

Zur Kenntniss der durch secundäre Zwillingsbildung bewirkten Flächen-Verschiebungen.

Von

O. Mügge in Hamburg.

Mit Taf. III.

Die früher¹ von mir ausgesprochene Vermuthung, dass abweichende Flächen-Begrenzung nur selten praktisch zur Erkennung secundärer Zwillingsbildung sich verwenden lassen dürfte, hat sich erfreulicherweise nicht bestätigt, da es bereits bei drei Mineralien geglückt ist, eine solche Entstehung ihrer Zwillingslamellen, wenn nicht nachzuweisen, doch sehr wahrscheinlich zu machen. Ich habe daher, in der Hoffnung, dass dies in der Folge auch noch für andere gelingen werde, versucht, die durch Verschiebung bedingten Veränderungen der Flächenlagen allgemeiner und für die Rechnung bequem abzuleiten und theile die Resultate im Folgenden mit².

Wir gehen von der ziemlich selbstverständlichen und durch die Beobachtungen am Kalkspath bestätigten Voraussetzung aus, dass eine Fläche, welche zu Anfang in den Zonen der Flächen a, b und c, d liegt, welche durch Verschiebung übergehen in a,, b,, und c,, d,, auch nachher wieder in die neuen Zonen a,, b, und c,, d, fällt, was nichts weiter heisst, als dass parallele Richtungen im Krystall auch nach der Verschiebung noch parallel sind, also die gleiche Verschiebung erleiden. — Stellt dann abcdefgh (Fig. 1) das Parallelo-

¹ Dies. Jahrb. 1883. I. p. 85.

² Die NAUMANN'schen Zeichen, als zur Rechnung unbrauchbar, sind meist fortgelassen.

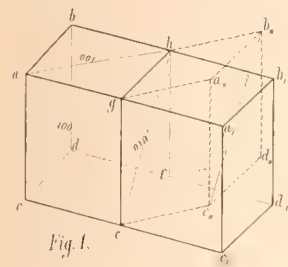


Fig. 1.

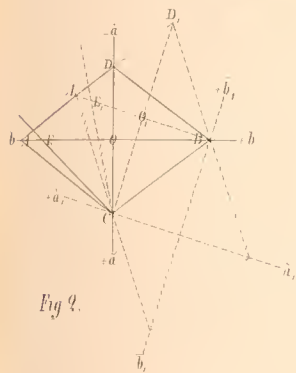


Fig. 2.

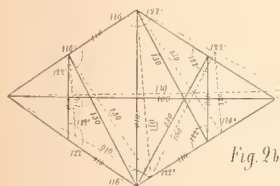


Fig. 2b

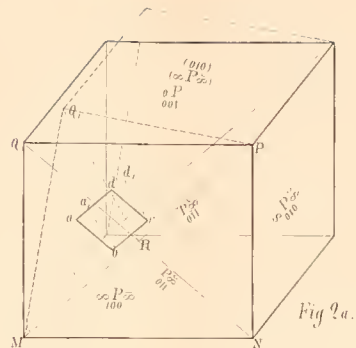


Fig. 2a.

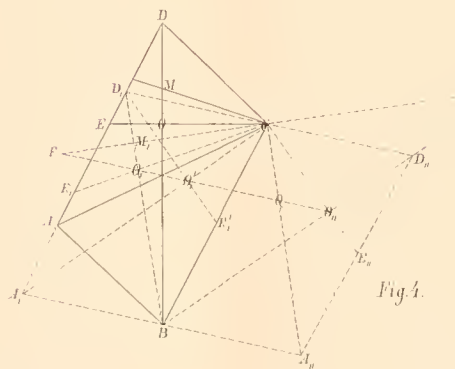


Fig. 4.



Fig. 8.

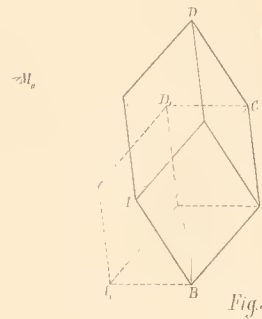


Fig. 3.

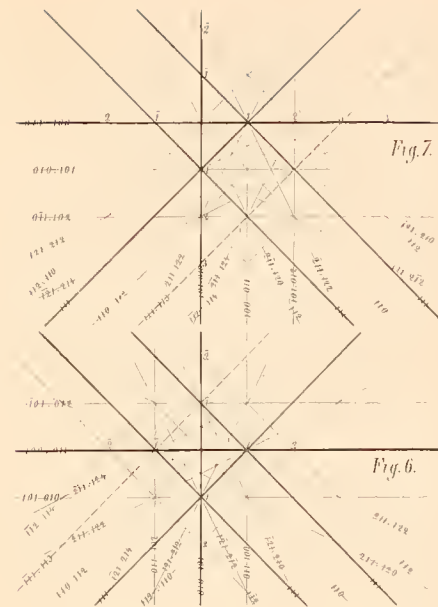


Fig. 6.

