IV. Ueber Abtheilungen der Krystallssysteme.

Von

V. Goldschmidt in Heidelberg.

(Hierzu Taf. I und II.)

In dieser Zeitschr. 1899, **31**, 435 publicirte ich zwei neue Definitionen der Krystallssysteme und eine Anleitung zur Erkennung des Systems auf Grund dieser Definitionen. Die Definitionen lauteten:

D. Krystallsystem ist der Inbegriff aller Krystalle von gleicher Symmetrie der Elemente.

E. Krystallsystem ist der Inbegriff aller Krystalle mit gleicher Zahl der variablen Elemente.

Die Erkennung erfolgt durch Untersuchung des auf Grund der Messung hergestellten gnomonischen Projectionsbildes. Beide obige Definitionen können neben einander bestehen und ergänzen einander. Nehmen wir sie an und benutzen den genannten Erkennungsweg, so brauchen wir für die Abtheilungen (Meroëdrien, Hemimorphien) neue Definitionen und neue Erkennungsvorschriften, die sich obigen anschliessen.

Bevor wir auf die Abtheilungen eingehen, sind einige Bemerkungen nöthig.

Fläche und Gegenfläche (**F** und **G**) sind zwei parallele Flächen, die den Krystall von entgegengesetzten Seiten abgrenzen. Bei den meisten Krystallarten sind Fläche und Gegenfläche gleichwerthig (**F** = **G**). Beide verhalten sich gleich und **F** bringt **G** mit sich. Es gibt aber auch Arten, bei denen **F** ≠ **G** ist, d. h. Fläche und Gegenfläche verschieden sind und einander nicht bedingen.

Principieller Einwand. Ein Grundgesetz der Krystallographie sagt: Parallele Flächen an demselben Krystall sind gleichwerthig. Jede Fläche kann ersetzt werden durch ihre Normale, die alle zu ihr senkrechten

Flächen vertritt. Nun sind aber Fläche und Gegenfläche parallele Flächen an demselben Krystall. Wieso können sie ungleich sein?

Lösung des Widerspruchs. Die Krystallflächen sind zwar der Form nach mathematische, den Eigenschaften nach aber materielle Flächen. Sie sind der Sitz parallel orientirter Partikel¹⁾. Eine Attractionskraft aller dieser Partikel wirkt senkrecht zur Fläche und zwar nach beiden Richtungen. Nun kann aber eine solche Attraction in entgegengesetzter Richtung gleich intensiv und doch wesentlich verschieden sein. Wir nennen solche Kraft und Gegenkraft polar und unterscheiden ein $+$ und ein $-$ Ende, wie beim Magneten.

Die Kraft $\perp \mathbf{F}$ (Fig. 1 und 2, Taf. I), (die Flächennormale) ist die Summe der Einzelkräfte $\perp \mathbf{F}$ der in $\mathbf{F}$ sitzenden Partikel. Sie ist gleich für ein gleiches Stück aller paralleler Flächen eines Krystalles. Aber sie hat im Fall $\mathbf{F} \neq \mathbf{G}$ ein $+$ und ein $-$ Ende. Wir haben daher bei den Flächennormalen die Richtung zu beachten und müssen strenger definiren:

Flächennormale ist die Senkrechte aus einem Punkt innerhalb des Krystalles.

Die gleiche Gerade kann $\pm$ sein, je nach der Richtung. Die gleiche Fläche kann $\pm$ sein, je nach der Seite, von der wir sie betrachten.

Theile ich einen Krystall, bei dem $\mathbf{F} \neq \mathbf{G}$ ist, durch eine Ebene EE (Fig. 4, Taf. I) $\parallel \mathbf{F}$, so ist die gleiche Ebene EE $+$ in Bezug auf das untere, $-$ in Bezug auf das obere Stück. Wie beim Magnetstab tritt an der Theilungsstelle ein $+$ und ein $-$ Ende auf.

Statt Fläche ungleich Gegenfläche ($\mathbf{F} \neq \mathbf{G}$) können wir auch sagen: die Flächennormale ist polar.

Besteht nun solche Polarität in Bezug auf eine Fläche, so ist allerdings $\mathbf{F} \neq \mathbf{G}$, d. h. jede solche Fläche und jede ihr parallele hat ihre $+$ Seite $\mathbf{F}$ und ihre $-$ Seite $\mathbf{G}$; also auch die randständigen (Begrenzungs-) Flächen. Aber alle $\mathbf{F}$ und $\mathbf{G}$ parallelen Flächen des gleichen Krystalles verhalten sich gleich, genügen daher dem Gesetz von der Gleichwerthigkeit paralleler Flächen. Damit ist der Widerspruch behoben.

Die Ursache der Polarität liegt im Aufbau der Partikel und in der dadurch bedingten Anlage²⁾.

Beispiel. Tetraëdrische Anlage (Fig. 5, Taf. I). Wir betrachten als Richtungen der Primärknoten die Geraden aus dem Massencentrum (Schwerpunkt) M der Partikel durch die Centren der einzelnen Massencentren $a_1 a_2 a_3 a_4$ der die Partikel bauenden Moleküle (Atome)³⁾. Die Primärkraft Ma_1 (Fig. 5) als Flächennormale bildet

1) Vergl. diese Zeitschr. 1898, 29, 38.

2) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 435.

3) Ebenda S. 444 und 432.

die Fläche **F**. In entgegengesetzter Richtung, wo sie **G** bildet, geht sie durch kein Molekül. Dieser Unterschied giebt den beiden Richtungen verschiedenen Charakter.

Parallelfächige und nicht-parallelfächige Krystallarten. $\mathbf{F} = \mathbf{G}$, $\mathbf{F} \neq \mathbf{G}$. Parallelfächige Krystallarten ($\mathbf{F} = \mathbf{G}$) sind solche, bei denen jede Fläche eine gleichwerthige Gegenfläche bedingt. Nicht-parallelfächige Krystallarten ($\mathbf{F} \neq \mathbf{G}$) sind solche, bei denen das nicht für jede Fläche gilt. Dieser Unterschied eignet sich zur Bildung von Abtheilungen der Krystall-systeme.

Anmerkung. Unter **gegenseitigem Bedingen** verstehen wir, dass die eine Fläche die andere in der Regel mitbringt und dass, wo das nicht der Fall ist, eine Gesetzmässigkeit sich nicht erkennen lässt. Solch gesetzloses Ausfallen nennen wir unregelmässige Ausbildung. Sie hängt zusammen mit der Bildungsgeschichte des Krystallindividuums. Es ist oft schwer zu entscheiden, ob Regelmässigkeit vorliegt oder nicht.

