

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEN

MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN

# MITTHEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

G. TSCHERMAK.

FRIEDRICH BECKE. ÜBER ZWILLINGSVERWACHSUNGEN  
GESTEINBILDENDER PYROXENE UND AMPHIBOLE.

WIEN,

ALFRED HÖLDER,

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,

ROTBENTHURMSTRASSE 15.

# V. Ueber Zwillingsverwachsungen gesteinsbildender Pyroxene und Amphibole.

Von **Friedrich Becke.**

(Mit 10 Zinkographien.)

## I. Bronzitzwillinge.

Ich habe in einer früheren Mittheilung <sup>1)</sup> erwähnt, dass sich in den bronzitführenden Augit - Andesiten sternförmige, kreuzähnliche oder knieförmige Verwachsungen von Bronzitkrystallen finden, deren häufiges Auftreten die Vermuthung nahe legt, dass denselben eine gesetzmässige Zwillingsbildung zu Grunde liege.

Ein glücklicher Zufall erlaubte diese Vermuthung näher zu prüfen. In den Andesiten der südlichen Bukowina trifft man die Bronzite oft in grosser Schärfe auskrystallisirt, so dass man ihre Form aus den Durchschnitten mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmen kann.

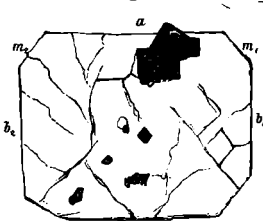
Querschnitte zeigen vorherrschend die beiden Pinakoide. Jenes, welchem die Axenebene parallel ist, erscheint meist breiter, die Ecken des Rechteckes sind durch die Prismenflächen abgestumpft; diesen parallel beobachtet man häufig Spaltrisse. Messungen an Querschnitten, deren richtige Orientirung durch konoskopische Beobachtung controlirt wurde (die positive Mittellinie erscheint in der Mitte des Gesichtsfeldes), ergaben in Uebereinstimmung mit den bekannten Thatsachen,

---

<sup>1)</sup> Diese Mitth. Bd. V, pag. 529.

dass die Axenebene parallel der kürzeren Diagonale des Prismas verläuft. Es wurde nämlich gefunden <sup>1)</sup> (Fig. 1):

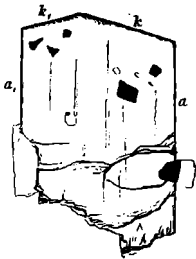
Fig. 1.



$$\begin{aligned} a m_1 &= 46 \cdot 3^\circ & b_1 m_1 &= 44 \cdot 8^\circ \\ a m_2 &= 46 \cdot 3^\circ & b_2 m_2 &= 43 \cdot 9^\circ \end{aligned}$$

Unter den Längsschnitten können zur Bestimmung der Endformen zunächst jene verwendet werden, welche senkrecht auf der negativen Mittellinie orientirt sind. Alle Schnitte, welche beiläufig diese Richtung haben, sind durch ein sehr flaches Dach geschlossen. Ein ziemlich genau orientirter Schnitt dieser Art wurde wieder zur Messung verwendet und ergab folgende Winkel (Fig. 2):

Fig. 2.



$$\begin{aligned} a k &= 77 \cdot 8^\circ \\ a_1 k_1 &= 73 \cdot 5^\circ \\ k k_1 &= 29 \cdot 0^\circ \end{aligned}$$

Für das am Bronzit <sup>2)</sup> beobachtete Doma (104) berechnen sich diese Winkel zu  $74^\circ 4'$  und  $31^\circ 52'$ .

Ferner können zur Bestimmung der Formen noch jene Längsschnitte verwendet werden, welche senkrecht auf die optische Normale also parallel  $a$  (100) geschnitten sind, denn auch diese lassen sich durch die charakteristische lemniscatenähnliche Vertheilung der Farben im convergenten Licht mit Sicherheit erkennen und auf ihre Orientirung prüfen. Derartige Längsschnitte zeigen stets ein steileres Dach; der Winkel am Scheitel wurde in dem Figur 3 dargestellten Falle gemessen mit  $59 \cdot 3^\circ$  am mittleren, mit  $58 \cdot 8^\circ$  am linken Individuum. Dies weist auf die gewöhnlichen Pyramiden des Bronzits:  $o$  (112),  $e$  (124), welche wie alle Pyramiden der Zone (100)(012) in Schnitten parallel  $a$  (100) den Winkel  $60^\circ 57'$  verlangen.

Diesen dreierlei Durchschnitten entspricht als einfachste Combination:

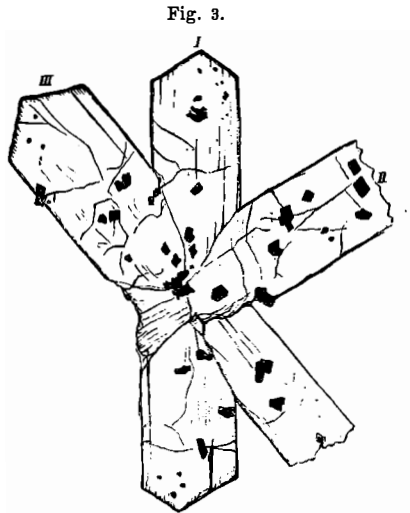
$$a (100) \quad b (010) \quad m (110) \quad e (124).$$

<sup>1)</sup> Es sind überall die äusseren Winkel angeführt, welche durch die Winkel der Normalen gemessen werden.

