



Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

9. Von der Ausbildungsweise der Krystalle und den Unregelmässigkeiten ihres Wachstums.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-84232](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-84232)

schon im Jahre 1826 nach ihrer Gesetzmässigkeit richtig erkannt und beschrieben hat. — Der Speerkies, eine durch ihre Zwillingskrystalle ausgezeichnete Varietät des rhombischen Markasits, ist öfters mit kleinen Krystallen des regulären Pyrits besetzt, welche sich zu den Krystallen des ersteren in gesetzmässiger Stellung befinden. Flussspath und Pyrit stellen sich gegenseitig so, dass die drei Hauptaxen des regulären Systems parallel sind. Ein schönes Beispiel liefert auch die Erscheinung, dass durch einen nach OP etwas abgeplatteten Krystall von Xenotim ein säulenförmiger von Zirkon senkrecht hindurchgewachsen ist, wobei die Verticalaxen und die Flächen $\infty P \infty$ (s) beider tetragonalen Mineralien parallel sind (Fig. 282).

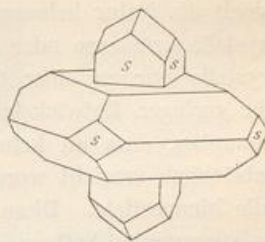


Fig. 282.

Ueber die speciellen Verwachsungsbeziehungen vgl. die Beschreibung der betreffenden Mineralien in dem systematischen Theil. — *Haidinger* erkannte zuerst eine Verwachsung zwischen Pyroxen und Amphibol, bei welcher viele lamellare Individuen beider Mineralien mit paralleler Lage der beiderseitigen Verticalaxen und Orthodiagonalen abwechselnd verbunden sind, und einen Theil von dem bilden, was man Smaragdit genannt hat. *G. Rose* beschrieb 1869 die regelmässige Verwachsung der verschiedenen Glimmerarten; *G. vom Rath* hob die Gesetzmässigkeit derjenigen von Eisenglanz und Magnoferrit hervor. — Bei der Verwachsung von Quarz und Kalkspath ist eine Quarzfläche R mit einer Kalkspathfläche $-\frac{1}{2}R$ und ausserdem die Kante zwischen R und ∞R beim Quarz mit der horizontalen Diagonale der Kalkspathfläche $-\frac{1}{2}R$ parallel. Vgl. ferner in dem systematischen Theil z. B. Rutil und Eisenkies.

Bei diesen Verwachsungen zeigt sich bisweilen die Erscheinung, dass das deckende Mineral nur auf gewissen Flächen des Trägers zum orientirten Absatz gekommen ist; wie denn die Albitkrystalle fast ausschliesslich auf den Flächen der Prismenzone des Orthoklases, die Rutil stets nur auf der Basis des Eisenglanzes, die Staurolithe immer nur auf $\infty \bar{P} \infty$ des Disthens sitzen.

Hierher sind auch die eigenthümlichen feindrusigen Ueberzüge von Kupferkies über Krystallen von Fahlerz und Zinkblende zu rechnen, in welchen die kleinen Individuen des Kupferkieses eine sehr regelmässige Stellung gegen die regulären Formen der anderen Schwefelmetalle behaupten. Und ebenso gehört hierher die von *Scheerer* mit dem Namen Interposition belegte Erscheinung, welche wesentlich darin besteht, dass grösseren Krystallen oder Individuen eines Minerals sehr viele, ausserordentlich kleine Lamellen eines anderen in paralleler und regelmässiger Lage innerlich eingewachsen sind, wofür der sog. Sonnenstein und der Glimmer von South-Burgess in Canada ein paar ausgezeichnete Beispiele liefern. Derartige orientirte Einwachsungen von mikroskopischer Kleinheit sind in sehr vielen Individuen des Mineralreichs vorhanden (vgl. § 69).

9. Von der Ausbildungsweise der Krystalle und den Unregelmässigkeiten ihres Wachsthums.

a) Aeussere Ausbildungsweise.

In den bisherigen Betrachtungen der Krystallformen wurde vorausgesetzt, dass solche von ebenen und glatten Flächen begrenzt seien, dass alle Flächen einer und derselben Form (oder Partialform) gleiche und ähnliche Figur, oder, was dasselbe ist, gleiche Centraldistanz haben, dass für die Krystalle selbst immer

eine vollständige, ringsum vollendete Ausbildung stattfindet, und dass solche nach allen Dimensionen hinreichend gross ausgebildet seien, um eine directe wissenschaftliche Bestimmung zu gestatten. Diesen Voraussetzungen entspricht jedoch die Natur keineswegs in allen Fällen, indem die Flächen und Gestalten der Krystalle grösseren oder geringeren Unvollkommenheiten unterworfen, die meisten Krystalle nur zu einer theilweisen Ausbildung, und viele derselben nur zu einer sehr geringen Entwicklung ihrer Dimensionen gelangt sind. Ja, man kann wohl behaupten, dass an keinem Krystall jene ideale Regelmässigkeit der Gestaltung thatsächlich erreicht worden ist, auf deren Verwirklichung die Natur doch in jedem Falle hinarbeitete. Diese Erscheinungen sind das Resultat des Wachstums und des successiven Aufbaus der Krystalle.

§ 64. **Unvollkommenheit der Krystallflächen.** Die Unvollkommenheit in der Beschaffenheit der Krystallflächen gibt sich theils als eine durch viele kleinere Unebenheiten bewirkte Abweichung von der ebenflächigen Ausdehnung, theils als eine scheinbare oder wirkliche Krümmung zu erkennen.

Zu der ersten Art der Unvollkommenheit gehören besonders diejenigen Unebenheiten, welche als Streifung, Drusigkeit und Rauheit bezeichnet werden. Die Streifung (oder Reifung) ist eine sehr häufig vorkommende Erscheinung, welche durch die oscillatorische (d. h. nicht stetige, sondern in schmalen, abwechselnden Flächenstreifen treppenartig ausgebildete) Combination irgend zweier Formen hervorgebracht wird (Quarz, Pyrit, Turmalin und viele andere Mineralien). Die Flächen einer Krystallform sind drusig, wenn aus ihnen viele kleine, in paralleler Stellung dicht aneinander stossende Ecken oder Theile einer anderen Krystallform hervorragen (Flussspath). Rauhe Flächen endlich sind mit ganz kleinen, nicht mehr erkennbaren Unebenheiten besetzt, können aber bisweilen durch Vergrösserung als sehr feindrüsige Flächen erkannt werden. In anderen Fällen erscheinen die Krystallflächen wie gekörnt, genarbt, geschuppt, gebrochen, getäfelt, parquettirt oder zerfressen.

Von allen diesen Unvollkommenheiten ist die Streifung die bemerkenswertheste Erscheinung, deren sorgfältige Beachtung nicht selten auf die Kenntniss von Formen gelangen lässt, welche in der betreffenden Krystallreihe noch gar nicht selbständig beobachtet worden sind. Man unterscheidet übrigens die einfache Streifung der Krystallflächen, welche nur nach einer Richtung stattfindet, von der mehrfachen, nach verschiedenen Richtungen zugleich ausgebildeten Streifung, welche federartig, triangulär, quadratisch, rhombisch u. s. w. erscheinen kann, jedenfalls aber, wie die einfache Streifung, aus der oscillatorischen Combination zu erklären ist. So erscheinen z. B. die prismatischen Flächen ∞P des Quarzes einfach und horizontal gestreift durch oscillatorische Combination von ∞P und $4P$; die Würfelflächen des Flussspaths bedeckt mit quadratischen Streifensystemen (wobei die Seiten der Quadrate mit den Würfelkanten parallel gehen) durch die oscillatorische Combination von $\infty 00$ mit einem sehr stumpfen Tetrakishexaëder $\infty 0n$. Die verticale Streifung des Turmalins erfolgt durch Combination von Flächen der Prismenzone. Die Würfelflächen des Pyrits sind durch Combination von $\infty 00$ und einem Pentagondodekaëder parallel einer Kante, die Rhombendodekaëderflächen des Magnetits durch solche von $\infty 0$ und 0 parallel der längeren Diagonale gestreift. Uebrigens darf die Combinationsstreifung nicht mit der sehr ähnlichen, durch Zwillingsbildung bedingten Streifung oder Riefung, und die Drusigkeit der Krystallflächen nicht mit dem drusigen Ueberzuge derselben verwechselt werden; vergl. § 54.

Der Verlauf dieser Oberflächenstreifung ist auch geeignet, zur Entscheidung über den vollflächigen oder theilflächigen Charakter einer Form zu gelangen. Reguläre Würfel, gestreift wie *a* und *b* in Fig. 283, können unmöglich holoëdrisch sein, *a* muss

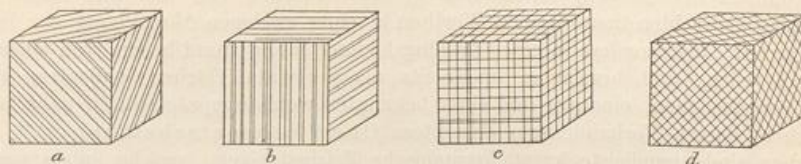


Fig. 283.

der tetraëdrischen, *b* der pentagondodekaëdrischen Hemiëdrie angehören. Streifung auf einem holoëdrischen Würfel würde wie *c* oder *d* verlaufen.

Scheinbar gekrümmte Flächen entstehen theils durch die soeben erwähnte oscillatorische Combination (Turmalin, Beryll), oder dadurch, dass zahlreiche sehr schmale Flächen eine Zone bilden, welche so den Eindruck einer continuirlichen cylindrischen Krümmung hervorruft (Vesuvian, Beryll), theils durch eigenthümliche Aggregation vieler sehr kleiner Individuen (Subindividuen), deren Flächen ungefähr so wie die Mauersteine eines Gewölbes, in nicht völlig paralleler (hypoparalleler) Stellung unter sehr stumpfen Winkeln zusammenstossen (Desmin, Prehnit, Strahlerz). Eine wirkliche Krümmung der Flächen dürfte dagegen z. B. an den sattelförmig gebogenen Rhomboëdern des Braunspaths und Eisenspaths, an den linsenförmigen Krystallen des Gypses, an Formen des Diamants (an welchem indess die Oktaëderflächen stets eben sind) und Antimonits vorkommen. Zu den ganz regellosen Krümmungen der Oberfläche gehören diejenigen, welche gerade so erscheinen, als ob der Krystall in Folge einer beginnenden Schmelzung halb zerflossen, oder auch an allen Kanten und Ecken abgerundet worden wäre (Bleiglanz, Augit von Arendal, Apatit im körnigen Kalk).

Endlich kommen auch noch andere, gleichfalls regellose, durch ganz unbestimmte Vertiefungen und Erhöhungen verursachte Unebenheiten der Krystallflächen vor. Eine fast allgemein gültige und für die Orientirung der Combinationen sehr wichtige Regel ist es übrigens, dass alle Flächen einer und derselben Form oder Partialform auch eine und dieselbe Beschaffenheit der Oberfläche besitzen, und sich überhaupt als völlig gleichwerthig erweisen.

Anm. Vgl. über diese Erscheinungen und ihre letzten Ursachen *Sadebeck* in seiner Angewandten Krystallographie (*Rose-Sadebeck's Elem. d. Krystallogr.* II. 494). Von ihm werden jene kleinen Krystallindividuen, welche sich auf einer grösseren Krystallfläche in paralleler Stellung aber nicht immer übereinstimmend verjüngter Gestaltung bald mehr, bald weniger emporheben, Subindividuen genannt. Gröber werdende Ausbildung dieser Art geleitet zu dem Begriff des Krystallstocks (§ 54).

Bisweilen sind die feineren und gröberen Unebenheiten der Oberfläche nicht ursprünglich bei der Bildung derselben, sondern erst nachträglich entstanden, indem die ebenen Krystallflächen dem Angriff natürlich wirkender Corrosions- und Lösungsmittel unterlagen. Entstehen dabei eingesenkte Vertiefungen (zu vergleichen den künstlichen Aetzfiguren, s. § 92), so sind dieselben innerlich bisweilen krystallographisch regelmässig gestaltet; haben sie irreguläre Form, so heisst die Oberfläche zerfressen.

