der noch immer warme lockere Boden der Schichtengesteine hat sich in kurzer Zeit dort wo er durch die Reactionen des Erdinnern aus dem Wasser erhoben war, mit einer dichten reichen Decke pflanzlicher Organismen bedeckt. Die Allgewalt der inzwischen immer wieder eintretenden Erdrevolutionen, die Erhebung der Erddecke an einzelnen Orten, die damit verbundene Stauung der Gewässer an anderen, hatte dort, wo sie stattgefunden, auch das allermächtigste organische Leben überwunden, Wälder geknickt, überdeckt oder entwurzelt, pflanzliche Organismen zu mächtigen Holzbergen gethürmt, später mit den Bildungstheilen der jüngeren Schichtengesteine überfluthet und dann unter dem Riesendrucke der abgelagerten und allmälig erhärtenden Gesteine und der noch herrschenden hohen Temperatur zu dichten festen Massen gebildet. Dies war die Periode und die Entstehung der Steinkohlenbildungen.

Flötzgebirge. In ungeheueren Zeiträumen, aus fortgesetzter Wechselwirkung des Wassers und der in demselben gelösten Bestandtheile, mit der jedesmaligen obersten Erddecke, oder mit der zufällig oder durch die inzwischen niemals ganz unterbrochenen Reactionen des immer noch flüssigen, aus Lava, Basalt, Porphyr, Grünstein bestehenden Erdinnern, bildeten sich die späteren Gesteinsschichten. Theils weil das Wasser durch das fortschreitende Eingehen von Verbindungen Seitens der in ihm ursprünglich gelöst gewesenen Säuren seine zersetzende Kraft mehr und mehr ein-

gebüsst hatte, theils weil auch die Reactionen des Erdinnern seltener und beschränkter wurden, wurde auch die mechanische Gewalt der Wasserströmungen weniger mächtig, die aufgewühlten emporgehobenen Gesteinstheilchen weniger schwer und hierdurch sowohl, als durch das Mangeln der Bindemittel und durch den geringen Druck gestalteten sich die späteren Gesteinsschichten, die secundären oder Flötzgebirgsschichten, Muschelkalk, bunter Sandstein, Kreide, Quadersandstein etc. weniger dicht, aber um so mächtiger durch ihre Masse, Ausdehnung und Verbreitung.

Tertiäre und quaternäre Bildungen. Aber auch nach der *Bildung* des Flötzgebirges sind die Ursachen und Wirkungen der Veränderung der Erdoberfläche vorhanden geblieben, nur haben sie sich in ihrer Intensität nach und nach verringert. Sowohl die chemische Lösungsfähigkeit der Gewässer, als die mechanische Gewalt derselben ist nach und nach schwächer geworden. Dieserhalb verloren die später entstehenden Gesteine den festeren Zusammenhang und den Charakter gewaltsamer Veränderungen. In dieser Weise sind die Schichten entstanden, die unter der Bezeichnung tertiäre und quaternäre Bildungen die obersten Lagen der Erdenrinde bilden.

Vulkane und vulkanische Gesteine. Nach unserer Vorstellung ist nach der Bildung der Urfelsarten die innere Masse der Erde noch nicht vollständig erhärtet geworden. Der Kern unserer Erde — nach jener Vorstellung der überwiegend grösste Theil dieser — befindet sich noch gegenwärtig in feurig-flüssigem Zustande. Die erkaltete Erdmasse ist nicht eine absolut dichte Masse, sondern ist in ihrem Innern durch eine grosse Menge von Klüften und Spalten zerrissen, die nicht selten in ausgedehntem Maasse zusammenhängen und einerseits bis auf die glühende flüssige Erdmasse, andererseits bis dicht an die Erdoberfläche reichen. Gelangt in das System von Klüften und Oeffnungen Wasser, so stürzt dies, von Kluft zu Kluft weiter dringend, endlich auf die glühend flüssige Erdmasse. Die Wirkung davon steht im Einklang mit dem dadurch erzeugten plötzlichen Entstehen furchtbar überhitzter und gespannter Wasserdämpfe. Die mit den Klüften in unmittelbarer Verbindung stehenden Gesteine werden durch die fürchterliche Gewalt in ihren Grundfesten erschüttert und theilen die Erschütterung ausgedehnten Länderstrecken, oft ganzen Welttheilen mit. Das Phänomen selbst ist das Erdbeben. Finden die erhitzten Dämpfe Auswege an die Oberfläche der Erde, so entweichen sie hier und führen dabei Asche, leichte Gesteine, Bimstein etc. mit sich. Sowie aber diese Auswege verschlossen bleiben und die auf so furchtbare Art erhitzten und durch die Absperrung von Aussen gewaltig gespannten Dämpfe unmittelbar auf den inneren flüssigen Erdkern drücken, so zwingen sie denselben zu einer Erhebung. Durch die der flüssigen Erdmasse innenwohnende hohe Temperatur werden alle Gesteine, die von dem Flusse berührt werden, geschmolzen und mit in den Fluss hineingezogen. Es durchbricht die feurig flüssige Masse, getrieben von dem Druck der Dämpfe, endlich die absperrende Erddecke und fliesst in glühenden Strömen so lange aus, bis die Spannkraft der Dämpfe nachgelassen und die Gewalt über jene eingebüsst hat. Die durch Klüfte und Spalten mit dem Erdinnern verbundenen und bis an die Erdoberfläche reichenden ungeheuren Schlote nennt man Vulkane. Fig. 270.

