

Lit. in Bischof's Lehrb. der chem. u. phys. Geologie. Bd. I, pag. 203. Roth: Allgemeine und chemische Geologie. Bd. I, pag. 437. Dittmar: Reports of the scientif. results of the voyage of Challenger, Bd. I (1884). Daubrée: Les eaux souterraines à l'époque actuelle. 3 Bde. Paris 1887.

V. Entwickelungslehre (Minerogenie).

201. Methoden. Wir kennen einen Naturkörper erst dann vollständig, wenn wir wissen, wie er geworden. Demnach ist auch die Bildungsgeschichte der Minerale der Schlussstein unserer Kenntnis von denselben. Die Bildungsweise macht das Mineral zu dem, was es vor Allem ist, zu einem Theile der Erdrinde. Lässt sich die Entstehung eines Minerals verfolgen, so erscheinen seine Substanz, seine Eigenschaften, seine Paragenese als nothwendige Folgen derselben Ursache.

Aber auch die Veränderungen, deren das Mineral fähig ist und welche dasselbe in der Natur erfährt, gehören zur Geschichte desselben. Die Producte der Veränderung zeigen an, in welche Theile das Mineral zerfallen kann, und geben gleichsam das innerste Gefüge an, welches demselben zukommt. Der Aufbau und der Zerfall, die Bildung und die Verwandlung zusammengenommen betrachtet, geben erst ein vollständiges Bild von dem Wesen der einzelnen Minerale und von dem Zusammenhange des ganzen Mineralreiches.

Der Forscher vermag auf diesem Gebiete in vielen Fällen experimentell vorzugehen. Wofern Bildung oder Veränderung in kürzeren Zeiträumen erfolgen und der Beobachter die Umstände und Bedingungen zu überblicken vermag, kann er oft auch durch Versuche zeigen, dass die erkannten Bedingungen in der That hinreichen, um die wahrgenommene Substanz und die beobachtete Form hervorzubringen. So z. B. kann man durch Beobachtungen in Steinbrüchen und Bergwerken erfahren, dass die Bildung eines bestimmten Brauneisenerzes durch das Zusammentreffen von Kalkspath mit eisenhaltigen Tagewässern bedingt wird, überdies aber durch den Versuch zeigen, dass in einer eisenoxydhaltigen Auflösung durch hineingelegten Kalkspath ein brauner Körper von den Eigenschaften jenes Erzes gefällt wird. Manchmal wird beobachtet, dass Krystalle von Leucit, die im Gestein eingeschlossen waren, unter gewöhnlichen Umständen in eine erdige Masse von Analcim verwandelt wurden. Durch Versuche aber ist gezeigt worden, dass der Leucit bei der Behandlung mit Lösungen, die solche Natronsalze enthalten, welche in den gewöhnlichen Quellwässern vorkommen, in eine Substanz von der Zusammensetzung des Analcims überführt wird.

In anderen Fällen vermag sich der Forscher nicht auf Experimente zu berufen, sei es, dass noch keine angestellt wurden, sei es, dass Versuche keinen Erfolg hatten. So z. B. gibt es keine Versuche, welche die Bildung eines Minerals aus der Abtheilung der Epidote oder der Chlorite betreffen. Dann waltet die Beobachtung allein, und es sind vorzugsweise die Pseudomorphosen, die Abformungen und das Nebeneinandervorkommen, welche uns über die Entstehung und Veränderung der Minerale belehren. Die Beobachtung dieser Erscheinungen liefert

gleichsam die Documente, durch deren Vergleichung und Zusammenstellung die Geschichte der Minerale construirt wird.

Oft gelingt es durch die Anwendung dieser historischen Methode, die in der Natur ablaufenden Vorgänge mit Sicherheit zu erkennen; da indess die Controle durch den Versuch abgeht, so führt der Weg nicht immer zu einem befriedigenden Ergebnis, und es erübrigt nichts, als sich mit einer grösseren oder geringeren Wahrscheinlichkeit zu begnügen.

202. Werden und Vergehen. Obwohl die oberflächliche Betrachtung der Steinwelt den Eindruck des Ewigen und Unveränderlichen hervorrufft, so genügen doch wenige Beobachtungen an Pseudomorphosen, um die Wandelbarkeit der Minerale zu erkennen. Alle die häufiger vorkommenden Minerale finden sich in mannigfacher Weise verändert, da nur wenige sich so widerstandsfähig erweisen wie der Quarz, andere sich leicht verwandeln, wie der Olivin, oder sich auflösen, wie der Kalkspath. Bei der mikroskopischen Untersuchung der verbreiteten Gesteine, sowohl der krystallinischen wie der klastischen, beobachtet man ungemein häufig unvollendete oder vollendete Pseudomorphosen und überall deutliche Zeichen der Veränderung, überall angegriffene und neugebildete Minerale. Es ist daraus zu entnehmen, dass die Erdrinde in einer beständigen inneren Verwandlung begriffen ist. Diese fortdauernde Veränderung ist ein Absterben alter, zugleich eine Bildung neuer Minerale, ein Verlassen alter, eine Annahme neuer Formen, auf der einen Seite ein beständiges Vergehen, auf der anderen ein beständiges Werden.

Trotzdem bleibt noch der Eindruck einer allgemeinen Zerstörung oder wenigstens Zerkleinerung, denn die neugebildeten Minerale sind meist von dichtem Gefüge, eine Ansammlung winzig kleiner Individuen. Auch in dem Transport und der beständigen Zertrümmerung der losen Gesteinsfragmente spricht sich dieselbe Tendenz aus. Dagegen scheinen die grossen Krystalle auf den Gesteinspalten in Gneiss und Granit, also die Bergkrystalle, Adulare oder die Bleiglanz- und Blendekrystalle auf den Gängen althergebrachte Wesen, sie scheinen Urminerale zu sein, die wohl verändert werden können, die aber keine Fortsetzung mehr finden, die für alle Zeit abgeschlossene Bildungen sind und die unter den jetzt entstehenden Mineralen nicht mehr ihresgleichen haben. Viele Beobachtungen führen aber zu der Anschauung, dass die Bedingungen der Bildung solcher Krystalle auch heute noch vorhanden sind, dass derlei grosse Bergkrystalle etc. auch jetzt noch fortwachsen, dass in Spalten und auf Gängen immer noch neue Bergkrystalle, Adulare, Bleiglanzkryrstalle sich ansiedeln u. s. w.

Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass das beständige Werden auch solche Gebilde umfasst, welche wir als abgeschlossen und gleichsam ausgestorben zu betrachten gewohnt sind.

203. Zunahme der Mannigfaltigkeit. Wenn es auch einstweilen dahingestellt bleibt, ob die zuvor bezeichneten Bildungen heute noch fortdauern, so ist doch nicht zu zweifeln, dass die aus früheren Bildungsepochen der Erde herrührenden Minerale im Laufe der Zeit zum Theile verändert wurden und sich auch jetzt noch verändern, dass also neue Minerale entstanden und jetzt noch entstehen,

welche von den früher vorhandenen bald durch die chemische Zusammensetzung bald durch die Form, durch die Textur verschieden sind. Es ist also sicher, dass durch die fortdauernden Umbildungen der Minerale die Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Erdrinde beständig zunimmt.

Dazu kommt noch, dass durch die Reste der Organismen den Schichten der Erde neue Verbindungen einverleibt werden, ferner dass durch den Transport der Gesteinsfragmente nach neuen Sätten und durch die Vereinigung derselben zu sedimentären Gesteinen eine bunte Verflechtung der Minerale hervorgerufen wird und dass in Folge derselben oft Minerale zur Berührung kommen, welche auf der ursprünglichen Stätte niemals Nachbarn sind. Die gleichzeitige Veränderung der so verbundenen Minerale bringt Substanzen zur Vereinigung, welche früher geschieden waren, und liefert neue Producte, daher auch die sedimentären Gesteine dazu beitragen, die Mannigfaltigkeit der Mineralbildungen zu erhöhen.

Die fortdauernde Zunahme der Mannigfaltigkeit kann als Entwicklung des Mineralreiches bezeichnet werden.

204. Bildungsweise. Viele Minerale haben eine directe oder primäre Bildung, indem sie durch den Uebergang einer Substanz aus dem beweglichen in den starren Zustand entstehen, z. B. Gyps, Borax, Steinsalz durch Krystallisation aus einer wässerigen Lösung. Diese Art der Bildung ist im Principe sehr einfach, wird aber durch verschiedene Umstände modificirt, vor Allem durch die Gegenwart anderer Substanzen, welche auf die Ausbildung der Form, auf die Art und Menge der Einschlüsse Einfluss haben. Es sind viele Versuche bekannt, welche dies darthun, so z. B. die Erfahrungen am Bittersalz, am Calcit, welche aus reiner Lösung in der einen Ausbildung krystallisiren, aus gemischter Lösung in einer anderen. Ein zweiter Umstand ist die Concentration der Lösung und die damit zusammenhängende Geschwindigkeit der Bildung. Allmählig gebildete Krystalle erscheinen solid und ebenflächig, rasch gebildete hohl, skeletartig oder schliessen viel von der Mutterlauge ein u. s. w. [57]. Wiederum ein wichtiger Umstand ist die Beweglichkeit der Lösung, welche oft durch Beimischung fester Theilchen beeinträchtigt wird. Eine zähflüssige Lösung, wie z. B. die Lavaschmelze, oder eine in plastischem Thon vertheilte Lösung liefert rundum ausgebildete Krystalle [10].

Manche Minerale bilden sich aus der Substanz früher vorhanden gewesener Minerale, sie haben eine indirecte oder secundäre Bildung, wie z. B. jener Orthoklas, welcher aus dem Leucit entsteht. Die secundäre Bildungsweise hat viele Modificationen, die Formen aber, welche durch dieselbe veranlasst werden, sind von zweierlei Art. Die neugebildeten Minerale erscheinen entweder als Pseudomorphosen, wobei das ursprüngliche Mineral ganz verschwunden sein kann, oder die Neubildung erscheint gleichsam parasitisch in oder auf dem ursprünglichen Mineral, welches zugleich die Spuren der Anätzung, Zerklüftung, Zersetzung an sich trägt. Ein Beispiel der parasitischen Form ist das Vorkommen von Malachit $\text{Cu}_2\text{H}_2\text{CO}_5$ in zerklüftetem Kupferkies CuFeS_2 oder die Auflagerung von Cerussit PbCO_3 auf angeätztem Bleiglanz PbS . Die secundäre Bildung kann mehrere Stadien durchlaufen. So z. B. kann sich aus einem Eisenspath FeCO_3 zuerst ein

Brauneisenerz von der Zusammensetzung $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ bilden, sodann aus diesem ein Rotheisenerz Fe_2O_3 .

Eine und dieselbe Substanz kann auf verschiedene Weise entstehen, sie kann daher mehrere genetisch verschiedene Minerale liefern, doch wird jedes derselben durch Eigenthümlichkeiten der Form, der Textur, der Einschlüsse u. s. w. die Verschiedenheit der Bildungsweise mehr oder weniger deutlich erkennen lassen, wenngleich es öfter einer genauen Erfahrung bedürfen wird, für das einzelne Mineral die zugehörige Bildungsart mit Wahrscheinlichkeit oder Sicherheit anzugeben. Ein hierher gehöriges Beispiel gibt die Substanz Eisen-oxyd Fe_2O_3 . Diese Zusammensetzung kommt mehreren Mineralen zu. Eines davon *a*) ist der in rhomboëdrischen Krystallen auf Drusen mit Quarz, Adular etc. vorkommende Eisenglanz, der höchst wahrscheinlich direct aus einer Lösung abgesetzt ist; ein zweites *b*) der in verzerrten tafelförmigen Krystallen in Spalten der Lava vorkommende Eisenglanz, dessen Bildung durch vulkanische Emanationen veranlasst wurde; ein drittes *c*) der faserige Rotheisenstein (rother Glaskopf), welcher durch Wasserverlust aus dem braunen Glaskopf hervorgeht; ein viertes *d*) das dichte Rotheisenerz, welches in Formen von Pyrit FeS_2 auftritt und unzweifelhaft aus jenem Mineral gebildet wurde; ein fünftes *e*) das dichte Rotheisenerz, welches pseudomorph nach Eisenspath FeCO_3 vorkommt und von letzterem abstammt; ein sechstes *f*) das dichte Rotheisenerz, welches in den Formen von Kalkspathkrystallen, von Ammonitenschalen etc. vorkommt und ein durch das Calciumcarbonat veranlasster Niederschlag ist. Ausserdem gibt es noch mehrere hierher gehörige Mineralarten.

Die Bildungsgeschichte des einzelnen Mineralen gehört zwar in den Kreis der Entwicklungsgeschichte des Mineralreiches, doch lässt sich bei der Bildung des einzelnen Mineralen gewöhnlich kein Fortschritt vom Einfachen zum Zusammengesetzten und Mannigfaltigen erkennen. Das einzelne Mineral hat in diesem Sinne keine Entwicklung, doch wird diese Bezeichnung öfter angewandt, besonders um die indirecte Bildungsweise auszudrücken.

205. Erstarrungsproducte. Die Lava aller Vulkane besteht fast ganz aus Kieselverbindungen. Nach dem Erstarren erkennt man in den meisten Laven Feldspathe oder denselben verwandte Minerale, ferner magnesiahaltige Silicate, wie Augit, Olivin, untergeordnet auch andere Minerale.

