

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della
Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 106 (1925)

Artikel: Baugesetze kristalliner Materie

Autor: Niggli, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-90347>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Baugesetze kristalliner Materie

(Autoreferat)

von

P. NIGGLI, Zürich

Die Naturwissenschaften befinden sich in einer Periode der vollen Auswertung des *Diskontinuumbegriffes*. Die Fragen nach der Metrik, Gestalt, Form und Struktur sind von besonderer Bedeutung geworden und verleihen der Kristallographie, die sich von jeher mit ihnen beschäftigt hat, erhöhtes Interesse. So mag es auch dem Chemiker und Physiker erwünscht sein, darüber orientiert zu werden, welche hauptsächlichsten Gesetze den Bau der kristallinen Materie beherrschen.

Es ist zwischen inneren und äusseren Baugesetzen zu unterscheiden, je nach dem, ob wir den kristallinen Zustand als solchen oder den Einzelkristall als Individuum betrachten.

1. Die innern Baugesetze

Das *erste Grundgesetz*, das den inneren Aufbau der Kristalle beherrscht, lässt sich in verschiedener, mehr anschaulicher oder streng mathematischer Weise formulieren. Es sagt aus, dass beim Zusammentritt gleichartiger Baueinheiten das Bestreben herrscht, sich so einzuordnen, dass gleiche gegenseitige Lagebeziehungen resultieren.¹ Die Schwingungszentren der Massenteilchen bilden regelmässige Punkt-

¹ Mit Absicht sind einige der in der Kristallwelt herrschenden morphologischen Gesetze *teleologisch* formuliert worden. Diese Art der Darstellung drängt sich dem Kristallographen ebenso sehr auf wie dem Biologen. Überall da, wo es sich um die Charakterisierung eines Einzelteiles hinsichtlich seiner Stellung zu einer höheren Einheit handelt, ist im Hinblick auf diese Einheit die *finale* Betrachtungsweise die gegebene. Vielleicht verliert am ehesten die teleologische Ausdrucksweise in der Biologie den nichtwissenschaftlichen Beigeschmack, als ob durch sie eine innere, nicht kontrollierbare Absicht, der menschlichen Zweck- und Zielsetzung vergleichbar, eingeführt werde, wenn auf anorganischem Gebiet das Vergleichbare in ähnlicher Form dargestellt wird. Ob derartige innere Zielsetzungen als vorhanden angenommen werden dürfen, geht die Naturwissenschaft nichts an, so wenig sie sich um die letzten Ursachen zu kümmern hat. Dennoch wird die allgemeine theoretische Morphologie stets die „teleologische“ Darstellungsart mit Vorteil verwenden, weil sie die Stellung eines Teiles zum Ganzen plastischer zum Ausdruck bringt als die rein kausale, beschreibende Form. Im Hinblick auf die gegebene höhere morphologische Einheit kann von einem „Bestreben“ der Einordnung, von einer „Tendenz“ der Anordnung der Bausteine gesprochen werden, ohne dass man mit diesen Begriffen Vorstellungen zu verbinden hat, die dem menschlichen Willensleben entnommen sind.

systeme, das kristalline Diskontinuum ist homogen. Die nach verschiedenen Richtungen verschieden sein könnende Periodizität bestimmt die Metrik des Kristallraumes.

Schon das erste Grundgesetz der kristallinen Struktur kann als Symmetriegesetz bezeichnet werden. Es bedingt einen Rhythmus im Aufbau der Kristalle und zeigt uns, dass gleichartige Umgebung der Massenteilchen und regelmässige Punktverteilung die Aggregation der Materie beherrschen. Es gewährleistet die Homogenität der Raumerfüllung und hat daher, da der kristalline Zustand der Materie ein homogener ist, allgemeinen Geltungsbereich. Nur bei der Mischkristallbildung bedarf es, vom physikalischen Standpunkte aus, gewisser Einschränkungen, indem sich hier zeigt, dass weniger der materielle Inhalt eines Teilchens als seine Feldwirkung und Dimensionierung die geometrische Gleichwertigkeit bedingen.

