

Die
Umwandlungsprocesse
im Mineralreich.

~~~~~

Akademische Rede, gehalten am 19. December 1870 in der  
Aula zu Leipzig

von

**Dr. Ferdinand Zirkel,**  
o. Professor der Mineralogie u. Geologie a. d. Universität Leipzig.

---

Berlin, 1871.

C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.  
Carl Habel.

(Serie 6. H. 136).

6216768

95

Wissenschaftslehre

2  
De

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

Die Mineralogie hat sich im Laufe der letzten fünfzig Jahre allmählich den engen und beengenden Fesseln einer bloßen morphologischen Systematik zu entwinden gewußt und ist gleich der heutigen Zoologie und Botanik zu einer Wissenschaft geworden, welche nicht nur die Naturkörper ihres Reichs getreulich beschreibt, sondern auch das Entstehen und die Entwicklungsgeschichte derselben, die Bedingungen ihres Daseins, ihr Wachsen und Vergehen zu ermitteln und wo möglich diese Verhältnisse durch den Versuch nachzubilden trachtet. Se allgemeiner sich vermöge der vormals nicht geahnten Fortschritte der Chemie und Physik wissenschaftlicher Eifer diesen tief in Leben und Verkehr eingreifenden Disciplinen zuwandte, je mehr sich die Erkenntniß Bahn brach, daß das Studium jedweden Bereiches der Natur in ihnen Wurzel fassen und aus ihnen Nahrung ziehen müsse, desto auffälliger erschien die Einseitigkeit jener bisherigen Behandlungsweise der Mineralogie, welche lediglich die Beschreibung der äußerlichen Eigenschaften als Aufgabe der Forschung erachtete.

Nur mit Unrecht vermag daher gemäß ihrer augenblicklichen Bestrebungen und Ziele und Leistungen die Mineralogie jetzt mehr eine beschreibende Naturwissenschaft genannt zu werden; die Zeit indessen, wo sie würdig wurde, jenes nicht mehr ge-

rechtfertigten Namens entkleidet zu werden, liegt verhältnißmäßig so kurz hinter uns, daß, wie viel und wie eifrig in jener Richtung auch jetzt geforscht werden mag, die Resultate der neuen erweiterten Auffassung als wichtiges und interesselvolles Element nur in spärlichem Maaße ihren Weg in die allgemeinen Lehrbücher dieser Wissenschaft gefunden haben oder bei den üblichen Vorträgen verwerthet zu werden pflegen.

Soweit es der Gegensatz zwischen organischer und unorganischer Welt gestattet, ist die moderne Mineralogie und Geologie aufs nachdrücklichste beflissen, sich alle jene Hülfsmittel dienstbar zu machen und alle jene Hülfswissenschaften in ihren Kreis zu ziehen, die als wesentliche Bedingungen der Untersuchung seit einer längern Reihe von Jahren von denjenigen mit Glück und reichem Erfolg benützt werden, welche sich dem Studium des menschlichen, thierischen und pflanzlichen Leibes und ihrer Lebensvorgänge zugewandt haben. Unsere Erde ist, sofern wir ihre Rinde von Gesteinen und Mineralien kennen, mit Recht ein großes Laboratorium genannt worden, in welchem seit ihrem in Dunkel gehüllten Ursprung chemische und physikalische Prozesse von Statten gehen und so lange fort und fort von Statten gehen werden, als sie ihre Bahn um die Sonne beschreibt. Was immer Chemie und Physik, diese Arterien der einen großen allgemeinen Wissenschaft von der Natur, beizutragen vermögen, um ebenfalls bei den Mineralkörpern zur Erkenntniß nicht nur des Zustandes und der Beschaffenheit, sondern auch der Entstehung und Herausbildung zu gelangen, das wird jetzt mit regem Fleiß von dort her in Anspruch genommen. Nicht mehr stehen beide den sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften gleich fremden Mächten gegenüber und welch enges Band die Mineralogie und Physik umschlingt, mag der Umstand bestätigen, daß ein Theil der wichtigsten Resultate der Optik und Thermik durch das



erfolgreiche Studium von Gegenständen des Steinreichs erzielt wurde.

Und auch die überwältigende Wichtigkeit des Experiments ist in immer steigendem Maaße gewürdigt worden, von jenen Zeiten an, da Sir James Hall, dem die Ehre der Erfindung gebührt, kohlsauren Kalk im verschlossenen Flintenlauf zu körnigem Marmor umschmolz, feuerflüssigen Basalt durch langsame Abkühlung krystallinisch erstarren ließ, und durch seitliche Zusammenpressung übereinander ausgebreiteter Tücher die bizarren Bindungen der Thonschieferschichten an den schottischen Felsenküsten nachbildete, bis heran auf unsere Tage. Wo es gilt, die zahlreichen Produkte der Festwerdung geschmolzener Massen zu untersuchen oder dem stillen Wachsthum prächtiger und flächenreicher Krystalle aus wässerigen Lösungen nachzuspüren, oder wo auch wir in das große Räthsel des Jahrhunderts, die Frage nach dem Zusammenhang zwischen äußerer Form und chemischer Zusammensetzung Klarheit zu bringen streben, da kann man sich des chemisch=physikalischen Experiments nicht entrathen, sei es zur künstlich nachahmenden Darstellung natürlicher Gebilde, sei es zur Prüfung und Läuterung der Theorien.

So bilden denn bei den einigermaßen mit Mitteln bedachten mineralogisch=geologischen Sammlungen und Arbeitsstätten die Räume zur Vornahme chemischer Synthesen und Analysen, zur Aufstellung physikalischer Untersuchungen und Experimente nothwendige Bedingnisse, um allen Anforderungen, welche die moderne Richtung auch in dieser Naturwissenschaft an den Forscher stellt, gerecht zu werden.

Bis vor nicht allzu langer Zeit durfte die Geologie und Mineralogie fast nur die denkwürdigen Resultate über die Gegenwart mikroskopischer Organismen in der Kreide, dem Polirschiefer, der Vulkanasche u. s. w., sowie die Studien über die

vegetabilische Structur der Steinkohlen als durch das Mikroskop gewonnene Ergebnisse in ihre Annalen verzeichnen. Jetzt ist für diese Wissenschaften nach langem Zwischenraum endlich die Zeit angebrochen, daß jenes unscheinbare Geräth, welches dem Histologen, Anatomen und Physiologen, dem Botaniker und Zoologen längst als unentbehrlich gilt, auch in ihrem Dienst allgemeiner thätig ist. Und zwar ist es ein anderes Feld, auf welchem dasselbe jetzt als Rüstzeug benutzt wird. Die kaum geahnte merkwürdige Mikrostructur der Mineralien und Gesteine im frischen oder verwitterten Zustande, die unerwartet reichliche Verbreitung bisher für sehr selten gehaltener Mineralien in mikroskopischer Winzigkeit, die Zusammensetzung der scheinbar homogenen Steinmassen aus zahlreichen fremdartigen Gemengtheilen, die Verwerthung und Deutung endlich dieser Ergebnisse für die Lösung der wichtigsten genetischen Fragen, das sind die Punkte, um welche es sich hier handelt, und bei denen das vergleichende Studium künstlicher Steinprodukte mit dem der natürlichen Hand in Hand geht. Freilich ist die Zahl der Forscher, welche auf diesem Gebiete arbeiten, vorläufig noch spärlich, wie es die verhältnißmäßige Neuheit des Gegenstandes und die vielfache Schwierigkeit der Untersuchung mit sich bringt; gleichwohl aber sind die Resultate, welche bisher erzielt wurden, in mancher Hinsicht werthvoll, insbesondere wenn man bedenkt, daß nicht viele Jahre verflossen sind, wo die Mineralogie in dieser Beziehung noch auf ähnlichem Standpunkt sich befand, wie die Physiologie, da von der Zusammensetzung des Blutes kaum weiteres bekannt war, als daß es eine rothe Flüssigkeit sei.

So begnügt sich denn die Mineralogie der Gegenwart selbst nicht mehr damit, die krystallisirten Mineralindividuen nach ihrer Formentwicklung zu messen und zu berechnen, die Zahl der für die einzelnen Körper bekannten Krystallflächen durch neu aufzu-

findende zu vermehren, die physikalischen Eigenschaften der Mineralien mit immer verfeinerteren Instrumenten zu erforschen und die chemische Zusammensetzung derselben festzustellen, um mit diesen Erkenntnissen ausgerüstet, daran zu gehen, systematische Aneinanderreihungen zu vervollständigen, zu verbessern oder neu zu errichten. Kein einsichtsvoller Mineralog verhehlt sich augenblicklich mehr, daß, wie unumgänglich nothwendig, fruchtbringend und befriedigend diese Arbeiten auch sind und in der Folge bleiben werden, durch dieselben doch nur ein Theil der Aufgabe der Mineralogie seiner Lösung näher geführt wird.

Aus dem erweiterten Kreise der mineralogisch-geologischen Forschungen sei es gestattet, einen Gegenstand herauszuwählen, um den Versuch zu wagen, denselben in möglichst allgemein verständlicher Darstellung zu behandeln.

Es gab vormals eine Zeit, in der man der Ansicht war, daß die starren und festen Mineral- und Gesteinsmassen unserer Erdrinde etwas ursprünglich gegebenes darstellen, daß sie sich noch in demselben Zustande befinden, wie bei ihrer Entstehung, und daß ihnen gewissermaßen das Gepräge der Unveränderlichkeit und Unwandelbarkeit aufgedrückt sei. An der Hand der Chemie hat man indessen nicht nur einsehen gelernt, daß solche Anschauungen trügerisch seien, indem jene Massen zum großen Theil einem innerlichen vielfachen und stetigen Wechsel ihrer Zusammensetzung unterliegen, sondern man hat auch für viele Fälle den gesetzmäßigen Verlauf dieser Veränderungen festgestellt, denen man nunmehr Schritt für Schritt zu folgen vermag. Diese Umwandlungen bieten Anlaß zu zahllosen Neubildungen und so hat denn auch die Steinwelt in gewissem Sinne ihr Leben, indem die Mineralien hier im Wachsen, dort im Vergehen begriffen sind und ein Muttermineral andern neuen den Ursprung gibt, wobei freilich die Kinder und die Eltern abweichende Be-

schaffenheit besitzen und die Sprößlinge sich auf Kosten des mütterlichen Leibes allmählich entwickeln. Die übergroße Langsamkeit, mit der solche Alterationsproceſſe von Statten gehen und die Unscheinbarkeit der Wirkungsmittel, welche sie vollstrecken, beides wird durch die Dauer der Vorgänge compensirt. In langen Zeitfristen üben Mengen von Stoffen, welche ihrer Geringfügigkeit halber oft durch unsere schärfsten chemischen Reagentien kaum nachgewiesen werden können, eine gewaltige, durch ihre Massenentfaltung überraschende Wirkung aus.

