



Elemente der Mineralogie

Naumann, Carl Friedrich

Leipzig, 1901

§. 69. Fremde Einschlüsse in den Mineralien

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

enthalten (Chiastolith), 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. 1). — An den durch dilutes Pigment gefärbten Krystallen treten die Anwachspyramiden 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 Methylviolet, zeigen 2 violette und 2 blaue Anwachspyramiden. — Andere Beispiele dafür, dass den Krystallflächen eine gewisse auswählende Kraft zukommt, liefern Baryte, Turmaline (bei welchen auf den Rhomboederflächen Substanzen abgelagert werden, die auf den Prismenflächen fehlen), Zinnstein.

3) Kern und Schalen sind krystallographisch und chemisch abweichend, aber es ist das Zusammenfallen gewisser ausgezeichneter 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 Wachsthum 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 ersten 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 Krystals 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 krystallirten 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 Krystals eine mehr oder weniger regelmässige Vertheilung, welche durch die Form dieses Krystals 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 Wachsthumus-actes 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 Krystals steht.

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

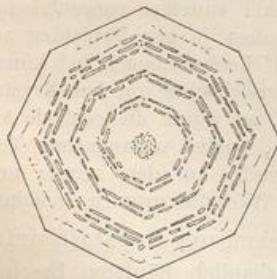


Fig. 292.

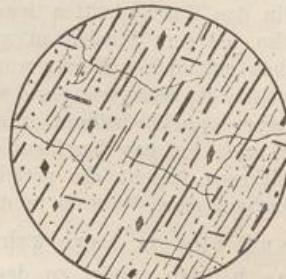


Fig. 293.

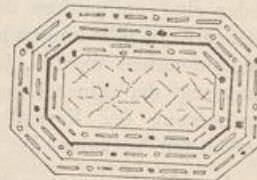


Fig. 294.

In den Nephelinien 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. Augit-mikrolithen, Magnet-eisenkörnchen) 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.

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 schilfartigen 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 Magnet-eisenkörnchen. In den triklinen Feldspäthen 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 Krystallchen 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 Haüyne, 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



Fig. 295.



Fig. 296.

der Analysen, welche nicht mit der Normalformel des Minerals oder nicht unter einander stimmen wollen, in derlei fremden Einmengungen ihren Grund. (Vgl. z. B. Staurolith.) Davon machen die wohl ausgebildeten, aber als solche undurchsichtigen Krystalle keine Ausnahme; denn makro- und mikroskopische Betrachtung lehrt, dass innige Erfüllung mit fremden Gebilden das Regelmaass 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 betheiligt 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 Spältchen, 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 papierdünne, 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 blosem 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 Wasserwage 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, Sapphir¹⁾ 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 charakterisiert 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 indifferenten Verhalten darf indessen keineswegs als ein Beweis gegen den flüssigen Charakter gelten. — Die grösseren mikroskopischen Flüssigkeitseinschlüsse messen selten mehr als 0,06 Mm.

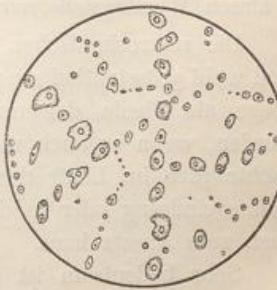


Fig. 297.

1) 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).

im grössten Durchmesser und es finden sich alle Abstufungen der Kleinheit; die winzigsten erscheinen selbst bei 4000 facher 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 Krystals.

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 Wachsthums 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 grösstenteils 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 Ermittelung 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 Salzkristalle charakterisiert sind. Die merkwürdigste Natur ist aber denjenigen Einschlüssen eigen, an welchen sich die flüssige Kohlensäure betheiligt 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 mehren Quarzen eingeschlossene Flüssigkeit wurde von *H. Davy* und *Sorby* als fast reines Wasser befunden, während der Letztere in anderen Quarzen wässerige 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 decrepitierte 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 krystallisiert 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* vermutet 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 Sapphires 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 Feldspäthen der Basalte vorkommt³⁾. Ihre

1) *F. Zirkel*, N. Jahrb. f. Mineral. 1870. 802.

2) Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 137. 1869. 56 u. 263.

3) Vgl. noch über diese Einschlüsse die Abhandlung von *Erhard* und *Stelzner* (Min. u. petr. Mith. I. 1878. 450), worin u. a. angegeben wird, dass der »kritische Punkte«, 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 Wachsthums 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 Mineralvorkommissen 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 porphyrtartigen 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 keilförmliche Form. Nicht selten ist die oben gleichfalls für die Flüssigkeitseinschlüsse hervorgehobene Erscheinung, dass ihre Contour die Gestalt des sie einschliessenden Krystals 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 kugelrund, oft eirund, hin und wieder birnförmig, oder sackähnlich und schlauchförmig gekrümmt; es existirt selbst innerhalb desselben Krystals 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. 475 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 Krystals parallel gehen und durch Lagen einschlussfreier Krystallsubstanz von einander getrennt sind¹⁾.

Der Krystall wurde daher in einem Zeitpunkt seines Wachsthums 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 Prozess wiederholt statt und es ergeben sich dann in dem Krystaldurchschnitt mehre concentrische Zonen von Glaspartikeln. — Aehnlich sind die von *v. Dechen* schon 1829 beschriebenen Feldspatkristalle im Pechstein der Insel Arran, welche aus abwechselnden dünnen Feldspatschalen und glasigen Pechsteinlagen bestehen, Erscheinungen, die sich auch mikroskopisch wiederholen.

Die Anzahl der von den Krystallen eingehüllten mikroskopischen Glaspartikel 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 Glaspartikeln imprägnirt ist, welche in einem nur den Bruchtheil eines Millimeters messenden Krystall nach Tausenden zählen. In derselben Weise strotzen z. B. Feldspathe, Augite, Noseane, 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 feinster 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 Glaspartikeln sehr ähnlich sind.

Leere, d. h. nicht absolut leere, sondern mit einem Gas oder Dampf erfüllte Hohlräume oder Poren (Gasporen, Dampfporen) sind in manchen Krystallen schon mit grösseren Dimensionen dem bloßen 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 $\infty P.P$ 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 kugelrund oder eirund, seltener

1) Ueber Glaseinschlüsse überhaupt und die Anhaltspunkte zur Unterscheidung derselben von den Flüssigkeitseinschlüssen vgl. *F. Zirkel*, Lehrb. d. Petrogr. 2. Aufl. I. 1893. 181. — Im Gegensatz zu den primären, auf Einhüllung von Schmelzflusspartikelchen während des Wachsthums 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 Eruptivgestein 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, 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 Auffassung 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.