

SAMMLUNG GÖSCHEN BAND 29

ALLGEMEINE MINERALOGIE

Neunte erweiterte Auflage der „Mineralogie“

von

PROF. DR. R. BRAUNS

bearbeitet von

DR. KARL F. CHUDоба

ord. Professor der Mineralogie und Petrographie der Universität Bonn

Mit 107 Textfiguren, 1 Tafel, 2 Tabellen



WALTER DE GRUYTER & CO.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagsbuchhandlung · J. Guttentag,
Verlagsbuchhandlung · Georg Reimer · Karl J. Trübner · Veit & Comp.

BERLIN 1955

**Alle Rechte, einschl. der Rechte der Herstellung von Photokopien und
Mikrofilmen, von der Verlagshandlung vorbehalten**

**Copyright 1955 by
Walter de Gruyter & Co.
Berlin W 35, Genthiner Straße 13**

**Archiv-Nr. 11 00 29
Druck von Rudolf Wendt KG., Berlin N 65
Printed in Germany**

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

	Seite
Mineralien. — Aufgabe der Mineralogie. — Bedeutung der Mineralogie . . .	5
Geschichtliches	6

Allgemeine Mineralogie

Aufgabe und Zielsetzung	8
-----------------------------------	---

I. Die Form der Mineralien	9
--------------------------------------	---

Bildung der Mineralien	9
Kristall	11
Wachsen eines Kristalls	12
Ausbildung der Kristalle	14
Kristallflächen	14
Einfache Kristallform. — Kombinationen	15
Winkel	16
Goniometer	17
Bedeutung der Winkel. — Symmetrie	18
Zone. — Achsen	22
Lage und Bezeichnung der Kristallflächen gegen die Achsen	23
Gesetz der rationalen Abschnitte. — Kristallsysteme und deren Achsenkreuze	28
1. Kubisches (reguläres) System	31
2. Hexagonales System	37
3. Trigonaies (hexagonal-rhomboedrisches) System	40
4. Tetragonales (quadratisches) System	43
5. Rhombisches System	46
6. Monoklines System	48
7. Triklines System	49
Tabelle: Die 32 Kristallklassen	50
Gesetzmäßige Verwachsungen. — Zwillinge	55
Gesetzmäßige Verwachsungen ungleichartiger Kristalle. — Aggregate. — Amorph	57
Lösungsformen	59

II. Der Feinbau der Kristalle	59
---	----

Raumgitter	61
Raumgruppen. — Symbole	62
Deutung der Grundgesetze	63
Röntgenographische Verfahren	65
Gittertypen	70
Ideal- und Realkristall	72

III. Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien	73
--	----

Härte	73
Spaltbarkeit	75
Bruch	76
Glanz. — Durchsichtigkeit. — Farben	76
Strich. — Dichroismus	78
Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Lumineszenz	79
Spezifisches Gewicht	80

IV. Die chemischen Eigenschaften	
der Mineralien	82
Elemente und Atomgewichte	83
Formel	83
Bestimmung der Bestandteile	84
Das Lötrohr. — Untersuchungen auf Kohle	85
Untersuchungen in der Boraxperle. — Erhitzen im Glaskölbehen.	
— Flammenfärbung. — Verhalten gegen Salzsäure	86
Schmelzpunkt	86
Dimorphie	87
Isomorphie	88
Isotypie. — Anomale Mischkristalle. — Entmischung	90
V. Entstehung, Umbildung und Vorkommen	
der Mineralien	91
Magmatische Bildungen	91
Übersicht der wichtigsten Magmagesteine	93
Sedimentäre Bildungen	94
Metamorphe Bildungen	96
Pseudomorphosen	97
Einschlüsse	97
Vorkommen der Mineralien	98
Register	100

Literatur

1. Lehr- und Handbücher

- Correns, C. W.: Einführung in die Mineralogie (Kristallographie und Petrologie). 1949.
 Eskola, P.: Kristalle und Gesteine. 1946.
 Hintze, C.: Handbuch der Mineralogie. 1897—1954.
 Linck, G. und Jung, H.: Grundriß der Mineralogie und Petrographie. 1935.
 Niggli, P.: Allgemeine Mineralogie. 2. Aufl. 1924.
 Ramdohr, P.: Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. 14. Aufl. 1954.
 Schmidt, W. und Baier, E.: Lehrbuch der Mineralogie. 1935.
 Tertsch, H.: Festigkeitserscheinungen der Kristalle. 1949.
 Tschermak, G. — Becke, F.: Lehrbuch der Mineralogie. 9. Aufl. 1924.