Je mehr Licht sich über die chemischen Umwandelungsproceſſe verbreitet, welche im Schooße der Erde, in den Steinbrüchen und unter der Rasendecke wirksam sind, desto deutlicher wird es, daß das Wasser nebst den darin aufgelösten Stoffen es ist, welches als wesentlichstes Agens dieselben vermittelt. Das Wasser befindet sich bekanntlich auf Erden in einem ununterbrochenen Kreislauf, aus der Atmosphäre fällt es als Regen oder Schnee auf den Boden, um, darin eingedrungen, an andern Orten als Quellen wieder hervorzubrechen; Quellen vereinigen sich zu Flüssen, die ins Meer gelangen, aus welchem das alte Wasser durch Verdunstung wiederum in die Atmosphäre zurückkehrt.

Nicht nur durch offene Klüfte, Spalten und Schichtungs-fugen im Gebirgsstein sucht sich das Wasser seinen Weg in die Tiefe, sondern ebenfalls durch dessen solide Masse selbst. Auch in denjenigen Gesteinen, in welchen das bloße Auge keine Zwischenräume mehr aufdeckt, findet sich ein weitverzweigtes Netz feiner nur mikroskopisch sichtbarer Haarspalten, auf denen das Wasser um so behender einsickert, als es, unablässig von oben sich ersehend und so einem gewissen Druck unterworfen, in größerer Tiefe gewissermaßen hineingepreßt wird. Je unendlicher die Menge von Angriffspunkten ist, die sich ihm so darbietet, desto bedeutendere Wirkungen vermag es auszuüben. Wie selbst

die compactesten Massen von Flüssigkeiten durchdrungen werden können, mag die künstliche Färbung der Chalcedone und Achate erweisen, ein Verfahren, welches, wie uns Plinius berichtet, schon im Alterthum bekannt war.

Wenn so keine einzige Steinmasse dem einsickernden Wasser einen absoluten Widerstand entgegensetzt, indem sie alle mehr oder weniger porös sind, so kommt daneben auch keiner einzigen Mineralsubstanz eigentlich eine absolute Unlöslichkeit, sei es in reinem oder dem vielvorhandenen kohensäurehaltigen Wasser zu. Bemerkenswerth erscheinen in dieser Hinsicht die unzweideutigen Experimente der amerikanischen Gebrüder Rogers, welche darthaten, daß die allgemein verbreiteten und dem gewöhnlichen Sprachgebrauch nach als unlöslich geltenden Mineralien, wie Feldspathe, Hornblende, Turmalin, Zeolithe, Epidot, Olivin u. s. w., gleichwohl im gepulverten Zustande so rasch von Wasser angegriffen werden, daß sich ein Theil ihrer chemischen Bestandtheile schon in den ersten Mengen des durch dieselben filtrirenden Wassers, wenn auch nur spurenhaf, dann doch zweifellos nachweisen läßt. Mag auch im Versuch der fein gepulverte Zustand diese Löslichkeit immerhin erheblich befördern, so wird doch in jener unermesslichen Zeit, welche der Natur bei ihren Operationen zu Gebote steht, auch ein ganzer solider Krystall trotz seiner geringern Angriffsoberfläche sich demselben Schicksal nicht entziehen können.

Nichts im ganzen Mineralreich ist unwandelbar, mit Ausnahme vielleicht der edlen Metalle Gold und Platin; selbst der Quarz und Bergkrystall, der Typus des Festen, Harten, Unveränderlichen wird zu weichem Speckstein, den schon der Fingernagel mit Leichtigkeit rißt.

Ungeheure Mengen von Substanzen werden so während der langen Dauer, in der die Gewässer unterirdisch circuliren, fort-



während den Gesteinen im Erdinnern entzogen und die ausfließenden Quellwasser enthalten immer mehr oder weniger große Quantitäten von salzigen und erdigen Theilen in bedeutungsvollem Gegensatz zu dem ursprünglichen Regenwasser, welches, während es auf die Erdoberfläche fällt, fast ganz frei davon ist. Und dringt solches Wasser noch zuvor in größere Tiefe ein, so ist es, mit jenen chemisch wirksamen Substanzen ausgerüstet, dort im Stande, fernere complicirtere Zersetzungen einzuleiten und weitere Neubildungen hervorzurufen. Am reichsten an aufgelösten fremden Bestandtheilen sind die Sauerquellen, und die gewöhnlichen süßen Quellen führen dieselben deshalb in weitaus spärlicherem Maaße, weil sie weniger von der lösenden Kohlensäure enthalten.

Der Karlsbader Sprudel besitzt nach Berzelius in ca. 300000 Theilen Wasser 1 Theil Fluorcalcium, Flußspath, in sich aufgelöst, eine scheinbar verschwindend kleine Quantität. Und doch fließen mit dem Thermalwasser im Lauf eines Jahres 250 Centner Flußspath im aufgelösten Zustande hinaus, welche den dortigen Gesteinen entzogen sind. Die keineswegs sehr reichlich strömende Soolquelle zu Neusalzwerk in Westphalen befördert nach der Rechnung G. Bischof's in ihrem Wasser jährlich 18000 Centner kohlenfauren Kalks und 1400 C. Eisenoxyd an die Erdoberfläche. Der Gyps ist selbst im gewöhnlichen Wasser löslich und setzt sich beim Verdunsten einer solchen Lösung in zierlichen Krystallen wieder ab. Wo immer Gewässer das Gypsgebirge durchsickert, da muß es sich mit dieser aufgelösten Substanz beladen und daraus schießen alsdann später vielleicht an sehr weit entfernten Orten Gypskrystalle wiederum an. Man fand dieselben zum Zeugniß ihrer jugendlichen Entstehung selbst auf dem Holzgezimmer der Bergwerke ausgebildet, ja auf Kleidern, welche die Bergleute in den Gruben vergessen hatten. In so massenhaften



Quantitäten geht die unterirdische Fortführung des Gyps von Statten, daß im Erdinnern große zum Theil mit Wasser gefüllte domartige Weitungen und Hohlräume entstehen, welche, wie am Südrande des Harzes, wohl den Einsturz der Oberfläche und die Bildung von Seebecken zur Folge haben.

In ähnlicher Weise ist auch ein großer Theil des kohlensauren Kalks der Erde auf steter Wanderschaft in den Quellen und Flüssen begriffen. Die geringen Antheile von Kohlensäure, welche selten einem Wasser fehlen, sind fähig, den festen kohlensauren Kalk, wo er sich als Kalkstein darbietet, aufzulösen, der sich dann als doppelt kohlensaurer Kalk in dem Gewässer befindet. Kommt nach vielleicht sehr langem Lauf desselben der ursprüngliche, gewissermaassen nur halb an den Kalk gebundene Theil der Kohlensäure zum Entweichen, so kann in dem kohlensäurefrei gewordenen Wasser der kohlensaure Kalk nicht fürderhin als gelöst verbleiben und er gelangt so, an fern entlegene Stellen transportirt, wieder zum Absatz.

Da es in der That kaum irgend eine in dem Sickerwasser absolut unlösliche Mineralsubstanz gibt, so müssen sämtliche Stoffe, die in der Erdrinde existiren, auch in den Quellen gelöst sein, wenngleich manche in kaum nachweisbaren Mengen. Und in dem Wasser des Meeres, des großen Sammelreservoirs aller Quellen und Flüsse müssen theoretisch alle Elemente sich nachweisen lassen. Daß dasselbe Natrium und Chlor und Calcium und Magnesium enthält ist bekannt, aber auch seltenere und weniger vermuthete Stoffe, wie Silber, Kobalt, Nickel, Arsenik, Strontium, Lithium hat man im Meerwasser gegenwärtig erkannt, sei es, daß man sie in der Asche der schwimmenden Lauge auffand, oder in dem Kesselstein der mit Seewasser die Maschine speisenden transatlantischen Dampfer.

Für das Studium der eigentlichen Umwandelungsprocesse,

(555)

bei welchen mittelst der so beschaffenen Gewässer die scheinbar starren Maffetheilchen eines Minerals in Bewegung gesetzt und zum gesetzmäßigen Stoffwechsel gezwungen werden, ist nichts so wichtig, wie die Pseudomorphosen des Steinreichs.

Es sind dies im engeren Sinne Krystalle, welche eine chemische Alteration in eine anders beschaffene Substanz erlitten haben, wobei aber die Umwandlung der Masse so langsam und molecular erfolgte, daß die äußere ursprüngliche charakteristische Gestalt dabei erhalten blieb und man so stets genau weiß, welches Mineral es gewesen, das hier der Metamorphose anheimgefallen. Die jetzige Krystallform solcher Körper steht also mit ihrer neu gewonnenen chemischen Beschaffenheit gewissermaßen in Widerspruch.

Vergleicht man die chemische Zusammensetzung des ursprünglichen Mineralkörpers mit derjenigen des Umwandlungsprodukts, so ergibt sich, daß der erstere bald gewisse Bestandtheile verloren, bald gewisse andere neu aufgenommen, daß bald ein gegenseitiger Austausch einzelner Bestandtheile statt gefunden hat, bald aber auch eine gänzliche Verdrängung der einen Substanz durch die andere bis auf das letzte Partikelchen zu vor sich ging.