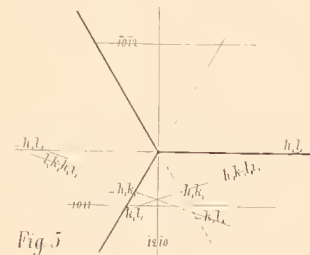


Fig. 5

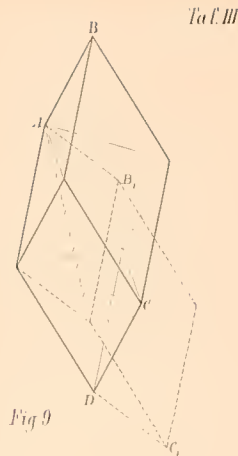


Fig. 9

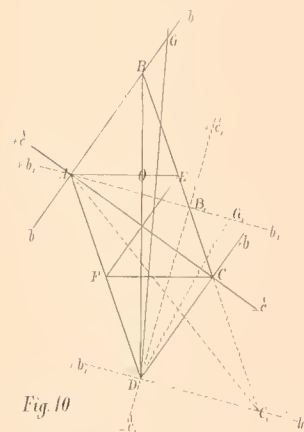


Fig. 10

pipet dreier Flächen eines asymmetrischen Krystalls vor, aus welchen durch Verschiebung in Zwillingsstellung nach einer Fläche desselben z. B. $efgh$ ein dem ursprünglichen durchaus gleicher, aber in Bezug auf $efgh$ symmetrisch gelagerter Flächencomplex hervorgeht, nämlich $a, b, c, d, efgh$, und setzen wir:

$$aceg = 100, efgh = 010, aghb = 001,$$

wählen dementsprechend als Axenrichtungen:

$$ab = \overset{\vee}{a}, ag = \bar{b}, ac = \overset{!}{c},$$

so werden offenbar alle Flächen

$$(hko) \text{ zu } (h\bar{k}o),$$

$$(okl) \text{ zu } (o\bar{k}l), \text{ und nur}$$

$$(hol) \text{ bleibt } (hol),$$

wie man aus der Bewegung der Linien ah , ae und he so-gleich erkennt. Jene drei Linien bestimmen zugleich eine Pyramidenfläche hkl , welche demnach in $h\bar{k}l$ übergeht.

Findet also bei einem Krystall eine Verschiebung in Zwillingsstellung der Art statt, dass die Axenebenen einen dem ursprünglichen congruenten (und symmetrisch gelagerten) Flächencomplex liefern, während eine derselben als Zwillings-ebene fungirt, so besteht die ganze Veränderung der sonst etwa vorhandenen Krystallflächen darin, dass derjenige ihrer Indices, welcher der zur Zwillings-ebene geneigten Axe zugehört, sein Vorzeichen wechselt. Darin liegt zugleich, dass alle diejenigen Flächen ihrem Zeichen nach ganz unverändert bleiben, welche der Zone dieser Axe angehören. Selbstverständlich sind auch die Indices der verschobenen Flächen in Bezug auf das Axenkreuz des Zwillings stets rational. Einen Flächencomplex, welcher seine Indices bei der Verschiebung nicht ändert, und welchem die Zwillings-ebene angehört, wollen wir im Folgenden als Grundform bezeichnen¹.

Drei, eine Grundform bildende Flächen werden im Allgemeinen nicht gerade Axenebenen des betreffenden Minerals sein, und man wird also, nachdem ausser der Zwillings-ebene

¹ Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass die hier behandelten Zwillinge unter den Fall (1) TSCHERMAK's gehören. (Lehrb. d. Min. 2. Aufl. p. 94.)

noch zwei, ihr Zeichen nicht wechselnde Flächen gefunden, (oder event. z. B. Antimon) angenommen sind, auf diese als Axenebenen die Indices der übrigen auftretenden Flächen umzurechnen haben. Diese Manipulation wird in Wirklichkeit viel weniger umständlich sein, als es auf den ersten Blick scheint, da die Zwillingssebene, wenn sie nicht schon als Axenebene fungirt, doch meist sehr einfache Indices hat, namentlich fast nie pyramidalen Formen zugehört. Auch die übrigen Flächen der Grundform dürften meist sehr einfache Indices haben, also, wo es angeht, Pinakoiden, sonst prismatischen Formen entsprechen.

Die asymmetrischen Krystalle sind häufig gerade so entwickelt, dass sie eine erfolgreiche Anwendung der Methode sehr erschweren, dadurch nämlich, dass zu Flächen hkl schon am einfachen Krystall sich mit Vorliebe solche mit dem absoluten Werthe nach gleichen, dem Vorzeichen nach aber entgegengesetzten Indices hinzugesellen, so dass das Auftreten solcher Formen auch an Zwillingsskrystallen für diese nicht mehr charakteristisch ist. (Das gilt z. B. für die Säulen- und Pyramidenflächen der Plagioklase bei Zwillingbildung nach 010 , unter der Annahme, dass die drei Pinakoide der Grundform zugehören; würde man bei derselben Zwillingssfläche 001 , 010 und 110 als drei Flächen der Grundform betrachten, so würden nach der Verschiebung für eine Fläche pqr die Indices $p' = p$, $q' = 2p - q$, $r' = r$ resultiren; alle Formen $h\bar{h}l$ würden also zu $h \cdot 3h \cdot l$ werden (z. B. also $1\bar{1}0$ zu 130), alle Flächen hhl würden dagegen ihr Zeichen behalten).

