

## Zur Gruppierung der 32 Kristallklassen.

Von **Hermann Tertsch** in Wien.

Mit 1 Textfigur.

(Schluß.)

### Stufe 5: Kombination der Stufe 1 mit S, welche zu den einpoligen Deckachsen parallel sind.

$\uparrow D^1 + S$  gibt eine einfache S, also keine neue Klasse (monoklin domatisch).

$\uparrow D^2 + S = \uparrow D^2 S (S)$ . Hier verlangt die Deckachsensymmetrie das gleichzeitige Auftreten zweier verschiedener Symmetrieebenen, die als Schnittlinie die  $D^2$  selbst enthalten. Da nicht nur die rechte und linke, sondern auch die vordere und hintere Hälfte des Kristalls symmetrisch gleich sein sollen, können als Kristallachsen außer der  $\uparrow D^2$  nur noch zwei mögliche Richtungen in den beiden S gewählt werden, die auf der  $\uparrow D^2$  normal stehen und ungleichwertig sind. Damit ist wieder das rechtwinklige, ungleichwertige Achsenkreuz des rhombischen Systems gegeben (rhombisch pyramidal).

$\uparrow D^3 + 3S$  fordert keine weiteren Symmetrieelemente. Turmalin ist ein bekanntes Beispiel der ditrigonal pyramidalen Klasse.

$\uparrow D^4 + 2S = \uparrow D^4$ ,  $2S_n (2S_z)$  entspricht der ditetragonal pyramidalen Klasse.

$\uparrow D^6 + 3S = \uparrow D^6$ ,  $3S_n (3S_z)$  stellt die analoge dihexagonal pyramidale Klasse dar.

$4\uparrow D^3 + 6S = 4\uparrow D^3 (3D^2) 6S$  (tesseral hexakistetraedrisch). Hier ist bezüglich der additiven S keine Wahl möglich, da die sonst noch in Frage kommenden  $3\Sigma$  der Forderung nicht genügen, daß sie auf keiner  $D^{2x}$  normal stehen sollen. In die 5. Stufe läßt sich somit nur die Kombination mit 6 Nebensymmetrieebenen aufnehmen.

### Stufe 6: Kombination der Stufe 2 mit S, welche zu den wechseipoligen Deckachsen parallel sind.

$\wedge D^1 + S = C, S (D^2)$ , führt also zu der schon bekannten Klasse: monoklin prismatisch.

$\wedge D^2 + S = \Sigma, S$ . Das wäre nur möglich, wenn die Schnittlinie beider Ebenen eine  $D^2$  ist, was zur rhombisch pyramidalen Symmetrie führt.

$\wedge D^3 + 3S = D^3 + C, 3S_n (3D^2_n)$ . Das automatische Hinzutreten der  $3D^2_n$  beruht auf der Einführung des C und liefert die Symmetrie des Kalkspates (ditrigonal skalenoedrisch).

$\wedge D^4 + 2S$ . Diese sehr interessante Symmetrieklasse läßt sich leicht aus der Projektion der bisphenoidischen Klasse ableiten,

wenn man durch die  $\wedge D^4$  entsprechend ihrer Vierzähligkeit zwei gleiche Symmetrieebenen hindurchlegt. Die Verteilung der symmetrisch sich wiederholenden Begrenzungselemente ist dann derartig, daß man  $\wedge D^4 + 2S = D^2, 2D_n^2, 2S_z$  setzen kann, wobei charakteristischerweise die  $D^2$  und  $S$  aufeinander nicht normal stehen. In unserer Art der Ableitung verschwindet die sonst recht sonderbare Stellung, welche diese tetragonal skalenoedrische Klasse (Kupferkies) zumeist im tetragonalen System zugewiesen erhält. Abgesehen von dem nachweisbaren Vorhandensein einer  $\wedge D^4$  dokumentiert sich die Zugehörigkeit zum tetragonalen System dadurch, daß eine besonders ausgezeichnete und zwei dazu normale gleiche Richtungen (tetragonales Achsenkreuz) durch die Symmetrie gegeben sind.