Die häufig vorkommende Erscheinung des Gebrochenseins der Flächen in mehre äusserst schwach gegen einander geneigte Felder hat *Scacchi* als Polyëdrie

bezeichnet; dieser Name war nicht glücklich gewählt, denn Polyëdrie, d. h. Umgrenzung von vielen ebenen Flächen, ist eine Eigenschaft aller Krystalle, welche gerade deshalb allgemein als Polyëder definirt werden. *Websky* will nur dann, wenn die Abweichungen der Neigungsverhältnisse gewisser Flächen von den mit ihnen in Verbindung gebrachten theoretischen Werthen in einer analogen Abweichung der inneren Structur, insbesondere in einer Zwillingsbildung ihren Grund haben, von einer Polyëdrie reden, und bezeichnet anderseits als vicinale Flächen denjenigen Complex von verschiedenen, einander und einer bekannten wohlausgeprägten sehr nahe liegenden Flächen, dessen Vorhandensein eine blose Oberflächenerscheinung ist¹⁾. Diesen Flächen sind complicirte krystallographische Zeichen eigen, welche indess nur wenig von einfachen Zeichen abweichen. Die Triakisoktaëder mO sind vicinal dem Oktaëder, wenn die Coëfficienten m der Einheit sehr nahe stehen, z. B. $\frac{4}{11}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{2}$; vicinal dem Rhombendodekaëder, wenn m einen sehr hohen Werth hat; das Skalenoëder $\frac{1}{2}R$ ist z. B. dem Rhomboëder R , das Makrodoma $\frac{1}{6}P$ der Basis OP , das Brachyprisma ∞P dem Grundprisma ∞P vicinal. Solche vicinale Flächen bieten z. B. der Diamant, Granat, Adular, Aragonit u. viele a. Mineralien dar. *Websky* hat am Adular, *v. Zepharovich* am Aragonit, *Grünhut* am Topas beobachtet, dass die Symbole vicinaler Flächen häufig gleiche Factoren aufzuweisen haben; bei letzterem findet sich z. B. in der Prismenzone die Reihe $\infty P \frac{2}{3}$, $\infty P \frac{3}{5}$, $\infty P \frac{4}{7}$, $\infty P \frac{5}{9}$, in welchen den die Axenschnitte ausdrückenden Verhältnisszahlen sämmtlich der Nenner 25 gemeinsam ist. Eine andere Prismenreihe, deren Verhältnisszahlen sämmtlich auf das allgemeine Zeichen $\frac{n}{n-1}$ führen, ist beim Topas: $\infty P \frac{2}{3}$, $\infty P \frac{3}{4}$, $\infty P \frac{4}{5}$, $\infty P \frac{5}{6}$.

Die Brachydomen des Topases $\frac{2}{3}P$, $\frac{1}{2}P$, $\frac{1}{3}P$, $\frac{2}{5}P$, $\frac{3}{5}P$ stehen in dem Verhältniss, dass die Zähler der hier auftretenden Brüche, sofern man sie auf gleichen Nenner 9 bringt, eine arithmetische Reihe bilden. — *Hintze* gibt der Ansicht Raum, dass die Vicinalflächen nicht sowohl von irgend einer Rationalität abhängig sind, dass ihre Gesetzmässigkeiten sich nicht in den Parametern abspiegeln, sondern eher in den Neigungen selbst, also direct in den Winkeldifferenzen liegen.

Unechte Flächen, welche bisweilen wegen ihrer Glätte oder Streifung u. s. w. den wirklichen zum Verwechseln ähnlich sind, entstehen, wenn ein wachsender Krystall einen anderen bereits vorhandenen als Hinderniss antrifft und an diesem eine ganz zufällig verlaufende Contactebene abformt, welche dann noch desto mehr wie eine eigenthümliche Krystallfläche aussehen kann, wenn vielleicht der vorhanden gewesene Krystall später weggeführt worden ist. An Quarz-Individuen finden sich so vielfach die Flächen benachbarter Kalkspathkrystalle mit grosser Vollkommenheit ausgeprägt.

§ 65. **Unregelmässigkeiten der Krystallformen.** Es kann die Streifung und es muss die Krümmung der Krystallflächen schon eine mehr oder weniger auffallende Verunstaltung der ganzen Form bedingen; allein die meisten Unregelmässigkeiten der Formen können bei völlig ebener und stetiger Ausdehnung der Flächen vorkommen. Es gehören dahin besonders folgende Erscheinungen:

1) Ungleiche Centraldistanz gleichwerthiger Flächen. Die Flächen einer und derselben Form oder Partialform können nur dann die für sie geforderte Gleichheit und Aehnlichkeit der Figur besitzen, wenn sie in gleichen Abständen vom Mittelpunkt des Krystalls ausgebildet sind; anderenfalls werden sie nicht nur

¹⁾ Auch *Tschermak* will den Ausdruck Polyëdrie auf die betreffende Erscheinung bei den verzwilligten mimetischen Krystallen (vgl. § 64) beschränken, bei welchen sie dadurch zu Stande kommt, dass die einzelnen Felder oft verschiedenen Individuen angehören, welche nahezu in derselben Fläche endigen. Alsdann verhalte sich die Polyëdrie zu dem Auftreten der Vicinalflächen, wie die Zwillingsstreifung zur Combinationsstreifung (Lehrb. d. Miner. 1894. 405).

von ungleicher Grösse, sondern auch mit ganz anderer Figur erscheinen, als sie ihnen eigentlich zukommt, wodurch dann auch die Totalform des Krystalls mehr oder weniger entstellt werden muss. Da nun die Ungleichheit der Centraldistanz



Fig. 284.

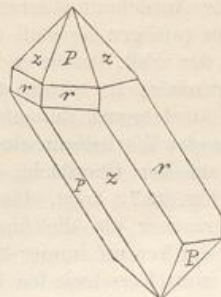


Fig. 285.

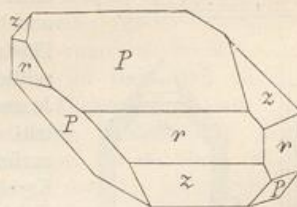


Fig. 286.

in Folge einer nicht allseitig gleichmässig erfolgten Lösungszufuhr eine ganz gewöhnliche Erscheinung ist, so begegnet man auch sehr häufig den so bedingten Abweichungen von der Regelmässigkeit der Ausbildung. Dadurch wird jedoch die, auch in ihrer physikalischen Beschaffenheit sich offenbarende völlige Gleichwerthigkeit aller Flächen einer und derselben Form nicht aufgehoben.

Man muss sich also eine jede Krystallfläche als parallel mit sich selbst beweglich vorstellen. Gewöhnlich erscheinen die dadurch erzeugten Unregelmässigkeiten als einseitige Verlängerungen oder Verkürzungen der Formen nach einer der Axen, nach einer Kante, oder nach irgend einer anderen krystallographisch bestimmten Linie, wodurch in manchen Krystallsystemen und namentlich im regulären System so auffallende Verzerrungen entstehen können, dass es nicht selten grosser Aufmerksamkeit bedarf, um den wahren Charakter des Systems zu erkennen. Ein Würfel, durch irreguläres Wachstum nach einer Hauptaxe verlängert, sieht aus wie ein tetragonales Prisma mit $0P$; nach einer Axe verkürzt, wie die tetragonale Comb. von ∞P und stark entwickeltem $0P$; nach allen 3 Axen ungleich ausgedehnt, wie die Comb. der 3 rhombischen Pinakoide (Bleiglänze). Ein Oktaeder, abgeplattet nach einem Paar paralleler Flächen (d. h. in der Richtung einer trigonalen Zwischenaxe) gleicht einem Rhomboeder mit der Basis; stark ausgedehnt nach einer rhombischen Zwischenaxe kann es wie die Comb. eines rhombischen Makro- und Brachydomas aussehen (Spinell, Magnetit, Fluorit). Das Rhombendodekaeder, in der Direction einer Hauptaxe verlängert, liefert scheinbar die tetragonale Comb. $\infty P.P\infty$; nach solcher Richtung verkürzt, die tetragonale Comb. $P\infty.\infty P$ (Granat, Sodalith); nach einer trigonalen Zwischenaxe ausgedehnt, die rhomboëdrische Comb. $\infty P2.R$. Auch die übrigen regulären Formen gewinnen durch Ausdehnung nach einer trigonalen Zwischenaxe die Symmetrie der rhomboëdrischen Abtheilung, z. B. das Ikositetraeder. Das letztere, nach einer Hauptaxe verlängert, erscheint wie eine ditetragonale Pyramide, die oben und unten mit einer Protopyramide combinirt ist. — Fig. 285 und 286 stellen derartige Verzerrungen der in Fig. 284 abgebildeten normalen Krystallform des Quarzes dar. Zu den auffallendsten Beispielen gehören wohl die Salmiakkrystalle, welche von *Marx* und von *Naumann*, sowie die Kochsalzkrystalle, welche von *v. Kobell* beschrieben wurden.

Für die Gewinnung der äusseren Gestalt gilt im Allgemeinen der Satz, dass der Krystall sich mit denjenigen Flächen umgibt, welchen das langsamste Wachstum zukommt (*Becke*).

Dies erläutert sich aus folgender Erwägung: Soll ein würfelförmiger Krystall beim Wachstum seine Form behalten, so müssen die gleichzeitig auf allen

Würfel­flächen abgelagerten Schichten gleich dick, die Wachsthumsgeschwindigkeit muss auf allen Flächen gleich sein. Setzt sich aber auf den oberen und unteren Flächen, indem diese langsamer wachsen, verhältnissmässig weniger Substanz ab, als auf den rascher

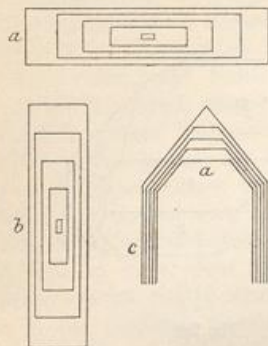


Fig. 287.

wachsenden seitlichen, so müssen gerade die ersteren die grösste Ausdehnung erlangen und es entsteht ein nach ihnen tafeliger Krystall (Fig. 287a). Ist das Umgekehrte der Fall, wachsen die oberen und unteren Flächen rascher, so würde die Gestalt auf Kosten der seitlichen Ausdehnung säulenförmig werden (Fig. 287b). Je rascher das Wachsthum einer Fläche ist, desto mehr tritt sie auf der Oberfläche des wachsenden Krystalls zurück. Fig. 287c zeigt, dass die am oberen Ende des Krystalls rascher als die übrigen wachsende Fläche *a* nicht nur im Verlauf immer kleiner wird, sondern endlich ganz zum Verschwinden kommt.

Wird ein verletzter, z. B. am einen Ende abgebrochener Krystall in eine Lösung gebracht, in welcher er weiterwachsen kann, so vergrössert er sich durch Substanzansatz an der verletzten Bruchfläche viel rascher als an den unversehrt gebliebenen Stellen, so dass die ursprüngliche Form des Krystalls durch Ausheilung wieder hergestellt wird. Auch im Mineralreich wird dieser Vorgang bisweilen beobachtet. Eine aus einem Krystall geschliffene Kugel umgibt sich in ihrer Lösung alsbald mit ebenen Flächen und wird, wie auch jedes unregelmässig begrenzte Körnchen oder Splitterchen allmählich durch Auswachsung zu einem regelmässigen Krystall.

2) Unvollständigkeit der Flächen. An die aus der ungleichen Centraldistanz entstehenden Unvollkommenheiten der Ausbildung schliessen sich unmittelbar diejenigen an, welche darin begründet sind, dass die Zahl der zu einer und derselben Form gehörigen Flächen gar nicht vollständig vorhanden ist; eine Erscheinung, welche sowohl an einfachen Formen, als auch (und noch häufiger) an Combinationen vorkommt, und, bei ihrer völligen Regellosigkeit, weder mit der Hemiëdrie, noch mit der Hemimorphie verwechselt werden darf.

Das Oktaëder kann durch Ausfallen zweier gegenüberliegender Flächen wie ein Rhomboëder erscheinen. Grüne Flussspathkrystalle von der Form $\infty 03$ sind nach einer trigonalen Zwischenaxe ausgedehnt und haben nur die Hälfte ihrer Flächen entwickelt auf Kosten der anderen, so dass sie wie ein hexagonales Skalenoëder aussehen. Pentagondodekaëder von Eisenkies nehmen durch denselben Vorgang die anscheinende Gestalt eines spitzen Rhomboëders an.

