

## Über Rangordnung der Zwillingsgesetze.

Illustriert am **Arsenkies**.

Von **V. Goldschmidt (Heidelberg)**.

Mit Tafel X u. XI und 1 Textfigur.

Gibt es bei einer Kristallart mehrere Zwillingsgesetze, so sind diese Gesetze nicht gleich an Wichtigkeit. Nach ihrer Wichtigkeit, Häufigkeit und inneren Wahrscheinlichkeit kann man ihnen eine Rangordnung geben.

Die Erfahrung zeigt, daß das Zwillingsgesetz mit der größeren inneren Wahrscheinlichkeit zugleich das häufigere ist. Wir betrachten es als das wichtigere und geben ihm den höheren Rang. Ob wir also den Rang eines Gesetzes gegenüber einem anderen aus der Wahrscheinlichkeit ableiten oder aus der Häufigkeit, die Rangordnung ist die gleiche. Wir haben danach beide Wege zu gehen: die innere Wahrscheinlichkeit abzuleiten und sie mit der statistisch gewonnenen Häufigkeit zu vergleichen. Ist man auf beiden Wegen zum gleichen Ziele gelangt, so ist die Sache in Ordnung.

Das Verfahren zur Bestimmung der Rangordnung zweier Zwillingsgesetze<sup>1)</sup> nach innerer Wahrscheinlichkeit ist folgendes:

Es seien für eine Kristallart (z. B. Arsenkies) zwei Individuen I und II zum Zwilling verwachsen, und zwar nach zwei Gesetzen A und B, und man will beurteilen, welches von beiden Gesetzen das wahrscheinlichere, wichtigere und ranghöhere ist, so verfährt man folgendermaßen:

1. Man macht ein gnomonisches Punktbild der beobachteten Formen der Kristallart in Stellung I.

<sup>1)</sup> Die Prinzipien wurden im Jahrb. f. Min. 1904 2. 99 dargelegt (Ref. Zeitschr. Kryst. 1907. 42. 667). Es möge von dem dort Gesagten hier einiges mit Ergänzungen wiedergegeben werden. Man vergleiche auch: Min. petr. Mitt. 1908. 44, 409 (Quarz. Doppelgesetz).

2. In das gleiche Bild trägt man das selbe Punktbild in Stellung II; zunächst nach Gesetz A.

3. Man sieht zu, welche Punkte und Zonen im gemeinsamen Bild (Zwillingsbild) sich decken.

4. Man macht das gleiche für Gesetz B und vergleicht nun, ob in Zwilling A oder B sich mehr oder weniger wichtige Punkte und Zonen decken. Im ersteren Falle ist A das wichtigere, im Rang höhere Gesetz.

### Bemerkungen.

Die Wahl der Projektionsebene zu diesem Vergleich geschieht am besten so, daß die Zwillingsebene vertikal steht (zum Prisma wird). Dann erscheinen im Zwillingsbild Kristall I und II gleich aussehend und symmetrisch. Verknüpfungsfläche ist dann meist die Projektionsebene.

Es genügt das Einzeichnen der wichtigsten Punkte (Flächen) und Zonen.

Die Unterscheidung der Punkte und Zonen von I und II geschieht am besten durch Farben. Man umgibt den Punkt mit einem schwarzen Ringel und füllt dies farbig aus, z. B. rot bei Kristall I, blau oder grün bei II.<sup>1)</sup> Beim Vielling gibt man jedem Individuum eine andere Farbe. Den Hauptpunkten kann man, wenn sehr viele Punkte da sind, etwas größere Ringel geben, um sie hervorzuheben. Fallen Punkte von I und II zusammen, so gibt man ein konzentrisches Ringel in der zweiten Farbe. Wir nennen solche Punkte **Deckpunkte**. Entsprechend nennen wir Zonen, die sich im Zwilling decken: **Deckzonen**.

Die sich deckenden Punkte gehören in der Regel zu gleichartigen Flächen. Es kommt aber vor, daß ungleichartige Punkte von I und II sich decken. So z. B. beim Bavenoer Zwilling des Orthoklas P von I mit M von II. Wir nannten das hetero-axiale Verwachsung und sprachen von Heterozwillingen.<sup>2)</sup> Auch das Einrichten ungleichartiger Punkte wirkt verknüpfend.

