Zur Definition des Begriffes „Krystall".

Von

J. W. Retgers.

I.

In der eben erschienenen 3. Auflage der Physikalischen Krystallographie von P. Groth wird ein Krystall wie folgt definirt (S. 245): „Ein Krystall ist ein homogener fester Körper, in welchem die Eigenschaften seiner Elasticität, Cohäsion etc. in gesetzmässiger Weise von der Richtung abhängen[1].

Wie wichtig auch die optischen und im Allgemeinen die physikalischen Eigenschaften für das Studium der Krystalle sind, so dass eine leicht begreifliche Vorliebe sie als das Wesentliche für den Begriff „Krystall" betrachten lässt, so glaube ich doch, dass dies der Wirklichkeit nicht entspricht.

Besonders in zwei Punkten erscheint mir die obenstehende Definition mangelhaft:

1. Auch in Körpern, welche nicht krystallinisch sind, können die Elasticitätseigenschaften in gesetzmässiger Weise von der Richtung abhängen.

[1] In den beiden vorigen Auflagen dieses Lehrbuches (1. Aufl. 1876. S. 6; 2. Aufl. 1885. S. 7) lautete die Definition etwas abweichend, nämlich: „Ein Krystall ist ein fester Körper, dessen Elasticität nach allen parallelen Richtungen gleich, nach verschiedenen dagegen verschieden ist. Diese Definition sagt zugleich aus, dass der Krystall in physikalischer Beziehung noch ein solcher ist, wenn auch seine äussere Form verändert, z. B. durch Zerbrechen, Abschleifen etc. ihm eine andere gegeben worden ist."

Wenn man einen Würfel einer amorphen Substanz, z. B. von Glas, auf zwei gegenüberliegende Flächen zusammendrückt, so wird der Würfel optisch einaxig und die Elasticitätseigenschaften werden hier ebensogut von der Richtung abhängen, wie bei einer quadratischen Säule.

Ein weiteres Beispiel der physikalischen Anisotropie in nichtkrystallinischen Körpern bilden die so höchst merkwürdigen, von Lehmann entdeckten doppelbrechenden Flüssigkeiten. Auch hier hat man eine derartige regelmässige Vertheilung der Elasticität, dass man sie in dieser Beziehung mit Krystallen vergleichen kann[1].

2. Ein zweiter Punkt ist die zwar nicht in die Definition aufgenommene, sondern als nothwendige Consequenz daraus hervorgehende und von Groth selbst immer mit Vorliebe betonte Ansicht, dass ein Fragment eines Krystalles ebenso gut einen Krystall bildet, wie der ursprüngliche Krystall selbst, so dass ein muscheliges Quarzfragment ohne jede Spur von Krystallflächen ebensogut ein Krystall ist, wie der ursprüngliche Bergkrystall selbst. Ich komme später auf diesen zweiten Theil zurück. Vorher sei es mir gestattet, nochmals die Definition näher zu besprechen.

Nach meiner Ansicht sind die physikalischen Eigenschaften, wie wichtig sie auch in praktischer Hinsicht für das Studium der Krystalle sein mögen, durchaus keine primäre, sondern nur secundäre Eigenschaften. Das Wesentlichste für den Krystall bleibt nach meiner Meinung stets die Eigenschaft, sich selbst ohne äussere Hilfe mit ebenen Flächen versehen zu können (die Selbstfacettirung).

Denken wir uns zurück in die Zeit, wo wir zum ersten Male einen Krystall sich aus einer Lösung bilden sahen, z. B. das Anschiessen des Alauns in Oktaëdern. Wie staunten wir über die Bildung der mathematisch genauen, ebenen Facetten!

---

[1] Bekanntlich hat dies dem Entdecker Veranlassung gegeben, sie mit dem nicht gerade glücklichen Namen „flüssige Krystalle“ oder „krystallinische Flüssigkeiten“ zu versehen (Lehmann, Wiedem. Annalen. 40. 401. 1890). Die betreffenden Flüssigkeiten (Cholesterylbenzoat, Azoxyphenetol, Azoxyanisol etc.) finde ich in dem Groth'schen Lehrbuche nicht erwähnt, was schade ist, weil sie unzweifelhaft zu den wichtigsten Entdeckungen der jüngsten Zeit gehören.

Später lernten wir die weiteren physikalischen und mathematischen Eigenschaften der Krystalle kennen, aber keine kommt an Wichtigkeit der Selbstfacettirung gleich. Das erste Gefühl war das richtige. Wie räthselhaft und vollkommen unerklärlich uns bis jetzt noch die Bildung der ebenen Krystallflächen ist[1], so ist dies durchaus kein Grund, um sie nicht als wesentliche Eigenschaft in die Definition aufzunehmen.

Dass mehrere Forscher die äussere Gestalt als wesentlicher für den Krystall auffassen, als die physikalischen Eigenschaften, ergiebt sich z. B. aus dem Ausspruch Zirkel's[2]: „Andererseits geht Groth zu weit, wenn er das Wesen des Krystalls bloss in dessen molecularer Structur erblickt und die äussere Gestalt als etwas Secundäres auffassend, die „theoretisch richtige" Definition hinstellt: „Ein Krystall ist ein homogener fester Körper, dessen Elasticität sich mit der Richtung ändert (Monatsber. d. Berliner Akad. 5. Aug. 1875)."

Der Begriff „Krystall" wird von den verschiedenen Forschern ziemlich verschieden definirt. Fast immer leidet die Definition an zu grosser Complication, indem man so viel als möglich mehrere wichtige Eigenschaften in die Definition hinein zu bringen versucht.

Eine Definition soll jedoch bekanntlich nicht eine Aufeinanderhäufung zahlreicher Eigenschaften einer Sache sein, sondern in möglichster Kürze die wesentlichen und bestimmenden Eigenschaften derselben hervortreten lassen. Bei der Auswahl lässt sich natürlich sehr darüber streiten, welche hierfür die geeignetste Eigenschaft ist. Ich für meinen Theil bin sehr geneigt, diejenige Eigenschaft, welche bei der ersten Beobachtung den stärksten Eindruck macht, für die Definition zu wählen. Diese wird fast immer eine der wichtigsten sein (wenn nicht die wichtigste) und man erreicht den Vortheil, dass das Bild, welches man sich in der Vorstellung von der Sache macht, sich in der Definition wieder findet.

Ein Dreieck wird vollkommen genügend definirt als eine

---

[1] Man könnte sich z. B. ganz gut den Fall denken, dass die Kugelform (oder bei den anisotropen die Ellipsoidenform) die eigentliche Form für feste Körper wäre, gerade wie sie es für Flüssigkeiten ist.

[2] Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie. 12. Aufl. 1885. S. 2. Anm. 1.

von drei geraden Linien umschlossene Figur. Die weiteren Eigenschaften, z. B. dass er drei Eckpunkte besitzt, dass die Summe seiner Winkel = 180° ist etc., brauchen nicht in die Definition aufgenommen zu werden. Stellt man sich ein Dreieck vor, so sieht man im Geiste unmittelbar die drei Geraden. Denkt man sich einen „Krystall", so treten unmittelbar die ebenen Facetten vor den Geist.

Ich glaube deshalb, dass die älteste Definition des Krystalls, nämlich die Linné'sche[1], wo die polyedrische Form als wesentliches Merkmal angenommen wird, noch immer die beste ist. Ich definire deshalb einen Krystall einfach als einen von natürlichen ebenen Flächen begrenzten festen Körper.

Die in dieser Definition aufgenommenen Eigenschaften sind — glaube ich — nothwendig, aber auch ausreichend.

Der Ausdruck „fester Körper" scheint bei einem Krystall etwas Überflüssiges, indem ein „fester Krystall" wie ein Pleonasmus lautet. Ich habe den Ausdruck auch nur gewählt mit Hinsicht auf die schon vorhin erwähnten „flüssigen Krystalle" von Lehmann, obgleich diese (wie ich schon anderwärts[2] betonte) keine echten Krystalle sind. Das Wort „natürliche Flächen" ist selbstverständlich nöthig, um einen echten Krystall von einem künstlichen Polyeder, z. B. einen mit angeschliffenen Facetten versehenen Glaskörper zu unterscheiden. Ebensowenig betrachte ich einen Krystall mit künstlich angeschliffenen Facetten, auch wenn diese krystallographisch möglich sind, als einen echten Krystall. Schleift man z. B. einen Granat oder Spinell in der Form eines Würfels, so ist das für mich ebensowenig ein Krystall, wie ein als Kugel geschliffener Kalkspathrhomboëder[3].

---

[1] Linné, Systema Naturae. Der dritte Band, welcher die Minerale behandelt, erschien im Jahre 1768.

[2] Zeitschr. f. physikal. Chemie. 14. 36. 1894.

[3] Etwas schwieriger wird die Sache, wenn man nicht durch Schleifen, sondern durch Spaltung neue Flächen hervorruft. Wenn ich aus einem Flussspathwürfel durch Spaltung einen Oktaëder herstelle, oder aus einem Tetraëder von Zinkblende einen Rhombendodekaëder, sind diese Gebilde dann als „Krystalle" zu betrachten? Ich glaube nicht. Die Spaltungsflächen sind hier nicht die „natürlichen", durch Wachsen entstandenen Flächen.

Der Einwand, dass man wegen dem Wort „natürliche Flächen“ auch die Pseudomorphosen als Krystalle betrachten könnte (indem z. B. bei einer Pseudomorphose von Quarz nach Flussspath die Würfelflächen nicht „künstlich“ entstanden sind, sondern sich in der Natur gebildet haben), ist einfach zu beseitigen durch die Bemerkung, dass die Würfelflächen zwar die natürlichen Flächen des ursprünglichen Minerales (Flussspath) bilden, jedoch nicht des neuen (Quarz).