Bei monosymmetrischen Krystallen ist vorwiegend eine Fläche aus der Orthozone Zwillingssebene, was darauf hinweist, dass eine Drehung der Molekeln innerhalb der Symmetrieebene, also unter Erhaltung der krystallographisch bedeutenden Richtung der Orthoaxe, weit leichter vor sich geht, als in irgend einer andern Richtung. Machen wir die Zwillingssebene zur Axenebene 100 , nehmen auch 001 als eine dritte Fläche der Grundform hinzu, so verwandeln sich alle Flächen hkl in $\bar{h}kl$, es bleiben also, da ein Unterschied von rechts und links liegenden Flächen gleicher absoluter Indices hier nicht existirt, nur noch die Flächen der Pyramiden und Orthodomen als solche, an welchen eine Verschiebung event. nach-

weisbar ist. Ist 001 Zwillingssebene, mit 100 und 010 als Theilen der Grundform, so verändern sich die Indices aus hkl in $h\bar{k}l = \bar{h}kl$; die resultirenden neuen Flächen sind also ihrem Werthe nach wegen der Symmetrie des Systems die gleichen wie vorher. Darin wird es vielleicht begründet sein, dass sowohl 100 wie 001 gleichzeitig an manchen Mineralien des monosymmetrischen Systems als Zwillingflächen fungiren (Orthoklas, Diallag, Malakolith), wie dieser Umstand umgekehrt es wahrscheinlich macht, dass wirklich 001 und 100 neben 010 bei den meisten der hier in Betracht kommenden Mineralien (in ihrer üblichen Aufstellung) Flächen der Grundform sind. Betrachtet man (110) oder (011) statt 100 oder 001 als Theile der Grundform, so bleiben die Resultate wesentlich dieselben.

Im rhombischen System sind die drei Pinakoide als Grundform ausgeschlossen, da keine von ihnen mehr Zwillingssebene sein kann. Der häufigste Fall der Zwillingbildung ist der nach einer prismatischen Fläche. Giebt man dieser das Zeichen 110 und zieht den darauf senkrechten Hauptschnitt 001 wie im monosymmetrischen System zur Grundform und ebenso die Säulenfläche $1\bar{1}0$, so hat man in die Transformationsgleichungen (vergl. V. LANG, Kryst. p. 38) einzusetzen:

$$P_1 = 110, P_2 = 1\bar{1}0, P_3 = 001;$$

als Axenschnittsebene wählen wir, da 111 nicht mehr alle drei neuen Axen schneidet, eine beliebige andere Fläche, welche diese Bedingung erfüllt, z. B. 011, haben also zu setzen:

$$e = 0, f = 1, g = 1$$

und erhalten für die neuen Indices $p_0 q_0 r_0$ einer Fläche der ursprünglichen Indices pqr :

$$p_0 = p + q; q_0 = -p + q; r_0 = r \quad (1)$$

und daraus rückwärts:

$$p = \frac{p_0 - q_0}{2}; q = \frac{p_0 + q_0}{2}; r = r_0 \quad (2)$$

Durch Zwillingbildung nach 110 der alten, also 100 der neuen Indices geht die Fläche $p_0 q_0 r_0$ über in $p_0' q_0' r_0'$, und es ist

$$p_0' = -p_0, q_0' = q_0, r_0' = r_0;$$

in Rücksicht auf Gleichung (2) und (1) sind daher die Indices

p' , q' , r' der verschobenen Fläche in Bezug auf ein dem ursprünglichen symmetrisches Axenkreuz:

$$\left. \begin{aligned} p' &= -\frac{p_0 + q_0}{2} = -q \\ q' &= -\frac{p_0 + q_0}{2} = -p \\ r' &= r \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Die Fläche pqr geht also durch Verschiebung in Zwillingsstellung nach $1\bar{1}0$ mit $1\bar{1}0$ und 001 als Grundform über in $\bar{q}\bar{p}r = qp\bar{r}$; in Worten: die Makro- und Brachyaxe werden mit einander vertauscht und dem Vorzeichen nach umgekehrt.

Die Richtigkeit dieser Beziehung leuchtet in diesem einfachen Falle sofort aus Fig. 2 ein. Die Makroaxe AB verkürzt sich in die neue Brachyaxe BA , umgekehrt wird die Brachyaxe CD zur neuen Makroaxe CD ,; wegen der Symmetrie des ganzen Complexes nach 110 werden zugleich die Vorzeichen der Axen die entgegengesetzten. Der Schnitt auf der c -Axe kommt gar nicht in Frage, es gilt also der in Fig. 2 gezeichnete Grundriss zunächst auch für alle Flächen (hhl) . Dass dann die oben angegebene Formel weiter auch für alle Flächen $(hk0)$, mithin auch (hkl) gültig ist, ergibt sich leicht aus dem Verhältniss der Längen OE und O,E , welche eine durch C gehende Sectionslinie einer beliebigen Fläche auf den ursprünglichen und verschobenen Axen abschneidet.

Beispiel einer derartigen Verschiebung ist die Zwillingsbildung des Anhydrits nach 011 (vergl. Fig. 2a und dies. Jahrb. 1883. II. p. 259. Fig. 2); hier bleibt bei der üblichen Aufstellung des Anhydrits 100 unverändert, während 010 und 001 ihre Zeichen vertauschen.

Zieht man neben der Zwillingsebene 110 und 001 noch 010 statt $1\bar{1}0$ als dritte Fläche der Grundform heran, so sind die Veränderungen der Indices weniger einfach; aus pqr wird $p \cdot 2p - q \cdot r$; dieses Verschiebungsschema scheint mir daher weniger wahrscheinlich, zumal Beispiele dafür bisher fehlen.