Ebenso ist es mit der **gleichen Beschaffenheit** von Fläche und Gegenfläche. Als gleich beschaffen gelten **F** und **G**, wenn deren Verschiedenheit eine Gesetzmässigkeit nicht erkennen lässt. Ganz gleich sind zwei Flächen nie. Auch hier ist oft schwer zu entscheiden, ob Regelmässigkeit vorliegt oder nicht.

Diese Bemerkungen gelten auch für das Folgende: für das gegenseitige Bedingen in den Feldern des gnomonischen Bildes, wie in der oberen und unteren Projectionsebene.

Hemimorphie.

Obere und untere Projectionsebene. **O** und **U**. Unsere gnomonische Projectionsebene ist bei normaler Aufstellung die obere Fläche der Polarform¹⁾. In ihr sitzen die Flächenpunkte der oberen Krystallhälfte. Die der unteren nur, indem Fläche und Gegenfläche die gleiche Normale haben, Punkt und Gegenpunkt sich decken. Wollen wir Punkt und Gegenpunkt trennen, so sind zwei Projectionsebenen zu unterscheiden, die obere Fläche der Polarform **O** und die untere **U**, die Gegenfläche von **O**. In **U** sitzen die Punkte der unteren Krystallhälfte.

$\mathbf{O} = \mathbf{U}$; $\mathbf{O} \neq \mathbf{U}$ (**Hemimorphie**). Wir unterscheiden zwei Fälle:

1. $\mathbf{O} = \mathbf{U}$, d. h. **O** für jede Gesamtform mit den gleichen Flächenpunkten besetzt wie **U**. Das Punktbild **U** lässt sich mit dem Punktbild **O** zur Deckung bringen.

2. $\mathbf{O} \neq \mathbf{U}$, d. h. **O** nicht für jede Gesamtform mit den gleichen Flächenpunkten besetzt wie **U**. Das Punktbild **U** lässt sich mit dem Punktbild **O** nicht zur Deckung bringen.

Den Fall $\mathbf{O} \neq \mathbf{U}$ nennen wir **Hemimorphie**, die Projectionsebene: **Ebene der Hemimorphie**, die Senkrechte dazu: **Axe der Hemimorphie**.

$\mathbf{O} = \mathbf{U}$ ist auch dann anzunehmen, wenn Deckung der Punkte erst durch Drehung um eine Axe $\perp \mathbf{U}$ erreicht wird oder um 180° um eine Axe in **U**.

1) Vergl. Index 1, 7.

Mögliche Ebenen der Hemimorphie sind die drei Oberflächen der Polarform. Sind mehrere derselben gleich, so sind sie als Ebenen der Hemimorphie nicht bekannt. So die Würfflächen des regulären Systems, die Prismenflächen des tetragonalen und hexagonalen Systems. Ebenso sind mehrere Ebenen der Hemimorphie zugleich bei derselben Krystallart nicht bekannt. Danach finden wir als **Ebenen der Hemimorphie:**

im regulären System: keine,
 im hexagonalen System } die Basis 0,
 im tetragonalen System }
 im rhombischen System: ein Pinakoid; 0, 0∞ oder $\infty 0$,
 im monoklinen System: eine Fläche $\perp$ zu einer Quer-Parallelzone [$p0 : \infty 0$],
 im triklinen System: jede Fläche $\perp$ zu einer beliebigen Zone.

Anmerkung. Es dürfte sich genetisch beweisen lassen, dass von mehreren gleichwerthigen Flächen keine **Hemimorphieebene** sein kann. Dieser Beweis ist zu versuchen. Anderenfalls könnten im regulären System die Würfflächen Hemimorphieebenen sein, im hexagonalen und tetragonalen System die Prismen $\infty 0$ oder ∞ .

Einzelfälle hemimorpher Ausbildung in diesem Sinne sind bekannt, doch ohne regelmässige Wiederkehr, so dass wir sie nicht als Gesetzmässigkeiten, sondern als Ausnahmen ansehen. Läge hier Gesetzmässigkeit vor, fände sich Hemimorphie nach mehreren Ebenen zugleich oder abwechselnd an derselben Krystallart, so wäre die Definition: Hemimorphie ist $O \neq U$ zu ändern. Das Gleiche wäre der Fall, wenn sich nicht normale Projectionsebenen als Ebenen der Hemimorphie fänden, z. B. Oktaëder, Dömen oder Pyramiden.

Beispiel 1. Ich besitze einen Diamant, der am einen Ende als Oktaëder, am anderen als Dodekaëder ausgebildet ist, andere, die nach beiden Enden einer Oktaëderaxe ungleich ausgebildet sind. Ich will eine Notiz darüber publiciren. Sie sind aber Ausnahmen unter tausenden.

Beispiel 2. Quarz. Von den sechs gleichwerthigen s-Flächen zeigen die meisten Quarze nur 1, 2 oder 3. Eine Regelmässigkeit hierin oder eine Beziehung zu anderen Eigenschaften konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Die **Wahl der Hemimorphieebene als normale Projectionsebene** ist stets möglich. Sie bestimmt die normale Aufstellung der Krystallart. Die Zone senkrecht zur Hemimorphieebene wird zur Prismenzone. Im regulären System giebt es keine Hemimorphie. Im hexagonalen und tetragonalen System ist die Basis die normale Projectionsebene und zugleich die einzig vorkommende Ebene der Hemimorphie. Im rhombischen System wählen wir das Pinakoid, nach dem Hemimorphie stattfindet, zur Projectionsebene und nennen es Basis. Im monoklinen System lässt sich die Axe der Hemimorphie stets zur Prismenkante machen. Man könnte auch die Symmetrieebene als Ebene der Hemimorphie und der Projection annehmen. Doch lässt sich diese Art Hemimorphie ebenso gut als Hemiëdrie deuten (vgl. die Definition unten). Es ist deshalb nicht nöthig, diese Ausnahme von der normalen Aufstellung einzuführen. Im triklinen

System lässt sich die Zone zur Prismenzone machen, deren Kante Axe der Hemimorphie ist.

Holoëdrie, Meroëdrie, Hemiëdrie, Tetartoëdrie.

Feldertheilung. Das Projectionsbild der Elemente zeigt in jedem Krystallsystem eine bestimmte Zahl und Art von Symmetriestücken: Symmetriepunkt und Symmetrielinien¹⁾. Die Symmetrielinien der Elemente theilen die Projectionsebene in Felder. Wir haben:

Im triklinen System (Fig. 6, Taf. I) keine Symmetrielinie und nur ein Feld.

Im monoklinen System (Fig. 7, Taf. I) eine Symmetrielinie SS und zwei Felder (1, 2).

Im rhombischen System (Fig. 8, Taf. I) Symmetriepunkt P und zwei Symmetrielinien $S_1 S_2$. Vier Felder (1, 2, 3, 4).