Eine Bemerkung wäre allerdings noch zu machen auf die Bezeichnung „ebene Flächen“, indem man die seltenen Beispiele von Krystallen mit gewölbten oder gekrümmten Flächen, wie die gewölbten Diamantkrystalle, die tonnenförmigen Pyromorphitsäulen, die sattelförmigen Eisenspathrhomboëder und die gewundenen Quarzkrystalle anführen könnte. Ich glaube jedoch nicht, dass diese anomalen Bildungen wichtig genug sind, die auffallende und für einen normalen Krystall wesentlichste Eigenschaft des Ebenseins der Flächen aus der Definition zu entfernen.

Dagegen glaube ich, dass es überflüssig ist, andere Eigenschaften der Krystalle in die Definition aufzunehmen. Dies gilt nicht bloss für die vorher erwähnten Elasticitätseigenschaften, sondern auch für die Cohäsion, für die Homogenität, für die Entstehung aus dem flüssigen Aggregatzustand und für andere, welche man oft in Definitionen mehrerer Forscher antrifft.

Dass die Cohäsionsunterschiede und insbesondere die Spaltungsdurchgänge äusserst wichtig sind als Merkmale der Krystalle gegenüber amorphen Stoffen, wird niemand bestreiten. Aber das gilt nur, wenn sie deutlich auftreten. Dass jedoch in zahlreichen ausgezeichnet krystallisirenden Körpern sie nicht oder nur so schwach auftreten, dass sie als unterscheidendes Merkmal gar keinen Werth besitzen, ist allgemein bekannt. Ich brauche nur auf Quarz, Pyrit, Granat, Alaun, Natriumchlorat etc. hinzuweisen, die alle fast ebenso muschelig brechen wie Glas, jedoch ausgezeichnet und leicht krystallisiren. Wenn diese Körper nicht als ebenflächige Krystalle, sondern nur als muschelige Fragmente aufträten, würden wir sie dann an dem Spaltungsdurchgange als Krystalle erkennen

können?[1] Ich glaube nicht. Dass es theoretisch bei jedem Krystall einen (wenn auch oft kaum spürbaren) Unterschied in der Cohäsion nach verschiedenen Richtungen geben muss, ist uns von geringem Nutzen und das Wegbleiben deutlicher Spaltung bei sehr wichtigen, schön krystallisirten Substanzen spricht genug gegen ihre Aufnahme in die Definition.

Die Definition: „Ein Krystall ist ein homogener fester Körper, welcher etc.", trifft man bei mehreren Autoren an. Die Homogenität ist jedoch durchaus keine Bedingung für den Begriff „Krystall". Ein Krystall kann strotzen von Verunreinigungen und dennoch ein echter Krystall sein. Die mit Sandkörnern erfüllten Kalkspathe von Fontainebleau, die stark verunreinigten Staurolithe, die mit Schlackeneinschlüssen überfüllten Leucite und Augite der Laven sind alle nach meiner Ansicht echte Krystalle, obwohl sie alle höchst inhomogen sind.

Von einigen Forschern wird die Bezeichnung „constant" noch in die Krystalldefinition eingeführt, z. B. in die eines der älteren französischen Forscher: „Un cristal est une masse solide d'une figure régulière et constante". Diese „Constanz" wird sich wahrscheinlich auf die Thatsache beziehen, dass eine und dieselbe chemische Substanz immer in denselben Formen krystallisirt, z. B. Kochsalz immer in Würfeln. Weil dies bekanntlich durchaus nicht in aller Strenge richtig ist, sondern nur gilt für Symmetrie und Winkel, während der Habitus sich oft ändern kann, so kann diese „Constanz" auch nicht in die Definition aufgenommen werden. Jedoch sogar bei der Annahme, dass ein chemischer Körper immer nur eine einzige Krystallform hätte, wäre diese Constanz nur eine Eigenschaft der krystallisirbaren

[1] Als ein lehrreiches Beispiel, wo die Ansicht des Auftretens von Spaltungsdurchgängen als Kriterium für den krystallinischen Zustand und die des Fehlens derselben (also das Auftreten des muscheligen Bruches) als typisch für den amorphen Zustand uns auf Irrwege führen könnte, sei auf die Controverse zwischen Herrn Muthmann und mir über den „amorphen" rothen Phosphor verwiesen (Zeitschr. f. anorganische Chemie. 4. 303. 1893; 5. 212, 227. 1894). Nach meiner Ansicht existirt kein amorpher Phosphor. Ausser dem farblosen regulären und dem chokoladefarbigen (metallisch) hexagonalen Phosphor giebt es noch einen hellscharlachrothen, isotropen Phosphor, welcher höchst wahrscheinlich ebenfalls regulär ist.

Körper und ist für den reinen Begriff „Krystall“ durchaus nicht nothwendig.

Eine fast in allen Definitionen des Begriffes Krystall aufgenommene Eigenschaft ist die Regelmässigkeit der Krystallflächen, indem von „regelmässigen ebenen Flächen“ gesprochen wird. Ich glaube nicht, dass man nöthig hat, dies in die Definition aufzunehmen. Die Regelmässigkeit, die sich häufig nur auf die Winkelconstanz erstreckt, zeigt sich erst bei späteren Messungen der Krystalle und durchaus nicht auf den ersten Blick. Man braucht nur auf die zahlreichen verzerrten Krystalle hinzuweisen, z. B. auf die verzerrten Quarzkrystalle, auf die flachen, nach einer Oktaëderfläche entwickelten Alaunoktaëder, um einzusehen, dass die Entwickelung der Flächen meistens eine sehr unregelmässige ist. Es ist bei der ersten Beobachtung bei weitem nichts so wichtig als das Ebensein der Krystallflächen, wie das schöne Spiegeln derselben uns sofort zeigt.

Es sei mir erlaubt, hier kurz die von einigen der vornehmsten Mineralogen vorgeschlagenen Definitionen der Krystalle zu erwähnen und zu besprechen.

Die ältesten Ansichten, welche aus der Zeit stammen, wo man die Krystalle noch nicht physikalisch untersuchte und sich also mit ihrer inneren Structur nicht beschäftigte, legten nur Gewicht auf die polyedrische Form der Krystalle, wie die von mir schon vorher erwähnte Linné'sche Definition.

Romé de l'Isle beschreibt in der ersten Auflage seiner Krystallographie[1], wie der ursprünglich ausschliesslich auf durchsichtige Körper[2] beschränkte Begriff Krystall

[1] Essai de Cristallographie. 1772. p. 5.

[2] Das Wort „Krystall“ stammt bekanntlich von dem griechischen „krystallos“, welches Eis bedeutet. Merkwürdig ist, dass, obwohl Eis krystallinisch ist, Krystallflächen hier so selten sind, dass die Alten sicher niemals Eiskrystalle gesehen haben (die Schneekrystalle haben sie jedenfalls wohl nicht als solche betrachtet). Sie gaben also den Namen „Krystall“ nur an eine durchsichtige Substanz (wenn Eis ebenso wie Glas amorph gewesen wäre, würden sie es ebenso gut „Krystall“ genannt haben). Erst später wurde der Begriff Krystall auf einen wirklich in Krystallen auftretenden Körper, den Quarz (Bergkrystall), ausgedehnt, welchen die Alten bekanntlich als eine Art Eis oder erstarrtes Wasser betrachteten, welches im Laufe der Zeit stabiler geworden war als das gewöhnlich leicht schmelzende Eis, nach Plinius durch aussergewöhnliche Kälte, weshalb die grossen Bergkrystalle viel zahlreicher in den kalten Alpen, als im wärmeren Italien und Griechenland auftraten.

später auch auf undurchsichtige Körper, wie Metalle, Erze etc. angewendet wurde. „L'on mit au rang des **cristaux** tous les corps du règne minéral, auxquels on trouve une figure polièdre et géométrique, c'est-à-dire, composée de plusieurs faces planes et de certains angles déterminés, soit que ces corps fussent diaphanes ou non."

Schon vor ihm existirte eine andere Definition[1]: „La cristallisation est une loi fondamentale en vertu de laquelle les parties intégrantes d'un corps, separées les unes des autres par l'interposition d'une fluide, sont déterminées à se rejoindre et à former des masses solides d'une figure régulière et constante."

Diese Definition weicht also von der nach meiner Ansicht besseren Definition von Romé de l'Isle ab, indem sie nicht auf die Begrenzung mit ebenen Flächen den Nachdruck legt. In der zweiten ausführlichen Auflage seiner Krystallographie[2] wiederholt Romé de l'Isle beide Definitionen.

Merkwürdig ist bei ihm das Beschränken des Begriffes „Krystall" auf anorganisch-chemische Körper (corps du règne minéral), obwohl er schon mehrere Krystalle von organisch-chemischen Körpern kennt und beschreibt, wie Rohrzucker, Weinsäure, Kampher etc.

Die Verwechselung der Begriffe „Mineral" und „Krystall"[3] kommt sehr oft vor, sogar bis in die Jetztzeit; man trifft sie

---

[1] Von Romé de l'Isle in der 1. Auflage seiner Cristallographie (1772) citirt; sie stammt aus dem Dictionnaire de Chymie von Macquer (1766).

[2] Cristallographie (1783). Tome I. p. 7.

[3] Sehr interessant ist auch die Wandlung der Ansichten über die Krystalle, die man erst spät als vollkommen unabhängig von der Substanz, aus welcher sie bestanden, betrachtet hat. Auf die erste, schon vorhin erwähnte Auffassung der Alten, des Begriffes Krystall als Eis, oder erstarrten Wassers (welche Ansicht noch spät Anhänger hatte, wie z. B. de Morveau (1762), welcher sagt: Der durchsichtige Diamant „n'est véritablement qu'une eau pure"), folgte die Begrenzung des Begriffes Krystall auf Salze. Weil diese so leicht sich lösten und auskrystallisirten, meinte man, dass umgekehrt alle Körper, welche gut krystallisirten, ein Salz enthalten müssten, welches ihnen die Krystallform ertheilte. So soll Pyrit und Flussspath das würfelige Kochsalz, Diamant und metallisches Eisen den oktaëderischen Alaun, Augit den Borax, Cerussit den Salpeter ent-

z. B. bei Quenstedt an, wo das Entstehen „im Schooss der Erde“ in die Definition des Krystalles aufgenommen wird[1].