3) Unvollständige äussere Raumerfüllung. Man sieht nicht selten Krystalle, deren Substanz den, durch die Umrisse des Kantennetzes vorgeschriebenen Raum nicht vollständig erfüllt, indem nur die unmittelbar an den Kanten und von diesen aus nach dem Mittelpunkt zu liegenden Theile ausgebildet sind. Die Flächen erscheinen dabei zurückgeblieben, trichterförmig vertieft oder ausgehöhlt, mit treppenartigen Absätzen (Fig. 288), und dies findet bisweilen in dem Grade statt, dass nur noch gleichsam Skelette von Krystallen übrig bleiben. Andererseits beobachtet man auch die Erscheinung, dass die Kanten wie eingekerbt oder eingeschnitten aussehen,

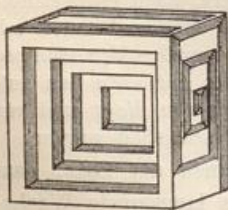


Fig. 288.

was auf denjenigen gestörten Bildungsact zurückzuführen ist, bei welchem die Flächen fortwachsen und die Kanten im Wachsthum zurückbleiben.

Die erstere lückenhafte Ausbildungsweise ist zumal an gewissen künstlichen, aus dem aufgelösten und geschmolzenen Zustande, oder auch durch Sublimation dargestellten Krystallen zu beobachten; z. B. an Kochsalz, Alaun, Wismut, Silber, arseniger Säure, Bleiglanz; sie tritt insbesondere da auf, wo eine rasche Krystallisation stattfindet. Quarze mit rippenartig vorstehenden Kanten zwischen den Rhomboëderflächen beschrieb *Laspeyres* vom Süderholz bei Siptenfelde im Harz; bei allen diesen Erscheinungen handelt es sich um das regelmässige Zurückbleiben von Flächen beim lagenweisen Wiederaufbau von Krystallen. (Aehnliche Einsenkungen kommen auch bei den nicht hierher gehörigen Pseudomorphosen vor, wo sie aber, wie bei den in Malachit umgewandelten Oktaëdern von Rothkupfer, dadurch hervorgebracht wurden, dass die neu entstandene Verbindung weniger Raum beanspruchte, als die ursprüngliche, und nicht hinreichte, den Umriss derselben ganz auszufüllen.) — Die sog. Krystallgerippe (oder Gitterkrystalle) bestehen aus Reihen von linear aneinander gefügten kleineren, insgesamt parallel und im Sinne eines Individuums orientirten Kryställchen (Subindividuen), wobei diese Reihen von einem Centrum aus in der Richtung gewisser Axen geradlinig auslaufen. Diese so in die Erscheinung tretenden Wachstumsrichtungen nennt *Hirschwald* genetische Axen, *Sadebeck* tektonische Axen. In dem regulären System, in welchem Krystallgerippe oder discontinuirliche Wachstumsformen sehr häufig sind, erfolgt die Aneinanderreihung sowohl, wie Fig. 289 zeigt, in der Richtung der drei Hauptaxen (z. B. Salmiak, Rothkupfererz, Bleiglanz, Magnetit, auch beim Gusseisen), als auch in der Richtung der trigonalen Zwischenaxen, welche das Centrum des Würfels mit dessen Ecken verbinden (z. B. Chlorkalium, Speiskobalt, ged. Silber), als auch selten in der Richtung der rhombischen Zwischenaxen, welche vom Centrum des Krystalls gegen die Mittelpunkte der Rhombendodekaëderflächen verlaufen. Dasselbe Mineral kann übrigens je nach den Bedingungen, unter welchen es krystallisiert, bald in der einen, bald in der anderen Axenrichtung wachsen. Wachsen die Krystallgerippe weiter, so können sie sich endlich zu einem einheitlichen Individuum schliessen.

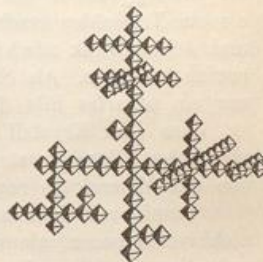


Fig. 289.

Vgl. *Knop*, Molecularconstitution u. Wachsthum d. Krystalle. Leipzig 1867; *Hirschwald*, N. Jahrb. f. Min. 1870. 183; *Lehmann*, Z. f. Kryst. I. 1877. 458. — Hierher gehört auch ein Theil der sog. gegitterten, gestrickten, netzartigen Formen, Individuen, bei denen das Voraneilen des Wachsthum an den Ecken und Kanten stern-, strauch-, netzähnliche Gestalten erzeugt, die aus Aestchen, Stäbchen, Blättchen zusammengesetzt sind. Vgl. auch die mikrokrystallinen Aggregationsformen.

Wenn zufolge *Lehmann* das wachsende Krystallindividuum sich dadurch vergrössert, dass dasselbe aus der zunächst umgebenden, etwas übersättigten Lösung Stoff entnimmt, und wenn dadurch um dasselbe ein Hof verdünnter Lösung entsteht, diese Verdünnung aber durch Diffusionsströmung wieder ausgeglichen wird, so sind bei raschem Stoffansatz aus stark übersättigter Lösung die Ecken und Kanten des wachsenden Krystalls gewissermassen im Vortheil gegenüber den Flächen, weil sie ein viel ausgedehnteres Feld der in diesem Falle starken Diffusionsströmung beherrschen, als es einem gleich grossen ebenen Flächenstück möglich ist. Während auf letzterem sich nur eine dünne plane Anwachsschicht bildet, lagert sich auf den geknickten Stellen der Ecken und Kanten gleichzeitig ein dickerer Ansatz ab, welcher von Krystallflächen begrenzt ist, und nun mit seinen eigenen Ecken und Kanten Veranlassung zur Wiederholung des Vorgangs bietet. So entstehen die skelettartigen, gestrickten, gegitterten Formen, deren Auftreten auch durch die Zähigkeit der Lösung begünstigt wird. — Erfolgt das Wachsthum ganz allmählich aus wenig übersättigter Lösung, so ist der

Hof verdünnter Lösung schmal, die Diffusionsströmung schwach; ein Voraneilen der Kanten und Ecken kommt alsdann nicht zur Geltung und es bildet sich ein gleichmässiger Absatz über die ganze Krystalloberfläche hin aus.

Die schalenförmige Auflagerung, oder eine Parallelaggregation mit treppenartiger Ausbildung, wodurch eine Einkerbung der Kanten entsteht, ist sehr ausgezeichnet an Oktaëdern des gediegenen Silbers von Kongsberg, am Rothkupfererz, am ged. Gold von Sysertsch im Ural zu gewahren, auch an künstlichen Alaunkrystallen.

4) Anomalieen der Kantenwinkel. Die Unregelmässigkeiten der Krystallflächen scheinen sich bisweilen sogar bis auf die Lage derselben zu erstrecken, indem solche kleinen Schwankungen unterworfen sein kann, so dass die gleichwerthigen Kanten einer und derselben Krystallform die für sie geforderte absolute Gleichheit des Winkelmaasses nicht in allen Fällen erkennen lassen.

Breithaupt hat wohl zuerst auf diese Anomalieen aufmerksam gemacht, indem er z. B. fand, dass die Grundformen mehrer tetragonal und hexagonal krystallisirter Mineralien keineswegs die vorausgesetzte Gleichheit ihrer Polkanten besitzen, und dass selbst bei manchen regulären Formen ähnliche Ungleichheiten vorkommen. Doch hat sich anderseits die Thatsächlichkeit solcher Abweichungen vielfach nicht bestätigt. Dass z. B. die an den beiden Rhomboëdern der Quarzpyramide angeblich vorhandenen Winkeldifferenzen nicht existiren, davon haben sich *Kupffer*, *G. Rose*, *Naumann* und *Dauber* durch sehr genaue Messungen überzeugt, und dass ferner z. B. die für die Grundpyramide des Vesuvians behaupteten Monstrositäten, welche diese Pyramide als ein Triploëder erscheinen liessen, an den Varietäten aus Piemont, von *Poljakowsk* und *Achmatowsk* nicht vorhanden sind, wurde durch *v. Kokscharow* und *v. Zepharovich* bewiesen. Als *Strüver* u. a. die Winkel eines Spinell-Oktaëders, dessen Flächen nur ein scharfes Bild des Fadenkreuzes reflectirten, möglichst sorgfältig maass, fand er, dass »der Krystall allen billigen Anforderungen entspreche, welche man an ein physisches Oktaëder stellen kann«, sowie »dass man vom geometrischen Standpunkt aus das Mineral als regulär zu betrachten hat«.

Damit soll jedoch keineswegs behauptet werden, dass solche Anomalieen gar nicht vorkommen; sie mögen sich recht häufig finden, aber wohl nur auf kleine und unbestimmte Schwankungen beschränken, welche jeder Gesetzmässigkeit ermangeln. So berichtet *Pfaff*, dass er bei genauen, in dieser Richtung angestellten Messungen die Würfelflächen eines Flussspaths im Mittel $94\frac{1}{2}^{\circ}$ von 90° , die Dodekaëderflächen eines Granats im Mittel $135\frac{3}{4}^{\circ}$ von 60° , die Prismenflächen eines Berylls 6° von 120° abweichend befunden habe, was darauf hindeute, dass da, wo für eine Form ein sehr unwahrscheinliches complicirtes Flächensymbol gefunden wurde, eine Winkelcorrection um mehrer Minuten zur Herbeiführung eines annehmbaren in manchen Fällen wohl gestattet sei. *Dauber* hat mehrfach auf die physischen Einwirkungen aufmerksam gemacht, welche eine Störung in der Lage der Flächen verursachen können, ohne doch immer die Glätte und Ebenheit derselben zu alteriren. Wenn man bedenkt, wie manchen solchen störenden Einflüssen die Krystallbildung unterworfen gewesen sein mag, so wird man es ganz begreiflich finden, dass nur wenige Krystalle jener idealen Regelmässigkeit in der Ausdehnung und Beschaffenheit ihrer Flächen nahe kommen, welche in der reinen Krystallographie vorausgesetzt wird. Dergleichen Anomalieen können aber die Gesetze der Krystallsysteme nimmermehr erschüttern. — Die von den mimetischen Bildungen (§ 64) dargebotenen Winkelunterschiede gehören selbstverständlich nicht hierher, da es sich bei ihnen nur um scheinbar einfache Formen, thatsächlich um Zwillingbildungen höheren Grades handelt. Ferner ist einleuchtend, dass bei der Entstehung der Umwandlungs-Pseudomorphosen (§ 83) Verschiebungen der für die ursprüngliche Substanz gültigen Winkelwerthe leicht eintreten können.

§ 66. Unvollständige Ausbildung und andere abnorme Gestaltung der Krystalle. Freier Raum nach allen Seiten, oder räumliche Isolirung, verbunden

mit einer allseitig gleichmässigen Zufuhr von Nahrung ist die erste Bedingung zu einer vollständigen Ausbildung der Krystalle. Die meisten ganz vollständigen Krystalle haben sich ursprünglich innerhalb einer sie umgebenden Masse als einzeln eingewachsene, gewissermassen schwebende Krystalle gebildet, und erscheinen als lose Krystalle, wenn sie durch [die Zerstörung und Fortschaffung ihrer Matrix, oder auch durch absichtlichen Eingriff des Menschen frei gemacht worden sind. Solche eingewachsene und lose Krystalle stellen das Individuum des Mineralreichs in seiner völligen Isolirung, und wenn sie ausserdem regelmässig und scharf ausgebildet sind, in seiner vollkommensten Verwirklichung dar. Viele eingewachsene Krystalle sind jedoch während ihrer schwebenden Bildung durch die sie umgebende Mineralmasse in ihrer Entwicklung gehemmt worden oder haben nicht von allen Seiten her gleiche Substanzzufuhr erhalten, ermangeln daher einer scharfen Ausprägung ihrer Form und gehen endlich durch verschiedene Abstufungen in ganz regellos gestaltete Individuen über (Granat, Pyroxen, Spargelstein).

Die nächst vollkommene Form der Ausbildung gewähren die einzeln aufgewachsenen oder sitzenden Krystalle, welche sich auf der Oberfläche einer (gleichartigen oder fremdartigen) starren Masse gebildet haben und in einen Hohlraum hineinragen. Solche Krystalle werden freilich nur eine theilweise Formausbildung besitzen, weil sie in ihrem Fundament ein Hinderniss ihres freien Wachstums finden mussten. Gewöhnlich zeigen sie nicht viel mehr, als die eine (obere) Hälfte ihrer Form; doch können sie bei günstiger Lage noch eine ziemlich vollständige Entwicklung, ja bisweilen, wenn sie nur von einem einzelnen Stützpunkt aus gewachsen sind, eine fast völlige Integrität der Form erreichen.

Der erwähnte Gegensatz der eingewachsenen schwebend und der aufgewachsenen sitzend gebildeten Krystalle ist für manche Mineralien charakteristisch; so finden sich z. B. unter den üblichen Verhältnissen die Leucite, Diamanten, Boracite nur in ersterer, die Zeolithe, Axinite nur in letzterer Form; die meisten Mineralien können allerdings in beiderlei Weise auftreten.