$\wedge D^6 + 3S$ . Da sich  $\wedge D^6$  durch  $D^3 + \Sigma$  ersetzen läßt, ergibt sich  $\wedge D^6 + 3S = D^3 + \Sigma, 3S_z (3 \uparrow D_n^2)$ . Es treten also automatisch drei polare  $D^2$  hinzu. Hier gelten die gleichen Überlegungen wie anlässlich der „hemihexagonal bipyramidalen“ Gruppe (vergl. p. 152). Auch hier prägt sich die volle Zugehörigkeit zu dem hexagonalen und nicht trigonalen System, außer durch das Vorhandensein einer wechselfolgigen  $D^6$  (Inversionsachse) noch dadurch aus, daß diese Symmetrie durch Beifügung eines  $C$  sofort in die Symmetrie der hexagonalen Vollform übergeht. Auch hier wird es vorteilhaft sein, die Namen: „ditrigonal bipyramidal“ oder „trigonotyp hemiedrisch“ durch dihemihexagonal bipyramidal zu ersetzen<sup>1</sup>.

$4 \wedge D^3 + 6S = 4D^3 + C (3\Sigma), 6S (3D^4, 6D^2)$ . Die starke gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Symmetrieelemente führt zu einem mächtigen Anschwellen der wirklich vorhandenen Symmetriedaten (tesseral hexakisoktaedrisch).

### **Stufe 7: Kombination der Stufe 3 (oder 4) mit S, die den zweipolgigen Deckachsen parallel sind.**

Es sei gleich vorausgeschickt, daß sowohl die Verwendung der Stufe 3 wie auch jene der Stufe 4 zu den gleichen Resultaten führt; nur liegt hier wieder ein deutlicher Beleg dafür vor, daß es ganz der Willkür überlassen bleibt, welche Symmetrieelemente als notwendig bezeichnet, welche als unabhängig voneinander der Ableitung zugrunde gelegt werden (vergl. die Ableitung der rhombischen Vollform aus der Stufe 3 oder der Stufe 4). Für das trigonale und tesserale System führt weder die Verwendung der Stufe 3 noch der Stufe 4 zu neuen Kombinationen. Im folgenden ist die Stufe 3 als Grundlage gewählt.

<sup>1</sup> Es kann nicht geleugnet werden, daß der gewählte Name an philologischer Schönheit sehr zu wünschen übrig läßt. Der Zweck dieser Namengebung wurde oben (p. 152) auseinandergesetzt.

$D^2 + C + // S$ . Da es sich um eine mit  $D^2$  parallele  $S$  handelt, ist eine Verwechslung mit der Symmetrie der monoklinen Vollform ausgeschlossen. Die Symmetrie erhöht sich automatisch, denn  $D^2 + C + // S = D^2 (D^2, D^2) C, S (S, S)$ , entsprechend der rhombisch bipyramidalen Klasse.

$D^4 + C + // 2S = D^4 (2D^2_n, 2D^2_z) C (\Sigma) 2S_n (2S_z)$ . Auch in dieser ditetragonal bipyramidalen Abteilung tritt eine starke automatische Vermehrung der Symmetrieelemente ein, welche sich ganz analog im hexagonalen System wiederholt.

$D^6 + C + // 3S = D^6 (3D^2_n, 3D^2_z) C (\Sigma) 3S_n (3S_z)$ , dihexagonal bipyramidal.

Jeder weitere Versuch, durch Hinzufügung irgendeines Symmetrieelementes eine neue Symmetriekombination zu erzielen, ist bekanntlich aus mathematischen Gründen ausgeschlossen, die Ableitung ist also in diesen 7 Stufen beendet und umfaßt alle 32 möglichen Kristallklassen.

