

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

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

11.

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

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

nischen Gesteinen abhängig zu sein scheint; — die ihnen entgegengesetzten, im feurigen Fluß gewesenenen, pyrogenen Massen dagegen abnorme Gesteine¹⁾. Sieht man aber nicht auf die Reihenfolge, sondern vielmehr auf die Beschaffenheit, so bezeichnet man die abnormen Gesteine mit dem Namen der massigen, die normalen als geschichtete oder stratificirte; Ausdrücke, die in den früher umständlicher abgehandelten Eigenschaften der einen wie der anderen ihre fernere Erklärung finden, zunächst aber andeuten, daß die abnormen Gesteine umfangreicher sind und in den mannigfaltigsten, großartigsten, zu isolirten Massen vereinten Formen auftreten; während die geschichteten allermeist minder mächtige Lager oder Straten bilden, und sich mehr in die Länge und Breite, als in die Tiefe²⁾ auszudehnen pflegen. Geschichtete oder normale Gesteine können nicht ursprünglich isolirte Kegelsberge, oder zu Gruppen vereinte Kegelsysteme schaffen, sondern vorzugsweise langgestreckte, wenn auch scharfkantige, Berg Rücken oder Züge, deren eine Seite einen steileren Abfall zu haben pflegt, während die andere geneigter in die Ebene übergeht. Auf dem steilen Abhänge sieht man die Köpfe der über einander gelagerten Schichten und Schichtungs Ebenen deutlich, und erkennt Zahl und Folge derselben im Hangenden und Liegenden; auf dem sanfteren Gehänge bleibt man, so lange nicht tiefe Thaleinschnitte dasselbe durchbrechen, immer in derselben obersten Schicht, und gelangt auf ihr zur Ebene, theils, wenn die Hebung älter ist als sie, in eine andere Schicht hier übergehend, theils, wenn sie vor der Hebung des Höhenzuges schon da war, auch dann noch in ihr verbleibend. Auf solche Weise sind in der Regel die niedrigen Höhen des flachen Landes gebildet, entstanden aus einseitigen Hebungen von Spaltenrändern, deren hebende Ursache, das abnorme Gestein, nicht zu Tage kam, sondern mit der Ausweitung sich begnügte, welche durch die bloße Verwerfung der Straten über ihm bewirkt worden war. Als treffliches Beispiel einer einseitigen Hebung ohne Hervortreten von abnormen Gesteinen in unserm Vaterlande dient der auch historisch so denkwürdige Teutoburger

1) In Ansehung der Thatsache, daß die abnormen Felsarten ursprünglich in der Tiefe unter den normalen lagen, und von da nach oben durchbrachen, hat man sie auch endogene genannt; die normalen dagegen, welche sich auf der Oberfläche selbst als Niedererschlag bildeten, exogene.

2) Nach den Berechnungen glaubhafter Naturforscher beträgt die ganze Dicke der festen Erdrinde durchschnittlich nicht über 30,000 Fuß oder 2 $\frac{1}{2}$ geogr. Meilen. Davon kommen etwa 34,000 Fuß auf die krystallinischen Massengesteine; 10,000' auf die Uebergangsformation; 3000' auf die secundären Schichten und 1000' auf die tertiären jüngsten Lagen. —

Wald, ein schmaler in seiner Hauptrichtung von SSO nach NNW streichender dreifacher Berggrücken von mehr als 1000 Fuß Meereshöhe, dessen nördliche niedrigste Kette aus dem meist sattelförmig gehobenen Muschelkalk besteht, woran sich südwärts schmale Keuper- und Zuraschichten lehnen, über welche der hoch aufgerichtete Quadersandstein als zweite und die Kreide als dritte südliche Kette sich erheben.



a. Alluvium, b. Kreide, c. Quadersandstein, d. Lias und Jura, e. Keuper,
f. Muschelkalk.

1. Barnacken, 1396'; 2. Belmer-Stoot, 1441'; 3. Sattel des Muschelkalks;
4. Wellen-Berg bei Meinberg.

Im hier verzeichneten Querschnitt, nach dem Verhältniß der Höhe zur Länge von 5 zu 1 entworfen, sehen wir den Quadersandstein (c) des Belmer-Stoots (2) südlich von Horn, des höchsten Berges im ganzen Teutoburger Walde, mit ungestörter Schichtung dem Jura (d), Keuper (e) und Muschelkalk (f) aufliegen; aber weiter nach Nordwest, bei Verlinghausen und Bielefeld, kehrt sich die Reihenfolge um, so daß deutlich Muschelkalk auf Keuper und dieser auf Quadersand ruht; wahrscheinlich, wie Fr. Hoffmann meint, weil das ganze Gebirge aus einer Spalte emporgehoben und dabei nach Südwest überstürzend in seine jetzige widernatürliche Stellung versetzt wurde. —

Wir wollen indes dem Stufengange der neptunischen Schichten hier noch nicht unsere Aufmerksamkeit schenken, sondern zuvörderst bei einer nähern Untersuchung derjenigen Verhältnisse stehen bleiben, die den Namen *abnorme Gesteine* für die massigen besonders hervorriefen. Schon früher (S. 178) haben wir beiläufig eines Unterschiedes derselben gedacht, den die Bezeichnungen von plutonisch und vulkanisch angeben. Er war bedingt in dem Auftreten gewisser abnormer Gesteine an noch jetzt thätigen Vulkanen (weshalb sie eben vulkanische heißen), und in dem Mangel von anderen massigen Felsarten an thätigen wie erloschenen Vulkanen, bei übrigens entschieden feurig-flüssigem Ursprunge; ein Charakter, der zu ihrer Bezeichnung als *plutonische* Veranlassung gab. Hier drängt sich nun die Frage auf, ob nicht diese Unterschiede auch zugleich Altersverschiedenheiten andeuten, und von einer ähnlichen Reihenfolge der abnormen Gesteine,

wenn auch nicht unter den normalen oder stratificirten, doch wenigstens unter sich Zeugniß ablegen. Allerdings scheinen Beziehungen solcher Art zwischen den abnormen Gesteinen stattzufinden; schon deshalb, weil alle thätigen Vulkane jünger sind, als die Hebungen der Gebirgszüge, die letzteren aber allein oder vorzugsweise von plutonischem, seltener und gewöhnlich nur bei kleineren Gebirgen von vulkanischem Massengestein ausgeführt wurden. Wir werden aus diesen und anderen Gründen die vulkanischen Gesteine für jünger halten als die plutonischen, zunächst aber ihre Unterschiede ausführlicher besprechen. —

Im neunten Abschnitt (S. 149) haben wir die Bestandtheile derselben kennen gelernt, als wir die chemischen Verbindungen im Silicatenmantel untersuchten; wir haben damals erfahren, daß Quarz, Feldspath in drei Formen als Orthoklas, Albit und Labrador, demnächst Glimmer, Hornblende, Augit und Olivin in mannigfacher Mischung unter einander die Mineralien sind, aus denen die vulkanischen und plutonischen Gesteine bestehen. Wir brauchen hier bei Erörterung dieser Stoffe nicht weiter zu verweilen³⁾, sondern können unsere Aufmerksamkeit sofort anderen Eigenschaften zuwenden. Unsere nächste Aufgabe mag es sein, die Unterschiede der plutonischen und vulkanischen Gesteine schärfer hervorzuheben. —

3) Der leichteren Uebersicht wegen sollen die Unterschiede jener Mineralien noch einmal kurz zusammengestellt werden. Sie sind nämlich:

A. Reine Kieselerde oder Quarz.

B. Kieselsaure Doppelsalze, bestehend:

a) Vorzugsweise aus kieselhaurer Thonerde, welche verbunden ist:

1. Mit kieselhaurem Kali; woraus entstehen:

Orthoklas und Glimmer, letzterer, wenn viermal mehr Thonerde und $\frac{1}{3}$ mehr Kieselerde in der Mischung enthalten ist, als bei ersterem.

2. Mit kieselhaurem Natron zu Albit.

3. Mit kieselhaurem Kalk und etwas Natron zu Labrador.

b) Vorzugsweise aus kieselhaurer Talkerde, die sich verbindet:

1. Mit kieselhaurer Talkerde und Eisenorydul.

Es entsteht Hornblende, wenn Kieselsäure überschüssig vorhanden ist; Augit und Olivin, wenn der Ueberschuß fehlt: im erstern (Augit) enthalten die Basen halb so viel Sauerstoff, als die Kieselsäure, im letztern (Olivin) eben so viel.

2. Mit kieselhaurer Thonerde und Eisenorydul, als Chlorit, dessen Mischung noch Wasser enthält.

3. Bloß mit kieselhaurem Eisenorydul zu Talk, welcher gleich dem vorigen meistens als schieferiges Gestein aufzutreten pflegt.

Mit den ersteren beginnend merken wir uns als äußeren Hauptcharakter derselben die Eigenschaft, daß stets ihre einzelnen Bestandtheile ein größeres massiges Gefüge besitzen, mithin sich leicht von einander unterscheiden lassen. Früheren Mittheilungen (S. 70) zufolge wissen wir uns diese Beschaffenheit schon zu erklären, wir schließen aus ihr, daß die Gesteine sehr langsam erkalteten, weil die einzelnen Materien Zeit genug hatten, sich in größeren Quantitäten zu einander zu finden und krystallinisch sich auszubilden. Allein eine nähere Betrachtung ergiebt doch für die räumliche Isolation der Mischungsglieder sehr wesentliche Unterschiede; denn bald sind sie sämmtlich gleich vollständig krystallisirt, bald ist die Grundmasse sehr feinkörnig, fast erdig, und in ihr treten nur einzelne größere Krystalle auf. Danach unterscheiden wir zwei Hauptarten von plutonischen Gesteinen, welche wir granitische und porphyrige nennen werden. Auch diese Benennungen müssen uns bekannt klingen; wir haben sie schon früher bei den Laven (S. 63) in ähnlicher Bedeutung angewendet, als wir nach der Größe des Kornes der krystallisirten Bestandtheile Granitlaven, Porphyrlaven, Basaltlaven und erdige Laven unterschieden. So wie es damals bloße Formunterschiede, keine Massenverschiedenheiten waren, welche uns zur Feststellung der Differenzen veranlaßten, so ist es auch hier bloß die Art der räumlichen Isolation, wovon wir die Unterschiede der plutonischen Massengesteine herleiten. —

Auf die granitischen Felsarten zuvörderst näher eingehend, finden wir, daß bei schärferer Prüfung ihrer Bestandtheile sich bald wieder zwei Hauptarten herausstellen, je nachdem neben Alkalifeldspath (Orthoklas oder Albit) Quarz, Glimmer und Hornblende auftreten, oder neben Kalkfeldspath (Labrador) Augit, Diabas und Hypersthen; erstere wollen wir Quarzgesteine, letztere Augitgesteine nennen. —