Im tetragonalen System (Fig. 9, Taf. I) Symmetriepunkt P und vier Symmetrielinien $S_1 S_2 \Sigma_1 \Sigma_2$. Acht Felder (1, 2 . . . 8).

Im hexagonalen System (Fig. 10, Taf. I) Symmetriepunkt P und sechs Symmetrielinien $S_1 S_2 S_3 \Sigma_1 \Sigma_2 \Sigma_3$. Zwölf Felder (1, 2 . . . 12).

Im regulären System (Fig. 11, Taf. I) Symmetriepunkt P und acht Symmetrielinien $S_1 S_2 \Sigma_1 \Sigma_2 \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3 \sigma_4$. Die Zonenlinien $\sigma_1 \sigma_2 \sigma_3 \sigma_4$ spielen die Rolle von Symmetrielinien und deshalb von Feldergrenzen, obwohl sie das Bild nicht symmetrisch theilen²⁾. Denn sie sind gleichwerthig mit $\Sigma_1 \Sigma_2$. Wir haben 24 Felder (1, 2 . . . 24).

In allen Systemen besteht die gleiche Feldertheilung in der oberen und der unteren Projectionsebene (O und U).

Definitionen der Abtheilungen der Krystallsysteme. Holoëdrie, Hemiëdrie, Tetartoëdrie, Hemimorphie im gnomonischen Bild. Wir haben folgende praktische Aufgabe: Es wird ein Krystall zur Beurtheilung vorgelegt. Wir messen ihn, machen auf Grund der Messungen ein gnomonisches Bild und beurtheilen zunächst, welchem System er angehört²⁾. Dann fragen wir weiter: Welcher Unterabtheilung des Systems gehört er an? Ist er holoëdrisch, hemiëdrisch, tetartoëdrisch, hemimorph?

Diese Fragen wollen wir aus der Vertheilung der Flächenpunkte im gnomonischen Projectionsbild beurtheilen. Dieses Bild ist ja nichts anderes als eine graphische, übersichtliche Darstellung der Messungsergebnisse. Wir haben deshalb für oben genannte Abtheilungen der Systeme Definitionen aus der Punktvertheilung im gnomonischen Bild aufzustellen.

Anm. Es wurde bereits (S. 54) hervorgehoben, dass regellose Abweichungen von der gesetzmässigen Punktvertheilung bei der Beurtheilung nicht in Frage kommen.

Hemimorphie. Hierfür hatten wir oben eine Definition gefunden.

1) Vergl. diese Zeitschr. 1899, 31, 140.

2) Vergl. diese Zeitschr. 1899, 31, 145.

Sie lautete $O \geq U$, d. h. die obere Projectionsebene (O) ist mit anders geordneten Punkten besetzt als die untere (U).

Wir definiren ferner:

Holoëdrie ist die Erscheinung, dass für jede Gesamtform jedes Feld mit einem gleichwerthigen Punkt besetzt ist. Kurz:

Holoëdrie ist Besetzung aller Felder.

Hemiëdrie ist die Erscheinung, dass für jede Gesamtform nur die Hälfte der Felder mit je einem gleichwerthigen Punkt besetzt ist. Kurz:

Hemiëdrie ist Besetzung der Hälfte der Felder.

Tetartoëdrie ist die Erscheinung, dass für jede Gesamtform nur ein Viertel der Felder mit je einem gleichwerthigen Punkt besetzt ist. Kurz:

Tetartoëdrie ist Besetzung eines Viertels der Felder.

Dabei ist $O = U$, d. h. obere und untere Projectionsebene gleich besetzt. Ist dabei $O \geq U$, so haben wir Hemiëdrie oder Tetartoëdrie und Hemimorphie zugleich.

Beispiel. Rothgiltigerz, Turmalin sind hemiëdrisch und hemimorph zugleich.

Meroëdrie. Hemiëdrie und Tetartoëdrie fasst man zusammen unter dem gemeinsamen Namen Meroëdrie.

Sitzt bei Hemiëdrie oder Tetartoëdrie ein Punkt auf der Grenze zwischen besetztem und unbesetztem Feld, so wird er zum besetzten Feld gerechnet und wiederholt sich an den entsprechenden Grenzstellen.

Kennzeichen zur Bildung von Arten der Hemiëdrie. Die besetzten resp. unbesetzten Felder folgen einander nicht regellos, sondern alterniren einzeln, paarweise oder quadrantenweise. Die Art des Alternirens benutzen wir zur Bildung der Abtheilungen (Arten) der Hemiëdrie. Wir unterscheiden **Feld** und **Gegenfeld**. Gegenfeld sei das diagonal (durch den Krystallmittelpunkt) gegenüberliegende Gebiet der anderen Projectionsebene. Es enthält die Punkte der Gegenflächen. Ist $F = G$, d. h. hat jede Fläche ihre Gegenfläche, so ist Feld und Gegenfeld zugleich besetzt. Ist $F \neq G$, so sind Feld und Gegenfeld nicht zugleich besetzt. Auch diesen Unterschied benutzen wir zur Bildung von Arten der Hemiëdrie.

Danach haben wir folgende Eintheilung:

{	A.	$F = G$, d. h. Feld und Gegenfeld zugleich besetzt.
		$F \neq G$, d. h. Feld und Gegenfeld nicht zugleich besetzt.
{	B.	Felderbesetzung quadrantenweise alternirend.
		Felderbesetzung paarweise alternirend.
		Felderbesetzung einzeln alternirend.

Durch Combination der zwei Fälle von A. mit den drei Fällen von B. erhalten wir die möglichen Arten von Hemiëdrien. Ihre Zahl ist beschränkt.

Das reguläre System erfordert für Holöëdrie, Hemiëdrie und Tetartoëdrie (Hemimorphie fehlt) nicht nur $O = U$, sondern gleiche Besetzung aller sechs gleichwerthigen Projectionsebenen. Man prüft das am perspectivischen Bild der Polarform (hier Würfel), noch besser an der Polarform selbst, der man durch Diagonalen und Mittellinien die Feldertheilung giebt ¹⁾.

Beispiel. Pentagonale Hemiëdrie (Fig. 12, Taf. I).

Normale Aufstellung und Projection. Vor Entscheidung über Art der Hemiëdrie hat man dem Krystall die normale Aufstellung zu geben und auf die normale Ebene zu projeciren. Allerdings kann man auch in nicht normaler Projection über die Art der Hemiëdrie entscheiden ²⁾. Das ist jedoch nur ausnahmsweise bequem. Die normale Aufstellung findet man nach Erkennung des Krystallsystems ³⁾ eventuell unter Berücksichtigung hemimorpher Ausbildung, sowie der Wahl früherer Beobachter.

