

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Paralleloedersysteme und Röntgenstrahlen.

Von **J. Beckenkamp** (in Würzburg).

Mit 4 Textfiguren.

In seiner vor kurzem erschienenen Kristalloptik (vergl. dies. Centralbl. 1915. p. 701) wurde vom Verfasser der Nachweis geführt, daß die Schwerpunkte der Si-Atome der homogenen Teile des Quarzkristalls, d. h. der Quarzinpartikeln, ein deformiertes doppelt kubisches Raumgitter bilden, und daß alle Strukturbilder, welche die deformiert kubische Natur des Quarzes unberücksichtigt lassen (z. B. die von E. MALLARD, L. SOHNCKE, W. H. BRAGG und A. SCHOENFLIES in Zeitschr. f. Krist. 1916. 55. p. 346), die geometrischen Verhältnisse dieses Minerals nur unvollständig veranschaulichen und mit optischen Tatsachen in Widerspruch stehen.

Betrachten wir den Komplex eines Si-Atoms mit den beiden ihm zunächst benachbarten O-Atomen als ein chemisches Molekül, ohne dabei die Frage zu bejahen oder zu verneinen, ob diese drei Atome durch chemische Valenzen verbunden seien, so mag die durch den Schwerpunkt des Si-Atoms gehende Verbindungsgerade der beiden O-Atome „Molekülachse“ heißen. Die Richtung der Molekülachsen wechselt in dem vom Verf. abgeleiteten Strukturbilde des Quarzes in bestimmter Weise zwischen den vier Richtungen der Oktaedernormalen. Ein Komplex von vier in der Richtung einer beliebigen Oktaedernormalen unmittelbar aufeinanderfolgender Moleküle des doppelt kubischen Gitters umfaßt alle vier möglichen Orientierungen. Denken wir uns einen solchen Komplex umgrenzt von einem sechsseitigen Prisma, dessen Kantenlängen $\frac{1}{2} \delta_g$ und $4 \delta_o$ sind, wenn δ_g den Abstand zweier Schnittpunkte des doppelt kubischen Gitters in der Richtung einer Granatoedernormalen g und δ_o den Abstand in der Richtung einer Oktaedernormalen o bedeuten, dann kann man sich die Quarzinmasse zusammengesetzt denken aus einer sehr großen Anzahl lückenlos aneinanderstoßender derartiger sechsseitiger Prismen; die Schwerpunkte (oder auch irgendwelche andere homologen Punkte) dieser Prismen bilden ein vierfach kubisches Gitter. Da es im regulären Raumgitter vier gleichwertige Richtungen o gibt, so kann man in verschiedener Weise die Längsrichtung der Prismen orientieren. Geschieht es nur in einer Weise, so legt man in die Anordnung eine Bevorzugung der einen Oktaedernormalen, welche dem kubischen Gitter an sich nicht zukommt.

Aus der Flächenbildung erkennt man (vergl. Fig. 1) als bevorzugte Richtungen beim Quarz die drei Nebenachsen, welche drei Granatoedernormalen g entsprechen, die Hauptachse, welche einer Oktaedernormalen o entspricht, die sechs Polkanten T der hexagonalen Grundpyramide (Kombination von $+R$ und $-R$) und in geringerem Maße die drei Zwischenachsen, welche drei Leucitoedernormalen l entsprechen (vergl. p. 608 der Kristalloptik). In dem vorhin abgeleiteten hexagonalen Prisma kommt die Periode der in der Richtung der Hauptachse aufeinanderfolgenden Moleküle nach Abstand und Orientierung in der vertikalen Prismenkante zum Ausdruck; der Abstand der in der Richtung der Nebenachsen aufeinanderfolgenden Moleküle ist dagegen dreimal länger als die horizontale Prismenkante; für die Polkante T enthält das Prisma

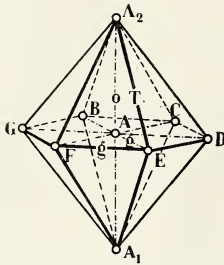


Fig. 1.