Die gewöhnlichste Art der granitischen Quarzgesteine ist der eigentliche Granit, ein Gemisch von hellrothem oder weißlichem Orthoklas, bräunlichem Glimmer und wasserklarem Quarz, von denen der Feldspath entschieden vorwaltet, mithin dem Ganzen seine helle röthliche oder weißliche Farbe ertheilt, wodurch sich der Granit leicht von den schwarzgestreckten Augitgesteinen unterscheidet. Er ist Hauptbestandtheil der meisten und größeren Gebirgszüge, gleichsam das Gerüst, woran die übrigen Felsarten sich anlegen, und bildet großmassige Berge mit abgerundeten, aber unebenen Oberflächen, die zertrümmert und mit scharfkantigen Blöcken bedeckt zu sein pflegen. Häufig passen die Blöcke mit ihren Ecken und Kanten noch an einander, und liegen so gleichförmig gelagert da, daß sie weniger einem unordentlichen Trümmerhaufen, als den Bruchstücken einer schalen-

förmigen äußersten Schicht gleichen, die durch Verftung in viele einzelne Brocken zerfiel. In dieser Form bilden sie die Felsenmeere oder Teufelsmühlen unserer deutschen Hochgebirge, und scheinen nichts als die Bruchstücke der äußeren, durch Zusammenziehung bei fortschreitender Erkaltung entstandenen, concentrischen Absonderungsschichten zu sein, worin die kupfelförmig aus der Tiefe emporgehobene Granitmasse nach und nach sich spaltete. Reibungen, selbst Schleifungen, welche man an den Oberflächen der sich berührenden Schaalen wahrnimmt, scheinen anzudeuten, daß noch lange nach ihrer Ablösung Verschiebungen der Schaalen gegen einander stattfanden, und die Politur ihrer Berührungsflächen bewirkten. Bis tief ins Innere des Granits gehen die Schaalenabsonderungen hinab, und zeigen auch dort noch deutlich ihre Reibungsflächen. Nicht leicht gedeiht die höhere Pflanzenwelt üppig auf dem Rücken dieser Granitdome, so lange noch keine Verwitterung eingetreten ist; vielmehr bekleiden dürre Flechten und Moose sparsam ihre Wände, nur hie und da in Vertiefungen und an Quellenrändern zu einem bessern Wachsthum gelangend. Ihr Inneres ist in der Regel neben den vielen parallelen oder concentrisch gebogenen Ablösungsflächen auch senkrecht zerklüftet, und dann treten scharfe Felswände, spitze Säulen oder Zacken am Granit hervor, und geben seinen Gebirgen ein malerisches Ansehen.



Die Roßtrappe des Harzes, in deren Kessel wir auf dem Bilde hier hinablicken, zeigt uns eine solche wilde Bergschlucht von besonderer weit bekannter Schönheit. Scharf und eckig steigen ihre Felsengrate, abwechselnd in einander greifend, aus dem düstern Grunde empor, und spalten sich auf den Kanten in zahlreiche einzelne Spizen; während die durch Querklüfte geformten Abschnitte, von der Verwitterung überall angenagt, nur noch theilweise Unterstüzung finden, und den schwankenden Steinen (S. 50) ähnlich, jeden Augenblick herunterzustürzen drohen. Weiter oben auf den Höhen, da wo sich die Kämme in Flächen ausbreiten, wuchert frei die emsige, üppig grüne Pflanzenwelt, zumal die schlankstämmige Buche; aber unten im kühlen Schlunde braust die schäumende Bode dahin, mit ihren ewig wechselnden Wasserstürzen, obgleich laut rauschend, doch nur sanft zu uns heraufmurmelnd. — In der Tiefe, durch Bergbau aufgeschlossen, pflügen die Spalten des Granits zu klaffen, und mit ähnlichen Gesteinen oder Gangtrümmern erfüllt zu sein; aber als geflossene Masse über ältere Formationen weggreifend kommt der Granit kaum vor; dagegen beobachtet man öfters ein gangförmiges Eindringen in seine Umgebungen, das größtentheils in den älteren neptunischen Schichten wahrgenommen wird, in jüngeren Gliedern der Flözperiode der Regel nach fehlt. Hieraus ist mit Bestimmtheit zu ersehen, daß die ältesten stratificirten Niederschläge schon abgesetzt waren, als der Granit unter ihnen, wenn auch nicht völlig, doch theilweis, noch im flüssigen Zustande sich befand, und als weiche Masse emporgetrieben, in die Spalten der auf ihm liegenden durchbrochenen Schichten eindrang. Aber isolirt stehende Regelsberge mit vertieftem Gipfel, nach Art der Vulkane, bildet er nie; denn zur Zeit der vulkanischen Eruptionen war der Granit wohl vollständig starr geworden. —

Alles, was soeben vom Granit gesagt wurde, gilt auch vom Syenit⁴⁾, der sich überhaupt nur dadurch von jenem unterscheidet, daß er statt Glimmer und Quarz Hornblende enthält. Wegen der schwarzbraunen Farbe dieses Minerals pflegt er dunkler zu sein, meist rothbraun; allein homogen wird auch er nie, da seine Bestandtheile nicht minder großmassig abgesondert neben einander auftreten, als die des Granits. Nicht selten mischt sich

4) Die Benennungen Granit und Syenit bezeichnen durchaus keine Bildungseigenschaften der Gesteine, welche sie führen; denn Granit kommt von dem lateinischen Worte granum (Korn), und zeigt die krystallinisch körnige Beschaffenheit an; Syenit ist von der Stadt Syene in Oberägypten hergeleitet, woselbst die Alten dies Gestein vorzugsweise brachen.

noch Quarz den anderen beiden Bestandtheilen zu, und wenn nun in demselben Maaße die Hornblende abnimmt, zugleich aber noch Glimmer mit auftritt, was keineswegs selten ist, so schwindet der Unterschied zwischen Granit und Syenit völlig; aus beiden wird einerlei Substanz, wofür man sie übrigens, ihrem geologischen Verhalten nach, durchaus zu nehmen hat.

Selbstständiger steht als dritte Art der granitischen Quarzgesteine der Grünstein oder Diorit da, ein Gemisch von weißem oder hellgrünem Albit mit dunkelbrauner oder schwarzgrüner Hornblende, welches dieser beiden Bestandtheile halber aus der Ferne hellgrau oder grünlichgrau zu erscheinen pflegt, übrigens aber noch deutlich die zwei verschiedenen, räumlich abgeforderten Bestandtheile verräth. Auch in ihm finden sich bisweilen Quarz und Glimmer, wie im Syenit, allein minder häufig. Mitunter werden seine Bestandtheile feinkörniger, und dann bedarf es schon der näheren Untersuchung, um sie einzeln zu unterscheiden. Diese dunkleren Diorite nennt man vorzugsweise Grünstein. In der Art seines Vorkommens schließt sich der Diorit mehr an den Syenit an; beide sind nicht so allgemein verbreitet, wie der Granit, und brechen selbst an ihren Lagerstätten nie so mächtig hervor, wie dieses häufigste aller plutonischen Gesteine.

Durch den Diorit gehen dem äußern Ansehen nach die granitischen Quarzgesteine in die granitischen Augitgesteine oder Pyroxene über; beide haben ein gleiches Gefüge und lassen sich nur bei scharfer mineralogischer Untersuchung daran unterscheiden, daß der Feldspath der Pyroxene stets Labrador ist. Sie werden von manchen Geognosten unter dem allgemeinen Namen Trapp um so eher in eine Kategorie gestellt, als neben dem äußern Ansehen auch die Art ihres Vorkommens dieselbe zu sein pflegt. In dieser Beziehung sind die Pyroxene an geringerer Mächtigkeit, an isolirterem, gang- oder stockartigem Auftreten, überhaupt an ihren kleineren Räumlichkeiten alsbald von den massenhaften Graniten und selbst vom Syenit, der auch mächtiger angetroffen wird, gut zu unterscheiden. Sie bilden nicht leicht weder ganze Gebirgszüge, noch große Gebirgskämme; sondern erscheinen in der Regel nur als einzelne Kuppen, kleinere Kämme, aufsteigende Wälle oder Zackenreihen im Gebirge, die in der Tiefe zusammenhängen mögen, an der Oberfläche aber getrennt zu sein pflegen. Für ihre Mischung ist es charakteristisch, daß neben Labrador stets sehr metallreiche Talksilicate von dunkelbrauner, schwarzer, oder grünlicher Farbe auftreten, die bald Augit sind, bald Diallag oder Hypersthen: zwei durch den fast völligen Mangel der Kalkerde vom Augit abweichende Talksilicate, von denen das erstere Wasser in seine Mischung aufgenommen hat, das andere

etwas Thonerde. Aus einem Gemenge von Diabas und Labrador entsteht der Gabbro oder Euphotid, ein Gemisch von Hypersthen und Labrador bildet den Diabas oder Hypersthenfels, worin gewöhnlich noch Chlorit enthalten zu sein pflegt. Eine feinkörnige Vereinigung dieser Stoffe nennen manche Geognosten Serpentin, während Andere darunter eine ähnliche Mischung des Euphotids verstehen⁵⁾. Das weiche milde Gefüge, das fettige Anfühlen, die graugrüne Farbe, bedingen seine Benutzung zu allerhand Geräthschaften, und machen den Serpentin zu einem allgemein bekannnten Gestein. —

Dies wären die wichtigsten granitischen Felsarten; wir reihen daran eine ähnliche Schilderung der porphyrtigen. Porphyry nennt man jedes massige Gestein, welches in einer dichten, fast homogenen, matten, derben Grundmasse isolirte, vollständig entwickelte Krystalle derselben Stoffe, aus denen das Bindemittel besteht, umschließt. Die Grundmasse ist stets feldspathhaltig, und dabei entweder mit Quarz, oder mit Augit vermengt, wonach man, wie unter den granitischen Gesteinen, Quarz- und Augit-Porphyre unterscheidet. Bei den Quarzporphyren bildet ein inniges, gewöhnlich rothbraun gefärbtes Gemenge von Kieselerde mit etwas Eisenoxyd und feinkörnigem derben Feldspath, welches in diesem Zustande den Namen Feldstein führt, die Grundmasse⁶⁾. Die darin liegenden Krystalle sind theils reine, schön ausgebildete Feldspathe (Orthoklas oder Oligoklas) und Quarz, wenn die Grundmasse ebenfalls aus diesen Feldspatharten besteht (Feldsteinporphyry); theils Albit- und Hornblendekrystalle, wenn auch die Grundmasse Albit statt Orthoklas und Oligoklas enthält (Grünstein oder Dioritporphyry). In anderen Fällen sind die Feldspath- und Quarzmassen gar nicht gesondert, vielmehr in eine homogene grauliche Felsart mit splittrigem Bruch vereinigt, worin nur sehr einzelne Feldspathkrystalle auftreten. Ein solches inniges Gemenge von vielem Quarz und wenig Feldspath nennt man Hornstein, weil es die grauliche Farbe angeschnittenen Horns besitzt, den Porphyry also Hornstein-

5) Von diesen gemengten, als Gebirgsmasse auftretenden Serpentinien sind die Serpentinkrystalle zu unterscheiden, welche man besonders in Schweden findet und edlen Serpentin genannt hat. Sie scheinen als ein eigenthümliches Mineral, als eine Verbindung von kieselhafter Talkerde mit gewässerter Talkerde, angesehen werden zu müssen.