Die Arten der Hemiëdrie in den einzelnen Krystallsystemen können wir nun nach Obigem folgendermassen definiren:

Reguläres System.

1. Tetraëdrische Hemiëdrie: Felderbesetzung quadrantenweise alternirend $F \neq G$.
2. Pentagonale - : - paarweise - $F = G$.
3. Plagiëdrische - : - einzeln - $F \neq G$.

Hexagonales System.

1. Rhomboëdrische Hemiëdrie: Felderbesetzung paarweise alternirend $F = G$.
2. Trigonale - : - - - $F \neq G$.
3. Pyramidale - : - einzeln - $F = G$.
4. Trapezoëdrische - : - - - $F \neq G$.

Tetragonales System ⁴⁾.

1. Sphenoidische Hemiëdrie: Felderbesetzung paarweise alternirend $F \neq G$.
2. Pyramidale - : - einzeln - $F = G$.
3. Trapezoëdrische - : - - - $F \neq G$.

Rhombisches System.

1. Monokline Hemiëdrie: Felderbesetzung paarweise alternirend $F = G$.
2. Sphenoidische - : - einzeln - $F \neq G$.

Monoklines System.

1. Hemiëdrie: Felderbesetzung einzeln alternirend $F = G$.

Im triklinen System giebt es Hemiëdrie nicht, die nicht zugleich Hemimorphie wäre. Denn bei Entfallen der Gegenfläche wird zugleich $O \neq U$.

1) Vergl. Ueber krystallogr. Demonstration. Berlin 1887, S. 13 und Taf. IV.

2) Vergl. Ueber Proj. auf eine andere als die normale Eb. Diese Zeitschr. 1890 17, 191 und 1894, 19, 35.

3) Vergl. diese Zeitschr. 1899, 31, 135.

4) Eine digonale Hemiëdrie: Felderbesetzung paarweise $F = G$ ist bisher nicht beobachtet.

Arten der Tetartoëdrie.

Bei Tetartoëdrie ist für jede Gesamtform von je vier Feldern nur eins besetzt. Drei entfallen. Das heisst von vier die Hälfte (2) und von den übrigen zwei nochmals die Hälfte (4). Wir können die Tetartoëdrie auffassen als Doppelhemiëdrie, als Hemiëdrie nach zwei Gesetzen zugleich¹⁾. So gewinnen wir die möglichen Arten der Tetartoëdrie; unter ihnen die beobachteten. Ihre Zahl ist beschränkt.

Beispiel. Reguläres System. Bei manchen Krystallarten fand man $1\{111\}$ hemiëdrisch als Tetraëder ausgebildet (tetraëdrische Hemiëdrie), zugleich $p0\{p01\}$ hemiëdrisch als Pentagondodekaëder (pentagonale Hemiëdrie). Das Zusammenbestehen beider Erscheinungen nennen wir Tetartoëdrie.

Manche Combinationen zweier Hemiëdrien liefern $O \neq U$, d. h. Hemimorphie. Solche betrachten wir nicht als Tetartoëdrie.

Reguläres System.

$$\begin{aligned}\text{Tetartoëdrie} &= \text{tetraëdrische} + \text{pentagonale Hemiëdrie.} \\ &= \text{tetraëdrische} + \text{plagiëdrische} \quad - \\ &= \text{pentagonale} + \quad \quad \quad - \quad -\end{aligned}$$

Alle drei Combinationen liefern nur die eine Art Tetartoëdrie.

Hexagonales System.

1. Rhomboëdrische Tetartoëdrie = rhomboëdrische + pyramidale Hemiëdrie.
2. Trapezoëdrische Tetartoëdrie = rhomboëdrische + trapezoëdrische Hemiëdrie.

Im tetragonalen und rhombischen System sind Tetartoëdrien nach dem gleichen Princip denkbar, aber Beispiele sind nicht beobachtet. Praktisch kann daher von ihnen abgesehen werden. Es sind:

- Im tetragonalen System: 1. Sphenoidische Tetartoëdrie = sphenoidische + pyramidale Hemiëdrie.
2. Trapezoëdrische Tetartoëdrie = sphenoidische + trapezoëdrische Hemiëdrie.

Im rhombischen System wäre Tetartoëdrie denkbar, so dass von den acht Flächen einer Gesamtform je eine mit Gegenfläche auftritt.

Monoklines System. Tetartoëdrie ist nicht denkbar. Denn jede Gesamtform hat nur vier Flächen. Tritt davon nur eine auf, so ist $O \neq U$, also Hemimorphie.

Triklines System. Tetartoëdrie ist nicht denkbar. Denn jede Gesamtform hat nur zwei Flächen.

Wir haben also praktisch in allen Systemen zusammen nur drei Arten von Tetartoëdrie. Eine reguläre und zwei hexagonale.

¹⁾ Vergl. Groth, Phys. Kryst. 1876, 186.

Die graphische Darstellung der Hemiëdrie- und Tetartoëdriearten geschehe durch Schraffiren oder Anmalen der nicht besetzten Felder und Einsetzen eines Punktes in jedes besetzte Feld. Dabei sind obere Punkte von unteren durch Abzeichen zu unterscheiden; etwa durch Farben oder durch $\times$ und $\bullet$. Punkt und zugleich Gegenpunkt etwa durch $\times$.

Uebersichtlicher noch ist, wie bereits oben (S. 55) hervorgehoben wurde, die räumliche Darstellung durch Feldertheilung und Anmalen der Polarform. Die Flächen sind dann durch Auftragen von Punkten kenntlich gemacht, oder durch Einspiessen von Nadelstiften in die Korkmodelle der Polarform ¹⁾).

Genetische Erklärung der Holoëdrie, Hemiëdrie, Tetartoëdrie, Hemimorphie.

Die Ursache aller Eigenart der Formenentwicklung suchen wir in Anlage und Eigenart der die Partikel aufbauenden discreten Massentheile (Moleküle) ²⁾. Der Aufbau des Krystall-Individuums erfolgt durch parallele Verknüpfung der Partikel ³⁾. Die Anlage der Partikel bestimmt die Vertheilung der Primärknoten. Die Eigenart der die Partikel bauenden Moleküle bestimmt die Eigenart der Primärknoten. Aus dem Zusammenwirken der Primärknoten entwickeln sich die Krystallformen nach dem Gesetz der Complication ⁴⁾.

Auf diese Anschauungen gestützt wollen wir versuchen, die Begriffe Holoëdrie, Hemiëdrie, Tetartoëdrie, Hemimorphie, also unserer Abtheilungen der Krystallsysteme, genetisch zu erklären. Hierzu sind einige Voraussetzungen nöthig.