2. Kristallographie und Kristallstruktur

- Bruhns, W. — Ramdohr, P.: Kristallographie. 4. Aufl. 1954. (Sammlung Götschen, Band 210.)
 Kleber, W.: Angewandte Gitterphysik. 2. Aufl. 1949.
 Raaz, F. und Köhler, A.: Bau und Bildung der Kristalle. 1953.
 Raaz, F. und Tertsch, H.: Geometrische Kristallographie und Kristalloptik. 2. Aufl. 1951.
 Tertsch, H.: Der Schlüssel zum Aufbau der Materie. 1939.
 Winkler, Helmut G. F.: Struktur und Eigenschaften der Kristalle. 1950

Einleitung

Mineralien. Der Begriff „Mineral“ fußt auf dem griechischen „mna“ und dem daher abgeleiteten lateinischen Wort *mina* = Schacht; diese Bezeichnung weist darauf hin, daß die Mineralien durch Graben gewonnene Bestandteile unserer festen Erdrinde sind.

Während nun Tiere und Pflanzen Organe besitzen, die sie zu mannigfachen Lebensäußerungen befähigen, haben die Mineralien keine Organe; sie sind die anorganischen, leblosen Produkte der Natur, die unabhängig vom Lebensprozeß organischer Wesen durch chemische Vorgänge in der geheimnisvollen Werkstatt der Natur entstanden sind und auch heute noch, wenn auch kaum beobachtbar, entstehen. Synthetische Steine sind daher keine Mineralien.

Ein reines Mineral ist in der Regel in allen seinen Teilen stofflich einheitlich beschaffen, homogen, und nach seiner chemischen Zusammensetzung ein Element oder eine chemische Verbindung, im Gegensatz zu einem Gestein, das ungleichartig ist und meist aus mehreren Mineralien — so Granit z. B. aus Feldspat, Quarz und Glimmer — besteht.

Die Wissenschaft von den Mineralien wird Mineralogie genannt.

Aufgabe der Mineralogie ist die Ermittlung aller Eigenschaften der Mineralien; es gilt, die Gesetze, die in ihnen herrschen, zu erschließen, die Stoffe, aus denen sie bestehen, zu bestimmen, ihr Vorkommen in der Natur zu ermitteln, ihr Werden und Vergehen zu verfolgen. Erst wenn man diese Erkenntnisse hat, kann man die Mineralien kennzeichnen und sie nach ihrer gegenseitigen Verwandtschaft ordnen. Einer beschreibenden Charakterisierung der Mineralien geht daher zweckmäßig eine Darlegung ihrer allgemeinen Eigenschaften voraus. Eine solche kann sich in sehr verschiedenen Grenzen halten; mit Rücksicht auf den Kreis, für den dieses Werkchen bestimmt ist, werden hier in erster Linie nur solche Eigenschaften berücksichtigt, die mit dem bloßen Auge, also phänomenologisch, wahrgenommen oder durch einfache Hilfsmittel bestimmt werden können, darüber hinaus solche Grundlagen gestreift, die die erschlossenen Gesetzmäßigkeiten des „inneren Aufbaues“ der Mineralien zum Inhalt haben.

Die Bedeutung der Mineralogie geht bereits aus ihren vielseitigen und umfassenden Aufgaben innerhalb der verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen hervor. Die mineralogischen Kenntnisse und Erkenntnisse sind grundlegende Voraussetzung jeglicher wissenschaftlichen Betätigung in der Natur; sie sind unentbehrlich

für jedelagerstättenkundliche, gesteinskundliche (petrographische), vulkanologische, bodenkundliche, geographische, vielfach auch biologische Arbeit. Ist doch das Auftreten bestimmter Pflanzenarten an besondere Böden und Gesteine gebunden und werden doch wertvolle sowie wichtige Aufschlüsse über die Struktur und Gliederung der Aufbauelemente der Pflanzen- und Tierwelt sehr häufig mit Hilfe mineraloptischer Methoden ermittelt. Im wesentlichen bleibt die Mineralogie eine wichtige Hilfswissenschaft der Petrographen, Geologen, Chemiker, Physiker, Physikochemiker, Bauingenieure, Berg- und Hüttenleute usw.