In der Tabelle (p. 176 und 177) sind die 32 Klassen in der Reihenfolge ihrer stufenförmigen Entwicklung zusammengestellt. Innerhalb jedes einzelnen Feldes sind in der ersten Zeile die für die Ableitung verwendeten notwendigen Elemente angeführt, die zweite Zeile enthält den Klassennamen und die Angabe eines dieser Klasse entsprechenden Beispieles, in der dritten Zeile sind die wirklich vorhandenen Symmetrieelemente in der üblichen Form voll ausgeschrieben (die automatisch hinzutretenden eingeklammert), während besondere Eigentümlichkeiten der Klassen noch durch eigene Buchstaben in der vierten Zeile gekennzeichnet sind. E weist auf das Auftreten enantiomorpher Formen hin, die nach GROTH an das Fehlen von Ebenen der einfachen oder zusammengesetzten Symmetrie geknüpft sind, Z deutet auf die Möglichkeit einer Zirkularpolarisation hin, P bedeutet, daß die Kristalle dieser Klassen pyroelektrisch, Pz, daß sie piezoelektrisch erregbar sind, wogegen M die pyromagnetische Erregbarkeit anzeigt<sup>1</sup>.

Die stark umrahmten Felder geben die Symmetrie der dem System zugehörigen Vollform an.

In der vorstehenden Ableitung wurde gleichzeitig die jeweilige Zuordnung der Klasse zu einem Kristallsystem angegeben. Der Begriff des Kristallsystemes hat schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts im Anschluß an die HAUY'schen Untersuchungen und Deduktionen viele Forscher beschäftigt. Insbesondere sind CHR. S. WEISZ

<sup>1</sup> Die betreffenden Angaben stützen sich hauptsächlich auf die Ausführungen von VOIGT in seinem „Lehrbuch der Kristallphysik“. Nach VOIGT sind pyroelektrisch nur solche Klassen erregbar, welche einzelne polare Richtungen besitzen, damit sind tesserale Kristalle, wie auch Quarz ausgeschlossen.

und FR. MOHS für eine folgerichtige Gruppierung der damals bekannten Kristallsymmetrien eingetreten. MOHS vor allem hat auf die Notwendigkeit schiefwinkliger Koordinatensysteme aufmerksam gemacht, wogegen sich bei WEISZ<sup>1</sup> eine auffallend reinliche Scheidung zwischen hexagonalen („sechsgliedrigen“) und trigonalen („drei- und dreigliedrigen“) Symmetrien findet.

„Der Inbegriff der aus einer Grundgestalt ohne Rücksicht auf ihre Abmessungen abgeleiteten einfachen Gestalten heißt ein Kristallsystem“<sup>2</sup>. Diese Definition von MOHS wird in BECKENKAMP'S Buch: „Statische und kinetische Kristalltheorien“ (l. c.) p. 89 folgendermaßen ausgedrückt: „Bezeichnen wir jede Deckachse sowie jede zu einer Spiegelebene senkrechte Gerade als eine ausgezeichnete Richtung, so bilden jedesmal diejenigen Klassen, welche die gleichen ausgezeichneten Richtungen haben, ein Kristallsystem.“ Diese Formulierung fällt fast genau mit FEDOROW'S Äußerungen über Syngoniearten<sup>3</sup> zusammen. Es muß zugestanden werden, daß in diesen bis auf MOHS zurückgehenden Definitionen viel Bestechendes liegt und daß sie der geometrischen Gruppierung vorzüglich angepaßt scheinen. Folgerichtig sind aber die genannten Forscher und viele andere mit ihnen zu bloß sechs Systemen gekommen, da in den zitierten Definitionen die schon von WEISZ unterschiedenen hexagonalen und trigonalen Formen zusammenfallen. Abgesehen von der immerhin befremdenden Erscheinung, daß ein einzelnes System nicht weniger als 12 Unterabteilungen umfassen soll, während andere die Klassenzahl 7 nicht überschreiten, verschwinden durch dieses Zusammenwerfen vor allem die Analogien gegenüber dem tetragonalen System einerseits und dem tesseralen andererseits vollständig. Diese Analogien dürfen aber mit Rücksicht auf die physikalischen Beziehungen nicht verloren gehen. Schon WEISZ sagt (l. c.), „daß das sechsgliedrige System dem regulären nicht so nahe stehe als das drei- und dreigliedrige und äußerlich erst durch dieses mit demselben vermittelt zu werden scheine“. Diese durchaus richtige und feinfühligte Bemerkung bestätigt sich immer wieder durch kristallphysikalische Untersuchungen, weshalb es unangebracht ist, in einer modernen Aufstellung der Kristallsysteme diese Sonderung zu unterdrücken. Wenn also auch die vorstehenden Begriffsumgrenzungen in gewisser Hinsicht sehr anschaulich sind, so lassen sie uns doch im Falle der  $D^3$  und  $D^6$  im Stiche. Soweit sich die älteren Definitionen mit der hier gebotenen Systemumgrenzung decken, wurde auch in den vorhergehenden Zeilen davon ausreichend