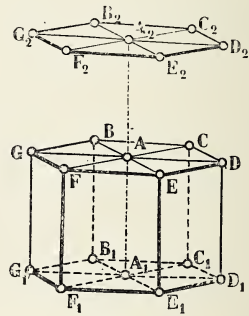


Fig. 2.

keine Bestimmungspunkte. Wenn also auch die periodische Wiederholung des Prismas nach dem vierfach kubischen Gitter den periodischen Bau der Quarzinmasse bezüglich der Anordnung und Orientierung der Moleküle zum Ausdruck bringt, so muß doch das Fehlen eines Ausdrucks für die wichtigsten Netzlinien als ein Mangel bezeichnet werden.

Um auch die Polkanten T in einem Paralleloedersystem zum Ausdruck zu bringen, muß man ein Vielfaches des vorigen Prismas als Elementarkörper wählen; der kleinste hierzu brauchbare Körper ist ein hexagonales Prisma mit der horizontalen Kantenlänge $9\delta_g$ und der vertikalen Kante $16\delta_o$, oder, wenn wir die Abstände der gleich orientierten Moleküle in dem doppelt kubischen Gitter mit d_g und d_o ¹ bezeichnen, so sind die Kanten dieses Elementarkörpers $FE = 9d_g$ und $FF_1 = 4d_o$ (Fig. 2). Ist die Flächendiagonale

¹ In bezug auf diese Verhältnisse ist p. 588 der Kristalloptik des Verf.'s zu berichtigen: Zeile 18 von oben lies: „wäre $\lambda'_2 = \lambda_1 \cotg 30^\circ$ “ statt „wäre $\lambda'_2 = \lambda_1 g \cotg 30^\circ$ “, und Zeile 14 von unten lies: „da $4\delta = d_o$ und $3\delta_o = 11kl$ “, statt: „da $4\delta = 3d_o = 11kl$ “.

des elementaren Würfels, welcher das doppelt kubische Gitter des Quarzes bestimmt, g_h , dessen Raumdiagonale o_h , dann sind die Kanten des eben definierten Elementarkörpers $9g_h$ und $8o_h$.

Die Ebene A_2FE entspricht einer Fläche des Ikositetraeders 25025 , welches in bezug auf das für den Quarz unwichtige System der Hexaedernormalen das komplizierte Zeichen $\{1, 1, 25\}$ hat. Machen wir indessen die halbe Oktaederkante des zu dem doppelt kubischen System gehörenden Kubooktaeders zur Achse g , die Höhenlinie dieses Oktaeders zur Achse l und den senkrechten Flächenabstand des Oktaeders zur Achse o , so erhält das genannte Ikositetraeder das einfache Zeichen $\{0, 4, 3\}$. Die Neigung der Flächen dieses Ikositetraeders gegen die (trigonale) Oktaedernormale ist $38^\circ 30' 10''$; die Neigung der Flächen des Grundrhomboeders des Quarzes gegen die (trigonale) Hauptachse $38^\circ 13'$.

Die Verbindungslinie des Mittelpunktes A (Fig. 2) einer Basisfläche mit einem Eckpunkte, etwa E_1 der gegenüberliegenden Basisfläche, hat ungefähr, aber nicht genau, die Richtung und Länge der Polkante T des Quarzes, wenn die horizontale Kante E_1F_1 die Richtung und Länge der Nebenachse des Quarzes ist, und die Punktabstände genau den regulären Dimensionen entsprechen. Beim Quarz ist das Verhältnis der Länge der horizontalen Kante FE der hexagonalen Bipyramide zur Polkante T derselben Form $2 \times 0,3363 : 1$, also annähernd $2:3$; bei einer Bipyramide, welche genau die gleiche Neigung zur trigonalen Achse besäße wie die reguläre Form $\{1, 1, 25\}$, wäre das Verhältnis $2 \times 0,3382 : 1$; beim Quarz liegt also das Verhältnis dieser Kantenlängen zwischen dem genau regulären und dem einfachen numerischen Werte $2:3$; die reguläre Anordnung muß dementsprechend beim Übergange in die Quarzstruktur zur Erzielung einer größeren Annäherung an das Verhältnis $2:3$ entweder in der Richtung der Hauptachse des Quarzes eine Dilatation, oder, was beim Quarz aus anderen Gründen wahrscheinlicher ist, in den zur Hauptachse senkrechten Richtungen eine Kompression erfahren.