Überall dort, wo mineralische Stoffe zur Untersuchung gelangen, ist diese nur im Kontakt mit Mineralogen oder mineralologisch geschulten Kräften zu erreichen und zweckentsprechend zu gestalten. Als Untersuchungsobjekte kommen daher u. a. in Frage: Erze, Schmuck- und Edelsteine, synthetische Steine, Salze, Erden, Böden, Gesteine, Seifen, dann die Ausgangsprodukte und Fertigwaren der Glas-, Keramik-, Porzellan-, Ziegelei- u. a. Industrien, weiter die Endprodukte der Zementindustrie, Abfälle und Produkte der Hüttenwerke, Schlacken aller Art, Grundstoffe der Basenaustauscher in der Wasseraufbereitung, die Kristalle der Ultraschall- und Hochfrequenztechnik usw. Auch die Medizin benötigt in einzelnen Fällen, wie bei Untersuchungen der Staublungen (Silikose), der Zähne, steinigen Absonderungen aller Art usw. die Unterstützung der Mineralogie bzw. die Anwendung mineralogischer Methoden. Ebenso erfreut sich die Bestimmung und Untersuchung früh- und vorgeschichtlicher Funde der Mitarbeit der Mineralogie.

Geschichtliches. Schon lange, ehe von einer Wissenschaft der Mineralogie die Rede war, wurden einzelne Mineralien wegen ihrer auffallenden Eigenschaften gesammelt und benutzt. Der harte Feuerstein, der leicht in scharfkantige Stücke zerschlagen werden kann und weit verbreitet ist, lieferte dem Urmenschen die ersten Werkzeuge und Waffen; Feuerstein mit Schwefelkies (gr. pyrites = Feuerstein) diente dem prähistorischen Menschen zum Feuerschlagen. Später kam der seltenere zähe Nephrit und manches andere Mineral und Gestein hinzu, die durch ihre Eigenschaften als zum Werkzeug brauchbar befunden wurden (Steinzeit). Erst viel später, nachdem der Mensch das Feuer in seinen Dienst gezwungen hatte, lernte er Kupfer aus seinen Erzen ausschmelzen, danach das Zinn; durch Zusammenschmelzen beider Metalle schuf er die Bronze, das Material für haltbare Waffen, Werkzeuge und Geräte (Bronzezeit). Der gesteigerte Bedarf an diesen Erzen führte zum Bergbau und weitausgedehnten Handel. Dazu gesellte sich das zu Schmuck

und Zieraten begehrte Gold, das so, wie es sich fand, benutzt werden konnte. Silber und Silbererze, Antimon-, Zink- und Bleierze wurden bekannt, vor allem aber gewannen die Eisenerze immer größere Bedeutung, und uralt ist die Kunst, Eisen daraus zu erzeugen. Stark färbende Mineralien wurden schon von den prähistorischen Menschen zum Zeichnen und Malen benutzt. Die Klarheit, prächtige Farbe und Härte vieler Mineralien haben schon in früher Zeit bei den Menschen Gefallen gefunden, und Mineralien, die jene Eigenschaften in besonders hohem Grade in sich vereinigen und die wir heute noch als Schmuck- und Edelsteine hochschätzen, wurden in frühesten Zeiten wie etwas Überirdisches verehrt. Ihr Besitz galt höher als der von Gold und Silber; sollten sie doch die Eigenschaft besitzen, den Menschen vor schlimmer Krankheit zu bewahren und gegen böse Geister zu schützen. Auch heute noch knüpft sich mancher Aberglaube an die farbenprächtigen, unvergänglichen Edelsteine (Monatssteine). Geschnittene Steine, Gemmen, dienten schon zur Zeit der Babylonier in der Form von Zylindergemmen, auf Wachs abgerollt, zur Beurkundung, waren zu Siegelringen sehr begehrt und sind heute durch die Bildwerke, die sie darstellen und die oft durch sie allein überliefert sind, für die Altertumskunde von größter Bedeutung. Die Kenntnisse der Steine im frühen Altertum sind uns durch eine Schrift von Theophrast (etwa 314 v. Chr. Darstellung von Bleiweiß) überliefert. Zur Zeit des Plinius († 79 n. Chr. beim Untergang von Pompeji) waren die Eigenschaften vieler Mineralien schon recht gut bekannt; er erwähnt die Kristallform vom Quarz und Beryll, die Spaltbarkeit bei Gips und Steinsalz, die hohe Härte von Diamant. Bekannt war der Silbergehalt des Goldes, zur Probe kam der Lydische Stein; Quecksilber diente zur Gewinnung des Goldes aus alten Gewändern, Kobalterze wurden zur Herstellung von blauem Glase benutzt. Bekannt war die Elektrizität des Bernsteins, bekannt, daß ein Stein Eisen anzieht, daß das Eigengewicht der Mineralien verschieden ist, daß Glas sich warm, Edelsteine dagegen kalt anfühlen. Die Summe dessen, was man über die Mineralien wußte, war nicht klein, größer noch die der Eigenschaften, die man ihnen andichtete; kaum ein Mineral, das nicht als Arznei oder Zaubermittel gedient hätte. Auf diesem Stand blieben die Kenntnisse von den Mineralien während des ganzen Altertums, durch das Mittelalter bis etwa um die Mitte des 18. Jahrhunderts. Man lernte wohl noch dies und jenes für den Bergbau wichtige Mineral kennen; der Inder Albiruni (973—1048) bestimmte als erster die Dichte von Edelsteinen (Saphir 3,97!) mittels des Pyknometers. Auch die eine oder andere auffallende Eigenschaft wurde