6) Ich beziehe mich bei diesen Angaben auf die genaue chemische Analyse des Hallischen Porphyres von G. Wolff in Erdmann's und Marchand's Journal für prakt. Chemie, Bd. 34. S. 193 u. 412.

porphyr. Verschieden davon ist der Hornfels, eine dunkler gefärbte braungraue Mischung von Feldspath, Quarz und Schörl oder Turmalin, deren Entstehung man dem später besprochenen Metamorphismus zuschreibt. In den Augitporphyren findet sich als Grundmasse ein inniges Gemenge von Labrador und Augit, dunkel schwarzgrau gefärbt, wie die Basalte, aber in der Regel feiner gefügt und noch schwärzer. Darin liegen isolirte Krystalle derselben Mineralien. Das dunkle Ansehen dieses Porphyr's hat zu dem passenden Namen Melaphyr Veranlassung gegeben. Beide Felsarten, die lichten rothbraunen Quarzporphyre und die schwarzen Augitporphyre, verhalten sich also zu einander, wie Granit, Syenit und Diorit zu den Pyroxenen, und dieser augenfällige Parallelismus der Gemengtheile scheint eben so sicheren geologischen Beziehungen zu entsprechen. Denn auch unter den Porphyren sind die hellrothen quarzreichen Feldsteinputhyre die mächtigeren, die schwarzen Augitporphyre die weniger massenhaften. Jene bilden nach Art des Granits abgerundete kuppige Berge oder Züge, deren Oberfläche eine nur dürftige Vegetation trägt, und deren Inneres zwar mannigfaltig, aber nie so regelmäßig und deutlich von Klüften zerrissen ist; daher Porphyre keine so malerischen Formen gewähren. — Bald treten sie



isolirt auf, wie die Porphyre der Halle'schen Gegend, deren buckelige Formen aus der beigefügten Abbildung⁷⁾ erschen werden können; bald

7) Sie stellt den Durchbruch der Saale durch die Porphyrfelsen nordwestlich von Halle vor. Im Vordergrund sieht man den Siebsteinsteiner Felsen mit den Funda-

stehen sie in naher Beziehung zum Granit, wie am Thüringer Walde, im sächsischen Voigtlande, in Tyrol und in der Auvergne. Die Melaphyre erscheinen dagegen in kleinerem Umfange, meistens als Begleiter der rothen Porphyre, allein gewöhnlich nur neben ihnen, sie durchsetzend oder durchbrechend. Mit Grund hält man sie deshalb für spätere Gebilde, die den Quarzporphyren nachfolgten, sie zum Theil zertrümmerten und vielleicht früher vor sich her trieben. Indes stammen auch die rothen Porphyre, gleich den Graniten, nicht alle aus derselben Zeitperiode; manche sind schon Begleiter der Steinkohlenformation, andere entschieden jünger⁸⁾. Diese Periode scheint jedoch der eigentliche Zeitraum ihrer Erhebung gewesen zu sein; sie finden sich daher gern in der Nähe der Steinkohlenschichten, die zum Theil auf ihnen ruhen, zum Theil von ihnen überfluthet wurden, wie sich dies namentlich in der Nähe von Halle nachweisen läßt. Auch die Melaphyre sind von verschiedenem Alter, aber ein constanter Zeitraum lag zwischen ihrem Eintreten und der Hebung des rothen Porphyrs wohl nicht. —

Kommen wir nun zu den vulkanischen Gesteinen, so bestimmen wir uns zunächst ihren Begriff nicht bloß darnach, daß nur sie thätige oder erloschene Vulkane zu bilden pflegen, sondern wieder nach ihrem Gefüge, dessen Wesenheit in einem gleichmäßig feinen Korn, meist ohne Einlagerung größerer isolirter Krystalle besteht. Man kann daher sagen, daß der Charakter vulkanischer Felsarten mit den Eigenschaften des Bindemittels der Porphyre harmonirt, während die granitischen Felsarten das Gefüge der im Porphyre ausgeschiedenen Krystalle an sich tragen. Der

menten der alten Beste auf seiner Spitze; gegenüber liegt ein Theil des Dorfes Gröllwitz, hinter dem sich Porphyrfuppen erheben. In der Mitte drängen sich die Trothaer Felsen vor, an deren Fuße die Saale unmittelbar hinfließt. Alle drei Gruppen gehören dem sogenannten jüngeren Porphyre über den Steinkohlen an; die Schlucht vor dem Siebichensteiner Felsen trennt ihn von dem südlich gelegenen älteren Porphyre. Unter ihr zieht sich die Steinkohlenformation hin und steht weiter aufwärts im Thale wenige Fuß tief schon an.

8) Nach den Untersuchungen von H. Credner (Uebers. d. geogn. Verhältn. Thüringens u. d. Harzes. Gotha 1843. 8.) gehören die mächtigen Quarzporphyre des Thüringer Waldes sechs verschiedenen Hauptformen an, deren Erhebungsperiode in den Zeitraum von der Steinkohlenformation bis zur Ablagerung des bunten Sandsteins reicht. Die Melaphyre derselben Gegend sind größtentheils in die Periode des Rothliegenden zu versetzen und jedenfalls älter als der Zechstein; sie durchbrechen die älteren Porphyre zwar an mehreren Stellen, allein werden andererseits vom jüngsten Porphyre, der dem Zeitraum des bunten Sandsteins anzugehören scheint, gangförmig durchtrümmert.

Porphyry steht dadurch zwischen den plutonischen Granitgesteinen und den vulkanischen Materien in der Mitte; eine Stellung, die er in der That nicht bloß dem Gefüge nach, sondern auch dem relativen Alter zufolge einnehmen dürfte. Die Feinheit des Kornes läßt sich übrigens an den vulkanischen Produkten eben so leicht erklären, wie die großmassige Absonderung der plutonischen; sie ist ebenfalls Folge der Erkaltung, und zwar der schnelleren, bedingt eines Theils durch die größere Abkühlung der Atmosphäre zur Zeit, als sie hervorbrachen, andern Theils durch die geringere räumliche Ausdehnung der Massen, mit denen sie auftreten. Der Porphyry hält selbst in dieser Hinsicht die Mitte, und hat ebendeshalb eine doppelte Struktur seiner Bestandtheile; einzelne Stellen in ihm fanden zur vollständigen Krystallisation bei langsamer Erstarrung Gelegenheit, aber die größere Masse blieb in feinkörnig krystallinischer Ausbildung stehen, als das Ganze fest ward und dadurch den ungehinderten Zutritt der Stoffe zu einander aufhob. Es erklärt sich die Form nicht sowohl aus der Mischung, welche überall nach gleichen Gesetzen bestimmt ähnlich wiederkehrt, sondern aus gewissen äußeren Verhältnissen desjenigen Zeitpunktes in der allgemeinen Entwicklungsgeschichte, mit dem ihre Erscheinung zusammenfällt. Denn das materielle Substrat der vulkanischen Felsarten ist durchaus kein anderes, als das der plutonischen; auch hier sind es verschiedene Feldspathe, welche mit Hornblende, Augit und Olivin, seltener mit Glimmer und Quarz⁹⁾, besonders aber mit Magnet Eisen (S. 65) sich mannigfach mischen und die verschiedene Form bedingen. Zur Unterscheidung derselben dient uns wieder die materielle Differenz des Feldspathes und seiner Beimischungen; indes kommt bei den vulkanischen Produkten ein neues Mischungselement hinzu, nämlich chemisch gebundenes Wasser, welches den granitischen und porphyryartigen Gesteinen fehlt. Dieses Wasser geht mit den verschiedenen Feldspathen Verbindungen ein, und bewirkt dadurch eine eigene Reihe von gewässerten kieselsauren Doppelsalzen, die Zeolithe (S. 68). Das Auftreten derselben in der Mischung vulkanischer Produkte bildet den Charakter des Basalts und Phonoliths, ihr Mangel unterscheidet den Trachyt und Dolerit von beiden. Trachyt besteht aus feinkörnigem, gelbgrauem Kali- oder Natronfeldspath, worin kleine, wenig bemerkbare

9) Die Anwesenheit des Quarzes in vulkanischen Gesteinen ist allerdings eine Seltenheit, allein als nothwendige oder entscheidende Eigenschaft für vulkanische Produkte läßt sich sein Mangel wohl nicht ansehen. Vergl. S. 68.

Krystalle von Orthoklas, Albit, glasigem Feldspath¹⁰⁾; Glimmer und Hornblende mehr oder weniger häufig vertheilt sind; in seltenen Fällen stellt sich auch Quarz ein. Dolerit ist ein etwas grobkörniges, schwarzes Gemisch von Labrador und Augit; Basalt eine feiner körnige Mischung, worin statt des wasserfreien Labradors ein wasserhaltiger Kalkzeolith (Mesotyp oder Mesolith) den einen, Olivin und Augit den anderen Hauptbestandtheil bilden. Phonolith dagegen besteht aus glasigem, durch Eisenoryd gefärbtem Feldspath und einem Alkali-Zeolith, verhält sich also zum Trachyt, wie Basalt zum Dolerit¹¹⁾. Auch harmonirt seine gewöhnlich hellgraue Farbe mehr mit der des Trachyts, während räumlich abgegrenzte größere Feldspathkrystalle, womit die Grundmasse stellenweis erfüllt ist, ihm ein porphyrrartiges Ansehen geben. Den Namen hat er von klangreichen Tönen, welche seine gern plattenförmig zerklüftete Masse beim Anschlagen erschallen läßt; die Basalte dagegen zerklüften mehr säulenförmig oder kugelig-schalig, und sind an ihrer beinahe regelmäßigen Absonderung leicht kenntlich. Wir haben davon und von ihren Vorkommnissen schon früher (S. 65—72) gesprochen, als wir die formelle Uebereinstimmung derselben mit den Laven nachwiesen, und können den Leser auf jene Angaben verweisen; hier mag nur kurz wiederholt werden, daß zwischen den vorhistorischen vulkanischen Gesteinen und den Laven aus historischer Zeit sich keine andere Grenze den Grundstoffen nach ziehen läßt, als daß die letzteren gewöhnlich¹²⁾ des chemisch gebundenen Wassers entbehren; entweder weil jene ältesten wasserhaltigen vulkanischen Gesteine submarinen Eruptionen angehören, d. h. zu einer Zeit durchbrachen, als das Meer den Ort ihres Zutagegehens noch bedeckte, oder weil der gegenwärtig aus offenen Schläunden die Eruptivstoffe hervortreibende Wasserdampf unter einem zu geringen Drucke steht, um chemische Verbindungen mit den Silicaten eingehen zu können. Dafür sprechen auch die vielen leeren Blasenräume, welche von den Wasserdämpfen herrühren, und für die Laven als

10) Glasiger Feldspath ist eine Verbindung von Orthoklas und Albit, ein Kalium-Natronfeldspath. —

11) Fein zertheilte, erdige, zusammengepresste vulkanische Massen, aus vorhistorischer vulkanischer Asche entstanden, nennt man Wacke; auch vulkanischen Tuff oder Traß, wenn sie durch Wasser oder Druck mechanisch zusammengebacken sind.

12) Der Lavaerguß bei der Bildung des Monte nuovo enthält nach Abich's Analyse chemisch gebundenes Wasser; vielleicht weil hier die Eruptivmündung erst gebildet werden mußte, die vulkanischen Stoffe und Wasserdämpfe in der Tiefe also unter einem größeren Druck standen, als in den thätigen Vulkanen mit offenen Schläunden.