Früher in den alten Mineraliensammlungen nur als ein zufälliges schließliches Anhängsel in ein Armsünderchränkchen verbannt, als ein vermahrlostes Häuflein seltsamer und sinnloser Mißgeburten mit viel Verwunderung und wenig Nutzen betrachtet, bilden diese Pseudomorphosen schon seit geraumer Zeit den Gegenstand großen wissenschaftlichen Interesses und eines eifrigen Studiums, welches für die Geologie zu so bedeutsamen Resultaten geführt hat, daß der Einfluß jener unscheinbaren Gebilde auf die Behandlung ganzer großer Theile dieser Wissenschaft unverkennbar ist. Denn sie vermitteln uns die Erkenntniß und Specialisirung der Prozesse in dem großen Laboratorium, welches

im Innern der Felsen und Erdschichten seine Stätte hat, sie erschließen uns deren gesetzmäßiges Walten, sie belehren uns, daß Mineralien allmählich auf nassem Wege metamorphosirt werden, deren Löslichkeit der Chemiker nicht mehr nachzuweisen vermag. Und wenn wir hier einen kleinen Rhomboederkrystall finden, dessen ursprüngliche Substanz, Kalkspath, nunmehr durch Quarz ersetzt und verdrängt ist, so kann dasselbe Millionen von Nachbarn gleicher Art geschehen, wenn sie gleichen Bedingungen unterworfen werden und es steht theoretisch der Annahme nichts im Wege, daß im Laufe unendlicher Zeit auch ein ganzes Kalksteingebirge im großartigsten Maasstabe sich in ein Quarzgebirge umwandeln kann. Sache des beobachtenden Geologen ist es freilich, die Anwendung von derlei chemischen Theorien auf bestimmte örtliche Verhältnisse zu controlliren, deren anderweitige Beschaffenheit vielleicht Einsprache dagegen erheben könnte.

So nachdrücklich und erfolgreich haben übrigens diese Alterationsvorgänge nachgewiesenermaasßen oftmals gespielt, daß sämtliche der Hunderttausende und Millionen Individuen eines Minerals auf einer local begrenzten Lagerstätte, z. B. einem Erzgange, sammt und sonders bis auf das letzte in eine andere Substanz umgewandelt sind, so daß nur in ihrer geretteten Form das Andenken an ihr früheres Vorhandensein dort aufbewahrt wird.

Die pseudomorphe Umbildung ist nur ein ganz specieller Fall der großartigen chemischen Veränderungsvorgänge, derjenige nämlich, bei welchem während und trotz der Metamorphose die äußere Gestalt erhalten blieb. Tausendfältig häufiger sind der Natur der Sache gemäß die wenn auch ebenso gesetlich, dann doch weniger exact und vorsichtig verlaufenden Proceffe, durch welche neben der alterirten chemischen Beschaffenheit auch die Krystallform des ursprünglichen Minerals entweder bis zur Un-

kenntlichkeit verunstaltet oder gänzlicher Zerstörung Preis gegeben wurde; erdige, formlose Massen sind auf den Stätten entstanden, wo vormals frische flächenreiche Krystalle gegläntzt haben.

Da wo bei der beginnenden materiellen Umwandlung ein Mineral neue Stoffe, wenn auch nur in spärlicher Menge in sich aufgenommen hat, mag der analysirende Chemiker leicht verleitet sein, dieselben für zufällig beigemengte Bestandtheile zu halten. Scheinbar unwesentlich und lästig, weil sie der Formel-Construction Schwierigkeiten bereiten, werden sie aber bedeutungsvoll, wenn man sie mit der Zusammensetzung der vollendeten Pseudomorphosen vergleicht und gewahrt, daß sie das erste Stadium des Uebergangs in ein anderes Mineral bezeichnen. Das oft versuchte Einzwängen solcher unbestimmter Zwischenstufen in irgend eine chemische Formel hat natürlich keinen Sinn und von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, mag der Selbständigkeit mancher sogenannten Mineralspecies in der Folge ernstliche Gefahr drohen.

Die pseudomorphische Umwandlung hat sich in vielen Fällen, in denen ihr weiteres Fortschreiten ein Hemmiß erfuhr, nicht über den ganzen Krystall erstreckt, von welchem dann noch gewisse Theile, namentlich ein innerer Kern als unverfehrt hervortreten. Eine solche partielle Alteration ist um deswillen besonders wichtig, weil durch sie die Natur des veränderten Minerals noch sicherer festgestellt wird, als es durch die alleinige Deutung der äußern Pseudomorphosenform geschehen kann. So umhüllen die auf vielen Bleierzgängen — von Schopau in Sachsen, von Bernkastel an der Mosel, vom Himmelsfürst bei Freiberg, von Huelgoet in der Bretagne — in treuer Constanz sich einstellenden sechsseitigen Säulen von Bleiglanz einen Kern von Pyromorphit (phosphorsaurem Bleioxyd), zum Beweise, daß es die letztere Substanz gewesen, welche sich in Schwefelblei umge-

wandelt und diesem ihre Krystallgestalt geliehen hat. Die zuerst bei dem tatarischen Dorfe Muldakajewsk unfern Miasch entdeckten, dann auch zu Predazzo in Tyrol, zu Arendal in Norwegen gefundenen Augitkrystalle (sog. Uralit) thun die bemerkenswerthe Thatsache unzweifelhaft dar, daß sich Augit in Hornblende umzuwandeln vermag: der innere kleine Kern der Krystalle ist noch lichtgrasgrüner Augit, die schwärzlichgrünen Außentheile bestehen aus dünnen faserigen Hornblendenadeln, welche in ihrer Vereinigung die charakteristischen Umrisse eines Augitkrystalls zur Schau tragen. Zu Snarum in Norwegen kommen Krystalle von der ausgesprochensten Form des Olivins vor, die jedoch aus weicher grünlichgelber Serpentinmasse gebildet werden; lange Zeit hindurch haben Manche im ernststen Meinungsstreit dieselben für ursprüngliche Serpentinkrystalle gehalten, die innern Centra von unzersehtem conservirtem Olivin stellen aber die nunmehr allgemein angenommene Ansicht, daß hier der Serpentin, wie so häufig, das Erzeugniß der Alteration des Olivins sei, als allein richtig dar.

Ausgangspunkt einer vielgliederigen Sippschaft von verschiedenen Umwandlungsprodukten ist der namentlich in den alten Graniten und alten Gneissen hausende graublaue Cordierit. Der Pinit von Schneeberg, von Morat in der Auvergne und von Haddam in Connecticut, der Aspasiolith von Krageröe in Norwegen, der Gigantolith von Tamela in Finnland, der Dosit von Geroldsau in Baden, der Pyrrargyllit von Helfingsfors, der Boudorffit von Abo in Finnland, der Falunit von Falun in Schweden, der Praseolith und Esmarckit, beide von Braffe bei Brevig in Norwegen, der Iberit von Montoval bei Toledo, der Chlorophyllit von Haddam in Connecticut — alle diese theils glimmerähnlichen, theils serpentinartigen wasserhaltigen Gebilde sie sind weiter nichts als ehemaliger Cordierit, der sich auf verschiedenen



Stadien und in verschiedenen Richtungen der chemisch wohl zu verfolgenden Zersetzung befindet, dessen zwölfblächige Säulengestalt sie größtentheils nachahmen und dessen halbfriische Ursubstanz sie vielfach als verschonten Kern einschließen.

Mit besonderm Reiz und Interesse umkleidet sind diejenigen Pseudomorphosen, bei welchen das Umwandlungsprodukt gar keinerlei chemische Beziehung mehr zu dem ursprünglichen Mineral besitzt, bei welchen auch das letzte Andenken an die chemische Zusammensetzung des alterirten Körpers geschwunden ist. Denn hier müssen selbstredend seltsamere und verschlungenerere Bildungswege eingeschlagen worden sein, als da wo der Pseudomorphose und dem Urmineral noch gewisse Stoffe gemeinsam sind. So findet man reine Kieselsäure (Quarz) in der Form von Fluorcalcium (Flußspath) und in der von kohlensaurem Kalk (Kalkspath), Brauneisenstein in der von Quarz, von Rothkupfererz, Zinnstein in der von Feldspathzwillingen im cornwaller Kirchspiel St. Agnes, Eisenkies in der von Quarz und Rothgültigerz, Kieselszink in der von Pyromorphit und Bleiglanz. Stößt auch manchmal der Versuch, den chemischen Vorgang bei dieser wunderlichen Umwandlung zu erklären, auf übergroße Schwierigkeiten, so daß uns dieser Proceß vorläufig ein vollkommen räthselhafter bleibt, so kann man doch hin und wieder selbst mit Hülfe der gewöhnlichen chemischen Zersetzungserscheinungen eine solche Verdrängung einer Substanz durch eine gänzlich fremde andere deuten. Zu bedenken ist dabei, daß nicht immer eine directe Umwandlung Statt gefunden zu haben braucht, sondern daß diese auch durch das Einschieben von Zwischengliedern in der Entwicklung allmählich vermittelt sein kann. So mögen die Pseudomorphosen von Quarz nach Flußspath in der Weise eingeleitet worden sein, daß zunächst Wasser, welches, wie so häufig, kiesel- und kohlen- saures Natron aufgelöst hielt, auf Fluß-



spathwürfel einwirkte. Es bildeten sich aus dem Fluorcalcium derselben Fluornatrium und kieselhaurer Kalk, von denen ersteres im gelösten Zustande weggeführt wurde, während letzterer Atom für Atom an Stelle des Flußspaths trat, um dann durch Gewässer mit einem Gehalt an kohlensaurem Natron weiter bearbeitet zu werden. Dabei erzeugte sich kohlensaurer Kalk, der ebenfalls gelöst und weggespült wurde und daneben Kieselsäure als allein unlösliches Endprodukt, dessen Absatz so sacht erfolgte, daß der alte Würfel die Schärfe seiner Kanten und Ecken nicht eingebüßt hat.