entdeckt (die Doppelbrechung im Kalkspat 1670), aber eine genaue, das Wesentliche treffende Beschreibung konnte man nicht geben, weil man die Gesetze, welche in den Mineralien herrschen, nicht kannte. Eine wissenschaftliche, die Ermittlung dieser Gesetze anstrebende Mineralogie beginnt erst Ende des 18. Jahrhunderts mit dem Auftreten von René Just Haüy (1743—1822) in Paris, Abraham Gottlob Werner (1750—1817) in Freiberg/Sachsen und Chr. S. Weiß (1780—1856) in Berlin. Haüy lehrte die Kristallformen entziffern, Werner die Mineralien beschreiben und ordnen, Weiß die Kristallflächen auf Achsen zu beziehen. Die seitdem gewonnene Erfahrung ist in den verschiedensten Lehrbüchern der Mineralogie niedergelegt, von denen einige auf S. 4 genannt werden.

Allgemeine Mineralogie

Die „allgemeine Mineralogie“ hat die Aufgabe, die für alle oder für eine größere Zahl von Mineralien gültigen Grundbegriffe, Erscheinungen, Gesetzmäßigkeiten und Beziehungen darzulegen; sie vermittelt auf diese Weise die notwendigen Grundlagen für das sinnvolle Verständnis der einzigartigen Mineralwelt, die der Mensch so vielseitig und zweckgebunden zu nutzen weiß.

Einzelne der allgemein gültigen Eigenschaften der Mineralien sind rein beschreibend wiederzugeben, andere mit Hilfe einfacher physikalischer Methoden zu erschließen und festzuhalten. Von besonderer Bedeutung aber ist die schon frühzeitig gewonnene Erkenntnis, daß die verschiedenen Gesetzmäßigkeiten der äußeren Form und der wesentlichen physikalischen Eigenschaften der Mineralien „nur“ aus ihrem inneren Aufbau — ihrer inneren Struktur — gedeutet und verstanden werden können. So wurden die äußere Erscheinungsform und die verschiedenen physikalischen Eigenschaften initiativer Anstoß, sich Gedanken über den inneren Aufbau der Mineralien zu machen und diesen theoretisch abzuleiten, bis es im Verlaufe der wissenschaftlichen Entwicklung mit Hilfe der Röntgenstrahlen M. v. Laue (1912) gelungen ist, die hypothetischen Vorstellungen zu beweisen und die raumgitterartige Struktur der Mineralien¹⁾ aufzuzeigen.