<sup>2)</sup> Aufstellung des Bronzit nach V. v. Lang: Ueber den Enstatit im Meteor-eisen von Breitenbach. Sitzber. der Wiener Akad. d. Wiss. 1869, Bd. CXXIX, II. Abth. pag. 848.

Die Durchschnitte der letzten Art mit spitzem Dach und senkrecht auf die optische Normale sind es nun, die sich häufig in den besprochenen Gruppierungen vorfinden. Ein glücklicher Zufall ist es, dass in einem Dünnschliffe des bronzitführenden Augit-Andesites vom Luccaciu an der Grenze der Bukowina und Siebenbürgens eine dieser Gruppen, die in Fig. 3 abgebildet ist, annähernd genau orientirt war und daher die Möglichkeit bot, Messungen zur Bestimmung des Zwillingsgesetzes anzustellen.

Zunächst lehrt die konoskopische Beobachtung, dass sämtliche drei Individuen senkrecht zur optischen Normale geschnitten sind: das charakteristische symmetrische Interferenzbild bestehend aus lemniscatenähnlichen Farbencurven, welche bei Anwendung eines Quarzkeiles nicht in derselben Weise reagiren wie das Interferenzbild um eine der Mittellinien, erscheint in allen drei Individuen nahezu



genau in der Mitte des Gesichtsfeldes. Dadurch ist festgestellt, dass die drei Individuen die Querfläche  $a$  (100) gemeinsam haben.

Die Winkel der Verticalaxen wurden durch Messung an den Rändern der Durchschnitte u. d. M. bestimmt; es ergab sich für den Winkel der Verticalaxen der Individuen.

$$I. II = 61^{\circ} 10'$$

$$I. III = 42^{\circ} 35'$$

Um aus diesen Messungen die wahrscheinlichen Zwillingsebenen zu rechnen, hat man sich gegenwärtig zu halten, dass die Zwillingsebene ein Längsdoma sein muss, ferner dass die Individuen sich entweder an der Zwillingsebene, oder an einer dazu senkrechten Ebene berühren können.

Dem Winkel der Hauptaxen von I und II entspricht eine Neigung der Zwillingsebene gegen die Fläche  $b$  (010) von  $30^{\circ} 35'$  oder  $59^{\circ} 25'$ , je nachdem man Berührung an der Zwillingsebene oder senkrecht dazu annimmt. Die letztere Annahme führt zur Fläche (012), welche

mit (010)  $59^{\circ} 31'$  einschliesst. Die erste Annahme führt zu keinem einfachen Zeichen für die Zwillingsebene. Nimmt man demnach (012) als Zwillingsebene an, so berechnet sich der Winkel der Verticalaxen wie folgt:

I. II =  $60^{\circ} 58'$  gerechnet  $61^{\circ} 10'$  gemessen.

Für die Individuen I und III müsste die Zwillingsebene mit  $b$  (010) einschliessen:  $21^{\circ} 17.5'$  bei Berührung an der Zwillingsebene,  $68^{\circ} 42.5'$  bei Berührung senkrecht zu derselben. Wieder führt nur die letztere Annahme zu einem einfachen Zeichen für die Zwillingsebene, nämlich zu dem Doma (013), welches mit  $b$  (010)  $68^{\circ} 34'$  einschliesst.

Unter Voraussetzung dieses Zwillinggesetzes berechnet man für den Winkel der Verticalaxen:

I. III =  $42^{\circ} 51'$  berechnet  $42^{\circ} 35'$  gemessen.

Eigenthümlicherweise stehen auch die Individuen II und III gegeneinander in Zwillingstellung nach der Fläche (023). Dieses Zwillinggesetz fordert nämlich für den Winkel der Verticalaxen:

II. III =  $103^{\circ} 45'$  gerechnet  $103^{\circ} 45'$  gemessen.

Unter den sonst von mir beobachteten Bronzitgruppen, die für Zwillinge gehalten werden dürfen, scheint ein Winkel von circa  $60^{\circ}$  häufiger wiederzukehren. Demnach dürfte das erste der abgeleiteten Zwillinggesetze: Zwillingsebene (012) häufiger auftreten.