äußeres Erkennungszeichen angesehen werden, obgleich sie den älteren Basalten nur der Regel nach, aber nicht immer, fehlen. Solche Basalte werden Mandelsteine genannt, zumal wenn die meistens mandelförmigen (S. 64) Blasenräume nicht leer sind, sondern wie gewöhnlich sich mit eigenthümlichen, aus der Grundmasse herausgeschossenen Mineralien erfüllt haben, in denen die genauere Untersuchung Zeolithen zu erkennen pflegt. —

Hinsichtlich des Zeitraumes, wann die vulkanischen Produkte an die Oberfläche traten, haben wir schon im Allgemeinen angegeben, daß sie jünger sind als die granitischen plutonischen Felsarten, selbst jünger als die Porphyre. Allein der nähere Zeitpunkt ihres Erscheinens ist damit noch nicht festgestellt. Wenn wir nun aus jenen früheren Angaben (S. 67) schon wissen, daß sie nicht alle aus derselben Zeit stammen, vielmehr Basalt und Phonolith jünger zu sein scheinen, als Dolerit und Trachyt; so wollen wir diesmal nur noch die Bemerkung hinzufügen, daß ihr Emportreten nicht früher als nach Absatz der Kreide erfolgt sein dürfte, mithin ihre verschiedenen Eruptionen mit dem Bildungsgange der tertiären Schichten in naher Beziehung stehen mögen. Wir werden später, bei Betrachtung der genannten neptunischen Niederschläge und dem successiven Auftreten der Gebirgszüge, diese Verhältnisse schärfer festzustellen suchen, diesmal aber nicht weiter in dieselben eindringen, da noch andere Gegenstände für jetzt unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen.

Zuvor überblicken wir noch einmal im Kurzen die vom materiellen Inhalt der massigen Gesteine gewonnenen Resultate, und verweilen besonders bei dem Umstande, daß in allen vier Hauptarten der Graniten, Porphyren, Trachyten und Basalten, zweierlei verschiedene Mischungsweisen wiederkehren, von denen die eine durch Quarz, Glimmer und Hornblendegehalt bei alkalischer Grundlage des Feldspath's, die andere durch Augit, Diabas und Olivin bei kalkiger Grundlage des Feldspath's charakterisirt wird; ferner, daß die meisten vulkanischen Produkte sich durch Wassergehalt auszeichnen, während das chemisch gebundene Wasser in den plutonischen Verbindungen gänzlich fehlt. Beide Eigenschaften sind sicher keine zufälligen, sondern ohne Zweifel eben so gesetzmäßig, wie das granitische, porphyrartige und basaltische Gefüge. Auch scheint das Gesetz sich bald zu ergeben, wenn man nicht bloß auf die qualitativen Unterschiede der Mischungen, sondern auch auf ihre Gewichtsunterschiede achtet. Da findet sich denn, daß der kalkhaltige Labrador eine größere spezifische Schwere (2,71) besitzt, als der Orthoklas (2,55) oder Albit (2,61); und daß in ähnlicher Beziehung die schwarzen metallreichen

Augit (3,2—3,8) mit der Hornblende (2,9—3,1) zum Quarz (2,5—2,8) und Glimmer (2,8—3,0) stehen. Waren also alle sieben Stoffe in derselben Mischung enthalten, und konnten sie sich ihrem Gewichte nach darin vertheilen, so mußten Labrador und Augit zumeist nach unten sinken, in den mittleren Regionen Albit und Hornblende, in den obersten Orthoklas, Glimmer und Quarz sich ansammeln. Deshalb also schloß sich der Labrador an den Augit, der Orthoklas an den Glimmer und Quarz; aber vollständig rein konnte bei so geringen Gewichtsunterschieden die Ausscheidung doch nicht werden, am wenigsten in den mittleren Regionen, woselbst die Verbindungen leichter in einander übergangen. —

Es wäre ein bedeutendes Resultat, wenn sich diese auf theoretischem Wege gefundenen Schlüsse dadurch als richtige nachweisen ließen, daß mit ihnen die erfahrungsgemäßen Thatsachen über die relative Lagerung der massigen Gesteine harmonisiren. Für die Porphyre scheint es am sichersten behauptet werden zu dürfen, daß die schwarzen Melaphyre später durchbrachen, als die rothen Porphyre, mithin unter ihnen lagen. Auch Trachyt und Dolerit verhalten sich eben so, stets wird der ältere Trachyt von dem jüngeren Dolerit durchbrochen und überlagert; aber jünger als beide scheinen Phonolith und Basalt zu sein, und nicht immer in jener geregelten Beziehung zu einander zu stehen. Ihr Wassergehalt ist sicher daraus zu erklären, daß die Wasserdämpfe, welche in der Tiefe sich befanden, unter dem heftigen Druck der überliegenden Schichten zurückgehalten und genöthigt wurden, im Bestreben sich zu verdichten mit den wasserfreien Silicaten ihrer Umgebungen chemische Verbindungen einzugehen. Sie verwandelten daselbst den Trachyt in Phonolith, den Dolerit in Basalt, und trieben die geschmolzenen Massen vor sich her, bis sie einen Ausweg gefunden hatten. Es ist daraus begreiflich, wie Phonolith den Dolerit und selbst den Basalt durchbrechen könne, weil er aus höher hinaufgetriebenem Trachyt gebildet, erst später durch die von unten herausdringenden glühenden Wasserdämpfe erreicht werden konnte, als der Basalt, welcher aus dem tiefer liegenden Dolerit entstand. Auch erklärt dies Verhältniß genugsam den Mangel einer allgemein feststehenden Regel für die Bildungs- und Hebungsepoche sowohl des Phonoliths, als auch des Basalts; denn beide sind keine ursprünglichen Produkte des Silicatenmantels, sondern spätere, durch heiße Wasserdämpfe bewirkte Umwandlungen einzelner Schichten in ihm. Aber zur Zeit als die granitischen und porphyrigen Felsarten emporgehoben wurden, waren noch keine Wasserdämpfe die Ursachen der Hebungen; damals war es die fortschreitende Contraction der ganzen Rinde eines Theils, andern Theils der

Druck, den die oberen Schichten auf die noch weichen unteren ausübten. Hier mußte nun eine natürliche, durch das spezifische Gewicht bedingte Reihenfolge überall wiederkehren. So lange der Granit unten noch flüssig war, mußte er emporgetrieben werden, und nur da, wo flüssiger Granit fehlte, brachen Diorit- und Augitsteine durch. Später, als alle Granite erstarrt waren, folgten die Pyroxene allein dem Druck der treibenden Kräfte, konnten aber, weil sie in größerer Tiefe steckten, nie so kräftig auftreten wie der Granit, vielleicht weil theils der Weg, den sie zu machen hatten, ein längerer war, theils die Wirkungen des Druckes um so mehr abnehmen mußten, je weiter der Erstarrungsproceß vorschritt. Einzelne hie und da noch flüssig gebliebene Granitmassen bildeten, neueren Ursprungs, die schneller erkalteten rothen Porphyre, und eben solche Pyroxenstücke die Melaphyre. So denken wir uns den Hergang der Gebirgs-erhebungen und die Succession ihrer Bestandtheile; wir glauben, daß es ursprüngliche Verschiedenheiten in der Lagerung waren, welche die Reihenfolge der heraufgestiegenen Massen bewirkten; aber wir verkennen nicht, daß diese Lagerungsunterschiede der Stoffe nicht überall genau dieselben sein konnten, und daß aus diesem Grunde bald hier mehr Quarzgesteine, bald dort mehr Augitsubstanzen hervortreten mußten, ja daß diese stellenweis älter sein können, als jene an anderen Orten. Denn das Gesetz, welches diese Verhältnisse regelte, ist, wie alle Naturgesetze, den Störungen anderer unterworfen; und wenn es auch nie durch dieselben ganz aufgehoben werden kann, so ist doch eine Oscillation innerhalb gewisser Grenzen bei ihm und allen anderen Naturgesetzen erlaubt und vorhanden gewesen. —

Zur näheren Erklärung des eben Vorgetragenen mögen hier einige spezielle Angaben über das besondere Vorkommen von Quarz und Augitgesteinen ihre Stelle finden. Zuerst erwähnen wir vom Granit die wichtigsten Beobachtungen in den Umgebungen von Heidelberg¹³⁾ und Karlsbad¹⁴⁾, aus denen dargethan werden kann, daß nicht aller Granit gleich-

13) Man vergleiche die hübsche Zusammenstellung von G. Leonhard, Beitrag zur Geologie der Gegend um Heidelberg. 1844. 8.

14) Die Mittheilungen von Neuf stellten die gangartige Bildung dieser Granite wenigstens bei Marienbad in Abrede, und suchten die dortigen Phänomene auf verschiedene Absonderung gleichzeitiger Massen zu gründen. Vergl. Neues Jahrb. für Mineralogie u. 1844. S. 129, und die Entgegnung von Gott, ebendasselbst S. 333. — Seitdem ist wieder eine Untersuchung derselben Granite in Karlsbad von Hrn. v. Wandsdorf ausgeführt und darin das verschiedene Alter eines grobkörnigen (älteren) und feinkörnigen (jüngeren) Granits überzeugend ausgesprochen worden. Die bekannten Quellen

zeitig fest ward, weil sich in ihm Spalten und Risse mit anderen gangartig eingedrungenen Granitmassen ausgefüllt befinden, wie das lehrreiche Profil im Heidelberger Schloßgarten, welches wir mittheilen, angiebt.



Eine solche Bildung beweist unzweifelhaft einen flüssigen Zustand für die später eingedrungene Substanz; sie beweist aber auch eben so bestimmt, daß die ältere Masse schon erstarrt war und Spalten reißen mußte, bevor die tiefer gelagerte, damals noch flüssige in sie eindringen konnte. Deshalb nennt man die später erstarrten Stoffe *jüngere*, die bereits früher erkalteten dagegen *ältere*; wobei nun freilich nicht an ein wirkliches späteres Entstehen, sondern nur an den früheren oder späteren Moment ihrer Abkühlung bis zum Erstarren gedacht werden darf. Es folgt also aus Granitgängen im Granit weiter nichts mit Bestimmtheit, als daß die unteren Schichten desselben Gesteins noch flüssig waren, während die oberen schon eine größere Festigkeit, wenn auch nicht den jetzigen Grad der Abkühlung, besaßen, und durch äußere Gewalten jene zerklüfteten älteren Massen herabgedrückt wurden, während die noch flüssigen tieferen zwischen sie hindrangen; woraus wir denn ohne Zweifel eine sehr bedeutende Dicke oder Mächtigkeit der granitischen Materien folgern dürfen.

Auf ähnliche Weise läßt sich die ebenfalls sichere Beobachtung vom Eindringen jüngerer Granitmassen in die krystallinischen Schiefer oder selbst

Karlsbads entspringen aus der Contactgrenze dieser beiden Granite, und sind um so wärmer, je senkrechter die bezeichnete Grenze hinabzufließen scheint. Ebendas. 1846. S. 383 ff.

in neptunische Straten erklären; es folgt aus ihnen zweierlei: einmal die schon vollendete Bildung dieser Schichten zur Zeit, als die Katastrophe eintrat, welche den unter ihnen liegenden Granit hob, und ihn in die bereits festen Gesteine hineintrieb; dann die bestimmte Erkenntniß, daß dieser Granit noch nicht völlig erkaltet war, mithin die Erstarrung desselben nicht überall zu gleicher Zeit und in jeder Tiefe eintrat, sondern sehr allmählig und langsam erfolgte. Gewöhnlich aber sind diese jüngeren plutonischen Felsarten nicht mehr Granit, sondern Syenit, Diorit oder Pyrorengesteine, deren späteres Hervorbrechen mit den früheren Angaben über die relative Lagerung zum Granit im Einklange steht.