Die Ergebnisse der „Strukturlehre“ werden im vorliegenden Büchlein nur kurz behandelt, aber alle jene Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten bevorzugt angeführt, welche zur zielklaren Ermittlung und Erkenntnis des inneren Aufbaues der Mineralien geführt haben. Diese z. T. rein phänomenologisch und damit deskrip-

¹⁾ So sie nicht gestaltlos, amorph, sind.

tiv ermittelten Grundlagen sind heute noch von gleichbleibender Bedeutung, denn die verständnisvolle Erfassung der ursächlichen Wechselbeziehungen zwischen der äußeren Morphologie sowie den vielseitigen Eigenschaften der Kristalle und ihrer inneren Struktur gehört nach wie vor zu den Hauptaufgaben der modernen Mineralogie.

In diesem Büchlein werden daher nach Vermittlung der „Form der Mineralien“ und dem „Feinbau der Kristalle“ die wichtigsten physikalischen Eigenschaften, im Anschluß daran die wesentlichsten chemischen Eigenschaften der Mineralien zur Darstellung gebracht. Die „Entstehung“ und das „Vorkommen“ der Mineralien kommen in einem eigenen Abschnitt gleichfalls zur Behandlung.

I. Die Form der Mineralien

Die **Bildung** der Mineralien erfolgt vorwiegend aus übersättigten Lösungen (Schmelzlösungen oder wässrigen Lösungen verschieden hoher Temperaturen), seltener aus Dämpfen oder Gasen. Jedes Lösungsmittel vermag nämlich bei einer bestimmten Temperatur nur eine bestimmte Menge einer oder mehrerer Substanzen in Lösung zu halten; bei einer höheren Temperatur in der Regel mehr als bei einer niederen. Jede Temperaturabnahme führt darum zwangsläufig zu einer Übersättigung und damit zum Ausfall der gelösten Substanzen.

Diese einfachen und klaren Erkenntnisse stützen sich auf zahlreiche Versuche, die hierbei nicht nur zur künstlichen Herstellung (Synthese) verschiedener mineralischer Produkte führten, sondern auch zu begründeten Rückschlüssen über das Wachstum und die Bildung der Mineralien in der Natur. Bedeutsam ist hier z. B. die praktisch wichtige Laboratoriumssynthese von Quarz (SiO_2), die nicht nur das Dargelegte bestätigt, sondern auch bedeutsame Wachstumshinweise vermittelt.

Am Boden einer Hochdruckbombe (eines Autoklaven) wird gekörnter natürlicher Bergkristall als Nährmaterial (Fig. 1) eingebracht, während im oberen Teil ein Bruchstück eines Bergkristalls als „Keim“ in einem Stützrahmen frei schwebend befestigt wird. Vor dem Verschließen der Hochdruckbombe wird diese zu vier Fünftel mit einer wässrigen alkalischen Lösung (Wasser mit einigen Prozent Natriumkarbonat) gefüllt. Durch Aufstellung des Autoklavens auf eine Heizplatte liegt das Nährmaterial in einem Temperaturbereich von 400°C , während der

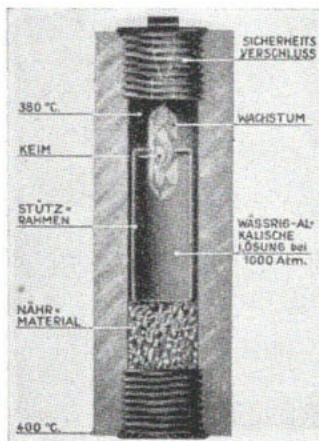


Fig. 1. Schema einer Hochdruckbombe für die Quarz-Synthese.
(Nach E. Buehler und A. C. Walker)

Umgebung des Keimes nur eine solche von 380° C zukommt. Bei dieser Temperatur ist das Innere der Hochdruckbombe völlig gefüllt und durch einen Innendruck von etwa 1000 Atmosphären beherrscht.

Durch Lösung des Nährmaterials in der alkalischen Lösung bildet sich nun eine stark mit Kieselsäure gesättigte Natriumsilikatlösung, die ständig von unten (400° C) nach oben (380° C) diffundiert und nach erfolgter Abkühlung den überschüssigen Teil der gelösten Kieselsäure in fester Form an den Quarzkeim zur Ablagerung bringt. Die Lösung selbst wandert dann wieder nach unten, wo sie nach Erwärmung auf 400° C wieder Kieselsäure zu lösen vermag, die sie dann

beim anschließenden Aufsteigen nach oben wieder am Keim abgelagert. Das geringe Temperaturgefälle von 20° C zwischen dem Nährmaterial und dem Keim ist demnach ausreichend, um die Nährlösung ständig und außerdem sehr gleichmäßig umlaufen zu lassen. Dadurch wächst der Keim stetig unter Bildung charakteristischer Wachstumsformen, und er kann hierbei in etwa 20 Tagen so viel Kieselsäure anlagern, daß er ein Bergkristall von etwa 125 g Gewicht wird.

