



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

II. Abtheilung. Morphologie der krystallinischen Aggregate.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84232](#)

regelrecht polygonal begrenzt, und liegen entweder regellos zerstreut, oder zu Haufen und Schwärmen gruppiert, perlchnurartig aneinander gereiht, oder zu förmlichen, durch den Krystall hindurchziehenden Schichten vereinigt, deren Lage mitunter eine Beziehung zur äusseren Krystallgestalt erkennen lässt. Gewisse Mineralien finden sich in einer ganz unermesslichen Menge von mikroskopischen Poren erfüllt; so sind im Häuyn von Melfi kleine Hohlkugelchen örtlich so dicht gedrängt, dass bei der Voraussetzung einer gleichmässigen Vertheilung durch die Krystallsubstanz nach einer Berechnung in einem Cubikmillimeter so porenenreichen Häuyns 360 Millionen derselben enthalten sein würden¹⁾. Nach den bisherigen Untersuchungen bestehen die gasförmigen Einschlüsse zumeist aus Wasserdampf, Kohlensäure, Stickstoff-, Sauerstoffgas, sowie Kohlenwasserstoffen. Das im sog. Knistersalz von Wieliczka würfelförmige Höhlungen erfüllende, stark comprimirte Gas ist zufolge *Bunsen* vorwiegend Sumpfgas und Stickstoff; beim Auflösen des Salzes entweicht dasselbe unter knackendem Geräusch.

II. Abtheilung. Morphologie der krystallinischen Aggregate.

1. Allgemeine Verhältnisse der Aggregation.

§ 70. Verschiedene Beschaffenheit der Aggregate. Nach § 3 sind es besonders das herrschende Gesetz der Aggregation und die unbestimmte, oft sehr geringe Grösse der Individuen, welche den meisten Vorkommnissen des Mineralreichs einen ganz eigenthümlichen Charakter ertheilen. Die Aggregate der krystallinischen Mineralien lassen sich nach ihrer makroskopischen Erscheinungsweise in vier Abtheilungen bringen, je nachdem noch eine theilweise freie Auskrystallisirung der Individuen stattfindet oder nicht, je nachdem die krystallinische Zusammensetzung des Aggregats selbst noch deutlich wahrnehmbar ist oder nicht, und je nachdem die Individuen selbst noch deutlich erkennbar sind oder nicht. Hiernach gibt es also dem unbewaffneten Auge gegenüber:

I. Aggregate wenigstens theilweise frei ausgebildeter, deutlich erkennbarer Individuen (krystallisierte Aggregate *Naumann's*).

II. Aggregate nicht mehr frei auskrystallisirter Individuen:

1) die Zusammensetzung aus krystallinischen Partikeln ist als solche erkennbar (phanerokrystallinische Aggregate);

a) auch die einzelnen Individuen sind als solche erkennbar und bestimmbar (phanerokrystallinische eudiagnostische Aggregate).

b) die einzelnen Individuen sind als solche nicht mehr makroskopisch erkennbar (phanerokrystallinische adiagnostische Aggregate).

2) die vorhandene Zusammensetzung aus krystallinischen Partikeln ist als solche nicht mehr erkennbar, selbstverständlich können dann auch

1) Von den beim ursprünglich lückenhaften Wachsthum der Krystalle darin entstandenen primären Poren würden die secundären Cavitäten zu unterscheiden sein, welche in der soliden Krystallsubstanz erst nachträglich durch Wegführung oder Auflösung von gewissen Theilen derselben oder von fremden Einschlüssen hervorgebracht wurden. Zu der letzteren Kategorie würden diejenigen von der Form negativer Krystalle gehören, welche nach der Auflassung von *Judd* in grosser Tiefe und unter hohem Druck vermöge der dann gesteigerten Lösungsfähigkeit des circulirenden Wassers längs gewissen krystallographischen Ebenen (den Ebenen »chemischer Schwäche«) aus den Mineralien förmlich innerlich herausgeätzt worden sein sollen.

die einzelnen Individuen mit blosem Auge nicht mehr unterschieden oder erkannt werden (kryptokrystallinische Aggregate)¹⁾.

Die phanerokrystallinischen Aggregate werden je nach der Grösse ihrer Individuen allgemein auch als makrokristallinisch und mikrokristallinisch unterschieden; die letzteren schliessen sich an die kryptokrystallinischen an, in welchen die Zusammensetzung zwar für das unbewaffnete Auge verschwindet, aber gewöhnlich durch Vergrösserung sichtbar gemacht werden kann (dichter Kalkstein).

Die besondere Beschaffenheit eines jeden phanerokrystallinischen Aggregats hängt mehr oder weniger von der allgemeinen Configuration der Individuen selbst ab. In letzterer Hinsicht sind besonders als die drei vorwaltendsten Formen zu unterscheiden: der isometrische oder körnige Typus, wenn das Individuum nach allen drei Dimensionen ziemlich gleichmässig entwickelt ist; der lamellare, blätterige, tafelförmige, sofern zwei Dimensionen über die dritte erheblich vorwalten; der stengelige, nadelförmige, stab-, leistenförmige, wenn nur eine Dimension vorwiegend ausgebildet ist, die beiden anderen bedeutend zurückstehen. — Welche Form und Grösse, und welchen Grad der Ausbildung aber auch die Individuen haben mögen, jedenfalls ist der Gegensatz zu unterscheiden, ob das Aggregat im freien oder im beschränkten Raum gebildet worden ist.

§ 71. Zusammenfügungsflächen und dadurch bedingte Formen. Wenn sich viele Individuen in dichtem Gedränge neben und über einander gebildet haben, so berühren und beschränken sie sich gegenseitig in Flächen von regelloser Lage und Ausdehnung, welche *Zusammenfügungsflächen* oder *Contactflächen* genannt werden. Diese Flächen sind meist uneben, oft rauh oder unregelmässig gestreift, und dürfen weder mit Krystallflächen noch mit den weiter unten zu erwähnenden Spaltungsflächen verwechselt werden. Die *Zusammenfügungsflächen* der Individuen in den Zwillingskrystallen sind grossenteils, und die Spaltungsflächen sind sämmtlich durch ihre Ebenheit und ihre gesetzmässige Lage von diesen regellosen *Zusammenfügungsflächen* unterschieden. Sind jedoch innerhalb eines Aggregats hier und da leere Zwischenräume geblieben, so treten in diese letzteren die zunächst angrenzenden Individuen mit Krystallflächen aus, und so kann es kommen, dass selbst mitten in einem Aggregat einzelne Individuen theils von Krystallflächen, theils von *Zusammenfügungsflächen* begrenzt werden.

Die Formen der wesentlich von *Zusammenfügungsflächen* begrenzten Individuen sind:

- a) bei isometrischem oder körnigem Typus, gewöhnlich eckigkörnig, selten rundkörnig oder plattkörnig;

1) Während sich das Vorstehende auf die makroskopische Beschaffenheit der Aggregate bezieht, kehren bei den mikroskopischen Aggregaten die unter II. 4. angeführten Gegensätze wieder. Ein solches Aggregat ist unter dem Mikroskop phanerokrystallinisch, wenn es seine Zusammensetzung aus krystallinischen Theilchen offenbart; können die letzteren ihrer mineralogischen Natur nach erkannt werden, so ist das mikroskopisch-phanerokrystallinische Aggregat eudiagnostisch, anderenfalls adiagnostisch. Die Bezeichnung kryptokrystallinisch indessen hat in mikroskopischer Hinsicht eigentlich insofern keine Berechtigung mehr, als sie auch hier eine zwar verborgene, aber doch immerhin wirklich vorhandene Krystallinität zugibt, während gerade mit unseren mikroskopischen Hilfsmitteln der Nachweis, dass die letztere existirt, nicht in derselben Weise geführt werden kann, wie es bei den makroskopisch-kryptokrystallinischen Aggregaten möglich ist. Auf mikroskopischem Gebiet besteht daher der Gegensatz zum Phanerokrystallinischen mehr in dem Dubiokrystallinischen als in dem Kryptokrystallinischen.

- b) bei lamellarem Typus, entweder tafelförmig, d. h. von gleicher Dicke, oder keilförmig, d. h. nach der einen Seite zugeschärft;
- c) bei stengeligem Typus, entweder stabförmig (*bacillar*), d. h. von gleicher Dicke, oder nadelförmig (*acicular*), d. h. nach dem einen Ende zugespitzt.

Sehr dünne Stengel werden Fasern, und sehr kleine und dünne Lamellen Schuppen genannt. Oft haben die Stengel eine grössere Breite als Dicke, in welchem Falle ihre Form breitstengelig heisst.

§ 72. Verschiedene Grade der Aggregation. Durch das Zusammentreten vieler Individuen entstehen eigenthümliche Aggregationsformen, welche, obgleich verschieden von den Krystallformen, doch noch bisweilen eine gewisse Regelmässigkeit erkennen lassen. Die ersten, unmittelbar durch die Verwachsung der Individuen gebildeten Formen nennen wir Aggregationsformen des ersten Grades. Allein die Aggregation wiederholt sich sehr häufig, indem neben oder über dem zuerst gebildeten Aggregat ein zweites, drittes, vierthes u. s. w. abgesetzt wurde, durch welche doppelte Zusammensetzung Aggregationsformen des zweiten Grades entstehen, deren nächste Elemente nicht Individuen, sondern Aggregate des ersten Grades sind. Durch eine nochmalige Wiederholung der Aggregation können Aggregate des zweiten Grades abermals zu Aggregaten verbunden sein, welche demnach als solche des dritten Grades zu bezeichnen wären.