Die Zwillingsbildung rhombischer Körper nach prismatischen Flächen führt besonders oft zu pseudotetragonalen und pseudohexagonalen Gruppierungen. Unter Zugrundelegung

des oben gegebenen ersten Verschiebungsschemas wird die Verschiebungsgrösse um so kleiner, je mehr sich der Winkel der Säulenflächen 90° nähert. Bei den zahlreichen pseudo-hexagonalen Krystallen dagegen wäre die Verschiebungsgrösse dann eine ganz beträchtliche (ca. 60° für $1\bar{1}0$). Es scheint mir daher aus den bereits in dies. Jahrb. 1884. I. p. 224 angeführten Gründen wahrscheinlich, dass bei ihnen die Verschiebung in Zwillingsstellung nach 110 mit solchen Flächen in der Grundform stattfindet, dass die Verschiebungsgrösse um so geringer wird, je mehr der Säulenwinkel sich 120° nähert. Dies findet statt, wenn man neben 001 und 110 noch 130^1 (welche Fläche auf 110 nahezu senkrecht steht), zur Grundform heranzieht. Setzt man nämlich:

$P_1 = 110$, $P_2 = 1\bar{3}0$, $P_3 = 001$, und etwa $e = 1$, $f = 0$, $g = 1$, so werden die Indices einer Fläche pqr , bezogen auf P_1 , P_2 und P_3 als Axenebenen, auf 101 als Axenschnittsebene:

$$\left. \begin{aligned} p_0 &= 3p + q \\ q_0 &= p - q \\ r_0 &= r \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

daraus rückwärts:

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{p_0 + q_0}{4} \\ q &= \frac{p_0 - 3q_0}{4} \\ r &= r_0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Daraus ergibt sich dann, da nur p_0 bei der Verschiebung das Zeichen wechselt:

$$\left. \begin{aligned} p' &= \frac{-p_0 + q_0}{4} = \frac{-p - q}{2} \\ q' &= \frac{-p_0 - 3q_0}{4} = \frac{-3p + q}{2} \\ r' &= r \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Die eintretenden Veränderungen für die hauptsächlich in Frage kommenden Flächen sind danach:

$$\begin{array}{ll} 110 = \underline{110} & 100 = \underline{130} \\ 1\bar{1}0 = \underline{010} & 1\bar{3}0 = \underline{130} \\ 010 = \underline{1\bar{1}0} & 130 = \underline{100} \end{array}$$

¹ Es ist auch zu bemerken, dass diese Fläche zuweilen gleichzeitig mit 110 bei demselben Mineral als Zwillingssebene auftritt, z. B. Leadhillit, Chrysoberyll, Glaserit u. a.

(Vergl. Fig. 2 b, welche die fraglichen Verhältnisse für Aragonit darstellt.) Da der Schnitt in c stets unverändert bleibt, so erfahren die diesen prismatischen Formen zugehörigen pyramidalen ganz analoge Verschiebungen. Je kleiner die Abweichung des Säulenwinkels von 120° ist, desto kleiner ist auch die Verschiebungsgrösse.

Ganz analog wie im rhombischen System gestalten sich die Verhältnisse im tetragonalen bei Zwillingsbildung nach einer Fläche ($hk0$) oder aus der Zone der Pyramiden erster und zweiter Ordnung, welche, da Zwillingsbildung nach Flächen der ditetragonalen Pyramiden bisher nicht beobachtet ist, allein in Frage kommen. Es mag genügen, darauf hinzuweisen, dass das letzte, für die rhombischen pseudohexagonalen Mineralien entwickelte Verschiebungsschema mutatis mutandis auch das dem Rutil zukommende ist. Seine Zwillingsebene $10\bar{1}$ entspricht dann der Säule 110 , die Axenebene 010 der Basis 001 , $30\bar{1}$ entspricht $1\bar{3}0$ als dritter Fläche der Grundform. Danach wird 100 zu $10\bar{1}$, $10\bar{1}$ zu 100 und die Neigung der verschobenen Fläche $100 = 10\bar{1}$ gegen die unverschobene Fläche 100 müsste $8^\circ 22\frac{1}{2}'$ betragen. Das stimmt befriedigend mit den früher (dies. Jahrb. 1884. I. p. 222) gemessenen Werthen und noch besser mit neuerdings von mir angestellten Beobachtungen, auf welche ich demnächst ausführlicher zurückzukommen denke, da es scheint, dass sich die Flächen-Verschiebungen am Rutil weiter als sonst verfolgen lassen. Die Annahme von $30\bar{1}$ als Fläche der Grundform rechtfertigt sich hier, wie bei den rhombischen pseudohexagonalen Krystallen auch dadurch, dass sie neben 101 als Zwillingsfläche am Rutil auftritt.

Etwas näher sind noch die rhomboëdrischen (hexagonalen) und regulären Krystalle zu betrachten, indem wir auch hier, soweit Grundformen nicht direct beobachtet sind, die krystallographisch vorherrschenden Formen dazu heranziehen.

Beziehen wir eine Fläche der BRAVAIS'schen Indices $hk(l)i$ auf die Kanten des Grundrhomboëders als Axen, nehmen die Basis als Axenschnittsebene, setzen demnach in die Transformations-Formeln unter Nicht-Berücksichtigung des Index l :

$$P_1 = 101, P_2 = \bar{1}11, P_3 = 0\bar{1}1, \\ e = 0, f = 0, g = 1,$$

so ergeben sich die neuen Indices $h_0 k_0 i_0$ mit:

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= 2h + k + i \\ k_0 &= -h + k + i \\ i_0 &= -h - 2k + i \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

daraus rückwärts:

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{h_0 - k_0}{3} \\ k &= \frac{k_0 - i_0}{3} \\ i &= \frac{h_0 + k_0 + i_0}{3} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Fungirt von den drei Rhomboëderflächen $10\bar{1}1$ der alten, also 100 der neuen Indices als Zwillingssebene, so geht eine Fläche $h_0 k_0 i_0$ über in $\bar{h}_0 k_0 i_0$, es ist also:

$$\left. \begin{aligned} h' &= \frac{-h_0 - k_0}{3} = -\frac{h + 2k + 2i}{3} \\ k' &= \frac{k_0 - i_0}{3} = 3 \frac{k}{3} \\ i' &= \frac{-h_0 + k_0 + i_0}{3} = \frac{-4h - 2k + i}{3} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

oder $hk(l)i$ geht durch Verschiebung in Zwillingstellung nach $10\bar{1}1$ über in:

$$h + 2k + 2i \cdot -3k \cdot (-h + k - i) \cdot 4h + 2k - i$$

Anschaulicher, aber etwas umständlicher gewinnt man dieselbe Formel an der Hand der Fig. 3 und 4. Ist $BO = 2OD$ senkrecht auf $CO = 2EO$, so ist $ABCD$ (Fig. 4) der Durchschnitt eines Rhomboëders parallel der Symmetriefläche $ABCD$ (Fig. 3). BD ist die Richtung seiner Hauptaxe, EC diejenige einer Zwischenaxe, und $OC = \sqrt{3}$, wenn OD die Länge der Hauptaxe vorstellt. Durch Verschiebung in Zwillingstellung nach der in Fig. 3 vorderen Rhomboëderfläche $10\bar{1}1$ kommt das Rhomboëder in die Lage CD, A, B , oder, parallel mit sich selbst verschoben, in die Lage $CD,, A,, B$, so dass BD , und E, O, C die Richtung der verschobenen Haupt- bez. Zwischenaxe, $BD,, // A, C$, bez. $CO,, E,, // D, O', E'$ die Richtung der in Zwillingstellung befindlichen Haupt- bez. Zwischenaxe vorstellen. Eine den Durchschnitt Fig. 4 in CM treffende Fläche schneidet daher nach der Verschiebung in $M, CM,,$. Zur Bestimmung des Abschnittes $O,, M,,$ auf der neuen Hauptaxe hat

man zu bedenken, dass $O, 'C // O,, M,,$, $OO, 'O,, // D, CD,,$ ist, und hat also:

$$\begin{aligned} O, 'C : O,, M,, &= FO, ' : FO,, \\ &= FO, + \frac{1}{3} CD, : FQ + \frac{1}{3} CD,, \end{aligned}$$

ferner:

$$\begin{aligned} FO, : FQ &= OM, : QC \\ &= OM, \cdot \frac{BD,}{BD} : \frac{1}{3} BD,, \end{aligned}$$

durch Auflösung dieser Gleichungen ergibt sich dann, wenn man $OM = mc$, $O,, M,, = m,, c$, und schliesslich $c = 1$ setzt:

$$m,, = \frac{4 - m}{1 + 2m}.$$

Schneidet dieselbe Fläche die in O senkrecht zum Durchschnit Fig. 4 stehende Nebenaxe in dem Abstände n, welcher bei der Verschiebung unverändert bleibt, da diese Axe der Zwillingssebene parallel läuft, so erhält man für den Abschnitt $n,,$ auf der parallel verschobenen im neuen Axenmittelpunkt $O,,$ senkrecht stehenden Nebenaxe durch einfache Proportionen:

$$n,, = \frac{\frac{4}{3}n - \frac{1}{3}nm}{m}.$$

Es erhält demnach eine Fläche, welche die in der Zwillingssebene liegende Nebenaxe in n, die auf der letzten Axe senkrechte Zwischenaxe in $\sqrt{3}$, die Hauptaxe in m schneidet, die Parameter

$$\frac{\frac{4}{3}n - \frac{1}{3}nm}{m} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{4 - m}{1 + 2m},$$

woraus dann wieder die obigen Indices für die BRAVAIS'schen Axen resultiren.

Setzt man in die Übergangsformeln (9) statt hki die Werthe von h'k'i' ein, untersucht also, was aus der verschobenen Fläche wird, wenn sie nochmals nach derselben Rhomboëderfläche verschoben wird, so erhält man natürlich wieder die Werthe hki, das heisst, die zweimal verschobene Fläche erhält ihre ursprünglichen Zeichen wieder, wie das ja selbstverständlich ist, wenn man bedenkt, dass nochmalige Zwillings-Verschiebung nach derselben Fläche nichts als Rückverschiebung in die ursprüngliche Lage bedeutet.

Daraus ist zugleich ersichtlich, dass hier wie überall, eine Fläche pqr zu hki wird, wenn hki in pqr übergeht. Ebenso

erhält eine Fläche ihre ursprünglichen Zeichen wieder, wenn sie nach und nach nach allen drei Flächen des Rhomboëders verschoben wird, denn die MILLER'schen Zeichen erhalten dabei nach und nach die Werthe:

$$\bar{p}qr, \bar{p}\bar{q}r, \bar{p}\bar{q}\bar{r} = pqr.$$

Dasselbe gilt natürlich für Krystalle eines jeden Systems, sobald die Zwillingsbildung nach und nach nach jeder Fläche der Grundform und mit derselben Grundform stattfindet.