Nach der Aufstellung, die G. vom Rath dem Amblystegit gegeben hat, und die für die Minerale der Bronzitgruppe noch vielfach in Gebrauch ist, würden die hier berechneten Zwillinggesetze lauten:

- a) Zwillingsebene (012) Lang = (101)  $P_{\infty}^-$  v. Rath  
 b) " (013) " = (203)  $^{2/3}P_{\infty}^-$  " "  
 c) " (023) " = (403)  $^{4/3}P_{\infty}^-$  " "

Ein Zwilling nach einem der hier formulirten Zwillinggesetze und zwar nach (012) scheint schon früher von Drasche<sup>1)</sup> beobachtet worden zu sein. Drasche beschreibt nämlich einen Zwilling von Bastit (also verändertem Bronzit) aus einem ähnlichen Eruptivgestein, nämlich einem Augit-Andesit von Videna bei Rohitsch. Die beiden Individuen haben die Ebene vollkommener Spaltbarkeit gemeinsam und der Winkel der Verticalaxen beträgt  $61^{\circ}$ . (Die Angabe

<sup>1)</sup> Zur Kenntniss der Eruptivgesteine Steiermarks. Diese Mitth. 1873, pag. 5.

dieses Winkels zu  $30^{\circ} 30'$  beruht offenbar auf einem Versehen, die Zeichnung und der Context weisen darauf hin, dass  $30^{\circ} 30'$  der halbe Winkel der Verticalaxen sei.)

Drasche berechnet l. c. freilich ein ganz anderes Gesetz, nämlich Zwillingsebene das Doma (302). Doch beruht diese Berechnung auf einem Irrthum, der sich wohl aus der argen Verwirrung erklärt, in die die Bezeichnung der Flächen bei den Mineralen der Bronzitgruppe durch die verschiedene Art der Aufstellung gerathen ist. Drasche deutet nämlich die Fläche vollkommener Spaltbarkeit am Bronzit zu (010), wie es allerdings für die ältere Aufstellung des Bronzit richtig wäre, und geht unter dieser Voraussetzung in die Rechnung ein, in welcher das Axensystem von v. Lang benützt wird; v. Lang hat aber den Bronzit anders aufgestellt, so dass die Fläche vollkommenster Spaltbarkeit das Zeichen (100) erhält. Daher der Fehler.

Die von Drasche mitgetheilten Beobachtungen erlauben festzustellen, dass hier ebenfalls ein Zwilling nach (012) vorliege. Denn auch hier fallen die Flächen  $\alpha$  (100) in eine Ebene und der beobachtete Winkel der Verticalaxen von  $61^{\circ}$  stimmt mit meiner Rechnung.

Eine fernere Bestätigung für die Richtigkeit des hier aufgestellten Zwillingsgesetzes und ein weiterer interessanter Beleg für die Analogie der rhombischen und monoklinen Pyroxene liegt in der Existenz von Zwillingen des gewöhnlichen Augites nach dem Gesetz: Zwillingsebene die Pyramide +  $P2$  ( $\bar{1}22$ ). Diese Zwillinge wurden zuerst von Naumann und Breithaupt aufgestellt, von Vrbna am basaltischen Augit von Schönhof constatirt<sup>1)</sup>.

Die Analogie tritt sofort hervor, wenn man die Zwillingsebenen in eine sphärische Projection von Augit und Bronzit einträgt (Fig. 4 und 5).

Sie wird auch im Zeichen ersichtlich, wenn man für Augit und Bronzit jenes Axenverhältnis und jene Aufstellung wählt, bei welcher die Aehnlichkeit beider am auffallendsten hervortritt, wie dies von Tschermak in seinem Lehrbuch der Mineralogie pag. 446 geschehen ist:

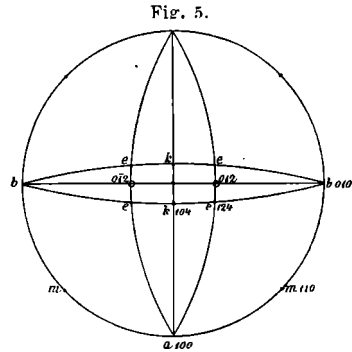
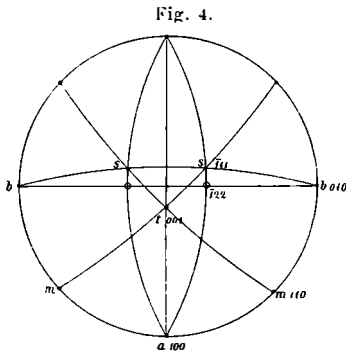
---

<sup>1)</sup> Naumann-Zirkel, Elemente der Min. 10. Aufl., pag. 590 u. f., Fig. 17, 18.  
— Neues Jahrb. f. Min. 1871, pag. 60.

Augit  $a : b : c = 1.0585 : 1 : 0.5942 \quad \beta = 89^\circ 38'$

Bronzit  $a : b : c = 1.0295 : 1 : 0.5868 \quad \beta = 90^\circ$ .

Unter Zugrundelegung dieser Dimensionen erhalten die Zwillingsebenen das übereinstimmende und sehr einfache Zeichen (011).



Es dürfte diese Zwillingungsverwachsung auch bei den monoklinen Augiten öfter vorkommen. Ein grosser Theil der sogenannten knäuel-förmigen Verwachsungen von Augit dürfte solche Zwillinge repräsentiren. Freilich lässt sich dies beim monoklinen Augit noch schwerer nachweisen als beim Bronzit.