Haüy[2] giebt eine ziemlich complicirte Definition, wo die Entstehung aus flüssiger Lösung besonders hervorgehoben wird: „Lorsque les molécules intégrantes d'un corps sont suspendues dans un liquide, et qu'ensuite ce liquide, soit en s'évaporant, soit par quelque autre cause, les abandonne à leur affinité réciproque, et de plus, lorsqu'aucune force perturbatrice ne gêne cette affinité, les molécules, en s'unissant les unes aux autres par les faces les plus disposées à cette réunion, composent, par leur assemblage, des corps réguliers terminés par des faces planes et analogues aux solides de la Géométrie. Ce sont ces corps que l'on a nommés en général **cristaux**, quelle que soit la substance qui en ait fourni les matériaux.

Ich verzichte hier auf eine Discussion der Krystalldefinitionen der übrigen älteren Forscher, welche auch wenig Abwechselung darbieten. Interessant wird die Sache erst mit dem Erscheinen der Groth'schen Auffassung (1875), wo also der neue Gedanke, dass die innere Structur des Krystalles wichtiger ist als die äussere Form, zum Vorschein tritt. Die neueren Forscher sind in dieser Hinsicht in zwei Parteien getheilt. Es sei mir erlaubt, einige der neueren Krystalldefinitionen zu besprechen.

Mallard giebt in seinem Lehrbuch[3] folgende Definition:

---

halten. Diese von Linné stammende Ansicht fand sehr viel Anhänger und wird u. a. von Romé de l'Isle in der ersten Auflage (1772) seiner Cristallographie noch eifrig vertheidigt; in der zweiten (1783) jedoch schon verlassen. Hierauf folgt als drittes Stadium die Begrenzung des Krystalles auf anorganische Körper, worauf dann im vierten und letzten Stadium schliesslich auch diese Schranke wegfällt (Haüy, 1801) und alle möglichen Arten von chemischen Körpern als krystallisationsfähig angesehen werden.

[1] Das sehr oft vorkommende Adjectiv „anorganisch“ in den Definitionen der Krystalle ist natürlich nicht als „anorganisch-chemisch“, sondern als Gegensatz zu den „organisirten“ Thieren und Pflanzen aufgefasst.

[2] Traité de Minéralogie. Seconde Edition 1822. Tome I. p. 5. (Die erste Auflage erschien im Jahre 1801.)

[3] Traité de Cristallographie. 1. 1 (1879).

„Lorsqu'une substance passe d'une manière suffisamment lente à l'état solide, elle revêt une forme géométrique régulière et il se produit ce qu'on appelle un **cristal**."

Obwohl dies mehr eine Beschreibung des Entstehens als eine strenge Definition ist, so ist sie doch in mancher Hinsicht mangelhaft. Erstens, was den „Übergang in den festen Zustand" betrifft, so setzt dies natürlich den vorhergehenden flüssigen oder gasförmigen Zustand voraus. Dies ist jedoch gar nicht nothwendig: Krystalle können sich ebenso gut aus dem festen Zustande bilden. Wenn z. B. amorphes As_2O_3 trübe wird, bilden sich Krystalle von regulärem As_2O_3; wird Glas, ohne zu schmelzen, langsam erhitzt, so können sich hierin Krystalle von Silicaten bilden. Amorpher Zucker wird allmählich krystallinisch. Auch in einem bestehenden krystallinischen Körper können neue Krystalle gebildet werden, z. B. von rhombischem Schwefel aus monoklinem, von rothem HgJ_2 aus gelbem etc. Dies irrthümliche Betonen der Entstehung der Krystalle aus dem tropfbaren und gasförmigen Zustand trifft man bei mehreren Autoren an.

Vollkommen überflüssig ist die Betonung des langsamen Entstehens der Krystalle. Zwar bilden sich bei langsamem Entstehen schönere Krystalle, jedoch sogar bei der raschesten Krystallisation bilden sich echte Krystalle. Das erste Anwachsen der Krystalle geschieht ausserdem durchaus nicht langsam, sondern ungeheuer schnell, um jedoch bald wieder zu verlangsamen. Frankenheim verglich das erste Wachsen mit der Geschwindigkeit einer Flintenkugel, so dass man es bei der stärksten Vergrösserung nicht zu verfolgen vermag. Ob das weitere Fortwachsen langsam vor sich geht, ist Nebensache, der Krystall ist dann schon gebildet. Auch bei der Erstarrung von Schmelzflüssen, z. B. von Salzen oder Metallen, ist der Act des Krystallisirens ein fast momentaner.

Bei einem anderen französischen Mineralogen, A. de Lapparent, finde ich in dessen Lehrbuch der Mineralogie[1] folgende Definition: „Un corps cristallisé est un édifice dans

[1] Cours de Minéralogie. 1883. p. 13.

lequel le groupement des particules a pu se faire, en dehors de toute influence extérieure, sous la seule action du forces attractives et repulsives qui s'exerçaient entre ces particules." Dies ist wohl eine der unschönsten Definitionen, die man sich denken kann. Überhaupt ist das Hineinbringen theoretisch vorausgesetzter Dinge in die Definition, wie „Molecüle", „anziehende und abstossende Kräfte" etc., die man nicht direct beobachtet, sondern nur vermuthet, sehr zu verwerfen. Nur das direct Beobachtete und hiervon als Auswahl das Hervorragende, das Auge am unmittelbarsten Treffende, soll in die Definition kommen.

Unter den neueren deutschen Forschern, welche Definitionen von Krystallen gegeben haben, erwähne ich folgende:

Die Groth'sche Definition ist von mir schon besprochen worden.

Liebisch schliesst sich fast ganz hierbei an, indem er sagt[1]: „Ein Krystall ist jeder homogene feste Körper, dessen physikalische Eigenschaften in den, durch einen und denselben Punkt seines Inneren gelegten Geraden von verschiedenen Richtungen im Allgemeinen verschieden sind." Dies ist also wesentlich der Groth'sche Gedanke[2].

Tschermak dagegen legt mehr Gewicht auf die äussere Form, indem er in seinem Lehrbuch[3] folgende Definition giebt: „Die Krystalle sind von ebenen Flächen begrenzte starre Körper, welche durch ein gleichartig fortdauerndes Wachsthum entstehen." Ich glaube nicht, dass der letzte Theil dieses Satzes glücklich gewählt ist; das „gleichartig fortdauernde Wachsthum" soll wahrscheinlich im Sinne des parallelen Fortwachsens aufgefasst werden. Abgesehen davon, dass es wohl nicht in aller Strenge gilt, weil ein Krystall während des

---

[1] Th. Liebisch, Geometrische Krystallographie. 1881. S. 2.

[2] Sohnke giebt in seiner Erweiterung der Theorie der Krystallstructur (Zeitschr. f. Krystallogr. 14. 433. 1888) folgende Definition: Ein Krystall (unendlich ausgedehnt gedacht) besteht aus einer endlichen Anzahl parallel in einander stehender congruenter Raumgitter.

[3] G. Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie. 2. Aufl. 1885. S. 12.

Wachsthums seine Form einigermaassen ändern kann, z. B. ein Cubooktaëder allmählich in einen Würfel übergeht, wie z. B. bisweilen bei Flussspath ersichtlich ist, wenn der Kern eine andere Farbe besitzt, als die Hülle, glaube ich ausserdem, dass das gleichartig fortdauernde Wachsen nicht eine so wesentliche Eigenschaft ist, dass es an den Begriff „Krystall" unabscheidlich verbunden ist.

Auch R. Brauns giebt in seiner vor zwei Jahre erschienenen, recht klaren, kleinen, populären Mineralogie (Naturwiss. Biblioth. Samml. Göschen. 1893. S. 14) die folgende Definition: Ein Krystall ist ein von ebenen Flächen regelmässig begrenzter Körper, der seine Form seiner eigenen Substanz oder den ihr inne wohnenden Kräften verdankt.

Hierbei legt Brauns (nach meiner Ansicht entschieden richtig) den Nachdruck auf die äussere polyedrische Begrenzung und nicht auf die innere Structur. Nur ist nach meiner Meinung der letzte Passus: „oder den ihr inne wohnenden Kräften" unnöthig, indem er die Definition complicirt und weniger schön macht.

Zirkel giebt in seinem Lehrbuch[1] die folgende Definition: Krystall ist jeder starre anorganische Körper, welcher eine wesentliche und ursprüngliche, mehr oder weniger regelmässige polyedrische Form besitzt, der mit seinen physikalischen Eigenschaften zusammenhängt. Diese Definition kann ich nicht gerade schön finden; die guten Eigenschaften einer Definition: Klarheit, Kürze und Beschränkung des Begriffes auf die wesentlichsten Eigenschaften der Sache, fehlen. Es ist eine Condensirung möglichst vieler Eigenschaften in einem Satz. Auch das Wort „anorganisch", wobei wir immer unvermeidlich an „anorganisch chemisch" denken, soll wohl im Sinne „nicht organisirt", wie Pflanze und Thiere es sind, aufgefasst werden.

Arzruni definirt in seinem jüngsten Lehrbuch[2] einen Krystall wie folgt: „Ein Krystall ist ein fester Kör-

---

[1] Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie. 12. Aufl. 1885. S. 2.