Die Oeffnungen derselben nach der Oberfläche der Erde liegen in kegelförmigen Erderhebungen, in denen trichter- oder kesselförmige Vertiefungen (Krater) gebildet sind. Der Aetna hat an 700 Krater, welche aber fast alle durch erhärtete Lavamassen geschlossen sind. Bei den noch jetzt thätigen Vulkanen stei-

gen aus einer oder mehreren Oeffnungen fortdauernd Dämpfe, Gase, Asche in die Höhe. Schliessen sich diese Oeffnungen zeitweise sämmtlich, so erfolgen Erdbeben und endlich Ausbrüche. Dem letzten Ausbruche des Vesuvs (1858) gingen die fürchterlich zerstörenden Erdbeben in Neapel voraus. Zur Zeit dieser staueten sich die Wasser der Nordsee an den Küsten Hollsteins 4—5 Fuss hoch. Frühere Ausbrüche und Aschenregen des Vesuvs haben Herculanum und Pompeji verschüttet. Die gegenwärtig in Europa noch thätigen Vulkane sind: der Vesuv, Aetna, Stromboli, Hecla und noch einige unbedeutendere isländische Vulkane. Erloschene Vulkane sind dagegen sehr häufig, namentlich auch in Deutschland in der Eifel am Rhein etc. Ausgezeichnet durch ihre Höhe und die Mächtigkeit ihrer Eruptionen sind die Vulkane der Andenkette. Einzelne derselben, z. B. der Cotapaxi sind nahe an 18,000 Fuss hoch. Die glühenden flüssigen oder halbflüssigen Gesteinsmassen haben, indem sie erhärteten, die vulkanischen Gesteine gebildet.

Feuerbildungen und Wasserbildungen. Nach der erwähnten Theorie der Erdbildung denkt man sich sämmtliche die Erdoberfläche bildende Gesteinmassen hervorgangen aus zwei, von einander durch die darin auftretenden Kräfte verschiedenen, grossen Bildungsprocessen.

Innerhalb des einen denkt man sich die Bestandtheile des Erdenkörpers, ihr Verhalten gegen einander, die daraus hervorgegangenen Bildungen geschehen unter dem Einflusse der Wärme. Da eine chemische Wechselwirkung der die Erddecke bildenden Körper nur im flüssigen Zustande möglich ist, vielfache Folgerungen und thatsächliche Beobachtungen, z. B. bei noch thätigen Vulkanen, dies auch unterstützen, so denkt man sich für diese Bildungsvorgänge die Bestandtheile der Erdoberfläche in geschmolzenem, oder doch in halbflüssigem glühendem Zustande. Alle Gesteine, welche innerhalb dieses Bildungsprocesses entstanden sind und noch entstehen, begreift man unter der Bezeichnung Feuerbildungen oder plutonische Gesteine. Mit der Entstehung des Urmeeres zu einer Zeit, innerhalb welcher dasselbe durch die allmälige Erkaltung der Oberfläche bestehen konnte, tritt das Wasser als ein weiteres Uragens auf. Es beginnt eine neue Phase, in welcher das Wasser, unterstützt durch die hohe Temperatur und die in dem Wasser gelösten chemischen Verbindungen, das Verhalten derselben gegen einander in diesem gelösten Zustande, ferner die furchtbare mechanische zertrümmernde Gewalt überhitzter Wasserdämpfe und die wieder aufbauende anschwemmende Thätigkeit des condensirten Wassers in Scene tritt. Die gesammten Gesteinsmassen, welche sich als Bildungen dieser Phase, von dem Auftreten des Urmeeres an bis zur Gegenwart charakterisiren, begreift man unter der Bezeichnung Wasserbildungen oder neptunische Gesteine. —