Sei A ein beliebiger Schnittpunkt des doppelt kubischen Gitters und ein Stab, welcher genau die Länge T der Polkanten des Quarzes besitzt, werde mit seinem einen Ende in A festgehalten, mit dem anderen nach allen möglichen Richtungen bewegt. Das bewegliche Ende wird dann ungefähr mit dem Punkte E_1 des genau regulären Gitters zusammenfallen, und da die Verbindungslinie AE_1 in einer Leucitoederebene AE_1A_1 des regulären Gitters liegt, für welche die Gerade AA_1 eine sechszählige Deckachse ist (vergl. Kristalloptik, p. 605), so kann das bewegliche Ende des Stabes auch mit derselben Annäherung mit fünf weiteren Punkten F_1, G_1, B_1, C_1, D_1 zur Deckung gebracht werden, und da die Gerade AA_1 tensoriell (bivektoriell) ist, so stehen in der gleichen Beziehung auch die sechs Punkte $B_2, C_2 \dots G_2$, und da endlich durch den Punkt A

vier gleichwertige Oktaedernormalen o gehen, so kann das bewegliche Ende des Stabes mit 48 Punkten des regulären Gitters mit der gleichen Annäherung zusammenfallen.

Soll das bewegliche Stabende mit einem oder mehreren Punkten des kubischen Gitters genau zur Deckung gebracht werden, so muß man das Punktsystem, wie schon erwähnt, in den Richtungen AB, AC und AD komprimieren. Werden auf diese Weise die Abstände der Punkte $B_1 \dots G_1$ und $B_2 \dots G_2$ von A genau auf die Größe T gebracht, dann ist dies aber nicht gleichzeitig für die übrigen 36 Punkte möglich. Das reguläre Gitter wird dadurch deformiert, es wird trigonal; die Richtung AA_1 wird Hauptachse. Die Deformation der regulären Anordnung zu einer trigonalen wird also veranlaßt durch die Annäherung der Abstände AB₁ usw. an den Wert $\frac{3}{2} AB$ (vergl. Kristalloptik, p. 604).

Die Punkte A...G, $A_1 \dots G_1$, $A_2 \dots G_2$ bestimmen sowohl vor als nach der Deformation ein dreiseitig prismatisches Raum-

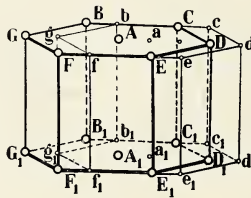


Fig. 3.

gitter. Jede durch irgendeinen dieser Gitterpunkte gelegte Vertikale ist sechszählige Hauptachse für die Punkte des dreiseitig prismatischen Gitters, aber nicht für alle Punkte des deformiert regulären Gitters. Gehen wir von irgendeinem Punkte A des deformiert regulären Gitters aus und suchen alle Punkte des deformiert regulären Gitters auf, welche von A genau den Abstand T haben, und von den so bestimmten Punkten wieder alle anderen Punkte, welche von diesen genau den Abstand T haben usw., so erhalten wir ein ganz bestimmtes, dreiseitig prismatisches Gitter, dessen Schnittpunkte ein Teilsystem des deformiert regulären Gitters bilden. Nun liegen aber auf jeder Kante g zwischen zwei benachbarten Punkten, etwa A und D, des dreiseitig prismatischen Gitters, noch acht andere Punkte des deformiert regulären Gitters, von welchen zwei in Fig. 3 angedeutet sind. Zu jedem dieser 8 Punkte gehört ebenfalls ein dreiseitig prismatisches Gitter; in Fig. 3 ist neben dem Gitter der Punkte A etc. mit schwächeren Linien auch das zu a gehörende dreiseitig prismatische Gitter angedeutet. Die durch einen Punkt A oder B usw. gehende verti-