[2] A. Arzruni, Physikalische Chemie der Krystalle. 1893. S. 2.

per von regelmässigem innerem Bau, durch welchen auch seine äussere regelmässige Begrenzung bedingt ist.“ Er fügt hinzu: „Allein reicht diese letztere Eigenschaft zur Definition des Begriffes „Krystall“ nicht aus. Man kann einem structurlosen (amorphen) Körper, wie Glas, künstlich eine regelmässige Gestalt, etwa diejenige eines Würfels, einer regelmässigen zwölfflächigen Pyramide u. dergl., verleihen, vermag ihn aber dadurch nicht mit einem regelmässigen Bau zu versehen, ihn in einen Krystall umzuwandeln. Wird umgekehrt die äussere regelmässige Begrenzung eines regelmässig gebauten Körpers zerstört, so wird er hierdurch seiner inneren Structur nicht beraubt. In dem ersten Falle ist die Gestalt von dem Bau unabhängig und willkürlich; im zweiten ist sie das gesetzmässige Ergebniss des letzteren.“

Hierzu möchte ich bemerken, dass die einfache Zufügung des Wortes „natürlichen“ zu der äusseren Form die Verwechselung mit Glaspolyeder genügend ausschliesst. Weiter, dass mir das Weglassen der Bezeichnung „ebene Flächen“ nicht geeignet vorkommt: Wenn ich eine Glaskugel von zwei diametral gelegenen Punkten aus zusammendrücke, so bekommt sie eine ellipsoidische Form, die ganz entschieden „regelmässig“ ist und die „zusammenhängt mit der durch Druck anisotrop gewordenen Structur des Glaskörpers“. Wie man sieht, kann man die Bezeichnung „ebene und natürliche Flächen“ für echte Krystalle nicht entbehren.

Schrauf giebt in seinem, allerdings schon etwas veralteten Lehrbuch[1] folgende Definition: „Krystall ist jeder starre, unorganische Körper, welcher eine wesentliche und ursprüngliche, mehr oder weniger regelmässige polyedrische Form besitzt, die von ebenen Flächen begrenzt ist und die Tendenz hat, sich in der Richtung gewisser Ebenen leichter theilen zu lassen, welche Ebenen zu irgend einer der möglichen Grenzflächen parallel sind.“

Diese Definition besitzt die Eigenschaften der Naumann-Zirkel'schen in noch höherem Grade. Besonders das Hineinbringen der Spaltbarkeit, welche Eigenschaft, wie ich vorhin

[1] A. Schrauf, Lehrbuch der physikalischen Mineralogie. 1866. Bd. I. S. 4.

zeigte, bei zahlreichen ausgezeichnet krystallisirenden Körpern uns fast vollständig im Stiche lässt, ist nach meiner Ansicht sehr verwerflich.

Als Curiosum darf hier noch die Quenstedt'sche[1] Definition angeführt werden: „Krystalle sind chemische Producte, welche sich im Schoosse der Erde auf natürlichem Wege durch Juxtaposition der Molecüle gebildet haben.“ Bei allem Respect für den originellen und verdienstvollen Mineralogen kann man doch wohl behaupten, dass das Definiren nicht gerade seine starke Seite war. Abgesehen von der merkwürdigen Beschränkung der Krystallisationen auf den „Schooss der Erde“[2] giebt es auch amorphe Minerale, wie z. B. die zahlreichen fossilen Harze und Kohlenwasserstoffe (ich brauche nur an Asphalt und Erdpech zu erinnern), die sich im Innern der Erde gebildet haben[3].

Weit wichtiger als die vorigen ist die vor einigen Jahren von O. Lehmann gegebene Definition, wobei fast ausschliesslich auf das Vermögen des Wachsens in der Lösung mit Ausschluss aller anderen Eigenschaften der Nachdruck gelegt wird. Lehmann schrieb hierüber Folgendes[4]:

„Früher hat man der äusseren Form allzugrosse Bedeutung zugemessen, wodurch vielfach Irrungen und Unklarheiten veranlasst worden. So findet sich z. B. in einem allbekannten Lehrbuch der Physik[5] folgende Definition der Krystalle:

„Krystalle nennt man solche feste Körper, welche sich in regelmässigen, durch ebene Flächen begrenzten Gestalten gebildet haben.“

„Diese Anschauung über das Wesen der Krystalle, die sehr verbreitet zu sein scheint, ist eine durchaus irrige. Bei

---

[1] F. A. Quenstedt, Handbuch der Mineralogie. 3. Aufl. 1877. S. 200.

[2] Abgesehen von der Krystallbildung an der Oberfläche der Erde möchte man auf die Schneekrystalle weisen, die sich „hoch in den Lüften“ bilden.

[3] Die amorphen Minerale, wozu auch nun der Opal zu rechnen ist, haben sich zwar auf andere Weise als die Krystalle gebildet, aber jedenfalls auch die Juxtaposition (und nicht wie bei Pflanzen und Thieren durch Intussusception).

[4] O. Lehmann, Molecularphysik. 1888. Bd. I. S. 293.

[5] Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik. 8. Aufl. 1. 94.

allen früher beschriebenen Umwandlungserscheinungen im festen Zustande sind die hier auftretenden Krystalle keineswegs regelmässig ausgebildet oder von ebenen Flächen begrenzt, ebensowenig gilt dies z. B. von den merkwürdigen Gebilden, welche wir im Winter an gefrorenen Fensterscheiben als „Eisblumen“ entstehen sehen oder von den zierlichen tannenbaumförmigen Gebilden, in denen Salmiak auftritt, wenn er aus wässeriger Lösung sich ausscheidet. Wohl aber könnte man zweifelhaft sein, ob nicht etwa der regelmässige Bleikörper, der entsteht, wenn wir Blei in eine oktaëdrische Gussform giessen, der obigen Definition entspräche und somit als Krystall zu bezeichnen sei. Der genannten Definition schliesst sich der weitere Satz an:

„‚Wenn ein Körper aus dem flüssigen Zustande in den festen übergeht, so bilden sich fast immer Krystalle.‘“

„Hiernach könnte die Ansicht berechtigt erscheinen, dass sich in gleicher Art, wie ein Krystall, auch noch etwas anderes, d. h. ein amorpher, glasartiger, fester Körper bilden könne. Auch dies ist ein Irrthum.

„Wir werden uns vergebens bemühen, z. B. in einer Zuckerlösung, in der wir die schönsten Krystalle ziehen können, ein Stück amorphen Zucker weiter wachsen zu lassen. Unter keinen Umständen wird sich aus einer Zuckerlösung amorpher Zucker in scharf von der Flüssigkeit getrennten Stücken so wie Krystallzucker ausscheiden, wir können amorphen Zucker nur in der Weise erhalten, dass die ganze Lösung stetig und gleichmässig aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeht, d. h. das Wasser allmählich entzogen wird, und genau dasselbe gilt für alle anderen Fälle. Niemals hat man bis jetzt einen zusammenhängenden festen Körper in einer Flüssigkeit, von dieser scharf abgegrenzt, als amorphen Körper sich bilden sehen.

„Gleiches gilt auch für die Bildung fester Körper aus anderen festen Körpern und gasförmigen, also ganz allgemein. Wir können dagegen sagen: Jeder homogene feste Körper, der bei seiner Entstehung **wächst**, ist ein anisotroper Körper[1], ein Krystall.“

[1] Hier von Lehmann wohl im Sinne „physikalisch anisotrop“ und nicht im gewöhnlichen Sinne „optisch anisotrop“ gemeint.

Ich möchte zu den obigen Ansichten Lehmann's Folgendes bemerken:

Die Lehmann'sche Kritik der Pouillet-Müller'schen Definition kommt mir in mancher Beziehung nicht ganz gerecht vor.

Dass eine als Oktaëder „gegossene" Bleimasse nach dieser Definition ein „Krystall" sein soll, ist wohl nicht richtig. Deutlich steht hierin zu lesen: „welche sich . . . . . gebildet haben." Das Giessen in künstlichen Formen ist ebensowenig wie das Schleifen zu künstlichen Polyedern ein „sich bilden".

Ob man Eisblumen oder Salmiakskelette, oder im Allgemeinen Wachsthumsformen der Krystalle wie Rosetten, Dendriten, Trichiten etc., welche in ihrer Form oft mehr an Pflanzen als an Krystalle erinnern, als „normale Krystalle" betrachten kann, ist sehr fraglich, und ob in der Definition der Krystalle auf alle diese höchst unvollkommenen Gebilde Rücksicht genommen werden muss, ebenfalls.

Dass sich aus dem „flüssigen Zustand" ausser Krystallen auch amorphe Körper abscheiden können, hierin hat Müller vollkommen recht. Lehmann verwechselt offenbar „Lösung" mit „flüssigem Zustand". Soviel mir bekannt, sind alle amorphen Körper aus dem flüssigen (d. h. geschmolzenen) Zustand entstanden, wie Glas, Schwefel, As_2O_3, As_2S_3.

Beide von Lehmann als „Irrthümer" bezeichneten Sätze des Pouillet-Müller'schen Lehrbuches halte ich also für vollkommen richtig, wie ich ja auch dessen Definition, welche die allgemein angenommene heutige Ansicht wiedergiebt, als eine der besten, welche existiren, betrachte.

Andererseits ist die Lehmann'sche Definition, wo ausschliesslich das Wachsen als Kriterium für die Krystalle betrachtet wird, jedenfalls höchst originell, und ist der Gedanke, hierin die primäre Eigenschaft zu suchen und die übrigen Eigenschaften als secundäre aufzufassen, entschieden neu und verdient die vollste Beachtung[1].

---

[1] Man könnte in dieser Hinsicht unter den Definitionen des Krystalles drei Typen unterscheiden, und zwar 1. die alte Linné'sche (1768), 2. die Groth'sche (1875) und 3. die Lehmann'sche (1888). Bei der ersten wird auf die äussere Form, bei der zweiten auf die innere Structur

Nur möchte ich fragen: Ist die Lehmann'sche Definition: „Ein Krystall ist jeder homogene feste Körper, der bei seiner Entstehung wächst," vollkommen einwurfsfrei? Nach meiner schon früher motivirten Meinung kann die Bezeichnung „homogen" weggelassen werden, indem echte Krystalle sehr inhomogen sein können[1]. Ist weiter der Ausdruck „bei seiner Entstehung" nicht überflüssig? Der Vorgang des Wachsens dauert lange. Ob gerade das Wachsen bei der Entstehung wichtiger ist als das weitere Wachsen, sehe ich nicht ein. Für den Begriff Krystall ist das „Wachsen" an und für sich, abgesehen von jeder Periode des Wachsthums, genügend.