Erweiterter Begriff des Punktes (Flächenpunktes, Projectionspunktes). Ein Projectionspunkt im gnomonischen (stereographischen) Bild bedeutet zugleich die durch ihn gehende Flächennormale und die Fläche selbst. Die Projectionsebene ist zugleich eine Abbildung der Kraftsphäre der Partikel ⁵⁾ und ihrer Oberfläche, die wir Kraftfläche nennen wollen. Danach bezeichnet der Punkt zugleich eine Stelle der Kraftfläche mit der in ihr angesammelten Intensität, den durch diesen Punkt gehenden Strahl mit der in seiner Richtung wirkenden flächenbildenden Kraft, den optischen Strahl

1) Vergl. Goldschmidt, Ueb. kryst. Demonstration. Berlin 1887. Solche Korkmodelle, 7 Stück mit 400 Nadelstiften, liefert der Mechaniker P. Stoß in Heidelberg, Jubiläumsplatz 70. Preis 16 Mk.

2) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 414. Die krystallbauende Partikel kann eventuell aus einem Molekül bestehen, das partikelbauende Molekül aus einem Atom.

3) Ebenda 1898, 29, 38.

4) Ebenda 1898, 29, 1.

5) Ebenda 1898, 29, 422.

in dieser Richtung und seinem Durchstich mit der optischen Wellenfläche, die Cohäsionsrichtung und deren Durchstich mit der Cohäsionsfläche. Endlich bezeichnet der Flächenpunkt zugleich den Reflexpunkt am Goniometer ¹⁾).

Erweiterter Begriff der Züge. Ein Zug ist eine Reihe von Punkten in der erweiterten obigen Bedeutung. Die wichtigsten Züge sind die **Zonenlinien**; Gerade in gnomonischer Projection, grösste Kreise der Kugel. Analog dem Obigen vertritt eine Zonenlinie eine Ebene durch den Krystallmittelpunkt mit den Flächennormalen darin und den zugehörigen Flächen; in der Kraftsphäre eine Ebene durch den Mittelpunkt mit den darin liegenden Kraftstrahlen mit zugehöriger Intensität. Analog bei optischen Wellenflächen, Cohäsionsflächen u. a. Am Goniometer den Reflexzug.

Erweiterter Begriff der Felder. Ein Feld ist der Inbegriff aller Punkte im obigen erweiterten Sinn eines begrenzten Gebietes der Projectionsebene, der Projectionskugel, der Kraftfläche, Wellenfläche u. s. w. Die Begrenzung des Feldes geschieht durch Züge, in den Ecken durch Punkte (Knoten). In der Regel (wenn nicht anders gesagt) durch Zonenlinien. Das Feld ist dann ein geradliniges Polygon, in der Regel ein Dreieck, in gnomonischer Projection, ein sphärisches Polygon resp. Dreieck der Kugel. Auch andere Abgrenzungen kommen vor, z. B. durch den Zug der Punkte gleicher Distanz von einem Punkt, durch den Zug gleicher Intensität, gleicher Geschwindigkeit u. a.

Das Feld umfasst nach obiger Erweiterung zugleich die Punkte, die zugehörigen Strahlen, als Flächen, Normalen, Träger der Kraft, der Geschwindigkeit, der Elasticität u. s. w., die zusammen einen Kegel bilden; die zugehörigen Flächen, die einen Theil der Krystalloberfläche füllen (Oktanten, Quadranten, . . .). Alle Punkte sind besetzt gedacht mit allen Eigenschaften der zugehörigen Strahlen und Flächen. Man kann diese Eigenschaften den Punkten im Projectionsbild anschreiben (z. B. die Symbole pq oder qp oder xy . . .) oder die Punkte benennen und ihre Eigenschaften in besonderen Tabellen oder Abhandlungen beschreiben.

Analog unserem Feld ist im Sprachgebrauch der Begriff Gesichtsfeld. Er umfasst alle Richtungen eines Kegels, dessen Spitze im Auge ist. Zum Gesichtsfeld gehören räumliche Gebilde in wechselnder Distanz, alle projectirt auf eine Fläche (Hohlkugel nach aussen, Retina nach innen). Das Gesichtsfeld ist ein Ausschnitt der Kugelfläche und ein Sector der räumlichen Kugel.

Analogon 2. In der Geographie entsprechen unsere Punkte den Orten, die Züge den Grenzen, Strassen, Flüssen, . . . die Felder den Continenten, Meeren, Staaten, ethnographischen Gebieten . . . Jeder Punkt,

1) Vergl. diese Zeitschr. 1896, 26, 3.

jeder Strich, jedes Gebiet besetzt mit allen seinen Eigenschaften und seiner ganzen Geschichte.

Mehrdeutigkeit der Begriffe. Die Begriffe Punkt, Zug, Zone, Feld erhalten hier eine vielfache Bedeutung zugleich. Solche Vieldeutigkeit ist im Allgemeinen nicht gut, sie ist aber werthvoll, wenn der Begriff (Object), der Träger (räumlich der Ort) vieler Eigenschaften ist, die nicht alle in der Definition ausgesprochen werden können.

Beispiel 1. Ein Baum, ein Krystall ist der Träger unendlich vieler Eigenschaften. Wir können ihn benennen, durch Eigenschaften kennzeichnen, aber sein Wesen dadurch nicht erschöpfen. Es giebt für ihn streng genommen nur Charakterisierungen, nicht eine Definition. Mit diesem Vorbehalt gebrauchen wir das Wort Definition im Sinn von Charakterisirung. So ist es bei allen Naturgebilden.

Beispiel 2. Rom ist ein Punkt auf der Erde. Zugleich der Träger vieler Häuser, Menschen, geologischer, klimatischer, historischer Vorgänge. Alle Bücher der Gegenwart und Zukunft würden nicht ausreichen, die Stadt mit ihrem ganzen Inhalt und allen ihren Beziehungen darzulegen, nicht einen seiner Bewohner, nicht einen Stein seiner Häuser erschöpfend zu beschreiben. Trotzdem ist es von hohem Werth, den Sammelpunkt aller dieser Erscheinungen zu benennen und zu charakterisiren.

Eine wichtige Aufgabe wissenschaftlicher Arbeit ist die Auswahl und Bezeichnung solcher Begriffe, d. h. Träger und Vereiniger zusammengehöriger, örtlich, zeitlich, causal verknüpfter Eigenschaften. Solche Begriffe seien unsere Punkte und deren Vereinigungen zu Zügen (Zonen), Feldern, geschlossenen Flächen.

Den hohen Werth der Mehrdeutigkeit (vielleicht besser Mehrseitigkeit) eines Begriffes, wenn die Mehrseitigkeit scharf gefasst ist, wollen wir an einem Beispiel betrachten. Der erste Differentialquotient $\frac{df}{dx}$ hat analytisch eine bestimmte Bedeutung, ebenso der zweite $\frac{d^2f}{dx^2}$. In der Mechanik bedeutet $\frac{df}{dx}$ Geschwindigkeit, $\frac{d^2f}{dx^2}$ Beschleunigung (Kraft); in der Geometrie bedeutet $\frac{df}{dx}$ Richtung der Curve, $\frac{d^2f}{dx^2}$ Krümmung.