Wenn aber, wie dies nach § 3 meist der Fall, keine Isolirung, sondern eine Gruppierung oder Aggregation der Individuen stattfindet, so wird auch, im eingewachsenen, wie im aufgewachsenen Zustande, eine unvollständige Bildung eintreten müssen, weil sich die neben und über einander gewachsenen Individuen gegenseitig nach verschiedenen Richtungen beschränken. Gewöhnlich ragen dann nur die zuletzt gebildeten Krystalle mit ihren freien Enden hervor.

Der Mineralog befindet sich daher öfters in derselben Lage, wie der Archäolog, welchem die Aufgabe vorliegt, aus einzelnen Gliedern, aus dem verstümmelten Torso einer Statue die ganze Form herauszufinden, und solche, wenigstens in seiner Vorstellung, zu reproduciren.

Während die vorstehend erwähnten Gestaltungen als ursprünglich so gebildete Wachstumsformen gelten müssen, kommen bei manchen Mineralien, namentlich den als Gemengtheile in Felsarten eingewachsenen, gar nicht selten Zerbrechungen, und damit verbundene Verschiebungen ihrer Theile gegen einander vor, wobei dann die Fragmente durch dazwischen getretene Mineralmasse wieder verkittet erscheinen (Feldspathe in Graniten, Quarze in Porphyren, Granaten, Berylle, Turmaline in krystallinischen Schiefern). Diese Störungen in dem Regelmaass der formellen Ausbildung sind ohne Zweifel durch eine spätere mechanische Einwirkung auf bereits fest gewordene und fertige Individuen veranlasst worden; einestheils müssen sie in

den schon starr gewesenen Gesteinen mit dem Gebirgsdruck in Verbindung gebracht werden, anderentheils können in den aus dem Schmelzfluss sich verfestigenden Eruptivgesteinen die Bewegungen des noch plastischen Magmas mechanische Deformationen und Fracturen der bereits darin zu einer relativ frühen Ausrystallisation gelangten Individuen herbeiführen. Der in dem letzteren Falle um das schwebend aus ihm gebildete Individuum befindlich gewesene Schmelzfluss vermochte aber auch bisweilen durch chemische Corrosion die gewonnene Krystallform desselben zu verstümmeln oder abzurunden.

§ 67. Geringe Ausdehnung und mikroskopische Kleinheit der Krystalle.

Die absolute Grösse der Individuen eines und desselben Minerals ist nach § 3 sehr schwankend; sind ihr auch aufwärts gewisse Grenzen gesetzt, so kann die Dimension doch abwärts bis zu mikroskopischer Kleinheit herabsinken.

So gibt es z. B. vom Quarz, Gyps, Beryll fuss- bis ellenlange Krystalle, wogegen man noch niemals einen Borackkrystall oder Diamantkrystall von solcher Grösse gesehen hat; wie denn überhaupt die regulären Krystalle, wegen ihrer gleichen Dimensionen, die absolute Grenze derselben weit eher erreichen, als die der übrigen Systeme.

Es ist daher begreiflich, dass bei sehr kleiner Ausdehnung der Individuen eine genaue Erkennung und Bestimmung ihrer Krystallform für das unbewaffnete Auge theils erschwert, theils auch ganz unmöglich gemacht werden muss. Dies gilt nicht nur für solche Krystalle, welche nach allen drei Dimensionen sehr geringe Ausdehnung besitzen, sondern auch für solche, bei denen dies nur nach einer oder zweien der Fall ist. Zeigt ein Krystall sehr geringe Ausdehnung nach einer Dimension, so hat er eine dünn-tafelartige oder lamellare, irgend einem Pinakoid entsprechende Form, und dann sind nicht selten die Randflächen der Tafel so klein und schmal, oder auch so unvollkommen gebildet, dass eine nähere Untersuchung der Form nicht einmal bis zur Bestimmung des Krystallsystems gelangen lässt. Sind zugleich auch die übrigen Dimensionen sehr klein, so erscheinen die Krystalle nur noch als dünne Blättchen und Schüppchen. Wenn ein Krystall nur nach einer Dimension bedeutende, nach den beiden anderen Dimensionen aber sehr geringe Ausdehnung besitzt, so hat er eine nadelförmige, oder haarförmige, meist durch die Flächen eines Prismas bestimmte Gestalt, und dann sind wiederum die Seitenflächen dieses Prismas oft so schmal, und die terminalen Flächen so klein, dass man gleichfalls auf eine nähere Bestimmung der Form verzichten muss. In vielen solchen Fällen lässt zwar die Anwendung einer Loupe oder eines Mikroskops zu einer allgemeinen Bestimmung der Form gelangen; doch ist eine ganz genaue Ermittlung derselben nicht leicht vorzunehmen.

Eine Anzahl von Mineralien gibt es übrigens, welche bis zur allergrössten Winzigkeit ihrer Individuen, deren eigenthümliche Formgestaltung mit fast modellgleicher Schärfe beizubehalten vermögen. Dazu gehören z. B. Leucit, Quarz, Augit, Magnet-eisen, Eisenglanz, Spinell, Apatit, Zirkon, die mitunter in den niedrigsten, um und um ausgebildeten Kryställchen von wenigen Tausendstel Millimeter Länge als Gemengtheile von Gesteinen auftreten.

Die in mikroskopischer Kleinheit ausgebildeten Mineral-Individuen, wie dieselben namentlich als Gemengtheile von Gesteinen oder als Einschlüsse in Mineralien sich finden, erscheinen, abgesehen von den eben erwähnten wohlgeformten Vorkommnissen, namentlich in der Gestalt von rundlichen Körnern, Lamellen oder langen nadelförmigen Säulchen.

Die mikroskopischen lamellaren Krystalltäfelchen zeigen mancherlei Deformitäten durch gestörte Ausbildung, indem ihre begrenzenden Ränder zum Theil oder sämmtlich nicht linear ausgezogen, sondern mit den verschiedensten Contouren ausgebuchtet, ausgezackt und ausgefrant sind, oder indem diese Blättchen in einzelne isolirte und durch fremde Substanz getrennte Striemen auseinandergelöst erscheinen, welche gleichwohl in ihrer Vereinigung augenscheinlich zu einem Individuum zusammengehören. Im grösseren Maassstab kommt letzteres z. B. bei den wie zerschnitten aussehenden Titaneisenlamellen im Basalt vor.

Ausserordentlich beliebt ist für die mikroskopischen Individuen mehrerer Mineralarten die Nadelform oder langgestreckte dünne Säulengestalt. *H. Vogelsang* hat für diese Gebilde, wie sie insbesondere als Gemengtheile von Felsarten auftreten, die sehr passende allgemeine Gruppenbezeichnung Mikrolith in Vorschlag gebracht (*Philosophie der Geologie*, 1867. 439). In vielen Fällen kann man mit grösster Sicherheit feststellen, welchem Mineral der Mikrolith angehört, und alsdann bedient man sich der genaueren Benennung Hornblende-, Feldspath-, Augit-, Apatit-, Sillimanit-, Rutil-Mikrolith u. s. w. Andererseits ist bei manchen nadelförmigen Gebilden dieser Art die Zurechnung zu einem makroskopisch bekannten Mineral nicht mit genügender Gewissheit möglich, sei es, weil dieselben zu arm an charakteristischen Eigenthümlichkeiten sind, sei es, weil sie vielleicht überhaupt nicht makroskopisch aufzutreten pflegen. Die

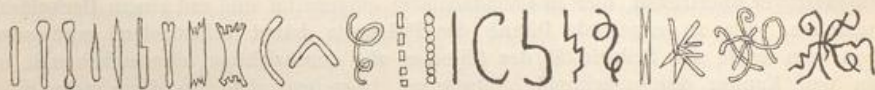


Fig. 290.

Mikrolithen (Fig. 290) sind gleichfalls allerhand Abweichungen in ihrer äusseren Gestalt unterworfen: bald erscheinen diese Nadeln an einem oder an beiden Enden etwas keulenförmig verdickt, oder pfriemenförmig zugespitzt, oder gabelartig in zwei Zinken ausgezogen, oder fein eingesägt und gefranzt, auch wohl in der Mitte sanduhrähnlich eingeschnürt; bald sind sie schwächer oder stärker hakenähnlich gekrümmt oder gar geknickt, schleifenförmig verdreht oder pfropfenzieherartig geringelt; bald wird es durch die abwechselnde Verdickung und Verdünnung eines und desselben Mikroliths ersichtlich, dass er durch die Vereinigung mehrerer linear aneinandergereihter rundlicher Körnchen entstanden ist. Doch sind solche Gestaltungen immerhin nur Ausnahmen gegenüber den regelmässig in der einfachen Nadelform gewachsenen Mikrolithen. Die regulären Mineralien besitzen wegen ihres isometrischen Aufbaues keinerlei Neigung zur mikrolithischen Ausbildungsweise, ebensowenig diejenigen, welche auch makroskopisch als Tafeln oder Lamellen aufzutreten vorziehen.

Anm. Anfertigung von Präparaten für die mikroskopische Untersuchung. Bei dieser Gelegenheit, wo zum ersten Mal von dem Verhalten der Mineralien unter dem Mikroskop die Rede ist, mag Einiges über die Art und Weise eingeschaltet werden, wie die für die mikroskopische Untersuchung im durchfallenden Licht vor allem dienlichen Objecte, die sog. Dünnschliffe hergestellt werden. Diese Untersuchung erstreckt sich nicht nur auf die Wahrnehmung und Erkennung von Mineralpartikeln, die wegen ihrer Kleinheit dem freien Auge unsichtbar sind, sondern sie hat den ferneren Zweck, das Detail der innerlichen Beschaffenheit auch grösserer Individuen zur Anschauung zu bringen (z. B. schichtenartigen Aufbau, das Dasein fremder fester, flüssiger oder gasförmiger Einschlüsse, Zwillingsbildung, Spaltbarkeit, Umwandlungserscheinungen u. s. w.), und in Verbindung mit optischen Methoden sowohl die physikalischen Eigenschaften (Lichtbrechung, Anzahl und Lage der optischen Axen, Lage und Werth der optischen Elasticitätsachsen, Pleochroismus u. s. w.) festzustellen als überhaupt die Diagnose zu vermitteln.

Durch Abschlagen mit einem Hammer, durch Abspalten mit dem Meissel oder durch Abschneiden vermittels einer sog. Steinschneidemaschine verschafft man sich ein

möglichst dünnes, flaches, scherbenähnliches Stückchen des zu präparirenden Minerals (oder Gesteins). Letztere Maschine, bei welcher das Schneiden durch eine rotirende, an der Peripherie mit Diamantstaub besetzte Weissblechscheibe erfolgt, ist namentlich dann von Nutzen, wenn Präparate in einer bestimmten krystallographisch orientirten Richtung gewonnen werden sollen, oder wenn es sich um nur sehr spärlich vorliegendes Material handelt. Dem von Sprüngen möglichst freien Scherbchen oder Plättchen wird nun durch einseitiges Anschleifen auf einer homogenen Unterlage, am besten auf einer Gusseisenplatte, die mit Wasser benetzt und mit gröberem oder feinerem Smirgel- oder Carborundpulver bestreut ist, eine ganz ebene Fläche verliehen, welche dann auf einer matten Glastafel mit äusserst feinem Smirgelschlamm geglättet und gewissermassen polirt wird. Darauf wird es mit dieser letzteren Oberfläche auf einem handlichen dickeren Glasplättchen vermittlest festwerdenden Canadabalsams aufge kittet und es erfolgt nun das eigentliche Dünnschleifen, welches zuvörderst wieder in derselben Weise, wie das anfängliche Anschleifen vorgenommen wird, wobei das Gläschen als Handhabe dient. Hat das Plättchen allmählich eine solche Dünne erreicht, dass es durch diese gröbere und rauhere Operation leiden könnte, so geht man zu der matten Glastafel mit möglichst allerfeinstem Smirgelschlamm oder zu einem Wetzstein mit Terpentinöl über. Nach der gründlichen Reinigung von schmutzigem Balsam wird das hinlänglich dünn gewordene Präparat von der erwärmten Unterlage auf einen reinen Objectträger übertragen, hier in Canadabalsam eingebettet und mit einem Deckgläschen versehen. Die zu erzielende Dünne des Präparats hängt selbstredend vorzugsweise von dem Grade der Pellucidität des Objectes ab: durchsichtige, durchscheinende oder an den Kanten durchscheinende Substanzen brauchen nicht so dünn präparirt zu werden, wie solche, welche im gewöhnlichen Sprachgebrauch als impellucid gelten. Das fertige Präparat sollte, sofern es ausführbar ist, immer so fein sein, dass man, wenn es auf Druckschrift gelegt wird, letztere durch dasselbe hindurch lesen kann. Die durchschnittliche Dicke wohlgelungener Dünnschliffe beträgt 0,025 bis 0,05 mm. Dünne lichtdurchlässige Lamellen, die aus leicht nach einer Richtung spaltbaren Mineralien unschwer gewonnen werden, gelangen ohne weitere Präparation zur Einbettung. — Die unbedeckt gelassenen Dünnschliffe können auch zu chemischen Reactionen im kleinen Maassstab benutzt werden, deren Verlauf und Resultat dann mit dem Mikroskop verfolgt wird (§ 463). — Andererseits geben in gewissen Fällen zerkleinerte Mineralsubstanzen ebenfalls den Gegenstand mikroskopischer Untersuchung ab, wie sie theils durch directes Pulvern, theils nach einer mechanischen oder chemischen Separation gemengter Pulvermassen als isolirte Portionen erhalten werden. Solche Pulver werden, um die innere Structur ihrer Partikelchen besser hervortreten zu lassen, gleichfalls in Canadabalsam eingebettet und mit einem Deckgläschen versehen; will man die äussere Begrenzung der Körnchen scharf erblicken, so untersucht man sie in einer Flüssigkeit, deren Brechungsquotient mehr von dem des Pulvers abweicht, als es bei dem Canadabalsam ($n = 1,549$) der Fall ist, z. B. in Wasser. — Bei Mineralsubstanzen, welche, wie die meisten Erze, selbst bei grösster Verdünnung nicht lichtdurchlässig werden, kann nur die angeschliffene Oberfläche im auffallenden Lichte untersucht werden. Ueber Specielles vgl. *F. Zirkel*, Lehrb. der Petrographie. 2. Aufl. I. 1893. 20 ff.