Sind beide Ausdrücke nach meiner Ansicht in der Lehmann'schen Definition überflüssig, so ist diese andererseits nicht genügend. Wenn wir auch das „Wachsen" nur im Sinne der Volumenvergrösserung durch Juxtaposition (und nicht wie bei Pflanzen und Thieren durch Intussusception) annehmen, so ist es immerhin noch die Frage, ob dies ohne weitere Begriffsbegrenzung eine ausschliessliche Eigenschaft des krystallinischen Zustandes ist.

Wenn ich eine Flüssigkeit, welche amorph erstarren kann, an der Peripherie abkühlen lasse, wie z. B. geschmolzenes Glas in einem grossen Schmelztiegel, welche an der Oberfläche, wo sie mit der kalten Luft in Berührung ist, allmählich erstarrt, so bildet sich eine Kruste, die allmählich dicker wird, also entschieden „wächst", ebenso wie eine Eiskruste auf Wasser in der Kälte allmählich dicker wird und „wächst".

Ohne weitere „Umschreibung" des Wachsens ist also die Lehmann'sche Krystalldefinition nicht ausreichend. Man soll also wenigstens „mit ebenen Flächen fortwächst" hinzufügen.

Ich für meinen Theil möchte jedoch lieber die Lehmann'sche Definition auf andere Weise erweitert haben, nämlich durch Einführung des Begriffes Individuum. Wie ich

---

und bei der dritten auf die Fähigkeit des Wachsens der Nachdruck gelegt. Alle anderen Definitionen sind mehr oder weniger auf Modificationen oder Combinationen dieser drei zurückzuführen.

[1] Abgesehen davon, ist — wie ich bald besprechen werde (S. 187 Anm. 2) — die Homogenität eines chemisch reinen Idealkrystalls nach meiner Ansicht etwas sehr Fragliches.

nachher beweisen werde, bildet ein „Krystall“ ebensogut ein Individuum wie eine Pflanze oder ein Thier. Krystalle sind eigentlich „Individuen, welche mit ebenen Flächen fortwachsen können, wenn ihnen die nöthige Nahrung zugeführt wird“ (einerlei, ob diese Nahrung als Gas, als Flüssigkeit oder in fester Form angeboten wird). Durch diese Fähigkeit der Bildung von Individuen unterscheidet sich der krystallinische Zustand vollkommen von den drei übrigen Zuständen: dem gasförmigen, dem flüssigen und dem amorphen Zustand[1]. Höchstens könnte die Frage aufsteigen: Ist ein Flüssigkeitstropfen mit seiner eigenen (kugelförmigen) Gestalt und seiner das Innere umhüllenden Oberflächenschicht nicht auch als ein „Individuum“ zu betrachten, das durch Juxtaposition wachsen kann?[2]. Die Einfügung: „fester Körper“ oder „mit ebenen Flächen wächst“ in die Krystalldefinition, macht jedoch diese Verwechselung unmöglich.

Schliesslich will ich nicht verhehlen, dass es noch einen Einwand giebt, welcher die ausschliessliche Betonung des Wachsens in der Krystalldefinition bedenklich macht. Wenn uns z. B. ein Bergkrystall vorgelegt wird, wird niemand bezweifeln, dass dies ein echter Krystall, sogar fast ein Idealkrystall ist. Dennoch haben wir nicht nur von seinem Wachsen nichts gesehen, ja sogar wenn wir den Versuch machen wollten, ob ein Weiterwachsen möglich wäre, z. B. indem wir einen Quarzkrystall in eine wässerige SiO_2-Lösung brächten, so würde der Versuch vollkommen misslingen, indem keine Spur von Wachsen sichtbar sein würde. Hierbei würden wir

[1] Wie ich schon früher angab (Zeitschr. f. phys. Chemie. **14**. 37. Anm. 2), betrachte ich die Annahme von vier Zuständen der Materie als nöthig. Weit entfernt davon, den amorphen Zustand, wie Groth es thut (Phys. Kryst. 3. Aufl.), als ein äusserst feinkrystallinisches Aggregat zu betrachten, halte ich diesen Zustand für vollkommen abweichend von dem krystallinischen, ja viel näher dem flüssigen Zustand stehend, zwischen welchem auch allerlei continuirliche Übergänge vorkommen, während uns ein stetiger Übergang zwischen krystallinisch und amorph unbekannt ist.

[2] So könnte z. B. ein Wassertropfen, der sich in einer wasserdampfreichen Atmosphäre befindet, grösser werden, oder, in Flüssigkeit suspendirte Flüssigkeitskugeln, ähnlich wie z. B. die Plateau'schen Ölkugeln, in gleichschwerem wässerigem Alkohol, wenn letztere Lösung nur Öl gelöst enthalten könnte.

fast fragen, ob es nicht besser wäre, keine „genetische“ Definition des Krystalles zu geben, sondern statt einer Beschreibung des „Werdens“ einfach eine solche des „Seins“ zu geben.

Schliesslich sei mir noch die Frage erlaubt, ob die Vogelsang'schen „Krystalliten“ als echte Krystalle zu betrachten sind und ob in der Definition der Krystalle auf diese rudimentären Gebilde Rücksicht zu nehmen ist. Vogelsang bezeichnet bekanntlich als Krystalliten „alle anorganischen[1] Producte, in denen man eine regelmässige Anordnung oder Gruppirung erkennt, Gebilde, welche übrigens weder im Grossen und Ganzen, noch in ihren isolirten Theilen die allgemeinen Charaktere krystallisirter Körper zeigen, namentlich nicht polyedrischen Umriss.“ Vogelsang selbst betrachtet sie also nicht als Krystalle. Nach der Lehmann'schen Definition wären sie es wohl, weil sie die Eigenschaft des Wachsens besitzen, ebenfalls sind es ganz bestimmt „Individuen“. Es ist das eine Schwierigkeit, die wohl bei jeder Definition auftreten wird, nämlich: soll man eine Definition so einrichten, dass auch auf jeden Ausnahmefall oder Übergangsform Rücksicht genommen wird, oder soll man sich nur nach der normalen Erscheinung, und zwar in ihrer typischen Form, richten?

Ich glaube, dass letzteres besser ist, weil hier viel besser das Charakteristische der Sache zu Tage tritt und man nicht Gefahr läuft, in unschöne, weitläufige und unklare Definitionen zu verfallen, was leicht stattfindet, wenn man jede Übergangsform zu anderen Erscheinungen berücksichtigen will. Sind diese Übergangsformen jedoch sehr wichtig, wie z. B. bei den Krystalliten, so ist es zweckmässig, sie mit einem besonderen Namen abzutrennen[2].

---

[1] Also hier auch wieder im Sinne „nicht organisirt“ wie Pflanzen und Thiere.

[2] Dass man die vielleicht nach der Publication der epochemachenden Vogelsang'schen Versuche, besonders über die Anfänge der Individualisirung des in mit Canadabalsam verdicktem Schwefelkohlenstoff gelösten Schwefels als Globuliten und Longuliten, gehegten Hoffnungen, hierin wirklich die Anfänge des Krystallisationsprocesses zu erblicken, längst aufgegeben hat, ist bekannt. Es sind diese interessanten Versuche abnormale Erscheinungen, die durchaus keine Generalisation erlauben auf normale Fälle. Bei einer „normalen Krystallisation“ ist der

II.

Groth giebt als nothwendige Consequenz seiner Auffassung des Begriffes „Krystall", bei welcher nur die Structur als das Bestimmende betrachtet und die äussere Form für etwas Unwesentliches angesehen wird, den bekannten, schon im ersten Theil dieses Aufsatzes erwähnten Ausspruch, dass ein Fragment eines Krystalles ebensogut einen „Krystall" bildet wie der ursprüngliche Krystall selbst. In der neuesten Auflage seines Lehrbuches wird dies, wie folgt, ausgedrückt (l. c. S. 245. Anm. 1): „Diese Definition sagt zugleich aus, dass die regelmässige Form, d. h. die vom Wachsthum abhängige Oberflächenbildung, keineswegs das wesentliche Merkmal eines Krystalles ist, denn es kann ein Körper (z. B. ein aus Glas geschliffener Oktaëder) eine regelmässige Form haben, ohne deshalb ein Krystall zu sein, während ein Krystall ein solcher bleibt, auch wenn seine äussere Form durch Abschleifen u. dergl. lädirt wird."

Dass eine erst durch Abschleifen entstandene Kugel, oder ein durch Zerbrechen entstandenes Fragment ein Krystall sein soll, ist nach meiner Ansicht ebensowenig richtig, als dass ein aus einem Baum gesägtes Stück Holz selbst ein Baum sein soll.

Bei der Groth'schen Auffassung, dass ein Fragment eines Krystalles auch ein Krystall ist, kann man sich gestatten, einen Krystall unendlich vergrössert zu denken. Es wäre dies also eigentlich eine mathematische Substanz, wenn man sich so ausdrücken darf. Ebenso wie man sich eine gerade Linie oder eine ebene Fläche unendlich ausgedehnt denken kann und man hieraus an jeder beliebigen Stelle ein

---

erste Anfang die Bildung eines „Krystallmolecüls", das jedenfalls facettirt ist und mit ungeheurer Schnelligkeit fortwächst, wie z. B. Alaun oder Na Cl aus der Lösung sich abscheidet. Ob der allererste Anfang der Abscheidung der festen Substanz aus amorphen Molecülen besteht, die sich fast momentan zu einem Krystallmolecül anordnen, oder ob letzteres direct aus der Flüssigkeit entsteht, ist discutabel. Jedoch mit den Vogelsang'schen mikroskopisch beobachteten (also immer im Vergleich zu der Molecular-grösse ungeheuer grossen) Kugeln von amorphem (oder flüssigem) Schwefel hat die Sache nichts gemein. Dies ist eine vollkommen abweichende Erscheinung, die nicht ausgedehnt werden darf auf die gewöhnliche Krystallisation.