Das zweite Grundgesetz ist weniger evident, da es nach FEDOROW nur ein Limitgesetz der Kristallsymmetrie ist. Mit dem ersten Grundsatz verträglich sind verschiedene, als Symmetrieeigenschaften zu bezeichnende Zusatzbedingungen. Es lässt sich, wie SCHOENFLIES und FEDOROW dartaten, zeigen, dass 230 verschiedene Symmetriefälle möglich sind, die sich auf 32 phänomenologisch unterscheidbare Klassen und 14 Raumgittertypen verteilen. Die durch maximale Zahlen von Zusatzbedingungen ausgezeichneten kubischen und hexagonalen Kristallklassen weisen jeweils nach mehreren im Raume gesetzmässig verteilten Richtungen, die sich völlig gleichwertig sind, analoge Periodizität auf. Die Massenverteilung ist nach verschiedenen Richtungen eine gleiche. Das Limitgesetz der Kristallsymmetrie sagt nun aus, dass bei der Kristallisation derartige, möglichst symmetrische Punktverteilungen angestrebt werden; mit andern Worten, dass kubische und hexagonale Kristallsymmetrie natürliche Idealtypen darstellen und dass eine an sich niedrigsymmetrische Kristallraummetrik um so seltener ist, je mehr sie von der kubischen oder hexagonalen abweicht. Die nicht kubisch oder hexagonal kristallisierenden Substanzen lassen sich fast stets auf eine Raummetrik beziehen, die wir als wenig deformierte kubische oder hexagonale bezeichnen können, so dass wir von *hypo- oder pseudokubisch* und *hypo- oder pseudo-hexagonal* ausgebildeten Kristallarten sprechen dürfen. Nach FEDOROW sind alle kristallisierten Substanzen entweder kubisch bzw. hypokubisch oder hexagonal bzw. hypohexagonal. Während jedoch der ideale hexagonale und der ideale kubische Typus etwas grundverschiedenes sind, gewissermassen in der Beziehung der Isomerie zueinander stehen, gibt es niedrigsymmetrische Kristallarten, die in der Metrik sowohl Anklänge an den einen wie an den andern Typus aufweisen. Die allgemeine Fassung des Limitgesetzes der Kristallsymmetrie mag daher eher so lauten: Nicht nur, dass die Massenverteilung in den Kristallen eine homogene ist, sie hat darüber hinaus die Tendenz, eine besonders symmetrische und gleichmäs-

sige zu sein, wobei von Natur aus zwei, durch die kubische und hexagonal holoëdrische Symmetrie repräsentierte Endstadien (Idealtypen) gegeben sind.

Wir können mit andern Worten in bezug auf die innere Morphologie von zwei *Entwicklungs-* oder *Deformationsreihen* des Kristallreiches sprechen und jeder Kristallart in der Entwicklungs- oder Abbaureihe einen bestimmten Platz anweisen. 33 genetisch verschiedene kubische oder hypokubische und 24 verschiedene hexagonale oder hypoexagonale Symmetrien sind unterscheidbar.

Wir können fernerhin nach den Ursachen der Abweichungen von der idealen, angestrebten Metrik fragen und kommen zur Überzeugung, dass die Eigensymmetrie der Kristallbausteine oft die reell kubische oder hexagonale Anordnung nicht zulässt. Die Kristallsymmetrie ist von der Symmetrie der aufbauenden Atome und Atomgruppen abhängig. Diese selbst sind im allgemeinen wieder möglichst symmetrisch gebaut, wobei indessen durch die variable Zahl der Elektronen einerseits und die Zahl der sich verbindenden Atome anderseits eine grosse Mannigfaltigkeit entsteht.¹

Neben den zwei Grundgesetzen des innern Kristallbaues sind die *speziellen Stilgesetze* zu nennen. Es zeigt sich nämlich, dass gewisse Kristallbaupläne ausserordentlich häufig auftreten, so dass sie als bevorzugte bezeichnet werden dürfen. Dabei lassen sich, wie einlässlich demonstriert wurde, Zusammenhänge finden, die von den heteropolaren Kristallverbindungen zu den homöopolaren und metallartigen hinüberleiten.

2. Die äusseren Baugesetze

Die äusseren Baugesetze suchen die Frage zu beantworten: Nach welcher äusseren Gestaltumgrenzung strebt ein Kristall bestimmter Struktur, der sich in einem gegebenen Medium entwickelt? Die Erfahrung zeigt uns, dass sich bei freier Gestaltsentwicklung in einem flüssigen oder gasförmigen Medium Grenzflächen entwickeln, die in kleinsten Bereichen der Aussenwelt die gleichen Verhältnisse darbieten. Der Kristall schafft sich, soweit möglich, eine homogen erscheinende Oberfläche. Das bedeutet bei gitterartiger Struktur die ebenflächige Umgrenzung des Kristalles, wobei der Komplex der Grenzebenen dem Rationalitätsgesetz gehorcht. Aber die derart konstruierbaren Kristallebenen sind strukturell ungleichartig. Es gibt rascher und langsamer wachsende, das heisst sich parallel nach aussen verschiebende Flächen; es gibt solche, die überhaupt nicht längere Zeit erhalten bleiben, sondern neuen Neigungen Platz machen. Hinsichtlich der verschiedenen Wachstumsgeschwindigkeiten reeller Flächen führt die geometrische Betrachtungsweise zu einem einfachen Resultat. Sie

¹ Über viele Zusammenhänge dieser Art kann in dem kurzen Autoreferat nicht eingegangen werden. Der Vortrag war durch zahlreiche Diapositivbilder, die auf konkrete Beispiele Bezug nahmen, belebt.

zeigt, dass in Abhängigkeit von der gegenseitigen Lage der Flächennormalen im allgemeinen die in einem gegebenen Medium rascher wachsenden Flächen zugunsten der langsam wachsenden verschwinden müssen, dass der wachsende Kristall schliesslich von Flächen begrenzt ist, die dem Wachstum am wenigsten förderlich sind. Die Gestalt eines beliebigen Kristallbruchstückes sucht sich beim Wachstum so zu stabilisieren, dass sie sich bei weiterem Wachstum unter gleichen Bedingungen ähnlich bleibt und den geringsten Grad der Instabilität nach aussen darbietet.