Jeder Grad der Aggregation bedingt natürlich das Dasein besonderer Zusammensetzungsfächen, welche daher eigentlich als Zusammenfügungsfächen des ersten, zweiten oder dritten Grades zu unterscheiden sein würden. Doch ist es zweckmässiger, diejenigen der beiden letzteren Grade Zusammensetzungsfächen, oder auch nach Befinden Ablagerungsfächen zu nennen, und das Wort Zusammenfügungsfächen lediglich von den Contactflächen der Individuen zu gebrauchen.

§ 73. Textur und Structur der Aggregate. Die Aggregation der Individuen bedingt für die so zusammengesetzten Varietäten des Mineralreichs zuvörderst eine innere Textur, welche den einfachen Krystallen und den anorganischen Individuen überhaupt gänzlich abgeht⁴⁾. Unter der Textur eines Mineral-Aggregats verstehen wir mit *Naumann* die durch die Grösse, Form, Lage und Verwachungsart seiner einzelnen Individuen bedingte makroskopische Modalität der Zusammensetzung. So lange die Individuen noch eine erkennbare Grösse besitzen, wird sich die Zusammensetzung durch die Textur immer noch kund geben; sind aber die Individuen mikroskopisch klein, so verschwindet mit der Zusammensetzung auch die wahrnehmbare Textur des Aggregats. Die kryptokristallinischen Mineralien erscheinen daher dicht, d. h. ohne alle unmittelbar ersichtliche Textur.

Diese kryptokristallinischen dichten Mineralien können leicht mit den amorphen Mineralien verwechselt werden, welche stets dicht sind. Hat man Dünnenschliffe von hinreichender Durchsichtigkeit hergestellt, so wird deren mikroskopische Prüfung im polarisierten Licht meist darüber entscheiden, ob man es mit einem kryptokristallinischen Aggregat, oder mit einem wirklich amorphen Mineral zu thun hat. Glatter muscheliger Bruch, starker Glanz der Bruchflächen, und höhere Grade der Pellucidität lassen

⁴⁾ Es scheint für die Zwecke der Mineralogie angemessen, das unmittelbar und zunächst durch die Individuen selbst bedingte Gefüge der Aggregate als Textur von den ausserdem noch vorkommenden Arten des Gefüges zu unterscheiden, welchen der Name Structur gelassen werden mag.

übrigens bei einem dichten Mineral immer eher auf amorphen, als auf krystallinischen Zustand schliessen.

Die Unterscheidung der verschiedenen Arten von Textur setzt in der Regel eine phanerokrystallinische Zusammensetzung voraus.

Nach der Form der Individuen erscheint die Textur entweder als körnige, oder als schalige (blätterige) und schuppige, oder als stengelige und faserige Textur, welche dann weiter nach der Grösse der Individuen als gross-, grob-, klein- und feinkörnig, als dick- und dünnshalig, als grob- und feinschuppig, als dick- und dünnstengelig, sowie als grob- und feinfaserig unterschieden wird. Die besondere Form der Lamellen und Stengel bedingt noch gerad- und krummschalige, gerad- und krummstengelige, gerad- und krummfaserige Textur.

Nach der Lage der Individuen erscheint die schalige (oder blätterige) Textur: parallelischalig, divergentschalig und verworren-schalig; die schuppige Textur: körnigschuppig und schiefergschuppig; die stengelige und faserige Textur: parallel-, radial- und verworren-stengelig oder -faserig.

Nach der Verwachsungsart der Individuen ist die Textur fest, locker oder zerreißlich. Bisweilen sind auch in der Masse eines Aggregats Zwischenräume zu erkennen, welche dann gewöhnlich eine drusige Oberfläche haben, und die porose oder cavernose Textur, im Gegensatz der compacten Textur bedingen.

Die Aggregate des zweiten und dritten Grades lassen ausser der Textur der sie zusammensetzenden einfachen Aggregate auch noch eine ihnen eigenthümliche Structur wahrnehmen, welche wesentlich durch die Form, Lage und Verbindungsweise dieser einfachen Aggregate bestimmt wird, und gewöhnlich als krummschalige oder als grob- und grosskörnige Structur erscheint.

Hierher gehört die sogenannte doppelte Structur, in welcher eine Vereinigung von Textur und Structur stattfindet, und die dreifache Structur, welche eigentlich eine doppelte ist, und allemal ein dreifaches Aggregat voraussetzt. Da die Verhältnisse der Structur von der Form der einfachen Aggregate abhängig sind, so müssen wir nun zunächst diese in Betracht ziehen.

2. Formen der krystallisirten Aggregate.

§ 74. Krystallgruppe. Die Formen der im freien oder halbfreien Raum deutlich auskrystallisierten Aggregate lassen sich wesentlich auf die Krystallgruppe und Krystalldruze zurückführen. Eine Krystallgruppe ist ein Aggregat vieler, um und über einander ausgebildeter Krystalle, welche eine gewisse Regel der Anordnung zeigen und sich gegenseitig dergestalt unterstützen, dass nur wenige Punkte als die Stützpunkte des Ganzen erscheinen. Die Vorkommnisse werden als eingewachsene und aufgewachsene Krystallgruppe unterschieden.

a) Bei eingewachsenen oder freien, ursprünglich schwedend gebildeten Krystallgruppen liegen die Stützpunkte im Mittelpunkt der Gruppe, von welchem aus sich die Krystalle nach allen Richtungen ausbreiten, z. B. Gruppen von Gyps krystallen im Thon, von Kupferlasur im Sandstein. Nach der besonderen, z. Th. in wiederholter Aggregation begründeten Gestalt erscheinen sie als kugelige, ellipsoidische, sphäroidische, traubige, nierförmige, knollige, garbenförmige und unregelmässige Krystallgruppen.

b) Bei aufgewachsenen oder halbfreien Krystallgruppen liegen die Stützpunkte an der Grenze der Gruppe auf einer fremdartigen Unterlage, oberhalb welcher sich

die Krystalle ausbreiten. Auch bei ihnen kommen im Allgemeinen die kugeligen, traubigen, nierförmigen, knolligen und unregelmässigen Formen zur Unterscheidung, obwohl solche in der Regel nur mit der oberen Hälfte ausgebildet sind.

Ausserdem aber entwickeln sich nach Maassgabe des besonderen Formentypus der Individuen noch folgende besondere äussere Gestalten der Krystallgruppe:

a) Bei isometrischem oder körnigem Typus der Krystalle zeigen dieselben in den freien oder aufgewachsenen Gruppen bisweilen eine reihenförmige, treppenförmige oder auch eine kugelige, halbkugelige Anordnung.

b) Bei tafelartigem Typus sind die Krystalle gewöhnlich auf die Weise gruppirt, dass sie von einer Linie, wie von einer gemeinsamen Axe aus divergiren, während ihre breiten Seitenflächen einander zugewendet sind, was nothwendig mit einer keilartigen Verschmälerung jedes Krystals nach der Gruppirungsaxe hin verbunden ist. Die so gebildeten Gruppen erscheinen keilförmig, fächerförmig (Prehnit), radförmig (Glimmer), mandelförmig, wulstförmig, cylindrisch oder doppelt kegelförmig. — Selten sind tafelartige Krystalle so verbunden, dass ihre breiten Seitenflächen beiderseits in eine Ebene fallen, wodurch bei divergirender Stellung die kamm- und radförmigen Gruppen entstehen (Baryt). — Ordnen sich tafelartige Krystalle rings um einen Mittelpunkt, so bilden sie rosettenförmige Gruppen (Eisenglanz).

γ) Bei stengeligem Typus sind die Krystalle entweder parallel oder divergirend zusammengewachsen; im ersten Falle entstehen bündelförmige Gruppen, im anderen Falle, welcher meist mit einer Verschmälerung jedes Individuums nach dem Gruppirungszentrum hin verbunden ist, büschelförmige, oder auch sternförmige, kugelige und halbkugelige Krystallgruppen.

§ 75. Krystalldruse. Unter einer Krystalldruse versteht man ein Aggregat vieler neben einander gebildeter Krystalle, welche sich, ohne eine bestimmte Anordnung, auf eine gemeinschaftliche Unterlage dergestalt stützen, dass ihre Stützpunkte auf der ganzen Unterlage vertheilt sind. Die Druse hat sich entweder aus ihrer Unterlage heraus, oder blos auf ihrer Unterlage gebildet: im ersten Falle ist die Unterlage gleichartig mit der Druse, welche dann nur aus den letzten, frei ausgebildeten Individuen derselben Mineralart besteht, deren Individuen weiter abwärts ein körniges, lamellares oder stengeliges Aggregat bilden, in welchem dieselben gewissermassen wurzeln. Im zweiten Falle ist die Unterlage meist ungleichartig, bald aber auch gleichartig mit der Druse.

Die Form der Drusen richtet sich im Allgemeinen nach der Form desjenigen Raumes, dessen Begrenzungsfäche ihre Unterlage bildet; sie ist also ganz zufällig, bald eben, bald uneben, gewöhnlich sehr unregelmässig und oft von allen Seiten umschlossen (Drusenhöhle). Bildet die Unterlage einen hohlen sphäroidischen Raum, so nennt man die Druse eine Geode, dergleichen in den grösseren Blasenräumen der Mandelsteine nicht selten zur Ausbildung gelangt sind (Quarz, Calcit, Zeolith). Wenn die Druse nur aus einer Lage vieler kleiner, aber ziemlich gleich grosser, dicht neben einander stehender Krystalle besteht, so bildet sie eine drusige Kruste oder einen Ueberzug ihrer Unterlage, welcher die Form dieser letzteren noch deutlich erkennen lässt, und, wenn die Krystalle sehr klein sind, nur noch als eine Drusenhaut erscheint. Sehr häufig sind grössere Krystalle eines anderen Minerals mit einer solchen Drusendecke oder Drusenkruste überzogen, welche die Formen der umhüllten Krystalle noch mehr oder weniger erkennbar zur Schau trägt. Hat sich eine Druse oder überhaupt eine krystallinische Masse über einer anderen, früher vorhandenen Druse gebildet, so wird sie auf ihrer Unterfläche die Eindrücke der Krystalle dieser älteren Druse zeigen müssen, welche Eindrücke als freie Hohlabdrücke solcher Krystalle erscheinen werden, wenn die ältere Druse später zerstört worden ist.