Stück schneiden kann (indem dies ebensogut wieder eine Gerade oder eine Ebene bildet), so soll dies auch nach Groth bei einem Krystall der Fall sein. Nach meiner Ansicht jedoch entschieden nicht. Einen wirklichen Krystall kann man sich nicht unendlich vergrössert denken[1], wie man dies z. B. bei einer Flüssigkeit oder bei einem Gase wohl thun kann. Ein „Krystall" ist keine physikalisch anisotrope Substanz, wie z. B. Wasser eine isotrope Substanz ist, sondern er bildet ein Individuum.

Am Überzeugendsten lässt sich dies bis jetzt nachweisen an dem enormen Unterschied in der Wachsthumsgeschwindigkeit zwischen einem sehr kleinen, eben entstandenen Kryställchen, welches ungeheuer schnell anwächst und einem grossen Krystall, welcher sogar in stark übersättigten Lösungen nicht mehr anwachsen kann. Wie ich früher zeigte[2], besitzt die stark active Oberfläche des kleinen Krystalles ganz andere Eigenschaften als die fast inactive des grossen: Die Wachsthumsgeschwindigkeit pro Quadrateinheit ist bei dem kleinen viel grösser als bei dem grossen, wo er zuletzt = 0 wird. Dies wäre unmöglich, wenn ein grosser Krystall nur ein „vergrösserter kleiner Krystall" wäre. Eine nothwendige Consequenz hiervon ist, dass jeder wirkliche Krystall ein Dimensionsmaximum oder Limit der Grösse besitzen muss, während man sich einen „mathematischen Krystall" unendlich vergrössert denken kann[3].

Bis jetzt haben wir noch kein anderes Mittel zu Constatirung der Differenz in der Beschaffenheit der Oberfläche eines grossen und eines kleinen Krystalles, als eben diese enorme Differenz in der Anwachsgeschwindigkeit; diese ist jedoch so gross, dass jeder Zweifel wegfällt. Ein weiteres Mittel würden vielleicht die Ätzversuche geben: bei einem kleinen Krystall werden vielleicht die Ätzgrübchen an Grösse oder an Häufigkeit abweichen von denen eines

---

[1] Bei der mathematischen Krystallform ist das erlaubt, nicht aber bei dem Krystall selbst.

[2] Zeitschr. f. physik. Chemie. 9. 287.

[3] So bezieht sich z. B. die vorhin erwähnte Sohnke'sche Definition: „Ein Krystall (unendlich ausgedehnt gedacht) besteht etc." nicht auf wirkliche Krystalle, wie sie uns die Natur liefert.

grösseren[1]. Vielleicht ist auch der bekannte Unterschied in Activität einer frischen Spaltungsfläche (z. B. von Steinsalz, Kalkspath, Glimmer), die sehr activ ist und auf welcher wir sogar andere krystallinische Körper gesetzmässig orientirt auskrystallisiren lassen können, während die Krystalloberfläche selbst viel inactiver ist, hiermit in Zusammenhang.

Dass dieser Unterschied zwischen Centrum und Oberfläche eines Krystalles auch mit Unterschieden in der Elasticität zusammengehen muss, kommt mir fast logisch nothwendig vor. Die Groth'sche Definition, dass „ein Krystall ein homogener fester Körper ist, in welchem die Elasticitätseigenschaften in gesetzmässiger Weise von der Richtung abhängen", würde dann nicht mehr zutreffen, indem diese Eigenschaft nicht bloss von der Richtung, sondern auch vom Ort, d. h. von der Entfernung vom Centrum abhängen würde[2].

Wie man die Sache erklären will, ist natürlich ein anderes Problem. Ich habe mir folgende Vorstellung gemacht, die ich nur als einen vorläufigen Erklärungsversuch gebe. Ich betrachte die elementaren Theilchen, aus welchen der grosse Krystall aufgebaut ist (also die Krystallmolecüle, oder die kleinsten, selbständig bestehenden facettirten Theilchen), nicht — wie allgemein angenommen — wie Gebilde, die genau dieselbe Form (wenigstens, was die Krystallwinkel betrifft) haben, wie den grossen Krystall, z. B. wie die kleinsten Spaltungstheilchen von Kalkspath oder Steinsalz immer Rhomboëder oder Würfel sind, die genau denselben Winkel der grossen Krystalle besitzen, sondern wie mehr oder weniger abweichend. Ungeachtet dieses Abweichens werden sie durch die Krystallisationskraft zusammengehalten und bekommt man „Krystalle". Je kleiner der Krystall, um so leichter geht das „Zusammenhalten" der abweichenden Krystall-Molecüle, je grösser, um so schwieriger wird es. Deshalb wächst ein kleiner Krystall so schnell, ein grosser so langsam. Schliess-

---

[1] Bei derartigen Versuchen soll man natürlich einen Krystall wählen, der dicht bei seiner Limit der Grösse steht, z. B. die centimetergrossen Steinsalzwürfel der Gruben vergleichen mit 1 mm grossen NaCl-Würfeln.

[2] Homogen kann also nach dieser Auffassung sogar ein chemisch reiner Ideal-Krystall niemals sein, indem er nicht an allen Stellen gleichartig beschaffen ist.

lich wird das Zusammenhalten neuer Krystallmolecüle unmöglich: die Oberfläche ist inactiv geworden; der Krystall hat den Limit seiner Grösse erreicht.

Dass dieser Vorgang nothwendigerweise mit inneren Spannungen im Krystallgebäude zusammengehen muss, ist selbstverständlich und dass somit in jedem Krystall innere Spannungen auftreten müssen, ist auch in Übereinstimmung mit der Thatsache, dass fast in jedem Krystall optische Anomalien auftreten (besonders gilt dies für die regulären und optisch einaxigen Krystalle), auch wenn dieselben chemisch rein sind, so dass man ihre optischen Anomalien durchaus nicht immer isomorphen Mischungen zuzuschreiben braucht.

Dass innere Spannungen wirklich mit dem Limit der Grösse zusammenhängen, dies wird nach meiner Ansicht auch bewiesen durch die Thatsache, dass isomorphe Mischkrystalle oft bedeutend kleiner sind, als die Krystalle der reinen Endglieder. Sehr gut lässt sich dies bei Mischkrystallen von K_2SO_4 und $(NH_4)_2SO_4$ beobachten; schon Wyrouboff[1] beobachtete diese Thatsache. Bei ca. 30 % $(NH_4)_2SO_4$ waren seine Mischkrystalle schon so klein, dass sie nicht mehr zur Bestimmung des optischen Axenwinkels brauchbar waren. Noch viel stärker tritt die Erscheinung bei KH_2PO_4 an $(NH_4)H_2PO_4$ auf. Hier bilden die reinen Endglieder schöne grosse Krystalle; schon bei geringer Beimischung des anderen Salzes werden sie viel kleiner und schliesslich treten sie nur wie warzenförmige Krüppelformen auf[2].

Diese Erscheinung, welche bei Mischkrystallen oft deutlich auftritt, tritt bei jedem chemisch reinen Krystall ebenfalls auf, wenn auch nicht in so starkem Grade.

Die Existenz einer so deutlichen Abnahme in der Wachsthumsgeschwindigkeit mit dem Grösserwerden der Krystalle und der daraus nothwendig hervorgehenden Existenz einer

---

[1] B. S. M. 2. 97. 1879.

[2] Natürlich braucht die Erscheinung, welche wahrscheinlich auf einer Differenz (im Winkel oder Volumen) der Krystallmolecüle beider Componenten beruht, nicht immer aufzutreten. Isomorphe Mischkrystalle, deren beide Componenten ähnliche Krystalle besitzen, zeigen natürlich gleiche Grösse wie die Krystalle der Endglieder (z. B. Kobalt- und Eisenvitriol. Zeitschr. f. physik. Chemie. 15. 556).

Limit der Grösse bringt uns unvermeidlich dazu, einen Krystall als ein Individuum zu betrachten. Ebenso wie eine Pflanze oder ein Thier, hat ein Krystall ein Jugendstadium des raschen Wachsthums und einen erwachsenen Zustand, wo es trotz reichlichster Nahrungszufuhr nicht grösser werden kann.

Ein „Fragment" eines Krystalles ist also nach dieser Auffassung kein Krystall. Das gilt nicht bloss für unregelmässige Fragmente, wie z. B. der muschelig brechende Quarz oder der Alaun uns liefert, sondern auch für regelmässige. Ein Spaltungsrhomboëder von Kalkspath betrachte ich nicht als einen Krystall mit selbständiger äusserer Flächenumgrenzung, ebenso eine gespaltene Glimmerlamelle nicht als einen Glimmerkrystall. Dies sind keine „Individuen" [1].

Ein sehr gutes Beispiel zur Illustration des Begriffes Krystallindividuum liefert uns das Eis. Bekanntlich stehen beim Gefrieren einer Wasserfläche zu einer Eiskruste immer die optischen Axen vertical zur Oberfläche, so dass man an jeder Stelle der Eiskruste im convergent polarisirten Licht das optisch einaxige Axenbild sieht [2]. Eine derartige Eiskruste, mag sie auch mehrere Quadratkilometer gross sein, wäre nach der Groth'schen Auffassung ein Krystall [3]. Andererseits trifft man die merkwürdige Erscheinung an, dass

---

[1] Diese Auffassung wird nach meiner Ansicht am besten gefördert werden durch das Studium der Ausheilung verletzter oder gebrochener Krystalle.

[2] Dass nicht bloss die Verticalaxen bei Seeeis parallel stehen, sondern auch die Nebenaxen, hierfür spricht die mehrmals beobachtete Bildung von Wachsthumsformen von bedeutender Grösse bei dem ersten Anfang des Gefrierens stagnirenden Wassers, wie sie z. B. von Knop (System der Anorganographie. 1876. S. 31) beschrieben wird: „Meist sind es nur einzelne Arme parallel den Nebenaxen, von denen auch Fiedersysteme, parallel den Nachbaraxen, auslaufen." Die ganze Seeeisplatte gefriert also wohl zu einem vollkommen parallelen Krystallaggregat. Es ist diese als Erstarrungsphänomen jedenfalls höchst merkwürdige und immerhin seltene Aggregatbildung Ursache der vollkommenen Durchsichtigkeit des Eises, eine Eigenschaft, über welche, wie vertraut wir damit auch durch fortwährende Beobachtung sein mögen, wir uns nicht genug wundern können.