Vorzugsweise lehrreich sind noch diejenigen Pseudomorphosen, welche es deutlich bekunden, daß ein solches Erzeugniß der Umwandlung mehrere Stadien durchlaufen hat, um seine jetzige Beschaffenheit zu gewinnen. Große Skalenoederkrystalle gibt es, welche vormals dem Kalkspath angehört hatten und nunmehr aus einer dicken äußern Schicht von Brauneisenstein mit einem innerlichen kleinen Kern von Eisenspath bestehen. Als die Alterationsproceße sich dieses schicksalsreiche Skalenoeder zum Gegenstand ihrer Thätigkeit ausersehen, wurde zunächst der Kalkspath in Eisenspath verändert, der dessen Gestalt mit ihren abwechselnd scharfen und stumpfen Endkanten getreulich nachahmte; aber auch er fiel der fortdauernden und etwas andere Form annehmenden Zersetzung anheim und wurde — ebenfalls von außen nach innen — in Brauneisenstein umgewandelt; nicht völlig indessen, indem ein Stillstand in den Proceßen eintrat, und die innersten Theile verschont blieben. Eine ganze abwechslungsvolle Geschichte weiß ein solches dem Laienauge unscheinbares und werthloses Gebilde dem Kundigen zu erzählen, eine Geschichte, zu deren Entwicklung Tausende von Jahren erforderlich gewesen sein mögen.

Das Resultat einer ähnlich durch eingeschobene Zwischen-

zustände vermittelten Umwandlung sind die schönen grünen, aus faserigem Malachit bestehenden Würfel und Rhombendodekaeder, wie sie sich zu Chessy bei Lyon, am Kaisersteimel im Siegenischen und auf den Gumeschewski'schen Kupfergruben im Ural finden. Dieselben haben anfänglich dem gediegenen Kupfer angehört, sind dann durch Aufnahme von Sauerstoff in Rothkupfererz (Kupferoxydul) verändert worden, welches selbst später durch Zutritt von Kohlensäure und Wasser in Malachit sich umwandelte. Da sehr oft die pseudomorphen Krystalle inwendig hohl, oder deren Flächen treppenartig eingesunken sind, so daß die Kanten skelettähnlich hervorstehen, so muß bei jenen Vorgängen eine erhebliche Menge des Malachits durch Gewässer hinweggeführt sein. Jahrhunderte lang in durchfeuchtetem Erdreich vergrabenes Kupfer wandelt sich so in durchaus übereinstimmender Weise außen in kohlensaures Kupfer (Malachit, Lasur), innen in krystallinisches Rothkupfererz um.

Manche Gebilde des Steinreichs berichten uns in ihrer jetzigen Beschaffenheit selbst von einer noch complicirtern Reihe von Ereignissen, die im Laufe der Zeit an ihrem Körper vor sich ging. Nehmen wir an, daß irgendwo ein Skalenoederkry stall von Kalkspath existirt habe; Gewässer mit einem Gehalt an Kieselsäure setzten, über denselben hinwegströmend, auf ihm eine dünne oft nur hautdicke Kruste von Quarz ab, welche die umhüllte Krystallform deutlich wiedergibt. Ist nun dieses Vorkommniß in der fernern Folge der Einwirkung kohlen säurehaltigen Wassers ausgesetzt, so wird die innerliche Kalkspathmasse nothwendig aufgelöst und weggeführt, während der äußere dadurch nicht angegriffene Quarz als eine skalenoedrisch gestaltete hohle Schale zurückbleibt, welche man in so fern auch noch eine Pseudomorphose nennen mag, als seine jetzige Krystallform ihm nicht selbst eigenthümlich ist, wenn er sie auch lediglich durch

mechanische Absatzthätigkeit, nicht durch chemische Umwandlung gewonnen hat. Der Quarz ist es namentlich, welcher so auf den Erzgängen zahlreiche fremde Mineralien in papierdünnen Rinden überzieht und wegen seiner großen Unlöslichkeit bei nachher sich ereignenden Auflösungsprocessen als hohle Hülle mit gewissermaßen als Magiat erscheinenden Umrissen übrig bleibt. Doch ist damit die Geschichte unseres Kalkspathskalenoeders noch nicht vollendet. In den entstandenen leeren Raum der Kruste drangen durch wässerige Thätigkeit fremde Substanzen, z. B. violblauer Amethyst, farbloser oder gelber Flußspath, ein und setzten sich an der Innenseite derselben wie an den Wandungen einer Flasche ab. Dadurch wurde diese Höhlung bisweilen gänzlich, gewöhnlich aber nur theilweise ausgefüllt, so daß im Mittelpunkt derselben nach Art der Achatmandeln oft eine kleine KrySTALLDRUSE einen noch unerfüllten Raum umschließt. Die Oberfläche dieser neuen Substanz nimmt natürlich gleichfalls die ihr fremde Skalenoedergestalt an, da sie der Abguß der Innenwand der Quarzschale ist. Vier verschiedene historische Acte, jeder einzelne deutlich erwiesen, sind es also, in denen die Genesis eines solchen merkwürdigen Mineralgebildes sich abspielt, erstens die Bildung des ursprünglichen Kalkspathes, zweitens der äußere Absatz der erhaltungsfähigen Quarzschicht, drittens die Beführung des innerlichen Kalkspathes, viertens die Ausfüllung des dadurch gegebenen Hohlraums.

Nur von verhältnißmäßig geringer Bedeutung ist die Rolle, welche bei den Veränderungsprocessen im Steinreich der Sauerstoff als solcher übernimmt. Die Drydation von Schwefelverbindungen in schwefelsaure Salze, welche zuweilen als Alaun, als Eisenvitriol oder Bittersalz in der Form eines zartflockigen Ueberzugs oder einer schimmelähnlichen Kruste an den Felswänden herausblühen, die Bleichung schwarzer kohlehaltiger Gesteine,

wie mancher Kalksteine durch Drydation des dunkelfärbenden Stoffes zu entweichender Kohlensäure, die Bräunung umgekehrt anderer Felsarten, deren Eisenorydul in Eisenoryd übergeführt wird, das sind die wesentlichsten Erfolge, die jenes Gas, wo es allein wirkt, erzielt. Ihnen wirken, um den Haushalt der Natur nicht zu stören, die Reductionsprozesse, die Sauerstoffentziehungen im Mineralreich gewichtig entgegen, die vorzugsweise durch organische von den Meteorwassern aufgenommene Substanzen vermittelt werden und ohne welche im Laufe der Zeit z. B. alle Drydulsilicate auf Erden verschwinden müßten. Die gelösten schwefelsauren Metalloxyde, die Vitriole, erleiden durch kohlenstoffhaltige oder bituminöse Materien immerwährend eine Reduction zu unlöslichen Schwefelmetallen, so das schwefelsaure Eisenoryd zu Schwefeleisen, dem Eisenkies oder Schwefelkies. Daher denn auch die vielfache Durchsprenkung der Braunkohle oder Steinkohle mit goldgelben oder messingfarbenen Eisenkieskörnern, daher der häufige Ueberzug von glänzendem Eisenkies auf Versteinerungen und Fischabdrücken, deren modernder Leib noch für die hinübersickernde Eisenvitriollösung die Sauerstoffentziehung besorgt hat.

Weit erheblicher und sich bis zu großartigen Resultaten steigend ist die Thätigkeit des gewöhnlichen Wassers, wodurch abgesehen von der Auflösungsfähigkeit desselben wasserfreie Substanzen in wasserhaltige umgewandelt werden. Der wasserhaltige schwefelsaure Kalk, Gyps genannt, geht so aus dem wasserfreien, dem Anhydrit, hervor. Durch Einwirkung der feuchten Atmosphäre verliert sich, während die rechtwinkeligen Blätterdurchgänge beibehalten werden, die Durchsichtigkeit, eine Ausblähung erfolgt, Gewicht, Glanz und Härte verändern sich so, wie es dem wasserhaltigen schwefelsauren Kalk zukommt. Nicht nur einzelne Krystalle erliegt dieser Proceß zum Opfer aus, sondern er

erfolgt im großartigsten Maaßstabe an ganzen gewaltigen Anhydritstöcken. Sene unzähligen umfangreichen Massen, welche stockförmig zumal dem Zechstein und der Triasformation eingelagert sind, bestehen in ihrem Innern noch aus einem Kern von unverändertem Anhydrit, außen, wo die Tagewasser ein- und durchsickern, aus einem Mantel von secundärem Gyps. Die durch die Wasseraufnahme erzeugte Volumvermehrung, die Anschwellung der Masse, wird oft so mächtig, daß die den Gyps umgebenden oder bedeckenden andern Gesteinsschichten dadurch aus ihrer Lage emporgehoben oder bizarren Stauchungen und Faltungen unterworfen werden. In der deutschen Triasformation sind solche gewundenen, aufgerichteten, zertrümmerten und verworren durcheinander geworfenen Thon- und Mergelschichten in der Nachbarschaft der Gypse eine ganz gewöhnliche Erscheinung. Die zu Ber im Canton Wallis aus der Grube geförderten und auf die Halde gestürzten Anhydritstücke beginnen schon nach Verlauf von acht Tagen zu Gyps zu werden, und in den unterirdischen Stollen, welche im Anhydrit stehen, findet die Ausblähung der Seitenwände so energisch statt, daß sie fast unbefahrbar werden und ab und zu ausgehauen werden müssen.

Die prachtvollen schneeweißen oder wasserklaren Zeolithe, welche die Hohlräume von Basalten, Phonolithen und Melaphyren austapezieren, die Natrolithe, Skolezite, Desmine, Heulandite, Analcime, Chabasite u. s. w. sind meistentheils nichts weiter, als die im wasserhaltigen Zustande regenerirten Feldspathe des Gebirgsgesteins. Morisch und verwittert und theilweis förmlich ausgesogen sind solche Felsen; was ihrer Masse fehlt, die Mineralien, die aus ihnen auf nassem Wege extrahirt wurden, das findet sich wieder in den Blasenräumen und Poren, wo jene als junge gewässerte Krystalle im schönern Glanze still wieder hervorwachsen. Nur wo leicht zersehbare Feldspathe sich darbieten,



Können solche Zeolithe gedeihen und deshalb bilden Granite, Gneise, Porphyre nicht ihre Heimath, da die Bedingungen ihrer Entwicklung dort nicht gegeben sind.