3. Freie Formen der mikrokristallinischen Aggregate.

§ 76. Einfache Aggregationsformen. Die, zwar noch kenntlich kristallinischen, aber nicht mehr deutlich auskristallisierten Aggregate bestehen in der Regel aus sehr kleinen Individuen, welche nach Maassgabe ihres besonderen Formentypus als feine Körner, als Schuppen, oder als feine Nadeln und Fasern erscheinen, dicht aneinander gedrängt sind, und daher eine körnige, eine schuppige, oder eine faserige Textur des Aggregats bedingen. Verkleinern sich die Individuen immer mehr, so hören sie endlich auf, unterscheidbar zu sein; die Textur verschwindet, und das Aggregat wird kryptokristallinisch.

Die im freien (oder doch wenigstens im einseitig freien) Raum gebildeten Formen solcher mikrokristallinischen und kryptokristallinischen Aggregate erscheinen sehr häufig als Aggregationsformen des zweiten und dritten Grades (§ 72), sind in ihrer allgemeinen Ausdehnung nicht selten abhängig von der Schwerkraft, finden aber außerdem ihre Erklärung in den Verhältnissen der Krystallgruppe und Krystalldruze. Die ihnen zu Grunde liegenden Aggregationsformen des ersten Grades sind entweder um einen Punkt, oder längs einer Linie, oder auch über einer Fläche zur Ausbildung gelangt, und stellen daher im Allgemeinen entweder kugelige, oder langgestreckte, oder flach ausgebreitete Formen dar.

Die Kugeln haben sich bisweilen ganz frei gebildet, und erscheinen dann als vollständige Kugeln (Erbsenstein, Oolith). Häufiger entstanden sie auf einer Unterlage, und erweisen sich nur als Halbkugeln, oder, wenn sich viele neben einander bildeten, als unregelmäßige Kugelausschnitte, welche in ihrer Vereinigung eine mehr oder weniger starke Decke von nierförmiger Oberfläche darstellen, die eigentlich schon eine Aggregationsform des zweiten Grades ist. — Die langgestreckten Formen sind entweder cylindrisch, und dann meist gerade, selten zackig gewunden (Eisenblüthe); oder sie sind kegelförmig, zapfenförmig, keulenförmig und kolbenförmig gestaltet. Bisweilen erscheinen sie hohl oder röhrenförmig. — Die flach ausgebreiteten Formen stellen Krusten, Schalen, Ueberzüge oder Decken dar, von ebenflächiger oder krummflächiger Ausdehnung, in welcher Hinsicht sie ganz abhängig von der Form ihrer Unterlage sind. Ist oder war diese Unterlage ein Krystall, so zeigen dergleichen Krusten krystallähnliche Formen, welche man Umhüllungs-Pseudomorphosen genannt hat. Diese Krystallkrusten sind nicht selten hohl, wenn nämlich der Krystall, um welchen sie sich gebildet hatten, später zerstört und weggeführt worden ist. Uebrigens werden die aus mikro- und kryptokristallinischen Mineralien bestehenden Krusten und Decken, wenn sie sich über früher vorhandenen Drusen bildeten, auf ihrer Unterfläche dieselben Krystalleindrücke zeigen müssen, welche oben S. 470 bei der Krystalldruse erwähnt worden sind.

Ueber die Textur dieser Aggregationsformen ist noch zu bemerken, dass, bei faseriger Form der Individuen, in den kugeligen Formen eine radiale, in den cylindrischen Formen eine um die Axe symmetrisch geordnete und auf sie rechtwinkelige, in den Krusten eine gegen die Unterlage rechtwinkelige Stellung der Individuen stattzufinden pflegt. In den zackig gewundenen Formen der Eisenblüthe stehen jedoch die Individuen schiefwinkelig auf der Axe.

Die meisten langgestreckten und flach ausgebreiteten Aggregationsformen haben sich aus einer Flüssigkeit, während des freien Herabtröpfelns oder auch tropfenweisen Abfließens derselben gebildet, weshalb man sie auch unter dem gemeinschaftlichen Namen von Stalaktiten oder stalaktitischen Formen (Tropfsteinen) zusammenfasst. Die langgestreckten Formen sind daher in ihrer Längsausdehnung gewöhnlich vertical, wenn sie sich noch in ihrer ursprünglichen Lage befinden. — Sehr merkwürdig sind cylindrische, röhrenförmige, zapfenförmige Gestalten, deren Spaltungsverhältnisse beweisen, dass sie nur aus einem einzigen Individuum bestehen.

Zu den ganz eigenthümlichen mikrokristallinischen oder auch kryptokristallinischen Aggregaten gehören endlich auch diejenigen, welche zumal an einigen gediegenen Metallen (namentlich Gold, Silber, Kupfer und Wismut), an ein paar Metallverbindungen (Silberglanz und Speiskobalt, namentlich schön an dem mikroskopischen Magneteisen in den Gesteinen), zum Theil auch an künstlich dargestellten Salzen (z. B. an Salmiak) vorkommen, und mit der Krystallform dieser Körper im genauesten Zusammenhang stehen. Sie setzen reguläre, oder doch wenigstens solche Krystallformen voraus, welche einen isometrischen Typus der Individuen gestatten, und sind wesentlich in einer reihenförmigen oder linearen Gruppierung der Individuen begründet, bei welcher sich dieselben durchaus in paralleler oder auch in zwillingsmässiger Stellung befinden. Diese linearen Aneinanderreihungen erfolgen dabei nach den Axenrichtungen (vgl. S. 149).

Sind die Individuen sehr klein und mit einander sehr innig verwachsen, so erscheinen diese Aggregate als haarförmige oder drahtförmige, gewöhnlich mehr oder weniger gekrümmte und gekräuselte Gestalten. Oft sind mehrere solche Aggregate entweder parallel um eine Axe, oder in einer Ebene nach zwei und mehreren Richtungen, oder auch im Raum nach drei Richtungen mit einander verwachsen, und so entstehen die zähnigen, baumförmigen, federförmigen, blechförmigen, blattförmigen, ästigen und gestrickten Gestalten, welche alle mehr oder weniger eine krystallographische Gesetzmässigkeit der Zusammensetzung erkennen lassen, und nicht selten mit einer einseitigen Verlängerung der Individuen verbunden sind. Bei den Blechen des gediegenen Goldes befinden sich die obere und untere Hälfte zu einander in Zwillingssstellung: die Hauptausdehnungsfläche der Bleche ist die oktaedrische Zwillingssfläche. Die gestrickten Gestalten erinnern an die S. 149 erwähnten Krystalskelette.

§ 77. Mehrfache Aggregationsformen. Mit allen, in dem vorhergehenden Paragraph beschriebenen Formen ist nun sehr gewöhnlich eine Wiederholung der Aggregation verbunden, indem sich auf der Oberfläche des zuerst gebildeten Aggregats eine Schale oder Kruste absetzte, in welcher sich die Gestalt dieser Oberfläche wiederholt. Nicht selten liegen viele dergleichen ähnlich gestaltete Schalen übereinander, deren Ablagerungsflächen theils durch wirkliche Ablosungen bezeichnet, theils nur durch einen Wechsel der Farbe angedeutet sind. So entstehen Kugeln, Halbkugeln und Kugelausschnitte von concentrisch schaliger Structur; cylindrische, zapfenförmige, kegelförmige, keulenförmige, kolbenförmige Aggregate von ähnlich gestalteter krummschaliger Structur; Krusten und Ueberzüge von geraad- oder krummschaliger Structur.

Eine andere Art der Wiederholung ist darin begründet, dass viele Kugeln oder Kugelausschnitte, theils von einfacher, theils auch von zweifacher Zusammensetzung über und neben einander gruppirt sind. Es entstehen dadurch mancherlei zusammengesetzte Gestalten und Structuren, von welchen besonders die (bisweilen

ausgezeichneten) traubigen und nierförmigen Gestalten, sowie die oolithische und pisolithische Structur und die Glaskopfstructur zu erwähnen sind. — Auch die langgestreckten stalaktitischen Formen finden sich in der Regel zu neuen Aggregaten versammelt; gewöhnlich sind sie alle parallel gestellt, und bilden in dieser Vereinigung parallele Systeme von Cylindern, Zapfen, Kolben u. dgl., welche an ihren oberen Enden oft mit einander verwachsen sind. Die kürzeren kegel-förmigen Aggregate sind wohl bisweilen zu knospenförmigen, straussförmigen, staudenförmigen Gestalten verbunden u. s. w.

Ueberhaupt finden sich die Gruppierungen der stalaktitischen Formen in grosser Manchfaltigkeit ausgebildet, und nicht mit Unrecht hat man daher neben den Krystallgruppen und Krystalldrusen auch Stalaktitengruppen und Stalaktitendrusen unterschieden, weil die stalaktitischen Formen der mikro- und kryptokrystallinischen Mineralien auf ähnliche Weise und nach ähnlichen Gesetzen mit einander verbunden zu sein pflegen, wie die Krystalle der krassellirten Aggregate.