Die aus den Spalten des Vesuv zähflüssig hervortretende Lava, welche wie ein glühender Honig aussieht, enthält unzählige darin schwimmende Leucitkrystalle, welche in der strömenden Lava weiterfliessen. Untersucht man die vulkanische Asche, welche nichts anderes als die durch gewaltige Fumarolenwirkung zerstäubte Lava ist, so findet man darin kleine, schlackenartige Fetzen, erstarrte Tropfen, aber auch viele lose Krystalle, an welchen oft Schlackentropfen hängen. Am Vesuv werden unzählige Leucitkrystalle, am Aetna viele verstreute Augit-, Olivin- und Labradoritkrystalle in der Asche gefunden. Diese Krystalle sind also als feste Körper emporgeblasen worden. Daraus folgt, dass die Lava schon beim Emporretreten fertig gebildete Krystalle enthalte. In der erstarrten

Lava erscheinen sie oft zerbrochen, die Bruchstücke sind nicht selten durch die fließende Lava auseinandergeschoben.

Wird aber die erstarrte Lava weiter untersucht, so zeigt sich dieselbe an der Oberfläche des Stromes öfter glasig erstarrt. In der Glasmasse, welche die zuvor erwähnten Krystalle umschliesst, finden sich winzige feine Krystalle von Feldspathen oder von Leucit, von Augit etc. Nimmt man eine Probe aus den tieferen Lagen des Stromes, wo die Erstarrung langsamer vor sich ging, so findet sich in der Grundmasse weniger Glas, dagegen ist alles voll von den kleinen Krystallen, die aber hier meist länger und dicker sind, als jene in dem Glase an der Oberfläche des Lavastromes.

Hieraus wird man schliessen, dass auch nach der Eruption durch Erstarren der Lava Krystalle gebildet wurden, und zwar desto zahlreichere und grössere, je langsamer die Abkühlung vor sich ging. Interessant sind in dieser Beziehung die Versuche von Fouqué und Lévy, welche zeigen, dass eine anfänglich amorphe Schmelze, welche die entsprechende chemische Zusammensetzung hat, durch langdauerndes Erhalten in einer dem Schmelzpunkte naheliegenden Temperatur in eine steinige Masse verwandelt wird, welche eine lava-ähnliche Textur zeigt und kleine Krystalle von Leucit, Augit, von Feldspath etc. enthält [181].

Das Gestein, welches erstarrte Lava ist, besteht also häufig aus zweierlei Krystallen, den ursprünglichen grösseren und den später gebildeten kleineren Krystallen. Die grösseren sind vor der Eruption gebildet, nach Lagorio's Ansicht durch die beginnende Abkühlung bei hohem Drucke.

Die grösseren Krystalle der Laven zeigen bei der mikroskopischen Betrachtung häufig glasige Einschlüsse [70], welche dem glasigen Bestandtheil der Grundmasse entsprechen, auch Flüssigkeitseinschlüsse werden öfter beobachtet als Zeichen der Mitwirkung des Wassers. Die glasigen Einschlüsse finden sich aber auch in den Krystallen anderer Gesteine, welche mit den Laven mineralogisch gleichartig sind, welche auch in ihrem Auftreten eine ähnliche Bildung verrathen und welche nicht selten gangförmige Fortsetzungen zur Tiefe wahrnehmen lassen. Hieher gehören die Basalte und Melaphyre, die Andesite und Porphyrite, die Trachyte und Porphyre sammt ihren Unterabtheilungen [195]. Alle diese Gesteine werden als eruptive Bildungen angesehen und die darin enthaltenen Krystalle und glasartigen Erstarrungsproducte in genetischer Beziehung den entsprechenden Theilen der Laven gleichgestellt. In den älteren Eruptivgesteinen ist jedoch die Grundmasse oft ganz porzellanartig steinig, also krystallinisch. Dies wird durch eine Entglasung des früher vorhanden gewesenen amorphen Bestandtheiles erklärt [76].

Lit. Fuchs, Jahrb. f. Min. 1869, pag. 169, ferner in Tschermak's Mineralog. Mittheil. 1871, pag. 65; G. vom Rath, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges., Bd. 23, pag. 727; Zirkel, Die mikrosk. Besch. d. Mineralien und Gesteine. Lagorio, Tschermak's Min. u. petrogr. Mitth., Bd. 8, pag. 421.

206. In den alten körnigen Massengesteinen aus den Abtheilungen Granit, Syenit ist im allgemeinen weder die zweifache Ausbildung der Individuen bemerklich, noch enthalten diese etwas von glasigen Einschlüssen. Dagegen sind

namentlich in den Quarzen der Granite die Flüssigkeitseinschlüsse ungemein häufig und die Flüssigkeit verhält sich wie das Wasser. Zirkel schliesst daraus mit Wahrscheinlichkeit, dass das Magma, aus welchem diese Gesteine hervorgingen, sich nicht in einem lavaartigen Schmelzflusse befand, dass dagegen während seiner Festwerdung das Wasser eine wesentliche Rolle gespielt habe. Dass der Granit in der That eine andere Bildung habe, wie die vorgenannten eruptiven Gesteine, wird dadurch bestätigt, dass derselbe niemals in Verbindung mit schlackigen, glasigen oder schaumigen Gebilden gefunden wurde. Der Gneiss, welcher wegen seiner grossen Verbreitung die dominirende Stellung unter den krystallinischen Schieferen einnimmt, enthält nicht nur dieselben Bestandtheile wie der Granit, sondern die mikroskopische Beschaffenheit und die Art der Einschlüsse stimmen mit jenen des Granits überein. Man schliesst daraus, dass die Bildungsweise beider Gesteine wenig verschieden sei. Auch die übrigen krystallinischen Schiefer, welche oft mit dem Gneiss wechsellagern, können in ihrer Bildung nicht wesentlich unterschieden sein.

Die Beschaffenheit der Minerale in den alten Massengesteinen und den krystallinischen Schieferen verräth eine Mitwirkung des Wassers bei ihrer Bildung, während die allgemein angenommene Ansicht, nach welcher die Erde aus einem schmelzflüssigen Zustande hervorging, in jenen Gesteinen die erste Erstarrungskruste der Erde sieht. Beide gegensätzlich scheinenden Resultate werden aber gewöhnlich durch Berufung auf die Versuche von Sénarmont, Daubrée u. A., nach welchen die Wirkung des Wassers bei hoher Temperatur und starkem Drucke eine Krystallisation von Silicaten herbeiführt [181], vereinigt.

Auch für jene Contactminerale, welche in Kalkstein, Phyllit etc. dort entstanden sind, wo die letzteren mit Eruptivgesteinen in Berührung kamen [194], wird die gleichzeitige Wirkung des Wassers und hoher Temperaturen als Agens betrachtet. Hiernach hat man sich nicht vorzustellen, dass ein Zusammenschmelzen des Eruptivgesteines mit dem Kalkstein etc. stattgefunden habe, da die Grenze zwischen diesen Gesteinen eine scharfe ist; wohl aber hat man eine Erweichung von längerer Dauer anzunehmen, so dass in dem nun beweglichen Medium durch Einwanderung von Stoffen aus dem Eruptivgestein jene oft sehr schönen und grossen Krystalle von Granat, Vesuvian, Fassait, oder von Andalusit, Turmalin etc. gebildet werden konnten.

Lit. in Zirkel, Lehrb. d. Petrographie, und Mikrosk. Beschaffenheit d. Min. u. Gesteine.

207. Bildungen durch Dämpfe. Wenn man von der beständigen Condensation der Wasserdämpfe in der Atmosphäre, von der Bildung des Regens und des Schnees absieht, so kommen hier vorzugsweise die vulkanischen Emanationen in Betracht. Die Fumarolen der Vulkane enthalten ausser Wasserdampf auch Salzsäure HCl, schwefelige Säure SO₂, Schwefelwasserstoff H₂S, Kohlensäure CO₂, zuweilen auch Flussäure HF, ferner Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe. Beim Zusammentreffen von schwefeliger Säure und Schwefelwasserstoff entsteht Schwefel, SO₂ + 2H₂S = 3S + 2H₂O. Fumarolen mit Schwefelabsatz werden Solfataren genannt. Als Sublimationsproducte finden sich an Vulkanen ausser Schwefel auch Stein-

salz NaCl, Salmiak NH_4Cl , Eisenchlorid FeCl_3 . Durch die Wirkung der Salzsäure auf das Nebengestein werden auch andere Chloride, z. B. Chlorcalcium, CaCl_2 , und am Vesuv in kleinen Mengen auch PbCl_2 , CuCl_2 , CoCl_2 , NiCl_2 etc. gebildet. Durch Einwirkung der schwefeligen Säure und des Sauerstoffes auf die Gesteine entstehen Sulfate, z. B. Calciumsulfat CaSO_4 , Natriumsulfat Na_2SO_4 , Aluminiumsulfat etc. Bei den herrschenden hohen Temperaturen werden die Chloride häufig durch den Wasserdampf zerlegt, und es bilden sich Oxyde, z. B. Eisenglanz Fe_2O_3 , welcher in glänzenden Flittern oder in tafelförmigen Krystallen auf der Lava oder in Spalten derselben gefunden wird. $2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl}$. Hier wird also die Salzsäure wiederum gebildet, regenerirt. Durch Einwirkung der vulkanischen Kohlensäure auf die gebildeten Oxyde bilden sich ferner Carbonate, wie Na_2CO_3 , CaCO_3 .

Auf der Oberfläche der Lava und der kleinen bei der Eruption gebildeten Lavafetzen und Lavastückchen (Lapilli) finden sich zuweilen neugebildete Silicate wie Leucit, Augit, Hornblende, Tridymit, Quarz. Man nennt dieselben öfter Sublimationsproducte, obgleich sie vielleicht richtiger als Umbildungen und Regenerationen der in der Lava enthaltenen Minerale anzusehen sind. Bunsen hat die Zersetzungen und Umbildungen, welche durch vulkanische Gase veranlasst werden, als Pneumatolyse bezeichnet. Somit können die genannten Mineralbildungen als pneumatolytische zusammengefasst werden.

Erdbrände, durch Selbstentzündung von schwefelkieshaltigen Kohlenlagern hervorgerufen, liefern öfter ähnliche Bildungen wie die Vulkane, z. B. Schwefel, Realgar AsS, Arsenit As_2O_3 , Salmiak NH_4Cl .

Alle diese durch Dämpfe bewirkten Absätze sind zwar interessante Mineralbildungen, doch haben dieselben für die Bildung der Erdrinde keine allgemeine Bedeutung, weil sie nur an vereinzeltten Punkten der Erdoberfläche vorkommen. Immerhin zeigen manche der krystallinischen Erzvorkommen, besonders die Zinnerzlagernstätten gemäss Vogt's Ansicht eine Analogie mit pneumatolytischen Bildungen.

Lit. Bunsen, Pogg., Ann. Bd. 83, pag. 241. Ch. S. C. Déville, Bull. soc. géol. 1856, pag. 606. Roth, Chem. Geologie I, pag. 412. Vogt, Zeitschr. f. prakt. Geologie 1895, pag. 145.

208. Lösung. Viele Minerale bilden sich aus wässrigen Auflösungen, und zwar nach der Regel, dass immer diejenige Verbindung abgesetzt wird, welche unter den gegebenen Umständen am schwersten löslich ist. Die so entstandenen Minerale widerstehen hierauf am kräftigsten den Angriffen des Wassers und wässriger Lösungen. Daher stellt Bischof an die Spitze seines epochemachenden Werkes den Satz, dass in der Erdrinde stets diejenigen Stoffe mit einander vereinigt vorkommen, welche die am schwersten lösliche Verbindung geben.

Die Minerale zeigen verschiedene Abstufungen der Löslichkeit, doch zeigt auch eine und dieselbe Substanz verschiedene Grade, je nachdem sie amorph oder krystallinisch ist, und zwar löst sich die amorphe Modification im allgemeinen leichter auf. Bei Versuchen ist es daher nicht immer gleichgiltig, ob man die künstlich erhaltene Verbindung, die oft ganz oder zum Theil amorph ist, oder

ob man das krystallisirte und gepulverte Mineral anwendet. Letzteres wird im Folgenden durch Anführung des Mineralnamens angezeigt.

Für viele natürliche Vorgänge ist die Löslichkeit in reinem Wasser maassgebend, von welcher hier einige Beispiele. 100 Theile reinen Wassers lösen auf:

Chlorkalium	KCl	32·88	Gewichtstheile bei 15° C. (Page)
Chlornatrium	NaCl	35·68	» » » » (Möller)
Chlormagnesium	MgCl ₂	50·70	» » » » (Mulder)
Kaliumcarbonat	K ₂ CO ₃ ·H ₂ O	24·40	» » 10 » »
Natriumcarbonat	Na ₂ CO ₃ ·H ₂ O	8·30	» » » » »
Kaliumsulfat	K ₂ SO ₄	10·30	» » 15 » »
Natriumsulfat	Na ₂ SO ₄	16·28	» » 18 » (Diacon)
Gyps	CaSO ₄ ·2H ₂ O	0·205	» » 18 » (Marignac)
Strontiumsulfat	SrSO ₄	0·0145	» » — » (Fresenius)
Baryumsulfat	BaSO ₄	0·0002	» » — » »
Calciumcarbonat	CaCO ₃	0·0248	» » — » (Anderson)
Calcit	CaCO ₃	0·0025	» » — » »

Die Wässer vermögen demnach die zuerst genannten Salze, die sich oft im Boden finden, aufzulösen und fortzuführen. Auch der Gyps ist noch verhältnissmässig leichter löslich, daher in Gypslagern durch eindringende Wässer oft Höhlungen (Gypsschlotten) hervorgebracht werden.