kale Gerade ist sechszählige Deckachse nur für das System der Punkte A, B etc., und jede durch einen Punkt a (oder b usw.) gehende vertikale Gerade ist sechszählige Deckachse nur für das System der Punkte a (oder b usw.). Bei einer Drehung um 180^0 kann also nur dasjenige dreiseitig prismatische Punktsystem wieder mit sich selbst zur Deckung kommen, durch dessen Gitterpunkte die Drehungsachse gelegt wird.

Sämtliche Quarzkristalle enthalten mehr oder weniger Partien, welche zu den übrigen nach dem Dauphinéer Gesetze: Zwilling-(Drehungs)achse ist die Hauptachse, verzwillingt sind. Es kann also dabei nur ein dreiseitig prismatisches Teilgitter über die Zwillingsgrenze hinaus homogen bleiben, die anderen Teilgitter erleiden an der Zwillingsgrenze eine Diskontinuität. Das an der Zwillingsgrenze homogen bleibende dreiseitig prismatische Teilgitter ist vor den anderen bevorzugt. Zwischen den Punkten A und A', B und B' liegen ebenfalls noch eine Reihe von (15) anderen Punkten des kubischen Gitters, aus welchen das vorhin genannte Zwillingsgesetz keine Auslese zur Folge hat.

Das Zwillingsgesetz nach dem Dauphinéer Gesetz scheint mit einer Teilbarkeit nach dem vertikalen Prisma in Verbindung zu stehen. Nun kennt man außer dieser noch eine andere, nach den Flächen des Rhomboeders; diese ist am deutlichsten, wenn Zwillinglamellen nach dem Brasilianer Gesetz erkennbar sind. Es ist also denkbar, daß die Teilbarkeit nach den Rhomboederflächen überhaupt mit äußerst feinen, sich der Wahrnehmung entziehenden Lamellen nach diesem Gesetz in Verbindung steht. Eine derartige Sonderstellung einer Rhomboederfläche hat eine Gliederung der 16 übereinanderliegenden Punkte des regulären Gitters zur Folge. In der rhomboedrigen Grenzfläche liegt nur einer dieser Punkte, und wenn wir voraussetzen, daß alle Zwillingsgrenzen nach diesem Gesetz so liegen, daß immer diejenigen Punkte in ihnen enthalten sind, welche zu dem gleichen System mit der Periode $16\delta_0$ gehören, dann folgt aus der gleichzeitigen Zwillingseildung nach dem Dauphinéer und nach dem Brasilianer Gesetz die Bevorzugung eines einzigen Systems mit der Periode $9\delta_g$ in der Richtung der Nebenachse, der Periode $16\delta_0$ in der Richtung der Hauptachse und der Periode T in der Richtung der Diagonalen, also desselben dreiseitig prismatischen Gitters, welches vorhin durch das entsprechende hexagonale Prisma bestimmt wurde.

Wir können die drei genannten größeren Perioden statt auf die Einlagerung von Zwillinglamellen auch auf eine rein physikalische Ursache zurückführen; der von den Endpunkten dieser Perioden umgrenzte Raum gewinnt dann die Bedeutung einer höheren Einheit, gewissermaßen mit dem Charakter eines Indivi-

duums oder einer Zelle, und stellt das dar, was von HAÛY¹ als integrierendes Molekül, von V. FEDOROW² als Paralleloeder und häufig auch als „Kristallmolekül“ bezeichnet wird. Die innere Struktur ist beim Quarzinparalleloeder asymmetrisch, und wir müssen rechte und linke Strukturen unterscheiden.