<sup>1</sup> CHR. S. WEISS, Übersichtliche Darstellung der verschiedenen natürlichen Abteilungen der Kristallisationssysteme. Abh. d. kgl. Akad. d. Wiss. Berlin 1815. p. 289.

<sup>2</sup> MOHS, Grundriß der Mineralogie. 1824. 1. p. 172.

<sup>3</sup> FEDOROW, Zeitschr. f. Krist. 28. 1897. p. 36 und 31. 1899. p. 21.

Gebrauch gemacht. Gleichwohl verlangt die ganze vorgelegte Ableitung auch noch eine Umgrenzung des Begriffes: Kristallsystem, welche, ohne auf fremde Vorstellungen Bezug nehmen zu müssen, aus sich selbst, d. h. aus dem Prinzip der Ableitung allein resultiert. Eine solche Begriffsbestimmung würde lauten: „Unter einem Kristallsystem versteht man den Inbegriff aller Symmetrieklassen, welche die gleiche höchstzählige (ein-, wechsel- oder zweipolige) einzelne Deckachse, bezw. die gleiche größtmöglichste Kombination gleichzähliger (ein-, wechsel- oder zweipoliger) Deckachsen enthalten.“

Durch die erste Hälfte der Definition sind festgelegt: Höchstzählige Achse  $D^1 =$  triklin, einzelne  $D^2 =$  monoklin<sup>1</sup>, einzelne höchstzählige Achse eine echte  $D^3 =$  trigonal, analog damit, einzelne echte  $D^4 =$  tetragonal und echte  $D^6 =$  hexagonal. Die zweite Hälfte der Definition bezieht sich auf die geometrisch möglichen Kombinationen gleichzähliger Achsen. Es ist bekannt, daß die  $D^2$  allein nur zu dritt, zueinander normal gestellt, kombiniert werden können; genau so die  $D^4$ . Die  $D^3$  können nur zu viert gekuppelt auftreten. Ebenso bekannt ist es, daß alle Kombinationsmöglichkeiten mit  $3 D^4$  immer gleichzeitig  $4 D^3$  enthalten, daß demnach die Gruppierung auf Grund der  $4 D^3$  die weiter umfassende ist und jene mit  $3 D^4$  als Untergruppe in sich schließt. Das führt zum Schlusse, daß für die Aufstellung neuer Systeme nur noch zwei Möglichkeiten in Frage kommen: 1. Kombination dreier ungleicher (ein-, wechsel- oder zweipoliger)  $D^2$  und 2. Kombination von vier (ein-, wechsel- oder zweipoliger)  $D^3$ . Erstere Kombination führt zum rhombischen System, letztere zum tesseraleen.

Bezüglich der rhombischen pyramidalen Klasse beachte man, daß sich die Symmetrie  $\uparrow D^2, S, S$  auch darstellen läßt durch  $\uparrow D^2, \wedge D^2, \wedge D^2$  (vergl. Anm. I). Bezieht man also, wie selbstverständlich, die Wechseelpoligkeit in die Definition ein, so ergibt sich, daß alle rhombischen Klassen durch drei ungleiche  $D^2$  charakterisiert sind.

Werden die  $D^2$  gleichwertig ( $3 D^2$ ), so kombiniert sich automatisch damit die Gruppe  $4 D^3$ , d. h. die größtmöglichste Achsenkombination ist nicht  $3 D^2$ , sondern  $4 D^3$ . Letztere sind aber das charakteristischeste Merkmal des tesseraleen Systemes, und bedeuten überhaupt die größte Kombination gleichzähliger und gleichwertiger Achsen, die im Bereiche der Kristallsymmetrie möglich ist.