Bei der Glaskopfstructur finden sich häufig ebene und glatte, z. Th. spiegelnde Absonderungsflächen, nach welchen sich das ganze Aggregat in keilförmige Stücke zerschlagen lässt; diese Absonderungsflächen scheinen die einzelnen, radial-faserigen Systeme von Individuen zu trennen, deren jedes für sich einem besonderen Mittelpunkt der Aggregation entspricht, von welchem aus die Bildung eines Kugelausschnittes eingeleitet und mehr oder weniger weit vollendet worden ist.

4. Formen der im beschränkten Raum gebildeten Aggregate.

§ 78. Allgemeine Verhältnisse derselben. Die im beschränkten Raum gebildeten Formen werden allerseits von fremdartiger Mineralmasse umschlossen und laufen an ihren Grenzen nirgends in Krystallspitzen aus, selbst wenn sie krassellinisch grosskörnig ausgebildet sind: letzteres Merkmal geht freilich bei kryptokrassellinischen Mineralien verloren. Sie sind theils von gleichzeitiger Ausbildung mit der umschliessenden Masse, theils spätere Ausfüllungen von hohlen Räumen (Klüften, Spalten, Blasenräumen) und enthalten nicht selten in ihrem Inneren selbst hohle Räume, welche zur Ausbildung von Drusen Gelegenheit gaben. Im Folgenden ist von den grösseren, der Gebirgswelt angehörigen Formen dieser Art (Schichten, Lager, Stöcke, Gänge u. s. w.) abgesehen und nur die Erscheinungsweise der kleineren Gestaltungen berücksichtigt worden.

§ 79. Wichtigste Arten derselben. Das einzeln eingewachsene, aber durch die umgebende Masse in seiner Ausbildung gehemmte und gestörte Individuum kann den Ausgangspunkt für die Betrachtung dieser Formen liefern. Dergleichen Individuen erscheinen als rundliche, längliche oder platte, ganz unregelmässig gestaltete Körper, welche individualisierte Körner oder Massen genannt werden können, je nachdem sie kleiner sind, oder schon eine bedeutendere Grösse besitzen. Sind nun viele solche Individuen zu einem Aggregat vereinigt, so werden sie in ihrer Ausbildung theils gegenseitig, theils durch die umgebende Masse behindert worden sein, und dann entstehen Formen, welche bei ungefähr isometrischem Typus als *derb* und *eingesprengt* bezeichnet werden, je nachdem sie etwa grösser oder kleiner als eine Haselnuss sind¹⁾. Das Eingesprengte kann bis

¹⁾ *Derb* nennt man oft auch jedes, von einer grösseren Masse abgeschlagene und aus Individuen derselben Art bestehende Stück Mineral.

zu mikroskopischer Kleinheit herabsinken, in welchem Falle aber ein jedes eingesprengte Theilchen nur einem Individuum zu entsprechen pflegt.

Interessant sind die in manchen Mandelsteinen vorkommenden Kalkspathmandeln, welche sich durch ihre stetige Spaltbarkeit als einzelne Individuen zu erkennen geben, obwohl ihre äussere Form durch die Gestalt des Blasenraums bestimmt wurde, innerhalb dessen sie sich gebildet haben.

Rundliche, eiförmige, mandelförmige Aggregate entstehen durch gänzliche oder theilweise Ausfüllung von übereinstimmend gestalteten Hohlräumen. Ist eine Dimension des Aggregats sehr klein gegen die beiden anderen Dimensionen, so liegen platten Formen vor, welche nach der besonderen Beschaffenheit Platten, Lagen, Trümmer, Adern, Anflug genannt werden.

Diese Anflüge erscheinen als ganz dünne, auf fast geschlossenen Klüften und Fugen abgesetzte Lamellen oder Membranen, finden sich nicht selten bei mehren geigeneen Metallen, und sind den Dendriten sehr nahe verwandt.

Alle diese Formen können sowohl bei phanerokrystallinischer, als auch bei kryptokrystallinischer Ausbildung vorkommen. Im ersten Falle werden sie eine Textur erkennen lassen, welche dieselben allgemeinen Verschiedenheiten zeigen kann, wie solche im § 73 betrachtet worden sind. Während aber das Derbe und Eingesprengte nur eine regellos körnige, schalige oder stengelige Textur besitzt, so findet sich in den Platten und Trümern, wenn solche aus schaligen und blätterigen, oder aus stengeligen und faserigen Individuen bestehen, eine parallele Anordnung derselben, indem die Längsachsen der Blätter oder Fasern auf den Seitenflächen der Platten und Trümmer völlig oder doch beinahe rechtwinkelig stehen.

5. Formen der amorphen Aggregate.

§ 80. Wichtigste Arten derselben. Die amorphen Mineralien sind theils tropfbarflüssig, theils fest, in beiden Fällen aber ohne alle Spur von Individualisirung, daher auch ohne alle Textur. Die flüssigen Mineralien insbesondere, welche nur in Tropfenform auftreten, besitzen auch keine Structur. Dagegen können bei den porodinen und hyalinen Mineralien derselben Structuren vorkommen, wie bei den kryptokrystallinischen, indem durch den wiederholten Absatz derselben amorphen Substanz parallele und concentrische Lagen gebildet wurden, welche sich vielfach umschließen und zu den manchfältigsten Gestalten vereinigen. Die Ablagerungsflächen sind auch bei ihnen theils durch wirkliche Absonderung bezeichnet, theils nur durch eine, den successiven Absätzen entsprechende Verschiedenheit der Farbe zu erkennen (Opal, Eisensinter, Kupfergrün). — Was die Formen selbst betrifft, so erscheinen die im freien Raum gebildeten bei einfacher Ablagerung als kugelige, halbkugelige, knollige, tropfenförmige, cylindrische, zapfenförmige, krustenartige Gestalten; bei wiederholter Ablagerung als undulirte Ueberzüge und Decken, als traubige, nierförmige, stalaktitische Gestalten von sehr verschiedener Grösse und Figur, wobei auch wohl Ueberzüge über Krystallen gebildet wurden. Die im beschränkten Raum entstandenen dagegen lassen besonders derbe und eingesprengte, knollige und sphäroidische, auch plattenförmige und trümmerartige Gestalten erkennen.

Auf engen Klüften oder Fugen der Gesteine bilden sich häufig durch Infiltrationen von Wasser, welches Metallsalze aufgelöst hält, die sog. Dendriten, feine und z. Th. äusserst zierliche baum- oder strauchähnliche Zeichnungen, welche schon Scheuchzer 1709 sehr richtig für das erkannte, was sie sind (*tinctura arborifica*), obgleich sie auch später noch oft für Pflanzenabdrücke gehalten wurden. Es sind besonders Eisenoxydhydrat, Eisenoxyd und Manganoxyde, welche dergleichen Dendriten bilden, daher sie bald gelb oder braun, bald roth, bald schwarz erscheinen. Sie sind nur oberflächliche, auf beiden Wänden fast geschlossener Fugen oder Klüfte, unter Mitwirkung der Capillarität entstandene Zeichnungen, bei denen das Pigment gewöhnlich sehr dünn, bisweilen auch relativ dick aufgetragen ist. Es kommen aber auch körperliche Dendriten vor, welche sich innerhalb einer Mineral- und Gesteinsmasse nach allen Richtungen ausbreiten. Zu den körperlichen Dendriten gehören auch die pflanzenähnlichen Einschlüsse der sog. Moosachate, welche, wenn sie grün erscheinen, von Grünerde oder Chlorit gebildet zu sein scheinen und ebenfalls früher vielfach irrthümlicher Weise für wirkliche vegetabilische Petrefacte gehalten wurden. Uebrigens sind wohl viele Dendriten kryptokrystallinischer Natur.

6. Von den Pseudomorphosen.

§ 84. Allgemeine Verhältnisse derselben. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen des Mineralreichs gehören die Pseudomorphosen. So nennt man nämlich diejenigen krystallinischen oder amorphen Mineralkörper, welche ohne selbst Krystalle zu sein, die Krystallform eines anderen Minerals zeigen¹⁾. Diese Krystallformen der Pseudomorphosen sind meist sehr wohl erhalten und leicht erkennbar, ja zuweilen ganz scharfkantig und glattflächig²⁾. Zerschlägt man aber eine Pseudomorphe, so erkennt man, dass sie keineswegs aus einem Individuum der ihrer Form entsprechenden Mineralart, sondern meist aus einem körnigen, faserigen, blätterigen oder dichten Aggregat einer ganz anderen Mineralart besteht. Die Krystallform einer Pseudomorphe, welche dem sie

1) Früher wurden sie auch Afterkrystalle genannt; der Name Pseudomorphe stammt von *Häy*. Unter ihm wurden von Anfang an Gebilde zusammengefasst, welche sich später als auf sehr abweichendem Wege entstanden herausgestellt haben. Wäre nicht die Bezeichnung Pseudomorphose somit ein Sammelnname für Körper, welche ihre Eigenthümlichkeit zum Theil auf rein mechanischem Wege erlangt haben, so würde es mit Rücksicht auf den anderen umfangreicherem Theil wohl gerechtfertigt erscheinen, das folgende Kapitel in demjenigen Hauptstück, welches sich mit den Umbildungsvorgängen der Mineralien befasst, zu behandeln. Sie finden sich hier an dieser Stelle besprochen, weil sie sämmtlich zu den Aggregaten gehören.

Zusammenfassendes über die Pseudomorphosen findet sich (abgesehen von fast unzähligen einzelnen Mittheilungen) in:

Breithaupt, Ueber die Echtheit der Krystalle, Freiberg 1815.

Haidinger, Annal. d. Phys. u. Chemie, Bd. 44, S. 473, 366; Bd. 62. 1844. S. 461.