## II. Angeblich anomale Zwillinge von Augit und Hornblende.

Angaben über Zwillinge von Augit und Hornblende, die nicht nach dem gewöhnlichen Gesetz gebildet seien, findet man in der petrographischen Literatur nicht selten. Zuletzt hat Cohen in den Erläuterungen zu seiner ausgezeichneten „Sammlung von Mikrophotographien“ pag. 13, Anmerkung, aufmerksam gemacht, „dass Zwillinge oder Viellinge mit einer zur Verticalaxe geneigten Zusammensetzungsfläche eine bei Augiten und Hornblendens ausserordentlich häufige Erscheinung sind.“

Auf Taf. XXVIII, Fig. 4 der citirten Sammlung, ist ein derartiger Augitzwilling abgebildet. Allein dieser, sowie wohl alle ähnlichen, angeblich anomalen Zwillinge von Augit und Hornblende, lassen sich ganz ungezwungen auf das gewöhnliche Zwillingsgesetz zurückführen.

Herr Professor Cohen hatte die Güte, mir das betreffende Originalpräparat sowie einige Schliche von Amphibol-Biotitgranit aus

dem Odenwald mit den für anomal gehaltenen Zwillingen von Hornblende zur Untersuchung zu überlassen und mich dadurch in den Stand gesetzt die Prüfung an den geeignetsten Objecten durchzuführen. Es ist mir eine angenehme Pflicht ihm hierfür öffentlich meinen Dank auszusprechen.

Nach diesem Originalpräparat und zwar nach der Unterseite desselben, ist die Fig. 6 gezeichnet, welche daher gegen das Photogramm verwendet erscheint. Vergleiche die Anmerkung<sup>1)</sup>.

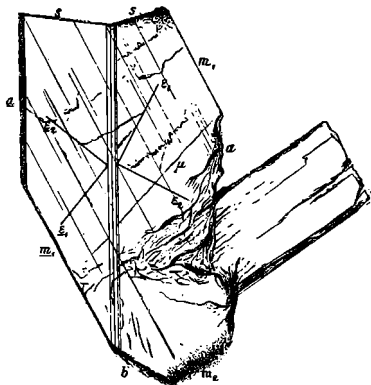
Zunächst fällt sofort in die Augen, dass die Spaltrisse nach dem Prisma in beiden Individuen parallele Lage haben, und aus einem Individuum ohne jede Störung des Verlaufes in das zweite hinübersetzen. Da man sich durch Heben und Senken des Tubus überzeugen kann, dass auch die Fläche der Spaltrisse keinerlei Veränderung an der Zwillingsgrenze erfährt, ergibt sich zunächst, dass mindestens die eine Prismenfläche, welcher eben die Spalten parallel laufen, beiden Individuen gemeinsam sein müsse. Ausserdem sieht man, dass die Zwillingsgrenze sichtlich parallel zu einer vorhandenen Krystallfläche verläuft. Diesen Bedingungen entspricht offenbar das gewöhnliche Zwillingsgesetz ganz gut. Es müsse dann der Durchschnitt in der Weise aufgefasst werden, wie durch die Buchstaben angedeutet ist.

<sup>1)</sup> Anmerkung. Im Verlaufe der Untersuchung ergab sich, dass die vom Schnitt getroffenen Krystallflächen der Unterseite des Krystalles angehören. Dies hätte bei der Eintragung der Schnittebene in die Projection und beim Vergleich der Ergebnisse der konoskopischen Untersuchung mit der Theorie Schwierigkeiten gemacht; deshalb wurde hier das Präparat von der Unterseite betrachtet.

Die untere Partie meiner Zeichnung weicht scheinbar etwas vom Photogramm ab; dies rührt davon her, dass störende fremde Körper, die im Photogramm das Auftreten von dunklen Linien veranlassen, die wie Umrisse des Krystalles aussehen, in der Zeichnung weggelassen werden.

Die auffallende gerade Linie  $\mu$ , die auch im Photogramm zu sehen ist, hielt ich anfangs für einen Spalt nach der zweiten Prismenfläche  $m_2$ . Am Präparat konnte ich mich überzeugen, dass es kein Spaltriss ist, ohne für sie eine andere plausible Deutung zu finden.

Fig. 6.





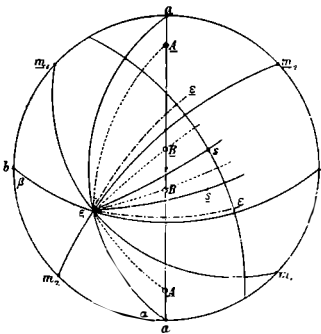
Zur weiteren Prüfung ist die Kenntnis der Lage der Schnittfläche nöthig; kennt man diese, so kann man die Winkel, welche die Tracen der verschiedenen Krystallflächen bilden, sowie die Lage der Auslöschungsrichtungen voraus berechnen und mit der Beobachtung vergleichen.

Aus den Winkeln, die die Tracen der Flächen  $a, m, b, s$  bilden, berechnete ich die Position der Schnittfläche, die gegeben ist durch die Positionswinkel  $\alpha = 38^\circ 15'$ ,  $\beta = 50^\circ 44'$ .