Dagegen ist andererseits in einzelnen Fällen sogar die specielle Abhängigkeit der chemischen Beschaffenheit des Zeoliths von derjenigen seines Muttergesteins ersichtlich: wie sich denn der wegen seines großen Natrongehalts Natrolith genannte Zeolith vorzugsweise gern in phonolithischen Gesteinen ansiedelt, dessen leicht zersehbare und sehr natronreiche Gemengtheile, Nephelin und Noctean gerade seine Entstehung begünstigen. Die Elemente zur Bildung der Zeolithe werden übrigens im gelösten Zustande auch wohl weiter von ihrer Geburtsstätte weggeführt, und gelangen erst an fern entlegenen Orten als durchaus fremde Gäste zum Absatz, so die Apophyllite auf den Silber- und Bleierzgängen in der Grauwacke des Harzes, die Analcime auf den norwegischen Magneteisensteinlagerstätten von Arendal. Stets aber bekunden die Zeolithe, wo immer sie sich finden, dadurch ihren secundären nachträglichen Bildungsact, daß sie nicht eingewachsen in den Felsarten neben ursprünglichen Mineralien, neben Feldspathen, Augiten, Hornblenden, Quarzen vorkommen, sondern stets nur als aufgewachsene Körper auftreten, sei es als innerliches Bekleidungsmaterial von Poren, Löchern und Hohlräumen, sei es auffitzend als allerletztes Erzeugniß auf Kry stallen, die selbst erst im Laufe der Zeit ihren Platz eingenommen haben.

Dem Wasser gelingt es selbst, da wo ihm lange Zeit hindurch und in steter Erneuerung chemisch zu wirken gestattet ist, eine so schwache Säure, wie die Kohlensäure ganz oder theilweise aus ihren Verbindungen auszutreiben und sich selbst an deren Stelle zu setzen, zumal unter Umständen, welche den Abgang der Kohlensäure erleichtern. Darauf beruht z. B. der große, weitverbreitete Proceß der Umwandlung von kohlensaurem Eisenoxydul oder



Eisenspath in Eisenorydhydrat oder Brauneisenstein, den nicht nur vereinzelte Pseudomorphosen vorführen, sondern meilenweite und tausend Fuß mächtige Lagerstätten langsam und ruhig erleiden, wie jene, aus welchen das berühmte steierische Eisen erblasen wird: oben zu Tage neuer gewässerter Brauneisenstein, unten in der Tiefe mit den sachtesten Uebergängen der alte graue wasserfreie Eisenspath. Die Alteration wird mit einer immer mehr nach innen sich ziehenden und immer mehr sich verdunkelnden Bräunung des Eisenspaths eröffnet, wobei er seine Durchsichtigkeit einbüßt, dann folgt die allmähliche aber schwierige Austilgung der rhomboedrischen Spaltungsrichtungen, bis endlich bei deren Verschwinden die glanzlos gewordene Masse erdigen oder dichten Brauneisenstein darstellt.

Berlinerblaue Kupferlasur verändert sich so nach demselben Gesetz in grünen Malachit, wie abgesehen von zahlreichen wohlgestalteten pseudomorphen Krystallen der ursprünglich blaue Freskenhimmel in der Kirche zu Kappel in der Schweiz nunmehr schön spangrün erscheint.

Die Erzgänge, ehemalige Spalten im Gebirgsgestein, welche im Laufe der Zeit mit metallischen und nichtmetallischen Mineralien der verschiedensten Beschaffenheit ausgefüllt wurden, sind die Stätten, wo der combinirte Proceß der Drydation und Wässerung der Erze besonders wohl zu erblicken und zu studiren ist. Unten in großer Tiefe besteht das im Gang vertheilte Erz vorzugsweise aus Schwefelmetall, aus Kupferkies, Kupferglanz, Bleiglantz, Silberglantz, Zinkblende u. s. w. In der Nähe der Erdoberfläche aber, wo die sauerstoffbeladenen Tagewasser ihr sickern des Spiel besonders lebhaft betreiben, da finden sich jene Erze in wasserhaltige Metallsalze umgewandelt, und von dem ursprünglich auch dort vorhandenen Schwefelmetall ist oft wenig mehr zu finden; da tritt dem Bergmann die reichgegliederte Versammlung

der kohlenfauren, phosphorsauren, schwefelsauren, arsensauren Kupfer-, Blei-, Eisensalze entgegen, Mineralien größtentheils von zierlichster Krystallisation und oft hübscher Färbung. Gegenden, in welchen ein alter Bergbau seit langer Zeit umgeht, haben unsere Mineraliensammlungen mit solchen schmucken Vorkommnissen in reicher Fülle ausgestattet; wenn aber dort keine neuen Erzgänge aufgedeckt und von oben her in Angriff genommen werden, so wird die Production jener Metallsalze immer spärlicher, indem die meisten Bergbaue daselbst jetzt schon tief unten in der Region der unumgewandelten Schwefelmetalle sich bewegen. In Cornwall ist es z. B. schon sehr schwierig, die prachtvollen Kupfersalze des Olivenits, Lirokonits, Kupferglimmers auf den Gruben zu erhandeln, da dort deren oberflächliche Zone längst durchsunken ist und Kupferkies und Kupferglanz das Hauptmaterial der Förderung ausmachen.

Speiskobalt ist auf den Erzgängen die Mutter des wasserhaltigen Pharmakoliths, Glanzkobalt diejenige der rothen Kobaltblüthe, Arsenkies und Kupferkies erzeugen als Eltern das Dasein der namenreichen Schaar gewässerter arsensaurer Kupfersalze.

Alle Ereignisse dieser Art aber werden, was Verbreitung und Energie und Resultate anbelangt, in Schatten gestellt durch die umbildende Thätigkeit der Kohlensäure, welche in dem Sickerwasser enthalten ist.

Das durch die atmosphärische Luft niederfallende Regenwasser absorbirt aus derselben etwas Kohlensäure — wie denn auch z. B. frischgefallener Schnee durch Kalkwasser getrübt wird — und ist demnach ohne Rücksicht auf seinen Sauerstoffgehalt als eine ganz schwache Auflösung von Kohlensäure in reinem Wasser zu betrachten. Sichert dasselbe durch die obersten Schichten der Erdkruste, welche faulende organische Substanzen in Menge enthalten, in die Tiefe ein, so beladet es sich mit noch mehr Kohlen-

säure und dieser gesteigerte Kohlen säuregehalt bildet eines der wichtigsten Agentien bei der Einwirkung des Wassers auf die Gesteine. Werden solche Gewässer in das Innere der Erde hinabgeführt, so reagirt dieses Gas als ein kräftiges Zersetzungs mittel auf alle jene, gerade die weiteste Verbreitung besitzenden Mineralien, welche kiesel saure Alkalien, kiesel sauren Kalk, kiesel saures Eisenorydul u. s. w. enthalten. Die Kieselsäure wird dadurch aus ihrer Vereinigung mit jenen Stoffen ausgeschieden und es bilden sich neue kohlen saure Verbindungen an Stelle der alten kiesel sauren.

Gleichwie der analytische Chemiker zusammengesetzte Mineral silicate durch starke Chlorwasserstoff säure rasch zersetzt und Chlorüre erhält, so zersetzt die Natur dieselben Silicate in viel längerer Zeit durch das unscheinbare Mittel des außerordentlich schwach kohlen sauren Wassers und erhält Carbonate. Gerade jene Mineralien, welche in bunter, aber nicht gefeßloser Gruppierung die krystallinischen Felsarten, die Grundfesten der bekannten Erdoberfläche zusammensetzen, die verschiedenen Feldspathe, die Augite, die Hornblendes, sind reich an Kalk- und Alkalisilicat und fallen jenem Proceß fort und fort zum Opfer. Urahnen des Mineralreichs werden sie Mütter und Großmütter einer vielzähligen Sippschaft von Nachkommen, die auf ihre Kosten in einer durch Abwechslung reizvollen Weise ihr Dasein entwickeln. Das schwächere oder stärkere Brausen, welches viele Felsarten, Grünsteine aller Art, Basalte, Melaphyre, beim Befeuhten mit Säure zu erkennen geben, deutet uns an, daß jene Umwandlung ihrer kiesel sauren in neue kohlen saure Verbindungen bereits begonnen hat. In dem Maaße aber, wie die jungen Carbonate aus den alten Silicaten herauswachsen, werden sie selbst von der Stätte ihrer Geburt entfernt, dasselbe kohlen säurehaltige Wasser, welches hier ihre Entstehung vermittelt, löst dort die entstandenen auf, und

transportirt sie als doppelt kohlensaure Salze zu andern Orten, wo sie zum Absatz gelangen und in Krystallen anschießen. Ganz zersetzte Gesteine brausen daher nicht mehr mit Säuren, da sämtliche in ihrem Schooße allmählich gebildeten Carbonate auch schon inzwischen ausgelaugt worden.

Kalkspathe, Braunspathe, Eisenspathe, Quarze, Opale sind es unter andern, welche aus derlei Extracten an näheren oder entfernteren Stellen, zumal als Bekleidungsmaterial von Spalten hervorstechen. Da wo im bunten Gemisch alte und jugendliche Mineralien sich neben einander finden, vermag das geübte Auge manchmal beide nach allerlei Kennzeichen wohl von einander zu sondern: Im allgemeinen aber scheint die Natur es weitaus mehr zu lieben, die einfach constituirten Körper aus der Zerlegung der zusammengesetzten hervorgehen zu lassen als umgekehrt etwa einfach zusammengesetzte zu complicirten Verbindungen zu vereinigen.

Ein großer Theil des Quarzes auf Erden, insbesondere derjenige, welcher Adern und Gänge bildet, Klüfte oder Spalten ausfüllt oder auf der Innenseite von Hohlräumen krystallisirt ist, kann nur aufgefaßt werden als Absatz aus Gewässern, welche da, wo zusammengesetzte Silicate der Zerlegung unterlagen, sich mit der dabei freiwerdenden Kieselsäure beluden. Ebenso sind die Opale, die amorphen Massen von wasserhaltiger Kieselsäure zu deuten, welchen vor der Festwerdung eine gallertartige schleimige Beschaffenheit eigen war.