Es geschieht ferner, daß eine Zone von I sich mit einer ungleichartigen von II einrichtet. Wir hatten ein Beispiel beim Quarz.<sup>3)</sup> Es ist aber keine vereinzelte, sondern eine weit verbreitete Erscheinung.

<sup>1)</sup> In der Reproduktion Tafel X u. XI wurde das Blau durch Schwarz ersetzt.

<sup>2)</sup> Zeitschr. Kryst. 1907, 43, 582.

<sup>3)</sup> Ebenda. 1908, 44, 407.

Wo zwei ungleichartige Punkte sich decken, wollen wir von einem **Heterodeckpunkt** reden; wo zwei ungleichartige Zonen sich decken, von **Heterodeckzonen**; entsprechend bei Deckung von gleichartigen von **Homodeckpunkten** und **Homodeckzonen**.

Nun kommt es vor, daß bei einem gesetzmäßigen Kristallpaar sich gleichartige, zugleich aber auch ungleichartige Punkte und Zonen decken und sich als Verknüpfungen gegenseitig unterstützen.

Endlich begegnen wir der Erscheinung, daß beim Zwilling gleichartige oder ungleichartige Punkte einander so nahe liegen, daß sie sich als Binder unterstützen. Solch nahe Punkte und Zonen streben sich genau einzurichten, wodurch sie sich gegenseitig und dadurch die Partikel ablenken.<sup>1)</sup> Es entstehen Konflikte und dadurch Schwankungen in der Messung und Mehrdeutigkeit in der Auffassung des Zwillingsgesetzes.<sup>2)</sup>

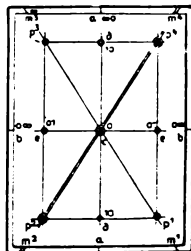
Genetisch wirkt das Nahe mit dem Genaudeckenden als Binder zusammen, die Bindung veranlassend und verstärkend. Das ist es aber, worauf es uns bei der vorliegenden Untersuchung ankommt, bei der Frage: Welches sind die Bindungen, die unsere Zwillingbildungen herbeiführen, begünstigen, wahrscheinlich machen? Wir haben dabei die Homo- und Heterodeckpunkte, die Homo- und Heterodeckzonen zusammenzufassen, desgleichen die nahen Punkte; alle als zusammenwirkend.

**Kästchen.** Zu besserer Übersicht der gegenseitigen Lage der Einzelkristalle des Zwillings oder Viellings im gnomonischen Bild empfiehlt sich das folgende Verfahren:

Man bildet für Kristall I des Zwillings zwischen den Punkten  $p = 1$  ein Viereck und zieht darin die Diagonale  $pp$ , sowie die Mittellinien  $dd$  und  $ee$ . (Textfigur 1.)

Dieses Viereck (wir wollen es ein Kästchen nennen) repräsentiert den Kristall. Es zeigt dessen Pol  $c$ , seinen Nullmeridian  $ce$ , sowie seine wichtigsten Punkte und Zonen. Das Kästchen ist die oberere Fläche der Polarform<sup>3)</sup>, das innere Feld des gnomonischen Bildes.

Wir geben dem Kästchen von Kristall I mit seinen Punkten und Linien rote Farbe.



Textfigur 1.

<sup>1)</sup> Vgl. Zeitschr. Kryst. 1898, 29, 38 sowie Jahrb. Min. 1902. Beil. Bd. 15. 582 (Cerulit); HUBRECHT Zeitschr. Kryst. 1904, 40, 170 (Cerulit); GOLDSCHMIDT u. DREYER Meddels. om. Grönl. 1907, 34. 8 u. 30 = Jahrb. Min. 1910 Beil. Bd. 29. 545, 565, 592. (Albit).

<sup>2)</sup> Vgl. Zeitschr. Kryst. 1908. 44, 409. (Quarzdoppelgesetz.)

<sup>3)</sup> Vgl. Index. 1, 25 ff., Zeitschr. Kryst. 1893. 22, 20 ff.

Nun bilden wir das gleiche Kästchen für Kristall II und machen es blau.

Man sieht nun leicht (Taf. X, Fig. 1, 2; Taf. XI, Fig. 3, 4), wie das rote Kästchen (I) sich durch Drehung um den Pol in die Stellung des blauen (II) überführen läßt, welcher Winkel dabei beschrieben wird, nach welcher Seite die Drehung stattfindet und welche Punkte und Zonen zur Deckung kommen, ob es gleichartige oder ungleichartige sind.