Durch Erhöhung der Temperatur wird die Löslichkeit der meisten Substanzen erhöht, gleichzeitig wirkender starker Druck vergrössert ebenfalls die Löslichkeit. Hierher gehört der Versuch Wöhler's, gepulverten Apophyllit, welcher ein wasserhaltiges Silicat ist, bei 180°—190° und einem Drucke von 10—12 Atmosphären in Wasser aufzulösen. Beim Erkalten wurden wiederum Apophyllitkrystalle abgesetzt.

Die wasserfreien Silicate sind sehr schwer löslich, der Quarz ist am schwersten löslich, so dass bis jetzt keine Zahl erhalten wurde, welche seine Löslichkeit ausdrückt. Für absolut unlöslich ist aber keine chemische Verbindung zu halten, da bei jedem sorgfältig ausgeführten Versuche mit verschiedenen Mineralen mindestens Spuren aufgelöst wurden.

209. Wasser, welches Kohlensäure absorhirt enthält, wirkt auf die Minerale im allgemeinen anders als reines Wasser. Der grösste Unterschied zeigt sich bei den Carbonaten. Kalkspath, Magnesit, Eisenspath etc. sind im reinen Wasser ausserordentlich schwer löslich, während sie von kohlensäurehaltigem Wasser in erheblichen Quantitäten und zwar, wie man annimmt, als Bicarbonate aufgenommen werden, also Calcit als H₂O·CaO·2CO₂ u. s. w.

10.000 Theile kohlensäurehaltigen Wassers lösen von:

Kalkspath	CaCO ₃	10·8	Gewichtstheile (Schlösing)
Dolomit	CaMg2CO ₃	3·1	» (Cossa)
Magnesit	MgCO ₃	1·2	» »
Eisenspath	FeCO ₃	7·2	» »

Hieraus erklärt sich die Bildung von Kalkhöhlen in Folge der Auflösung durch die im Kalkstein circulirenden Gewässer, welche immer freie Kohlensäure

enthalten. Im Karstgebiete, wo viele Bäche versinken und ihren Lauf im Kalkgebiete fortsetzen, ist der Boden von Kalkhöhlen durchzogen. Wichtig ist die grössere Angreifbarkeit des Kalksteines gegenüber dem Dolomit, welcher oft zurückbleibt, wofern ein Gemenge von Kalkstein und Dolomit den Quellwässern ausgesetzt ist. Demnach entsteht bisweilen reiner Dolomit durch Auszehrung des dolomitischen Kalksteines. Kalksteine, welche Thon, Eisenoxyd oder andere unlösliche Beimengungen enthalten, hinterlassen dieselben bei der Auflösung als Ablagerungen auf der Oberfläche oder in den Höhlungen. Der gewöhnliche dichte Kalkstein ist im kohlenensäurehaltigen Wasser leichter löslich als der krystallinische, daher die im Kalkstein gewöhnlich enthaltenen Adern von Kalkspath durch Einwirkung solcher Wässer stark hervortreten und zuletzt zellige Gewebe darstellen (Zellenkalk).

Bei höherem Drucke löst das kohlenensäurehaltige Wasser mehr von den Carbonaten auf als bei gewöhnlichem Drucke, und in dieser Beziehung zeigt sich dasselbe Verhalten wie bei dem reinen Wasser. Anders ist es mit dem Einflusse der Temperatur. In der Wärme löst das kohlen-säure Wasser weniger Carbonate auf als bei niedriger Temperatur. Dies zeigen die Versuche von Engel und Ville mit künstlich dargestelltem Magnesiumcarbonat. 100 Gramm kohlen-säurehaltigen Wassers lösten bei:

Druck	Temp.	Gramme	Druck	Temp.	Gramme
1 Atmosphäre....	19.5°	... 2.579	751 mm ...	13.4°	... 2.845
3.2 Atmosphären..	19.7	... 3.730	762 > ...	29.3	... 2.195
5.6 >	.. 19.2	... 4.620	764 > ...	62.0	... 1.035
7.5 >	.. 19.5	... 5.120	765 > ...	82.0	... 0.490
9 >	.. 18.7	... 5.659	765 > ...	100	... 0.000

Während also eine gewöhnliche wässrige Lösung, welche gesättigt ist, beim Abkühlen einen Absatz bildet, würde eine Lösung von Carbonaten in kohlen-säurehaltigem Wasser unter denselben Umständen keinen Niederschlag liefern.

Die Verbindungen, deren Löslichkeit zuvor angegeben wurde, sind meistens solche, welche in den Quellwässern gefunden werden. Die Stoffe, aus welchen jene Verbindungen bestehen, müssen demnach in den Tiefen, aus welchen die Quellen kommen, in irgend einer Form verbreitet sein. Versuche, wie sie zuerst von Struve angestellt wurden, haben gezeigt, dass durch Behandlung des Pulvers verschiedener Gesteine mit kohlen-säurehaltigem Wasser Lösungen erhalten werden, welche dieselbe Zusammensetzung wie manche Quellen zeigen. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass die löslichen Stoffe der Gesteine von der Gebirgsfeuchtigkeit aufgenommen und den Quellen zugeführt werden. Der Vorgang stellt sich so dar, als ob einige Bestandtheile des Gesteines ausgeschieden und von der Seite her in die Quellenstränge geleitet würden; er erscheint somit als eine Lateral-secretion der löslichen Stoffe.

Die Menge des Gelösten ist aber in manchen Quellen so gross, dass dadurch eine solche Beschaffenheit der Tiefe angedeutet ist, welche mit der Zusammensetzung der Erdoberfläche nicht übereinstimmt. Ein Beispiel sind die Karlsbader Quellen, welche jährlich enorme Quantitäten von Glaubersalz in Lösung emporbringen. Ferner ist bisweilen in dem Gelösten eine Verbindung so überwiegend vertreten, dass man auf das Vorhandensein einer grossen Menge des entsprechenden

Minerales schliessen muss. Bei Soolquellen, wie z. B. bei denen von Stassfurt, haben in der That Bohrungen die Herkunft der Quellen von Salzlagern bewiesen.

Die gasförmigen Stoffe der Quellen lassen sich hingegen in vielen Fällen durchaus nicht aus dem Gestein ableiten, sie müssen daher aus unbekanntem Tiefen emporsteigen, also durch Ascension in die Quellspalten gelangen. Es ist namentlich der Gehalt an Kohlensäure und an Schwefelwasserstoff, welcher den Quellen vulkanischer Gegenden zukommt und welcher auf die chemische Thätigkeit des Erdinneren hinweist.

Lit. Bischof, Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie, Bd. I; Roth, Allgem. Geologie, Bd. I; Engel u. Ville, Comptes rend., Bd. 93, pag. 340, Bd. 100, pag. 444; Döbler in Tschermak's Mineralog. Mittheil., Bd. 11, pag. 319. Ueber Zellenkalk: Neminar ebenda 1875, pag. 251.

210. Niederschlagsbildung. Eine Lösung, welche so viel von einer Substanz enthält, als davon löslich ist, erscheint bezüglich dieser Substanz gesättigt. Eine solche Lösung wirkt aber doch wiederum lösend auf andere Substanzen. Eine gesättigte Steinsalzlösung vermag Bittersalz aufzulösen. Solche Lösungen, welche mehrere Substanzen zugleich enthalten, werden complicirte Lösungen genannt. Ist eine solche gesättigt, so enthält sie, wie neuerdings Bodländer (Zeitschrift f. phys. Chem., Bd. 7, pag. 358) zeigte, im allgemeinen von jeder einzelnen Substanz weniger, als wenn diese allein in Lösung wäre. Daraus folgt, dass eine gesättigte Lösung, welche mit neuen Substanzen in Berührung kommt, einerseits von diesen etwas auflösen, andererseits von den bisher darin enthaltenen etwas absetzen wird.

Da von den meisten Substanzen bei höherer Temperatur mehr gelöst wird als bei niedriger, so werden sowohl einfache als complicirte gesättigte Lösungen beim Abkühlen einen Absatz oder Niederschlag bilden.

Die im Gestein circulirenden Gewässer sind häufig bezüglich einer oder mehrerer Substanzen gesättigte Lösungen. Bei der allmähigen Bewegung im Gestein kommen dieselben oft mit neuen Substanzen in Berührung, beim Aufsteigen der Wässer aus den tiefer gelegenen wärmeren Regionen in die höher gelegenen nimmt die Temperatur sowie der Druck ab, daher wird in beiden Fällen häufig eine Niederschlagsbildung erfolgen.

Bei der Wanderung im Gestein wird eine Lösung öfter mit einer davon verschiedenen zusammentreffen, und es werden sich nicht selten Substanzen begegnen, welche in Folge einer chemischen Wechselwirkung schwerlösliche Verbindungen bilden. Lösungen von Natrium- oder Kaliumcarbonat geben beim Zusammentreffen mit calciumhaltigen Wässern einen Niederschlag von Calciumcarbonat. Lösungen von Kalium- oder Natriumsilicat werden beim Zusammentreffen mit Wässern, welche Kohlensäure oder Bicarbonate führen, zerlegt, und es wird Kieselsäure abgeschieden, während Carbonate sich bilden. Minerale, welche im Gestein enthalten sind, können durch wechselseitige Zersetzung einen Niederschlag bewirken. Aus Lösungen, welche Kieselsäure oder Eisenoxydsalze enthalten, wird durch Calcit die Kieselsäure, beziehungsweise Eisenhydroxyd gefällt. Demnach werden vielfach die Bedingungen erfüllt sein, unter welchen die im Gestein circulirenden Gewässer daselbst Absätze bilden.

Die Lösungen, welche als Quellen an die Erdoberfläche gelangen, können hier durch Verdunsten einen Niederschlag liefern oder nach Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes, durch den Einfluss lebender Organismen oder durch die Wirkung von Organismenresten die Bildung von Mineralen veranlassen.

2II. Absätze der Quellen. Um den Ursprungsort der Quellen bilden sich öfter Absätze verschiedener Art.

Die heissen Quellen auf Island, den Azoren, auf Neuseeland, in den Rocky Mountains und andere, welche reich an aufgelöster Kieselsäure sind, liefern einen Sinter von welliger Oberfläche, deutlicher Schichtung und von der Zusammensetzung des Opals. Zuweilen bilden sich Ueberzüge und in den Höhlungen des Kieselsinters auch Tropfsteine. Selten bemerkt man an diesen kleine Quarzkrystalle, wie z. B. im Sinter von Furnas, Azoren.

Ungemein zahlreich sind die Absätze von Kalkcarbonat im Bereiche warmer und kalter Quellen. Die heissen Quellen von Karlsbad, Nauheim, Wiesbaden u. a. m. erzeugen beständig Aragonit in mannigfachen Formen. In Karlsbad hat sich vor Zeiten eine ausgedehnte Ablagerung mit Höhlungen gebildet, die Sprudelschale, welche aus faserigem, im Bruche gebändert aussehendem Aragonit (Sprudelstein) besteht. Die Farbe rührt von Eisenoxyd her. Stellenweise findet sich Erbsenstein, durch vielfache Ueberzüge von Sandkörnern oder Gasbläschen im bewegten Wasser und durch schliessliche Verkittung der zu schwer gewordenen Kügelchen entstanden. Sehr viele kalte Quellen setzen Calcit als Kalksinter ab, auch bilden sich nicht selten Calcit-Erbsensteine oder Pisolithe. Durch Sickerwasser, welche in Höhlungen eindringen, wird häufig die Bildung von Tropfsteinen veranlasst. An diesen kann man die Sinterbildung genau verfolgen. Das herabtropfende Wasser ist eine Lösung von Kalkcarbonat in kohlenensäurehaltigem Wasser. Durch Entweichen der Kohlensäure, welche die Bedingung des Gelöstseins war, in die Luft nimmt das Calciumcarbonat wiederum die starre Form an. Jeder Tropfen setzt eine kleine Menge von Calcit ab, unzählige Tropfen hinterlassen hängende Zapfen (Stalaktiten) oder bauen am Boden ragende Kegel (Stalagmiten). Beide vereinigen sich zuweilen zu Säulen. Ausserdem erzeugen die Sinterbildungen häufig Ueberzüge auf dem Gestein, oder sie erscheinen als Bindemittel von Bruchstücken desselben.

Von den Carbonaten, welche zuweilen als Absatzbildungen erscheinen, sind Zinkblüthe und Zinkspath zu nennen, welche in Zinkerzgruben entstehen, ferner Weissbleierz, welches in Bleierzgruben in ähnlicher Weise wie der Kalksinter gebildet wurde.

Die eisenhaltigen Quellen bringen das Eisen meist in der Form von Eisenoxydulcarbonat $\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$, welches in kohlen-säurem Wasser gelöst ist, an die Erdoberfläche. Beim Austreten an die Luft würden solche Quellen die genannte Verbindung als Siderit $\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$ absetzen können. Der atmosphärische Sauerstoff zerlegt jedoch die Verbindung, welche in Limonit $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ verwandelt wird, während CO_2 entweicht. Daher bilden solche Quellen Absätze von Eisenocker, welcher ein lockerer Limonit ist. Darin findet sich öfter auch Manganoxyd, durch

Zerlegung von Mangancarbonat gebildet, ferner zuweilen Eisenphosphat, Eisenarseniat etc.

Von Sulfaten erscheint häufig Gyps als Absatz von Quellwässern, zuweilen auch Baryt. Dieser z. B. am Abflusse der Soolquellen des Leopolder Ganges bei Lautenthal im Harz. Sulfide finden sich in Quellenmündungen als Sinterbildungen, so z. B. häufig Eisenkies, seltener Blende, als Absatz von Grubenwässern Bleiglanz. In den Sulphur banks in Californien wird als Absatz heisser Quellen Zinnober gefunden.