Plutonische und vulkanische Gesteine. Insofern wir noch in der Gegenwart die Bildung vulkanischer Gesteine aus feurig flüssigen Gesteinsmassen erfolgen sehen reicht die Herrschaft der Feuerbildungen von dem Beginn der Bildung der ersten, aus feurig flüssigem Zustande erhärtenden Erdrinde bis in unsere Zeit. In Rücksicht aber auf die Ausdehnung und die Herrschaft dieses Feuerbildungsprocesses ist zwischen ehemals und jetzt ein sehr grosser Unterschied. Einstens, d. h. in der frühesten Periode, war der Feuerbildungsprocess der allgemein herrschende. Die ganze Erde war in feurig flüssigem Zustande. Durch Erkaltung bildete sich die erste Erddecke. Diese Erddecke wurde durch fortschreitende Erkaltung mächtiger und mächtiger. Sie zog sich zusammen und übte hierdurch einen furchtbaren Druck auf den innern flüssigen Kern aus. Endlich musste dieser sich erhöhende Druck zu einem Durchbruch und zu einem

Hervorquellen der inneren geschmolzenen oder gallertartigen Massen führen. Diese beide Phasen, die natürlich auf den Berührungspunkten im Innern der Erde in einander übergehen, begreift man unter der eigentlichen plutonischen Epoche und die Gesteine selbst bezeichnet man als eigentliche plutonische Gesteine. Diejenigen plutonischen Gesteine, welche die erste erkaltende Erddecke bildeten (Gneis, Glimmerschiefer, Urthonschiefer etc.), welche in Folge dieser Bildung eine dem entsprechende gleichmässige Lagerung haben müssen, bezeichnet man als krystallinische Schiefergesteine, eigentliches Urgebirge; dagegen jene plutonischen Gesteine, welche durch gewaltsames Hervorquellen, aber in der erwähnten primitiven Weise ohne Mitwirkung von Vulkanen entstanden sind, als eruptives Gestein, krystallinisches Massengebirge. Feuerbildungen unter dem Einflusse vulkanischer Thätigkeit sind die vulkanischen Gesteine.

Sedimentgesteine. Alle neptunischen Gesteine sind entstanden als Niederschläge, entweder in Folge chemischer Wechselwirkung, oder blos nach dem Gesetz der Schwere aus den im Wasser in fein vertheilten Zustande befindlichen Stoffen. Wie verschieden auch sonst die Bestandtheile älterer und jüngerer neptunischer Gesteine, der Uebergangs-, Flötz-, tertiären und quaternären Gebirge sind, ihrer Entstehungsart nach sind sie alle Sedimentgesteine. —

So wahrscheinlich diese unsere gegenwärtige Grundanschauung von der Entstehung der festen Erdrinde und die daraus gefolgerten und weiter ausgedehnten Erklärungen auch erscheinen, so muss doch nicht vergessen werden, sie als das zu betrachten, was sie sind: als diejenige Naturanschauung, welche wir vermöge unseres jetzigen Standes des Wissens und Beobachtens einnehmen. Es ist gewiss, dass *dieselbe, wenigstens soweit, als sie sich nicht auf wirkliche Beobachtungen, sondern nur auf Annahmen stützt* — und dies thut sie zum allergrössten Theile — kommenden Zeitaltern eben so absurd erscheinen wird, als uns gegenwärtig die des Aristoteles. Wir müssen nicht vergessen, dass wir diese Anschauung unternehmen von dem gegenwärtigen Standpunkte unserer geistigen Entwickelung, und dass dieser Standpunkt kein abgeschlossener, beendeter ist, ja dass wir uns aufrichtig sagen müssen, wie mangelhaft, unvollkommen derselbe ist. Ferner vergessen wir nicht, dass wir den Einfluss der Kräfte und der durch sie erzeugten Wechselwirkung nach unseren gegenwärtigen Beobachtungen voraussetzen, dass dieser Einfluss aber wahrscheinlich ein ganz anderer geworden ist. Aus solchem Grunde wird die genaue Feststellung der Bildung der Erdoberfläche auch dann nicht möglich sein, wenn Jahrtausende der fortströmenden geistigen Entwickelung des Menschengeschlechtes diesem noch ganz andere, unendlich grössere, von uns nicht geahnete geistige Mittel verschafft haben werden.