Diese Kästchen bringen Klarheit in das Bild. Sie haben mir schon viele gute Dienste getan. In ihnen sehen wir die Orientierung jedes Kristalls als Ganzes und seine Elemente; es treten die Analogien in der Zwillingsbildung bei verschiedenen Gesetzen der selben Kristallart hervor, ebenso beim Vergleich mehrerer Kristallarten. Man vergleiche die Figuren 1—4, Taf. X u. XI, desgleichen Jahrb. Min. 1902 Beil. Bd. 15 Taf. 15—17 (Cerußit), Tafel 18 (Spinellgesetz); Zeitschr. Kryst. 1904. 40 Taf. 6; Jahrb. Min. 1908. 2. Taf. 10 (Korund); Zeitschr. Kryst. 1910. 47 Taf. 21 (Topas).

Wir haben bei dieser Darstellung bei den verschiedenen Zwillingsbildungen als Drehpunkt den Pol, als Hauptdeckzone eine Radialzone  $[cp_2m]$  (Textfigur 1, S. 243). Wir haben Einschnappen von  $p_1$  in  $p_2$ , von  $m_1$  in  $m_2$  bei Drehung um  $\sphericalangle p_1cp_2$ . Nach dieser Drehung haben die beiden Kästchen (I = rot und II = blau) zwei Eckpunkte und eine Diagonale gemeinsam. Der Punkt der Zwillingsebene ist der im Unendlichen liegende Punkt  $m$  (Prismenpunkt) dieser Diagonale. Der Drehwinkel (Prismenwinkel) ist oft nahezu  $60^\circ$  oder  $120^\circ$ . Dann entstehen pseudohexagonale Zwillinge und Drillinge (Cerußit, Chrysoberyll, Melanglanz u. A.).

In den Figuren (Taf. X u. XI) ist die Hauptdeckzone (das heißt die Zone, in der sich alle gleichartigen Punkte von I und II decken), die Zone des Einschnappens, durch eine rot-blaue Doppellinie bezeichnet.

Selten erfolgt die Drehung um den halben Prismenwinkel. Dann fällt eine rote Diagonale ( $cp$  Textfigur 1) in eine blaue Axenzone ( $cd$  oder  $ce$ ), und wir haben einen Heterozwilling (Beisp. Quarz; Zeitschr. Kryst. 1908. 44. 407).

Anmerkung. Eine hübsche Art, die Beziehungen der Individuen eines Zwillings oder Viellings im Projektionsbild zu demonstrieren, ist die folgende, die W. NICOL (Kingston, Kanada) vorschlägt:

Man paust das Viereck (Kästchen) mit den Punkten  $0\cdot01\cdot10\cdot1$  und seinen Linien (wie Textfigur 1) auf Pauspapier oder Gl  $\frac{z}{z}$  papier (Celluloid, Cellit, Gelatinpapier . . .), sticht bei 0 mit der Nadel ein und dreht, bis die dem Zwillings eigentümliche Deckung erfolgt ist, z. B. bis  $p_2$  nach  $p_1$  gekommen ist oder  $p_1$  nach  $p_2$ . Wir können auf das Glaspapier die Punkte und Zonenlinien eintragen, die uns

interessieren und so durch Drehen finden, was sich deckt, die Deckflächen und Deckzonen erkennen. Dies ist ein bequemes Hilfsmittel bei der graphischen Diskussion. Bei Viellingen kann man mehrere Kästchen übereinander einstellen und drehen.

Auch bei Demonstration an der Tafel kann man analog verfahren, indem man das Viereck (Kästchen) aus Drähten in den Zonenlinien mit Knüpfungen in den Flächenpunkten herstellt.

Ziehen wir auf dem Glaspapier um den Pol einen Kreis von 10 cm Radius, so können wir an diesem den Drehungswinkel als Sehne abstechen.

### Zwillingsgesetze des Arsenkies.

Wir wollen in der angegebenen Weise die Zwillingsgesetze des Arsenkies prüfen.