Auf eine Eigentümlichkeit des trigonalen Systemes, wie es unserer Ableitung entspricht, sei besonders hingewiesen, es enthält nämlich keine Symmetrieklasse, die mit einer horizon-

<sup>1</sup> Man beachte, daß  $\wedge D^2 = \Sigma$  ist!

	Stufe 1 <i>Einzelne (bezw. gleichartige) einpölige Deckachsen</i>	Stufe 2 <i>Einzelne (bezw. gleichartige) wechselpölige Deckachsen</i>	Zweipölig Stufe 3 <i>Einzelne zweipölige Deckachsen Kombination der Stufe 1 mit C</i>
<b>Triklin</b>	$\uparrow D^1 = \theta$ <i>pedial [K-Bichromat]</i> $\theta$ E, Z, P, Pz, M	$\Lambda D^1 = C$ <i>pinakoidal [Anorthit]</i> C M	—
<b>Monoklin</b>	$\uparrow D^2$ <i>sphenoidisch-[Zucker]</i> $\uparrow D^2$ E, Z, P, Pz, M	$\Lambda D^2 = \Sigma$ <i>domatisch [Skolezit]</i> S (Z), P, Pz, M	$D^2 + C$ <i>prismatisch [Gips]</i> $D^2, C, (\Sigma)$ M
<b>Rhombisch</b>	—	—	—
<b>Trigonal</b>	$\uparrow D^3$ <i>trig. pyramidal [Na-Perjodat]</i> $\uparrow D^3$ E, Z, P, Pz, M	$\Lambda D^3 = D^3 + C$ <i>trig. rhomboedrisch</i> <i>[Dolomit]</i> $D^3, C$ M	—
<b>Tetragonal</b>	$\uparrow D^4$ <i>tetr. pyramidal [Wulfenit]</i> $\uparrow D^4$ E, Z, P, Pz, M	$\Lambda D^4 = J^4$ <i>tetr. bisphenoidisch</i> <i>[Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub>]</i> $J^4$ (Z) — Pz M	$D^4 + C$ <i>tetr. bipyramidal [Scheelit]</i> $D^4, C, (\Sigma)$ M
<b>Hexagonal</b>	$\uparrow D^6$ <i>hex. pyramidal [Nephelin]</i> $\uparrow D^6$ E, Z, P, Pz, M	$\Lambda D^6 = D^3 + \Sigma$ <i>hemihexag. bipyramidal</i> <i>[—?—]</i> $D^3, \Sigma$ Pz, M	$D^6 + C$ <i>hex. bipyramidal [Apatit]</i> $D^6, C, (\Sigma)$ M
<b>Tesseral</b>	$4 \uparrow D^3 =$ <i>tess. tetarpoedrisch</i> <i>[Na-Chlorat]</i> $4 \uparrow D^3 (3D^2)$ E, Z, Pz,	$4 \Lambda D^3 = 4D^3 + C$ <i>tess. dyakisdoekaedrisch</i> <i>[Pyrit]</i> $4D^3 (3D^2) C, (3\Sigma)$ —	—