Dies alles wird hier gesagt, um der angedeuteten Anschauung den empyrisch-chemischen Gesichtspunkt zu nehmen, den sie überwiegend anzunehmen beginnt und der Lehrer und Schüler veranlasst, die darnach gemodelte Geschichte der Schöpfung unseres Erdballes und seiner Oberfläche wie ein Dogma zu behandeln. Ein solches ist sie aus den erwähnten Gründen nicht. Sehr wahrscheinlich wird uns eine geläuterte Anschauung lehren, dass wir die Erde innerhalb der gegenwärtigen und der vergangenen Phasen ihrer Bildung als ein Organon, ein Wesen, zu betrachten haben. Ist sie ein solches, erhält und entwickelt sie sich aus der Urquelle eines organischen Processes heraus, so werden ihre Entwickelungsvorgänge und Ergebnisse aus der Eigenthümlichkeit dieses Wesens, wie es von dem Schöpfer der Welten geschaffen ist, zu erklären sein. Bildungsvorgang

und Entwickelung, Innen- und Aussenleben, Lagen, Schichten, Kern und Hülle der Erde würden dann in ihren grossen allgemeinen und besonderen Gestaltungen aus eigenthümlichen organischen Lebensakten zu erklären sein, welche ganz gewiss nicht nach dem doctrinären chemisch-mechanischen Taufzeugniss des neunzehnten Jahrhunderts vorgegangen sind.

Alter und Lagerung der Gesteine.

Von dieser Grundanschauung aus unternimmt und würdigt man am entsprechendsten die Anwendung der herrschenden Idee auf das Alter und die Lagerung der die feste Erdrinde bildenden Gesteine.

Die verschiedene Entstehungsart der Gesteine rückt die Bildung derselben auch in verschiedene Zeitepochen. Diese Epochen sind ganz gewiss nicht eng begrenzt gewesen, sondern nach den Begriffen, die wir nach unserem kurzen Leben von der Zeit haben, ungeheuer, vielleicht zu Jahrtausenden oder Jahrmillionen ausgedehnt gewesen. Ebenso gewiss ist die Bildung der Gesteine auch nicht nach einem Schematismus, etwa hinter einander erfolgt, sondern jedenfalls vielfach ineinander greifend vor sich gegangen. Die Folgerungen, die wir daraus für das Alter der Gesteine ziehen, können nur ganz allgemeine sein. Dass sich das Bildungsalter der Gesteine auch in einer gewissen Lagerung der Gesteine, in einem bestimmten Verhältniss der Lage der Gesteine gegen einander, je nach ihrem Alter ausdrücken musste, liegt nahe. Aber zu vergessen ist dabei nicht, dass wir nicht von der Kenntniss des Alters auf die Lagerung, sondern umgekehrt von der Lagerung und den Bestandtheilen der Gesteine auf das Alter geschlossen haben. Die Beobachtungen, denen wir diese Kenntniss verdanken und auf denen somit auch die Folgerungen basiren, sind noch sehr dürftig, sie erstrecken sich nur auf einen ganz verschwindend kleinen Theil des Erdoberfläche, auf Deutschland, England, zum geringeren Theile auf Frankreich und die Schweiz. Sie reichen aber auch hier nur in ganz geringer Tiefe in das Erdinnere und rechtfertigen durchaus nicht unser, nach jeder Richtung hin fertiges und abgerundetes vermeintliches Wissen und unsere kühnen Folgerungen. So hat, um ein Beispiel anzuführen, aus wenigen Versteinerungen, welche Alexander von Humboldt in den Hochthälern der Cordilleras von seiner berühmten Reise gesammelt hatte, Leopold von Buch 38 Jahre später beweisen wollen, dass die ungeheuren weit ausgedehnten Kalksteingebilde der Andenkette zur Kreideformation gehören und sich gleichzeitig mit den Kreidefelsen von Rügen und England gebildet haben. Es wird dies gesagt, um unser vermeintliches Wissen in Rücksicht auf das Alter und die Lagerung der Gesteine nicht über seinen wirklichen Werth zu erheben.