Schwieriger ist bei dieser Ansicht eine andere Thatfache, das Eindringen des Granits als Gangmasse in die Pyrorengesteine, zu deuten. Aus ihr folgt auf dieselbe Weise, daß die Pyrorene älter sind als der Granit; daß sie schon fest waren, als er noch seinen feurigen Fluß besaß, und daß sie ebendeshalb nicht gut unter ihm, sondern nur über ihm abgelagert angenommen werden können. Ich weiß freilich nicht, wie häufig Fälle der Art vorkommen mögen, aber sehr allgemein verbreitet scheinen sie nicht zu sein¹⁵⁾, dürften daher auch nur auf eine locale Würdigung Ansprüche haben und zur Begründung oder Bekämpfung allgemeiner Gesetze nicht sich eignen. Es wäre wohl denkbar, daß der Granit, welcher z. B. in die Pyrorengesteine des Harzes eindringt, nur ein kleiner später emporgehobener jüngerer Nest war, und daß er nicht mit den eigentlichen Hauptgraniten des Harzes aus gleicher Zeit stammte. So kann selbst an einzelnen Punkten der Granit auch Pyrorengesteine durchbrechen, gleich wie er an anderen, z. B. bei Heidelberg, den Syenit durchbricht; während der Syenit nach unseren Annahmen unter dem Granit lag, mithin ihn gangartig durchsetzen müßte. Dieses Vorkommen ist allerdings das häufigere, z. B. im Schwarzwalde, allein nicht das einzig mögliche, weil die Erkaltung der Schichten nicht überall gleich schnell vorschritt, oder auch weil die verschiedenen Schichten nicht an allen Stellen dieselbe Stärke hatten; endlich weil alle diese Verhältnisse, bei der Mannigfaltigkeit der Wechselbeziehungen, demselben Gesetze, welches sie beherrschte, nicht gleich vollständig gehorchten. Einzelne Ausnahmen können daher das Gesetz nicht umstoßen, sondern nur vor der unbedingten Anwendung desselben in allen Fällen uns warnen.

Die eben untersuchten Beziehungen, in denen die verschiedenen pluto-

15) Vergl. Hausmann, über die Bildung des Harzgebirges. Göttingen 1842. S. 96.

nischen und vulkanischen Felsarten zu einander stehen, nöthigen uns noch einige Bemerkungen ab über die Folgen, welche von der Berührung derselben theils mit einander, theils mit neptunischen Gebilden herrühren; Beziehungen, die in neuerer Zeit eine sehr bedeutende Stellung bei geologischen Untersuchungen einzunehmen pflegen, und daher nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Wir können dieselben nach zwei Gesichtspunkten betrachten, nämlich nach ihren mechanischen Wirkungen, oder nach ihren physikalischen und chemischen.

Mechanische Einwirkungen sind nicht sehr mannigfacher Art und überhaupt leichter zu ergründen; sie beschränken sich auf die Berührungs-Oberflächen, und erscheinen größtentheils in Zertrümmerung und Abreibung derselben an einander. Je nach dem Grade der Erstarrung, worin die sich berührenden Schichten bereits verfallen waren, wird diese Zertrümmerung und Abreibung verschieden sein müssen; sie wird mit der Erstarrung zunehmen, und bei ebenen Berührungsflächen nur eine politurartige Glättung oder Streifung bewirken, wie etwa wenn eine Schicht auf der anderen herabgeglitten sei. Man nennt daher solche glatte oder gestreifte, rissige Berührungsebenen Reibungs- oder Rutschflächen, und unterscheidet davon als zweite Form der mechanischen Contactwirkungen das Reibungsconglomerat, welches durch Ablösung zahlreicher Bruchstücke der sich berührenden Flächen gebildet wurde. Waren beide Berührungsflächen gleich hart, so werden die abgelösten Bruchstücke zwischen ihnen mit fortgeführt, dabei abgerieben und in ein feinkörniges, fast erdiges Bindemittel, welches von dem abgeriebenen Pulver herrührt, eingelagert sein müssen. War dagegen die eine Masse flüssig oder wenigstens weich, die andere hart, so werden die abgelösten Bruchstücke ihre eckige Form behalten und so eckig, wie sie sind, der damals weichen, später erstarrten zweiten Masse einliegen. Beide Formen der Reibungsconglomerate kommen vor, und geben durch ihre Beschaffenheit alsbald näheren Aufschluß über die Phänomene, von denen ihre Bildungen begleitet waren. So finden sich Rutschflächen gewöhnlich zwischen geschieferten Schichten, oder an den Wänden scharf aufsteigender Gänge; ebendort finden sich sehr häufig Reibungsconglomerate mit eckigen Trümmern, welche in der Gangmasse liegen; die Reibungsconglomerate mit abgerundeten Trümmern kommen in der Regel auf weiteren Strecken vor, und pflegen die Grenze anzugeben, welche zwischen früher oder später hervorgebrochenen plutonischen Massen besteht. Sie sind namentlich an den Begrenzungsflächen verschiedener Porphyre der Halleschen Gegend sehr vollständig entwickelt.

Allgemein größeres Interesse erregen die physikalischen wie chemischen Einwirkungen, welche von den plutonischen oder vulkanischen Felsarten auf andere Gesteine derselben Art, oder auf neptunische ausgeübt werden sollten; sie beziehen sich im ersteren Falle bloß auf eine durch den Contact bewirkte Aenderung der Form ihres Gefüges, im zweiten auch auf materielle Veränderung, welche die eine Schicht von der anderen erdulden mußte. Nicht selten sind beide Einwirkungen mit einander verbunden, häufiger kommt die erste allein vor, aber nie scheint die letztere allein, ohne die erstere, stattgefunden zu haben. Beide, sei es einzeln oder in ihrer Verbindung, bewirkten den *Metamorphismus*, d. h. die wirkliche Umwandlung einer Felsart in eine andere.

Die genaue Erörterung des metamorphischen Processes ist gegenwärtig noch ein wichtiges geologisches Problem. Darum können wir nicht alle auf seine Rechnung geschriebenen Wirkungen mit gleicher Sicherheit vertreten, wir müssen vielmehr die verschiedenen und oft einander sehr widersprechenden Ansichten im Einzelnen auf sich beruhen lassen, und uns auf eine vorurtheilsfreie Prüfung alles Thatsächlichen, unabhängig von den Meinungen, beschränken. Wir wollen dabei von den älteren metamorphosirten Materien zu den jüngeren vorschreiten. —

Für die ältesten metamorphosirten Gesteine halten viele Geognosten alle krystallinischen Schiefer, von denen ihrem Gefüge nach früher (S. 154) die Rede war. Wir haben damals einige der häufigsten Arten namhaft gemacht, und werden jetzt ihre Unterschiede schärfer festzustellen suchen. Dabei ist von der Materie auszugehen, weil die Form bei allen ziemlich dieselbe bleibt. Nach ihrem materiellen Gehalte lassen sie sich in drei Hauptgruppen bringen, insofern sie vorzugsweise 1) Feldspath, 2) Glimmer, 3) Talk enthalten. —

Der gemeinste und häufigste krystallinische Feldspathschiefer ist der *Gneiß*, eine Felsart, die wir schon früher (S. 150) beim Granit besprachen, indem sie sich vom letzteren nur durch ihre schieferige Struktur unterscheidet, und zu den allverbreitetsten Gebirgsgesteinen unserer Erdoberfläche gehört. Sie hat gewöhnlich ein feinblättriges Gefüge, seltener ein mehr körniges, und geht durch Schwinden des Glimmers manche Abänderungen ein, von denen wir den *Protogyn*, worin statt Glimmer Talk oder Chlorit enthalten ist, als die häufigste erwähnen. Fehlen beide, besteht das schieferige Gestein bloß aus Feldspath und Quarz, so entsteht der *Gurit*, und wenn dann statt des Quarzes sich die Hornblende einstellt,

der Hornblendegneiß. Weiße schieferige Feldspathe mit wenig Quarz, heißen Weißstein, grauliche Hornschiefer. —

Der Glimmerschiefer ist ein schieferiges Gemenge von Glimmer und Quarz, das häufig mit dem Gneiß zugleich auftritt, und nächst ihm die gewöhnlichste Form der krystallinischen Schiefer darstellt. Nimmt in ihm der Glimmer ab, oder wird der Quarz fast rein, so erhält man den Aventurin; ganz reiner schieferig-körniger Quarz ist der Quarzfels oder Quarzschiefer, je nachdem die schieferige Textur minder oder mehr sich verräth. Ein Gemisch von Glimmer mit schieferiger Hornblende nennt man Hornblendeschiefer. Ein sehr feinkörnig sandiger, quarzreicher Glimmerschiefer ist der Itakolumit, welcher bisweilen, des lockeren Gefüges wegen, eine gewisse Biegsamkeit zeigt (daher Gelenkquarz), und neuerdings als primitive Lagerstätte der Diamanten zumal Brasiliens, wo er sich weit verbreitet, erkannt worden ist¹⁶). Er scheint stellenweis etwas Chlorit zu enthalten und in Chloritschiefer überzugehen.

Die Talkschiefer bestehen vorzugsweise aus schieferigem Talksilicat (S. 154), womit Quarz, kohlenaurer Kalk, Chlorit, Diallag und viele andere Mineralien sich vereinigt haben. Ziemlich reiner blättriger Talk-schiefer von weißlicher Farbe und grünlicher Chloritschiefer (S. 151)

16) Die Einlagerung der Diamanten in eine metamorphische Felsart beweist, daß auch sie keine urprünglichen Gebilde, sondern metamorphische Produkte sind. Manche Umstände deuten darauf hin, daß der Diamant aus der Zerlegung organischer Materien, namentlich faulender Pflanzenstoffe entstand, denen durch chemische Thätigkeiten allmählig ihr Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt entzogen wurde. Der zurückbleibende Kohlenstoff mußte sich rein ausscheiden und dabei seine natürliche Krystallform annehmen, weil seine Bildung langsam und ruhig in den Lücken eines festen Gesteines von Statten ging. Diese Lücken waren vielleicht die Lagerstätten der faulenden Organismen selbst. — Jede Fäulniß eines organischen Körpers beginnt mit der Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft, und endet damit, daß die zusammengesetzte organische Substanz in binäre oder einfache anorganische Stoffe, besonders in Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Wasser, Ammoniak und Stickstoff zerlegt wird. Ist keine atmosphärische Luft vorhanden, so zerlegt der faulende Körper ihm benachbarte Sauerstoffverbindungen, am liebsten Metalloryde oder Salze, und reducirt sie entweder zu Drydulen, oder selbst zu Metallen und Schwefelmetallen. Auf diese Weise entstanden aus schwefelsauren Salzen die in Schwefelkies veränderten Versteinerungen. (S. 164, Note 31.) Die Bildung der Diamanten scheint indessen nicht durch Zerlegung schwefelsaurer Salze, sondern durch Reduction von Eisenoryd zu Eisenorydul bewirkt worden zu sein, weil nicht bloß der Itakolumit diesen Stoff enthält, sondern auch in dem Schuttlande an anderen Orten, wo Diamanten gefunden werden, Eisenerze, selbst Stücke gediegenen Eisens, in ihrer Begleitung vorkommen. — Vergl. Vischof, chemische Geolog. II. Bd.

kommen am häufigsten vor; mit ihm steht der Serpentinſchiefer (S. 191) in nächster Verbindung. Als ein Gemisch von grünem oder grauem Talk mit kohlenſaurem Kalk und Quarz tritt in der Schweiz der dort häufige ſchieferige Flysch und Flyſchſchiefer auf.