(Vergl. die Projection Fig. 7. Der Gang der Berechnung ist in der Anmerkung<sup>1)</sup> auseinander gesetzt.)

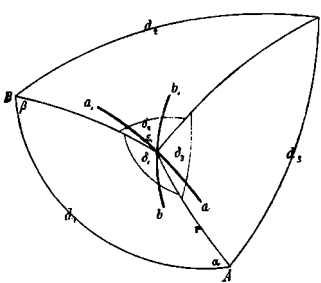
Um die Auslöschungsrichtungen zu berechnen, ist die Kenntnis der Lage der Mittellinie und des wahren Winkels der optischen Axen nöthig. Für den vorliegenden Augit kennt man diese nun freilich nicht, man wird aber dennoch eine angenäherte Uebereinstimmung erwarten dürfen, wenn man die optischen Constanten eines anderen Augit benützt.

Fig. 7.



<sup>1)</sup> Anmerkung. Sind in Fig. 8,  $A, B, C$  die Projectionen dreier Krystallflächen,  $\epsilon$  die Projection der Schnittfläche, so bilden in der Schnittfläche die Tracen von  $A, B, C$  Winkel, die durch die Winkel  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  gemessen werden, welche die von  $\epsilon$  zu  $A, B, C$  gezogenen grössten Kreise einschliessen.

Fig. 8.



Die Aufgabe, die zu lösen ist, besteht darin, aus diesen durch Messung bestimmten Winkeln und den bekannten Dimensionen des Dreiecks  $ABC$  die Position des Punktes  $\epsilon$  zu finden, welche am einfachsten durch Angabe der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmt wird.

Direct lässt sich diese Aufgabe nicht leicht lösen, da sie zu sehr complicirten Gleichungen führt. Meinem geschätzten Collegen Prof. Mi g o t t i, dem ich die Aufgabe mittheilte, ist eine Lösung derselben — des P o t h e n o t s c h e n Problems auf der Kugel — ebenfalls nicht bekannt.

Ich versuchte demnach eine empirische Lösung.

Offenbar gibt es sehr viele Punkte, die so liegen, dass die zu  $A$  und  $B$  gezogenen grössten Kreise den Winkel  $\delta$  einschliessen. Diese Punkte werden alle auf einer Curve liegen. Lässt man den Abstand  $r$  der Curvenpunkte von  $A$  variiren, so kann man aus  $r, \delta_1, \alpha_1$  das zu jedem  $r$  gehörige  $\alpha$  und  $\beta$  durch Rechnung finden

Ich benützte zur Rechnung die Angaben von Tschermak über den Augit von Borislau<sup>1)</sup>.

$$\begin{aligned} a c &= 44^{\circ} 30' \\ 2 V &= 61^{\circ}. \end{aligned}$$

Aus diesen Angaben und der Position der Schnittfläche lässt sich die Lage der Auslöschungsrichtung leicht berechnen.<sup>2)</sup>

Die Resultate der Rechnung sind hier in der Form zusammengestellt, dass die Azimute für die einzelnen Linien der Fig. 6 ange-

und auf diese Art beliebig viele Curvenpunkte bestimmen;  $a a_1$  sei ein Stück dieser Curve.

Ebenso gibt es unendlich viele Punkte, die so liegen, dass die zu  $A$  und  $C$  gezogenen grössten Kreise den Winkel  $\delta_0$  einschliessen. Sie werden ebenfalls eine Curve bilden und man wird die Position beliebig vieler Punkte ausgedrückt durch  $\alpha$  und  $\beta$  aus  $r$ ,  $\delta_0$  und  $d_0$  finden, indem man  $r$  variiren lässt.  $b b_1$  sei ein Stück dieser Curve. Die beiden Curven werden sich in einem Punkte schneiden, dieser Schnittpunkt ist der gesuchte Punkt  $\varepsilon$ .

Die Construction der Curvenpunkte durch die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  ist etwas unbequem. Man kann sich dieselbe jedoch ersparen. Da es immer nur darauf ankommt ein kleines Stück der Curven zu zeichnen, und man also nur einen sehr kleinen Theil der Kugeloberfläche braucht, kann man unbedenklich die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  als rechtwinkelige Coordinaten betrachten, die Curvenpunkte nach diesen Coordinaten in Millimeterpapier einzeichnen, und die Positionswinkel des Durchschnittspunktes am Rande des Papiers unmittelbar ablesen.

Auf diesem Wege ist es möglich, aus den Tracen dreier bekannter Krystallflächen die Lage der Schnittfläche zu bestimmen. Wenn man mehr Tracen zur Verfügung hat kann man mehr als zwei Curven construiren. Dieselben werden sich dann wegen der unvermeidlichen Messungsfehler nicht genau in einem Punkte schneiden, sondern ein kleines Polygon einschliessen, dessen Schwerpunkt man für den gesuchten Punkt  $\varepsilon$  nehmen wird.