Von der Voraussetzung ausgehend, daß die Quarzinmasse an sich keine optische Drehung bedinge, versuchte man, diese beim Quarz durch spiraligen Aufbau von Quarzinpartikeln zu erklären. Es sollte die Quarzinmasse in drei um 120^0 um die vertikale Achse gedrehten Orientierungen in genau regelmäßiger Folge nach den drei Flächen des Rhomboeders verwachsen. Nun besitzt aber die vom Vérf. für die Quarzinmasse abgeleitete und oben angedeutete Struktur schon an sich ein optisches Drehungsvermögen, welches nur infolge der gleichzeitigen Doppelbrechung des Quarzins sich der Beobachtung entzieht. Wird die Doppelbrechung durch Aggregation submikroskopischer Quarzinpartikel in drei um 120^0 gegeneinander gedrehten Orientierungen für Strahlen parallel zur Drehungsachse kompensiert, so wird für diese Strahlen die „reine optische Drehung“ wahrnehmbar. Eine spiraloge Verwachsung nach den Rhomboederflächen ist dann nicht mehr erforderlich, und bei der ausgesprochenen Neigung des Quarzins zur Faserbildung nach der c-Achse auch nicht wahrscheinlich. Viel näher liegt die Annahme, die auch durch die Beobachtung an verwachsenen Quarzinfasern bestätigt wird, daß sich die einzelnen Fasern mit paralleler Längsrichtung, aber um diese um 120^0 gegenseitig in unregelmäßiger Weise (doch so, daß im ganzen keine Orientierung vor den anderen bevorzugt wird) gedreht, nebeneinander legen.

Bei der Verwachsung der Quarzinfasern nach dieser wohl am besten als „Quarzingesetz“ zu bezeichnenden Form bleibt das System der sämtlichen Si-Atome, wenn wir von der geringen Deformation in der Ebene der Basis (vergl. Kristalloptik, p. 589), welche den Quarzin optisch zweiachsig macht, absehen, über die Verwachsungsflächen hinaus homogen, aber an jeder Verwachsungsstelle inhomogen in bezug auf die Achsenrichtung der Moleküle. Setzen wir voraus, daß auch dem Atom eine bestimmte Form zukomme und daß die Achsenrichtung des SiO_2 -Moleküls an eine bestimmte Richtung des Si-Atoms gebunden sei, dann müßten die in den Grenzflächen von Zwillingen liegenden Si-Atome sich gleichzeitig den Si-Atomen der beiden angrenzenden Quarzinindividuen parallel stellen; da dies jedoch nicht möglich ist, so liegt die Vermutung nahe, daß die in den Grenzflächen liegenden Knotenpunkte des Systems der Si-Atome gar nicht mit Si-Atomen besetzt sind. Es bleiben also in den Grenzflächen schmale Räume von der Dicke

¹ Vergl. Erster Teil. p. 33.

² Ebenda. p. 147.

des Volumens eines Si-Atoms offen, welche bei dem Quarzingesetze der Hauptachse des Quarzes parallel gehen. Diese ermöglichen den Transport von Atomen mit kleinerem Volumen (z. B. Na und Li), gestatten aber nicht den Durchgang von Atomen (z. B. K), deren Volumen größer ist als das des Siliciums. Da die einzelnen Quarzinpartikel des Quarzes submikroskopisch sind, so kann das Metall Na in der Quarzmasse gewissermaßen wie in einem Lösungsmittel gelöst erscheinen. Die Teilbarkeit nach den Zwillingsgrenzen wird hiernach außer durch die Diskontinuität des Gesamtsystems auch durch das Fortfallen derjenigen bevorzugten Atome veranlaßt, deren Knotenpunkte in den Zwillingsgrenzen liegen.