In innige Beziehung treten zu dieſen kryſtalliniſchen Schiefen der Urthonschiefer und Urkalkſtein, obwohl letzterer keine ſchieferige Struktur zeigt, ſondern nur als fein kryſtalliniſche Subſtanz in der unmittelbaren Nähe der kryſtalliniſchen Schiefer, ſogar mit ihnen wechſellagernd, angetroffen wird. Aus der gleichartigen Form und Lagerung dieſer Geſteine ſchloß man auf eine gleiche Urſache für beide, und kam, als man die kryſtalliniſchen Schiefer vorzugsweiſe in der Nähe plutoniſcher Maſſen geſteine abgelagert fand, zu der Annahme, daß ſie ihre Form den letzteren verdanken möchten. Gewöhnlich lagert ſich nämlich der Gneiß unmittelbar auf Granit, während im Hangenden des Gneiſſes andere kryſtalliniſche Schiefer auftreten, die, je höher hinauf, um ſo beſtimmter ihre kryſtalliniſche Struktur verlieren, mit einzelnen wahren Sedimentschichten abwechſeln und endlich wohl gar in Thonschiefer und Kalkſtein übergehen. Nicht bloß dieſe unmittelbare Nähe des Gneiſſes neben Granit, ſondern auch die Gleichartigkeit der Beſtandtheile beider, die Fortſetzung von Gängen aus dem Granit in den Gneiß, hatten von jeher zu der Anſicht geführt, daß letzterer ein durch Vorherrſchen des Glimmers ſchieferig gewordener Granit ſei, welcher mit ihm auf gleiche Weiſe entſtand, und mehr für eine örtliche Abänderung, als für ein ſelbſtſtändiges Gebilde angeſehen werden müſſe. Dazu ſchien auch die gewaltige Ausdehnung des Gneiſſes in einigen Gebirgen, z. B. in den Alpen, deren meiste Gipfel mit Ausnahme des granitiſchen Montblanc und Gottharts, von Gneißketten dargeſtellt werden, eine ganz natürliche Veranlaſſung zu bieten, und eine Anſicht zu rechtfertigen, mit welcher der Mangel des Gneiſſes in anderen Gebirgen, die nicht arm ſind an Granit, z. B. dem Harz, ſehr wohl ſich vereinigen ließ. Denn war der Gneiß nur lokale Modification vom Granit, ſo brauchte er nicht überall vorhanden zu ſein, wo Granit ſich findet. In ähnlicher Weiſe wurde der Glimmerschiefer für eine örtliche Abänderung des Gneiſſes gehalten, welche durch den Mangel des Feldſpathes bedingt ſei, die Urſache dieſes Mangels aber nicht weiter berückſichtigt. Häufig folgt auch dem Gneiß der Glimmerschiefer, wie dieſem nicht ſelten der Urthonschiefer. Der Uebergang beider in einander iſt ſtellenweis ſo ſanft und allmählig, daß ſich eine ſcharfe Grenze zwiſchen ihnen nicht ziehen läßt; woraus folgt, daß ſie entſchieden gleichförmig und auf dieſelbe Weiſe entſtanden ſein müſſen.

Die Ueberraschung der Beobachter war groß, als sie zu diesem Resultate gelangten; denn der Urthonschiefer geht wieder in den gemeinen Thonschiefer über, und letzterer ist sicher eine neptunische, Versteinerungen umschließende Schicht. Dadurch wäre also der Uebergang von krystallisirten, angeblich plutonischen Gesteinen in neptunische, mechanisch abgesetzte bewiesen. Das ist aber nach der ursprünglichen Bildung beider Felsarten unmöglich; eine Grenze zwischen ihnen muß sein, so will es die Theorie und die Erfahrung. Geht also wirklich der Glimmerschiefer in den Urthonschiefer und dieser ohne Unterschied im Fallen seiner Schichten in den neptunischen Thonschiefer über, so muß entweder die natürliche Grenze beider durch spätere Einflüsse verwischt worden sein, der eine von beiden muß sich als eine Modification des anderen darstellen lassen; oder beide Gesteine müssen einen gleichförmigen Ursprung haben und gar nicht so wesentlich verschieden sein, als man glaubt. Nun wissen wir, daß hohe Hitzegrade erdige Materien erweichen, selbst schmelzen können, und langsame Erkaltung eine Krystallisation der geschmolzenen Massen bewirkt; es könnte daher der Glimmerschiefer wohl ein durch Hitze erweichter, langsam wieder erkalteter Thonschiefer sein, dessen Bestandtheile durch jenen neuen feurigen Umwandlungsproceß in Quarz und Glimmer verändert wurden.

Durch diesen hypothetischen Vorgang hat man neuerdings alle krystallinischen Schiefergebilde zu erklären gesucht, und sie deshalb metamorphische oder metamorphisirte Gesteine genannt.

Eine solche Ansicht darf sicher eine großartige genannt werden; auch erregte sie schon durch ihre Kühnheit anfangs allgemeine Bewunderung, und fand um so eher einen fast ungetheilten Beifall. Allein die Bewunderung legte sich, als die kühnen Ideen alltägliche geworden waren, der Rausch ließ nach, und eine ruhigere Prüfung, welche bald bei einem großen Theile der Forscher in Abneigung gegen die neue Lehre und entschiedenen Widerspruch überging, trat an seine Stelle. Unter diesen Umständen wird es dem gleichzeitigen Geschichtschreiber schwer, die richtige Mitte zwischen den streitenden Parteien zu halten; er wird sich des Einflusses bedeutender Persönlichkeiten, welche für oder wider die Ansicht des Tages aufgetreten sind, nicht erwehren können, und ihrem Urtheile um so mehr zu folgen geneigt sein, je weniger dasselbe durch entgegenstehende Erfahrungen eigentlich widerlegt, wenn auch oft durch Angriffe verdächtigt worden ist.

Um die Anwendbarkeit der Lehre vom Metamorphismus auf die Beschaffenheit der krystallinischen Schiefer darzuthun, muß man zuerst ihren früheren Zustand angeben, und demnächst die Möglichkeit der stattgefundenen

nen Umänderung durch primitive Felsarten nachweisen. Was den ersten Theil dieser Aufgabe betrifft, so können die krystallinischen Schiefer vor ihrer Metamorphose nur wässerige Sedimente gewesen sein, welche nach allen heutigen Erfahrungen aus Thonerde, Kieselerde, kohlensaurem Kalk und Alkalisalzen nebst einigen Metallsalzen bestehen mochten. Hierüber sind alle Forscher, welche den Metamorphismus annehmen, wohl einverstanden. Zugegeben also, daß darin die Materien der krystallinischen Schiefer enthalten waren, was übrigens in Bezug auf die in den Silicaten anwesenden Alkalien nicht der Fall zu sein scheint; so ist es die Aufgabe der Plutoniker, zu zeigen, daß diese Stoffe bis zum Erweichen gegläht wurden, dabei neue chemische Verbindungen eingingen und nun wieder krystallinisch erstarrten. Der dazu nöthige Hitzegrad kann aber nur von den tiefer liegenden plutonischen Felsarten herrühren, er kann nur durch Aufnahme von Wärme aus ihnen bewirkt werden. Sollte diese Wärme hinreichen, neptunische Straten zu schmelzen, so mußte sie dem Schmelzpunkte des Granits mindestens gleichkommen; es konnte also der Granit selbst noch nicht fest sein, als der Metamorphismus begann; denn wie könnte wohl eine bereits bis zum Erstarren abgekühlte Masse eine andere über ihr liegende feste Substanz schmelzen, wenn der Schmelzpunkt der letzteren eben so hoch ist, als der Schmelzpunkt der ersteren. Allein so lange der Granit selbst flüssig war, konnte er nicht wohl verwittern; damals konnte er zu wässerigen Sedimenten noch kein Material liefern, und aus diesem Grunde konnten auch keine zu metamorphosirenden Niederschläge entstehen. Entstanden dieselben also erst nach dem Festwerden des Granits, so hatte derselbe wenigstens in seinen obersten Lagen bereits eine zu geringe Temperatur, um erdige Massen wieder in einen feurigen Fluß zu setzen; er konnte sie zwar erwärmen, aber nicht bis zum Erweichen, denn dann müßte er selbst wieder weich geworden sein. — Dies sind die Einwürfe, welche ein Theil der Geognosten gegen den Metamorphismus der krystallinischen Schiefer erhebt. Andere gehen nicht so weit zurück, sie behaupten vielmehr, daß selbst flüssiger Granit eine Umwandlung von solcher Mächtigkeit nicht habe bewirken können. Denn die krystallinischen Schiefer sind keineswegs dünne Lagen; sie haben eine bedeutende Dicke, erreichen in den Alpen z. B. eine Mächtigkeit von mehreren tausend Fuß und dehnen sich horizontal über den größten Theil von Skandinavien und Finnland aus. Welch eine Hitze war erforderlich, um so bedeutende Massen zu erweichen! — wie konnte der Granit, der selbst nicht viel mächtiger zu sein scheint, sie hervorbringen? — wie konnte er sie während eines Zeitraumes von Jahrtausenden, der zur Verwitterung so

vieler Felsarten nöthig war, behaupten und fortdauernd ausstrahlen? — In der That, ich muß gestehen, daß diese Einwürfe nicht von der Hand zu weisen sind, und daß sie die Annahme des plutonischen Metamorphismus für die krystallinischen Schiefer sehr bedenklich machen; — ja daß die Berücksichtigung der großen Verschiedenheiten zwischen einzelnen unmittelbar neben einander liegenden Schichten der krystallinischen Schiefer diese Bedenken noch vergrößert, insofern doch alle ursprünglich aus denselben Materialien, den plutonischen Felsarten, und durch denselben Proceß, die Verwitterung, entstanden sein sollen.