Schwefel bildet sich als Absatz von Schwefelquellen, die Schwefelwasserstoff enthalten, sehr häufig. Die Ausscheidung des Schwefels erfolgt durch Einwirkung des aus der Luft absorbirten Sauerstoffs $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$. Beispiele sind die Absätze der Quellen von Deutsch-Altenburg und Baden bei Wien, Ofen, Weilbach, Aachen. Im Yellowstone-Park der Vereinigten Staaten werden als Absätze heisser Quellen Schwefel, Auripigment, Realgar beobachtet.

Sehr viele Quellen setzen eine Mischung ab, in welcher die einzelnen Minerale nicht erkennbar sind. Die chemischen Analysen dieser Bildungen lassen schliessen, dass ausser den zuvor genannten Mineralen auch viele andere abgesetzt werden. Nebst den aufgezählten Stoffen wurden auch häufig Aluminium, Silicium, Titan, Bor, Fluor, ferner Strontium, Baryum und Metalle, wie Blei, Kupfer, Nickel, Arsen, Antimon u. a. darin gefunden. Dass die entsprechenden Minerale sich nicht in deutlicher Form und Sonderung ausbilden können, davon ist die verhältnissmässig rasche Bildung des Niederschlages beim Austreten der Quellen Ursache.

Lit. in Bischof, Lehrb. der phys. u. chem. Geologie, Bd. I, pag. 527; Roth, Allgem. u. chemische Geologie, Bd. I, pag. 532; Daubrée, Les eaux souterraines aux époques anciennes. Paris 1887.

212. Bildungen der Tiefe. Jene drusigen Auskleidungen, Krusten und Füllungen, welche früher als Mineralgänge bezeichnet wurden [191], sind als die Absätze aufsteigender Quellwässer anzusehen. Die Gründe, welche dafür sprechen, sind hauptsächlich folgende:

Die Gangspalten haben den Charakter von Quellenspalten. Es kommt beim Bergbaue häufig vor, dass jene Spalten mit Wasser gefüllt angetroffen werden. Das Aussehen der Krusten und Füllungen, sowohl der einfachen als der geschichteten, ist genau dasjenige, welches die Krystallisationen zeigen, die auf künstlichem Wege aus wässerigen Lösungen dargestellt werden. Die Stoffe, welche in den Mineralen der Gangspalten vorkommen, sind fast sämmtlich in den Wässern aufsteigender Quellen nachgewiesen worden. Von den Verbindungen, welche diese Stoffe liefern können, sind auf den Mineralgängen jene in grösster Menge vertreten, welche im Wasser am schwersten löslich sind. Unter den Gangmineralen sind Pseudomorphosen sehr häufig, und zwar solche, deren Bildung nur durch die Einwirkung von wässerigen Lösungen erklärt werden kann. In den unveränderten Mineralen finden sich häufig Einschlüsse, welche wässrige Lösungen enthalten. Die Minerale der Gangspalten stimmen mit denjenigen, welche in den Quellenmündungen gefunden wurden, in allen Stücken überein. So z. B. gleicht der Baryt aus den Abzweigungen der Karlsbader Quelle in den Flächen-Combi-

nationen und im Habitus vollständig dem Baryt der Erzgänge von Felsöbánya. Auch die Beobachtungen Daubrée's sprechen dafür, welcher die in Mündungen warmer Quellen (Bourbonne, Plombières etc.) abgesetzten Verbindungen prüfte und die grösste Aehnlichkeit mit Gangmineralen constatirte, obgleich die enthaltenen Stoffe zum Theile aus der Mauerung, aus den Metallröhren und von alten Münzen herstammten.

Deutliche Absätze, besonders aber Krystalle, können sich begreiflicherweise nur dort bilden, wo das emporsteigende Wasser bloß eine sehr geringe Geschwindigkeit hat. Bei grosser Geschwindigkeit würde jeder Niederschlag fortgespült. Man kann daher sagen, dass reiche Quellen, welche an der Oberfläche der Erde Absätze bilden, in der Tiefe wenig absetzen, und dass nur spärlich fliessende oder an der Oberfläche nicht bemerkbare warme Wässer die Bildner der Mineralgänge sein können.

Die Frage, woher die letzteren jene Stoffe beziehen, welche sich in den Gangspalten absetzen, wurde von Forchhammer dahin beantwortet, dass alle diese Stoffe aus dem Nebengestein herkommen, also durch Lateralsecretion in die Spalten gelangen, während andere Forscher die Ansicht vertheidigten, dass jene Stoffe zum Theile mit den aufsteigenden Quellen aus unbekannter Tiefe kommen, also durch Ascension an ihren Platz gelangen.

Durch umfangreiche Untersuchungen erkannte F. Sandberger, dass in den Silicaten, welche im Gestein, besonders aber in den eruptiven Felsarten vorkommen, ausser den gewöhnlichen und wesentlichen Stoffen, wie Si, Al, Ca, Na, auch andere, wie Ba, Pb, Cu, As etc., also auch jene Stoffe, die auf den Erzgängen eine Rolle spielen, in sehr kleinen Quantitäten enthalten seien. Damit ist aber die Bildung der Erzgänge durch Lateralsecretion keineswegs wahrscheinlich gemacht, weil die Schwermetalle auch durch Quellwässer aus der Tiefe gebracht und im Gestein vertheilt worden sein können, und andererseits die auf Erzgängen bisweilen in grosser Menge auftretenden Schwermetalle nicht von jenen geringen Spuren ableitbar sind. Ein Beispiel dafür ist das Erzvorkommen von Příbram [191].

Es ist am wahrscheinlichsten, dass beide Vorgänge zusammenwirken, wie dies schon bei der Bildung der Quellwässer bemerkt wurde [197].

Demgemäss darf angenommen werden, dass die Gebirgsfeuchtigkeit aus dem Gestein Verbindungen aller darin vorkommenden Stoffe, darunter auch lösliche Silicate auszieht und bei dem langen Verweilen concentrirte Lösungen bildet. Diese werden in den Wässern der Spalten diffundiren, welche zwar nur verdünnte Lösungen enthalten, jedoch aus der Tiefe Kohlensäure und Bicarbonate, öfter auch Verbindungen von Schwermetallen, ferner Schwefelwasserstoff und Sulfate emporbringen. Durch Wechselwirkung der löslichen Silicate mit der freien Kohlensäure entstehen Quarz und Carbonate [210], durch Einwirkung des Schwefelwasserstoffs und der löslichen Sulfide auf die Metallverbindungen bilden sich unlösliche Sulfide der schweren Metalle, die Sulfate verursachen einen Absatz von Baryt u. s. w.

Auf solche Weise würde sich nicht nur die Form und Zusammensetzung der Mineralgänge, sondern auch das häufige Vorkommen derselben in der Nähe von Eruptivgesteinen und in denselben erklären, da letztere sehr oft von Quellen begleitet sind, welche Kohlensäure und Schwefelwasserstoff enthalten [198].

Da Gangspalten oft mit Absonderungsklüften communiciren, ferner öfter auf durchlässige Sedimente treffen werden, so kann die Bildung von Gangmineralen auch dorthin verpflanzt werden: folglich dürfen solche Trümer und Imprägnationen, welche die gleichen Minerale enthalten, die auf Gängen vorkommen, von derlei Communicationen abgeleitet werden.

Lit. Bischof, Jahrbuch f. Min. 1848, pag. 257, und Lehrbuch d. phys. und chem. Geologie, Bd. II; v. Groddeck, Lehre von den Lagerstätten der Erze, pag. 331; F. Sandberger, Untersuchungen über Erzgänge, 1881 u. 1885; Daubrée, Synthet. Studien zur Experimentalgeologie; Stelzner, Die Lateralsecretionstheorie und ihre Bedeutung für das Präbramer Ganggebiet, Freiberg 1889.

213. Producte der Bodenwässer. Die in den Gesteinen allgemein verbreiteten secundären Bildungen, welche ausserhalb der in die Tiefe reichenden Spalten vorkommen, sind nach allen einschlägigen vergleichenden Beobachtungen durch die Wirkung der wässerigen Lösungen entstanden, welche sich in den oberen Regionen der Erdrinde gebildet haben und nicht aus grossen Tiefen emporgestiegen sind.

Hierher gehören die neugebildeten Krystalle und Krystallgruppen im Thon, Mergel, Sand, die Bindemittel der Conglomerate und Sandsteine, ferner alle jene Imprägnationen, Trümeerbildungen, Füllungen und Auskleidungen, welche nicht als Fortsetzungen von Mineralgängen erscheinen.

Der genetische Unterschied, welcher zwischen Mineralgängen und den übrigen Neubildungen gemacht wird, zeigt sich bisweilen deutlich dort, wo Erzgänge bloß durch schmale Klüfte mit Trümmern in Verbindung stehen. In solchen Fällen reichen die Mineralbildungen des Erzganges häufig bloß in den Anfang der seitlichen Klüfte, während weiterhin jene Minerale angesiedelt sind, welche ihrer Zusammensetzung nach aus dem Nebengestein abgeleitet werden können. Ein Beispiel gibt die Fig. 387 auf pag. 279 wieder.

Die hier in Betracht kommenden Absätze sind demnach Producte der Lateralsecretion [209]. Die Minerale, welche dieselben bilden, stehen in einem einfachen stofflichen Zusammenhange mit jenen des Nebengesteins, oder sie stimmen in der Zusammensetzung mit denselben überein. Dies zeigt sich an den Kalkspathtrümmern des dichten Kalksteines, an den Trümmern von Kalkspath und von Quarz in den Sandsteinen und Thonschiefen, an den Quarztrümmern der krystallinischen Schiefer, an den Auskleidungen und Füllungen der sogenannten Mandelsteine durch Achat, Quarz, Kalkspath und Zeolithe. Aber auch die Drusen und Füllungen von Bergkrystall, Adular, Glimmer, von Albit, Chlorit, Epidot, Apatit und vielen anderen Mineralen, welche im Granit, Gneiss und anderen krystallinischen Schiefen auftreten, sind als Bildungen durch Lateralsecretion zu betrachten, wengleich hier eine Grenze gegenüber den Mineralgängen schwer anzugeben ist. Da wir uns die Ursache dieser Bildungen auch gegenwärtig fortdauernd denken, so müssen wir auch zugeben, dass alle die genannten Krystallisationen auch jetzt noch fortauern, also immer noch neue Krystalle gebildet, alte vergrössert werden [202].

Die beständige Trümerbildung im Kalkstein leitet sich demnach daraus ab, dass die eindringenden kohlensäurehaltigen Wässer allmählig eine gesättigte Lösung von Kalkbicarbonat bilden und dass diese die Fähigkeit hat, den dichten, leichter angreifbaren Kalkstein zu lösen und gleichzeitig einen krystallinischen, schwerer löslichen Kalkspath abzusetzen, was wiederum der Tendenz entspricht, die schwerst löslichen Producte zu bilden.

In den Kieselgesteinen werden sich häufig Silicatlösungen bilden, und es wird der krystallinische Absatz öfter aus Silicaten bestehen, wofern die Lösungen nicht durch freie Kohlensäure oder durch Bicarbonate zersetzt werden. In letzterem Falle würde bloß Quarz gebildet. Dadurch ist es erklärlich, dass in den Erzgängen, bei deren Bildung freie Kohlensäure oder Bicarbonate ins Spiel kommen, im allgemeinen keine Silicate vorkommen, Quarz aber ungemein verbreitet ist.

214. Mineralbildung in Seen. Unter jenen Absätzen, welche sich in Lösungen bilden, sind die Salzbildungen mancher Seen die grossartigsten. In stehenden Gewässern können sich nur dann solche Absätze bilden, wenn die Wässer eine concentrirte Lösung sind und wenn die Verdampfung stärker ist als der Zufluss. Im Meere, dessen Wasser zwar reich an Salzen ist, aber keine concentrirte Lösung darstellt, können keine derlei Absätze gebildet werden. Seen mit Abfluss gestatten ebensowenig eine solche Salzbildung, wohl aber kann dieselbe in Seen ohne Abfluss und in Lagunen, aber nur in wärmeren Klimaten eintreten.

Hierher gehören die Salzseen im Gouvernement Astrachan, welche in der Zahl von über 2000 in der Steppe verstreut sind. Diese dem Caspisee benachbarte Steppe ist ein ehemaliger Meeresboden, welcher aus dem Meerwasser stammende Salze in feiner Vertheilung enthält. An der Küste des Caspisees entstehen durch Abschliessung von Meerestheilen noch immer neue Salzseen. Der bedeutendste der alten Salzseen ist der Eltonsee, von 250 Quadratkilometer Oberfläche. Das Wasser ist eine concentrirte Lauge, worin ausser Chlornatrium eine überwiegende Menge von Magnesiumchlorid, Magnesiumsulfat und Chlorkalium enthalten ist. Im Sommer setzt sich zuerst etwas Gyps, dann reichlich Steinsalz ab, im Winter auch Bittersalz, welches jedoch im folgenden Sommer wieder gelöst wird. Jedes Jahr bildet sich an den Rändern und am Boden des Sees eine Salzschiebe, welche Gegenstand einer regelmässigen Salzgewinnung ist. Die jährliche Ausbeute beträgt gegen 2 Millionen Centner. In der Nähe des Sees erstreckt sich eine Salzablagerung mit vielen Zwischenschichten von Thon. Aehnliche Verhältnisse zeigen auch die anderen Seen des Gebietes. An der Westküste des Caspisees, in der Krym, am Aralsee finden sich derlei Seen gleichfalls häufig. Ein merkwürdiges Beispiel ist ferner das Todte Meer, das eine Salzlauge darstellt, welche nebst Chlornatrium eine überwiegende Menge von Magnesium- und Calciumchlorid, ferner Chlorkalium und Gyps enthält. In dem abgesetzten Schlamm erscheinen Krystalle von Steinsalz und Gyps. In Persien, wo der Urmiahsee der grösste Salzsee ist, ferner in Tibet und im nördlichen Afrika sind Salzseen gleichfalls nicht selten. In Amerika sind der grosse Salzsee in Utah mit seinen kleineren

Nachbarn entsprechende Beispiele. An den Rändern derselben bilden sich beständig Krusten von Steinsalz.