Deckachsen Stufe 4	Kombination mit Symmetrieebenen, die zu den Achsen der Stufen 1, 2 u. 3 parallel sind		
Zweipoligkeit durch Kombination der Stufe 1 mit $D^{2x}$	Stufe 5 Kombination der Stufe 1 mit Symm. Eb. (II einpoligen $D^*$ )	Stufe 6 Kombination der Stufe 2 mit Symm. Eb. (II wechselfolgigen $D^*$ )	Stufe 7 Kombination der Stufe 3 mit Symm. Eb. (II mit zweipoligen $D^*$ )
—	—	—	—
—	—	—	—
$D^2+D^2$ bispheoidisch [Bittersalz] $D^2, D^2, (D^2)$ E, Z, — Pz	$\uparrow D^2+S$ rh. pyramidal [Kieselzinkerz] $\uparrow D^2, S(S)$ (Z) P Pz	—	$D^2+C+II S$ rh. bipyramidal [Schwefel] $D^2, (D^2 D^2) C, S, (S, S)$ —
$D^3+3\uparrow D^2$ trig. trapezoedrisch [ $\alpha$ -Quarz] $D^3, 3\uparrow D^2$ E, Z, — Pz	$\uparrow D^3+3S$ ditrig. pyramidal [Turmalin] $\uparrow D^3, 3S$ P Pz	$1D^3+3S=D^3+C+3S$ ditrig. skalenoedrisch [Kalkspat] $D^3, (3D_n^2) C, 3S_n$ —	—
$D^4+2D^2$ tetrag. trapezoedrisch [ $\beta$ -Quarz] [Strychninsulfat] $D^4, 2D_n^2, (2D_z^2)$ E, Z, Pz	$\uparrow D^4+2S$ ditetrag. pyramidal [Silberfluorid] $\uparrow D^4, 2S_n, (2S_z)$ P Pz	$1D^4+2S=D^4+2D^2+2S$ tetrag. skalenoedrisch [Kupferkies] $D^4, 2D_n^2, 2S_z$ (Z) Pz	$D^4+C+2II S$ ditetr. bipyramidal [Zirkon] $D^4, (2D_n^2, 2D_z^2) C, (S_n) 2S_n, (2S_z)$ —
$D^6+3D^2$ hexag. trapezoedrisch [ $\beta$ -Quarz] $D^6, 3D_n^2, (3D_z^2)$ E, Z, — Pz	$\uparrow D^6+3S$ dihexag. pyramidal [Jodsilber] $\uparrow D^6, 3S_n, (3S_z)$ P Pz	$1D^6+3S=D^6+S+3S$ dihemihexagonal bipyram. [Benitoit?] $D^6, (3\uparrow D_n^2), S, 3S_z$ Pz	$D^6+C+3II S$ dihexag. bipyramidal [Beryll] $D^6, (3D_n^2, 3D_z^2) C, (S_n) 3S_n, (3S_z)$ —
$4D^3+3D^4$ ess. gyroedrisch [Salmiak] $4D^3, 3D^4, (6D^2)$ E, Z, —	$4\uparrow D^3+6S$ tess. hexakistetraedrisch [Zinkblende] $4\uparrow D^3, (3D^2) 6S$ Pz	$41D^3+6S=4D^3+C+6S$ tess. hexakisoktaedrisch [Fluorit] $4D^3, (3D^4, 6D^2) C, (3S) 6S$ —	—

tal en Hauptsymmetrieebene versehen wäre<sup>1</sup>. Damit im Zusammenhang steht die Möglichkeit einer anderen Koordinatenachsenwahl, als dies im hexagonalen System vorgeschrieben ist. In letzterem sind eine Hauptachse und drei in einer zur Hauptachse normalen Ebene gelegene Nebenachsen durch die Symmetrie bedingt. Das trigonale System hat zwar auch eine Wirtelachse, es fehlt ihm aber die hierzu senkrechte Ebene als notwendige Symmetrierscheinung. Hier schreibt die Symmetrie nur vor, daß drei unter gleichen Winkeln zur Wirtelachse geneigte Richtungen ausgewählt werden, die aber nicht in einer Ebene liegen müssen. Gleichzeitig sei auch daran erinnert, daß schon HAUY diesen Symmetrieklassen ein Rhomboeder als Primitivform zuschrieb, während dem hexagonalen System die zentrierte sechsseitige Säule (dreiseitiges Prisma) zugeordnet wird. Es ist also nur angemessen, daß für das trigonale System die MILLER'sche Achsenwahl gegenüber der BRAVAIS'schen bevorzugt werde, da die MILLER'sche Anordnung dem Molekularbau und den so weit gehenden Analogien mit dem tesserale System besser entspricht<sup>2</sup>.

Der beste Prüfstein für die Zweckmäßigkeit einer bestimmten Gruppierung der 32 Kristallklassen bleibt immer die Anschmiegsamkeit der gewählten Anordnung an die Forderungen der Kristallphysik.