Am Kalkspath ist nicht das Grundrhomboëder, sondern das nächst stumpfere die Zwillingssebene und wir wollen deshalb die Verschiebungen auch hier verfolgen. Drei Flächen, welche unzweifelhaft bei dieser Verschiebung ihr Zeichen nicht wechseln, sind die Zwillingssebene selbst, welche wir als $\bar{1}0(\bar{1})2$ annehmen, die darauf senkrechte Fläche der zweiten Säule $\bar{1}2(\bar{1})0$ und die auf der letzteren senkrechte Fläche des Grundrhomboëders $10(\bar{1})1$ (während die beiden anderen wie wir sehen werden streng genommen ihre Lage vertauschen). Auf diese drei als Axenebenen und $01(\bar{1})1$ als Axenschnittsebene¹ bezogen, werden die Indices einer Fläche der BRAVAIS'schen Indices $hk(l)i$ zu $h_0k_0(l_0)i_0$. Es ist:

$$P_1 = 101; P_2 = \bar{1}20; P_3 = \bar{1}02;$$

$$e = 0, f = g = 1,$$

also:

$$\left. \begin{aligned} h_0 &= \frac{2h + k + i}{2} \\ k_0 &= k \\ i_0 &= -2h - k + 2i \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

aus (10) folgt rückwärts:

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{4h_0 - 3k_0 - i_0}{6} \\ k &= k_0 \\ i &= \frac{2h_0 + i_0}{3} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Da $\bar{1}02 = P_3$ Zwillingssebene ist, wird:

$$r_0' = -r_0;$$

es ist also nach (11) und (10):

¹ 0001, wie auch die beiden andern Rhomboëderflächen liegen in einer der drei Zonen der Grundform.

$$\left. \begin{aligned} h' &= \frac{4h_0 - 3k_0 + i_0}{6} = \frac{-h + k + 2i}{3} \\ k' &= k \\ i' &= \frac{2h_0 - i_0}{3} = \frac{4h + 2k - i}{3} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Die Fläche $hk(1)i$ erhält also durch Verschiebung nach $\bar{1}0(\bar{1})2$ die Indices:

$$h - k + 2i; 3k; (-h - 2k - 2i); 4h + 2k - i.$$

Vergleicht man diese Werthe mit den unter (9) stehenden, durch Zwillingsbildung nach $10\bar{1}1$ mit $0\bar{1}11$ und $\bar{1}101$ als Grundform aus denselben Indices resultirenden, so findet man, dass beide dem absoluten Werthe nach gleich sind, aber z. Th. die Reihenfolge, z. Th. die Vorzeichen vertauscht haben. Im letzten Fall entstand aus $hkli$ die Fläche

$$h, k, l, i,$$

im ersten dagegen:

$$-l, -k, -h, i.$$

Dieses Resultat war nach dem über die Zwillingsbildung der monosymmetrischen Krystalle nach 100 und 001 mit $010 \cdot 001$, bez. $110 \cdot 1\bar{1}0$ als Grundform Gesagten, voraus zu sehen, da die zuletzt besprochenen Fälle der Zwillingsbildung nach $10\bar{1}1$ und $\bar{1}0\bar{1}2$ als Specialfälle der obigen aufgefasst werden können. Demgemäss liegen die den Indices (12) und (9) entsprechenden Flächen der Parameter

$$\begin{aligned} &k, l, \cdot h, l, \cdot h, k, \cdot \frac{h, k, l}{i}, \text{ und} \\ &-k, h, \cdot -h, l, \cdot -l, k, \cdot \frac{l, k, h}{i}, \end{aligned}$$

in Bezug auf $\bar{1}2\bar{1}0$ wie die links und rechts der Symmetrieebene monosymmetrischer Krystalle einander zugehörigen Flächen (vergl. Fig. 5). Das letzte Verschiebungsschema (12) ist also dem ersten (9) gegenüber namentlich auch dadurch characterisirt, dass die seitlich von der Zwillingssebene liegenden Flächen des Hauptrhomboëders ihre Zeichen vertauschen. Zu bemerken ist, dass, wie bei monosymmetrischen Krystallen zuweilen 001 und 100 , so hier $10\bar{1}1$ und $\bar{1}0\bar{1}2$ bei demselben Mineral als Zwillingssebenen auftreten.

Im regulären System ist die polysynthetische Zwillingsbildung nach dem Octaëder von besonderer Bedeutung; da es aber bisher nicht gelungen ist, sie auch künstlich hervor-

zurufen, ist die Wahl der Grundform einigermassen willkürlich. Betrachtet man ausser der Zwillingssebene 111 noch zwei Flächen des Octaëders als derselben zugehörig, $1\bar{1}1$ und $\bar{1}11$, und bezieht demnach auf diese als Axenebenen und etwa die vierte Octaëderfläche $\bar{1}\bar{1}1$ als Axenschnittsebene eine Fläche pqr, so werden die Indices derselben:

$$\left. \begin{aligned} p_0 &= -\frac{p+q}{2} \\ q_0 &= \frac{r-q}{2} \\ r_0 &= \frac{r-p}{2} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

woraus rückwärts folgt:

$$\left. \begin{aligned} p &= -p_0 + q_0 - r_0 \\ q &= -p_0 - q_0 + r_0 \\ r &= -p_0 + q_0 + r_0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Die Indices der verschobenen Fläche in Bezug auf das übliche Axenkreuz werden daher:

$$p' = -q; \quad q' = -p; \quad r' = -p - q + r \quad (15)$$

Diese Formeln gestatten eine einfache geometrische Deutung, welche namentlich in der Linearprojection gut hervortritt. Trägt man die Flächen in der ursprünglichen und verschobenen Lage in die Projection auf 001, welches bei der Verschiebung sein Zeichen behält, ein, wie das in Fig. 6 und 7 für die Flächen des Octaëders, Rhombendodekaëders, Würfels und des Leucitoëders geschehen ist, so erscheint die ganze Projection nur um die Grösse $\sqrt{2}$ längs der Sectionslinie der zur Zwillingssebene senkrechten Fläche $1\bar{1}0$ und in der Richtung vom Axenmittelpunkt zur Sectionslinie der Zwillingsfläche verschoben. Beim Vergleich der einander entsprechenden Sectionslinien beider Figuren im Einzelnen erkennt man aber, dass auch in Bezug auf den neuen scheinbaren Mittelpunkt der Projection, die $\bar{a}$ und $\bar{b}$ Axe vertauscht sind und ihr Vorzeichen gewechselt haben. Die neue Lage einer jeden einzelnen Sectionslinie erhält man vielmehr, wenn man die ganze Projectionsfigur um die Sectionslinie der Zwillingssebene 111 um 180° gedreht denkt. Der Beweis ist leicht zu führen an der Hand der Fig. 8. Sind m und n die ursprünglichen Abschnitte, so sind