Etwas anders erfolgt der Absatz von Steinsalz in manchen Lagunenseen. Ein Beispiel ist der Adsch-Darja-Busen des Caspisees, welcher durch den engen Canal Karabogas mit dem Meere zusammenhängt. Er hat eine Oberfläche von 2000 Quadratkilometern. Das Wasser ist eine concentrirte Lösung, in welcher Chlornatrium und Magnesiumchlorid vorwiegen. Am Grunde setzt sich Steinsalz ab. Der Karabogas bringt immer neue Meerwässer hinein, während aber im Sommer das schwerer lösliche Chlornatrium abgesetzt wird, kehrt das leichtlösliche Magnesiumchlorid in dem Canal zum Meere zurück. Der Adsch-Darja ist eine Steinsalz-Lagune. Aehnlich verhält sich der Torrens-See im regenlosen Gebiete Australiens.

Die Beobachtungen an den hier genannten und an vielen anderen Orten setzen uns in den Stand, die Bildung jener Salzlager, welche den sedimentären Gesteinen eingelagert sind und früheren Epochen angehören, mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erklären.

Die Natronseen zeigen häufig Absätze, in welchen Soda (Natriumcarbonat) und Glaubersalz (Natriumsulfat) vorherrschen. Beispiele sind der Vansee in Westarmenien, mehrere Seen in Mexico, Nevada und Californien. Im ungarischen Tieflande bilden sich an manchen Orten Ausblühungen von Soda, gemengt mit Chlornatrium, Gyps, Glaubersalz. In den Gegenden des Suezcanales finden sich Bitterseen, welche ausser Kochsalz viel Bittersalz enthalten.

Die Boraxseen im westlichen Tibet und in Californien nördlich von St. Francisco, welche mit warmen Quellen in Verbindung stehen, setzen am Boden Krusten von Borax oder im Schlamme grosse einzelne schwebend gebildete Boraxkrystalle ab.

Lit. G. Bischof, Phys. und chem. Geologie, Bd. II, pag. 47; F. Bischof, Die Steinsalzwerte von Stassfurt, 2. Aufl., 1875; Oehsenius, Die Bildung der Steinsalzlager etc., Halle 1877; Roth, Allgem. und chem. Geologie, Bd. I, pag. 547; Pfeiffer, Zeitschr. f. d. Hütten- u. Salinarwesen, 1885.

215. Mineralbildungen veranlasst durch Organismen. Der Uebergang von Substanzen aus dem Zustande der Lösung in den starren Zustand wird häufig durch lebende Organismen oder durch organische Ueberreste hervorgerufen, so dass ein grosser Theil dessen, was jährlich der festen Erdrinde zugeführt wird, auf Rechnung des Einflusses von Organismen kommt.

Am grossartigsten ist die Abscheidung von Kalkearbonat durch die Lebens-thätigkeit der Meeresthiere. Unzählige Riffe und Inseln in den Meeren der Tropenzone werden von Korallenthieren aufgebaut und vergrössert. Dana und Darwin haben den Vorgang ausführlich geschildert. Die Ablagerung der Schalen von Mollusken, Echinodermen etc. führt zur Bildung der Muschelbänke in der Nachbarschaft des Festlandes. Die Erforschung der Tiefsee hat gezeigt, dass beständig Schichten eines kreideähnlichen Kalksteines durch Foraminiferenreste gebildet werden.

Das Meerwasser enthält Calcium in der Form von Bicarbonat in geringer, in der Form von Sulfat in grösserer Menge [200]. Durch den Lebensprocess der

Meeresthiere wird in den Schalen und festen Körpertheilen unlösliches Kalkecarbonat abgesetzt. G. Rose hat gezeigt, dass dasselbe zum grösseren Theile Kalkspath, zum kleineren Theile Aragonit sei.

Da sehr viele Kalksteine Ueberreste von Meeresthieren enthalten, andere ganz und gar aus solchen zusammengesetzt sind und alle Uebergänge von diesen zu dichtem Kalkstein vorkommen, so hat sich die Ansicht entwickelt, dass auch die dichten Kalksteine, welche in mächtigen Ablagerungen auftreten, zoogene, d. i. durch thierische Organismen gebildete Meereskalke seien.

Im Meere kommen auch Algenvegetationen vor, welche als Nulliporen oder Lithothamnien bezeichnet werden, und welche sich durch Ausscheidung von Kalkecarbonat in der äusseren Membran fortwährend incrustiren. Auf solche Weise wachsen ebenfalls Riffe und Kalkbänke. Ein Theil der Kalksteine lässt durch die Textur deutlich diesen Ursprung erkennen, daher man auch phytogene, d. i. durch die Thätigkeit von Pflanzen veranlasste Meereskalksteine unterscheidet. Der Vorgang der Abscheidung ist derselbe wie bei der Bildung des Kalktuffes.

Am Ursprung von Quellen und in Bächen, welche reich an Kalkebicarbonat sind, incrustiren sich häufig Algen, Moose und andere Pflanzen mit Kalkecarbonat, was zur Bildung löcheriger Kalksteine führt, welche als Kalktuff bezeichnet werden. Wie Cohn zeigte, erklärt sich der Vorgang daraus, dass die Pflanzen, welche zu ihrer Ernährung der Kohlensäure bedürfen, diese dem Bicarbonat entnehmen, wodurch es zu unlöslichem Carbonat wird und sich auf den Pflanzen absetzt. Auch der Absatz der heissen Quellen von Karlsbad, von Nauheim u. a., der aus Aragonit besteht, lässt Algenvegetationen erkennen.

Kalkphosphat wird nicht selten in der Form von Wirbelthierknochen, welche phosphorsauren und kohlen-sauren Kalk enthalten, dem Boden einverleibt, wodurch Anlass zur Bildung anderer Phosphate gegeben ist. Auch die als Guano bezeichneten Ablagerungen von Excrementen enthalten Phosphate, welche durch Infiltration in das benachbarte Gestein Gelegenheit zu Neubildungen geben.

Kieselerde wird im amorphen Zustande im Meere durch viele Spongien, Rhizopoden, Radiolarien abgeschieden. Die Bildung von Hornsteinbänken und von Feuersteinknollen wird auf diese Thätigkeit zurückgeführt. Auf dem Festlande werden in dem sumpfigen Boden mancher Gegenden durch Ablagerung der Ueberreste von Diatomeen, welche zierliche Kieselpanzer von mikroskopischer Kleinheit bilden, erdige Schichten abgesetzt. Kieselguhr und Polirschiefer bestehen aus derlei Ueberresten. Auch in Meerbusen und an flachen Seeküsten werden Reste von Diatomeen und Radiolarien abgelagert. Der Absatz von Kieselsinter (Geysirit) an den heissen Quellen im Yellowstone-Park erfolgt nach Weed durch den Einfluss von Algen und Moosen.

Auch die Entstehung des Raseneisensteins, welcher ein stark verunreinigtes Brauneisenerz ist, rührt nach Senft von der chemischen Wirkung der Pflanzen her. Die organischen Säuren, welche von denselben ausgeschieden werden, lösen das dem benachbarten Sande anhaftende Eisenoxyd und bilden damit Verbindungen, die schleimige Ueberzüge darstellen. Der organische Theil der letzteren zersetzt sich allmählig in Kohlensäure und Wasser, das Eisenhydrat bleibt in Schichten zurück. Die Bildung der See-Erze in Schweden wird nach den Beob-

achtungen von Ehrenberg, Stapf u. A. von der Thätigkeit niederer Organismen (Algen, Bacterien) abgeleitet, welche innerhalb ihres Körpers Brauneisenerz abscheiden.

Die Ablagerung kohligter Pflanzenreste lässt sich in Gegenden, wo die Torfbildung noch fortschreitet, beobachten. Hier werden die Reste von Pflanzen durch die Wasserbedeckung vor der raschen Verwesung geschützt, jedoch durch Verlust von Wasserstoff und Sauerstoff, welche in der Form von Wasser ausgeschieden werden, in dunkelgefärbte Producte verwandelt. Dass die Braunkohlen auf ähnliche Weise entstanden sind, wird durch die meistens deutliche Pflanzentextur bewiesen. In den Steinkohlen sind Pflanzenformen vielfach durch mikroskopische Beobachtungen erkannt worden. Der Anthracit wird ebenfalls von Pflanzenresten abgeleitet.

In dem verwesenden Weichkörper von Foraminiferen, in Seeigelstacheln etc. bilden sich öfter kleine Pyrithäufchen. Pflanzenreste bringen in eisenhaltigen Wässern häufig einen Niederschlag von Pyrit hervor. In schilfreichen Sümpfen und Teichen bildet sich daher oft ein schwarzer pyrithaltiger Schlamm. In Thonschichten, welche an Düngergruben grenzen, wurde die Entstehung von Pyritadern beobachtet. Wird Wasser, welches ein Sulfat, z. B. schwefelsaures Natrium, ferner ein wenig von einem Eisensalz enthält, mit Holzfasern in einem Gefässe eingeschlossen, so setzen sich mit der Zeit schwarze Flocken von Pyrit ab. Die Holzfaser entzieht dem Sulfat Sauerstoff, das entstandene Schwefelnatrium bewirkt den Niederschlag von Schwefeleisen. Die Pyritbildung erfolgt also durch eine Reduction. Dadurch wird das häufige Zusammenvorkommen von Pyrit und Steinkohle erklärt, ferner die Erscheinung, dass in verschiedenen Gesteinen, sobald dieselben organische Ueberreste führen, auch Pyrit als Imprägnation vorkommt.

Dass auch die Bildung von salpetersauren Salzen im Boden durch den Einfluss von niederen Organismen erfolgt, ist durch neuere Beobachtungen wahrscheinlich geworden.

Lit. J. D. Dana, Corals and Coral Islands, New-York 1872; Ch. Darwin, Bau und Verbreitung der Korallenriffe, Stuttgart 1876; Cohn, Jahrb. f. Min., 1864, pag. 580; Ramann, Organogene Bildungen der Jetztzeit, Jahrb. f. Min., Beilageband X, p. 119; Senft, Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen, Leipzig 1862; Roth, Allgem. und chem. Geologie, Bd. I, pag. 596; Winogradsky, Botan. Zeitung, 46. Jahrgang, pag. 262 (1888); Walther, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., Bd. 37, pag. 329; Weed, American Journ. of sc. [3], Bd. 37, pag. 351; Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen, Leipzig 1892.

216. Veränderung der Minerale. Durch die lösende Wirkung der circulirenden Wässer werden fortwährend Stoffe aufgenommen, an anderen Stellen des Gesteines abgesetzt oder in den Quellwässern an die Erdoberfläche gebracht. Demnach werden der Erdrinde beständig grosse Stoffmengen sowohl entzogen als auch zugeführt. Das Wasser zersetzt viele der vorhandenen Verbindungen und löst andere vollständig auf. Mit verschiedenen Stoffen beladen, vermögen die circulirenden Wässer Umwandlungen hervorzurufen oder neue schwerlösliche Verbindungen abzusetzen. Der Gebirgsdruck unterstützt die Wirkung des Wassers dadurch, dass

beim Zerquetschen und Verschieben der Gesteinsmassen fortwährend neue capillare Klüfte gebildet werden, welche dem Wasser immer neue Bahnen öffnen. Er modificirt wahrscheinlich auch das Ergebnis der Umwandlung dadurch, dass in grösserer Tiefe unter dem dort herrschenden hohen Drucke oft eine andere Gruppierung der Stoffe eintritt, als unter dem geringen Drucke in der Nähe der Erdoberfläche. Durch Zersetzung, Umwandlung, Neubildung, Verschiebung ändert sich sowohl die mineralogische Beschaffenheit der Mineralmassen als auch häufig deren Textur.

Andererseits vollziehen sich auch Veränderungen, welche von den vorigen verschieden sind, an einzelnen Punkten der Erdrinde durch die aus der Tiefe kommenden Gase und Dämpfe oder durch die hohe Temperatur beim Empordringen eruptiver Massen. Kommen diese mit vorhandenen Mineralen oder Gesteinen in Berührung, so bewirkt oft schon die Erhitzung eine Zerlegung vorhandener Verbindungen, oder es entstehen neue durch Zusammenschmelzen. Auch hier zeigt sich die Veränderung oft durch eine neue Textur an.

217. Zersetzung. Man bedient sich dieses Ausdruckes häufig, um die eingetretene, aber noch nicht vollendete chemische Veränderung eines Minerals ohne Rücksicht auf die entstandenen Producte zu bezeichnen. So spricht man von einem zersetzten Feldspath, wofern noch etwas von dem ursprünglichen Mineral bemerkbar ist, aber nicht erkannt werden kann oder nicht angegeben werden soll, welches Mineral aus demselben geworden sei.

Auch bei den Versuchen, chemische Veränderungen der Minerale herbeizuführen, begnügt man sich öfter mit der Thatsache, dass eine solche Veränderung begonnen habe, weil man blos die Absicht hat, zu constatiren, dass das Mineral unter den gegebenen Umständen veränderlich, dass es zersetzbar sei. Am wichtigsten sind die Versuche mit schwer zersetzbaren Mineralen.