b) Innere Beschaffenheit der Krystalle.

Nicht nur mit Bezug auf das Regelmaass der äusseren Umrissse sondern auch betreffs der inneren Continuität und Homogenität der Substanz bieten die Individuen des Mineralreichs ausserordentlich viele Abweichungen von der normalen oder idealen Ausbildungsweise dar, welche es verlangt, dass jeder Theil des Krystalls dieselbe chemische und physikalische Natur besitzt, wie ein benachbarter. Hierher gehören vor allem die meisten Erscheinungen der Umrundung und des Schalenbaues, sowie das Dasein von fremden Einschlüssen.

§ 68. **Umrundung und Schalenbau.** Die Umrundungen bestehen in dem parallelen Umschlossensein eines innerlichen Kerns von einer Hülle oder mehreren derselben, wie sich dies an den durchbrochenen oder durchschnittenen Krystallen zeigt. Solche zonar gebaute Krystalle sind also durch fortwährende Umlagerung, welche aber mit gewissen Unterbrechungen erfolgte, zu ihrer jetzigen Grösse gewachsen, jede schalenartige Umhüllung entspricht einer Bildungsperiode, die Grenze zwischen zweien derselben bezeichnet die Intermittenz des Wachstumsactes. Diese Umrundungen geben sich theils schon dem freien Auge kund, theils sind sie in solcher Zartheit ausgebildet, dass sie nur bei stärkerer Vergrösserung unter dem Mikroskop an den Mineraldurchschnitten erkannt werden. Bei ihnen handelt es sich um verschiedene, insbesondere um folgende drei Fälle:

1) Kern und Schalen sind krystallographisch und chemisch identisch; alsdann wird der Gegensatz zwischen den einzelnen, gleich beschaffenen und auch gleich gefärbten Umhüllungen vielfach nur dadurch ersichtlich gemacht, dass Partikel fremder Substanz, welche während des successiven Wachstums die jedesmalige Oberfläche bestäubten, auf der Grenze zwischen jenen abgelagert erscheinen. Hin und wieder wechseln trübere und klarere Schalen mit einander ab oder es wird ihr Dasein dadurch dargethan, dass innerhalb gewisser derselben fremde färbende Mineralpartikel eingeschlossen liegen; z. B. Schwerspathkrystalle, zusammengesetzt aus wasserklaren und rothen, durch eingelagerte Realgartheilchen so gefärbten Zonen. — Grosse Individuen von Quarz (Kappenquarz), von Wolframit zeigen solche Zusammensetzung aus Schalen, welche gewöhnlich mehr oder weniger fest mit einander verwachsen, mitunter aber so locker verbunden sind, dass man sie ohne weiteres abheben kann. Bisweilen erfolgt der Schalenaufbau nicht gemäss der ganzen Krystallgestalt, sondern blos nach einer einzigen Fläche, wie beim Diallag, Bronzit.

2) Kern und die einzelnen Schalen sind krystallographisch isomorph (gleichgestaltet), aber chemisch mehr oder weniger verschieden, oder wenigstens nicht identisch, deshalb auch, wo gefärbte Mineralien vorliegen, durch das wechselnde Eintreten von Bestandtheilen etwas abweichend und manchmal in häufiger Wiederholung abwechselnd gefärbt. Diese Erscheinung verweist offenbar auf successive Veränderung in der Beschaffenheit derjenigen Substanzen, aus welchen der wachsende Krystall sich ausschied; bei den Gemengtheilen der Eruptivgesteine ist dieser zonare Aufbau die Folge der zeitlich verschiedenen chemischen Zusammensetzung des Magmas. Während die einzelnen Anwachsschichten meist untereinander und mit den äusseren Contouren des Krystalls parallel verlaufen, zeigt sich bisweilen auch ein anders begrenzter Kern, dessen Kanten und Ecken, bei der fortschreitenden Vergrösserung, den krystallographischen Gesetzen entsprechend, durch Flächen ersetzt wurden und umgekehrt.

Grosse Individuen des Vesuvians oder Granats sind so aus vielen Schalen von verschiedenem Braun, grosse Epidote aus solchen von abweichend grünen Tönen zusammengesetzt, beim Turmalin umschliessen z. B. braune Schalen einen inneren blauen Kern; beim Flusspath finden sich honiggelbe Würfel mit weissen trüben Kernen, weingelbe Würfel mit violetten, farblose Würfel mit blauen Kernen; bräunliche oder gelbliche Kalkspathe tragen wasserklare Hülle. — Würfelige Flusspathkrystalle besitzen einen oktaëdrisch gestalteten Kern, oder sind weiss mit violblauen Ecken. Krystalle

von Kalkspath, äusserlich die Form des Grundrhomboëders R aufweisend, lassen einen dunkeln Kernkrystall von der Form — 2R durchscheinen. Krystallographische Abweichungen zwischen Kern und Hülle zeigen auch viele Barytkrystalle.

Die schalige Zusammensetzung offenbart sich bei vielen Krystallen erst mit Hülfe des Mikroskops durch die Untersuchung der von ihnen angefertigten Dünnschliffe, erscheint alsdann aber auch im allergrössten Detail; die einzelnen Schichten geben sich in solchen Durchschnitten als rahmenähnliche, ineinander geschachtelte Streifen oder Zonen zu erkennen, deren gegenseitige Abgrenzung theils durch verschiedenen Farbenton der aufeinander folgenden, theils durch zwischengestreute oder eingestreute fremde Körperchen oder durch Wechsel der Pellucidität, auch wohl durch abweichendes optisches Verhalten, z. B. durch Gegensätze in der Auslöschungsschiefe, in den Brechungsquotienten, in den optischen Axenwinkeln besonders deutlich wird. Augite, Hornblenden, Feldspathe, Granaten, Leucite, namentlich solche, welche als Gemengtheile der Felsarten auftreten, weisen diese Erscheinung ungemein schön auf. Derart fein fallen manchmal die einzelnen zusammensetzenden Lagen aus, dass sie nur wenige Tausendstel Mm. in der Dicke messen: an Durchschnitten von millimeterlangen Augitkrystallen sind bisweilen an hundert einander umhüllende Schichten zu zählen.

Bei der optischen Untersuchung von Durchschnitten der Plagioklasfeldspathe wird oft erkannt, dass die vom Centrum nach der Peripherie auf einander folgenden, deutlich abgegrenzten Zonen einen Wechsel der Auslöschungsschiefe besitzen, welcher auf eine, nach bestimmter Richtung fortschreitende Veränderung in der chemischen Zusammensetzung schliessen lässt, meist so, dass der Kern kieselarm, kalkreich und natronarm ist, nach aussen zu immer kieselreicher, kalkärmer und natronreicher werdende Schichten sich gegenseitig umhüllen. Nicht selten erfolgt auch, wie das optische Verhalten zeigt, die Substanzänderung von innen nach aussen stetig und continuirlich, d. h. ohne ersichtliches Dasein von einzelnen getrennten Schalen.

Künstlich lässt sich die isomorphe Schichtung nachahmen, indem man z. B. dunkle Oktaëder von Chromalaun in eine Lösung von gewöhnlichem Kalialaun hängt, welche eine farblose Hülle um den Kern absetzt. Bringt man Bittersalzkrystalle abwechselnd in Lösungen von Bittersalz und Manganvitriol und wieder in solche von reinem Bittersalz, so wachsen abweichend gefärbte isomorphe Schichten in beliebiger Zahl umeinander.

In einem gewissen Sinne gehört zu der isomorphen Schichtung auch die Erscheinung, dass das Weiterwachsen in der isomorphen Mischung nicht allseitig peripherisch, sondern nur einseitig geschah, wie es z. B. bei den säulenförmigen Turmalinen der Fall, welche in der Richtung der Verticalaxe verschiedene, ungefähr basisch abgegrenzte Färbung zeigen. — Eine besondere Modification des successiven Krystallaufbaus besteht in dem Dasein der sog. Anwachspyramiden oder Anwachskegel. Der Krystall erscheint alsdann gewissermassen als eine Vereinigung von lauter (umgekehrten) Pyramiden, deren Basis eine Krystallfläche ist und deren Spitze sich da befindet, wo die Fläche zuerst aufgetreten war, also im idealen Falle in der Mitte (Fig. 291). Im Durchschnitt gibt sich daher eine Zusammensetzung aus einzelnen Sektoren zu erkennen, welche den auf den einzelnen Flächen eines kleinen Kerns zum Absatz gelangten Partien entsprechen. Natürlich ist die Zahl der Anwachspyramiden ebenso gross wie diejenige der Flächen, parallel denen die Vergrösserung des Krystalls stattfand: ein Würfel würde 6, ein Oktaëder 8 derselben aufweisen; auf gleichwerthigen Flächen bilden sich übereinstimmende Anwachspyramiden aus. Die Erscheinung wird aber namentlich dadurch deutlich, dass ungleichwerthige Flächen auch eine Abweichung in der Beschaffenheit der zugehörigen Pyramiden erkennen lassen; dies spricht sich z. B. darin aus, dass ihnen verschiedene Färbung, verschiedene chemische Zusammensetzung oder ein etwas anderes optisches Verhalten eigen ist (sog. Sanduhrbau beim Augit), oder dass sie fremde Einschlüsse in verschiedentlicher Weise

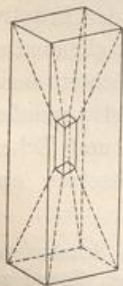


Fig. 291.

lassen; dies spricht sich z. B. darin aus, dass ihnen verschiedene Färbung, verschiedene chemische Zusammensetzung oder ein etwas anderes optisches Verhalten eigen ist (sog. Sanduhrbau beim Augit), oder dass sie fremde Einschlüsse in verschiedentlicher Weise

enthalten (Chiaistolith), oder dass in Verbindung damit die Aetzfiguren differirende Form und Anordnung zeigen. Für das Zustandekommen des Sanduhrbaus scheint namentlich das Dasein anisomorpher Substanzen von Belang zu sein (vgl. *Blumrich*, Min. u. petr. Mitth. XIII. 1892. 239; *Pelikan*, ebendas. 258, sowie dessen ausgezeichnete Abhandlung »Ueber den Schichtenbau der Krystalle«, ebendas. XVI. 1896. 4). — An den durch dilutes Pigment gefärbten Krystallen treten die Anwachs- und Wuchspyramiden dadurch hervor, dass verschiedene Krystallflächen den Farbstoff in verschiedenem Grade auf sich niederschlagen. Aus einer gesättigten Lösung von Strontiumnitrat, welche mit dem Farbstoffextract von Haematoxylon Campechianum versetzt ist, scheiden sich Krystalle ab, bei denen die Anwachskegel auf den Prismenflächen ungefärbt, diejenigen auf den übrigen Flächen prachtvoll roth erscheinen. Künstliche Meconsäurekrystalle, gefärbt mit Methylviolett, zeigen 2 violette und 2 blaue Anwachs- und Wuchspyramiden. — Andere Beispiele dafür, dass den Krystallflächen eine gewisse auswählende Kraft zukommt, liefern Baryte, Turmaline (bei welchen auf den Rhomboëderflächen Substanzen abgelagert werden, die auf den Prismenflächen fehlen), Zinnstein.