Die Möglichkeit der Ausbildung enantiomorpher Formen besteht in den Stufen 1 und 4 und umfaßt 11 Klassen, denen Ebenen der einfachen und zusammengesetzten Symmetrie fehlen. Die Zirkularpolarisation ist an die gleichen Symmetriebedingungen geknüpft, nur schließen sich nach BEREK<sup>3</sup> noch jene Klassen aus Stufe 2, 5 und 6 an, die durch  $\wedge D^2$  und  $\wedge D^4$  ausgezeichnet sind, das ist: monoklin domatisch, rhombisch pyramidal ( $S = \wedge D^2!$ ), tetragonal bisphenoidisch und skalenoedrisch. Die  $\wedge D^6$  kann hier nicht einbezogen werden, da sie in ihrer Wirkungsweise durch eine unpaarzahlige Achse samt Symmetrieebene ( $D^3 + \Sigma$ ) ersetzt wird. Die übrigen, unpaarzahligen  $\wedge$  Achsen ( $D^1$  und echte  $D^3$ ) enthalten ein verstecktes C, sind also für Zirkularpolarisation nicht geeignet.

Pyroelektrizität, die nach VOIGT an das Vorhandensein einzelner polarer Richtungen geknüpft erscheint, ist in den Stufen 1 und 5 mit Ausschluß des tesserale Systemes (mehrere polare Richtungen) möglich. Dazu tritt noch die monoklin domatische

<sup>1</sup> Geometrisch begründet sich diese Erscheinung damit, daß man mit einer  $D^6$  immer drei zweipolige  $D^2$  kombinieren kann, mit einer  $D^3$  nur drei einpolige  $D^2$ .

<sup>2</sup> Ein Rhomboeder kann immer als ein in der Richtung einer Körperdiagonale deformierter Würfel aufgefaßt werden.

<sup>3</sup> M. BEREK, Über Zirkularpolarisation, Fortschr. d. Min. 4. p. 110

Klasse, da eine sozusagen polare  $\Sigma$  ebenfalls eine einzelne einpolige Richtung in sich schließt.

Hinsichtlich der Analogien einzelner, speziell der wirteligen Systeme ist die Verteilung piezoelektrischer Erregbarkeit nach VOIGT (l. c.) von größtem Interesse. Nach VOIGT's Theorie sind alle Klassen mit C und die mit  $4D^3 + 3D^4$  auszuschließen. Es resultieren also die Klassen der Stufen 1, 4 und 5 und von Stufe 2 jene mit paarzähligen  $D^x$ , von Stufe 6 jene mit  $\wedge D^4$  und  $\wedge D^6$ . Hierbei ist besonders zu betonen, daß bei den Stufen 1, 4 und 5 die tetragonalen und hexagonalen Symmetrieklassen jeweils die gleiche Konstantenzahl piezoelektrischer Natur fordern, diese Klassen also unbedingt parallelisiert werden müssen, was auch in der vorgeschlagenen Ableitung gut zum Ausdruck kommt.

Ähnlich lehrreich ist die Verteilung pyromagnetischer Erregbarkeit nach VOIGT. Pyromagnetisch erregbar sind Stufe 1, 2 und 3 mit Ausnahme der tesserale Kristalle, denn nach VOIGT müssen es Symmetrieklassen mit einzelnen, ein-, wechsel- oder zweipoligen Deckachsen sein. Das C hindert nicht, wohl aber die Kombination mehrerer Deckachsenrichtungen.