Landgrebe, Die Pseudomorphosen im Mineralreich, Kassel 1844.

R. Blum, Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, Stuttgart 1843; nebst vier Nachträgen dazu aus den Jahren 1847, 1852, 1863 und 1879; die reichhaltigste Fundgrube für alles damals Bekannte.

Th. Scheerer, Artikel »Afterkrystalle« im Handwörterbuch d. reinen u. angewandten Chemie, 2. Aufl., 1857.

Delesse, Recherches sur les pseudomorphoses, Ann. des mines [5], tome XVI. 1859. 347.

G. Bischof, Lehrbuch d. chemischen u. physikalischen Geologie, 2. Aufl. Bonn, I. 1863, II. 1864.

Eugen Geinitz, N. Jahrb. f. Miner. 1877. 449; Miner. u. petrogr. Mittheil. 1879. 489.

J. Roth, Allgemeine u. chemische Geologie, Berlin I. 1879.

2) An dem Dasein einer äusseren Krystallform muss wohl bei dem Begriff der Pseudomorphosen festgehalten werden. Verändern sich traubige oder nierförmige Massen von Roth-eisen unter Erhaltung der Gestalt und Textur in Brauneisen, oder blätterige Aggregate von Gyps in Aragonit, so ist dies nur eine Umwandlungerscheinung, aber nicht — wie Haidinger und Tschermak wollen — eine Pseudomorphe.

aufweisenden Mineral nicht zukommt, ist nur das rückständige Monument des ursprünglichen und oft spurlos verschwundenen Krystals, um welchen, in welchem, oder aus welchem die Pseudomorphose entstanden ist. Einer fremden Substanz also, deren Dasein stets der Ausbildung der Pseudomorphose vorangehen musste, verdanken diese Formen ihre Existenz, nicht der eigenen, freiwilligen Krystallisationskraft des pseudomorphen Minerals.

Nach ihrer verschiedenen Entstehung und Beschaffenheit lassen sich die Pseudomorphosen zuvörderst als *hypostatische* und *metasomatische* Pseudomorphosen unterscheiden. Die hypostatischen Pseudomorphosen sind solche, welche durch den, von den Begrenzungsfächern eines Krystals aus mechanisch erfolgten Absatz eines fremdartigen Minerals entstanden; die metasomatischen Pseudomorphosen dagegen solche, die vermöge der substantiellen Umwandlung eines Krystals, vermöge der chemischen Ersetzung seiner Substanz durch eine andere, und zwar unter Beibehaltung seiner Form, gebildet wurden.

Die hypostatischen Pseudomorphosen haben sich von den Begrenzungsfächern des Krystals aus entweder nach aussen, oder nach innen (oder nach beiden Richtungen hin) gebildet, und man unterscheidet demnach *Umhüllungs-Pseudomorphosen* und *Ausfüllungs-Pseudomorphosen*.

§ 82. Umhüllungs- und Ausfüllungs-Pseudomorphosen. Die Umhüllungs-Pseudomorphosen sind wesentlich nichts anderes, als die in den §§ 75 und 79 erwähnten abformenden Krusten, welche irgend ein Mineral über den Krystallen eines anderen Minerals bildete; doch pflegt man nur die dünneren, mikrokristallinischen, kryptokristallinischen oder amorphen Krusten, deren Oberfläche die Form des umhüllten Krystals deutlich wiedergibt, als Pseudomorphosen zu bezeichnen. Sie sind zuweilen papierdünne, haben meist eine drusige, rauhe, fein nierförmige oder gekörnte Oberfläche, und umschließen oft noch den umhüllten Krystal, wie eine Schale den Kern. Sofern aber an diesem Krystal mit seinem Ueberzug keine weiteren Veränderungen vorgegangen sind, kann man den letzteren kaum als eine Pseudomorphose im strengsten Sinne des Wortes bezeichnen.

Sehr häufig ist jedoch dieser Krystal durch einen späteren Auflösungsprozess, welcher die Umhüllung verschonte, gänzlich oder theilweise zerstört und entfernt worden, und dann können zweierlei verschiedene Verhältnisse stattfinden.

1) Entweder ist der dadurch frei gewordene Krystallraum leer geblieben, und die Innenseite der Umhüllungs-Pseudomorphe stellt dann einen vollkommenen negativen Abdruck der Krystallform dar.

Auf Gängen ist diese Ueberkrustung und spätere Wegführung des inneren Krystals eine sehr gewöhnliche Erscheinung; hauptsächlich ist es der Quarz, welcher in dünnen Rinden andere Krystalle, z. B. Kalkspath, Eisenspath überzieht, und wegen seiner Widerstandsfähigkeit bei nachfolgenden Auflösungsvorgängen als Hülle von fremder erborgter Gestalt übrig blieb.

2) Oder es gab der entstandene leere Raum Gelegenheit zum Absatz neuer Substanz an der Innenseite der Umhüllungs-Pseudomorphe, wodurch dieselbe zuweilen gänzlich, gewöhnlich aber nur theilweise ausgefüllt wurde, indem diese innere Bildung zuletzt mit einer kleinen Krystall- oder Stalaktiten-Druse endigte. Eine derartige Ausfüllungs-Pseudomorphe setzt demnach stets das Dasein

einer früher gebildeten Umhüllungskruste voraus und besitzt äusserlich ebenfalls nur eine entliehene, nicht selbständige Form.

Man hat also bei dieser Combination einer Umhüllungs- und Ausfüllungs-Pseudomorphose vier Acte zu unterscheiden: Bildung des ursprünglichen Krystals, Ueberkrustung desselben, Fortführung des Krystals, Ausfüllung des Hohlraums durch eine andere Substanz. Allerdings ist somit zu ihrer Entwicklung eine immerhin complicirte Reihe von Proceszen erforderlich, von Vorgängen aber, welche keineswegs so schwierig denkbar oder so unwahrscheinlich sind, dass man deshalb die Existenz von Ausfüllungs-Pseudomorphosen überhaupt gänzlich in Abrede zu stellen berechtigt wäre, wie dies früher wohl geschehen ist. Man erwäge nur, dass sich in den Niederschlägen der Gangräume oft eine vielfache Succession und Repetition sehr verschiedenartiger Substanzen zu erkennen gibt, welche beweist, dass die, auf einer und derselben Gangspalte circuirende Mineralsolution im Lauf der Zeit eine sehr verschiedene Beschaffenheit hatte, und daher noch weit mehr als vier verschiedene Acte der Bildung und Zerstörung nach einander bedingen konnte.

Die Substanz, welche den leeren Raum ausfüllte, ist in den meisten Fällen dasselbe Mineral, aus welchem auch die Hülle besteht, oder eine Varietät desselben; hier fand also eine successive Repetition des Absatzes statt, unterbrochen durch die Auflösung des überrindeten Krystals. Bisweilen gehören aber auch Umhüllungs- und Ausfüllungs-Pseudomorphosen verschiedenen Mineralien an. Für die Ausfüllungs-Pseudomorphosen ist es charakteristisch, dass die auf der Innenseite der Hülle gebildeten Individuen eine einwärts gewandte Stellung besitzen.

Wenn später auflösende Substanzen auf die ausgefüllte Umhüllungs-Pseudomorphose einwirkten, so konnte, sofern Schale und Kern demselben Mineral angehörten, nicht die erstere weggeführt werden, ohne dass auch der letztere zerstört worden wäre. Bestanden sie dagegen aus verschiedenen Mineralien, so möchte der Fall eintreten, dass nur die Hülle dem Lösungsprocess unterlag und verschwand, während die Ausfüllung davon nicht angegriffen wurde. Als dann bleibt also nur noch die Ausfüllungs-Pseudomorphose erhalten, und man würde sie gar nicht von einer directen Umwandlung des ursprünglichen Krystals unterscheiden können, wenn nicht die Geschichte ihrer Bildung innerhalb eines Hohlraums durch die einwärts gekehrte Richtung ihrer Individuen und durch die öftere Anwesenheit von Drusen im Inneren erwiesen würde.

§ 83. Umwandlungs-Pseudomorphosen. Eine Umwandlungs-Pseudomorphose ist eine solche, welche durch die innere Umwandlung eines krystallisierten Minerals in ein anderes, krystallinisches oder amorphes Mineral entstanden ist, ohne dass dabei die äussere Form des ursprünglichen Minerals verloren ging. Diese Umwandlung ist in den allermeisten Fällen eine substantiell-chemische; nur äusserst selten handelt es sich dabei um eine bloße Veränderung oder Umlagerung der Moleküle bei gleichgebliebenem chemischen Analysenresultat. Da nun diese Umwandlung gewöhnlich an der Oberfläche beginnt, und allmählich weiter einwärts dringt, so findet man gar nicht selten im Inneren einer solchen Pseudomorphose noch einen unveränderten Kern des ursprünglichen Minerals, aus dessen Zersetzung die Pseudomorphose hervorgegangen ist; Fig. 298 ist ein Schnitt durch einen Krystall

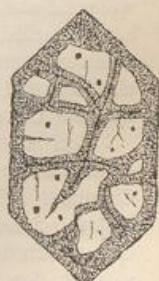


Fig. 298.

von Olivin, von welchem innerhalb des serpentinischen Umwandlungsproducts noch Reste conservirt geblieben sind. Diese nur partielle Alteration ist deshalb besonders wichtig, weil durch sie die Natur des veränderten Minerals noch sicherer festgestellt wird, als es durch die alleinige Deutung der äusseren Pseudomorphosenform geschehen kann. In manchen Fällen ist sogar die Spaltbarkeit des ursprünglichen Minerals noch mehr oder weniger erhalten geblieben, wie z. B. in den Pseudomorphosen von Gyps nach Anhydrit¹⁾, von Aragonit nach Gyps, von Brauneisen nach Eisenspath u. s. w.