3) Kern und Schalen sind krystallographisch und chemisch abweichend, aber es ist das Zusammenfallen gewisser ausgezeichneten Flächen oder Spaltrichtungen möglich und vorhanden; hierher gehören z. B. die primären Umrundungen von Hornblende um Augit, die von monoklinem Pyroxen um rhombischen, die von triklinem Plagioklas um monoklinen Orthoklas.

§ 69. **Fremde Einschlüsse in den Mineralien.** Die Continuität der innerlichen Raumerfüllung durch eine und dieselbe Substanz wird bei den Individuen des Mineralreichs sehr häufig auf verschiedene Weise unterbrochen, indem dieselben sowohl mit grösseren oder kleineren Krystallen oder krystallinischen Partikeln anderer Mineralien durchwachsen, als auch mit anderen theils festen, theils flüssigen amorphen fremden Substanzen in grösserem oder geringerem Grade erfüllt oder endlich von Poren und Hohlräumen durchzogen sind. Alle diese fremden Einschlüsse treten ausserordentlich viel häufiger in mikroskopischem Maassstab als von makroskopischen Dimensionen in den Mineralien hervor¹⁾.

Die Einschlüsse sind zwar häufig ganz regellos durch das Mineral vertheilt, finden sich aber doch in sehr vielen Fällen auf deutlich ersichtliche Weise an gewissen Stellen desselben besonders angehäuft, während sie an anderen Stellen sehr spärlich erscheinen oder ganz fehlen. Sie liegen nämlich vor allem bald im Centrum des Krystalls versammelt, wobei dann dessen äussere Theile einschlussarm oder einschlussfrei sind, oder, im Gegensatz zum Centrum, gerade an der Peripherie besonders reichlich, oder sie finden sich schliesslich in den Durchschnitten innerhalb einzelner concentrischer Zonen eingelagert, treten also bei dem Schalenbau zwischen je zwei Schichten auf oder sind an gewisse derselben geknüpft. Wenn, worauf Beobachtungen bei künstlichen Krystallbildungen hinweisen, die Einlagerungen desto reichlicher von dem Krystall aufgenommen werden, je rascher sein Wachstum erfolgt, so würde die centrale Anhäufung der Einschlüsse auf eine anfangs beschleunigte, später verlangsamte Vergrösserung des Krystalls schliessen lassen, die peripherische auf den gerade umgekehrten Vorgang, die zonare auf einen Wechsel in der Wachstumsgeschwindigkeit.

Das Vorkommen solcher mit blosem Auge wahrnehmbarer krystallisirter oder krystallinischer Einschlüsse gehört zu den ziemlich häufigen Erscheinungen des Mineralreichs, und findet sich in sehr verschiedener Weise der Ausbildung. Bald sind es grössere, sehr deutlich erkennbare Krystalle, bald nur

¹⁾ Vgl. dar. *F. Zirkel*, Lehrb. d. Petrographie. 2. Aufl. 1894, Bd. I. 162—192.

haarförmige oder feinschuppige Individuen eines Minerals, welche in ganz regelloser Lage von grösseren Krystallen eines anderen Minerals umschlossen werden. Im ersteren Falle ragen die eingeschlossenen Krystalle bisweilen mehr oder weniger weit aus dem einhüllenden Krystall heraus, auch sind sie wohl mitunter verbogen oder zerbrochen; im zweiten Falle kommt es oft vor, dass die feinen schuppigen oder körnigen Individuen nur nahe an oder auf der Oberfläche des einschliessenden Krystalls vertheilt, ihm gleichsam nur aufgestreut sind.

Besonders häufig ist die Erscheinung am Quarz, zumal an denjenigen reineren Varietäten, welche Bergkrystall genannt werden, und bei ihrer grossen Durchsichtigkeit ganz vorzüglich geeignet sind, die eingeschlossenen Krystalle deutlich erkennen zu lassen. Auch der Kalkspath, der Flussspath, der Baryt, die Feldspathe und Turmaline sind nicht selten mit krystallisirten Einschlüssen versehen, deren Vorhandensein, bei den höheren Graden der Pellucidität, welche diesen Mineralien eigen zu sein pflegen, ebenfalls leicht bemerkt werden kann.

Als weniger deutliche Einschlüsse in Form von staubähnlichen Partikeln, Schüppchen oder haarförmigen Gebilden kommen zumal häufig Pyrit, Kupferkies, Chlorit (Helminth), Amiant und Goethit vor. Die kleinen Pyrit- und Chloritkrystalle zeigen bisweilen innerhalb des sie umschliessenden Krystalls eine mehr oder weniger regelmässige Vertheilung, welche durch die Form dieses Krystalls bestimmt wird. Doch bleibt die gegenseitige Lage der Individuen untereinander eine regellose, weshalb die Erscheinung in diesem Falle nicht als eine Interposition zu bezeichnen ist.

Krystallisirte oder krystallinische Körper von mikroskopischer Kleinheit sind den verschiedensten Mineralien in reichlicher Fülle und vormals ungeahnter Verbreitung eingewachsen, wie dies namentlich die Untersuchung der Gemengtheile von Felsarten gelehrt hat. Obschon sie in der Regel während des Wachsthumactes des sie bergenden Minerals ganz ordnungslos und in zufälliger Stellung darin eingeschlossen wurden (sog. poikilitische Verwachsung), gibt es doch auch manche Fälle, wo ihre innerliche Einlagerung einen Parallelismus aufweist (sog. Interposition) oder in einer bestimmten Beziehung zu Form und Wachsthum des grossen Krystalls steht.

So enthalten z. B. die röthlichen Kalkspathkörner des serpentinführenden Kalksteins von Modum in Norwegen eine grosse Menge zinnberrother oder dunkelorange-farbiger, scharf begrenzter, durchscheinender Nadelchen (wahrscheinlich Nadeleisen) in sich, welche genau parallel den vier Axenrichtungen des Kalkspaths darin orientirt sind.



Fig. 292.



Fig. 293.

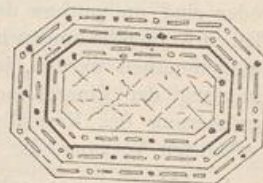


Fig. 294.

In den Nephelinen sind zarte grüne Augitprismen nach allen vier Axenrichtungen des hexagonalen Minerals eingeordnet. Im Dolomit vom Greiner liegen feine Tremolit-

fasern den Polkanten des Rhomboëders parallel. Der rhombische Hypersthen führt unzählige fremde Lamellen, die mit ihrer platten Fläche parallel dessen vollkommenster Spaltrichtung liegen, während ihre Längsausdehnung senkrecht auf die Verticalaxe des Hypersthens oder parallel derselben gerichtet ist. Der Leucit hat die charakteristische Tendenz, zahlreiche fremdartige Körperchen (z. B. Augitmikrolithen, Magnetiseinkörnchen) in sich einzuschliessen und dieselben so zu gruppieren, dass sie im Leucitdurchschnitt entweder einen centralen runden Haufen oder mehrere concentrische Kränze darstellen, welche entweder Kreise oder achteckige Figuren sind; sie liegen demnach auf der Oberfläche von kleineren Leucitformen vertheilt, welche man sich in den Krystall eingeschrieben denkt (Fig. 292). Mikrolithische Interpositionen zeigt Fig. 293 im Labradorit, Fig. 294 in einem schalig zusammengesetzten Querschnitt von Augit, Fig. 295 in einem Verticalschnitt des Nephelins. Fig. 296 stellt in einem Ikositetraëder von Granat Quarzeinschlüsse dar, welche sich der Form des ersteren angepasst haben.



Fig. 295.



Fig. 296.

Solche Einwachsungen von mikroskopischen krystallisirten oder krystallinischen Individuen sind es auch, wodurch gewisse Mineralien ihre besondere Farbe oder hervorstechende optische Eigenthümlichkeiten erlangen. Rother feinvertheilter Eisenglimmer färbt den bei Stassfurt vorkommenden Carnallit und den Stilbit aus dem tiroler Fassathal intensiv roth. Der Prasem von Breitenbrunn verdankt seine lauchgrüne Farbe einem dichten Gewirr von schilfigen und nadelförmigen Strahlsteinsäulen, mit welchen seine klare farblose Quarzmasse durch und durch gespickt ist; Bergkrystalle erscheinen schmutzig grün durch massenhaft eingewachsene Chloritstäubchen. Betreffs weiterer durch solche Einlagerungen hervorgebrachter Erscheinungen vgl. den Abschnitt über Farbenwandlung, Schillern, Asterismus.

In manchen Krystallen sind die eingewachsenen mikroskopischen Individuen in ganz ungeheurer Anzahl vorhanden. Die Substanz vieler dunkelgefärbter Mineralien strotzt wahrhaft von innig eingemengten isolirten winzigen Magnetiseinkörnchen. In den triklinen Feldspathen vieler Gesteine liegen schwarze und bräunlich durchscheinende Körnchen, Nadelchen und Täfelchen in enormer Anzahl und herabsinkend zu so kleinen Dimensionen, dass ein Theil derselben selbst bei stärkster Vergrößerung nur wie der allerfeinste Staub erscheint. — Ausserdem ist die grosse Verschiedenartigkeit der eingeschlossenen Kryställchen bemerkenswerth; so hat man z. B. Leucit-Individuen untersucht, welche ausser glasigen und flüssigen Partikeln nicht weniger als fünf verschiedene andere mikroskopische Mineralien einhüllten: grüne Pyroxene, farblose Nepheline, blaue Häüyne, braune Granaten, schwarzen Magnetit. Häufig aber ist es wegen der Kleinheit der körneligen, mikrolithischen oder lamellaren Einschlüsse schwierig oder nicht möglich, sie mit einem bekannten Mineral zu identificiren.

Bei sehr vielen chemischen Analysen ist eine Mineralsubstanz einschliesslich der fremden Einlagerungen zur Untersuchung gekommen, sei es, weil man die Gegenwart derselben überhaupt nicht voraussetzte, sei es, weil die vorherige mechanische oder chemische Entfernung derselben entweder verabsäumt wurde, oder thatsächlich unausführbar war. So haben manche, früher auffallende oder unerklärliche Ergebnisse

der Analysen, welche nicht mit der Normalformel des Minerals oder nicht unter einander stimmen wollen, in derlei fremden Einnengungen ihren Grund. (Vgl. z. B. Staurolith.) Davon machen die wohlausgebildeten, aber als solche undurchsichtigen Krystalle keine Ausnahme; denn makro- und mikroskopische Betrachtung lehrt, dass innige Erfüllung mit fremden Gebilden das Regelmässige der Krystallform keineswegs zu beeinträchtigen braucht. Denjenigen Mineralien gegenüber, welche, wie die meisten Erze, keine hinlänglich pelluciden Dünnschliffe liefern, hat das berechtigte Misstrauen in die Homogenität einen noch viel weiteren Spielraum.

Die Erscheinungen der Interposition gehen bis zur gegenseitigen innigen und vollständigen Durchdringung zweier verschiedener Mineralien, bei denen beide Substanzen in fast gleichem Volumen theilhaftig sind und die einzelnen der beiderseitigen Partikel vielfach unter einander parallele Orientirung aufweisen; z. B. Verwachsungen von Kalifeldspath mit Albit, von Feldspath mit Quarz (Schriftgranit), von monoklinen und rhombischen Pyroxenen, von Magnetit und Titaneisen. In seltenen Fällen bestehen dann hinsichtlich der gegenseitigen Verwachsung beider Mineralien auch noch gesetzliche Beziehungen.

Es ist nicht ausgeschlossen und wird durch manche Beobachtung wahrscheinlich gemacht, dass dergleichen innige Durchwachsungen in einem so feinen Maassstab erfolgen, dass sie, jenseits der Grenze der Wahrnehmung gelegen, bei stärkster Vergrösserung in den besten Präparaten nicht mehr als solche zu erkennen sind, dass also submikroskopische Verwachsungen vorliegen. Eine Annahme derselben würde mehrfach auch die Resultate chemischer Analysen deuten. So z. B. fände der Natrongehalt in Orthoklasen seine Erklärung, wenn die letzteren als eine submikroskopische Verwachsung von Kalifeldspath mit Natronfeldspath betrachtet werden könnten.