Krystallinische Schiefergesteine- oder eigentliche Urgebirge. Diejenigen Gesteine, welche bei der Erkaltung der Erde sich zuerst ausschieden, müssen natürlich auch die ältesten aller Gesteine, das eigentliche Urgebirge sein. Wenn man sich vorstellt, dass dieser Erkaltungsprocess ohne Störung vor sich gegangen sein könnte, so ist es natürlich, dass die sich ausscheidenden Gebilde von Aussen nach Innen in gleichmässigen über einander zu liegen kommenden Schichten sich gestalten mussten. Dies ist in der That auch die Lage, in der wir dieses älteste der Gesteine vorfinden. Die Gesteine, die es bilden, haben sich in krystallinischer Form aus der feurig flüssigen Masse ausgeschieden und haben dieserhalb und wegen ihrer gleichmässigen Lagerung die Bezeichnung krystallinisches Schiefergebirge erhalten. Da die Erde überall gleichmässig erkaltete, so müssen diese kry-

stallinischen Schiefergesteine überall verbreitete Gesteine sein. Dies ist auch thätsächlich der Fall.

Würde nach Bildung der ersten festen Erddecke durch die krystallinischen Schiefergesteine die Weiterbildung der Erddecke nach Innen durch gleichmässig fortschreitende Erkaltung, nach Aussen durch allmäliges gleichmässiges Lösen und Ablagern entstanden sein, so würden wir das Alter der Gesteine von dem Zeitpunkte der Bildung der krystallinischen Schiefergesteine nach dem Innern der Erde und nach Aussen zu gleichmässig verfolgen können. Die letzten erkalteten Schichten nach Innen zu und die letzten abgelagerten Schichten nach Aussen zu, müssten die jüngsten, die dazwischen liegenden im Verhältnisse jünger oder älter sein. Wie wir gesehen haben, ist aber weder die Erkaltung nach Innen zu, noch die Ablagerung nach Aussen zu, ohne Störung, vielmehr unter gewaltsamen heftigen Reactionen und Revolutionen vor sich gegangen, so dass die Lagerung der Gesteine über und unter einander nicht immer auch zugleich das Alter derselben anzeigt.

Krystallinische Massen- oder Eruptiv-Gesteine. Die krystallinischen Massengesteine sind gebildet worden, aus der bei der Bildung des krystallinischen Schiefergesteines noch flüssig gebliebenen Erdmasse. Der zusammenpressende Druck der festwerdenden Erddecke ist die Ursache des Hervorquellens gewesen. Die flüssige, oder gallertartigbreiige Masse ist in ungeheurer Menge hervorgedrungen und im Hervorquellen erkaltet. Es fehlt diesen Gebilden jede Schichtung; daher der Name Massengebirge. Die Bestandtheile derselben sind jenen der krystallinischen Schiefergebirge ähnlich, nur waren es die weniger streng flüssigen Silicate. Beim Erkalten schieden sich die Gebilde in Krystallen, oder in krystallinischem Zustande aus, daher die Bezeichnung krystallinische Massengesteine. Zwischen der Bildung der krystallinischen Schiefergesteine und dem Hervordringen der Massengesteine mögen tausendjährige Zeiträume liegen. Nach Aussen zu war inzwischen die Bildung neptunischer Gesteine erfolgt. Auf dem Wege, den die krystallinischen Gesteine bei ihrem gewaltsamen Hervordringen nahmen, durchbrachen sie nicht nur die krystallinischen Schiefergesteine, sondern auch neptunische Gesteine, und indem sie sich über dieselben ergossen, überdeckten sie dieselben. Wir finden Granit in fast allen Fällen, ganz besonders aber in den jüngsten krystallinischen Massengebirgen der Anden, über Sedimentgesteine lagern. Einige Sedimentgesteine (Grauwacke) sind daher älter als die krystallinischen Massengesteine.

Sediment oder Schichtgesteine. Weil die Sedimentgesteine sich durch Ablagerung aus dem Wasser gebildet haben, so müssen sie in parallelen übereinander gelagerten Schichten entstanden sein. Diese Schichtung ist thatsächlich auch in ihrer Struktur vorherrschend und man bezeichnet im Allgemeinen die Sedimentgesteine auch als Schichtgesteine, oder als geschichtete Gesteine. Wegen ihrer Bildung aus dem Wasser heissen sie im Allgemeinen auch Flötzgesteine.

Aelteste Sedimentgesteine oder Uebergangsgebirge. Alle Sedimentgesteine müssen natürlich jünger sein, als die krystallinischen Schiefergebirge, weil sie erst aus jenen sich gebildet haben. Auch ihre Lagerung muss in Beziehung zu den krystallinischen Schiefergebirgen davon abhängig sein. Die Sedimentgesteine, auch die ältesten derselben, das Uebergangsgebirge, (Grauwackengestein) liegen immer über dem krystallinischen Schiefergebirge.

