XVI. Ueber Zwillinge des Kryolith.

Von

Heinr. Baumhauer in Lüdinghausen.

(Mit 3 Holzschnitten.)

Im 11. Bande dieser Zeitschrift beschrieb ich ausser den mit Schwefelsäure erhaltenen, für das monokline System sprechenden Aetzfiguren des Kryolith auch Verbindungen zweier Individuen dieses Minerals, welche ich damals nach dem Vorgange von Herrn Groth (physikalische Krystallographie, 4. Aufl., S. 435 u. f.) nicht als eigentliche (symmetrische) Zwillinge, sondern nur als regelmässige Verwachsungen bezeichnete, weil die beiden zwar durchaus gesetzmässig vereinigten Individuen nicht nach einer möglichen Krystallfläche zu einander symmetrisch gestellt waren. Ich beobachtete zwei Gesetze, von welchen ich das erste folgendermassen definierte: »Zwei Krystalle sind so verbunden, dass eine Prismenfläche $\infty P(110)$ und die Basis $OP(004)$ des einen Krystalles parallel geht einer Prismenfläche $\infty P'(110)$ und der Basis $OP'(004)$ des andern.« Diese Verbindung lässt sich auch so deuten: beide Individuen haben die Basis gemeinsam, und das eine ist gegen das andere um die Normale zur Basis um $88^{\circ} 4' 50''$ (nicht, wie l. c. irrthümlich steht, um den Supplementwinkel $91^{\circ} 58' 40''$) gedreht. Diese Definition ergab sich namentlich aus der Lage der Aetzfiguren auf Basis und Prisma, während die von Herrn Hintze an einem solchen Doppelindividuum vorgenommenen Messungen zwar das wichtige Ergebniss lieferten, dass die beiden Basisflächen in keiner Stellung des Krystalles ein doppeltes Signal wahrnehmen liessen, also absolut in eine Ebene fallen, im Uebrigen aber verhältnissmässig wenig gute Resultate gaben, was auf die nicht tadellose Ausbildung jenes Krystalles zurückzuführen ist. Diese Messungen reichten nicht hin, um eine sichere Orientirung an dem betreffenden Krystalle vorzunehmen.

Ich deutete damals schon darauf hin, dass die von Dana und Krenner beschriebenen, angeblich nach (110) symmetrischen Zwillinge wenigstens

zum Theil wohl solche obiger Art seien, da auch ich ohne Beobachtung der Aetzfiguren von vornherein eine Zwillingbildung nach dem Protoprisma angenommen haben würde.

Nachdem es mir inzwischen ermöglicht wurde, selbst genauere Messungen anzustellen, war ich bemüht, an dem Handstücke (von Evigtok in Grönland), welchem auch die früher untersuchten Krystalle entstammen, weitere Exemplare einer Verwachsung der in Rede stehenden Art aufzusuchen und es gelang mir denn auch, deren noch einige zu finden. Ich mass dieselben nun einzeln durch und erlaube mir im Folgenden die Resultate, welche meine frühere Auffassung bestätigen, mitzutheilen. Die Krystalle, welche ich, dem nun üblichen Gebrauche entsprechend, als echte Zwillinge zu bezeichnen nicht anstehe, sind sehr klein (kaum 1 mm erreichend), ihre Messung ist deshalb ziemlich mühsam. Um gute oder genügende Resultate zu erhalten, war es zudem meist nothwendig, vor der Messung die zu den betreffenden Flächen etwa vorhandenen parallelen Gegenflächen mit Farbe zu bedecken, weil sonst durch innere Reflexe an denselben das Bild des Signals gestört wurde. Die Krystalle waren sämmtlich mit der einen Basisfläche aufgewachsen; die freie Basis ist meist gut spiegelnd, die Prismenflächen spiegeln oft wegen der Streifung weniger gut.

Zunächst mass ich ein paar ausgesuchte einfache Krystalle und fand dabei in den besten Fällen:

$(001):(\bar{1}10) = 90^\circ 6', 90^\circ 51\frac{1}{2}'$	$90^\circ 8'$ (nach Krenner)
$(110):(\bar{1}\bar{1}0) = 88 \quad 2$	$88 \quad 2 \quad (- \quad - \quad)$
$(110):(\bar{1}10) = 94 \quad 58\frac{1}{2}$	$94 \quad 58 \quad (- \quad - \quad)$

Von den Zwillingen untersuchte ich folgende vier.