Im Vorstehenden ist vorausgesetzt worden, dass die fremden krystallinischen Partikel während des Wachstums des umgebenden Minerals von ihm eingeschlossen wurden. Die Durchsetzung einer Mineralmasse mit anderen nicht zugehörigen krystallinischen Substanzen kann aber auch so zu Stande kommen, dass dieselben sich, wie z. B. Chloritblättchen im Augit, Epidotkörnchen in der Hornblende, erst secundär als Neubildungsproduct aus jener Mineralmasse heraus entwickeln, oder dass auf Spältehen, welche die letztere durchziehen, fremde Mineralsubstanz zum Absatz gelangt, z. B. Infiltrationen von Brauneisenstein auf Klüftchen im Quarz. Solche erst nachträglich gebildete Einlagerungen werden nicht als Einschlüsse bezeichnet.

Anm. Zu den merkwürdigsten Beispielen einer sehr mangelhaften Raumerfüllung gehören noch die von *Scheerer* so genannten Perimorphosen oder Kernkrystalle: regelmässige, aus einem Individuum bestehende Krystallhüllen, welche meist mit ganz anderen Mineralien ausgefüllt sind, deren Aggregat sie wie einen Kern umschliessen. Sie sind bisweilen papierdünn, so dass der eigentliche Krystall gleichsam nur auf seine Epidermis reducirt ist. Die im körnigen Kalk vorkommenden Krystalle des Granats (z. B. von Arendal, Auerbach, Moldawa) lassen diese Ausbildungsweise zuweilen sehr auffallend erkennen; sie ist aber auch an anderen Mineralien beobachtet worden. Die Entstehung dieser Gebilde bietet noch manches schwer Erklärliche.

Mit blossem Auge sichtbare Einschlüsse einer Flüssigkeit sind u. a. in vielen Chalcedonen von Brasilien, Quarzen und Amethysten von Schemnitz und vom St. Gotthard, in manchen Steinsalzen, Flussspathen, Gypsen nicht eben selten und längst bekannt. Die in einem Hohlraum sitzende Flüssigkeit enthält gewöhnlich ein Bläschen, eine Libelle, und bewegt sich deshalb beim Neigen der Stücke wie diejenige einer Wasserwaage hin und her. Auch nachdem Sir *David Brewster* nachgewiesen, dass solche Höhlungen mit Flüssigkeiten sich gleichfalls in mikroskopischer Kleinheit in manchen anderen Mineralien (z. B. Smaragd, Beryll, Chrysoberyll,

Chrysolith, Feldspath, Topas, Sapphir⁴⁾ finden, glaubte man zunächst noch, dass dieselben nur in wohl ausgebildeten Krystallen und in diesen blos spärlich und zufällig vorkommen. Erst durch *Henry Clifton Sorby*¹⁾ wurden (1858) diese Beobachtungen über die Verbreitung mikroskopischer Flüssigkeitseinschlüsse weiter ausgedehnt, verallgemeinert und zugleich auf zwei ganz neue Gebiete gelenkt, indem einerseits die künstlich gebildeten Krystalle in dieser Rücksicht eingehend zur Vergleichung untersucht wurden und anderseits die als Gemengtheile von Gesteinen auftretenden Mineralien eine Prüfung erfuhren. Im Laufe der Zeit haben sich die Nachweise über die Verbreitung dieser Gebilde so vervielfacht, dass es nicht mehr zweifelhaft ist, eine jede Mineralsubstanz sei unter den erforderlichen genetischen Bedingungen fähig, liquide Einschlüsse und zwar selbst in reichlicher Anzahl innerhalb ihrer Masse zur Ausbildung gebracht darzubieten.

So sind dieselben z. B. beobachtet in: Quarz, monoklinem und triklinem Feldspath, Nephelin, Elaeolith, Leucit, Meionit, Augit, Hornblende, Chlorit, Olivin, Phenakit, Topas, Cordierit, Vesuvian, Smaragd, Beryll, Spinell, Sapphir, Apatit, Kalkspath, Gyps, Flussspath, Steinsalz, Kryolith, Zinnstein, Zinkblende, Zinnober. Diese Mineralien sind allesamt solche, welche in Dünnschliffen genügende Pellucidität erlangen; für die völlig impellucid bleibenden Mineralkörper, z. B. die meisten Erze, lassen sich diese Einschlüsse durch das Mikroskop nicht nachweisen; es ist aber wahrscheinlich, dass sie hier in einem vielleicht nicht minderen Maasse ebenfalls vorhanden sind.

Die kleineren der mikroskopischen Flüssigkeitseinschlüsse in den Mineralien (Fig. 297) sind gewöhnlich rundlich, dem Kugelrunden genähert, eiförmig, die grösseren oft auf das Verschiedenartigste gestaltet mit unregelmässigen Verästelungen und schlauchförmigen Verzerrungen. Weitaus die meisten derselben zeigen ein ganz deutlich erkennbares kugelförmiges und dunkelumrandetes Gasbläschen (Libelle) in der Flüssigkeit, welches sich sehr oft innerhalb derselben hin und her bewegt. Die freiwillige, zitternde oder wirbelnde Beweglichkeit der Libelle ist es, wodurch der ganze Einschluss auf den ersten Blick in entscheidender Weise als eine Flüssigkeit charakterisirt wird. Man pflegt diese constante spontane Bewegung als durch stetige kleine Temperaturschwankungen hervorgebracht zu deuten, mit denen ein fortwährender Wechsel von Evaporation und Condensation verbunden ist. Anderen Flüssigkeitseinschlüssen ist diese selbständige Motion der Libelle nicht eigen. Bei einem Theil derselben kann aber eine einfache Orts- oder Formveränderung der letzteren durch eine einseitige Erwärmung des Präparats herbeigeführt werden, wodurch gleichfalls die liquide Natur der Substanz gekennzeichnet ist. Bei noch anderen Einschlüssen verbleibt die Libelle sowohl bei gewöhnlicher als erhöhter Temperatur fortwährend ganz unbeweglich; dieses indifferente Verhalten darf indessen keineswegs als ein Beweis gegen den flüssigen Charakter gelten. — Die grösseren mikroskopischen Flüssigkeitseinschlüsse messen selten mehr als 0,06 Mm.

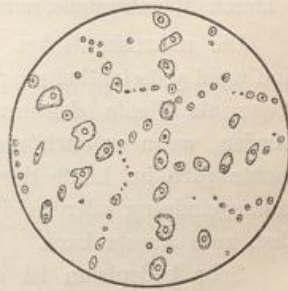


Fig. 297.

4) In seiner für alle Zeit classischen Abhandlung: On the microscopical structure of crystals, indicating the origin of minerals and rocks (Quart. journ. of geol. soc. XIV. 435).

Naumann-Zirkel, Mineralogie. 14. Aufl.

im grössten Durchmesser und es finden sich alle Abstufungen der Kleinheit; die winzigsten erscheinen selbst bei 4000facher Vergrösserung nur als die allerfeinsten, kaum mehr wahrnehmbaren Punkte. Sind die Wandungen, welche die liquiden Einschlüsse begrenzen, überhaupt gerade und flach, so entsprechen sie, wie bei den künstlich aus Lösungen entstandenen Gebilden, meist auch den Flächen des betreffenden Krystalls.

So sind die mit einem Bläschen ausgestatteten liquiden Einschlüsse im Steinsalz meist hexaëdrisch gestaltet; im Quarz gibt es solche, welche genau die Form seiner hexagonalen Pyramide oder der Combination einer solchen mit dem Prisma besitzen. Ja flüssige Einhüllungen von einer den Orthoklas-Combinationen entsprechenden Gestalt wurden im Adular vom St. Gotthard beobachtet.

Die Flüssigkeitseinschlüsse erscheinen innerhalb der Mineralmasse entweder einzeln unregelmässig durcheinander gestreut, oder zu vielfach sich verzweigenden und wieder vereinigenden Reihen und Streifen, auch wohl zu Haufen und förmlichen Schichten versammelt. In den Gesteinen bemerkt man manchmal, wie ein Zug solcher Einschlüsse unter Beibehaltung seiner Richtung durch mehrere benachbarte Mineralindividuen von übereinstimmender oder abweichender Natur hindurchgeht. Eine übergrosse Menge allerwinzigster Flüssigkeitspartikel verursacht oftmals ein milchiges oder trübes Aussehen der damit imprägnirten sonst völlig klaren Mineralsubstanz, z. B. beim Quarz, Steinsalz, Kalkspath.

Unter den Mineralien ist wohl keines durchschnittlich reicher an solchen flüssigen Einschlüssen als der Quarz, namentlich derjenige, welcher als Gemengtheil der Gesteine (Granite, Gneisse) sowie auf Gängen auftritt. Sie sind stellenweise so massenhaft darin vorhanden, dass es in der That von ihnen wimmelt, und dass nach einer Berechnung in einem Cubikzoll daran sehr reichen Quarzes über 4000 Millionen derselben enthalten sind. — Uebrigens scheinen die verschiedenen Mineralsubstanzen mit Bezug auf ihre Tendenz, während ihres Wachstums flüssige Theilchen in ihre Masse einzuhüllen, von einander abzuweichen. So berichtet auch *Sorby*, dass, wenn gemischte Lösungen von Alaun und Chlornatrium nicht allzu rasch bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten, die sich ausscheidenden Chlornatriumkrystalle so zahlreiche Flüssigkeitseinschlüsse enthalten, dass sie völlig weiss und impellucid erscheinen, während die klaren Alaunkrystalle nur sehr spärliche derselben aufgenommen haben.

Die mikroskopischen Flüssigkeitseinschlüsse in den verschiedenen Mineralien sind wohl grösstentheils ursprünglich bei der Bildung derselben auf mechanischem Wege als Theile der umgebenden Lösung oder als condensirte Gase eingehüllt worden, wenn es auch nicht ausgeschlossen ist, dass bisweilen das Liquidum erst nachträglich im Laufe der Zeit in leere, d. h. mit Gas erfüllte präexistirende Hohlräume eindrang oder in der Ausfüllungsmasse allmählich wieder zuheilender Spältchen zum Absatz kam.

Sehr bedeutsam ist die Ermittlung der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Flüssigkeitseinschlüsse. Wohl die meisten bestehen aus Wasser oder aus einer Lösung von Salzen oder von Gas in vorwaltendem Wasser. Bei ihnen wird durch steigende Temperatur, durch Erwärmung des Präparats, innerhalb der Beobachtungsgrenzen das Volumenverhältniss zwischen Libelle und Flüssigkeit nicht merklich verändert, selbst bei Temperaturen von 420° ist keine Condensation der ganz indifferenten (oft aber lebhaft beweglichen) Libelle durch Verkleinerung derselben zu beobachten. Ja es kommen in der That auch

gesättigte Salzlösungen als mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse vor, welche durch die darin ausgeschiedenen Salzkrystalle charakterisirt sind. Die merkwürdigste Natur ist aber denjenigen Einschlüssen eigen, an welchen sich die flüssige Kohlensäure betheilt und welche sich dadurch kennzeichnen, dass während einer Erhöhung der Temperatur schon bei ca. 32° C. durch die enorme Expansivkraft der Kohlensäure die Libelle zum Verschwinden gebracht wird, worauf sie alsdann während der Abkühlung genau bei demselben Temperaturgrad wiederum in dem Einschluss zum Vorschein kommt.

Die in mehreren Quarzen eingeschlossene Flüssigkeit wurde von *H. Davy* und *Sorby* als fast reines Wasser befunden, während der Letztere in anderen Quarzen wässrige Flüssigkeiten untersuchte, welche oft eine sehr beträchtliche Menge von Chlorkalium und Chlornatrium, von Sulfaten des Kaliums, Natriums, Calciums und mitunter freie Säuren enthielten. Sehr weit verbreitet scheinen die Liquida zu sein, welche aus kohlensäurehaltigem Wasser bestehen.