[3] Denn ebenso wie ein Krystall bei jeder beliebigen Verkleinerung zum Fragment ein Krystall bleibt, muss dieses auch der Fall sein bei jeder beliebigen Vergrösserung.

das Eis oder das feste H_2O gerade sehr kleine Krystallindividuen bildet. Es hält sogar sehr schwer, Eiskrystalle von einigen Millimetern Grösse zu finden, so dass ungeachtet der grossen Verbreitung des Eises im Winter, fast kein Mensch Eiskrystalle gesehen hat[1]. Auch bei dem Schnee sehen wir deutlich, dass die Krystalle, die hier als isolirte Individuen auftreten, nicht über einige Millimeter als Dimensionsmaximum erreichen können[2], eine Erscheinung, welche auch mit der ungefähr gleichen Grösse aller Schneekrystalle im Einklang steht. Ich halte deshalb die klare durchsichtige Eiskruste nicht für einen Krystall, sondern für ein Aggregat parallel gestellter Krystallindividuen. Jeder derselben, d. h. jeder „Eiskrystall", ist jedoch klein. Man muss also gut parallele Anordnung von regelmässiger Krystallisation unterscheiden. Bringt man einen kleinen Eiskrystall, z. B. eine hexagonale Schneetafel, in Wasser von 0^0, so wird er nicht grösser[3], einfach deshalb, weil er kaum mehr wachsen kann.

---

[1] Die Gelegenheit zur Bildung von Eiskrystallen ist jedoch eine sehr günstige. Die grossen Wassermassen in Teichen, die Ruhe unter der Eiskruste würden uns gerade sehr schöne und grosse Eiskrystalle erwarten lassen, die sich aber niemals sehen lassen. Denkt man sich statt Wasser eine Alaun- oder Vitriollösung unter solchen Umständen, so würde man sehr grosse Krystalle bekommen.

[2] Ungeachtet, dass die Gelegenheit zum Fortwachsen bei ihrer weiten Reise aus höheren Luftregionen eine sehr günstige ist.

[3] Ob man die als Seltenheit beschriebenen grösseren Eiskrystalle, wie sie zuweilen in Gebirgsgrotten auftreten, als Beweis annehmen kann, dass Eis grössere Krystallindividuen bilden kann, ist nach meiner Ansicht sehr fraglich. Derartige Eiskrystalle sind z. B. die neuerdings von C. A. Hering (Zeitschr. f. Kryst. 14. 250. 1888) beschriebenen „Eisfächer" im Waschgangstollen bei Döllach in Kärnten. Nach der Beschreibung halte ich einen solchen 20—30 cm im Durchmesser grossen horizontalen Fächer kaum für ein Krystallindividuum, sondern für ein parallel orientirtes Aggregat (Skelet) von Einzelkrystallen. Die von Hering beobachteten Einzelkrystalle (aus Prisma, Basis und Rhomboëderfläche bestehend) waren dagegen viel kleiner (6—10 mm Durchmesser). Das ist aber wahrscheinlich die äusserste Grösse, welche Eiskrystalle bei den günstigsten Umständen erhalten können. Die grossen „Eisfächer" mit ihren vom Centrum ausgehenden prismatischen Rippen sind dagegen nach meiner Ansicht ebensowenig echte Krystalle, wie die bekannten „Kochsalztrichter", welche beim Eindampfen einer Na Cl-Lösung entstehen und die „Einzelwürfel" derselben Substanz bedeutend an Grösse übertreffen.

Ein zweites Beispiel liefert uns das Steinsalz. Schmilzt man Chlornatrium auf einem Platinblech, so erhält man nach Erstarren eine klare Masse, die würfelig spaltet und deren Spaltungsdurchgänge senkrecht zur Oberfläche stehen. Ähnliches trifft man, wenn man Na Cl im Tiegel schmilzt und die erstarrte Kruste aushebt. Ja sogar der ganze Tiegelinhalt bildet oft ein klares würfelig spaltendes Aggregat[1]. Dagegen bildet das Na Cl bekanntlich ziemlich kleine Krystallindividuen. Bei Züchtung aus wässeriger Lösung bekommt man sie nicht leicht über einige Millimeter. Ebenso wie bei Eis haben wir hier den Unterschied zwischen einem parallel orientirten Aggregat von Na Cl (welches man sich natürlich wohl unendlich gross denken kann) und dem Krystall oder dem Krystallindividuum von Na Cl selbst, welches nur ziemlich kleine Würfel[2] bilden kann.

Ich glaube es hiermit wohl deutlich gemacht zu haben, wie nothwendig die Auffassung eines Krystalles als Individuum ist und wie dringend nöthig es ist, den Nachdruck auf die freie Ausbildung desselben zu legen[3]. Nothwendig ist es deshalb, auch diese so wesentliche Eigenschaft in die Definition hereinzubringen, besonders zur Unterscheidung von Spaltungsstücken einer- und von parallelen Krystallaggregaten andererseits. Weil ich, wie vorhin schon mehrmals angegeben, die Linné'sche Definition noch immer als die einfachste und beste betrachte, so möge hier folgende Änderung derselben vorgeschlagen werden:

„Ein Krystall ist ein von natürlichen ebenen Flächen umgrenztes, mehr oder weniger frei ausgebildetes, festes Individuum."

---

[1] Hier bildet Na Cl (ebenso wie Eis) einen Gegensatz zu den gewöhnlich zu trüben, regellosen Aggregaten erstarrenden Schmelzen.

[2] Sogar bei ideal günstigen Umständen, wie in Salzgruben, kann die Natur nicht viel über centimetergrosse Dimensionen hinauskommen (namentlich was selbständige Steinsalzkrystalle mit eigener facettirter Oberfläche betrifft).

[3] Sowohl nach der Linné'schen, nach der Groth'schen als auch nach der Lehmann'schen Definition wäre ein Spaltungsrhomboëder Kalkspath oder Na N O, ein Krystall, denn er ist polyedrisch begrenzt, die Flächen sind keine künstlichen, sondern natürliche, die Anisotropie hängt gesetzmässig von der Richtung ab und es kann in der Lösung weiter fortwachsen. Dennoch ist es nach meiner Ansicht kein echter Krystall, weil die Flächen nicht frei ausgebildet sind.

Nachtrag.

Es sei mir erlaubt, noch nachträglich die Definition des Begriffes Krystall, welche Max Bauer in seinem Lehrbuche[1] giebt, zu erwähnen. Dieser Forscher unterscheidet sehr richtig zwischen einem echten Krystall und einer krystallisirten Substanz.

Er definirt letztere im Gegensatz zu einem amorphen Körper wie folgt:

„Krystallisirte Substanzen sind diejenigen homogenen festen Körper, bei denen die Cohäsion und alle damit zusammenhängenden Eigenschaften, besonders die Elasticität, sich mit der Richtung stetig ändern, sofern diese Änderung nicht durch äussere Einflüsse hervorgebracht ist, sondern dem Wesen der Substanz entspricht.“

Ein Krystall wird dagegen definirt wie folgt:

„Ein krystallisirter Körper, welcher nach aussen durch eine regelmässige und ebenflächige polyedrische Begrenzung abgeschlossen wird, heisst ein Krystall, sofern diese äussere Begrenzung sogleich ursprünglich bei der Festwerdung des Körpers und zwar durch die inneren Kräfte desselben sich gebildet hat und somit der Substanz desselben wesentlich ist.“

In der letzten Definition wird sehr richtig der Nachdruck gelegt auf die polyedrische Begrenzung. Nach Bauer ist also ein Fragment eines Krystalles kein Krystall und unterscheidet sich seine Definition hierdurch vortheilhaft von der Groth'schen. Auch der Ausdruck Individuum in der Krystallographie wird von Bauer (l. c. S. 10) gebraucht (allerdings nicht in dem von mir angedeuteten Sinne), indem er sagt, dass, „wenn eine homogene, zusammenhängende Masse eines krystallisirten Minerals einheitlich gebaut ist, sie ein Individuum bildet.“

Auch Klocke[2] definirt ein krystallographisches Individuum in ähnlichem Sinne: „Ein Individuum nenne ich einen Krystall dann, wenn seine sämmtlichen Molecüle dieselbe Richtung oder Orientirung besitzen.“

---

[1] M. Bauer, Lehrbuch der Mineralogie. 1886. S. 10, 11.

[2] Dies. Jahrb. 1880. 1. 87. Anm. 32.

Nach dieser Auffassung wäre ein krystallographisches Individuum eigentlich nichts als eine regelmässig aufgebaute homogene Substanz[1] und weicht gänzlich ab von dem Begriff Individuum bei Pflanzen und Thieren, während nach meiner Ansicht ein Krystallindividuum gerade so vollkommen wie bei den letzteren aufgefasst werden soll, indem es so zu sagen eine selbstständige Entwickelung hat (anfangs rasches, später immer langsameres Wachsthum, welches schliesslich ganz aufhört), ja, wenn der Ausdruck erlaubt ist, ebenso wie Pflanze und Thier ein „eigenes Leben" führt.

Auch noch andere Forscher haben den Ausdruck „Individuum" bei den Krystallen angewendet, obwohl keiner diesen Begriff als wichtig genug betrachtet, um ihn in die Definition des Krystalls aufzunehmen, was nach meiner Ansicht erwünscht ist.

Im Naumann-Zirkel'schen Lehrbuch[2] findet man z. B. Folgendes: „Ein Krystall ist also ein Individuum der anorganischen Natur. Allein umgekehrt kann nicht jedes Individuum ein Krystall genannt werden. Es unterscheiden sich nämlich die Individuen der anorganischen von denen der organischen Natur besonders durch folgende zwei Momente:

1. dass die absolute Grösse der vollkommen ausgebildeten Individuen eines und desselben Minerals an kein bestimmtes mittleres Normalmaass gebunden ist, sondern zwischen sehr weiten Grenzen schwankt . . . . . .