**Formen des Arsenkies.** Der Arsenkies ist arm an Formen. Häufig sind nur:

$$m = \infty (110); s = 0\frac{1}{2} (012); l = 01 (011); c = 10 (101)$$

dann:  $c = 0 (001)$ ; seltener  $g = 1 (111)$ .

Alle anderen Formen sind Seltenheiten, auch die Pinakoide  $a = 0\infty (010)$  und  $b = \infty 0 (100)$ . Wir haben daher als Verknüpfker (Binder) bei der Zwillingbildung mit  $msle$ , dann  $cg$  zu rechnen. Alle anderen Formen sprechen nicht wesentlich mit.

Zwillinge nach zwei Gesetzen sind beim Arsenkies bekannt und nicht selten. Wir haben:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Gesetz A: Zwillingsebene: } e = 10 (101) \\ \text{„ B: Zwillingsebene: } m = \infty (110) \end{array} \right\} \text{Drehung } 180^\circ.$$

Auch gibt es Drillinge nach beiden Gesetzen. Das häufigere von beiden ist Gesetz A, doch kommt ihm B an Häufigkeit nahe. Wir wollen prüfen, warum sich dies so verhält. Dazu mögen die Projektionsbilder Taf. X u. XI dienen.

**Gesetz A.** Zwillingsebene  $e = 10 (101)$ . Taf. X, Fig. 1. Projektion auf  $a = 0\infty (010)$ . Drehwinkel =  $\sphericalangle ee = \text{ca. } 60^\circ$ . Hauptdeckzone ist  $[age]$ . Dazu tritt die wichtige Deckzone  $[ebc]$ .

In unserer Winkeltabelle wurde der Winkel  $ee = 59^\circ 27'$  eingestellt ( $\rho = 60^\circ 16'$ ). Er schwankt aber in weiten Grenzen. Nach ARZRUNI und BÄRWALD<sup>1)</sup> haben wir für die Fundorte:

Reichenstein	58 53	Mitterberg	$ee = 59^\circ 09'$	Ehrenfriedersdorf	$ee = 59^\circ 15'$	Binnental	$ee = 60^\circ 01'$
Sangerberg	$ee = 59^\circ 01'$	Freiberg I	59 07	Hohenstein	59 22	Joachimstal	60 21
Marieberg	59 05	•Plinian•	59 10	Sala	59 32	Freiberg	61 34

<sup>1)</sup> Zeitschr. Kryst. 1878, 2, 443; 1883, 7, 340.

auch bei Kristallen des gleichen Fundorts schwankt der Winkel  $ee$  um den Mittelwert von  $60^\circ$ . Wir finden bei ARZRUNI und BÄRWALD (S. 340)

$$(101):(001) \text{ Grenzwerte: } 59^\circ 30' - 61^\circ 45'.$$

$$\text{Daraus: } ee = 61^\circ - 56^\circ 30'.$$

Bei Drehung um  $ee = ca. 60^\circ$  fällt nicht nur Zone  $ae_1$  in Zone  $ae_2$ , sondern zugleich Zone  $ae_2$  in  $ac$ . Wir haben somit homoaxiale und heteroaxiale Verknüpfung zugleich.

Dazu kommt folgendes: Es ist  $\sphericalangle as = 59^\circ 13'$ ;  $\sphericalangle ag = 59^\circ 25'$ . Also auch diese Winkel in den Grenzen der Schwankung gleich. Das heißt: Bei der Drehung fallen die beiden  $s$ -Punkte fast genau in  $g$ -Punkte.

Ist nun auch  $g = 1$  keine starke Fläche, so wirkt sie doch bei der Verknüpfung mit. Besonders hilft zur Verknüpfung der reiche Verband in Homo- und Heterodeckzonen, wie er in Fig. 1 ersichtlich ist. Er gibt dieser Zwillingbildung die große Wahrscheinlichkeit und Häufigkeit. Das Zutreten des dritten Kristalls macht die Gruppe in den Grenzen der Schwankung hexagonal.

**Gesetz B.** Zwillingsebene  $m = \infty$  (110). Taf. XI, Fig. 3. Projektion auf  $c = 0$  (001). Drehungswinkel:  $mm = 68^\circ 27'$ . Hauptdeckzone  $[cgm]$ ; dazu die wichtige Deckzone  $[mba]$ . Bei der Verknüpfung wirkt der Umstand mit, daß  $l'e'$  (Kristall II) in Zone  $[lem]$  Kristall I fallen. Wir haben hier eine wichtige, die Verknüpfung begünstigende Heterodeckzone.