Flötzgesteine. Die Sedimentgesteine müssen, nach dem Gesetz der Schwere, bei ihrer Bildung als Absatz aus dem Wasser nothwendig in

parallelen Lagen sich gebildet haben, vorzugsweise also eine schiefrige Gestaltung erhalten haben. Dieses ist auch der Fall. Man nennt daher die Sedimentgesteine im allgemeinen wohl auch Schiefer- oder Flötzgestein. Flötzgestein insbesondere nennt man jenes Gestein, welches sich nach dem Uebergangsgestein und zwar aus diesem gebildet hat. Das Flötzgebirge kommt daher zu dem Uebergangsgebirge in Beziehung auf Alter und Lagerung in dieselbe Lage, als das Uebergangsgebirge zu dem krystallinischen Schiefergebirge. Das Flötzgebirge ist jünger, als das Uebergangsgebirge und liegt immer über demselben.

Tertiärgebirge enthält Wasserbildungen, die auch in dem Flötzgebirge enthalten sind, ist daher jünger, als dieses und lagert über demselben. Ebenso verhalten sich die jüngsten oder quaternären Bildungen zu dem tertiären Gebirge.

Geognostisches System.

Eine Zusammenstellung der gesammten die Erde bildenden Gesteinsmassen, nach der Art ihrer Bildung und dem Alter ihrer Entstehung, in Formationen, Gruppen und Glieder nennt man ein geognostisches System.

Formation oder Bildung ist ein unter denselben Zeitverhältnissen entstandener Theil der Erdrinde. Dies vorausgesetzt, werden die Gesteinsarten einer Formation sich dann immer unter ähnlichen oder nahe zu ähnlichen Bedingungen gebildet haben, daher auch überwiegend denselben Charakter der Lagerung und des Vorkommens zeigen. Zur Bestimmung und Abgrenzung der Formation dient ganz besonders, entweder der gänzliche Mangel an Versteinerungen (Land-, Süsswasser-, Meerthiere), oder das Vorkommen bestimmter, charakteristischer, versteinerter, organisirter Wesen. Findet man auf weite Strecken dieselben organisirten Wesen versteinert, so hat man, da es anzunehmen ist, dass diese Wesen zu derselben Zeit gelebt haben, darin allerdings einen gewichtigen Grund auch anzunehmen, dass die Bildungen, welche ihre Leichen beherbergen in einer nahe liegenden Epoche entstanden sind. Dabei ist nicht ausser Acht zu lassen, dass für den Begriff gleiche Zeitprobe hier immer nach Jahrhunderten vielleicht nach Jahrtausenden zu rechnen sein dürfte. Derartige charakteristische früher organisirte Wesen, deren Versteinerungen stets nur in derselben Formation, nicht wie sehr viele andere auch in anderen Formationen vorkommen, nennt man Leitmuscheln.

Innerhalb einer Formation können verschiedene Gesteinsarten vorkommen. So gehören z. B. Thon, Gyps, Steinsalz, Kalkstein alle zur Kalksteinformation.

Gruppe. Glieder. Formationen, welche benachbart sind, zu einander in gegenseitiger Beziehung hinsichtlich ihrer Bildung und Lagerung stehen und die gewissermassen ein abgeschlossenes Ganze bilden, nennt man eine Gruppe. Die einzelnen Schichten, woraus eine Gruppe gebildet wird, nennt man Glieder. So bildet z. B. die Steinkohlen-, Bergkalk-, Rothsandstein- etc. Formation die Steinkohlengruppe; Steinkohle selbst, alter rother Sandstein etc. sind die Glieder der Steinkohlengruppe.

Allgemeine Unterscheidungsmerkmale. Wie schon erwähnt sind unsere Vorstellungen von der Lagerung, der Aufeinanderfolge und dem Alter der gesammten Gesteinsbildungen aus den Folgerungen hervorgegangen, welche wir aus der Beobachtung einiger durchforschten Gesteinsschichten gezogen haben. Für diese Folgerungen waren gewisse Unterscheidungsmale erforderlich, welche sich durch logische Motivirung dazu

eigneten unserer Vorstellung leitende Begriffe und dem System einen einheitlichen Zusammenhang zu geben. Ihre allgemeine Kenntniss und die damit erlangte Einsicht in die Entstehung und den Halt des geognostischen Systems wird das Verständniss für dieses sehr vermehren.