Alle genaueren Untersuchungen vereinigen sich dahin, dass der Stoffwechsel, um welchen es sich hier handelt, in erster Linie durch das in feinster Vertheilung hinzutretende und verschiedene Substanzen gelöst enthaltende Wasser herbeigeführt wird.

Früher in den alten Mineraliensammlungen nur als ein zufälliges schliessliches Anhängsel in ein Armsünderschränkchen verbannt, als ein verwahrloses Häuflein seltamer und simloser Missgeburen mit viel Verwunderung und wenig Nutzen betrachtet, bilden die Umwandlungs-Pseudomorphosen schon seit geraumer Zeit den Gegenstand grossen wissenschaftlichen Interesses und eines eifrigen Studiums, welches auch für die Geologie zu so bedeutsamen Resultaten geführt hat, dass der Einfluss jener unscheinbaren Gebilde auf ganze grosse Kapitel dieser Wissenschaft unverkennbar ist. Denn sie vermitteln uns die Erkenntniß und Specialisirung der gesetzmässig verlaufenden chemischen Processe, welche in dem grossen Laboratorium der äusseren Erdkruste thätig sind.

So nachdrücklich und erfolgreich haben übrigens diese Alterationsvorgänge nachgewiesenermassen oftmals gespielt, dass alle die unzähligen Individuen eines Minerals auf einer local begrenzten Lagerstätte, z. B. einem Erzgang, sammt und sonders bis auf das letzte in eine andere Substanz umgewandelt sind, so dass nur in ihrer geretteten Form das Andenken an ihr früheres Vorhandensein dort aufbewahrt wird.

Die alte Form ist mitunter ganz vorzüglich erhalten: die Kantenwinkel sind nur von höchst geringfügigen Veränderungen in ihrem Werth oder in ihrer Schärfe betroffen worden und charakteristische Oberflächenerscheinungen, z. B. die oscillatorische Combinationsstreifung, bisweilen völlig unverwischt geblieben. Die Reinheit, in welcher bei sehr vielen Pseudomorphosen die ursprüngliche Form gewahrt blieb (z. B. Quarz nach Datolith, Braumeisenerz nach Eisenkies), deutet darauf hin, dass es wahrscheinlich sehr verdünnte wässerige Auflösungen waren, welche in langen Zeiträumen allmählich die Veränderung bewirkten.

Die pseudomorphe Umbildung ist nur ein ganz specieller Fall der grossartigen chemischen Veränderungsvorgänge im Mineralreich, derjenige nämlich, bei welchem während und trotz der Metamorphose die äussere Gestalt erhalten blieb. Tausendfältig häufiger sind der Natur der Sache gemäss die wenn auch eben so gesetzlich, dann doch weniger exact und vorsichtig verlaufenden Processe, durch welche neben der alterirten chemischen Beschaffenheit auch die Krystallform des ursprünglichen Minerals entweder bis zur Unkenntlichkeit verunstaltet oder gänzlicher Zerstörung preisgegeben wurde.

Da wo bei der beginnenden materiellen Umwandlung ein Mineral neue Stoffe, wenn auch nur in spärlicher Menge in sich aufgenommen hat, mag der analysirende Chemiker leicht verleitet sein, dieselben für zufällig beigemengte Bestandtheile zu halten. Scheinbar unwesentlich und lästig, weil sie der Formelconstruction Schwierigkeiten bereiten, werden sie aber bedeutungsvoll, wenn man sie mit der Zusammensetzung der vollendeten Pseudomorphosen vergleicht und gewahrt, dass sie das erste

¹⁾ Nach dem Vorgang von Blum wird das Mineral, aus welchem die Pseudomorphose jetzt besteht, zuerst, darauf, durch »nach« verbunden, das ursprüngliche genannt.

Stadium des Uebergangs in ein anderes Mineral bezeichnen. Das oft versuchte Einzwängen solcher unbestimmter Zwischenstufen in irgend eine chemische Formel hat natürlich keinen Sinn, und von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, mag der Selbständigkeit mancher sogenannter Mineralspecies ernsthafte Gefahr drohen.

Etliche Mineralien sind sogar der Umwandlung in mehre abweichend geartete Producte fähig; einen solchen Ausgangspunkt für eine vielgliedrige Reihe von verschiedenen pseudomorphen Mineralien bildet z. B. der Cordierit: der Pinit, Aspasiolith, der Gigantolith, Oosit, Pyrargyllit, Bonsdorffit, Fahlunit, Praseolith, Esmarekit, Chlorophyllit, Iberit — alle diese theils glimmerähnlichen, theils serpentinartigen wasserhaltigen Gebilde sind nichts weiter als ehemaliger Cordierit, der sich auf verschiedenen Stadien und in verschiedenen Richtungen der chemisch wohl zu verfolgenden Zersetzung befindet, dessen zwölfflächige Säulengestalt sie grösstenteils beibehalten und dessen halbfrische Ursubstanz sie vielfach als verschonten Kern noch einschliessen.

Bei der pseudomorphen Umwandlung liefern manche Mineralien nicht nur eine neue Substanz, sondern ein Gemenge von zweien oder mehreren, wobei dann allerdings eine derselben vorzuwalten und die Bezeichnung zu liefern pflegt; so wandelt sich mancher Olivin in vorherrschenden Serpentin um, vermengt mit Brauneisenstein und Quarz. Bisweilen sind in solchen Fällen gewisse der spärlicher vorhandenen Substanzen selbst wieder weitere Umwandlungsproducte der vorwaltenderen. So erweisen sich auf den Turjinskischen Kupfergruben Pseudomorphosen von Kupferkies nach Kupferglanz aussen in Tenorit umgewandelt.

Die Umwandlung der Mineralkörper schreitet auf den verschiedensten Wegen gegen die frische Substanz vor, theils vorhandenen Spaltissen, Sprüngen oder mikroskopischen Capillarspältchen, auch fremden Einschlüssen im Mineral folgend, theils sich nach der verschiedenen physikalischen Beschaffenheit im Inneren des Krystals rückend; und zwar entweder in unregelmässigen körnigen, flockigen, blätterigen oder strahligen Partikelchen oder anderseits in Krystallcontouren erscheinend, welche bald dem Umwandlungsproduct, bald dem ursprünglichen Mineral eigenthümlich sind. In seltenen Fällen beginnt übrigens auch die Veränderung im Inneren der Krystalle, z. B. bei den zonenförmig-isomorph geschichteten Plagioklasen, deren Kern kieselsäureärmer und kalkreicher, deshalb leichter angreifbar ist, als die äusseren Schichten; oder wenn ein grosser Reichthum an Gasporen gerade im Inneren dort den Anfang der Umwandlung begünstigt.

Eine Combination von Umhüllungs- und Umwandlungs-Pseudomorphosen zeigen nach *Blum* Gebilde von Kautenbach bei Bernkastel; hier hat sich über Cerussitkrystallen eine papierdünne Lage von Bleiglanz abgesetzt, darüber Calcit, ebenfalls noch in der Form des Cerussits; später ist dann der innere Cerussit in Calcit umgewandelt worden.

Die Umwandlungs-Pseudomorphosen kann man in drei Gruppen bringen:

- 1) solche, bei welchen die ursprüngliche und die an ihrer Stelle befindliche Substanz chemisch identisch sind und die Umwandlung nur das Gefüge und physikalische Eigenschaften betroffen hat, sog. Paramorphosen;
- 2) solche, die zwar auf chemischer Umwandlung beruhen, bei welchen aber zwischen der ursprünglichen und der pseudomorphen Substanz noch ein chemischer Zusammenhang stattfindet, indem beide Massen einen oder mehrere Bestandtheile gemein haben. Diese können gebildet sein durch:
 - a) Verlust von Bestandtheilen,
 - b) Aufnahme von Bestandtheilen,
 - c) theilweisen Austausch von Bestandtheilen;
- 3) solche, bei welchen die chemischen Bestandtheile beider Substanzen

vermöge des stattgefundenen völligen Stoffaustausches gänzlich von einander verschieden sind (*Blum's Verdrängungs-Pseudomorphosen*).

In den meisten Pseudomorphosen bildet das neue Mineral ein regelloses und verworrenes Aggregat von Individuen; in manchen Fällen aber behaupten diese epigenetischen Individuen eine parallele Stellung zu einander, und zugleich eine gesetzmässige Stellung zu der Krystallform des ursprünglichen Minerals.

Letzteres ist z. B. der Fall bei der Pseudomorphose von Aragonit nach Gyps (sog. Schaumkalk), indem die Verticalaxen und seitlichen Pinakoide beider Mineralien nach *G. Rose* einander parallel sind; oder bei der Pseudomorphose von Täfelchen des Baryts nach Barytocalcit, wo die Spaltfläche $\infty \bar{P} \infty$ des Baryts parallel $0P$ des Barytocalcits und die Verticalaxe c des ersten parallel der Orthodiagonale b des letzteren geht (*Migge*). Bei der Pseudomorphose von Markasit nach Magnetkies liegen die Krystallchen des ersten mit $0P$ auf den Prismenflächen des Magnetkieses und die brachydomatische Streifung des ersten geht parallel der Randkante $0P : \infty P$ des Magnetkieses.

Die einzelnen der oben genannten Fälle erfordern specielle Erläuterung.