Krystall I. An diesem Doppelkrystalle, dessen Basis die zweifache klinodiagonale Streifung zeigt (s. die schematische Fig. 4, welche die Basis

eines solchen Zwilling darstellt, wobei die Pfeile die Richtung andeuten, in welcher die Basis des einzelnen Individuums im Verhältnisse zu dessen Prismenflächen abfällt), ist das rechte Individuum bedeutend schwächer entwickelt als das linke, in Folge dessen zwei Prismenflächen desselben $((110)$ und $(\bar{1}\bar{1}0)$) kein deutliches Bild des Signals mehr lieferten. Wenn deshalb auch nicht alle Winkel gemessen werden konnten, so liefern die erhaltenen Werthe doch den Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung.

Ich fand:

	Gefordert:
$(001):(\bar{1}\bar{1}0) = 89^{\circ}52\frac{1}{2}'$	$89^{\circ}52'$
$(001):(110) = 89^{\circ}43'$	$89^{\circ}52'$
$(001):(\bar{1}10) = 90^{\circ}6'$	$90^{\circ}8'$
$(\bar{1}\bar{1}0):(110) = 88^{\circ}2'$	$88^{\circ}2'$
$(110):(\bar{1}10) = 94^{\circ}49\frac{1}{2}'$	$94^{\circ}58'$
$(\bar{1}10):(110) = 3^{\circ}26^{*})$	$3^{\circ}56\frac{1}{2}'$
$(001):(\bar{1}10) = 90^{\circ}7'$	$90^{\circ}8'$
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}10) = 92^{\circ}4'$	$94^{\circ}58'$
$(\bar{1}10):(\bar{1}10) = 88^{\circ}4'$	$88^{\circ}2'$

Es ergibt sich, dass die beiden Individuen zu der gemeinsamen Prismenfläche nicht symmetrisch liegen. Dazu kommt, dass (001) und $(\bar{0}0\bar{1})$ genau in eine Ebene fallen, indem sie, mit (110) und $(\bar{1}\bar{1}0)$ in einer Zone liegend, ein scharfes einfaches Reflexbild liefern.

Krystall II. Dieser Zwilling ist etwas grösser als der vorige, wenngleich immer noch sehr klein. Die beiden Individuen sind annähernd von gleicher Grösse. Die gemeinsame Basis gab hier zwar in der Stellung der Zone $(110):(001)$ einen doppelten Reflex, indess differirten die beiden Bilder nur um 6 Minuten. Bei den betreffenden Messungen wurde immer der eine, dem abgelegenen Individuum angehörige Theil der Basis zugedeckt, um einen einfachen Reflex zu erhalten. Ich fand:

$(001):(\bar{1}\bar{1}0) = 89^{\circ}32'$ und $89^{\circ}44'$ (auf $(\bar{1}\bar{1}0)$ zwei Reflexe)
$(001):(\bar{1}10) = 90^{\circ}4\frac{1}{2}'$
$(\bar{1}\bar{1}0):(110) = 88^{\circ}4'$
$(\bar{1}10):(110) = 3^{\circ}54\frac{1}{2}'$
$(001):(110) = 89^{\circ}43'$
$(001):(\bar{1}10) = 90^{\circ}7'$
$(001):(\bar{1}\bar{1}0) = 90^{\circ}8'$
$(110):(\bar{1}10) = 94^{\circ}53'$
$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0) = 3^{\circ}50'$

Auch hier kann demnach wohl kein Zweifel über die Art der Verbindung entstehen.

Krystall III. Wie ich schon in meiner ersten Arbeit bemerkte, sind zwei verschiedene Arten der beschriebenen Zwillingsverwachsung möglich, je nachdem nämlich die beiden Individuen in der Weise, wie es Fig. 4 darstellt, verbunden sind, oder ihre Stellung, wie in Fig. 2 auf S. 358, vertauscht haben. Ein Zwilling letzterer Art ist der dritte Krystall. Die

*) Nur angenähert zu messen.