Die Verknüpfung ist entfernt nicht so reich wie bei Gesetz A. Es hat danach Gesetz B nicht soviel innere Wahrscheinlichkeit und dem entsprechend geringere Häufigkeit.

Um ein, wenn auch rohes Bild von der relativen Häufigkeit beider Gesetze zu haben, wurde die Zahl der Figuren festgestellt, in denen sich Zwillinge und Drillings nach diesen beiden Gesetzen abgebildet finden. Dazu diente die Figurensammlung, die für den in Vorbereitung befindlichen Atlas der Kristallformen zusammengebracht wurde.

Von 23 Zwillingbildern sind 13 nach  $e$  10 nach  $m$ .

Von 8 Drillingsbildern sind 5 nach  $e$  3 nach  $m$ .

Dem Projektionsbild nach sollte man ein noch stärkeres Überwiegen von Gesetz A erwarten. Es wirkt aber zugunsten von B, daß  $c$  ein stärkerer Binder ist als  $a$ , und  $m$  ein stärkerer als  $e$ .

Dies kann man daraus schließen, daß die Flächen  $c$  und  $m$  häufiger und größer sind als  $a$  und  $e$ .

So haben wir denn bei Gesetz A reicheren Verband, bei B dagegen stärkere Einzelbinder. Beide Einflüsse halten einander die Wage, so daß Gesetz A nur schwach überwiegt.

Zwei weitere Zwillingsgesetze kämen für Arsenkies in Frage, die jedoch nicht beobachtet sind:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Gesetz C: Zwillingsebene } l = 01 (011). \\ \text{Gesetz D: Zwillingsebene } s = 0\frac{1}{2} (012). \end{array} \right\} \text{Drehung } 180^\circ.$$

A priori ist nicht einzusehen, warum  $e = 10 (101)$  und  $m = \infty (110)$  vor  $l = 01 (011)$  den Vorzug als Zwillingsebene haben sollten. Die Symbole sind gleich einfach, und  $l$  ist häufiger als  $e$ . Auch  $s$  ist häufiger als  $e$ . Ferner spricht zugunsten von  $s$ , als Zwillingsebene, der Winkel  $ss = 61^\circ 34'$  (also nahe  $60^\circ$ ). Dieser Winkel ist günstig für Zwillingbildung.

Es erscheint nun von Interesse zu prüfen, warum diese beiden Gesetze an Wahrscheinlichkeit so sehr hinter A und B zurückstehen, daß sie bisher nicht beobachtet sind.

Zur Beurteilung mögen die Projektionsbilder Fig. 2 und 4, Taf. X u. XI dienen.

**Gesetz C.** Zwillingsebene:  $l = 01 (011)$ . Drehung  $180^\circ$ . Taf. XI, Fig. 4. Projiziert auf  $b = \infty 0 (100)$ . Drehungswinkel um Axe  $b = \sphericalangle ll = 80^\circ$ . Als Hauptdeckzone erscheint Zone  $[bgl]$ , daneben die gemeine Deckzone  $[casl]$ . Dazu tritt als Heterobindezone  $[me'l]$ .

Vergleichen wir Gesetz C mit B, so zeigt sich folgendes: Die Hauptbindezone  $[cgm]$  bei B ist stärker als  $[bgl]$  bei C; dann ist  $b$  eine schwächere Fläche als  $c$ ,  $l$  schwächer als  $m$ . Dies dürfte das entscheidende sein. Eine Heterobindezone  $[me'l]$  hatten beide Gesetze.

Steht nun Gesetz C hinter B zurück, so erst recht hinter A.

**Gesetz D.** Zwillingsebene:  $s = 0\frac{1}{2} (012)$ . Drehung  $180^\circ$ . Taf. X, Fig. 2. Projiziert auf  $b = \infty 0 (100)$ . Drehungswinkel um Axe  $b = \sphericalangle ss = 61^\circ 34'$ . Hauptdeckzone  $[bs]$ , daneben die gemeine Deckzone  $[casl]$ . Es fehlt als Binder in der Hauptdeckzone  $g = 1$ . Vielmehr liegen die gemeinsamen Eckpunkte beider Kästchen (blau und rot) am Ort einer nicht beobachteten, also schwachen Fläche vom Symbol  $\frac{1}{2} (112)$  der üblichen Aufstellung.