Beim Tridymit führen die gleichen Betrachtungen zu einem Paralleloeder, welches ein hexagonales Prisma mit den Dimensionen $6\delta_g$ und $16\delta_o$ oder $3d_g$ und $16d_o$ bildet. Die Flächenausbildungen von Quarz und Tridymit unterscheiden sich wesentlich dadurch voneinander, daß beim Quarz die durch die Polkanten T bestimmten Zonen vorherrschen, während z. B. die die Richtung T nicht enthaltende Basis ganz fehlt oder doch nur von sehr untergeordneter Bedeutung ist. Beim Tridymit ist umgekehrt die Basis die Hauptfläche, während die Zone der Polkanten der Pyramiden nur von untergeordneter Bedeutung ist. Die vorherrschende Bedeutung von T beim Quarz und die untergeordnete Bedeutung der Polkanten der hexagonalen Grundpyramide beim Tridymit kommt auch noch in anderer Weise zum Ausdruck. Die Periode T bewirkt, wie zu Anfang nachgewiesen wurde, die Abweichung des Quarzes von regulären Dimensionen, also die Bevorzugung der einen Oktaedernormalen vor den drei anderen. Es ist beim Quarz kein Fall bekannt, daß etwa bei einem Zwilling die Hauptachse des einen Individuums der Richtung der einen Oktaedernormalen, die des anderen Individuums einer der drei anderen Richtungen der Oktaedernormalen entspräche. Beim Tridymit dagegen ist kaum ein Kristall zu beobachten, bei welchem das nicht der Fall wäre. Beim Cristobalit wiederholt sich dieser Wechsel sogar so häufig und innig, daß er (bei höherer Temperatur) regulär erscheint. Der die Bevorzugung nur einer Oktaedernormalen bedingende Einfluß der Polkanten der Pyramiden ist also beim Tridymit bezw. Cristobalit sehr gering, während die Richtung g hier eine größere Bedeutung gewinnt.

Wie beim Quarz so stellen auch bei den übrigen bisher von W. L. und W. H. BRAGG untersuchten Kristallen die auf Grund der Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen abgeleiteten Strukturbilder die Schnittpunkte des Systems der bevorzugten Paralleloeder, also nur Teilsysteme der Atomanordnungen, dar. So z. B. müßte das KCl nach W. L. BRAGG holloedrisch regulär sein, während seine Zugehörigkeit zu einer meroedrischen Klasse doch kaum in Zweifel gestellt werden kann. Weitere sehr interessante Beispiele bilden

die rhomboedrischen Carbonate, welche im nächsten Band der Kristallographie ausführlicher besprochen werden sollen.

Aus dem Verhältnis der relativen Atomabstände zu den Atomgewichten schloß Verf. (Zeitschr. f. Krist. 1906. 42. p. 466 u. ff.), daß von den Atomen Schwingungen ausgehen, welche sich mit der Lichtgeschwindigkeit im Raume ausbreiten. Die von den einzelnen Atomen ausgehenden Wellen kommen miteinander zur Interferenz, so daß sich ein System von Knotenpunkten bildet, zwischen welchen stehende Wellen zustande kommen. Die Atome verhalten sich hierbei wie elastische Stäbe, deren Knotenpunkte festgehalten werden. Die Schwingungszahl eines transversal

schwingenden elastischen Stabes ist $n = C \frac{d}{l^2} \sqrt{\frac{g E}{s}}$, wobei C eine Konstante, d die Dicke des Stabes in der Richtung der Primitivbewegung, l dessen Länge, g die Gravitation, E den Elastizitätskoeffizienten der Stabmasse und s deren spezifisches Gewicht bedeuten; n ist also von der Breite des Stabes unabhängig, d. h. Stäbe von sonst annähernd gleichen Eigenschaften, aber verschiedener Breite, haben annähernd gleiche Schwingungszahl, also annähernd gleiche Wellenlänge ihrer Eigenschwingung. Aus dem Verhältnisse der Atomgewichte zu dem relativen Atomabstände bei isomorph sich vertretenden Atomen kann man also schließen, daß diese sich verhalten wie Stäbe von annähernd gleicher Länge und Dicke, sowie gleicher Masse, aber verschiedener Breite. Entsprechend dem in der Kristalloptik des Verf.'s (p. 24) angedeuteten Prinzip ordnen sich die Atome so, daß die Knotenpunkte des Atoms mit Knotenpunkten des Systems der stehenden Wellen zusammenfallen. Ist λ (Fig. 4) der Abstand zweier benachbarter Knoten-