Ganz allgemein wird nun beobachtet, daß den aus einer Lösung ausgeschiedenen festen Körpern vorwiegend eine ebenflächige, gesetzmäßige Gestalt zukommt; auch den in der Natur gebildeten Mineralien. Solche von ebenen, scharf ausgebildeten und glänzenden Flächen umschlossene Formen lernte man schon im Altertum an Mineralien kennen, die aus dem eisstarrenden Alpengebirge gebracht wurden; sie waren klar wie Eis und doch härter und dauerhafter als Glas, es konnte — so glaubte man — nur Eis sein, das durch lang dauernde, starke Kälte so hart geworden war, daß es nun

nicht mehr schmelzen konnte; man bezeichnete diese Gebilde mit dem Namen für Eis, *krystallos*. Diese Bezeichnung

Kristall¹⁾ wurde beibehalten, auch nachdem man wußte, daß der Kristall aus den Bergen, der Bergkristall, nicht aus Eis entstehen kann; der Terminus „Kristall“ blieb der allgemeine Ausdruck für die natürliche, von ebenen Flächen umschlossene Form der Mineralien.

Ein Kristall stellt also die natürliche Form eines Minerals dar. Ein Stück Glas, dem man durch Schleifen die Form eines Kristalls, etwa eines Würfels gegeben hat, ist daher kein Kristall, denn seine Form ist keine natürliche. Ein Oktaeder von Alaun dagegen ist ein Kristall, denn diese Form ist eine natürliche; sie entsteht immer von selbst, wenn sich Alaun aus seiner Lösung in Wasser ausscheidet.

Die Mineralien in der Natur können also kristallisiert auftreten; eine Zusammenhäufung von Kristallen mit nur teilweiser oder ohne eigene Begrenzung führt zu „kristallinen“ Substanzen; die innere Struktur dieser Aggregate ist hierbei die gleiche wie die der chemisch analogen Kristalle, deren äußere Form nur Ausdruck einer der zahlreichen Gesetzmäßigkeiten ist, die die Anordnung der kleinsten Bausteine im Raum begründet.

Ein Kristall ist demnach ein regelmäßig begrenzter, homogener Körper, der seine Form seinem Stoff bzw. den diesem innewohnenden Kräften verdankt. Welcher Art diese Kräfte sind, wissen wir noch nicht, jedenfalls wirken sie richtend auf die kleinsten Teilchen, welche den Kristall im Innern aufbauen. Bemerkenswert ist auch, daß Kristallbruchstücke oder Splitter so weiterwachsen, daß sie im neugebildeten Kristall ebenso orientiert liegen wie im ursprünglichen Kristall. Demnach besitzt jedes Teilchen eines Kristalls die Eigenschaft, gleichartigen Stoff anzuziehen und in derselben Ordnung anzulagern, die ihm selbst eigen ist.

Die Eigenschaft, Kristallform anzunehmen, ist nicht nur auf die Mineralien beschränkt, sondern kommt allen Elementen und chemischen Verbindungen zu, die aus einer Lösung, Schmelze oder aus Dampf in den festen Zustand über-

¹⁾ An sich richtiger „Krystall“.

gehen; der kristalline Zustand ist eine allgemeine Eigenschaft der anorganischen Welt, wie es eine solche der organischen Welt ist, ihre Körper aus Zellen aufzubauen. Die Lehre von den Kristallformen heißt Kristallographie¹⁾.

Das **Wachsen** eines Kristalls können wir verfolgen, seine Keimbildung aber und die ersten Wachstumserscheinungen jedoch nicht; an einer Stelle in einer Lösung, an der zuvor auch bei stärkster Vergrößerung nichts zu sehen war, befindet sich plötzlich ein Kriställchen, und dieses vergrößert sich; es wächst, indem es den Stoff aus seiner nächsten Umgebung entnimmt, die für seine Substanz alsdann übersättigt sein muß, und ihn parallel zu den vorhandenen Flächen anlagert. Ein Kristall wächst also durch Anlagerung, Apposition, seines Stoffes, ein Lebewesen dagegen durch Zellteilung (Intussuszeption).