Daubrée untersuchte die Wirkung des reinen Wassers auf Orthoklas $KAlSi_3O_8$. Stücke desselben wurden mit Wasser in einen Cylinder gethan, durch dessen Rotation der Orthoklas zu Pulver zerrieben wurde. Während des achttägigen Versuches wurden 3 Percent des Kaligehaltes aus dem Pulver extrahirt und wurde auch Kieselsäure in Lösung gebracht. Kohlensäurehaltiges Wasser wirkte viel schwächer, da es weniger Kali auszog. Die Gebrüder Rogers fanden, dass Silicate wie Feldspath, Hornblende, Chlorit, Serpentin durch kohlensäurehaltiges Wasser angegriffen und dass davon 0.1 bis 0.4 Percent gelöst werden. R. Müller untersuchte die Einwirkung von kohlensaurem Wasser auf mehrere Minerale, welche gepulvert und mit solchem Wasser in Flaschen eingeschlossen wurden. Die Kohlensäure war bei $3\frac{1}{4}$ Atmosphären Druck eingepumpt. Einige Beispiele der nach 7 Wochen erfolgten Zersetzung sind:

	gelöst wurden	bestehend vorzugsweise aus
Orthoklas $KAlSi_3O_8$	0.328	Pere. K_2O , dann SiO_2
Olivin $(Mg, Fe)_2SiO_4$	2.111	» FeO , » MgO , SiO_2
Serpentin $(Mg, Fe)_3H_4Si_2O_9$	1.211	» MgO , » FeO
Apatit $Ca_5P_3O_{12}Cl$	2.018	» CaO , » P_2O_5
Magnetit $FeO.Fe_2O_3$	1.812	» FeO .

Die zersetzende Wirkung des Sauerstoffes auf oxydirbare Minerale lässt sich oft sehr leicht nachweisen, so z. B. beim Eisenspath, dessen Pulver, mit Wasser angerührt, an der Luft allmählig braun wird.

Die Wirkungsweise der schwefeligen Säure SO_2 , welche bei den vulkanischen Eruptionen eine Rolle spielt [207], wurde von W. Schmidt geprüft. Die schwefelige Säure veranlasst nicht so sehr direct, als nach der Verwandlung in Schwefelsäure H_2SO_4 weitgehende Zersetzungen. Aus den verschiedenen Silicaten werden nicht nur MgO , FeO , CaO , Na_2O etc. ausgezogen, sondern es wird auch viel Al_2O_3 extrahirt.

Durch Schmelzen oder durch Eintauchen von Mineralen in heissflüssige Gesteinschmelze werden öfter Zersetzungen hervorgebracht. Granat verwandelt sich nach Descloizeaux durch Schmelzen in Augit und Anorthit. Hornblende wird nach Dölter und Hussak beim zweiten Versuche faserig und umgibt sich mit einer schwarzen Rinde, reich an Magnetit. In solchem Zustande findet sich die Hornblende nach Zirkel häufig in Eruptivgesteinen; auch der dunkle Biotit in solchen Gesteinen ist durch die Erhitzung zersetzt.

Lit. R. Müller, Tschermak's Mineralog. Mitth. 1877, pag. 25. W. Schmidt, ebendas., 2. Folge, Bd. IV, pag. 1. Daubrée, Synthetische Studien z. Experimentalgeologie, pag. 207. Descloizeaux, Manuel de Minéralogie, pag. 277. Dölter und Hussak, Jahrb. f. Min. 1884, Bd. I, pag. 26. A. Becker, ebendas., 1883, Bd. II, pag. 1.

218. Aufnahme und Abgabe von Stoffen. Die eingetretene Veränderung besteht öfter in einer blossen Aufnahme von Substanz, so z. B. bei der Verwitterung des Eisenkieses FeS_2 , welcher an feuchter Luft durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser in Eisenvitriol $\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ und in Schwefelsäure H_2SO_4 übergeht, oder bei dem Schwarzwerden des Silbers durch Einfluss des Schwefelwasserstoffes, wobei Schwefelsilber Ag_2S entsteht. Durch Aufnahme von Wasser zerfließen (deliquesceiren) manche Salze an der Luft, z. B. der Carnallit, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, welcher sich dabei in Chlorkalium und in Chlormagnesium zerlegt.

Von den Versuchen mit schwierig veränderlichen Mineralen sind jene wichtig, welche an dem Kaolin $\text{H}_4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_9$ angestellt wurden. Lemberg hat gezeigt, dass dieses Mineral, welches im allgemeinen sehr widerstandsfähig ist, durch Behandlung mit einer Lösung von Kaliumsilicat oder Natriumsilicat Producte liefert, welche ungefähr die Zusammensetzung $\text{H}_2\text{KAlSi}_2\text{O}_7$ und $2\text{H}_2\text{NaAlSi}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ haben.

Durch Verlust von Substanz verändern sich viele wasserhaltige Salze, indem sie verstäuben [91]. Krystalle von Soda, Glaubersalz, Bittersalz verlieren in trockener Luft ihren Wassergehalt ganz oder theilweise und zerfallen. Ein Beispiel von Wasserverlust ist auch die Verwandlung von Gyps $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ in Anhydrit CaSO_4 , welche G. Rose an Pseudomorphosen erkannte, und welche Hoppe-Seyler experimentell verfolgte, indem er Gyps in einer Steinsalzlösung bis 130° erwärmte.

219. Austausch. Die meisten chemischen Veränderungen der Minerale lassen sich auf einen Austausch von Stoffen zurückführen. Die Erklärung wird aber wesentlich erleichtert, wenn die Anführung jener Versuche vorausgeht, welche bisher angestellt wurden, um derlei Vorgänge an Mineralen zu veranlassen. Um die Erscheinungen in kürzerer Zeit hervorzurufen, ist es meist nöthig, den Process durch Wärme zu beschleunigen. Das Mineralpulver wird längere Zeit hindurch mit den Lösungen in der Wärme behandelt, schwer veränderliche Minerale werden mit den Lösungen in Glasröhren eingeschlossen und diese höheren Temperaturen (bis zu 200° C.) ausgesetzt.

Bei derlei Versuchen, welche besonders zahlreich von Lemberg ausgeführt wurden, zeigte sich oft sehr deutlich die Wirkung grosser Massen, welche schon seinerzeit Berthollet hervorgehoben hat. Ein Stoff, der, in kleinen Mengen angewandt, keinen Austausch hervorbringt, vermag, in überwiegender Menge angewandt, andere Stoffe aus ihren Verbindungen zu verdrängen.

Einige wichtige Versuche sind:

Austausch von Basen:

1. Kali gegen Natron und umgekehrt: Pulver von Leucit $KAlSi_3O_6$ mit einer Lösung von $NaCl$ oder von Na_2CO_3 behandelt, liefert ein Product von der Zusammensetzung $H_2NaAlSi_3O_7$, welche dem Analcim entspricht. Letzteres Pulver, mit Lösungen von Kalisalzen behandelt, wird zurückverwandelt, bis es wieder die Zusammensetzung $KAlSi_3O_6$ hat.

2. Kalk gegen Magnesia: Kalkspath $CaCO_3$ mit $MgCl_2$ -Lösung behandelt, nimmt Mg auf und verliert Ca . Wollastonit $CaSiO_3$, mit ebensolcher Lösung behandelt, liefert ein Product von ungefähr der Zusammensetzung H_2MgSiO_4 . Hier wird demnach auch Wasser aufgenommen.

Austausch von Säuren:

3. Silicate liefern Carbonate: Monticellit $CaMgSiO_4$ wird durch Lösungen von kohlen sauren Alkalien zerlegt, indem ein Magnesiumsilicat und $CaCO_3$ entstehen.

4. Verwandlung von Carbonaten in Silicate bei hoher Temperatur: Kalkspath $CaCO_3$ oder Magnesit $MgCO_3$ mit einer Lösung von Alkalisilicat im geschlossenen Rohre erhitzt, liefern Ca - oder Mg -Silicat.

5. Verwandlung von Sulfaten in Carbonate: Gyps $CaSO_4 + 2H_2O$ mit einer Lösung von Na_2CO_3 behandelt, liefert Aragonit $CaCO_3$. Baryt $BaSO_4$ liefert $BaCO_3$.

6. Verwandlung von Chloriden und Fluoriden in Carbonate: Atakamit $2HO.Cu_2.OHCl$ mit einer Lösung von Natriumbicarbonat $HNaCO_3$ bei gewöhnlicher Temperatur behandelt, gibt Malachit $2HO.Cu_2.CO_3$. Fluorit CaF_2 mit Na_2CO_3 -Lösung in der Wärme behandelt, liefert Calcit $CaCO_3$.

Lit. Bischof, Lehrb. d. chem. u. phys. Geologie, Bd. I. Eichhorn, Poggendorff's Ann., Bd. 105, pag. 126. Lemberg, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch., Bd. 22, 24, 28, 29, 35, 37.

220. Fällung. Wenn der Austausch nicht bloß einen Theil der vorhandenen Verbindung betrifft, sondern sich auf die ganze Substanz erstreckt, so erscheint

der Vorgang als die Fällung einer in Lösung vorhandenen Substanz durch das starre Mineral, welches gleichzeitig gelöst wird.

7. Fällung von Kieselsäure oder von Silicaten durch Carbonate: Wird eine Lösung von Kieselsäure durch Kalkspathpulver filtrirt, so bleibt die Kieselsäure auf dem Kalkspath, der in entsprechender Menge gelöst wird. Ebenso verhält sich eine Auflösung von Alkalisilicat.

8. Fällung von Carbonaten durch Kalkspath: Wird Kalkspathpulver mit Lösungen von FeCO_3 , ZnCO_3 , MgCO_3 in kohlensaurem Wasser behandelt, so löst sich der Kalkspath auf, während jene Carbonate sich absetzen, da sie schwerer löslich sind. Vergl. pag. 295.

9. Fällung von Eisenhydrat durch Kalkspath: Wird Kalkspath in die Lösung von FeCl_3 gebracht, so fällt ein brauner Niederschlag von $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, während der Kalkspath gelöst wird. Bei Anwendung hohen Druckes erhielt Sénarmont bei diesem Versuche einen Niederschlag von wasserfreiem Oxyd Fe_2O_3 .

221. Bedeutung der Pseudomorphosen. Die zuvor angeführten Versuche zeigen, dass Minerale durch die in der Natur circulirenden Stoffe umgewandelt werden können. Dass aber die Minerale derlei Veränderungen thatsächlich erfahren, zeigen die secundären Bildungen überhaupt, in exacter Form beweisen es die Pseudomorphosen. Die äussere Form derselben zeigt an, welches Mineral früher auf der Fundstätte vorhanden war, der Inhalt aber gibt an, welches Product bei der Veränderung jenes Mineralen entstanden ist. Damit ist der Anfangspunkt und das Endresultat des ganzen Vorganges bekannt. Die häufig vorkommenden unvollendeten Pseudomorphosen [77] lassen auch erkennen, dass der Vorgang der Veränderung ein allmählig fortschreitender gewesen sei. Welche Medien die Verwandlung hervorgerufen haben, lässt sich zwar nicht ebenso exact bestimmen, doch erlaubt das Vorkommen der meisten Pseudomorphosen im Gestein und auf den Gängen keine andere Vermuthung, als die eine, dass wässerige Lösungen, also die natürlichen Wässer, die Wirkung ausgeübt haben. Damit ist die Art der Bildung erkannt und sind die ins Spiel kommenden Stoffe wenigstens im allgemeinen bestimmt. Nur wenige Pseudomorphosen, die an Punkten vulkanischer Thätigkeit vorkommen, sind als Resultate der Veränderung durch Schmelzung oder durch Einwirkung der schon früher genannten Gase und Dämpfe anzusehen.

Aus den vorhandenen Beobachtungen ergibt sich, dass Minerale aus fast allen Abtheilungen pseudomorph auftreten, dass also nur wenige Abtheilungen von der secundären Bildungsweise ausgeschlossen sind. Besonders hervorzuheben ist die Thatsache, dass auch Quarz, wasserfreie Silicate, wie Feldspathe, Hornblenden, ferner Magnetit u. s. w., also Mineralgattungen, welche als wesentliche Gemengtheile der ältesten Gesteine vorkommen, unter diesen secundären Bildungen vertreten sind.

Die Versuche der Nachahmung von Pseudomorphosen gelingen öfter, namentlich wenn dem Experimente genügende Zeit eingeräumt wird. Krystalle oder Spaltungsstücke von Gyps werden an einem Faden in die warme Lösung von kohlensaurem Natrium gehängt. Sogleich trübt sich der Gyps, überzieht sich mit einer weissen Rinde, die Veränderung pflanzt sich in das Innere fort, und nach

längerer Zeit ist der Gyps mit Beibehaltung der Form in Aragonit verwandelt. (Vergl. vorige Aufzählung, Nr. 5.) Die Nachahmung der Pseudomorphose von Malachit nach Atacamit lässt sich ausführen, wenn die Krystalle des Atacamits durch einige Jahre in einer Lösung von doppeltkohlensaurem Natrium liegen bleiben (vergl. ebendas. Nr. 6). Schwieriger ist die Nachahmung der Pseudomorphose von Limonit nach Calcit (Nr. 9), weil die entstehende Bildung ziemlich locker ausfällt.

In vielen Fällen ist die Nachahmung des Vorganges nicht ausführbar, wofür das ursprüngliche Mineral nur sehr schwer veränderlich ist, folglich der Versuch sehr lange Zeiträume in Anspruch nehmen würde. Darin liegt aber hauptsächlich die Bedeutung der Pseudomorphosen, dass dieselben auch in einem solchen Falle den Beweis der eingetretenen Veränderung liefern, in welchem die uns zu Gebote stehenden Mittel unvernünftig sind, einen ähnlichen Vorgang einzuleiten.