$$m, = - \frac{m n - m - n}{m} \text{ und}$$

$$n, = - \frac{m n - m - n}{n}$$

die neuen Abschnitte, ($O, A = n$, $O, B = m$), aus welchen sich wieder die obigen Indices ergeben.

Will man die Formeln (15) an der Hand der Construction ableiten, so empfiehlt es sich, das Octaëder nach einer trigonalen Zwischenaxe aufrecht zu stellen, so dass die Axenschnittsebene $\bar{1}\bar{1}1$ als hexagonale Basis erscheint, und zugleich die die drei übrigen Octaëderflächen enthaltende Grundform zum Rhomboëder zu ergänzen (Fig. 9). Die Ableitung ist dann, ganz analog der für die rhomboëdrischen Krystalle bei Zwillingsbildung nach $10\bar{1}1$ dargestellten, an der Hand des Durchschnits Fig. 10 zu führen. Es ist darin $AO = 2OE$ senkrecht auf $DO = 2BO$; $AE = BE$; $AECF$ der Durchschnitt des Octaëders parallel der zur Zwillingsfläche 111 senkrechten Fläche $1\bar{1}0$; $ABCD$ der Durchschnitt der zum Rhomboëder ergänzten Grundform in der ursprünglichen, A, B, C, D in der verschobenen Lage (vergl. auch Fig. 9). Wird die in der Ebene des Durchschnittes Fig. 10 liegende diagonale Zwischenaxe ursprünglich von einer beliebigen Fläche in G , im Abstände α (vom Schnittpunkt mit der Hauptaxe AC) geschnitten, so wird dieser Abstand nach der Verschiebung zu $\alpha, = \sqrt{2} - \alpha$ (Schnittpunkt $G,$, neuer Axenmittelpunkt $B,$); der Abschnitt auf der zum Durchschnitt senkrecht stehenden diagonalen Zwischenachsen ändert sich von β in $\beta, = \beta \cdot \frac{\sqrt{2} - \alpha}{\alpha}$, wenn der Schnitt auf der Hauptaxe derselbe bleibt. Daraus ergeben sich dann wieder die Indices wie vorher an der Hand der Fig. 8.

Die Formeln (15) ergeben für die regulären Formen (111) (110) und (100) die folgenden Indices:

$111 = \underline{111}$	$110 = \underline{112}$	$001 = \underline{001}$
$1\bar{1}1 = \underline{1\bar{1}1}$	$\bar{1}10 = \underline{\bar{1}10}$	$010 = \underline{010}$
$\bar{1}\bar{1}1 = \underline{\bar{1}\bar{1}1}$	$011 = \underline{010}$	$100 = \underline{011}$
$\bar{1}\bar{1}\bar{1} = \underline{113}$	$0\bar{1}1 = \underline{012}$	
	$101 = \underline{010}$	
	$\bar{1}01 = \underline{012}$	

Da parallel den Spaltflächen feine Trennungsklüfte schon vor Eintritt einer durch Druck hervorgerufenen Zwillingbildung verlaufen können, so wäre also bei regulären Mineralien mit durch Druck entstandenen Zwillingsslamellen // 111 eine Begrenzung derselben durch Absonderungsflächen 113, bez. 101 und 011, bez. 112, $\bar{1}10$, 012, 102, 100, 010 zu erwarten, je nachdem dieselben nach dem Octaëder, dem Würfel oder dem Rhombendodekaëder spalten. (NB. wenn die Zwillingverschiebung dem angenommenen Schema folgt!) Bei der späthigen Zinkblende von Santander treten nun wirklich auf 110 an den parallel dem Octaëder eingelagerten Lamellen (und nur an diesen) Absonderungsflächen (121) von der geforderten Lage gegen die Zwillingsebene auf (vergl. dies. Jahrb. 1883. I. p. 52), welche demnach verschobene Spaltflächen sein könnten. Indessen ist zu bemerken, dass die Zwillingsslamellen auch da, wo sie auf den beiden andern gegen die Zwillingsebene unter dem gleichen Winkel wie 110 geneigten Flächen 101 und 011 austreten, und also Würfelflächen als Begrenzungsebenen zu erwarten wären, ebenfalls Flächen (121) zeigen. Die Flächen (121) sind also mindestens nicht alle durch Verschiebung entstanden, sondern z. Th. wahre Structurflächen. Dass sie in diesem Falle nur das letztere sind, ist deshalb wahrscheinlich, weil weder Flächen des Würfels noch des Pyramidenwürfels (102), da wo sie nach der obigen Tabelle zu erwarten wären, aufgefunden werden konnten. Auch bei Heranziehung anderer Flächen zur Grundform tritt die Verschiebung nicht so ein, dass die drei zur Octaëder-Zwillingssfläche nicht senkrecht stehenden Flächen (110) sämmtlich Leucitoëderflächen würden.