1) U.-Ps. (Paramorphosen), gebildet ohne Verlust und ohne Aufnahme von Stoffen, können nur bei einer dimorphen Substanz vorkommen, indem die eine Modification derselben durch eine zweite ersetzt worden ist; sie finden sich im Mineralreich an Anatas- und Arkansitkrystallen, die in Rutil, an Andalusitkrystallen, die in Disthen umgewandelt wurden; der Kohlenstoff des Diamants hat sich so in Graphit umgesetzt, das Schwefelquecksilber des regulären Metacinnabarits in tetraëdrisch-hexagonalen Zinnober¹⁾.

Hält man sich an die oben gegebene Definition, so gehören die durch bloße Stoffumsetzung entstandenen Paramorphosen mit in das Gebiet der Umwandlungs-Pseudomorphosen, schon deshalb, weil die ursprünglich vorhandene und die später an deren Stelle getretene Substanz, wenn sie auch bei der chemischen Analyse dasselbe Resultat geben, sich durch ihr specifisches Gewicht unterscheiden. Ein interessantes Beispiel liefern auch die aus geschmolzenem Schwefel künstlich dargestellten Krystalle, welche nach einiger Zeit von selbst, oder, mit Schwefelkohlenstoff befeuchtet, sogleich in ein Aggregat von rhombischen Krystallen übergehen, ohne jedoch ihre monokline Form dabei zu verlieren. Zu den Paramorphosen würden aber noch zu rechnen sein die Erscheinungen, welche Leucit, Boracit, Cristobalit darbieten, indem sich hier die reguläre Modification der Substanz unter Beibehaltung der chemischen Zusammensetzung in ein Aggregat von einer unter gewöhnlichen Verhältnissen stabileren, minder symmetrischen Modification umgesetzt hat, welche als solche in einfachen Krystallen nicht bekannt ist.

2a) U.-Ps., gebildet durch Verlust von Bestandtheilen sind nicht sonderlich häufig, z. B. Kalkspath nach Gaylussit (durch Austritt von kohlensaurem Natron und Wasser), Bleicarbonat nach Phosgenit (durch Verlust von Chlorblei), Willemit nach Kieselzink, gediegen Kupfer nach Rothkupfererz (durch Desoxydation), Haus-

1) Es finden sich sowohl Kalkspathkrystalle, die in Aragonit, als Aragonitkrystalle, die in Kalkspath verändert erscheinen, doch ist es zweifelhaft, ob hier wirkliche Paramorphosen vorliegen. Ueber die erstenen vgl. *Sandberger*, Annal. d. Phys. u. Chem. Bd. 129. S. 472. Die hierher gestellten Vorkommnisse aus den sicilianischen Schwefeldistricten hält *v. Lasaulx* nicht für eigentliche Paramorphosen, sondern für mechanische Ausfüllungs-Pseudomorphosen (N. Jahrb. f. Min. 1879. 507). Vgl. auch *M. Bauer* ebendas. 1886. I. 62, welcher für andere eine Bildung geltend macht, die eher nach Art der Umwandlungs-Pseudomorphosen verlaufen ist. — Die sog. Paramorphosen von Calcit nach Aragonit sind meist sehr porös, was gegen einfache Umlagerung spricht, denn bei solcher hätte gerade eine starke Volumvermehrung eintreten müssen.

mannit nach Manganit, Magneteisen nach Eisenglanz, Silberglanz nach Rothgültigerz (durch Verlust von Schwefelantimon oder Schwefelarsen).

Künstlich kann man nach den Versuchen von *Berzelius* den Vorgang bei dieser letzteren Umwandlung nachahmen, indem man Rothgültigerzkristalle in eine Auflösung von Schwefelalkalien bringt, welche in wenigen Stunden die Sulfosäure auszieht und das Schwefelsilber zurücklässt.

2b) Bei den U.-Ps., gebildet durch Aufnahme von Bestandtheilen, sind es meistens Sauerstoff, Wasser oder Kohlensäure, welche in die neue Verbindung eintreten; z. B. die weit verbreitete Umwandlung von Anhydrit in Gyps, die Pseudomorphose von Malachit nach Rothkupfererz (welches bisweilen seinerseits selbst schon eine hierher gehörige Pseudomorphose nach gediegen Kupfer ist), von Eisenoxyd nach Magneteisen, von Bleivitriol nach Bleiglanz.

Die Pseudomorphose von Eisenoxyd nach Magneteisen (Eisenoxyduloxyd) kann entweder durch Oxydation des Eisenoxyduls (2b) oder so gedeutet werden, dass kohlensäurehaltiges Wasser auf die Krystalle einwirkt, welches Eisenoxydul auflöste, Eisenoxyd zurückliess (2a).

2c) Bei den U.-Ps., erzeugt durch theilweisen Austausch der Bestandtheile, hat die ursprüngliche Substanz gewisse Theile verloren, andere dafür aufgenommen, z. B. Aragonit nach Gyps, Kaolin nach Feldspath, Baryt nach Witherit, Bleiglanz nach Pyromorphit, Malachit nach Kupferlasur, Brauneisenerz nach Eisenkies oder Eisenspath, Grünerde nach Augit, Zinkspath nach Kalkspath.

Mehrfaich findet hierbei der wechselseitige Austausch von Kohlensäure gegen Wasser statt, indem das letztere, wo es lange Zeit und in steter Zufuhr sich erneuernd wirkt, eine so schwache Säure, wie es die Kohlensäure ist, auszutreiben und sich selbst an deren Stelle zu setzen vermag (z. B. Malachit nach Kupferlasur, Brauneisenerz nach Eisenspath). — In manchen Fällen lässt sich solcher Austausch von Bestandtheilen als das Resultat einer einfachen, auf sog. doppelte Wahlverwandtschaft gegründeten Wechselersetzung zweier Salze betrachten. Wenn z. B. auf Gypskristalle Wasser einwirkt, welches kohlensaures Natron gelöst enthielt, so verband sich die Kohlensäure mit dem Kalk des Gypes zu Aragonit, welcher die Form des letzteren beibehielt, während das gebildete schwefelsaure Natron als leicht löslicher Stoff weggeführt wurde. Künstlich kann man, wie *Stein* darthat, diesen Vorgang nachmachen: behandelt man längere Zeit hindurch Gypskristalle mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron bei 50°, so werden sie in Kalkspath umgewandelt. *Sorby* hat manche dergleichen Pseudomorphosen dargestellt, indem er verschiedene Krystalle in geeigneten Lösungen bei verschiedenen Temperaturen bis zu 150° C. behandelte.

Sehr häufig entstehen solche Pseudomorphosen dadurch, dass das mit einem schwerer löslichen Stoff beladene Wasser diesen absetzt und dagegen einen leichter löslichen auflöst, wobei jener die Form von diesem annimmt. Diese Bildungsweise, auf welche *G. Bischof* aufmerksam gemacht hat, ist nach ihm auch die Ursache einer eintretenden porösen Beschaffenheit. Wenn Gewässer, welches den schwerer darin löslichen Eisenspath enthält, mit dem leichter darin löslichen Kalkspath in Berührung kommt, so wird unter der Voraussetzung, dass sowohl die zugeführte Lösung des Eisenoxydulcarbonats, als die abgeführte des Kalkcarbonats eine gesättigte sei, mehr Kalkspath fortgeführt, als Eisenspath an dessen Stelle tritt, und es müssen sich daher hohle oder poröse Pseudomorphosen bilden — abgesehen davon, dass diese hier schon deshalb entstehen müssen, weil Eisenspath spezifisch schwerer als Kalkspath ist. *A. Knop* hat auf diese Weise durch Einwirkung einer Lösung des schwerer löslichen Thonerde-Ammoniakalaums auf Krystalle des leichtlöslichen Eisenoxyd-Ammoniakalaums hohle Krystalle der ersten Substanz künstlich erzeugt (Z. f. Kryst. IV. 1880. 257).

3) Sehr merkwürdig ist die Gruppe von Pseudomorphosen, welche durch völligen Austausch der Stoffe gebildet wurden, z. B. Quarz nach Flusspath, Quarz nach Kalkspath, Brauneisenstein nach Quarz, Brauneisenstein nach Kalkspath, Zinnstein nach Feldspath, Kieselzink nach Bleiglanz, Eisenkies nach Quarz, Pyrolusit nach Kalkspath u. s. w.

So rätselhaft diese Processe auch meistens sind, so kann man doch bisweilen solche Verdrängungen mit Hülfe der bekannten Zersetzungerscheinungen erklären, namentlich wenn man bedenkt, dass nicht immer eine directe Umwandlung stattgefunden zu haben braucht, sondern dass dieselbe durch Zwischenglieder allmählich vermittelt sein kann. So ist die Pseudomorphose von Brauneisenstein nach Kalkspath leicht zu deuten, wenn angenommen wird, dass dieselbe zuvörderst das Stadium derjenigen von Eisenspath nach Kalkspath durchlaufen habe; beide Vorgänge, sowohl die Umwandlung von Kalkspath in Eisenspath, als die von Eisenspath in Brauneisenstein, sind einzeln als solche sehr wohl constatirt. So mag ferner die Pseudomorphose von Quarz nach Flusspath in der Weise erfolgt sein, dass Wasser, welches kieselsaures und kohlensaures Natron enthielt, auf Flusspath reagirte: es bildete sich Fluornatrium, welches in Lösung weggeführt wurde, und kieselsaurer Kalk, der seinerseits durch das kohlensaure Natron zersetzt wurde; dabei erzeugte sich kohlensaurer Kalk, welcher gleichfalls im aufgelösten Zustand abgeführt wurde, und Kieselsäure, die als unlösliches Endproduct zurückblieb.