Die Thonerde der Silicate ist ein äußerst schwierig mobiler Stoff und da sie außerdem mit der Kohlensäure keine Verbindung eingehen kann, so verbleibt sie in den verarbeiteten und ihrer andern Bestandtheile beraubten Gesteinen mit Kieselsäure und Wasser als letzter, weiter fast unangreifbarer Zersetzungsrückstand. Die Umwandlung einer ganzen Menge von frischen Felsarten in

Thon ist daher das Endziel solcher großer Processse. Ja man kann sagen, daß aller Thon auf Erden aus der Verwesung von oft complicirt zusammengesetzten Thonerdesilicaten hervorgegangen ist, mag er sich noch auf der Stätte seiner Entstehung befinden, oder durch fluthende Gewässer massenhaft nach andern Orten hin zusammengeschwemmt sein. Und der Absatz von Thonlagern, welche als wichtige Bausteine der Erdfeste wohl in keiner der sedimentären Formationen von den ältesten bis zu den jüngsten vermist werden, hat jederzeit und an allen Orten stattgefunden, zum Beweise, daß jene Zersetzungsvorgänge niemals auf Erden stillgestanden. Im Granitgebirge ist es der Feldspath, der oft einen reinen schön weißen Thon, Kaolin, liefert und wo immer die Verwesung feldspathreicher Granite zu sandigem Kaolin in erheblichem Maassstabe von Statten geht, da begründet sie eine blühende Porcellanfabrication, so bei Carlsbad in Böhmen, bei Aue unweit Schneeberg in Sachsen, zu St. Vrieur bei Limoges in Frankreich, zu St. Stephens und Carclaze bei St. Austell in Cornwall. Die Quellen, welche aus dem Granit, Gneiß, Porphyr hervorfliessen, enthalten gewöhnlich kiesel-saures Kali, mitunter sogar in der Menge von 2 Proc. aufgelöst, ausgesogen aus den Feldspathen dieser Gesteine, deren Thonerdemenge dadurch natürlich immer mehr gesteigert wird.

Eine ähnliche Rolle hartnäckigen Widerstandes wie die kiesel-saure Thonerde spielt im Mineralreich die kiesel-saure Magnesia, welche gleichfalls weder durch das kohlensaurer Wasser, noch durch kohlensaurer Alkalien zerlegt wird. Und da der Natur das Bestreben eigen, möglichst schwerlösliche und weiter unzersehbare Körper zu bilden, so erklärt jenes in geologischer Beziehung höchst wichtige Verhalten, weshalb es gerade Magnesia-silicate sind, welche, wie Speckstein, Talk, Serpentin, Glimmer, so oft als Verdränger von andern Mineralsubstanzen auftreten. In den Körpern, die



wenn auch nur wenig Magnesiafilicat enthalten, bleibt dies in procentarisch sich stets anreichernder Menge zurück, während andere Bestandtheile zerlegt und extrahirt werden. Dazu trägt ferner noch bei, daß gelöste kohlensaure Magnesia sich mit den weit verbreiteten kiesel-sauren Alkalien, schwefelsaure Magnesia oder Chlormagnesium sich mit kiesel-saurem Kalk oder kiesel-saurer Thonerde zu kiesel-saurer Magnesia umsetzt und so mehrere weitere Wege zur Bildung dieses Silicats eröffnet sind. Eine ganze Menge von dazu tauglichen Mineralien ist nach jenen chemischen Gesetzen fortwährend im Gange, sich in wasserhaltige Magnesia-silicate umzuwandeln, welche dann vermöge ihrer fernern Unangreifbarkeit gewissermaßen den gereiften Früchten des Steinreiches zu vergleichen sind. Nicht mit Unrecht hat man deshalb auch den Glimmer, der sich allerorten auf fremde Kosten, bald dieses bald jenes aufzehrend, ansiedelt, die mineralische Schmarotzerpflanze genannt.

Nicht nur die reine Kohlensäure im circulirenden Gewässer, sondern auch die darin gelösten Carbonate von Kalk und Alkalien leiten zahlreiche Zerlegungs-, Umwandlungs- und Neubildungsvorgänge ein. Der Kupferkies ist ein messinggelbes Erz, welches aus Kupfer, Eisen und Schwefel besteht; bei der langsamen Drydation desselben durch die sauerstoffgeschwängerte Gebirgsfeuchtigkeit bildet sich aus demselben schwefelsaures Kupferoxyd und wenn ein kohlensauren Kalk haltendes Sickerwasser hinzutröpfelt, so wachsen aus dem verwitternden Kupferkies schnee-weiße Gypskrystalle und berlinerblaue Kupferlasur oder smaragdgrüner Malachit hervor. Der Eisengehalt wandelt sich bei dieser Gelegenheit durch Drydation und Wässerung in Brauneisenstein um. Belehrend sind solche Händstücke in den Mineraliensammlungen, wo man noch auf dem Kupferkies als zum Theil krystallisirten Ueberzug alle jene drei Neubildungsprodukte in getreuer



Gesellschaft an Ort und Stelle findet, welche theoretisch aus jenem alten Schwefelmetall hervorgehen sollen. So mögen noch manche kohlensaure Metallsalze des Mineralreichs der Einwirkung von kohlensauren gelösten Salzen auf oxydirte frühere Schwefelmetalle ihren Ursprung verdanken.

Den in den Gewässern gelösten kohlensauren Salzen kommt überhaupt mit der wesentlichste Antheil bei dem Angriff auf bestehende und bei der Neubildung frischer Mineralien zu, indem sie gewissermaßen als Fällungsmittel anderer Solutionen dienen, beherrscht dabei von denselben Gesezen, welche auch in den Bechergläsern der Laboratorien die Niederschläge erzeugen. Wo die allseitig vorhandenen kohlensauren Alkalien auf Gyps, schwefelsauren Kalk, reagiren, da entsteht, wie unter anderm vorzügliche Pseudomorphosen erweisen, statt dessen neuer kohlensaurer Kalk und gelöste schwefelsaure Alkalien werden fortgeschafft. Und theoretisch ist es somit denkbar, daß auch ein ganzes Gypsgebirge sich in langen Zeitfristen in ein Kalkgebirge umwandeln kann und ein großer Theil der in den Gewässern gelösten schwefelsauren Alkalien mag auf jenen Vorgang als Quelle zurückzuführen sein. Wo Gewässer mit einem Gehalt an Eisenoxydulcarbonat langsam auf phosphorsauren Kalk wirken, wie ihn vermodernde Pflanzen und verwesende animalische Substanzen liefern, da wachsen blaue Krystalle von phosphorsaurem Eisenoxydul, Eisenblau und Vivianit, so in Torfmooren und in den Markröhren der Leichname auf den Gottesäckern.

Doch es kann nicht die Absicht sein, das Detail solcher Prozesse hier weiter zu verfolgen, den Stammbaum und die Entwicklungsgeschichte einzelner secundärer Mineralien zu erläutern. Die Resultate, die bisher in dieser Richtung gewonnen wurden, geben der Hoffnung Raum, daß fernere Studien tausend andere Räthsel mit bezaubernder Amuth lösen werden.

Nur in sehr seltenen Fällen scheint sich die Natur einer andern Säure als der Kohlensäure zu bedienen, um Zersetzen, Umwandlungen und Neubildungen hervorzurufen. Gegenüber diesen allverbreiteten Processen sind die Wirkungen des Schwefelwasserstoffs und der schwefeligen Säure nur locale Phänomene, geknüpft vorzugsweise an vulkanische Heerde, wo Aushauchungen von solchen Gasen als Nachspiel der eigentlichen Eruptionsthätigkeit erfolgen. Schwefelsäure ist ihr Oxydationsprodukt, welche rascher als die Kohlensäure die Kieselsäure aus ihren Verbindungen austreibt und mit den Basen sich vereinigend, zahlreichen neuen Substanzen den Ursprung leiht. Bleiche saure Dampfstrahlen brechen in diesen großen Laboratorien und Fabriken der Natur allenthalben aus Spalten hervor mit tausendem Gezisch, oft sogar mit brüllendem Dröhnen und Schnaufen, durchwühlen den Boden und bewirken eine tiefeingreifende Zersetzung alles Gesteins, mit dem sie in nähere oder entferntere Berührung kommen. Die Kraterwände der Vulkane werden weiß gebleicht oder gelb gefärbt, morsch und weich, der Boden verwandelt sich stellenweise in einen unbetretbaren Pfuhl halbflüssigen blaugrauen Thonschlammes, den die ausströmenden Gase zu mächtigen, knallend zerplatzenden Blasen aufblähen. Als jugendliche Neubildungen aus den sauern Wasserdämpfen und den aus den Gesteinen extrahirten Stoffen setzen sich bei diesem Werk der Zerstörung anderswo in der Umgegend Hyalith, Alaun, Eisenkies, Schwefel und zumal Gyps ab. Hier überkrusten Schwefelrinden mit ihrem grellen Gelb das stark zersetzte, mitunter förmlich zerfressene und zernagte Gestein, dessen Fugen wohl mit rückständiger weißer Kieselsäure im opalartigen Zustande erfüllt sind, dort ist besonders der leicht angreifbare vulkanische Tuff durchschwärmt nach allen Richtungen von schneeweißen oder blaßrothen alabaftergleichen Gypslagen, oder es strotzt seine Masse von Knollen

blättrigen Gypses, von Maunflocken und messinggelben Eisenkieskörnern. In der Solfatara beim Vesuv, auf den italiänischen Vulkaninseln Lipari und Vulcano, auf Island, bei den schaarenweise über Java vertheilten Vulkanen, auf Teneriffa, Terceira, Lanzerota sind alle diese Verhältnisse von zahlreichen Beobachtern untersucht worden. Gyps bildet sich an diesen Orten in solcher Menge, daß er auf den rauchenden Fumarolenfeldern des fernen Island selbst zu colossalen stoßförmigen oder mauerähnlichen Massen sich ansammelt, die wie Felsen an der Oberfläche emporragen.