Dieser Weg ist zeitraubend, da man so viele sphärische Dreiecke aufzulösen hat, als Curvenpunkte bestimmt werden. Doch ist die Zahl der nöthigen Punkte nicht sehr gross. Für die erste Curve braucht man freilich eine grössere Anzahl; für die folgenden kommt man bei geschickter Annahme von  $r$  mit 3 bis 4 Punkten aus. Dagegen führt er mit Sicherheit zum Ziele, wenn man am Durchschnitt die Tracen von 3 Krystallflächen erkennen kann. Dieselben können auch in einer Zone liegen. Auch zur Orientirung der Schlitze von Meteoriten nach den Widmanstätten'schen Figuren dürfte diese Methode mit gutem Erfolg anwendbar sein und vielleicht rascher zum Ziele führen, als der von Brezina<sup>3)</sup> angegebene Weg.

<sup>1)</sup> Augit und Amphibol. Diese Mitth. 1871, pag. 30.

<sup>2)</sup> Tschermak, Lehrbuch der Min. pag. 170.

<sup>3)</sup> Denkschriften der kais. Akademie der Wissensch. Wien 1882, Bd. 44.

führt werden, wobei die Zwillingsebene  $a$  als Ausgangspunkt dient. Drehung im Sinne des Uhrzeigers ist positiv genommen.

Die Messungen wurden an dem Photogramm von Cohen durch Auflegen eines in halbe Grade getheilten Transporteurs ausgeführt. Die Auslöschungsrichtungen wurden an dem Originalpräparat durch Einstellung auf Dunkelheit bestimmt. Bezüglich der zweiten Prismenfläche  $m_2$  ist noch zu bemerken, dass ihre Richtung weder am Präparat noch am Photogramm genau bestimmbar war, da dieselbe von der Schlifffläche unter sehr flachem Winkel getroffen wird. Aus diesem Grunde kann sie sich auch nicht durch Spaltrisse deutlich sichtbar machen. Allerdings scheinen die treppenartig abgestuften Unebenheiten rechts oben in der Zeichnung, die auch an der correspondirenden Stelle des Photogrammes zu sehen sind, auf diese zweite Spaltrichtung zu beziehen zu sein, doch ist ihre Richtung zu unsicher und schwankend, um eine Messung zu erlauben.

	Azimit berechnet	gemessen
$a$	0	0
$m_1$	— 27° 16'	— 27·5°
$b$	— 60° 13'	— 60°
$m_2$	+ 51° 49'	?
$s$	+ 74° 4'	+ 74°
$\underline{s}$	+ 98° 27'	+ 99°
$\varepsilon_1$	+ 22° 46'	+ 29°
$\varepsilon_2$	— 67° 14'	— 61°
$\varepsilon_1$	+ 33° 25'	+ 39°
$\varepsilon_2$	— 56° 35'	— 51°

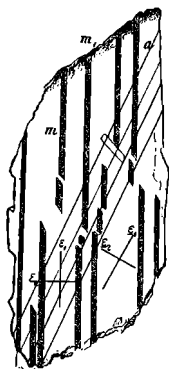
Auch die konoskopische Untersuchung steht mit der durch Rechnung gefundenen Lage der Schnittfläche in Einklang. Wie es die in der Projection Fig. 7 eingetragene Orientirung erfordert, sieht man durch das rechte Individuum nach rechts seitwärts aufsteigend die Ebene der optischen Axen, und eine Axe dem Mittelpunkt des Gesichtsfeldes näher als die zweite, während das linke Individuum nichts von den Axen erkennen lässt.

Aus Allem ergibt sich unzweifelhaft, dass hier ein gewöhnlicher Augitzwilling vorliegt und dass die schiefe Lage der Zwillingsgrenze gegen die Spaltrisse nur eine Folge der schiefen Lage der Schnittfläche ist.

Die Erscheinungen, welche *Streng*<sup>1)</sup> an den Augiten der Palatinite, *Rosenbusch*<sup>2)</sup> an Augiten aus Augit-Andesiten beschreibt und die als ungewöhnliche Zwillingbildungen gedeutet wurden, scheinen mir den hier vorhandenen so ähnlich zu sein, dass auch sie bei genauerer Untersuchung sich als normale Zwillinge herausstellen dürften.

Herr Professor *Cohen* hatte die Freundlichkeit, mir auch eine Anzahl der für anomal gehaltenen Hornblendezwillinge aus dem Amphibol-Biotit-Granit des Odenwaldes zu übersenden; in der That ist von vornherein vorauszusehen, dass derartige schiefe Schnitte von Hornblende auch vorkommen können und ein ähnliches Bild darbieten werden, wie die Augitzwillinge. Fig. 9 stellt einen dieser Amphibolzwillinge dar. Wie aus *Cohen's* Beschreibung<sup>3)</sup> zu entnehmen ist, stützt sich die Bestimmung dieser Zwillinge auf die Beobachtung, dass die Lamelle parallel den Spaltrissen auslöscht, das Hauptindividuum aber schiefe Auslöschung zeigt. Hieraus wurde geschlossen, dass die beiden Individuen so verwachsen sind, dass die Querfläche des einen mit der Längsfläche des anderen zusammenfällt, woraus sich dann als Zwillingsebene das Prisma  $(120) \infty P2$  berechnen würde.

Fig. 9.