2. dass eine freie und vollständige Form-Ausbildung zu den selteneren Fällen gehört" . . . . . .

Obwohl obige Auffassung des Begriffes Krystallindividuum sich mehr der meinigen nähert als die beiden vorhin erwähnten, so differirt sie jedoch gerade in den wesentlichsten Momenten von meinen Ansichten.

Was die beiden angeführten Unterschiede zwischen „anorganischen" und „organischen" Individuen betrifft, so halte ich dies für nicht wesentlich. Der zweite Unterschied wird fast bedeutungslos, wenn man nicht ausschliesslich die Mine-

---

[1] Man kann auf diese Weise zwar einen einheitlichen Krystall von einem Zwilling oder von einem regellosen Aggregat unterscheiden, jedoch nicht einen Krystall von einem parallelen Aggregat von Krystallen.

[2] Elemente der Mineralogie. 1885. 12. Aufl. S. 4.

rale in der Natur, wobei allerdings Aggregate häufig sind, sondern auch die künstlichen Krystalle, allerlei chemischen Substanzen, wie sie im Laboratorium in grosser Zahl gezüchtet werden, mit in Betracht zieht. Hier sind „frei ausgebildete" Krystalle so zahlreich, dass man sie nicht zu den „selteneren Fällen" rechnen kann.

Besonders jedoch gegen den ersteren Unterschied muss ich Widerspruch erheben. Die Krystalle jeder chemischen Substanz haben nach meiner Ansicht ganz entschieden ein „mittleres Normalmaass". Es ist dies eine jedem Chemiker bekannte Eigenschaft. In jedem chemischen Lehrbuch steht zu lesen: „Die und die Substanz kann man nur in kleinen Krystallen erhalten, jene und jene dagegen leicht in grossen." Ganz genau wie eine Maus klein, ein Pferd gross, das Veilchen klein, die Eiche gross ist, kann z. B. Chlornatrium nur in kleinen Würfeln, Natriumchlorat dagegen leicht in sehr grossen gezüchtet werden, ebenso wie Zinnjodid nur kleine, Alaun dagegen leicht sehr grosse Oktaëder bildet[1]. Man sage ja gar nicht, dass dies an der Löslichkeit oder an der Übersättigung der Lösung, an der Ruhe oder an der Temperaturconstanz liegt und dass man „unter günstigen Umständen" Krystalle in „jeder beliebigen Grösse" züchten kann. Man soll nur den Versuch machen z. B. mit $NaCl$ und $NaClO_3$, um einzusehen, dass es für jede Substanz eine bestimmte Grenze der absoluten Grösse giebt. Zwar influiren alle die eben genannten Umstände einigermaassen, sie sind jedoch nicht die Ursache der Erscheinung. Diese liegt, wie ich schon vorher angab, vermuthlich in den Abweichungen in Form oder Lage der „Krystallbausteine" von der mathematischen. Wären die „Krystallbausteine" von $NaCl$ mathematische Würfel und sie alle genau parallel orientirt, so würde ein Steinsalzkrystall in einer gesättigten $NaCl$-Lösung immer mit derselben Geschwindigkeit bis ins Unendliche fortwachsen

[1] Auch bei anderen Forschern trifft man die nach meiner Meinung unrichtige Naumann-Zirkel'sche Ansicht an, z. B. in dem eben erschienenen von H. Baumhauer vorzüglich bearbeiteten krystallographischen Theil des Roscoe'schen Lehrbuch der Chemie (1895. 1. 854): „Ebensowenig giebt es, ähnlich wie bei den Pflanzen und Thieren, ein gewisses Maass der Grösse, welches ein Krystall erreichen und nicht überschreiten könnte."

und man müsste besonders in den Salzgruben ungeheuer grosse Krystallindividuen bekommen. Dies ist aber nicht der Fall; das anfänglich rasche Wachsen geht immer langsamer vor sich und hört schliesslich ganz auf[1]. Je mehr sich die „Krystallbausteine" dieser mathematischen Form nähern, um so länger behält der Krystall sein rasches Wachsthum, um so grösser werden seine Individuen[2].

Es ist auffallend, dass man diese so äussert wichtige Eigenschaft der krystallinischen Körper vollkommen unbeachtet gelassen hat. Die Ursache ist wohl die vorhin erwähnte

---

[1] Dass die tadellose Glätte der kleinen Krystalle und die rauhe Oberfläche der grossen mit dieser Erklärung im Einklang stehen, ist einleuchtend. Man sieht es den letzteren förmlich an, dass sie nicht grösser werden können.

[2] Dass dieser Aufbau des Krystalles aus „unvollkommenen" Bausteinen, wie vorhin (S. 188) erwähnt, mit „Spannungen" im Krystallgebäude, welche mit dem Wachsen des Krystalles immer grösser werden müssen, zusammengehen muss, wird auch noch treffend bestätigt durch die bekannte Thatsache, dass kleine Krystallindividuen keine optische Anomalie zeigen, während sie bei grösseren Individuen stark auftreten, bisweilen sogar mit Sprüngen. So zeigen nach Klocke (dies. Jahrb. 1880. 1. 75) „kleine Krystalle (3—4 mm im Durchmesser) von Ammoniak, Eisen, Alaun weder Doppelbrechung noch Sprünge. Bei etwas grösseren Krystallen (bis ca. 8 mm) zeigt sich Beginn der Doppelbrechung, aber noch keine Sprünge; in noch grösseren Krystallen traten dann bei starker Doppelbrechung die Sprünge auf. Es scheint demnach, dass mit zunehmender Grösse des Krystalls seine Spannung wächst, und dass der Krystall springt, wenn die Spannung ein gewisses Maass überschritten hat." Auch bei Leucit sind sehr kleine Krystalle „durchweg isotrop"; erst grössere zeigen Doppelbrechung (Rosenbusch, Physiogr. Min. 1892. S. 311). Ebenso sind kleine Perowskite oft isotrop. Analcime zeigen oft einen isotropen Kern mit anisotroper Peripherie. Man vergleiche hierüber auch die vor Kurzem erschienene interessante Arbeit von Ben-Saude (Beitrag zu einer Theorie der optischen Anomalien. 1894. S. 27—30). Auch dieser Forscher erklärt sich für die Existenz einer Limit der Grösse bei Krystallen: „Die Energie der Krystallbildung nimmt allmählich ab, bis der Krystall eine Grösse erreicht, bei welcher er in seiner Lösung nicht weiter wächst (l. c. S. 41). Sonst hat man bis jetzt immer den nothwendigen Zusammenhang zwischen inneren Spannungen, resp. optischen Anomalien aus Krystallen und die Existenz einer Grenze der absoluten Grösse vollständig übersehen. Weder in der reichhaltigen Literatur über optische Anomalien noch in der zusammenfassenden Arbeit von Brauns über diesen Gegenstand finde ich es erwähnt.

von Zirkel angegebene, dass die Grösse der Krystalle einer und derselben Substanz zwischen sehr weiten Grenzen schwankt. Dies kommt einfach daher, weil ihre Nahrungszufuhr unterbrochen worden ist, ehe die Krystalle ihre Limit der Grösse erreicht haben. Man trifft genau dasselbe an bei Pflanzen und Thieren, die jedes für sich auch in allerlei Grössen vorkommen und zwischen den weiten Grenzen bei der Entstehung und im erwachsenen Zustand schwanken. Wäre es möglich, alle Minerale unter fortwährender Nahrungszufuhr ununterbrochen fortwachsen zu lassen, so würde man wahrscheinlich staunen, wie jedes Mineral ungefähr eine fast constante absolute Grösse erhalten kann[1].

Es ist nicht zu verneinen, dass der Geist sich vorläufig einigermaassen sträubt, um bei einer Substanz, wie z. B. Chlornatrium, neben seine physikalischen Constanten, wie Dichte, Brechungsindex etc., welche nur in Zahlen ausgedrückt werden, auch seine Limit der Grösse, jedoch jetzt in Längen- oder Raummaass, wie z. B. Centimeter oder Cubikmillimeter, ausgedrückt, zu stellen. Dennoch ist dies nach meiner Ansicht fortan unabweisbar. Die letzten Zahlen bilden, wenn man sich so ausdrücken darf, die dimensionalen Constanten der krystallinischen Materie, ebenso wie die mittlere Grösse jedes erwachsenen Thieres oder jeder Pflanze als ihre dimensionale Constante betrachtet werden kann.

Dass man bei der Limit der Grösse einer krystallinischen Substanz immer die Umstände bei der Züchtung angeben muss, wobei besonders das Volumen der gesättigten

---

[1] Man wird hiervon sogar überzeugt, wenn man viele Mineraliensammlungen besucht: die grössten Krystalle jedes Minerals zeigen ziemlich übereinstimmende Grösse. So kommen einige Minerale niemals über Millimeter, andere nicht über Centimeter heraus (Steinsalz, Pyrit, Magneteisen etc.), in Decimeter kommen schon weniger (Bleiglanz, Flussspath etc.) vor und metergrosse Dimensionen trifft man nur bei einigen wenigen Mineralen (Quarz, Beryll etc.) an. Dass dies nicht an der Zeit, an der Ruhe oder an der Nahrungszufuhr liegen kann, sondern eine Eigenschaft des Minerales selbst sein muss, ist bei einiger Überlegung deutlich. Das ist also vollkommen in Übereinstimmung mit der Erfahrung, welche jeder Chemiker in seinem Laboratorium macht, dass jede chemische Substanz ihre eigene Krystallgrösse besitzt.

Lösung eine wichtige Rolle spielt, dass es jedoch, abgesehen hiervon, eine absolute oder theoretische Limit giebt, die bei den allergünstigsten Umständen nicht überschritten werden kann, hierüber habe ich mich vor einigen Jahren ausführlich ausgelassen[1] und verweise ich den sich für diese Sache interessirenden Leser nach jener Stelle.

---

[1] Zeitschr. f. physik. Chemie. 9. 278—292.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: 1895_2

Autor(en)/Author(s): Retgers J.W.

Artikel/Article: Zur Definition des Begriffes „Krystall". 167-198