Von der Bedeutsamkeit so vieler Gründe überführt, haben allerdings schon gleichzeitige Geognosten den Metamorphismus als einen plutonischen, durch Hitze bewirkten Proceß geleugnet, und die metamorphische Wirkung in einer anderen Ursache gesucht; namentlich in dem langdauernden Contact, welchen die tiefer gelagerten Stoffe auf die ursprünglich sedimentären Schiefergebilde ausüben sollten. Eben diese Forscher, unter denen der norwegische Geognost *K e i l h a u* ¹⁷⁾ als Stimmführer angesehen werden kann, sind von der ursprünglich neptunischen Bildung der krystallinischen Schiefer völlig überzeugt; sie glauben durch die Anwesenheit einzelner Versteinerungen, welche metamorphische Schiefer in der Nähe von Granat und Grammatit mitten zwischen Tremolithnadeln enthalten, den sicheren Beweis liefern zu können, daß diese Schiefer weder jemals geschmolzen, noch auch nur einem bedeutenden Hitzegrade ausgesetzt waren, sondern ursprünglich auf wässrigem Wege, wie alle Schiefer, entstanden. Daß die Einwirkung, welche die Sedimente in krystallisirte Substanzen verwandelte, von benachbarten massigen oder abnormen Gesteinen ausging, ist ihnen ebenfalls eine entschiedene Thatsache. Sie berufen sich zumal auf die krystallinische Beschaffenheit der Schiefer in der Nähe jener anderen meist plutonischen Massen, während eben dieselbe Schiefererschicht, in weiterer Entfernung davon, ein einfach sedimentäres Gebilde bleibt; wobei sie besonders als entscheidend aufführen, daß gerade die Enden eines sedimentären Stratum's, welche mit abnormen Gesteinen in Berührung treten, krystallinisch geworden sind, die mittleren Gegenden zwischen ihnen unverändert blieben. Sie sehen ferner als Beweis gegen die plutonische Entstehung der krystallinischen Schiefer die häufige Erfahrung an, nach welcher krystallinische und rein sedimentäre Schichten mit einander abwechseln und jene oft über diesen liegen; was nicht der Fall sein könnte, wenn von unten heraufdringende Hitze den kry-

17) Vergl. dessen *Gaea norwegica*. 2. Heft. Christiania 1846. 4.

stallinischen Zustand herbeigeführt hätte. — Allerdings sind solche That-
 sachen von hoher Bedeutung und kaum geeignet, den plutonischen Meta-
 morphismus zu gestatten; allein wie der bloße Contact metamorphische
 Wirkungen in so bedeutender Ausdehnung hervorbringen könne, und welche
 Proceße eigentlich die Umwandlung während des Contactes bedingten, —
 das Alles bleibt eben so räthselhaft, wie bei der plutonischen Annahme. —
 Besonders scheint die erwähnte Wechsellagerung krystallinischer und sedi-
 mentärer Schichten der Contactwirkung nicht sehr das Wort zu reden, wenn
 gleich dieselbe für die Richtigkeit der entgegengesetzten, schon oben (S. 154)
 berührten Ansicht von dem rein plutonischen Ursprunge der krystallinischen
 Schiefer eben so wenig günstig ist; weil sich neben wirklichen Sedimenten
 mit Versteinerungen der Fortbestand dennoch flüssiger Theile der glühenden
 Rinde nicht gut begreifen läßt. In Ansehung dieser Schwierigkeiten, möchte
 es jetzt auch nicht mehr gerathen sein, die krystallinischen Schiefer für ur-
 sprünglich plutonische Gebilde zu nehmen; vielmehr zwingt uns ihr Ueber-
 gang in neptunische Schiefer zur Annahme eines metamorphischen Proceßes
 ziemlich bestimmt. Welche Kraft oder Einwirkung aber den Metamorphis-
 mus ausgeübt habe, das möchte nach den täglich sich mehrenden sorgfälti-
 gen Beobachtungen über Pseudomorphosen, oder Umwandlungen
 vormals vorhandener Stoffe, neben Beibehaltung ihrer Form, in ganz an-
 dere, später herbeigeführte Materien, kaum noch bezweifelt werden kön-
 nen. In allen solchen Fällen scheint das Wasser mit seinen Lösungsmitteln
 und fremden Beimischungen das einzig mögliche Agens zu sein, und da ein
 solcher Umwandlungsproceß vielfältig noch jetzt vor sich geht, so wird
 er in der frühesten Zeit der Erdbildung nicht bloß vorhanden gewesen
 sein, sondern er wird auch füglich, unter begünstigenden Umständen, eine
 weit größere Thätigkeit entfaltet und viel bedeutendere Resultate herbeige-
 führt haben. Ihm will man gegenwärtig die wichtigsten und ausgedehnt-
 esten metamorphischen Wirkungen allein zuschreiben und keinen anderen,
 als den Metamorphismus auf nassem Wege statuiren. Wir
 werden darnach die sämtlichen krystallinischen Schiefer fortan für ursprüng-
 lich neptunische Sedimente ansehen müssen, worin das Wasser allerhand
 fremde, vormals nicht vorhandene Stoffe hineinführte und mit ihrer Hülfe,
 unter dem langwierigen Einflusse von Millionen von Jahren, eine allmälige
 Umwandlung zu krystallinischen Materien bewirkte. Bei dieser Annahme
 wird es nur davon abhängen, ob Wasser, mit chemischen Agenten geschwän-
 gert, zu den sedimentären Gebilden einen Zugang finden konnte, wenn es
 sich darum handelt, zu beurtheilen, warum die eine Schicht metamorphosirt

wurde, während die andere unverändert blieb. Entweder konnte kein Wasser sie erreichen, oder das eingedrungene keinen chemischen Umwandlungsproceß in ihr wecken; sie mußte bleiben, was sie ursprünglich war, weil die Metamorphose außer ihrem Bereich lag. Andererseits wollen wir auch nicht vergessen, daß mancher Glimmerschiefer direct neptunischen Ursprungs sein könnte, weil der Glimmer durch die Verwitterung nicht so leicht zersezt wird, wie der Feldspath, und aus diesem Grunde krystallinischer Glimmer in erdigen Sedimenten enthalten sein kann. War z. B. das Sediment in Wasser aufgelöst gewesene Kiesel Erde mit vielem Glimmer, so entstand Glimmerschiefer; war die Kiesel Erde fast rein, so bildete sich Quarzfels; war sie mit Thon gemischt, so entstand Kieselschiefer und Taspis; schied sich viele Thonerde mit etwas Glimmer gemengt aus, so gab es den Urthonschiefer und fehlte der Glimmer, den gemeinen Thonschiefer. Für die Erklärung dieser wenigstens zum Theil krystallinischen Schiefer ist also gar kein metamorphischer Proceß erforderlich, vielmehr reicht der älteste neptunische allein für sie aus; und wenn in ihnen wirklich nur neptunische Agenten thätig waren, so scheint es auch statthast, alle diejenigen krystallinischen Schiefer, welche derselben geologischen Epoche mit ihnen angehören, ebenfalls für neptunische Producte zu erklären. Dahin dürfte allerdings die sorgfältige Prüfung des metamorphischen Processes uns führen¹⁸⁾.

Am sichersten kann uns übrigens eine genaue Beobachtung der Gänge, welche die vulkanischen, entschieden als feuriger Fluß emporgedrungenen Materialien auf ihre neptunischen Umgebungen ausgeübt haben, über die Möglichkeit eines plutonischen Metamorphismus und seine etwaige Aus-

18) Wir hatten schon in der vorigen Ausgabe erklärt, daß die besonnene, allseitig prüfende Darstellung von G. Bischof in dessen vortrefflichem Lehrbuche der chemischen Geologie (Bonn 1847—53. 8.) kaum noch an dem Metamorphismus auf nassem Wege zweifeln lasse und sind seitdem, durch fortgesetztes Studium der gehaltvollen Schrift, nur in dieser Ansicht bestärkt worden. Der Verfasser geht aber noch viel weiter, er scheint auch die Entstehung aller krystallinischen Gesteine mit selbstständig ausgeschiedenem Quarz auf nassem Wege demonstrieren zu wollen und den plutonischen Proceß allein auf die vulkanischen Gesteine zu beschränken. Leider liegt sein Werk noch nicht vollendet vor und darum nehme ich Anstand, die bis jetzt nur andeutungsweise gegebenen Resultate sofort zu acceptiren; man muß die Controverse, welche sich gewiß über diesen so wichtigen Punkt der Geologie bald erheben wird, abwarten; der Geschichtschreiber kann überhaupt nichts Anderes thun, als seinen Lesern den Standpunkt der Wissenschaft so vorlegen, wie er in dem Augenblick ist, in welchem er schreibt. —

dehnung belehren. Eine solche Untersuchung hat dargethan, daß Basalte und Laven zwar umwandelnd auf benachbarte, Kalk-, Thon- und Sandsteine einwirkten; daß namentlich die Kalk- in einen veränderten, zum Theil fein krystallinischen Zustand verwandelt, die Thone mehr oder weniger gehärtet, schlackig aufgeblähet, ihrer Farbmittel beraubt und mitunter so roth gebrannt wurden, wie künstliche Ziegel; oder daß die Sandkörner an ihren Rändern erweichten, inniger zusammenklebten und einen Zustand annahmen, den man gefrittet zu nennen pflegt; — aber stets beschränkte sich eine solche Umwandlung nur auf geringe Strecken, welche mit der Mächtigkeit des glühenden Gesteines in Harmonie stehen; d. h. bei ganzen Lagern gegen 100—150 Fuß, bei gangartig aufgestiegenen Basalten nur 25—50 Zoll betragen¹⁹⁾. Ueberhaupt fand sich bei näherer Untersuchung, daß glühende Materien viel leichter die Entfernung flüchtiger Mischungsantheile bewirken, als fremde Stoffe ihren Nachbarn mittheilen; sie scheinen schon deshalb mehr eine formelle, als eine materielle Umwandlung hervorzubringen. Namentlich ist das Austreiben von Wasser aus den Gesteinen, in Folge dessen eine allgemeine Zusammenziehung der Masse eintritt, die ihre Härte und Festigkeit vermehrt, eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Daneben pflegt eine hellere Farbe, bewirkt durch die Entfernung flüchtiger organischer Pigmente, oder eine Art Röstung der Gesteine zu erfolgen. Man hat namentlich an den schwarzen Thonschiefern in der Nähe von vulkanischen oder plutonischen Gängen eine lichtere Färbung wahrgenommen, weil ein Theil ihres bituminösen, kohligen Farbestoffs durch die Hitze verjagt wurde; aber nirgends sah man weit verbreitete, der Umwandlung ganzer Lager in krystallinische Formen entsprechende Resultate. — Sollte also, auf diese Erfahrungen sich stützend, die plutonische Metamorphose des Granits Geltung behalten wollen, so würde sie schwerlich weiter als auf kurze Distanzen reichen können, aber zur Umwandlung mächtiger Gebirgsgesteine, wie sie in weiten Strecken über ganze Länder ausgedehnt vorkommen, nicht in Annahme gebracht werden dürfen. Aus diesem Grunde scheint es auch fraglich, ob man wirklich die ausgebildete Schieferung des Tafel- und Dachschieferes, welche einige Geognosten als sogenannte falsche Schich-

19) Wie schwach im Ganzen die Einwirkung selbst glühender vulkanischer Gesteine wenigstens abwärts sich erstreckt, geht daraus hervor, daß am Aetna große Massen Eis unter einem über sie gestoffenen Lavastrom fest blieben, obgleich er nur durch eine dünne Lage lockerer Gesteins-Trümmer davon getrennt war. *Bronn, Gesch. d. Natur.* I. S. 328.

tung ²⁰⁾ den Einwirkungen plutonischer Hitze zuschreiben wollen, auf deren Rechnung schieben könne; noch weniger aber läßt sich die eigenthümlich krystallinische Structur der schönen, weißen, zuckerartig gefügten Kalke, welche wegen ihrer vielfachen Benützung als Material unserer Kunst- und Bauwerke so allgemein unter dem Namen Marmor bekannt sind, von einem plutonischen Metamorphismus herleiten. Die salinischen, feinkörnigen Kalke von Paros und Carara, denen das gebildete Europa seit Jahrhunderten den schönen Stoff zu seinen vollendetsten Kunstendmalen verdankt, mögen immerhin ihrer Form nach metamorphischen Ursprungs sein ²¹⁾; aber der Umwandlungsproceß ist lediglich ein wässeriger, keineswegs ein feuriger gewesen, davon hält man sich jetzt wieder überzeugt.