Wir können nun mit $\frac{df}{dx}$ oder $\frac{d^2f}{dx^2}$ rein mathematisch operiren, aber jeder Zeit an Stelle der algebraischen Bedeutung die geometrische oder mechanische setzen. Umgekehrt können wir Geschwindigkeiten oder Beschleunigungen (Kräfte) messen, sie als Curven aufragen und graphisch discutiren, oder sie als Differentialquotienten in Rechnung stellen und damit analytisch operiren. Das Resultat der Rechnung oder graphischen Discussion können wir wieder mechanisch deuten und mit der Beobachtung vergleichen.

In der **Krystallographie** ist analog der Punkt in der Projection graphisch zu discutiren. An seine Stelle tritt arithmetisch das Symbol, räumlich die Flächennormale oder die Fläche, mechanisch die Richtung der Kraft, in der Messung der Reflex. Ich kann jeder Zeit das Symbol durch Punkt, Fläche, Krafrichtung, Reflex ersetzen, in jeder Behandlungsweise deren Vortheile ausnutzen und die Resultate in gewünschter Form ablesen. Solche nur durch veränderte Auffassung umwandelbare Begriffe sind für mathematisch-mechanische Behandlungen von hohem Werth.

Aequivalente (gleichwerthige) Punkte seien Punkte gleicher Wirkung, als: gleicher Flächenbesetzung, gleicher Intensität, gleicher Beziehung in der Formenentwicklung, gleicher Cohäsion, gleicher Lichtgeschwindigkeit, gleicher Besetzung des Strahles im Partikelgerüst, gleicher Atom- (Molekular-) Besetzung in der Partikel.

Alle diese Eigenschaften sind causal verknüpft, so dass die Gleichheit in Bezug auf eine dieser Eigenschaften bei den Krystallen in der Regel Gleichheit in Bezug auf die anderen mit sich bringt. Wo dies nicht der Fall ist, hat man Aequivalenz in Bezug auf eine bestimmte Eigenschaft zu verzeichnen.

Beispiel. Krystallometrisch, d. h. in Bezug auf Flächenbesetzung gleichwerthige Punkte sind optisch gleichwerthig, nicht umgekehrt.

Aequivalente Züge (Zonen) seien solche, die mit äquivalenten Punkten besetzt sind. Aequivalente Zonen spannen sich zwischen äquivalenten Knoten.

Aequivalente Felder seien gleichgestaltete Gebiete von äquivalenten Punkten (Knoten) und Zonen begrenzt, die äquivalente Punkte in gleicher Folge enthalten. In ihnen vollziehen sich gleichzeitig die gleichen flächenbildenden Vorgänge der Complication, daher die gleiche Punktbesetzung.

Aequivalente Felder sind krystallometrisch, physikalisch, genetisch gleichwerthig. Wir können sagen:

Aequivalente Felder sind von Zonenlinien begrenzte Gebiete gleicher Wirkung.

Statt der Zonenlinien können eventuell auch andere Züge das Feld begrenzen.

Gesetz der Aequivalenz. Die mehrfache Wiederholung äquivalenter Punkte an demselben Krystall ist eine Eigenthümlichkeit der Krystalle. Wir wollen sie als Gesetz der Aequivalenz bezeichnen. Sie ist die Ursache der Symmetrie. Ein Punkt bringt fast ausnahmslos einen oder mehr äquivalente mit sich. Krystallometrisch bis 47; optisch ganze Züge. Die Wiederholung äquivalenter Punkte bewirkt die Wiederholung äquivalenter Züge, Zonen, Felder.

Gesetz der Gesamtform. Krystallometrisch erscheint das Gesetz der Aequivalenz als Gesetz der Gesamtform. Nach dem Gesetz: Gleiche

Ursache, gleiche Wirkung, entstehen Flächen an demselben Krystall überall zugleich, wo die Kraftverhältnisse die gleichen sind, d. h. an allen äquivalenten Punkten¹⁾. Dadurch treten die Flächen nicht einzeln auf, sondern in zusammengehörigen Gruppen. Solche zusammengehörige Gruppen nennen wir Gesamtform. Wir definiren:

Gesamtform ist eine Gruppe durch Aequivalenz zusammengehöriger und deshalb gemeinsam auftretender Flächen.

Abtheilung der Krystallsysteme nach Aequivalenz der Felder.

Wir theilen, wie oben (S. 53), in Felder nach den Elementen. Wir können nun die Definition der Abtheilungen so fassen, dass sie eine krystallometrische, zugleich physikalische und genetische Bedeutung hat. Wir sagen:

Holoëdrie ist Aequivalenz aller Felder.

Hemimorphie: $O \neq U$. Obere Krystallhälfte nicht äquivalent der unteren.

Hemiëdrie ist Aequivalenz der Hälfte der Felder.

Tetartoëdrie ist Aequivalenz eines Viertels der Felder.

Für die Arten der Hemiëdrie haben wir folgende Eintheilung:

{	A.	$F = G$, d. h. Feld und Gegenfeld äquivalent.						
		$F \neq G$, d. h. Feld und Gegenfeld nicht äquivalent.						
{	B.	Aequivalente Felder, quadrantenweise alternirend.						
		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">paarweise</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">einzeln</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </table>	-	-	paarweise	-	-	-
-	-	paarweise	-					
-	-	einzeln	-					

Nun gilt wieder alles oben über die einzelnen Arten der Hemiëdrie und Hemimorphie Gesagte. Dabei tritt jedesmal an Stelle von Besetzung Aequivalenz.

Verhältniss beider Definitionen. Bestehen neben einander. Die Definition aus Aequivalenz ist die weitere. Sie theilt nach Gebieten gleicher Wirkung in irgend einer Beziehung. Die Besetzung mit Flächen ist eine dieser Wirkungen. Aber sie ist krystallometrisch die wichtigste. Sie ist deshalb festzuhalten, wo es sich um Erkennung auf Grund der Krystallmessung handelt.

Nach Messung des Krystalles und Auftragen der Flächenpunkte erkennen wir das Krystallsystem, bestimmen die Elemente, begrenzen die Felder und finden die Art der Besetzung. Daraus bestimmen wir die Abtheilung. Es decken sich die erste Definition und der Weg der Bestimmung. Das ist wichtig. Gewinnen wir noch andere physikalische Merkmale, so treten diese ergänzend, bestätigend, vertretend ein im Rahmen der zweiten (weiteren) Definition. Z. B. Lichtdrehen, elektrisches Verhalten.