Durch die Abgabe von Substanz an den wachsenden Kristall wird die Lösung rings um diesen verdünnter (Kristallisationshof) und leichter; sie steigt darum in die Höhe; die schwerere Lösung dringt nach. So wird ein auf dem Boden einer Schale wachsender Kristall von der Lösung umströmt, und weil die Strömung und die Stoffzufuhr an den Rändern stärker sind als auf der Oberseite, wächst er nach den Seiten schneller und wird tafelig nach der Auflagerungsfläche. Sorgt man dafür, daß der wachsende Kristall allseitig gleichmäßig von der Lösung umströmt wird, so wächst er auch gleichmäßig.

Ein wachsender Kristall umgibt sich mit ebenen Flächen, welche sich in Kanten und Ecken schneiden. Unter den jeweils gleichen Bildungsbedingungen (wie Temperatur, Druck, Konzentration, Lösungsgenossen usw.) entstehen aus einer Lösung bestimmter chemischer Zusammensetzung Kristalle gleicher Ausbildung, gleichartiger Kristallform; Änderungen der Bildungsbedingungen können Änderungen der Kristallform verursachen. Wesentlich ist nur, daß die gleichen Bildungsgrundlagen einer Kristallisation jeweils zu den gleichen Kristallprodukten führen. Die Konstanten des Wachstums sind hierbei die durch den inneren Aufbau der

¹⁾ Die Lehre von den Kristallformen ist in einem besonderen Bändchen dieser Sammlung: „Kristallographie“ von W. Bruhns-P. Ramdohr zusammengefaßt (Band 210).

Kristalle bestimmten Wachstumsrichtungen der einzelnen Flächen, die vom Keimpunkt des Kristalls als die Normalen auf die einzelnen Flächen aufgefaßt werden können (Fig. 2); die Länge der Flächennormalen entspricht der Wachstumsgeschwindigkeit (WG).

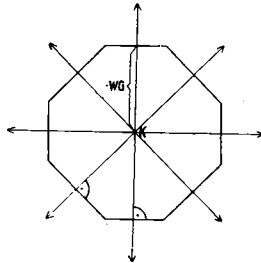


Fig. 2. K = Keimpunkt.
 → Wachstumsrichtungen.
 WG = Wachstumsgeschwindigkeit.

Jedem Kristall kommen hierdurch auffallende Richtungsunterschiede des Wachstums zu; ein nach allen Richtungen gleichmäßiges, isotropes¹⁾ Wachstum würde Kugeln und keine ebenflächigen Kristalle entstehen lassen.

Das charakteristische Merkmal der Kristalle ist also eine Wachstums-Anisotropie²⁾. Ein anisotropes Verhalten der Kristalle wird aber auch bei zahlreichen physikalischen Eigenschaften, die also von der Richtung abhängig sind, beobachtet. So ist die Härte bei Disthen, $\text{Al}_2[\text{O}|\text{SiO}_4]$, ganz augenfällig richtungebunden (in der Längsrichtung der Kristalle eine geringere Härte als senkrecht dazu). Auch die Spaltbarkeit, Wärmeleitfähigkeit und die optischen Eigenschaften der Kristalle stehen in ursächlicher Abhängigkeit von der Richtung, so daß zur Definition kommen kann: Die Kristalle sind von ebenen Flächen begrenzte homogene, anisotrope Körper.

Gleichmäßiges und ungestörtes Wachstum führt zu gleichmäßig gewachsenen Kristallen. Treten während des Wachstums aber Störungen ein, wie etwa Änderungen in der Zusammensetzung der Lösung, so werden diese, z. B. bei Verschiedenfarbigkeit der Anlagerungsschichten, deutlich sichtbar (Schichtenbau). Die Apposition der Schichten wird auch durch die gelegentlich beobachtbaren Anwachs- pyramiden sichtbar; indem der Kristall sich vergrößert, baut sich über jeder seiner Flächen eine Pyramide auf, die ihre Spitze im Keimpunkt besitzt. Die Anwachs- pyramiden treten

¹⁾ gr. *isos* = gleich; *trópos* = Richtung.

²⁾ gr. *an* = nicht, ohne; *trópos* = Richtung.