Viel bedeutender wird die Umwandlung ursprünglich sedimentärer Gebilde, wenn nicht bloß eine formelle Aenderung des Gefüges, sondern eine wirkliche materielle Stoffaufnahme oder Ausscheidung in ihnen vor sich geht. Das scheint immer auf nassem Wege zu erfolgen, als ein sehr allmäliger, höchst langsamer Umsatz, wobei das Wasser die Rolle des Vermittlers spielt, indem es alkalische Substanzen, Säuren oder lösliche Carbonate zuführt, oder solche Bestandtheile mit sich fortnimmt. Von großer Wichtigkeit ist dabei die Zugänglichkeit des Materials; offene Klüfte, Spalten, Risse, Bruchränder werden die Wege, an und in denen sich das Wasser empordrängt und von da nach den Seiten hin auf den parallelen Schichtungsflächen sich fortpflanzt, wobei häufig die neu entstandenen Producte nicht gleichmäßig sich mischen, sondern lieber jedes für sich an besonderen Localitäten sich ausscheidet. Sind es Gänge oder senkrechte Spalten, die dem Wasser als Weg dienen, so verwandelte sich nur die zunächst an der Gangfläche befindliche Gegend des Muttergesteins in eine besondere metamorphisirte Substanz; sei es, daß der bis dahin offene Gang sich mit den metamorphischen Producten anfülle, oder die in ihm schon früher vorhandene Füllungsmaße mit dem Muttergestein in eine directere Beziehung

20) Eine falsche Schichtung wird diejenige genannt, deren Schieferungsflächen nicht mit den eigentlichen Schichtungsflächen parallel laufen, sondern sie unter constanten Winkeln schneiden, was beim Dachschiefer stets der Fall zu sein scheint.

21) Nach den Untersuchungen von Fr. Hoffmann ist der Cararische Marmor nichts Anderes, als ein metamorphisirter Jurakalk, welcher dem oberen Jura angehört und den Schichten unmittelbar unter dem lithographischen Schiefer parallel gestellt werden muß. — Vergl. dessen Geognostische Beobachtungen auf einer Reise durch Italien und Sicilien, herausgegeben von v. Dechen. Berlin 1839. 8.

auf die Art trete, daß Stoffe von beiden sich gegen einander austauschen und den zwischen ihnen vorhanden gewesenen substanziellen Unterschied verwischen. Das scheint namentlich auf der Contactgrenze plutonischer und neptunischer Gebilde sehr allgemein zu erfolgen. Ist dagegen der Eindringling eine gasförmige Substanz, welche durch zahlreiche Klüfte nach allen Seiten hin offene Wege findet, so kann sie allmählig von ihren Bahnen aus die ganze sedimentäre Masse durchdringen und in ein völlig verschiedenes Mineral verwandeln; ja, was noch merkwürdiger ist, es kann eine constante Absonderung der metamorphosirten und unveränderten Bestandtheile des Sediment in regelmäßig wiederkehrenden Lagen und Schichten durch Ausscheidung nach bestimmten Bildungscentren erfolgen. Beide Fälle scheinen mannigfaltig bei der Bildung des krystallisirten Gypses obgewaltet zu haben; im ersteren Falle bewirkten sie die mächtigen mauerförmigen, senkrecht aufsteigenden Gypsmassen, welche man im Kupferschiefer antrifft, im letzteren die dünnen Lagen von Fasergyps zwischen den bunten Mergeln des Keupers. Man meint, daß es mächtige Erhalationen von Schwefelwasserstoff gewesen seien, welche die stratificirten Sedimente durchdrangen, sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Schwefelsäure veränderten und nun einen Theil des kohlenfauren Kalkes in wasserfreien Anhydrit oder gewässerten Gyps umwandelten. Auf ähnliche Weise sucht man die neptunische Metamorphose des Dolomits zu erklären; man läßt kohlenfaure Magnesia führende Gewässer den geschichteten kohlenfauren Kalk durchdringen, und diesen gegen jene austauschen; ein Theil der Kalkerde wird entführt und eine entsprechende Quantität von Talkerde dafür zurückgelassen. Die erste Andeutung des Processes gab L. v. Buch, indem er mit genialer Auffassung der Lagerungs-Beziehungen, in denen die augitreichen Melaphyre zu den Dolomiten Tyrols stehen, die Behauptung aufstellte, daß Massen von Talkerde vielleicht in Dampfform die stratificirten Kalke durchdrungen und mit ihnen durch Austausch der Kalkerde gegen Talkerde sich verbunden hätten. Hiergegen erhoben sich theils Geognosten, welche in den Dolomiten Versteinerungen nachwiesen, theils Chemiker, indem sie die Möglichkeit dampfförmiger Talkerde in Abrede stellten; beide erklärten den Dolomit für ein neptunisches Product, während andere Forscher ihn gar für ein ursprünglich plutonisches ansahen, das gleich den körnigen Kalken aus der Tiefe im feurigen Fluß emporgestiegen sein sollte. Der Streit über die Richtigkeit der metamorphischen, neptunischen und plutonischen Genese des Dolomits ist lange und mit großer Hefigkeit geführt worden, scheint aber gegenwärtig doch zu Gunsten der ersteren entschieden zu sein;

Bischof, der sorgfältige Kritiker, hat nachgewiesen, daß die kohlenfaure Magnesia den kohlenfauren Kalken, aus denen der Dolomit entstand, durch die Gewässer von oben herab zugeführt worden, und eben deshalb die Umwandlung des Kalks in Dolomit in derselben Richtung durch die allmählig tiefer eindringenden Wasser erfolgt sei; er leitet, in Anschluß an die v. Buch'sche Ansicht, die Magnesia wirklich von den Augitporphyren her, sieht sie als ein Product ihrer theilweisen Zersetzung auf nassem Wege an, und rechtfertigt so den Proceß, welchen L. v. Buch geistreich erkannt hatte, vollständig, obgleich er das Mittel, ihn zu vollführen, in das entgegengesetzte verwandelt. Wäre hiernach der Dolomit auch kein directes Product des Melaphyrs, so bliebe er doch immer eine metamorphische Felsart, deren Genese scharfsinnig erklärt und damit bey Anstoß zur Lehre von den großartigen Umwandlungsproceß in der anorganischen Natur gegeben zu haben, als hohes Verdienst unseres ersten, nunmehr dahin geschiedenen, aber der Wissenschaft unsterblichen, vaterländischen Geognosten für alle Zukunft anerkannt werden wird ²²⁾.

Es bedarf wohl keiner weiteren Auseinandersetzung, daß die zahlreichen Erscheinungen von Metamorphismus auf der Berührungsgrenze von plutonischen und neptunischen Gesteinen sich auf ähnliche Weise, wie die Dolomitbildung erklären lassen, und daß der Austausch, welcher an solchen Stellen unzweifelhaft zwischen den verschiedenen Stoffen erfolgt ist, ebenfalls nur auf nassem Wege geschah. Sieht man die offene Bruchfläche als die Bahn eindringender Gewässer an, so überzeugt man sich bald, daß neben derselben ganz ähnliche Proceße erfolgen konnten, als diejenigen sind, wodurch die Dolomitirung des Kalksteins bewirkt wird, daß mithin alle Annahmen von Uebergängen geschmolzener oder gar dampfförmiger Erden und Silicate eben so überflüssig erscheinen, wie die plutonische Ansicht von der Entstehung der körnigen Kalke oder der ähnlichen Metamorphose des Dolomits. Die Tagewässer sind es gewesen, welche diese Metamorphosen bewirkt haben; sie scheinen Carbonate aller Art in Auflösung mit sich geführt

22) Vergl. Bischof, Chem. Geol. II. S. 279 u. 1099 ff. — Die krystallinische Beschaffenheit des Dolomits rührt eben so sehr von der Metamorphose her, wie dieselbe Beschaffenheit des Marmors; sein poröser, oft rauher Zustand (daher Rauhwacke genannt) ist dagegen aus dem Substanzverlust zu erklären, den die Gewässer im Kalkstein, als sie den Kalk gegen Talk austauschten, bewirkten. Inzwischen glaubt Dürcher aus Versuchen, welche er angestellt hat, auch plutonische Metamorphosen des Dolomits annehmen und der älteren Ansicht von Talkerdedämpfen das Wort reden zu dürfen. Compt. rend. etc. Tom. 33. 1852. und Arch. d. Pharm. März 1852. —

zu haben, um dieselben in Silicate umzuwandeln oder gegen andere auszu-
tauschen, wobei Kiesel-erde und Metalloryde wesentlichen Antheil an den
Gebilden nahmen, welche bei diesen Metamorphosen erzeugt wurden. Auch
die Ausfüllungsmassen der Gangspalten können, wenn es nicht gleichzeitige
Producte, sondern spätere Eindringlinge gewesen sind, nur auf nassem Wege
hineingeführt worden sein, wie das namentlich von allen quarzhaltigen
Gängen jetzt wohl unzweifelhaft ist (S. 132). Wenn heiße, mit Säuren
und flüchtigen Salzen geschwängerte Wasserdämpfe in solchen Spalten von
unten empordrangen, oder wenn auch nur die kalten, an Kohlensäure reichen
Tagewasser in ihnen langsam herabrieselten, immer mußten sie die Mutter-
gesteine der Spalten zersetzen, die Kiesel-säure zum Theil in der Auflösung
erhalten, zum Theil rein abscheiden und die metallischen Bestandtheile der
Basen zu neuen Verbindungen umwandeln, welche mit an den Aus-
füllungsmassen der Gänge Theil nahmen. Demnach würden sehr viele,
wenn nicht vielleicht gar die allermeisten Gangmassen ebenfalls als Pro-
ducte sich betrachten lassen, deren Bildung durch metamorphische Proceffe
zu erklären ist. —

12.

Lagerungsfolge und Zahl der neptunischen Schichten. — Versuche sie in größere
Gruppen oder Formationen einzutheilen. — Primäre Flözgebilde.

Untersuchen wir nunmehr die Reihe der neptunischen oder nor-
malen Schichten zunächst im Allgemeinen, unsere Betrachtung an die
früher bereits erwähnten Eigenschaften (S. 4) derselben anreihend, so
müssen wir bald die große Uebereinstimmung aller in ihren Formen und
Bestandtheilen erkennen, welche zu den mannigfachen Verschiedenheiten der
abnormen Gesteine einen sehr auffallenden Gegensatz bildet. Frühere Mit-
theilungen haben uns schon die hauptsächlichsten Formunterschiede, die Be-
ziehungen der Schichten zur Ebene, zu Gebirgszügen und zu einander, kurz
alle diejenigen allgemeinen Verhältnisse kennen gelehrt, welche durch die
Ausdrücke *Streichen* und *Fallen*, und die verschiedenen Benennungen
der Lagerung angegeben werden (S. 169 ff.); wir haben uns damals
schon überzeugt, daß später gebildete Schichten stets über den älteren sich