Ich habe mich darauf beschränkt, vorläufig nur einige bei den gewöhnlichsten Zwillingssflächen mögliche oder wahrscheinliche Verschiebungen abzuleiten. Fehlt es schon hier vielfach an Anhaltspunkten die richtige Grundform aufzufinden, so würde die vollständig willkürliche Annahme derselben bei etwaigen Verschiebungen nach den selteneren Zwillingssflächen den Werth solcher Rechnungen vorläufig sehr zweifelhaft erscheinen lassen. Mir scheint aber, dass es um so mehr an der Zeit ist das viele, was hier hypothetisch bleiben musste, durch Beobachtung über die Begrenzung der Zwillingss-

lamellen zu bestätigen oder zu widerlegen, zumal die vielfachen neueren Beobachtungen über die Entstehung der Zwillinglamellen durch Erwärmen zeigen, dass die Fähigkeit molekulare Umlagerungen unter Beibehaltung des vorhandenen Krystallgefüges einzugehen sehr vielen Körpern zukommt. Von diesen einfachen Erscheinungen ausgehend kann es vielleicht gelingen einen deutlicheren Einblick in die Vorgänge zu gewinnen, welche sich in dimorphen Körpern beim Übergange aus einer Modification in die andere vollziehen. (Dass Druck und Wärme auch hier ähnliche Wirkungen hervorbringen, kann nach den Beobachtungen am Kalkspath, Anhydrit, Jodsilber (MALLARD und LE CHATELIER, *Compt. rend.* 1884. 99. p. 157) und Feldspath (FÖRSTNER, *Zeitschr. f. Kryst.* 9. p. 351) nicht mehr zweifelhaft sein.) Andererseits gestatten derartige Untersuchungen auch Schlüsse auf die Umstände, welchen solche Mineralien während oder nach ihrer Bildung ausgesetzt waren, haben also auch ein geologisches Interesse (z. B. Kalkspath, Kryolith, Korund, Eisenglanz, Antimon, Uralit (WILLIAMS, *Americ. Journ. of Science*, XXVIII, Oct. 1884 und LOSSEN, *Jahrb. d. K. Preussischen Geol. Landesanst. f.* 1883. p. 638). Es sei zum Schluss noch darauf hingewiesen, dass unter günstigen Umständen auch die Form der Ätzfiguren vor und nach der Zwillingbildung dazu dienen kann, den Modus der stattgehabten Verschiebung fest zu stellen. (Vergl. Fig. 2 a, a b c d ist die Ätzfigur des Anhydrits (durch kochende Sodalösung hervorgerufen) vor der Zwillingbildung, a, b c d, nachher.)

H a m b u r g, Naturhistorisches Museum, den 7. November 1884.

Chiana. 245. — *L. BUSATTI: Schisti a glaucofane della Corsica. 246. — G. A. DE AMICIS: Monografia sui calcari ad Amphistegina della Toscana. 252.

27) Atti della Soc. Toscana di Sc. Naturali in Pisa. Memorie. 8°. [Jb. 1885. I. -173-]

Vol. VI. Fasc. 2. — P. GUCCI: Scomposizione del gabbro rosso. 267. — G. MENEGHINI: Nuove Ammoniti dell' Appennino centrale. 363.

28) Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino. 8°. [Jb. 1886. I. -180-]

Vol. XX. Disp. 7, 8 (1885). — ARZRUNI: Sopra uno scisto paragonitifero degli Urali. 983. — PORTIS: Appunti paleontologici. I. Resti di Cheilonii terziarii italiani. 1095; II. Resti di Batraci fossili italiani. 1173.

29) Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, lettere ed arti. [Jb. 1884. II. -282-]

Tomo II. ser. VI. Disp. 3—10. — *G. OMBONI: Delle Ammoniti del Veneto, già descritte e figurate da T. A. CATULLO. 1333. — C. DE STEFANI: Sulle serpentine italiane. 1375.

Tomo III. ser. VI. Disp. 1—9. — *G. OMBONI: Penne fossili del Monte Bolca. (2 tav.) 767. — A. DE ZIGNO: Sopra gl'Ittioliti del Libano regalati al R. Istituto dal. Sig. LEVI. 1017.

30) Memorie del R. Istituto di Scienze, lettere ed arti. [Jb. 1883. I. -163-]

Vol. XXII. part I. 1884. — G. A. PIRONA: Nuovi fossili del terreno cretaceo del Friuli. 159.

31) Commentari del' Ateneo di Brescia per l'anno 1885. 8°. [Jb. 1885. II. -238-]

G. B. CACCIAMALI: Nuovi appunti sulla geologia dell' Appennino centrale. 233.

Warnung.

Von dem Mineralienhändler Herrn Julius Böhm in Wien geht uns die Mittheilung zu, dass ein früher bei ihm Angestellter hinter seinem Rücken Barytkrystalle auf Kieselzink sehr künstlich aufgeklebt und als Egganite in den Handel gebracht hat. — Wir theilen diess den Fachgenossen zur Wahrung vor Schaden mit. Die Red.

Berichtigungen.

1884. I. p. 219 Z. 12 von oben lies $x(4041)$ statt $x(4041)$.

1885. II. p. 51 Z. 17 von oben lies $(-h + x - 2i)$ statt $(-h + x - i)$.

1885. II. p. 265 Z. 11 von unten: der „vorher“ ref. Aufsatz ist nicht der unmittelbar vorhergehende, sondern steht 1885. II. -29-.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1885

Band/Volume: [1885_2](#)

Autor(en)/Author(s): Mügge Johannes Otto Conrad

Artikel/Article: [Zur Kenntniss der durch secundäre Zwillingbildung bewirkten Flächen-Verschiebungen 44-58](#)