Auf einem großartigen Metamorphosirungsvorgang beruht auch die Entstehung des nächst den Eisenerzen vielleicht den meisten Nutzen dem Menschengeschlecht bringenden Mineralprodukts, der Kohle. Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthracit sind nur verschiedene Stadien eines und desselben Umwandlungsprocesses, welcher darauf huzielt, aus den in den Erdschichten begrabenen Pflanzensubstanzen früherer Perioden den Kohlenstoff in reinem Zustande abzuscheiden. Die in der Zersezung weiter vorgeschrittenen Steinkohlen und Anthracite stellten ursprünglich ebensowohl Pflanzenmassen dar, wie dies bei dem Torf und zum Theil auch bei der Braunkohle der Augenschein lehrt, Dickichte von farnartigen und schilfrohrähnlichen gigantischen schnell wachsenden und stark ins Holz schießenden Schäften, eine Morast- und Strandvegetation, wachsend auf weiten Flächen von Marschland.

Die sehr langsam vor sich gehende Verwesung der begrabenen Pflanzenleiber wurde durch den Abschluß der Luft, den Druck der aufruhenden Gebirgsschichten, die höhere Temperatur im Erdinnern und eine stetige Durchwässerung wesentlich unterstützt. Vergleicht man die chemische Zusammensetzung der einzelnen Glieder der Kohlenreihe von dem kaum verkohlten Torf durch die

Braunkohle, Steinkohle hindurch bis zu der vollkommensten Kohle, dem Anthracit (und Graphit), so wird es klar, daß dieser Zeretzungsproceß hauptsächlich in einer Abscheidung des Wasserstoffs, Sauerstoffs und Stickstoffs aus der Pflanzensubstanz und einer immer reinern Darstellung des dadurch im Procentgehalt zunehmenden Kohlenstoffs beruht.

Die Holzfaser bewirkt bei der Destillation des Holzes die Bildung von Essigsäure. Selbst die zeretzteste Braunkohle läßt unter ihren Destillationsprodukten noch Essigsäure erkennen, als Zeichen der noch theilweise in ihr vorhandenen ursprünglichen Holzfaser, während die Steinkohle kein solches Destillationsprodukt mehr liefert, aus ihr also jede Spur der unverezerten Holzfaser geschwunden ist.

Im Contact mit gluthflüssig aus dem Erdinnern hervorgebrungenen Gesteinen sind hin und wieder Braunkohlenmassen an den durchbrochenen oder bedeckenden Stellen direct in Anthracit umgewandelt worden, indem hier durch die Einwirkung der Hitze rasch diejenigen Gase verflüchtigt wurden, deren Fortschaffung unter gewöhnlichen Umständen erst in ungeheuren Zeitfristen gelungen wäre; es entstanden förmlich natürliche Cokes, welche, wie die durchaus analog erzeugten künstlichen, sogar deren stengelige Absonderung nicht vermissen lassen. Ein bekanntes Beispiel dafür bietet die Braunkohle des Meißners und Hirschbergs bei Großalmerode in Hessen, welche in der Berührung mit Basalt auf eine Entfernung von 7—8' zu anthracitischer Steinkohle verändert erscheint.

Den stets thätig gewesenen und immerfort thätig bleibenden Carbonisierungsproceß der fossilen Pflanzmassen haben wir noch die Entstehung eines Theiles wenigstens von jenen brennbaren natürlichen Flüssigkeiten zu verdanken, deren Entdeckung, Gewinnung und Benutzung in der letzten Zeit riesige Dimen-

sionen angenommen hat, des Petroleums, des Erdöls, der Naphtha. Diese Stoffe müssen sich als nothwendige Zerlegungsprodukte da bilden, wo bei der Umwandlung von Braunkohle in Steinkohle, von Steinkohle in Anthracit bituminöse Substanzen abgeschieden werden. Und so sind denn massenhafte Entwicklungen von Kohlenwasserstoffgasen und flüssigen Erdölen in gar manchen Steinkohlengebieten eine verbreitete Erscheinung, zumal in Nordamerika, welches unermessliche Quantitäten davon liefert. Bezeichnend für die Herkunft sind aber insbesondere die Stellen, wo Petroleum direct aus den Steinkohlenmassen herausschwitzt oder selbst ausfließt, wie denn in den Grubenschächten von Dawley und The Dingle in der englischen Grafschaft Shrop das Del förmliche Traufen bildet, gegen welche sich die Bergleute durch vorgesteckte Bretter schützen müssen.

Nur mit wenigen Worten sei derjenigen seltenern Veränderungen gedacht, welche gewisse Gesteine erlitten, indem sie den kausitischen Einwirkungen von natürlichen Kohlenbränden oder von vulkanischer Gluth unterlagen. Flöße von Braunkohlen und Steinkohlen fielen und fallen oft in beträchtlich fortschreitender Ausdehnung der Selbstentzündung anheim, und die Thone und Schiefer, welche sich darüber ausbreiten, waren dadurch in ähnliche Umstände versetzt, wie die Lehmziegel in einer Ziegelbrennerei. So gehen dann daraus jene gebrannten, gefritteten und verglasten Massen hervor, welche man Porcellanjaspis nennt, und welche bei Duttweiler unfern Saarbrücken und bei Zwickau die brennenden Steinkohlenlager, bei Abterode in Hessen, bei Bilin, Kommtau und Karlsbad in Böhmen die nun ausgebrannten Braunkohlenflöße begleiten: lavendelblaue, graue, gelbe und ziegelrothe Gesteine, oft mit gefleckter und geflammter Farbenzeichnung, dabei hart, klingend und von muscheligen Bruch. Aehnliche Umwandlungsprodukte entstehen da, wo vulkanisches Feuer es ist, welches



die aus Kratern ausgeworfenen oder die in den Laven eingeschlossenen fremden Gesteinsfragmente brennt; durchglühte, geröstete und gefrittete, zum Theil sogar durch förmliche Aufschmelzung mit einer Glaskruste bedeckte Bruchstücke von Thonschiefer und Grauwacke finden sich so in Verknüpfung mit den Vulkanen der Vordererifel. Der weitgereiste Darwin sah auf der Insel San Tago am grünen Vorgebirge, wie ein aus recenten Muschelschalen bestehender Kalkstein durch einen darüber her geflossenen Lavaström an den Berührungsflächen zu einem krystallinischen Marmor verändert war.

Ein ganz besonders hervorragendes Interesse nehmen dagegen die auffallenden und zum guten Theil wenig enträthselten Metamorphosen in Anspruch, welche im Contact mit alteruptiven Massengesteinen zumal mit Graniten in dem angrenzenden Nebengestein von Statten gegangen sind. An vielen Orten, wo gewöhnliche dichte Kalksteine von weißlicher oder grauer Farbe mit Graniten in Berührung kommen, sind erstere an der Grenze oft auf nicht unbeträchtliche Entfernung hin in einen schönen schneeweißen krystallinisch-körnigen Marmor umgewandelt. Hand in Hand mit dieser intensiven Veränderung des Gefüges geht gar oftmals die Neu-Entstehung einer Fülle von zahlreichen und buntverschiedenen Mineralien im Schooße des Marmors, der damit innig durchwachsen und vielfach schier überladen erscheint. Die zierlichen Krystalle aus den körnigen Kalksteinen, welche unsere Sammlungen schmücken, die Granaten, Spinelle, Vesuviane, Epidote, Hornblenden, Augite u. s. w. stammen so großentheils aus der Nachbarschaft der Granite und insbesondere ausgezeichnet durch Mannfaltigkeit und Pracht solcher Mineralien sind die Kallagerstätten Nordamericas, Norwegens und Finnlands. Je weiter man sich von der Grenze des Granits entfernt, je schwächer die umwandelnde Wirkung dieses fremden massigen

Eruptivgesteins wird, desto spärlicher treten die neugebildeten Mineralien im Marmor hervor, welcher selbst auch allmählich seine Weiße und krystallinische Beschaffenheit einbüßt, bis die Region des von der Umwandlung nicht berührten gewöhnlichen Kalksteins erreicht ist.

Thonschiefer und Grauwackenschiefer sind gleichfalls an unzähligen Orten im Contact mit Granit einer eigenthümlichen Metamorphose unterzogen worden, welche vielfach verschiedene Producte zu Wege gebracht hat, Umwandlungsgesteine, welche einen förmlichen Hof oder eine oft fast allseitige Zone um die Granitmasse bilden, die inselförmig in dem Schiefer zu Tage tritt. Fruchtschiefer, Knotenschiefer, Garbenschiefer nennt man derlei veränderte Thonschiefergesteine, in welchen dunkelgefärbte, hirse- oder weizenkorngroße Knötchen entstanden sind, die bald einzeln zerstreut liegen, bald auch in Form von Aehren und Büscheln sich aneinanderreihen. Andererseits ist die Imprägnation des Thonschiefers mit vielfachen und zum Theil merkwürdigen Mineralien mit Chiaistolith, Staurolith, Dittrelit, Andalusit, Turmalin ein Act der vom Granit ausgehenden Wirkung.

Die Schiefergebirge Sachsens und des Fichtelgebirges, die der Bretagne, Cornwalls und der Pyrenäen liefern Beispiele für die vielgestaltige und abwechslungsvolle Umwandlung, welche dem Granit zu vollziehen gegeben ist.

Sa an diesen und noch andern Stellen ist es selbst oft ein den Granit umsäumender ausgeprägter Glimmerschiefer oder sogar ein feldspathführender Gneiß, der sich als das Product dieses sog. Contactmetamorphismus zu erkennen gibt. Der gewöhnliche Thonschiefer, in welchem das Auge kein Glimmerblättchen glänzen sieht, entwickelt alsdann in der Richtung nach dem Granit zu ein feinschuppiges krystallinisches Gefüge, Lamellen von Glimmer und Quarzkrüchen treten allmählich darin deutlich hervor,

bis endlich, oft schon ziemlich weit vor dem Granit der fertige charakteristische Glimmerschiefer vorliegt, der dann mitunter in der Nähe des Eruptivgesteins noch durch Entwicklung von Feldspath innerhalb seiner Masse in eigentlichen Gneiß verläuft.