In bezug auf Deckflächen und Hauptdeckzone steht Gesetz D hinter B, ja hinter C zurück. Dagegen bringt es mehrere wichtige Heterodeckzonen, wie aus Fig. 2 ersichtlich; und zwar:

[sg'me'] [sm'ba'] [agm'es'] [sge'] [amb's'].

Dieser reiche Verband gibt dem Gesetz D eine ziemlich große Wahrscheinlichkeit, sodaß seine Auffindung nicht überraschend wäre: Ob wohl das Fehlen eines wichtigen Flächenpunktes im gemeinsamen Eckpunkt (der Kästchen) einen entscheidend ungünstigen Einfluß hat? Ob der schwache Binder b im Pol entscheidend ist zuungunsten dieses Gesetzes?

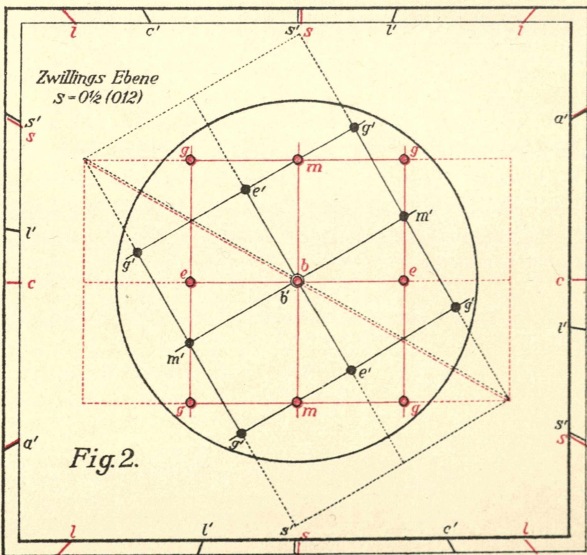
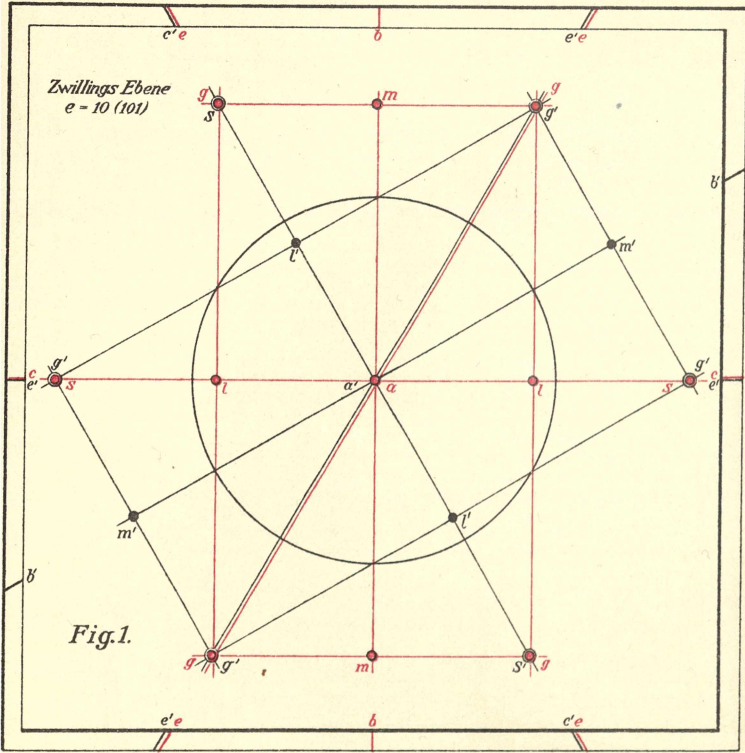
Bei der Neuheit unserer Diskussion über Rang und Wahrscheinlichkeit der Zwillingsgesetze ist zur Beurteilung solcher Fragen noch mehr Material und Erfahrung zu sammeln. Wir sehen aber schon, daß Studien in dieser Richtung uns eine Handhabe bieten, nicht nur die Rangordnung der Zwillingsgesetze zu finden, sondern zugleich aus dieser auf Rang und Wirkung der verschiedenen Hauptknoten (Flächen) und Zonen Schlüsse zu ziehen.