Anmerkung. **Flächenbeschaffenheit** gehört zur Punktvertheilung (Feldbesetzung). Nur ganz glatte und darin gleiche Flächen geben einfachen Punkt in Reflex

1) Vergl. diese Zeitschr. 1898, 29, 54.

und Projection. Ist eine Fläche matt, so giebt sie keinen Reflexpunkt oder einen verwaschenen; ist sie uneben oder gekrümmt, einen Zug von verschiedener Gestalt je nach Art der Krümmung. Das ist verschiedene Besetzung.

Aetzfiguren gehören auch zur Punktvertheilung (Feldbesetzung). Sie sind kleine Flächen, meist gekrümmt. Jede Art giebt einen besonderen Zug in Reflex und Projection, eine eigene Feldbesetzung. Gleichwerthige Aetzfiguren geben den gleichen Zug, die gleiche Feldbesetzung.

Princip der Abtheilung der Krystallsysteme. Indem wir die gleiche Feldbesetzung als eine specielle Erscheinung der Aequivalenz ansehen, sagen wir:

Princip der Abtheilung der Krystallsysteme ist die Anordnung der äquivalenten Felder.

Schematische (künstliche) und genetische (natürliche) Feldertheilung.

Schematische (künstliche) Feldertheilung. Wir fanden für jedes Krystallsystem eine bestimmte Feldertheilung, erhalten durch Auftragen der Elemente in's Projectionsbild. Diese Feldertheilung wollen wir als schematische bezeichnen. Sie schliesst sich der Grundform¹⁾ an. Sie lässt sich vollziehen, sobald wir das Krystallsystem kennen.

Genetische (natürliche) Feldertheilung. Wir haben aber noch eine zweite Feldertheilung. Zwischen den Primärknoten spannen sich die Primärzonen, zwischen Primärknoten und ersten Dominanten die Secundärzonen; zwischen den ersten Dominanten die Tertiärzonen u. s. w.²⁾ Diese Zonen begrenzen Felder, die wir genetische (natürliche) nennen wollen. Die Haupttheilung liefern die Primärzonen, weiter die Secundärzonen, Tertiärzonen, dann die weiteren abgeleiteten Zonen bis zur letzten Zerfaserung. Diese Theilung hat keine Grenze. Es hängt von der Aufgabe ab, wie weit wir ihr folgen wollen, von unserer Kenntniss des Formensystems, wie weit wir ihr folgen können.

Zonen zwischen äquivalenten Knoten sind äquivalent. Felder zwischen äquivalenten Zonen sind äquivalent. Die Aequivalenz besteht hier wieder in der Punktbesetzung wie in den anderen Eigenschaften.

Beispiel. Calcit. Fig. 15 und 16, Taf. II zeigen die schematische und die genetische Feldertheilung für Calcit. Letztere nur in die Hauptfelder³⁾. Jedes Projectionsbild des Formensystems einer Krystallart liefert solche Theilung unmittelbar. Die Theilung wird um so sicherer und um so specieller, je vollständiger das Formensystem bekannt ist³⁾.

1) Ueber das Verhältniss von Grundform und Primärform vgl. Index 1, 5.

2) Vergl. diese Zeitschr. 1897, 28, 449, 440, 444.

3) Vergl. Kryst. Projectionsbilder. Berlin 1887, Taf. 3, 4, 19 u. a. Diese Zeitschrift 1897, 28, Taf. VI, VII, VIII; 1894, 19, 35 figde.

Die Eintheilung der Krystallsysteme in Holoëdrie, Hemiëdrie, Tetartoëdrie, Hemimorphie ist eine schematische. Sie gründet sich auf die schematische Feldertheilung.

Bei **genetischen Betrachtungen** haben wir den Primärknoten und den natürlichen Feldern nachzugehen; für **praktische Systematik**, die die Abtheilung unmittelbar aus der Messung ergeben soll, ist die schematische Feldertheilung vorzuziehen. Das Verfahren ist folgendes: Wir messen und machen das gnomonische Bild, benennen System und Abtheilung und symbolisiren danach. Auf Grund dieser Unterlagen, die selbst nicht Gegenstand der Discussion sind (ausser in Bezug auf Sicherheit), machen wir unsere genetische Discussion. Beide Arbeiten sind zu trennen. Die erstere ist stets nöthig. Letztere kann entfallen; sie ist auch bisher nur für wenige Krystallarten durchgeführt.

Zusammenfallen der genetischen Feldertheilung mit der schematischen findet in vielen Fällen statt. Dann decken sich beide Begriffe. Ferner kennen wir die Primärknoten und Formenentwicklung bisher nur für wenige Krystallarten¹⁾. Also auch nur für diese die genetische Feldertheilung. Bis zur Kenntniss der Formenentwicklung, praktisch also im Allgemeinen, können wir die schematischen Felder, die uns stets bekannt sind, zugleich als die genetischen ansehen. Wir kamen zu analogen Schlüssen bei der Betrachtung von Grundform und Primärform²⁾ und von schematischen und Entwicklungs-Symbolen³⁾.

Holoëdrische, hemiëdrische, hemimorphe Anlage (Primärform). Die Primärknoten einer Krystallart bilden die Primärform und charakterisiren die Anlage. Diese kann holoëdrisch, hemiëdrisch, hemimorph sein.

Holoëdrische Anlage sei solche, dass die Primärknoten holoëdrische Felderbesetzung zeigen.

Beispiel: Primärknoten acht Oktaëderpunkte.

Hemiëdrische Anlage sei solche, dass die Primärknoten hemiëdrische Felderbesetzung zeigen.

Beispiel: Primärknoten vier Tetraëderpunkte.

Hemimorphe Anlage sei solche, dass die Primärknoten ungleiche Besetzung der oberen und der unteren Projectionsebene zeigen. $O \neq U$.

Eigenart der Primärknoten. Die Wirkung der Primärknoten ist verschieden stark, und zwar als Ganzes und nach der Richtung.

Verschiedene Wirkung der Primärknoten als Ganzes besteht:

a. Für die Primärknoten der Krystallart unter sich. So haben z. B. beim Calcit die primären Knoten $p = 4$ (Spaltungsrhomboëder) unter sich gleiche Wirkung,

1) Vergl. diese Zeitschr. 1897, **28**, 439 flgde.

2) Index **1**, 5.

3) Vergl. diese Zeitschr. 1897, **28**, 423.

aber verschiedene von den primären Knoten $\alpha = \infty 0$ (domatisches Prisma). Wir schliessen das aus dem verschiedenen Einfluss auf die Formenentwicklung ¹⁾.

b. Für die Primärknoten verschiedener Krystallarten. So haben z. B. beim Calcit die primären Knoten $p = 1$ (Spaltungsrhomboëder) andere Wirkung als die entsprechenden beim Eisenspath. Wir schliessen das aus den verschiedenen Winkeln, der verschiedenen Cohäsion, der verschiedenen Angreifbarkeit durch Lösungsmittel u. a.