Wenn die feste Erdrinde nach der Erkaltung durch den zerstörenden Einfluss des Wassers und die allmälige Ablagerung der gelösten Erdtheilchen entstanden ist, so ist es natürlich, dass jedes Gestein, welches in grosser Verbreitung auf anderen Gesteinen liegt später entstanden ist, also jünger ist als seine Unterlage. So ist nach Fig. 270 Grauwacke jünger als Glimmerschiefer, und jünger als Gneis.

Wenn andererseits feurig-flüssige Gesteinsmassen, die durch Erkaltung der ursprünglichen Erdmasse entstandene feste Erdrinde durchbrochen und durch späteres Erkalten selbst Gebirgsmassen gebildet haben, so ist es ebenso augenscheinlich, dass diese Gebirgsmassen, welche andere gehoben, sie durchbrochen und oft über dieselben sich ergossen haben, jünger sein müssen, als die durchbrochenen. In Fig. 270 ist daher der Grünstein jünger als der Granit, der Granit jünger als Gneis und Glimmerschiefer.

Eingeschlossene Bruchstücke von Urgesteinsmassen sind älter als die Gesteine, welche sie einschliessen; denn jene müssen eben schon gebildet gewesen sein, als sie von diesen von ihrem Muttergestein getrennt und umschlossen wurden.

Jede Gesteinsmasse, die durch ihr feurig flüssiges Auftreten eine Veränderung auf die angrenzenden Gesteine ausgeübt hat, ist jünger als diese. Aus dem nehmlichen Grunde ist jeder Gang jünger als sein Nebengestein.

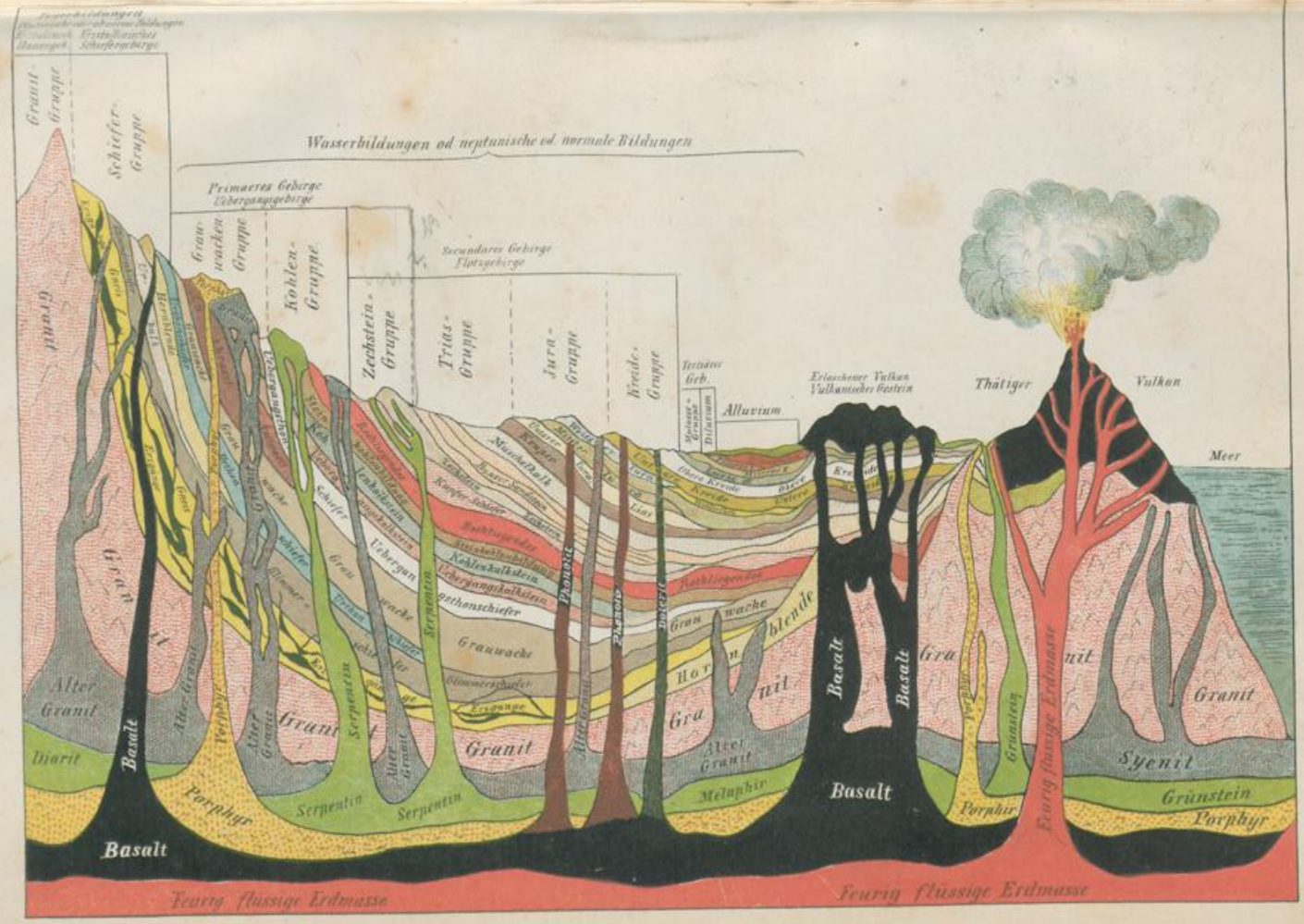
Die Formationen, wie sie, nach einander gebildet, sich folgen, wechseln dieses Verhältniss zu einander nie. Es fehlt wohl zuweilen in einer Gegend eine oder die andere Formation, aber nie findet man ihre Lage gegeneinander wechselnd. Es giebt z. B. Erdgegenden, wo die Steinkohle fehlt. Für diese wird dann stets ein anderes Glied der Kohlengruppe in der Bildung auftreten. Nirgend aber wird ein Glied der Kohlengruppe seine Lage zu anderen Gruppen, z. B. zur Kreidegruppe ändern, nirgend wird man Steinkohle über der Kreide lagern finden.