Im speziellen erweist sich die Kristallgestalt ausser von der Kristallisationsart von der individuellen Kristallstruktur abhängig. Es lässt sich zeigen, dass die Hauptzonen, denen die Kristallflächen angehören, den bei der Kristallisation besonders zur Geltung gekommenen kürzesten Bindungsrichtungen der Struktur parallel gehen. Ein Studium der zonalen Verbandsverhältnisse der für eine Kristallart häufigen Begrenzungsflächen gestattet somit, die strukturell ausgezeichneten Richtungen zu erkennen. Andererseits ermöglicht dieser Zusammenhang bereits auf Grund aussenmorphologischer Studien eine allgemein morphologische Systematik der Kristallarten.

In bezug auf die Bindungsverhältnisse können wir drei Haupttypen der Kristallstruktur unterscheiden, den isometrischen, den planaren und den axialen. Der isometrische besitzt mehrere gleichmässig im Raum verteilte, physikalisch nahezu oder völlig gleichwertige Hauptbindungsrichtungen. Die Begrenzungselemente werden daher ihrerseits räumlich gleichmässig verteilt sein, wobei die Ebenen, welche mehreren Hauptbindungsrichtungen parallel sind, am häufigsten auftreten werden. Alle kubischen Kristalle gehören diesem Typus an und von den pseudokubischen diejenigen, die nicht stark in Richtung einer Tetragyre oder Hexagyroide deformiert erscheinen. Von den hexagonalen oder hypohexagonalen Kristallarten sind nur diejenigen eines Mitteltypus hierher zu rechnen, wobei normalerweise $a : c$ nicht wesentlich von $1 : 1$ abweicht.

Der planare Typus besitzt eine durch mehrere Hauptbindungen ausgezeichnete Ebene, während schief und senkrecht dazu nur geringe Bindekräfte herrschen. Die Ebene, die den Hauptbindungen parallel ist, wird bevorzugte Wachstums- und Spaltfläche sein, so dass normalerweise blätterige, tafelige oder kurzpyramidale Ausbildung resultiert. Senkrecht zu der ausgezeichneten Ebene ist meistens eine Hexagyre, oder Pseudohexagyre, seltener eine Tetragyre oder Pseudotetragyre vorhanden. Man kann demnach planare hexagonale oder hypohexagonale und planare tetragonale oder hypotetragonale Kristallarten unterscheiden. Die letztern gehören zum hypokubischen Symmetriotypus i. w. S.

Der axiale Kristalltypus besitzt eine einzige ausgezeichnete Hauptbindungsrichtung, die meist zugleich Tetragyre oder Hexagyre oder entsprechende Pseudosymmetrieachse ist. Als Wachstumsflächen werden diejenigen der Zone der Hauptbindungsrichtung dominieren, so

dass im allgemeinen säulige, stengelige bis nadelige Gesamtausbildung resultiert.

Sowohl vom planaren hexagonalen als auch vom planaren tetragonalen Typus lassen sich Übergänge zu den entsprechenden axialen Modalitäten finden. Der Mitteltypus der pseudotetragonalen bzw. tetragonalen Reihe ist der pseudokubische bzw. kubische Typ, während der Mitteltyp der hexagonalen Entwicklungsreihe nur als isometrische Ausbildung ohne neue Symmetriequalitäten zur Geltung kommt.

Wie sich im einzelnen diese vergleichend morphologische Systematik des Kristallreiches ausbauen lässt, kann hier nicht mehr erörtert werden, der Vortrag selbst gab die Möglichkeit, an Hand von Lichtbildern verschiedene Gesetzmässigkeiten zu erläutern.

La théorie de la dérive des continents

par

E. ARGAND, Neuchâtel

Kein Autoreferat eingegangen.

Die Bedingungen der geschlechtlichen Differenzierung

(Autoreferat)

von

E. WITSCHI, Basel

Als ich von unserm Herrn Jahrespräsidenten eingeladen wurde, über die Bedingungen der geschlechtlichen Differenzierung zu sprechen, war ich mir klar, dass ich dieses Problem nicht in seiner ganzen Ausdehnung würde behandeln können. Ich habe mir vorgenommen, mein Thema nach zwei Seiten hin zu begrenzen. Ich werde nur über die primäre Geschlechtsdifferenzierung sprechen und die Frage der Zuordnung der sekundären Geschlechtsmerkmale ganz beiseite lassen. Ferner werde ich mich zur Hauptsache mit der geschlechtlichen Differenzierung der Wirbeltiere befassen, weil ich hier über die meisten eigenen Erfahrungen verfüge.

Mit der Frage „Bub oder Mädchen?“ erwarten Mutter und Vater den Familienspross, und mit ihrer Lösung bei der Geburt entscheidet sich die erste grosse Schicksalsfrage im Leben des jungen Erdenbürgers. Was immer im späteren Leben an tiefgreifenden Ereignissen an ihn herantreten mag — ausser schwersten Allgemeinerkrankungen gewinnt keines mehr eine ähnliche Bedeutung für seine gesamte körperliche und geistige Struktur.