Die ganze Deutung beruht also auf der Voraussetzung, dass der Schnitt das schief auslöschende Individuum parallel der Längsfläche treffe. Anfangs der Siebziger-Jahre, als *Cohen* seine Beobachtungen ausführte, war man freilich noch nicht in der Lage, diese Voraussetzung zu prüfen. Heute genügt eine Untersuchung mit dem Condensor, um zu erweisen, dass diese Voraussetzung bei keinem derartigen Zwilling auch nur annähernd zutrifft. Statt der symmetrischen Interferenzfigur, welche optisch zweiaxige Platten senkrecht zur optischen Normale erkennen lassen, sieht man schief austretende Lemniscaten und Ringe des Axenbildes in unsymmetrischer Vertheilung. Damit ist also die ganze Deduction hinfällig.

<sup>1)</sup> Neues Jahrb. f. Min., 1872, pag. 379.

<sup>2)</sup> Massengesteine, pag. 410.

<sup>3)</sup> *Benecke* und *Cohen*: Geognostische Beschreibung der Umgebung von Heidelberg, 1881, pag. 69.

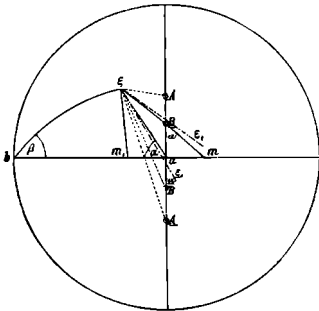
Es fragt sich nun, ob es auch hier möglich ist, den Zwilling als schiefen Schnitt eines gewöhnlichen Hornblendezwillings zu deuten. Dann wird die Lamelle die Trace von  $a$  angeben; die Spalten verlaufen nach der einen Prismenfläche und nach dem Verlauf des Umrisses kann man den ziemlich geradlinigen, besonders im  $p. L.$  durch Farbenfäule gekennzeichneten Rand, der in der Figur mit  $m_1$  bezeichnet ist, für die Trace der zweiten Prismenfläche einführen.

Unter Zugrundelegung dieser Annahmen und der am Präparat gemessenen Winkel bestimmte ich die Position der Schnittfläche so wie früher beim Augit. Ich erhielt folgende Winkel (vergl. Fig. 10):

$$\alpha = 56^\circ, \beta = 51^\circ 12'.$$

Die Berechnung der Auslöschungsschiefe stösst bei der Hornblende auf noch grössere Schwierigkeiten als beim Augit. Für Hornblenden liegen überhaupt sehr wenige Beobachtungen vor, welche die Auslöschungsschiefe und den Axenwinkel umfassen. Für die gemeine schwarze Hornblende, zu welcher auch die vorliegende gehört, fehlen solche Beobachtungen ganz. Tschermak gibt l. c. die Orientirung einiger Hornblenden an; dieselben zeigen einen sehr starken Wechsel, und wenn man aus seinen Zahlen für Strahlstein (St.), braune Hornblende von Volpersdorf (Vo.), Pargasit von Pargas (Pa.) und basaltische Hornblende von Cernoschin (Ce.) den Winkel berechnet, den in einem Schnitt von der oben bestimmten Lage die der Trace von  $a$  zunächst liegende Auslöschungsrichtung im Hauptindividuum und in der Lamelle mit dieser Trace bildet, so erhält man folgende Zahlen:

Fig. 10.



	St.	Vo.	Pa.	Ce.	Beobacht.
Hauptindividuum	+ 2° 9'	+ 4° 1'	— 4° 49'	— 10° 23'	+ 4·4°
Lamelle	. . . — 31° 48'	— 43° 22'	— 47° 36'	— 14° 27'	— 24·7°

Wie man sieht, variiren die Zahlen um mehr als 30°. Wenn also ein Vergleich einen Sinn haben sollte, müsste zuerst die Orientirung der betreffenden Hornblende bestimmt werden. Die Bestimmung an der schwarzen Hornblende aus dem Granit des Odenwaldes vorzunehmen, erwies sich als unthunlich. Dagegen konnte ich schwarze

Hornblende aus dem Tonalit des Mte. Adamello verwenden, welche sowohl in ihrem Auftreten, als in ihrer Färbung und ihrem pleochroitischen Verhalten mit der Hornblende des Odenwaldes grosse Aehnlichkeit zeigt.

An einem Schliff nach der Längsfläche, welcher von einem Zwilling hergenommen war, wurde der Winkel, den die Auslöschungsrichtungen der beiden Individuen einschliessen, zu  $29^\circ$  gemessen; daraus ergibt sich für den Winkel

$$a \alpha = 14^\circ 30'.$$

Ein sehr dünner Schliff nach der Querfläche zeigte die eine der optischen Axen nicht sehr weit vom Mittelpunkte des Gesichtsfeldes entfernt und liess sogleich erkennen, dass der negative Axenwinkel bedeutend kleiner sein müsse als bei den bisher untersuchten Hornblenden.