Verschiedene Wirkung der Primärknoten nach der Richtung.

Wir schreiben jedem Primärknoten eine Kraftsphäre zu, wie jeder Partikel. Der Primärknoten ist der Vertreter eines oder mehrerer Moleküle ²⁾. Die Kraftsphäre des Primärknotens ist bedingt durch Bau und Orientirung des entsprechenden Moleküls. Dieser Bau bestimmt Vorzugsrichtungen, nach denen das Molekül sich gegen die Nachbarn in der Partikel einrichtet und die sich in der sonstigen Wirkung des Knotens geltend machen, z. B. in der Formenentwicklung. Ausser durch die Eigenart des Moleküls sind die Vorzugsrichtungen des Knotens bedingt durch die Beziehung zu den Nachbarn (Anlage, Zonenverband).

Aus der Eigenart des Knotens können wir auf die Eigenart des Moleküls schliessen.

Wir kommen zum Schluss. Nach dem Gesagten können wir nun die Begriffe der Holoëdrie, Hemiëdrie, Tetartoëdrie, Hemimorphie, der Abtheilungen unserer Krystallsysteme, wie oben S. 57 verlangt, in kurzen Worten genetisch erklären.

Die Ursache der Holoëdrie, Hemiëdrie, Tetartoëdrie, Hemimorphie kann eine doppelte sein:

1. Holoëdrische, hemiëdrische, hemimorphe Anlage.
2. Eigenart der Primärknoten.

ad. 1. **Holoëdrische Anlage.** Beisp.: Hexaëdrische Anlage (Fig. 17, Taf. II).

Hemiëdrische Anlage. Beisp.: Tetraëdrische Anlage (Fig. 18, Taf. II).

Hemimorphe Anlage. Beisp.: Für einen speciellen Fall im tetragonalen System können wir uns die Anlage nach Fig. 19, Taf. II vorstellen.

Die Existenz tetartoëdrischer Anlage scheint mir zweifelhaft.

ad. 2. **Eigenart der Primärknoten. Vorzugswirkungen in bestimmten Richtungen.** Die Ursache wurde oben besprochen. Wir wollen nur ein Beispiel näher betrachten, das zeigen soll, wie wir durch Annahme gewisser Vorzugsrichtungen der Moleküle in der Partikel eine Reihe von Erscheinungen erklären können.

Beispiel. **Quarz.** Vielleicht dürfen wir uns den Aufbau einer Quarzpartikel aus zwölf gleichen Molekülen nach Fig. 20 resp. 21, Taf. II vorstellen. Anlage

¹⁾ Vergl. diese Zeitschr. 1897, **28**, 445.

²⁾ Vergl. diese Zeitschr. 1897, **28**, 444.

hexagonal holoëdrisch. Richtung einer Vorzugswirkung der einzelnen Primärknoten durch $\rightarrow$ angedeutet.

Anmerkung. Die Hauptwirkung der Primärknoten ist radial in Richtung vom Mittelpunkt der Partikel durch die Primärknoten $r\rho$ senkrecht zu den Pyramidenflächen $r\rho$. Sie wurde in's Bild nicht eingetragen, ist vielmehr in der Position der Primärknoten enthalten.

Das Beispiel soll zunächst dazu dienen, Begriff und Einfluss der Vorzugsrichtungen zu illustriren. Diesen Zweck hat es erfüllt, selbst wenn die Deutung sich als unzulänglich erweisen sollte, zur Erklärung der Eigenschaften des Quarz. Aber viele Eigenschaften erklären sich aus ihr. Wir wollen einige hervorheben.

1. Complicirtheit der Eigenschaften trotz geringer Zahl und Gleichheit der Moleküle.
2. Hexagonal-holoëdrischer Habitus.*
3. Trapezoëdrische Tetartoëdrie mit Enantiomorphie und Lichtdrehung.
4. Entstehung von Rechts- und Links-Quarz aus den gleichen Molekülen durch Drehung der Moleküle in der Partikel unter Beibehaltung des Ortes.

Anmerkung. Aus derselben Lösung könnte darnach Rechts- und Links-Quarz entstehen, auch beide neben einander. Zur Verwandlung von Rechts- in Links-Quarz wäre bei der Lösung ein Zerfall der Partikel in Moleküle nöthig.

Vielleicht erklärt diese Auffassung der Drehung der Moleküle (Atome und Gruppen) an ihrem Ort in der Partikel manche Isomeren.

5. Specielle Eigenthümlichkeiten der Formenentwicklung, wie solche in den Projectionsbildern ersichtlich ist¹⁾ (Fig. 22 und 23, Taf. II). Und zwar:

Entstehung der Hauptzonen $r\rho$.

- a. als Parallelzonen $b^3s^2\rho^2r^1s^6$; $b^5s^4\rho^4r^3s^2$; ... mit Bildung der meisten trigonalen Trapezoëder und Streifung resp. Krümmung nach Kante rsb , qsb .
- b. als Radialzonen $r^1b^1\rho^4$; $r^3b^3\rho^6$; $r^5:b^5\rho^2$ mit Bildung der Rhomboëder und des Prismas b mit seiner horizontalen Streifung.

Anlage und Habitus. Charakteristisch für hemiëdrische Anlage dürfte hemiëdrischer Habitus sein, z. B. Calcit, charakteristisch für Hemiëdrie durch Eigenart der Primärknoten bei holoëdrischer Anlage dürfte holoëdrischer Habitus sein, bei hemiëdrischer Ausbildung untergeordneter Flächen, z. B. Trapezoëder beim Quarz.

Structurform der Partikel. Wie hier für Quarz kann für jede Krystallart eine Structurform der Partikel aufgestellt werden. Sie ist aus der Entwicklung der Formen abzuleiten; dann ist chemisch (resp. meta-chemisch)²⁾ aufzusuchen, welche Moleküle die Primärknoten füllen, und welches die Ursache der Vorzugsrichtungen sei.

Dies Feld der Erkenntniss bedarf eingehender Bearbeitung. Einiges darüber will ich an anderem Orte mittheilen. Hier mögen diese Andeutungen genügen.

1) Vergl. Goldschmidt, Krystallogr. Projectionsbilder. Berlin 1887, Taf. 10, 11, 12, 19. Diese Zeitschr. 1896, 26, 14, Taf. II, Fig. 7 u. 8. Ebenda 1897, 28, 418.

2) Vergl. diese Zeitschr. 1890, 17, 25.