222. Eintheilung. Die Pseudomorphosen werden nach ihrer Bildungsweise in zwei Abtheilungen gebracht:

1. Umwandlungs-Pseudomorphosen, d. i. solche, bei deren Bildung die Substanz des ursprünglichen Minerals ganz oder theilweise erhalten bleibt.

Wenn aus einem Mineral eine neues ohne Aenderung der Substanz entsteht, so ist dies eine blosse Umlagerung der Molekel. Dieser Fall kann nur bei polymorphen Substanzen eintreten [171]. Ein Beispiel ist die Pseudomorphose von Calcit nach Aragonit. Scheerer hat solche Bildungen Paramorphosen genannt.

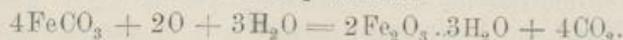
Die übrigen hierhergehörigen Pseudomorphosen sind jene, welche aus dem ursprünglichen Mineral durch Aufnahme, durch Abgabe oder durch Austausch von Stoffen entstanden sind.

Bei der Aufnahme von Stoffen wird auch das Volumen zunehmen, so dass die Form nur sehr unvollkommen erhalten bleibt, z. B. bei der Pseudomorphose von Silberglanz nach gediegen Silber. Pseudomorphosen dieser Abtheilung sind nicht häufig.

Etwas grösser ist die Anzahl derjenigen, welche durch Abgabe von Stoffen gebildet werden. Das Volumen wird sich in diesem Falle verringern, daher die so entstandenen Gebilde oft locker oder porös aussehen. Ein Beispiel sind die porösen Pseudomorphosen von gediegen Kupfer nach Rothkupfererz Cu_2O . Dieselben können, wie Knop gezeigt hat, dadurch nachgeahmt werden, dass man das Rothkupfererz mit verdünnter Schwefelsäure behandelt $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cu} + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$. Kupfersulfat geht in Lösung. Aehnlich verhält es sich mit der Pseudomorphose von Rotheisenerz Fe_2O_3 nach Magnetit $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, wenn aus letzterem durch kohlensaures Wasser das Eisenoxydul ausgezogen wird [217].

Am häufigsten sind die durch Austausch entstandenen Pseudomorphosen. Folgende Beispiele mögen hier genügen:

Siderit $\text{FeO} \cdot \text{CO}_2$, verwandelt in Limonit $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Man erklärt sich den Vorgang durch Einwirkung der Tagewässer, die eine Aufnahme von Sauerstoff und Wasser veranlassen, während CO_2 austritt:



Bleiglanz PbS , verwandelt in Weissbleierz $PbCO_3$. Erklärlich durch die Einwirkung carbonatführender Tagewässer, z. B.:

$PbS + 4O + Na_2CO_3 = PbCO_3 + Na_2SO_4$. Das entstandene Natriumsulfat geht in Lösung.

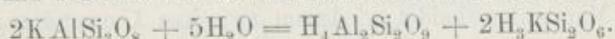
Eisenkies FeS_2 , verwandelt in Göthit $Fe_2O_3 \cdot H_2O$. Entsprechend dem vorigen Beispiele.



Gyps, verwandelt in Aragonit. Die Erklärung wurde in Nr. 5, pag. 308, gegeben.

Caleit, verwandelt in Dolomit. Diese Pseudomorphose wird gewöhnlich als eine durch Umwandlung entstandene nach Nr. 2 auf derselben pag. erklärt.

Orthoklas $KAlSi_3O_8$, verwandelt in Kaolin $H_4Al_2Si_2O_9$. Durch Einwirkung von Wasser und Austritt von saurem Kaliumsilicat zu erklären.



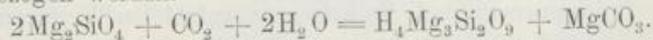
Die ausser dem Kaolin entstandenen Producte werden durch das Wasser abgeführt. Wegen des grossen Stoffverlustes ist die Pseudomorphose ungemein locker und porös.

Tremolit $CaMg_3Si_4O_{12}$, verwandelt in Talk $H_2Mg_3Si_4O_{12}$. Ein einfacher Vorgang:



Das gebildete Kalkcarbonat wird durch das einwirkende kohlenensäurehaltige Wasser gelöst.

Olivin, verwandelt in Serpentin. Der Einfachheit wegen soll für den Olivin bloss das Magnesiasilicat Mg_2SiO_4 , welches den grössten Theil desselben bildet, in Betracht gezogen werden.



Auch hier wird das gebildete Carbonat häufig gelöst.

Leucit $KAlSi_2O_6$, verwandelt in Analcim $H_2NaSi_2O_7$.

Durch die früher genannten Versuche Lemberg's erklärt.

2. Verdrängungs-Pseudomorphosen sind solche, bei deren Bildung die Substanz des ursprünglichen Minerals vollständig entfernt wird. Das neugebildete Mineral verdrängt gleichsam das früher vorhandene. Das am häufigsten verdrängte Mineral ist Kalkspath. Beispiele sind:

Gyps in der Form von Steinsalz. Erklärt sich durch das Zusammentreffen einer gesättigten Gypslösung mit Krystallen von Steinsalz, welche von Thon umgeben waren. In dem Maasse, als die Gypslösung Steinsalz auflöst, setzt dieselbe krystallinischen Gyps ab, hier wirkt also der Unterschied der Löslichkeit.

Eisenspath in Form von Kalkspath. Diese Pseudomorphose wird wie die vorige durch das Löslichkeitsverhältnis erklärt [209], sonst wurde dieselbe auch als Umwandlungs-Pseudomorphose aufgefasst.

Quarz in der Form von Caleit. Da Kieselsäure durch Carbonate gefällt wird [220], so ist die Bildung dieser Pseudomorphose auch begreiflich. Wenn ferner Quarz in der Form von Gyps, Fluorit, Bleiglanz vorkommt, so hat man zwei Stadien anzunehmen, erstens die Umwandlung der letztgenannten Minerale in Carbonate, zweitens die Fällung der Kieselsäure durch dieselben.

Limonit oder Rotheisenerz in der Form von Kalkspath. Erklärung pag. 309, Nr. 9. Man nimmt gewöhnlich an, dass die aus Rotheisenerz bestehende Pseudomorphose früher aus Limonit bestand und durch Wasserverlust den gegenwärtigen Zustand erlangt habe.

Ausser den zuvor beim Quarz erwähnten Verdrängungs-Pseudomorphosen gibt es noch andere, welche mehrere Bildungsstadien haben. So z. B. kommen Pseudomorphosen von Limonit nach Kalkspath vor, die, nach deutlichen Merkmalen zu schliessen, zuerst aus Kalkspath, hierauf aus Eisenspath bestanden. Die Umwandlung des letzteren führte erst zu dem gegenwärtigen Zustande.

223. Bildung der Versteinerungen. Die Bildung der Versteinerungen lässt sich auf ähnliche oder gleiche Vorgänge zurückführen wie jene der Pseudomorphosenbildung. Man unterscheidet wiederum zwischen Umwandlung und Verdrängung.

Die gewöhnlichen, aus kohlenurem Kalk bestehenden thierischen Ueberreste sind als das Resultat einer Umwandlung durch Verlust der organischen Substanz anzusehen, die kohligen Versteinerungen sind als veränderte Pflanzenreste zu betrachten, die übrigen Versteinerungen und Vererzungen entsprechen zumeist einer Verdrängung.

Die aus Baryt, Eisenspath, Zinkspath, Chalcedon bestehenden Versteinerungen haben die Form der früher erwähnten. Sie bestanden ehemals aus kohlenurem Kalk, der aufgelöst wurde, während die schwerer löslichen Verbindungen an dessen Stelle traten.

Die aus Brauneisenerz und Rotheisenerz gebildeten Vererzungen erklären sich wie die entsprechenden Verdrängungs-Pseudomorphosen; die aus Pyrit und Markasit bestehenden werden zumeist als Resultat einer durch organische Substanz veranlasseten Fällung angesehen. In der That sind es zumeist Pflanzenreste, welche durch jene Kiese imprägnirt oder verdrängt erscheinen.

Die verkieselten Hölzer, welche aus Quarz, Chalcedon oder Opal bestehen, lassen sich als Resultat der Einwirkung eines Alkalisilicates auf die faulende Holzsubstanz betrachten, wobei letztere als huminsäures Alkali gelöst und Kieselsäure gefällt wurde. Nach Kuntze beginnt jedoch der Verkieselungsprocess schon während der Lebensdauer der Bäume, indem durch die Wurzeln Kieselsäure aufgenommen und in der Pflanze vertheilt wird.

Lit. über Pseudomorphosen und Versteinerungen auf pag. 125 und in den eingangs genannten Werken von Bischof, Blum, Volger und Roth. Ueber Verkieselung: O. Kuntze, Geogenetische Beiträge. Leipzig 1895.

224. Umwandlung des Gefüges. Dieselben oder ähnliche Veränderungen wie jene, welche die Pseudomorphosen darbieten, kommen auch in grösserem Maasstabe, also an Gesteinen und Lagerstätten vor. Auch hier bleiben die Umrisse des Ganzen beiläufig oder vollständig erhalten, während der Inhalt eine Wandlung erfährt.

Eine häufig wiederkehrende Erscheinung ist die Veränderung der Textur ohne Aenderung der Substanz, also ein der Paramorphose ähnlicher Vorgang. Man kann mehrere Fälle unterscheiden:

1. Ein klastisches Aggregat verwandelt sich in ein krystallinisches. Als Beispiel kann die Verwandlung von Quarzsandstein in Quarzit dienen. Die Quarzkörner mancher Sandsteine zeigen ein Fortwachsen, indem neuerdings abgesetzter durchsichtiger Quarz an die Körner in paralleler Stellung angelagert wird und an freien Stellen Krystallflächen oder auch vollständige Krystallformen ausgebildet werden, Fig. 393. Dort aber, wo die Quarzkörner enger aneinander liegen, nimmt das Fortwachsen ein Ende, sobald die Zwischenräume ausgefüllt sind, worauf das Ganze ein krystallinisch-körniges Gefüge zeigt, Fig. 394. Auch Feldspathkörner und Partikel anderer Silicate zeigen öfter die Erscheinung des Fortwachsens. Dadurch erklärt sich die Umbildung alter Sandsteine (Grauwacken) und Thonschiefer in krystallinische Felsarten.

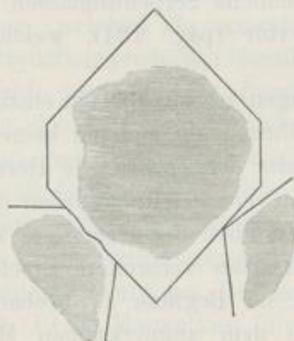
2. Eine amorphe Masse wird krystallinisch. Diese Erscheinung, welche die Verwandlung von Obsidian, Perlit und Pechstein in feinkrystallinische Massen betrifft, wurde schon früher [76] erwähnt.

3. Dichte Minerale und Gemenge nehmen ein deutlich krystallinisches Gefüge an. Ein Beispiel gibt dichter Kalkstein, welcher in der Nähe der Contactgrenze in körnigen Marmor verwandelt erscheint [194]. In diesem Falle wird die Veränderung auf Hitzewirkung auf den mit Wasser durchtränkten Kalkstein zurückgeführt.

Andere Beispiele geben Steinsalz, Gyps, welche in den gegenwärtig gebildeten Absätzen der Salzseen fast dicht, in den älteren Ablagerungen deutlich krystallinisch bis grobkörnig erscheinen. Die Veränderung ist nachzuahmen, wenn man das Pulver löslicher Salze anfeuchtet und längere Zeit stehen lässt. Die Masse wird deutlich krystallinisch. Dem entspricht auch die Wahrnehmung, dass neu gebildete Kalkabsätze gewöhnlich dicht erscheinen, während die Kalksteine der älteren Schichten krystallinisch sind. Die Aenderung des Gefüges ist in den letzteren Fällen durch die Einwirkung der concentrirten Lösung zu erklären [210]. Es entsteht sozusagen ein Kampf ums Dasein, indem von den ursprünglich vorhandenen sehr kleinen Individuen die einen sich vergrößern, während andere zurückbleiben oder aufgelöst werden.

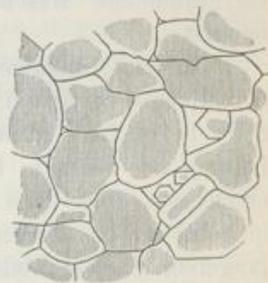
Lit. Zirkel, Lehrb. d. Petrographie, Bd. I, pag. 158 u. 579. A. Knop, Jahrb. f. Min. 1874, pag. 281. Irving, American. Journ. of science, 3. Serie, Bd. 25,

Fig. 393.



Durchschnitt eines Quarzkrystals aus dem Braunkohlen-Sandstein von Karlsbad, Böhmen, 10mal vergrößert.

Fig. 394.



Durchschnitt einer Partie desselben Sandsteines, 4mal vergrößert. Die ursprünglichen trüben Quarzkörner sind in beiden Figuren durch eine Schraffirung angezeigt.

pag. 401. V. Ann. Report U. S. Geol. Survey 1885, pag. 218. Vanhise, American Journ. Bd. 27, pag. 399, und Bd. 33, pag. 385. O. Lang, Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch., Bd. 33, pag. 217. Judd, Journ. geol. Soc. Bd. 45, pag. 175 (1880).