Gesteine, die sich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Bildungsepoche nahe stehen, z. B. die granitischen Schiefergesteine gehen häufig in einander über.

Reihenfolge der Formationen und Gruppen. Hierzu Fig. 270, welche im Durchschnitt, die aufeinander folgenden Formationen darstellt, wie sie — bis zum Granit — beobachtet sind, und wie wir sie uns vom Granit abwärts denken.

Reihenfolge der Gesteins-Bildungen von den ältesten bis zu den jüngsten.

Feuerbildungen. (Abnorme, keine Versteinerungen enthaltende Bildungen.)	Krystallinisches Schiefergebirge oder schieferiges Grundgebirge, (Urgebirge.)	Schiefergruppe.	Gneis. Glimmschiefer. Urthonschiefer.
	Krystallinisches Massengebirge oder massiges Grundgebirge (Urgebirge. Plutonisches Gebirge.)	Granitgruppe.	Granit. Syenit.
		Grünsteingruppe.	Serpentin. Grünstein. Hornblendefels.
		Porphyrgruppe.	Porphyr. Pechstein. Melaphir.
	Vulkanisches Gebirge.	Basaltgruppe.	Basalt. Trachyt. Phonolit. Dolerit.
		Vulkanische Gruppe.	Lava.



Jdealer Durchschnitt der Erdrinde.

Wasserbildungen, (neptunische, normale, Versteinerungen enthaltende Gesteine, Schichtgesteine.)	Primäres Gebirge. (Uebergangsgebirge.)	Grauwackengruppe.	Grauwacke, Uebergangsthonschiefer. Uebergangskalkstein, Anthracit.
		Kohlengruppe.	Kohlenkalkstein. Steinkohlenbildung. Rothliegendes.
	Secundäres Gebirge. (Flötzgebirge.)	Zechsteingruppe.	Kupferschiefer. Zechstein.
		Triasgruppe. (Salzgebirge.)	Bunter Sandstein. Muschelkalk. Keuper.
		Juragruppe.	Schwarzer unterer Jura (Lias). Brauner mittlerer Jura. Weisser oberer Jura. Wälderthon.
		Kreidegruppe. (Kreidegebirge.)	Untere Kreideformation, Neocomienbildung. Mittlere Kreideformation. Obere Kreideformation.
	Tertiäres Gebirge.	Molassengruppe. (Braunkohlengruppe.)	Untere Molasse (Eocene.) Mittlere Molasse (Miocene.) Obere Molasse (Pliocene.)
		Diluviumgruppe.	Brauneisensteinlager, Süsswasserkalk. Trümmergestein, Kies, Grus, Sand. Letten, Lehm.
	Aufgeschwemmtes Gebirge.	Alluviumgruppe.	Infusorienlager. Alluvialkalk. Meeressandstein. Torf. Raseneisenstein. Dammerde.