Zu dieser Gruppe von Pseudomorphosen gehört auch, wie *G. Bischof* mit Recht bemerkt, manches, was scheinbar in den Bereich der Gruppe 2c) fällt; jedes pseudomorphe Gebilde nämlich, von welchem sich nachweisen lässt, dass der gemeinschaftliche Bestandtheil nicht von dem verdrängten zu dem verdrängenden Mineral übergegangen sei. So ist z. B. bei der Pseudomorphose von Zinkspath nach Kalkspath nicht etwa nur Zinkoxyd gegen Kalk ausgetauscht worden und die Kohlensäure verblieben, sondern das kohlensaure Zinkoxyd hat als solches den ganz weggeföhrt kohlensauren Kalk verdrängt. Ebenso ist die Gemeinschaftlichkeit des sicherlich nicht vererbten Sauerstoffs bei der Pseudomorphose Quarz nach Kalkspath kein Grund, um dieselbe etwa der Gruppe 2c) zuzugesellen.

Uebrigens hat *Eugen Geinitz* auf mikroskopischem Wege überzeugend nachgewiesen, dass bei manchen der stets in diese Abtheilung gestellten Pseudomorphosen (z. B. Hornstein oder Chalcedon nach Kalkspath oder Flusspath) zunächst eine zarte krustenförmige Umhüllung aus der neuen Substanz sich um den bestehenden Krystall gebildet hat, welche gleichsam die Wandungen des Gefäßes abgab, worin die Umwandlung (vielleicht auch manchmal die Auslungung und Neu-Ausfüllung) vor sich ging.

E. Geinitz hat vorgeschlagen, die Umwandlungs-Pseudomorphosen der Abtheilung 2a) Apomorphosen, diejenigen der Abtheilung 2b) Epimorphosen, diejenigen der Abtheilung 2c) partielle und endlich die der Abtheilung 3) totale Allomorphosen (statt des längeren Allassomorphosen) zu nennen.

7. Von den organischen Formen.

§ 84. Verschiedene Arten und Verhältnisse derselben. Die organischen Formen, in welchen so viele Mineralien und Gesteine auftreten, zeigen manche Analogien mit den Pseudomorphosen, und lassen sich grossentheils wie diese als hypostatische und metasomatische Gebilde unterscheiden. Je nachdem sie übrigens dem Thierreich oder dem Pflanzenreich angehören, können sie **Zoomorphosen** oder **Phytomorphosen** genannt werden.

Eigentliche Umhüllungsgebilde in dem Sinne, wie die Umhüllungs-Pseudomorphosen kommen selten vor (Kalktuff, Sprudelstein). Weit häufiger sind die

durch Umhüllung gebildeten äusseren Abdrücke (Spurensteine), wobei die Substanz der Organismen später gelöst und weggeführt wurde, sowie die durch Ausfüllung gebildeten inneren Abdrücke oder Abgüsse (Steinkerne) organischer Formen, welche die Analoga der Krystalleindrücke (§ 76) und der Ausfüllungs-Pseudomorphosen (§ 82) sind. Wurde der organische Körper, welcher einen äusseren oder inneren Abdruck lieferte, später zerstört, und der dadurch leer gewordene Raum mit Mineralmasse erfüllt, so entstanden Bildungen, welche sich theils mit den durch Ausfüllung oder Verdrängung, theils mit den durch Umwandlung gebildeten Pseudomorphosen vergleichen lassen. Dasselbe gilt von den wirklich versteinerten oder vererzten organischen Körpern, bei welchen nicht nur die Form, sondern auch oft die Structur bis in das feinste Detail erhalten zu sein pflegt, so dass man in ihnen einen Theilchen für Theilchen bewirkten Austausch der organischen Substanz gegen die Mineralsubstanz annehmen möchte (verkieseltes Holz). Die mineralisirten organischen Körper endlich, wie Anthracit, Steinkohle und manche fossile Harze sind als solche Umwandlungsproducte zu betrachten, welche während eines sehr langsamens Zersetzungspocesses, und meist durch Verlust von Bestandtheilen gebildet wurden.

Kieselsäure als Quarz und Opal, sowie kohlensaurer Kalk als Kalkspath und Aragonit sind bei weitem die gewöhnlichsten Versteinerungsmittel; viel seltener treten Dolomit und Phosphorit, sehr selten Gyps, Cölestin, Flussspath, Baryt als solches auf. Unter den metallischen Mineralien spielt der Pyrit oder Eisenkies nebst Brauneisenstein als seinem Umwandlungsproduct die Hauptrolle als Vererzungsmittel; hin und wieder haben auch Eisenspath, Vivianit, Bleicarbonat, Zinkspath, Rotheisenerz, Bleiglanz, Kupferglanz, Glaukonit für die Erhaltung der organischen Formen gedient. Merkwürdig ist die 1826 von *Hessel* nachgewiesene regelmässige Stellung der Kalkspath-Individuen in den versteinerten Crinoiden, Echiniden, Belemniten, Inoceramen u. a., sowie der Umstand, dass einzelne Theile der Echiniden (z. B. die Cidaritenstacheln) sehr häufig blos von einem einzigen Kalkspath-Individuum gebildet werden, dessen Hauptaxe mit der Längsaxe des Stachels zusammenfällt; hier ist also der organische Ueberrest für die Textur des versteinernden Minerals maassgebend gewesen.

8. Von den secundären Formen der Mineralien.

§ 83. Verschiedene Arten derselben. Alle bisher betrachteten Formen der Mineralien besitzen den Charakter der Ursprünglichkeit, d. h. sie sind unmittelbar bei der Bildung des betreffenden Minerals entstanden. Es kommen aber auch andere Formen vor, welche diesen Charakter entbehren, und deshalb als secundäre Formen bezeichnet werden können. Dahin gehören die durch mechanische Zerstückelung und Zermalmung, durch Reibung und Abschleifung, sowie die durch Ausnagung und Auflösung entstandenen Formen, welche theils als lose, ringsum oder allseitig begrenzte Körper, theils blos als oberflächliche, einseitig oder nur mehrseitig begrenzte Gestalten ausgebildet sind. So lassen sich diese secundären Formen besonders als fragmentare oder klastische, als Frictionsformen, als Erosionsformen und Contractionsformen unterscheiden.

1) Klastische oder fragmentare Formen; als solche gelten die bisweilen vorkommenden (und im folgenden Abschnitt näher betrachteten) Spaltungsstücke; dann alle, durch Zertrümmerung von Mineralmassen und durch Fortführung ihrer Fragmente in den Gewässern gebildeten Formen, welche nach Maassgabe ihrer Grösse und Gestalt

durch verschiedene Ausdrücke als scharfkantige und stumpfkantige Stücke, als Geschiebe und Gerölle, als eckige, platte und rundliche Körner, als Sand und Staub bezeichnet werden.

2) Frictionsformen (oder Contusionsformen); sie sind nur oberflächliche Formen an den Wänden von Klüften und Spalten, entstanden durch die gewaltsame Bewegung der zu beiden Seiten solcher Spalten liegenden Gebirgstheile; sie zeigen die sehr charakteristischen Frictionsstreifen, besitzen oft einen hohen Grad von Politur, und sind besonders dadurch ausgezeichnet, dass ursprünglich jedenfalls zwei, einander correspondirende Flächen vorhanden sind. Nach Maassgabe ihrer besonderen Beschaffenheit nennt man sie Rutschflächen, Quetschflächen oder Spiegel. Ähnliche, aber nur einseitig, und an der Oberfläche des Felsgrundes ausgebildete Formen zeigen die durch die Einwirkung von Gletschern, vielleicht auch durch das Fortschieben von Gebirgsschutt bei heftigen Fluthen gebildeten Felsenschliffe. Körperliche Frictionsformen sind die sog. Dreikantner, Kantengerölle, Facettengerölle, Pyramidengerölle, Geschiebe-Dreikantner, Geschiebe, welche nur auf einer Seite die übliche flache Rundung zeigen, während die andere Seite in Folge der abwetzenden Wirkung darübergewehten Sandes in auffallender Weise mehr oder weniger kantig-pyramidal Gestalt erlangt hat.

3) Erosionsformen; sie entstanden theils durch die mechanische Gewalt, theils durch die auflösende Einwirkung des Wassers oder gewisser organischer Körper; z. B. die seltsam ausgenagten Formen des Kalksteins, da, wo er dem Wellenschlag und der Brandung ausgesetzt ist; die Formen, welche Gyps und Steinsalz durch die auflösende Einwirkung der Atmosphärieren und Gewässer erhalten; die Aushöhlungen des Kalksteins durch den Angriff von Bohrmuscheln, u. a. Erscheinungen.

4) Contractionsformen (*formes de retrait*); entstanden durch das mit der allmählichen Austrocknung oder Abkühlung verbundene Schwinden der Massen, was innere Zerberstungen oder Absonderungen zur Folge hatte; Septarien, stengeliger Thoneisenstein, geglühter Magnesit. Auch die Kerne der sogenannten Klappersteine lassen sich gewissermassen hierher rechnen.

Zweiter Abschnitt.

Von den physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

§ 86. Uebersicht. Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien haften theils beständig an ihrer Substanz, theils werden sie nur vorübergehend, durch den Conflict mit einer von aussen einwirkenden Kraft oder Materie in ihnen hervorgerufen. Zu den ersten gehörnen die Cohärenz und Elasticität, die Dichtigkeit oder das specifische Gewicht, und der Magnetismus; zu den letzteren die optischen, elektrischen und thermischen Eigenschaften. Die meisten und bemerkenswerthesten derselben geben sich in erster Linie an den Krystallen, oder an den Individuen überhaupt auf eigenthümliche und gesetzmässige Weise zu erkennen.

Mit Ausnahme des specifischen Gewichts stehen die physikalischen Eigenschaften der Krystalle im engsten gesetzlichen Zusammenhang mit deren regelmässiger Form und innerer Structur, mit den Richtungen, nach welchen sie in den