Damit kommen wir gleich auch zu dem Verhalten der Kristallklassen gegenüber zentrisch symmetrischen Vorgängen (Elastizität, Röntgendurchstrahlung usw.). Unsere Ableitung zeigt auf den ersten Blick eine eigentümliche Unterteilung innerhalb der Mehrzahl der Systeme. Stufe 1 und 2 mit C versehen führt immer zu Stufe 3 (wenn nicht schon in Stufe 2 ein C enthalten ist). Stufe 4, 5 und 6 mit C verknüpft führt gleicherweise zu Stufe 7, soweit nicht schon in früheren Stufen ein C auftritt. Da sich alle zentrisch symmetrischen Vorgänge so verhalten, als enthielten sie ein C, so müssen jeweils Stufe 1—3, bzw. Stufe 4—7 bei physikalischen Problemen zentrischer Symmetrie die gleichen Resultate liefern, d. h. alle Kristalle, welcher Symmetrie immer, zeigen das Verhalten der mit C ausgestatteten Klassen. Deren sind 11. Es ist interessant, daß sich hierbei die wirteligen Systeme und das tesserale in je zwei Gruppen spalten. Die den Stufen 1—3 entsprechenden Gruppen haben nur Einzelachsen oder  $4D^3$ , die Gruppen, welche den Stufen 4—7 zukommen, besitzen Deckachsenkombinationen, bzw.  $4D^3 + 3D^4$  oder  $4D^3 + 6S$ . Dabei ist es sehr bezeichnend, daß die beiden Systeme: Monoklin und Rhombisch sich auf die beiden Untergruppen der höheren Systeme sehr schön aufteilen. Nur das trikline System steht ohne Anschluß da, weil eine Kombination von  $D^1$  mathematisch mit einer einzelnen  $D^1$  identisch ist.

Schließlich sei noch erwähnt, daß sich nach WÜLFING (l. c.) die Stufen 5 und 7 und von Stufe 6 die Klassen mit  $\Sigma$ , und von Stufe 2 die monoklin domatische Klasse kaleidoskopisch darstellen lassen.

**Zusammenfassung.**

Es wird unter Heranziehung der Inversionsachsen auf einheitlicher Grundlage eine Gruppierung der 32 Symmetrieklassen vorgenommen.

Diese Gruppierung führt zu einer Umgrenzung des Begriffes „Kristallsystem“.

Die Brauchbarkeit und Wahrscheinlichkeit der vorgeschlagenen Anordnung wird durch Bezugnahme auf die kristallphysikalischen Forderungen gestützt.

Wien, Dezember 1915.

**Mikroskopische Untersuchung des Speiskobalts und Chloanthits.**

Von **A. Beutell** in Breslau.

Mit 20 Textfiguren.

Den ersten ernstlichen Versuch, den mikroskopischen Aufbau des Speiskobalts aufzuklären, hat BAUMHAUER unternommen (GROTH'S Zeitschr. 1887. 12. p. 18—33). Durch Ätzen angeschliffenen Speiskobalts erkannte er, daß derselbe im allgemeinen aus mehreren Komponenten aufgebaut war, doch war es ihm unmöglich, deren chemische Zusammensetzung anzugeben. Die von VOLLHARDT um dieselbe Zeit angestellten Versuche, die Natur der verschiedenen Arsenide durch chemische Aufspaltung zu ermitteln, führte zu keinen nennenswerten Resultaten (Inaug.-Diss. München 1886).

Nachdem es mir zusammen mit FR. LORENZ gelungen war (dies. Centralbl. 1915. p. 359—373), durch Luftoxydation einen Speiskobalt von Riechelsdorf in Hessen quantitativ zu zerlegen, erschien es aussichtsvoll, die Ätzversuche von neuem aufzunehmen, zumal da die Verwendbarkeit des Mikroskops für opake Schriffe inzwischen durch die metallographischen Methoden sehr wesentliche Verbesserungen erfahren hatte. Auch hoffte ich, gleichzeitig Aufschlüsse über die Entstehung des Speiskobalts auf Erzgängen zu erlangen.

Für die mikroskopische Untersuchung der geätzten Speiskobaltschiffe war der mineralogische Demonstrationsapparat von M. BEREK (dies. Centralbl. 1913. p. 181—189) auf meinen Wunsch von E. LERRZ, Wetzlar, mit einem Opakilluminator und einer zweiten Liliputbogenlampe versehen worden. Die ganze Anordnung, die sich bei meinen Untersuchungen als durchaus zweckmäßig bewährt hat, wird durch die beistehende Abb. 1 veranschaulicht. Die kleine, mit 5 Amp. bei 220 Volt brennende Bogenlampe *A* wirft ihre Strahlen, nachdem sie durch eine Linse parallel gemacht worden sind, zunächst auf den Planspiegel *B*, von dem sie in eine zweite

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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): Tertsch Hermann Julius

Artikel/Article: [Zur Gruppierung der 32 Kristallklassen. \(Schluß.\) 171-180](#)