225. Umwandlung der Substanz. Die chemische Metamorphose, welche an den Umwandlungs-Pseudomorphosen erkannt wird, ist keine locale Erscheinung, welche blos an einzelnen Individuen und an einzelnen Fundstätten der Minerale eintritt, sondern dieselbe lässt sich in sehr verschiedener Ausdehnung fast allenthalben beobachten. Bisweilen sind es grössere Mineralmassen, welche der Umwandlung unterliegen. Ein Beispiel ist die Umwandlung von Kalkstein in Dolomit, welche sich oft an grossen Strecken im Gebirge nachweisen lässt, oder die Umwandlung von Olivinfels in Serpentin, welche man an ausgedehnten und mächtigen Serpentinlagern erkennen kann. In diesen Fällen zeigt das Umwandlungsproduct öfter noch Reste des ursprünglichen Zustandes. So kommen im Dolomit oft Reste von dem Kalkstein vor, welcher die Veränderung zu Dolomit erfuhr. Häufig aber ist die Umwandlung vollständig und keine Spur von dem Urmineral zu entdecken, wie dies manche Serpentinmassen zeigen. Hier ist es aber die eigenthümliche Maschentextur (pag. 124), welche die Entstehung aus Olivin beweist.

In den Mineralgemengen ist oft nur ein einziges Mineral oder es sind einige der Minerale verändert, während alle anderen keine Umwandlung erkennen lassen. So z. B. ist im Centralgneiss der Tauern die Hornblende bei ziemlich guter Erhaltung der Form in Biotit verwandelt, während der Feldspath und Quarz frisch erscheinen. Diese blos einen Theil des Gemenges befallende Veränderung ist eine in sehr vielen älteren Felsarten verbreitete Erscheinung, sie ist aber auch in jüngerem Gestein vielfach im Beginne zu beobachten, so dass die chemische Veränderung der Minerale dem aufmerksamen Mikroskopiker allenthalben entgegentritt.

Zu den meist verbreiteten Umwandlungen gehören vor allen jene der Silicate. Früher war fast nur die Umwandlung in wasserhaltige Verbindungen bekannt, z. B. die Verwandlung der Feldspathe in Glimmer, in Epidot, in Zeolithe, oder die Veränderung der Augite und Amphibole zu Glimmer oder zu Chlorit, allmählig wurden aber auch Umwandlungen, welche wasserfreie Silicate liefern, erforscht, wie die Verwandlung von Augit in Hornblende, von Olivin in Anthophyllit und Hornblende, von Leucit in Orthoklas etc.

226. Verwitterung. Jene Umwandlung, welche die Minerale unter dem Einflusse der Atmosphärlilien und der Tagewässer erleiden, pflegt man als Verwitterung zu bezeichnen. Die in der Atmosphäre und den Tagewässern enthaltenen wirklichen Stoffe: Sauerstoff, Kohlensäure, Wasser, verändern die Substanz vieler Minerale, worauf die entstandenen löslichen Verbindungen durch das Wasser weggeführt werden, die unlöslichen oder schwerlöslichen Zersetzungsreste aber zurückbleiben und später oft weggeschwemmt werden. Die Zersetzungsproducte sind häufig wasserhaltige und befinden sich, wenn eine Steigerung möglich war, ge-

wöhnlich in dem höchst oxydirten Zustande. Die Zersetzung wird oft auch durch die Humussäuren unterstützt, welche sich bei der Verwesung der Pflanzenreste im Boden bilden.

Die chemische Veränderung ist häufig von einer mechanischen Umgestaltung begleitet, weil durch das Zerfriren, durch Auflösung der als Bindemittel fungirenden Minerale u. s. w. der Zusammenhang des Gesteines aufgehoben wird und gleichzeitig durch den Gebirgsdruck Verschiebung, durch das Wasser Abschweemung und Umlagerung eintritt. Die Verwitterung hat also häufig die Zerkleinerung und den Transport des Gesteinsmaterials zur Folge.

Bei der Verwitterung überwiegt bald die Oxydation, bald wieder die Auslaugung. Eine sehr häufige Oxydation ist die Verwandlung des Eisenspathes in Limonit, ferner die Verwandlung des Pyrits und Markasits an der Luft in Eisenvitriol und Schwefelsäure, im Boden aber, welcher Carbonate enthält, in ein Brauneisenerz (pag. 311). Eine Auslaugung ist die Verwandlung des Feldspathes in Kaolin. Andere Minerale, wie Albit, Beryll, Glimmer, verwittern auch zu Kaolin, thonerdehaltiger Augit zu einem damit ähnlichen erdigen Mineral. Tremolit verwittert zu Talk (pag. 311), ebenso der Bronzit, Diallag.

Wenn Tagewässer auf Klüften hinabsickern, so dringt die Verwitterung in etwas grössere Tiefen. Der Weg, welchen die sauerstoffbringenden Wässer eingeschlagen haben, ist an den Oxydationsproducten deutlich zu erkennen. Allmählig hört jedoch die Erscheinung auf, nachdem die herabsickernden Wässer allen freien Sauerstoff abgegeben und sich in Lösungen verwandelt haben, und es beginnt der Bereich jener Vorgänge, bei welchen mannigfache Umwandlungen ohne Oxydation eintreten. Erzgänge und Erzlagerstätten überhaupt erscheinen am Ausgehenden, d. i. sowohl an der Erdoberfläche als auch tiefer hinab, soweit der Einfluss der Tagewässer reicht, durch die Verwitterung stark verändert. Die hier gebildeten, meist unförmlichen Producte nennt der Bergmann den Hut. Gänge und Lagerstätten, welche Eisenspath, Pyrit, Magnetkies führen, haben einen Hut von Brauneisenerz, einen „eisernen Hut“. Kupferkiesgänge tragen auch den eisernen Hut, jedoch ist er durchsetzt von basischen Kupfersalzen wie Malachit, Azurit. Silbererzgänge haben einen Hut, in welchem der frühere Silbergehalt häufig als Hornsilber (Silberchlorid) abgeschieden ist.

227. Verdrängung. Auch die Erscheinungen der Verdrängung treten öfter in grösserem Umfange auf, indem ganze Lagerstätten durch einen vollständigen Austausch gebildet erscheinen. Da der Kalkspath am häufigsten der Verdrängung unterliegt, so kommen die meisten in solcher Weise entstandenen Lagerstätten im Kalkstein oder an der Grenze des Kalksteins vor; zuweilen ist der Kalkstein ganz verschwunden und dessen frühere Gegenwart nur aus der Beschaffenheit der Neubildung erkennbar.

Hierher gehören die früher [194] genannten Contactbildungen im Kalkstein und viele Lagerstätten von Eisenspath, Zinkspath, Brauneisenerz, Rotheisenerz, auch von Manganerzen, ferner die Bleiglanz- und Blendelagerstätten im Kalkstein, welche oft von Dolomit begleitet sind. Der Beweis der geschehenen Verdrängung lässt sich öfter durch Pseudomorphosen oder Versteinerungen, häufiger aber durch

die Erscheinungen an den Grenzen der Lagerstätte führen. Hier sind es namentlich bestimmte Uebergänge, ferner die Spuren des Eindringens der Neubildung in die Absonderungen des Gesteines und die Merkmale der eingetretenen Auflösung des Kalksteines, welche den Vorgang errathen lassen. In Eisenspathlagerstätten wird der Uebergang zum Kalkstein häufig durch den calcium- und eisenhaltigen Ankerit gebildet.

Wegen der grossen Verbreitung sind auch jene Verdrängungen wichtig, welche in einem Absatze von Quarz an Stelle von Kalkspath bestehen. In den Quarzadern der Phyllite und der krystallinischen Schiefer der Alpen ist diese Erscheinung häufig zu beobachten. Auch die Verdrängung von Kalkspath durch Chlorit und andere Silicate ist nicht selten.

In der Ackererde, welche eine bunte Mischung verschiedener fein zertheilter Minerale darstellt, machen sich die Erscheinungen der Verwitterung, Umwandlung und Verdrängung in mannigfacher Weise geltend, jedoch erscheinen dieselben durch die Oberflächenwirkung der fein zertheilten Stoffe (Feinerde), durch den Wechsel der Feuchtigkeit, durch die Gegenwart von Organismen und von Organismenresten modificirt. (S. Orthoklas, Thon und Nitrate im spec. Theile.)

228. Kreislauf der Stoffe. Mehrere allgemein verbreitete Stoffe bieten das Schauspiel einer beständigen Wanderung und wiederholter Rückkehr zu demselben Zustande, wie wir es beim Wasser am deutlichsten beobachten.

So wie dieses durch die Verdampfung in die Atmosphäre aufgenommen wird, um wieder aus derselben zur Erde zurückzukehren und hier theils direct an die tiefsten Stellen abzufließen, theils eine Wanderung in der Erd feste zurückzulegen, um wieder in den Quellen zum Vorschein zu kommen, wie das Wasser hier von Mineralen gebunden, dort von Mineralen abgegeben wird, wie es von Organismen aufgenommen und von diesen theils im Leben, theils nach dem Absterben wieder zurückerstattet wird, so bemerken wir beim Kohlenstoff einen Kreislauf, indem wir erkennen, dass die Kohlensäure aus der Atmosphäre von den Organismen aufgenommen, hierauf theils im Leben, theils nach dem Absterben wieder als Kohlensäure an die Atmosphäre zurückgegeben, theils aber in den fossilen organischen Ueberresten dem Boden einverleibt wird, um erst nach langen Zeiträumen durch Oxydation theilweise an die ursprünglichen Stellen zurückversetzt zu werden.

Ebenso lässt sich beim Sauerstoff in manchen Fällen eine kreisende Bewegung erkennen, da derselbe im Gebiete der Minerale bei Oxydationen aufgenommen und bei folgenden Reductionen wieder ausgeschieden wird, da derselbe ferner durch die Respiration der thierischen Organismen in Kohlensäure übergeführt, hingegen bei dem Lebensprocess der Pflanzen wieder freigemacht und der Atmosphäre wiedergegeben wird. Beim Stickstoff ist gleichfalls ein Kreislauf zu bemerken, dessen längerer Weg innerhalb der Organismen zurückgelegt wird.

Stoffe, welche nicht in den gasförmigen Zustand eintreten, zeigen blos engere Kreise der Verwandlung. Dafür gibt uns das Calcium, wenn es hier aus dem Kalkstein aufgelöst und durch die strömenden Wässer dem Meere zugeführt, dort von den Korallenthieren aufgenommen und wiederum als Kalkstein abgesetzt wird.

ein Beispiel. Ebenso Gyps und Steinsalz, welche von den im Meere abgesetzten Schichten in feinen Partikeln eingeschlossen und später nach der Trockenlegung dieser Schichten wieder durch die Wasser ausgelaugt und dem Meere zugeführt werden.

Dieses theilweise Wiederkehren in denselben Zustand ist eine nothwendige Folge der Wanderung der Stoffe durch die verschiedenen möglichen Aggregatzustände und chemischen Verbindungen, also eine Erscheinung, welche den Stoffumsatz auf und in der Erdrinde begleitet, welche aber nur für eine geringe Zahl von Stoffen erweislich ist.

Für die übrigen Stoffe lässt sich bloß die Möglichkeit hinstellen, dass in langen Zeiträumen der Erdbildung eine Wiederkehr zum ursprünglichen Zustande eintritt, indem die allgemeine Tendenz, die schwerst löslichen Minerale zu bilden, den sedimentären Schichten viele Verbindungen einverleiht, welche dort eine Rückbildung erfahren können.

Lit. über die chem. Veränderungen der Minerale im Grossen in den genannten Werken von Bischof, Groddeck, Volger, Zirkel, Roth, ferner Detmer: Die naturwiss. Grundlagen der Bodenkunde, 1876.

VI. Classification.

229. Vergleichung, Unterscheidung. In ähnlicher Weise, wie wir im gewöhnlichen Leben unsere Erfahrungen im Gedächtnisse aufbewahren und ordnen, sammeln wir auch die Erfahrungen der einzelnen wissenschaftlichen Gebiete und ordnen sie nach bestimmten Regeln systematisch an. Diese Regeln entsprechen den empirischen Gesetzen des Denkens, sie sind logische Regeln, die sich immer gleich bleiben. Die Thätigkeit des Ordnen aber nimmt mit dem Fortschritte der Wissenschaft allmählig andere Formen an. In der naturwissenschaftlichen Classification lassen sich vier Stufen der Entwicklung erkennen:

1. Vergleichung, Unterscheidung, Bezeichnung,
2. Aufstellung künstlicher Systeme,
3. Bildung des natürlichen Systemes,
4. Darstellung des genetischen Zusammenhanges.

Wenn wir uns Erscheinungen an Mineralen einprägen, so werden wir, so wie bei den Wahrnehmungen des gewöhnlichen Lebens, immer jene Beobachtungen mit einander verbinden, welche sich auf Körper beziehen, die einander gleich oder ähnlich sind. Da eine vollständige Gleichheit niemals vorkommt, so genügt es, weiterhin bloß von Aehnlichkeit zu sprechen. Wir werden demnach, um ein Beispiel zu nennen, alle Eigenschaften, welche seit jeher an Kalkspathstufen beobachtet wurden, mit einander vereinigen, nachdem wir festgestellt haben, dass alle diese Körper ähnlich sind. Die Summe der wahrgenommenen Eigenschaften bildet sodann den Begriff eines Mineralen, also hier des Kalkspathes. Ein solcher Begriff soll künftig als Gattung bezeichnet werden.

Unsere Thätigkeit bei der Bildung solcher Begriffe ist aber eine zweifache. Wir bemühen uns erstens, die Aehnlichkeit zu finden, indem wir die Körper vergleichen und darauf achten, ob in jenen Merkmalen, welche wir nach unserer