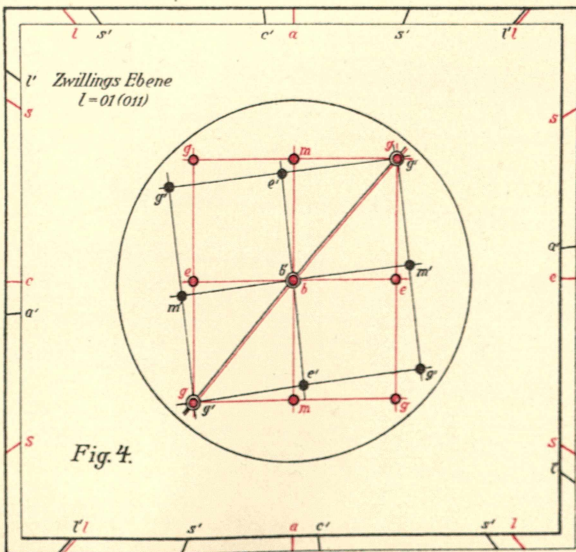
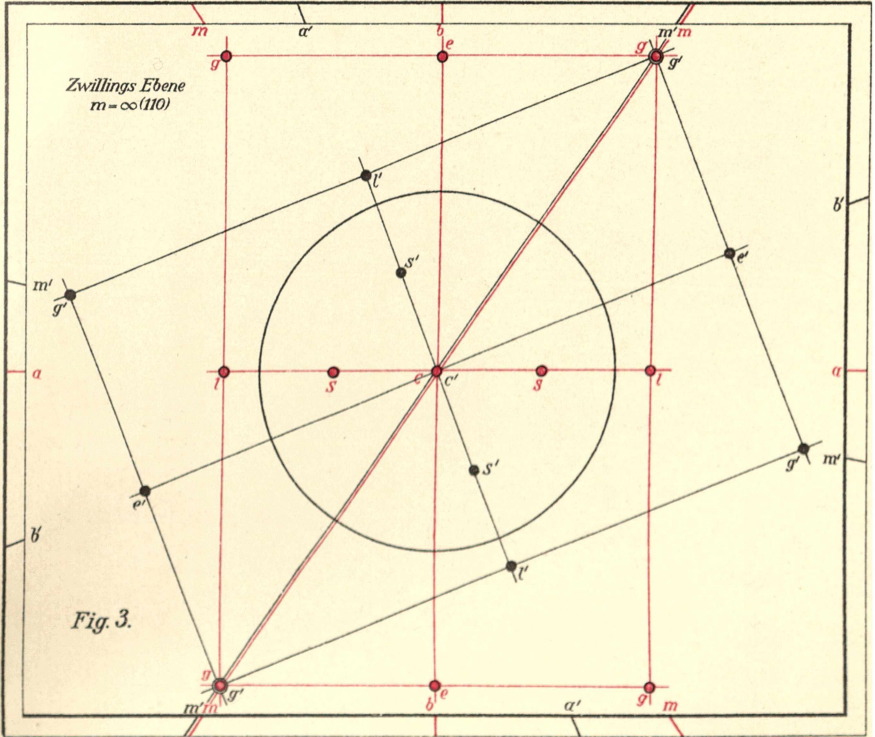
**Komposite.** Mit Durchkreuzung ist gern, wenn nicht immer Kompositbildung verbunden. Besonders begünstigt erscheint solche beim Zwillingsgesetz A durch die Vertauschung der Axen. Beim Arsenkies ist Kompositbildung nicht nachgewiesen. Es wäre aber wichtig, die scheinbar einfachen Kristalle durch Ätzung darauf zu prüfen.

**Formenarmut und Schwanken der Winkel** finden wir beide beim Arsenkies. Sie pflegen mit Kompositbildung Hand in Hand zu gehen. Es ist daher möglich, daß die Winkelschwankungen nicht nur auf ungleiche chemische Zusammensetzung, sondern auch auf Kompositbildung zurückzuführen sind. Es ist eine Aufgabe, dies zu prüfen.

Heidelberg, September 1910.







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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg](#)

Jahr/Year: 1912-1914

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Goldschmidt Victor

Artikel/Article: [Über Rangordnung der Zwillingsgesetze 241-248](#)