Flächen (004) und (001) geben ein durchaus einheitliches, gutes Bild des Signals. Es wurde gefunden:

$$(004):(\bar{1}\bar{1}0) = 89^{\circ}54\frac{1}{2}'$$

$$(004):(\bar{1}10) = 89^{\circ}47\frac{1}{2}'$$

$$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}10) = 88^{\circ}8'$$

$$(\bar{1}10):(\bar{1}\bar{1}0) = 4^{\circ}0\frac{1}{2}'$$

$$(004):(\bar{1}\bar{1}0) = 90^{\circ}7\frac{1}{2}'$$

$$(004):(\bar{1}\bar{1}0) = 90^{\circ}5\frac{1}{2}'$$

$$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}00) = 44^{\circ}0'$$

$$(\bar{1}00):(\bar{1}\bar{1}0) = 44^{\circ}3\frac{1}{4}'$$

$$(\bar{1}10):(\bar{1}\bar{1}0) = 88^{\circ}3\frac{1}{4}'$$

Krystall IV. Dieser von einer ziemlich breiten Zwillingslamelle durchsetzte Krystall eignet sich wenig zu genauen Messungen, da seine

Fig. 2.

Fig. 3.

Flächen theilweise schlecht ausgebildet sind, theilweise doppelte Reflexe geben. Auch auf (004) erscheinen in der Zone (004):($\bar{1}\bar{1}0$) — etwa in einer Distanz von 5' — zwei Signalbilder. Ich führe folgende Werthe an:

$$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0) = 3^{\circ}59'$$

$$(\bar{1}\bar{1}0):(\bar{1}\bar{1}0) = 88^{\circ}8'$$

$$(004):(\bar{1}\bar{1}0) = 90^{\circ}6'$$

Dieser Krystall ist natürlich zugleich ein Zwilling erster und zweiter Art. Die Lamelle hebt sich auf ($\bar{1}\bar{1}0$) sehr scharf ab und gestattet unter dem Mikroskope eine recht genaue Bestimmung des ebenen Winkels α (s. Fig. 3). Ich fand denselben zu $93^{\circ}57'$; derselbe berechnet sich zu $93^{\circ}52\frac{1}{2}'$. Wäre die Verwachsung eine symmetrische nach ∞P , so müsste der betreffende Winkel $90^{\circ}8'$ betragen. Auch hieraus ergibt sich demnach ein weiterer Beweis für die Richtigkeit unserer Auffassung.

Will man die in Rede stehende Verwachsung als eine hemitrope auffassen und eine zu beiden Individuen symmetrische Zwillingsene einführen, so kann man das betreffende Gesetz so aussprechen: »Zwillingsene ist eine Fläche, welche zu einer Kante (004):($\bar{1}\bar{1}0$) senkrecht steht;

Zwillingssaxe ist also die genannte Kante.« Die Zwillingsebene ist dann aber natürlich keine mögliche Krystallfläche. Das eine Individuum gelangt wieder in die Stellung des anderen, wenn man es um die Kante $(001):(110)$ um 180° dreht. Diese Zwillingbildung beim Kryolith scheint mir in einer interessanten Beziehung zu einer solchen beim Hydrargillit zu stehen, welche Brögger in neuester Zeit bekannt gemacht hat. Derselbe beschreibt in »Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der süd-norwegischen Augit- und Nephelinsyenite« (diese Zeitschr. **16**, spec. Th. 24) als diejenige fünfter Art eine Verbindung zweier Individuen des genannten Minerals, welche er, als hemitrope Zwillingbildung aufgefasst, durch folgendes Gesetz ausdrückt: »Zwillingsebene senkrecht zur Basis; mit der Kante $(001):(100)$ bildet die Trace der Zwillingsebene auf der Basis einen ebenen Winkel von $119^\circ 49\frac{1}{2}'$, mit der Kante $(001):(110)$ also einen Winkel von $0^\circ 34\frac{1}{2}'$. Die Zwillingssaxe ist in der Basis senkrecht zu der Trace der Zwillingsebene gelegen.« Die Zwillingsebene ist keine mögliche Krystallfläche; sie fällt nicht genau, doch recht nahe mit einer Fläche $\{100.102.9\} = \frac{2}{3}P\frac{5}{3}Q$ zusammen. Auch die Zwillingssaxe fällt mit keiner möglichen Krystallkante zusammen.