Die gesättigten Salzlösungen sind bis jetzt hauptsächlich nur in Quarzen (auch ganz selten im Kalkspath, Nephelin, Smaragd) nachgewiesen worden, scheinen aber, wo dies Mineral als Gemengtheil von Felsarten auftritt, gar nicht so selten zu sein. Zur Zeit hat man so nur Chlornatriumlösung gefunden, in welcher neben der Libelle ein kleines oft scharfkantiges wasserhelles isotropes Würfelchen des Salzes schwimmt. Dass hier in der That Chlornatrium vorliegt, dies wurde einmal auf spectralanalytischem Wege dargethan, indem der in der Flamme decrepitirende Quarz ein prachtvolles Aufblitzen der Natriumlinie hervorrief; anderseits ergab destillirtes Wasser, in welchem derselbe Quarz gepulvert worden war, mit Silbernitrat einen sehr deutlichen Niederschlag von Chlorsilber¹⁾. Das Würfelchen löst sich bei sehr starker Erhitzung des Minerals in der Flüssigkeit und krystallisirt bei der Abkühlung wieder heraus.

Den Nachweis von der Gegenwart flüssiger Kohlensäure in den Mineralien verdanken wir den ingeniosen Experimenten von *H. Vogelsang* und *Geissler*. Nachdem schon 1858 *Simmler* vermuthet hatte, dass wohl gewisse der von *Brewster* mehrfach in Krystallen beobachteten Flüssigkeiten liquide Kohlensäure sein dürften, weil insbesondere das so beträchtliche Expansionsvermögen am meisten mit demjenigen dieser seltsamen Substanz übereinstimme, thaten jene beiden Forscher 1869 die wirkliche Existenz derselben in Mineralien dar. Das Liquidum in einem Bergkrystall und in Topasen besass genau diejenigen Expansionsverhältnisse, welche nach *Thilorier* der flüssigen Kohlensäure zukommen. Beim Decrepitiren ergeben diese Mineralien in dem Spectralapparat das Spectrum der reinen Kohlensäure und beim Zersprengen in Kalkwasser erzeugen sie eine Abscheidung von kohlensaurem Kalk²⁾. Fast gleichzeitig und unabhängig wies *Sorby* überzeugend nach, dass auch das in Sapphiren eingeschlossene Liquidum Kohlensäure ist. Nachdem einmal die Beweise für ihre wirkliche Existenz in den Mineralien geführt und die Unterscheidungsmerkmale festgestellt waren, gelang es, die flüssige Kohlensäure auch in Gemengtheilen von Gesteinen aufzufinden, wie sie denn in Quarzen von Graniten und Gneissen gar nicht so selten ist, und auch in Augiten, Olivinen und Feldspathen der Basalte vorkommt³⁾. Ihre

1) *F. Zirkel*, N. Jahrb. f. Mineral. 4870. 802.

2) *Ann. d. Phys. u. Chem.* Bd. 437. 1869. 56 u. 265.

3) Vgl. noch über diese Einschlüsse die Abhandlung von *Erhard* und *Stelzner* (Min. u. petr. Mitth. I. 4878. 450), worin u. a. angegeben wird, dass der »kritische Punkt«, diejenige Temperatur, bei welcher Kohlensäure aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht, bei den selbst in demselben Krystall befindlichen einzelnen Flüssigkeiten etwas verschieden sein kann, sowie dass auch für manche Einschlüsse, welche wahrscheinlich aus unreiner Kohlensäure bestehen, der kritische Punkt niedriger, z. B. zwischen 23° und 26° C. liegt. Ueber das Verschwinden der Libelle bald durch allmähliche Verkleinerung, bald durch allmähliche Vergrößerung sowie über das bei der Abkühlung zunächst erfolgende Auftreten zahlreicher ganz kleiner Bläschen, ferner

Gegenwart führt zu dem Schluss, dass die sie enthaltenden Mineralien unter hohem Druck gebildet sind.

Wie ein aus einer wässerigen Lösung entstehender Krystall Mutterlaugepartikelchen mechanisch in sich aufnimmt, so hüllt ein aus einer künstlich geschmolzenen Materie sich ausscheidender Krystall während seines Wachstums sehr häufig kleine isolirte Partikel des umgebenden Schmelzflusses in seine Masse ein, welche, indem sie rasch erstarren, sich gewöhnlich als Einschlüsse von glasiger Substanz darstellen. Mikroskopische Glaseinschlüsse solcher Art besitzen auch in gewissen natürlichen Mineralvorkommnissen eine ganz ungeheure Verbreitung; sie finden sich sowohl in den Gemengtheilen derjenigen Gesteine, deren Masse zum grössten oder grossen Theil selbst zu Glas erstarrt ist, wie z. B. der porphyrtigen Obsidiane, der Pechsteine, als auch solcher, welche bei ihrer Festwerdung fast gänzlich oder lediglich zu einem krystallinischen Aggregat ausgebildet wurden. Wo immer diese primären Glaseinschlüsse sich zeigen, da liefern sie den unwiderleglichsten Beweis dafür, dass der sie einhüllende Krystall in Gegenwart einer geschmolzenen Masse fest geworden ist, eine Thatsache, welche für die genetische Mineralogie, Petrographie und Geologie die höchste Bedeutung besitzt.

Die in fremder Krystallmasse eingeschlossenen mikroskopischen Glaspartikel haben sehr oft eine dem Eirunden oder Kugelrunden genäherte tropfengleiche Umgrenzung, mitunter aber auch eckige und zackige, unregelmässige und keilähnliche Form. Nicht selten ist die oben gleichfalls für die Flüssigkeitseinschlüsse hervor gehobene Erscheinung, dass ihre Contour die Gestalt des sie einschliessenden Krystalls im Miniaturmaassstabe wiedergibt.

Wir haben es hier gewissermassen mit negativen Krystallen zu thun, wobei der durch sie bedingte Hohlraum mit Glas erfüllt ist. So kommen in den vesuvischen Leuciten isolirte Partikel braunen Glases vor, welche ihrerseits ausserordentlich scharf die Leucitform zur Schau tragen. Vielorts (z. B. in Quarzporphyren, Rhyolithen, Pechsteinen) besitzen die Glaseinschlüsse im Quarz vermöge ihres pyramidalen Umrisses, der oft als solcher hervortritt, einen hexagonalen oder rhomboidalen, diejenigen im Feldspath einen länglich-rechteckigen Durchschnitt, so dass man schon aus der Configuration derselben zu erkennen vermag, ob es Quarz oder Feldspath ist, der sie einhüllt.

In den Glaseinschlüssen findet sich nun gewöhnlich gleichfalls ein, im Gegensatz zu demjenigen der flüssigen Einschlüsse sehr dunkel umrandetes Bläschen oder auch mehrere derselben. Diesem Bläschen innerhalb des starren Glases ist natürlich die freiwillige Bewegung oder die durch Erwärmung bewirkte Ortsveränderung, wie sie die Libellen der liquiden Partikel charakterisirt, durchaus versagt. Die Libelle ist in der Regel ziemlich kugelförmig, oft eiförmig, hin und wieder birnförmig, oder sackähnlich und schlauchförmig gekrümmt; es existirt selbst innerhalb desselben Krystalls keinerlei Beziehung zwischen ihrem Volumen und demjenigen des ganzen Einschlusses, wie denn dicke Glaspartikel mit ganz kleinem und solche mit ausnehmend grossem Bläschen nebeneinander vorkommen. Die hyalinen Einschlüsse finden sich bald ganz unregelmässig durch die Krystallmasse vertheilt, bald auf gewisse Stellen, z. B. das Centrum beschränkt, wobei dann die anderen Krystall-

über die Gegenwart von zwei Flüssigkeiten in einem Hohlraum vgl. *F. Zirkel*, *Lehrb. d. Petrogr.* 2. Aufl. I. 1893. 175 ff.

theile arm daran oder frei davon sind. Häufig ist die charakteristische Erscheinung, dass die innerliche Gruppierung der Glaskörner in Schichten erfolgte, welche mit den äusseren Flächen des Krystalls parallel gehen und durch Lagen einschlussfreier Krystallsubstanz von einander getrennt sind¹⁾.

Der Krystall wurde daher in einem Zeitpunkt seines Wachstums auf seiner ganzen Oberfläche von zahlreich anhaftenden isolirten Theilchen des umgebenden Schmelzflusses bedeckt, und vergrösserte sich darauf wieder durch Ansatz seiner eigenen Masse. Mitunter fand dieser Process wiederholt statt und es ergeben sich dann in dem Krystalldurchschnitt mehrere concentrische Zonen von Glasparkeln. — Aehnlich sind die von *v. Dechen* schon 1829 beschriebenen Feldspathkrystalle im Pechstein der Insel Arran, welche aus abwechselnden dünnen Feldspathschalen und glasigen Pechsteinlagen bestehen, Erscheinungen, die sich auch mikroskopisch wiederholen.

Die Anzahl der von den Krystallen eingehüllten mikroskopischen Glasparkel geht oft ins Erstaunliche. Durchschnitte von Leucitkrystallen aus Vesuvlaven z. B., welche das Gesichtsfeld des Mikroskops bilden, bieten manchmal Hunderte von winzigen braungelben Glaseinschlüssen in einer Ebene dar, und bei der um ein Minimum veränderten Focaldistanz treten Hunderte andere tiefer oder höher gelegene Glaskörner innerhalb der farblosen Leucitsubstanz hervor, so dass diese in der That durch und durch auf das Innigste mit feinen Glasparkeln imprägnirt ist, welche in einem nur den Bruchtheil eines Millimeters messenden Krystall nach Tausenden zählen. In derselben Weise strotzen z. B. Feldspathe, Augite, Nepheline, Olivine von Glastheilchen.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass in den Glaseinschlüssen, welche ja im Moment ihrer Einhüllung geschmolzene Partikel waren, sich manchmal eine Ausscheidung winziger Mikrolithen in Form feinsten Nadelchen oder Fäserchen ereignet hat.

Ausser den eigentlich glasigen Einschlüssen begegnet man in den Mineralindividuen, welche als Gemengtheile von gewissen Eruptivgesteinen vorkommen, noch anderen, ebenfalls als solche nicht individualisirten Einhüllungen, welche hauptsächlich aus der den Grundteig des Gesteins bildenden Substanz bestehen, und genetisch sowie morphologisch den Glasparkeln sehr ähnlich sind.

Leere, d. h. nicht absolut leere, sondern mit einem Gas oder Dampf erfüllte Hohlräume oder Poren (Gasporon, Dampfporon) sind in manchen Krystallen schon mit grösseren Dimensionen dem blosen Auge erkennbar. Bisweilen zeigen diese Höhlungen eine mit der äusseren Form der Krystalle übereinstimmende oder doch vereinbare Form, und dann befinden sie sich in paralleler Stellung zu einander und zu dem Krystall selbst; wie solches von *Leydolt* am Eis, Bergkrystall und Topas, von *G. Rose* am Gyps nachgewiesen worden ist.

Ausgezeichnet sind die 1—3 Mm. grossen Hohlräume von der scharfen Form ∞ P.P in den wasserklaren Bergkrystallen von Middleville, New-York. Solche ebenflächig begrenzte Cavitäten heissen wohl negative Krystalle. Mikroskopische Untersuchungen haben nun nachgewiesen, dass dunkelumrandete, anscheinend leere Poren von äusserster Winzigkeit eine ungemein weit verbreitete Erscheinung in den verschiedensten Mineralien sind. Sie sind gewöhnlich kugelförmig oder eiförmig, seltener

4) Ueber Glaseinschlüsse überhaupt und die Anhaltspunkte zur Unterscheidung derselben von den Flüssigkeitseinschlüssen vgl. *F. Zirkel*, Lehrb. d. Petrogr. 2. Aufl. I. 1893. 481. — Im Gegensatz zu den primären, auf Einhüllung von Schmelzflusspartikelchen während des Wachstums zurückzuführenden Glaseinschlüssen stehen die — übrigens nur an ganz besonderen Orten und unter ganz besonderen Verhältnissen sich findenden — secundären Glaseinschlüsse in den Mineralien, welche innerhalb der letzteren erst nachträglich durch äussere Einwirkung eines geschmolzenen Eruptivgesteins entstanden sind und in ihrer speciellen Bildungsweise noch manches Unaufgeklärte darbieten.

regelrecht polygonal begrenzt, und liegen entweder regellos zerstreut, oder zu Haufen und Schwärmen gruppiert, perlschnurartig 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 Häüyn von Melfi kleine Hohlkugeln örtlich so dicht gedrängt, dass bei der Voraussetzung einer gleichmässigen Vertheilung durch die Krystallsubstanz nach einer Berechnung in einem Cubikmillimeter so porenreichen Häüyns 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 comprimirt 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 (krystallisirte 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 Auffassung von *Judd* in grosser Tiefe und unter hohem Druck vermöge der dann gesteigerten Lösungsfähigkeit des circulirenden Wassers längs gewissen kristallographischen Ebenen (den Ebenen »chemischer Schwäche«) aus den Mineralien förmlich innerlich herausgeätzt worden sein sollen.