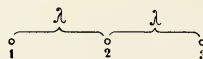


Fig. 4.

punkte, so liegen Knotenpunkte auch in den Abständen 2λ , 3λ etc.; der Punkt 3 kann sich aber nur dann gleichzeitig im Abstände λ vom Punkt 2 und im Abstände 2λ vom Punkt 1 befinden, wenn er mit 2 und 1 in einer geraden Linie liegt. Die gleichartigen Atome ordnen sich deshalb in geradlinigen Netzlinien. Eine Wellenbewegung, für deren Fortpflanzung die Netzlinien parallel zu den horizontalen Kanten g des Quarzes geeignete Punktabstände besitzen, muß auch auf Netzlinien parallel zu den Kanten T wegen des annähernden Verhältnisses 2 : 3 geeignete Punktabstände finden und umgekehrt. Die Netzlinien T und g sind deshalb für den Quarz die wichtigsten Strukturlinien.

Verf. setzt voraus, daß ebenso, wie alle Körper fortwährend von Wärmeschwingungen durchdrungen sind, welche die Atome

als Ganzes oszillatorisch bewegen, in den Kristallen auch stets Schwingungen mit außerordentlich viel kleineren Wellenlängen vorhanden sind, welche nicht die Atome als Ganzes, sondern die Teile des Atoms in gegenseitige Vibration versetzen, und deren Schwingungszahl den obigen Bedingungen entspricht, während die zugehörigen Wellenlängen nach obigem die (schon länger bekannte) Größenordnung der Atomabstände haben müssen. Diese kurzwelligen Schwingungen gehören wie die Wärmeschwingungen zum kinetischen Energieinhalt des Kristalls. Wie die Zunge einer Zungenpfeife jede beliebige Windbewegung, so wandeln nach Ansicht des Verf.'s die Atome im Kristallverbande einen Teil der fortwährend eintretenden und wieder aus dem Kristall austretenden Bewegungen in periodische, zu ihren Eigenschwingungen passende Bewegungen um und lassen die so entstehende kurzwellige Schwingung infolge der durch die Atomabstände bedingten Resonanz zu einer hohen Intensität anschwellen; während sich im Innern des Kristalls ein stationärer Zustand dieser Wellen herausbildet, verlieren sich die kurzwelligen Schwingungen sehr rasch, wenn sie den Kristall verlassen haben, so daß sie auch in nur mikroskopisch wahrnehmbaren Abständen vom Kristall unter normalen Verhältnissen nicht mehr nachweisbar sind.

Außer der Schwingung mit der Grundwellenlänge gehen von jedem Atom auch noch Wellen aus, deren Länge ein Multiplum der Grundwelle ist, und diese verschiedenen Wellenarten überlagern sich gegenseitig. Sehen wir von den Bewegungen der Atome infolge der eigentlichen Wärmeschwingungen ab, so liegen strenge Ruhepunkte nur da, wo die Knotenpunkte der kürzeren Wellen zugleich Knotenpunkte der multiplen Wellen sind. Diese Punkte bilden also bevorzugte Knotenpunkte. Vielleicht darf man voraussetzen, daß die bevorzugten Knotenpunkte auch den eigentlichen Wärmeschwingungen ein größeres Beharrungsvermögen entgegensetzen. Sie bedingen deshalb bei der Durchleuchtung der Kristalle mit Röntgenstrahlen die schärfsten Interferenzpunkte.