Statt der angeführten Definition hält Brögger jedoch eine andere für naturgemässer, nach welcher die Zwillinge nicht mehr als hemitrope aufgefasst werden. Er weist darauf hin, dass die beiden Individuen bei paralleler Basis in der Weise orientirt sind, dass zwei Zonenaxen des einen Individuums parallel mit zwei (ungleichwerthigen) Zonenaxen des anderen sind. Das Gesetz lautet nun: »Die beiden Einzelindividuen haben eine Fläche (001) gemeinsam, sowie je zwei parallele ungleichwerthige Zonenaxen: $[(001):(\bar{1}00)]$ und $[(001):(\bar{1}10)]$.« Man kann dasselbe auch in folgender Weise aussprechen: »Beide Individuen haben die Basis gemeinsam, und das eine ist gegen das andere um die Normale zur Basis um einen Winkel von $59^\circ 39'$ (gleich dem Supplementwinkel des von $(\bar{1}00)$ und $(\bar{1}10)$ auf (001) gebildeten ebenen Winkels) gedreht.« In dieser Form weist das Gesetz entschiedene Aehnlichkeit mit dem für den gleichfalls monoklinen Kryolith (mit ebenfalls einem Rechten sehr nahekommendem $\angle \beta$) ermittelten Gesetze auf: »Beide Individuen haben die Basis gemeinsam, und das eine ist gegen das andere um die Normale zur Basis um einen Winkel von $88^\circ 4' 50''$ (gleich dem von (110) und $(\bar{1}10)$ auf (001) gebildeten ebenen Winkel) gedreht.« Dabei werden die Kanten $(001):(110)$ und $(001):(\bar{1}\bar{1}0)$ des einen Individuums parallel zu den Kanten $(001):(\bar{1}10)$ und $(001):(\bar{1}10)$ des anderen. Wie aber beim Hydrargillit, welcher in seinen Winkeln dem hexagonalen Systeme nahekommt, der Drehungswinkel sich 60° nähert, so nähert sich derselbe beim Kryolith, welcher goniometrisch dem quadratischen Systeme nahe steht, einem rechten Winkel.

Im Folgenden sind, wozu obige Bemerkungen Anlaß gaben, sämtliche Arten der Zwillingsbildung, soweit sie, hemitropisch aufgefasst, an holoëdrischen Krystallen des monoklinen Systemes mit Sicherheit bekannt sind, zusammengestellt.

A. Zwillingsebene eine mögliche Krystallfläche.

I. Zwillingsebene eine Querfläche.

a. die Basis,	} nicht wesentlich
verschieden.
b. ein Hemidoma,	
c. das Orthopinakoid,	

II. Zwillingsebene eine prismatische Fläche.

a. ein Klinodoma,	} nicht wesentlich
verschieden.
b. eine Hemipyramide,	
c. ein verticales Prisma,	

B. Zwillingsebene keine mögliche Krystallfläche.

I. Zwillingsebene senkrecht zu einer möglichen Kante resp. einer Zone. Drehungsaxe parallel einer möglichen Kante (z. B. Kryolith*).

II. Zwillingsebene senkrecht zu einer möglichen Fläche und parallel einer möglichen Kante. Drehungsaxe keine mögliche Kante, doch senkrecht zu einer solchen (z. B. Argyrodit, für welchen A. Weisbach**) das folgende Zwillingsgesetz angiebt: »Zwillingsebene rechtwinklig zu $(\bar{6}04)6\bar{P}\infty$ und parallel der Combinationskante $(110) (11\bar{1})\alpha$).

III. Zwillingsebene senkrecht zu einer möglichen Fläche; die Drehungsaxe in dieser gelegen, doch weder senkrecht noch parallel zu einer möglichen Kante (z. B. Hydrargillit, nach Brögger vielleicht auch Glimmer).

Es gelang mir leider nicht, auch weiteres geeignetes Material zum genaueren Studium der zweiten Art regelmässiger Verwachsung des Kryolith, welche ich in meiner früheren Arbeit beschrieben habe, zu gewinnen.

*) Eine ganz ähnliche Zwillingsbildung, freilich nur an einem Exemplare, beobachtete G. Tschermak neuerdings am Orthoklas (diese Zeitschr. 17, 240).

**) Diese Zeitschr. 13, 589.