Während die Thatsache dieses Contactmetamorphismus zweifellos feststeht und schon von den ältesten Geognosten beobachtet wurde, bewegt sich die Frage nach dem Wege der Entstehung und Ausbildung dieser Erscheinungen auf hypothetischem Gebiet und hat mehrere Erklärungsversuche hervorgerufen. Von der richtigen Vorstellung ausgehend, daß der die Urheberschaft übernehmende Granit ein aus den Erdtiefen emporgedrungenes Gesteinsmaterial sei, welches jünger als die umgebenden oder angrenzenden Thonschiefer zwischen oder neben denselben Platz gefaßt habe, hielt man früher dafür, daß die vorausgesetzte Glühhitze des bei der Eruption in einem lavaartigen Zustande befindlich gedachten Granits die Imprägnation des Thonschiefers und Kalks mit den verschiedenen Mineralien, die Umkrystallisirung derselben in Glimmerschiefer oder Marmor zu bewerkstelligen vermocht habe. Selbst aber, wenn der Granit zur Zeit seines Empordringens jene gluthflüssige Beschaffenheit besessen hätte, so würden, wie jetzt wohl die allgemeine Ueberzeugung lautet, durch Hitze allein die tiefeingreifenden Umwandlungen nimmermehr hervorgerufen worden sein können. Wo immer wir die Wirkungen lang andauernder, sei es natürlicher, sei es künstlich erzeugter Erhitzung auf die dabei nicht geschmolzenen Gesteine beobachten, wie bei den Kohlenbränden oder bei unsern Hochöfen, da entstehen ganz andere Produkte als etwa Fruchtstiefel, Chiasolithstiefel oder Glimmerschiefer, und außerdem stellt sich in dem sehr geringen Wärmeleitungsvermögen der Gesteine eine kaum zu bestiegende Schwierigkeit dieser Theorie entgegen, deren Wunder erheischendes Detail man übrigens niemals zu zergliedern die Kühnheit hatte.

Die überwiegende Mehrzahl der Geologen neigt sich jetzt der Ansicht zu, daß der Granit bei seiner Eruption sich in einem durchwässerten Zustande befunden habe — wie auch die heutigen Laven in ihrer feuerflüssigen Masse immer etwas Wasser enthalten — und daß das bei seiner Erstarrung zum Theil ausgeschiedene heiße Wasser mit mannfachen aufgelösten Stoffen beladen in das Nebengestein eingedrungen sei, in dessen Schooß es neue fremde Mineralien hervorzubringen und Umkrystallisirungen zu erzeugen füglich befähigt war. Das Wasser also ist es, welches hier zum Vehikel der Wärme dient, und naturgemäß mußte, je weiter sich dieser granitische Saft innerhalb des benachbarten Gesteins von der Eruptivmasse entfernte, seine umwandelnde Thätigkeit immer schwächer werden und endlich ganz erlöschen. Einerseits directe Versuche über die mineralbildende Kraft des heißen Wassers, andererseits die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung von Graniten, in deren Quarzen sich noch wässerige Einschlüsse nachweisen lassen, gereichen dieser Ansicht zur wesentlichen Stütze.

Wenn es für jene erwähnten Glimmerschiefer und Gneise nicht fraglich ist, daß sie ihre krystallinische Beschaffenheit überhaupt der Granitgrenze verdanken, so gibt es daneben höchst umfangreiche Massen derselben oder ähnlicher krystallinischer Schiefer, deren von der Einwirkung eines Eruptivgesteins unabhängiger Ursprung noch mehr von Dunkel umgeben ist. Da sie stellenweise an den Rändern entschieden in unkrystallinischen gewöhnlichen Thonschiefer übergehen, da sie mitunter kohlige Substanzen enthalten, die aller Wahrscheinlichkeit nach organischen Ursprungs sind, selbst sogar organische Ueberreste einschließen, so ist es kaum zweifelhaft, daß sie einstmals ebenfalls Thonschiefer, alte Schlammabfälle aus den Meeren früherer Erdbildungsperioden gewesen sind. Welchen Ursachen aber ihre nunmehrige auf einem tiefein-

greifenden innerlichen Umwandelungsproceß beruhende krystallinische Ausbildung zuzuschreiben, dafür mangelt zur Zeit noch jegliches sicher begründete Verständniß und wir müssen uns vorläufig mit der Ueberzeugung bescheiden, daß es eben metamorphische Gesteine sind. Gerade die ausgedehntesten Territorien krystallinischer Schiefer sind es, deren eigentliche Entstehung bisher noch verschleiert ist: diejenigen Norwegens z. B., die im nordschottischen Hochlande, die der nordwestlichen Apenninen, die der französischen Alpen und der Centralalpen um den Montblanc, St. Gotthardt und die Grimfel.

Während die chemische Analyse und die mineralogische Untersuchung das Produkt der Umwandlung im Steinreich kennen lehren, gestattet das Mikroskop über den Gang derselben früher ungeahntes Licht zu verbreiten. Mit seiner Hülfe kann man an dünn geschliffenen Plättchen zumal der erst halb metamorphosirten Mineralgebilde Schritt für Schritt der molecularen Veränderung nachspüren und das Detail solcher interessanter Proceße vollkommen erfassen — ein jugendlicher Zweig der mineralogischen Forschung, dessen Aufgabe mit derjenigen der pathologischen Anatomie vergleichbar ist. Neben dem mikroskopischen Studium der anatomischen Structur der normalen unveränderten Mineralien ist in den letzten Jahren auch dasjenige der in gewissermaßen abnormer Umwandlung begriffenen aufgetaucht. Wie der pathologische Anatom die histologische Beschaffenheit einer phthisisch gewordenen Lunge untersucht, so erforschen wir mit denselben Hülfsmitteln diejenige eines halb oder vollends zu Serpentinmasse veränderten frühern Olivinkrystalls. Wie innerhalb der Gesteine sich allmählich das Magneteisen in Eisenocker umwandelt, hier der Feldspath zu trübem, mehlartigem Kaolin, dort der klare Leucit oder der Boracit zu einem verworren faserigen Aggregat wird



und damit die Fähigkeit erlangt, das Licht doppelt zu brechen, dort der Augit nach und nach zu grasgrünen, pinselförmigen Hornblendebüscheln umsteht, wie totaler Ruin das endliche Schicksal des fekenweise zerstörten Noheans ist, wie der Olivin der Umwandlung zum Opfer fällt, welche zuerst seinen Rand ergreift und auf den Sprüngen in das Innere schleicht, bis der ganze klare Krystall bald mit noch erhaltenem Umriß, bald unter Verwischung desselben zu einer schmutzig grünen oder gelbbraunen serpentinartigen Masse umgeändert wird, wie die ganze Grundmasse gewisser Gesteine allmählich eine andere Beschaffenheit gewinnt und wie denn eigentlich in den verschiedensten Felsarten die Neu-Aufiedlung zahlreicher Mineralien auf nassem Wege massenhaft vor sich geht, — das Alles ist mit dem Mikroskop und nur mit diesem Grad für Grad und Schritt für Schritt aufs Deutlichste zu verfolgen. Dies ausgedehnte Untersuchungsgebiet ist freilich bis jetzt noch wenig betreten worden, das Wenige aber, was darauf geerntet wurde, fordert laut zu fernern Forschungen auf. Sind die Untersuchungsobjecte auch klein und unscheinbar, so ist doch der Werth der erkannten Thatsachen und der nüchtern aufgebauten Schlüsse nicht eben gering. Dem Studium der mikrometamorphischen Prozesse scheint es vorbehalten, dereinst einen wichtigen Einfluß auf die Behandlung der Geologie auszuüben.

Wie auf eine letzte Hoffnung blickt Mancher auf das Mikroskop, welches vielleicht im Stande ist, die große dunkle Frage nach der Entstehungsweise derjenigen krystallinischen Schiefer der Lösung näher zu führen, welche zweifellos umgewandelte Bodensätze von ursprünglichem Sand und Schlamm sind. Hunderte und Tausende von Quadratmeilen bestehen aus solchen metamorphischen Gneissen, Glimmerschiefeln, Phylliten und wenn auch über die chemischen Vorgänge bei der innerlichen Umkrystallisierung

Manches mit Glück ergründet wurde, das eigentliche Werden und Herausbachsen derselben ist, wie erwähnt, noch räthselhaft und unerfaßt.

Gleichwie man, um das Wesen der abnormen Veränderungen im thierischen Körper besser zu ermitteln oder das darüber Erkannte zu bestätigen, dieselben künstlich hervorbringt, so hat man zum gleichen Zweck auch die Metamorphosen im Mineralreich zum Theil nachzubilden versucht und vermocht. Die Umwandlung von Gypskrystallen in Kalkspathmasse, die von Rothgültigerz in Silberglanz, die von Kalkspath in Eisenspath und Brauneisenstein sind derlei Fälle, wo das Experiment den nach Abstraction von der Natur verfolgten Bildungsweg einschlug und zu demselben Resultat geleitete.

Wenn es freilich dabei galt, concentrirte Reagentien einwirken zu lassen, wie sie im Mineralreich nicht zu Gebote stehen, so compensirt hier in der unermesslichen Werkstätte das mächtige Agens der Zeit die Verdünnung der Solutionen. Und so ist es dem Forscher gestattet, sich an Producten zu erfreuen, die durch seine Kunst in der kurzen Frist seines Lebens erzeugt und doch mit denen durchaus analog sind, welche die Natur in tausend Jahren langsam heranreifen läßt.

In welche Bahnen und zu welchen Ergebnissen der Forschung indessen auch noch der Mineralogie und Geologie einzulenken beschieden ist, niemals wird man hoch genug die glückliche Gunst des Umstandes preisen können, daß die spätern und ausgedehnteren Entwicklungsrichtungen der Wissenschaft sich auf dem sichern Fundament eines so reichhaltigen, vieldurchforschten und wohlgeordneten Materials entfalten durften, welches sie der Thätigkeit der beschreibenden Naturgeschichte verdankten.