Der scheinbare Winkel  $u$  der optischen Axe  $A$  mit der Flächennormalen wurde in Oel gemessen; sodann bei  $90^\circ$  Stellung der Nicols der verticale schwarze Balken des geschlossenen Axenkreuzes eingestellt und so der scheinbare Winkel  $v$  der Mittellinie  $\alpha$  mit der Flächennormalen gemessen.

$$u = 26^\circ 8', \quad v = 18^\circ 9'.$$

Der Vergleich von  $v$  mit dem früher gefundenen wahren Werthe  $\alpha \alpha = 14^\circ : 0'$  liess den Brechungsexponenten für den Uebergang von Oel in Hornblende beiläufig zu 1.244 bestimmen; hieraus und aus der Messung von  $u$  ergibt sich der wahre Winkel  $\alpha A = 20^\circ 44'$  somit

$$2 V = 70^\circ 28'.$$

Diese Werthe sind natürlich nur als beiläufige Annäherung zu betrachten, denn die Beobachtungen an dem dünnen Schliff nach  $\alpha$  sind wegen der Verwaschenheit des Bildes sehr ungenau; ebenso ist die Rechnung nicht strenge richtig, da auf die verschiedenen Werthe des Brechungsexponenten nach verschiedenen Richtungen der Hornblende keine Rücksicht genommen wurde.

Wenn man die hier ermittelten Werthe der Rechnung zu Grunde legt, erhält man nun allerdings eine weit bessere Uebereinstimmung, die man als Bestätigung der Theorie ansehen darf.

	Azimuth berechnet	beobachtet
$a$	0	0
$m$	— 23° 40'	— 23·7°
$m_1$	+ 33° 6'	+ 33°
$\varepsilon_1$	— 27° 13'	— 24·7°
$\varepsilon_2$	+ 52° 47'	+ 55·3°
$\underline{\varepsilon_1}$	+ 3° 54'	+ 4·4°
$\underline{\varepsilon_2}$	— 86° 6'	— 85·6°

Uebrigens kann noch ein weiteres Moment zur Prüfung der Richtigkeit herbeigezogen werden. Die Spaltrisse nach dem Prisma erscheinen im Schliff als breite schwarze Bänder. Die Breite derselben hängt ab von der Dicke des Schliffes und von der Neigung desselben gegen die Spaltfläche. Ist die Dicke  $d$ , die Neigung  $\varphi_1$ , so wird die Breite  $p_1$  ausgedrückt durch:

$$p_1 = d \cdot \cot \varphi_1$$

Ebenso erscheinen die Ränder der Zwillinglamelle von einem farbigen Saum umgeben, der von der keilförmigen Ueberlagerung durch einen Theil des Hauptindividuums herrührt. Ist die Neigung der Lamelle gegen die Schlieffebene  $\varphi_2$ , so ist die Breite dieses Saumes:

$$p_2 = d \cdot \cot \varphi_2$$

Da  $d$  in beiden Fällen gleich, muss das Verhältniß bestehen:

$$p_1 : p_2 = \cot \varphi_1 : \cot \varphi_2$$

Die Winkel  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  lassen sich aus der Position der Schnittfläche leicht berechnen. Es ist:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 77^\circ 3' & \varphi_2 &= 56^\circ 19' \\ \cot \varphi_1 &= 0\cdot2299 & \cot \varphi_2 &= 0\cdot6664 \\ \cot \varphi_1 : \cot \varphi_2 &= 1 : 3 \end{aligned}$$

Die Breiten  $p_1$  und  $p_2$  wurden mittelst des Ocularmikrometers zu 0·9 und 2·5 bestimmt, verhalten sich also

$$p_1 : p_2 = 1 : 2\cdot77$$

In Anbetracht des Umstandes, dass die Beurtheilung der Breite des farbigen Saumes nicht ganz sicher ist, kann man auch mit dieser Uebereinstimmung zufrieden sein.

Ich glaube es genügt an einem Beispiele gezeigt zu haben, dass sich auch beim Amphibol die angeblich anomalen Zwillinge auf schiefe Schnitte gewöhnlicher Zwillinge nach  $(100)$  zurückführen lassen.

### Resultate.

1. Der Bronzit der Andesite bildet häufig kreuz- und sternförmige Zwillinge nach Domenflächen. Das häufigste Zwillingsgesetz lautet: Zwillingsebene  $(012)$  Lang =  $(011)$  Tschermak =  $(101)$   $P\bar{\infty}$  vom Rath.

2. Dieses Gesetz ist analog dem Gesetz des monoklinen Augit Zwillingsebene  $(\bar{1}22) + P2$ .

3. Die angeblich häufigen Zwillinge monokliner Augite und Hornblenden nach  $\infty P2$  mit geneigter Berührungsebene (Cohen), muthmasslich auch die von Streng und Rosenbusch angegebenen Zwillinge, angeblich nach einem Klinodoma oder einer Pyramide sind nur schiefe Schnitte der gewöhnlichen Zwillinge nach  $(100) \infty P\infty$ .

Czernowitz, Mineralog. Universitäts-Institut, Jänner 1885.



~~~~~  
**Druck von Gottlieb Gistel & Comp., Wien, 1., Augustinerstrasse 12.**  
~~~~~