Vorstehende Betrachtungen führen zu folgenden Definitionen:

Wirksame Netzlinien nennt Verf. solche Geraden in einem Kristall, auf welchen die Abstände der Atomknotenpunkte in einem annähernd einfachen Verhältnisse zu den Wellenlängen der Atomeigenschwingungen stehen.

Eine Kristallfläche enthält zwei oder mehrere wirksame Netzlinien.

In einem Zwillingskristall bleibt ein Teilsystem der Atomknotenpunkte über die Zwillingsgrenze hinaus homogen, und dieses bestimmt somit auch ein über die Zwillingsgrenze hinaus homogen bleibendes bevorzugtes Paralleloedersystem.

Die Zwillingsgrenzen enthalten ein Maximum von Knotenpunkten des bevorzugten Paralleloedersystems und stehen zur Zwillings-

lingsebene senkrecht, bezw. zur Zwillingsachse parallel; die Knotenpunkte des bevorzugten Paralleloedersystems bestimmen bevorzugte Netzlinien.

Betrachten wir die ditrigonal-skalenoedrische Klasse als eine Holoedrie, so hat das System der bevorzugten Molekülschwerpunkte holoedrische Symmetrie, während die Meroedrie durch das Gesamtsystem der Atome bedingt wird.

Als Verf. die Grundlagen der vorstehend angedeuteten kinetischen Theorie der Kristalle aufstellte (1906), waren noch keine Wellenlängen von der postulierten Größenordnung nachgewiesen. Erst später (vergl. Kristalloptik, p. 483) wurde erkannt, daß die bereits 1895 entdeckten Röntgenstrahlen auf elektromagnetische Schwingungen von dieser Größenordnung zurückzuführen sind.

Während wir vorhin aus den Zwillingsgrenzen eindeutig auf das bevorzugte Paralleloeder mit den Perioden $9\delta_g$ in der Richtung g , $4\delta_o$ in der Richtung o und vor allem mit der Periode der Diagonalen T aus diesen beiden (nach Länge und Richtung) schlossen, erkennen wir nunmehr, daß Röntgenstrahlen mit den entsprechenden multiplen Längen das bevorzugte Paralleloedersystem und Röntgenstrahlen mit kürzeren Wellenlängen die Atomabstände des Gesamtsystems erzeugen.

Die Röntgenstrahlen mit multiplen Wellenlängen bestimmen somit Scharen von parallelen äquidistanten möglichen Zwillingsgrenzen. Aus der großen Zahl möglicher Grenzebenen einer bestimmten Schar bildet aber nur eine weit geringere, von Druck, Temperatur und Lösungsgeossen abhängige Zahl tatsächlich Zwillingsebenen.

Ganz ähnliche Verhältnisse, wie vorhin beim Quarz, wurden vom Verf. schon früher (Kristalloptik, p. 633 u. ff.) für den Pyrit abgeleitet. Der Teilbarkeit nach dem Prisma und dem Rhomboeder des Quarzes entspricht die Teilbarkeit nach dem Würfel und dem Pyritoeder des Pyrits; den bevorzugten Kanten T der hexagonalen Bipyramide des Quarzes entsprechen beim Pyrit die bevorzugten Kanten (in der Richtung l) des Tetrakishexaeders ∞O_2 . Wie beim Quarz das dreiseitig prismatische Raumgitter für die Si-Atome, so wird beim Pyrit durch die genannten Eigenschaften ein vierfach kubisches Raumgitter als bevorzugtes Teilsystem der Fe-Atome eindeutig bestimmt. Der Verwachsung der homogenen Quarzinpartikel in drei um die Hauptachse gedrehten Orientierungen zur Quarzmasse entspricht eine Verwachsung der asymmetrischen homogenen FeS_2 -Masse um die vier trigonalen Achsen zur Pyritmasse, ähnlich wie beim Cristobalit.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [1916](#)

Autor(en)/Author(s): Beckenkamp J.

Artikel/Article: [Paralleloedersysteme und Röntgenstrahlen. 233-242](#)