

**Smn 138-23**

**Himmelbauer A.**

## **Apatitzwillinge von Elba**

Von

**Alfred Himmelbauer**

Korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Mit 9 Textfiguren und 1 Tafel)

Aus den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien  
Mathem.-naturw. Klasse, Abteilung I, 138. Band, 5. und 6. Heft, 1929

**Wien 1929**

Hölder-Pichler-Tempsky, A.-G., Wien und Leipzig  
Kommissionsverleger der Akademie der Wissenschaften in ~~Wien~~

Druck der Österreichischen Staatsdruckerei

# Apatitzwillinge von Elba

Von

Alfred Himmelbauer

Korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Mit 9 Textfiguren und 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. April 1929)

Apatit als Drusenmineral der bekannten Elbaner Pegmatitvorkommen wurde bereits im Jahre 1872 von G. Grattarola<sup>1</sup> beschrieben. Später lieferte E. Artini<sup>2</sup> nähere Angaben. Die kleinen violetten Krystalle, die gewöhnlich in Begleitung von Lepidolith, rotem Turmalin, Petalit, Quarz, Orthoklas und Albit auftreten, haben annähernd isometrische bis kurzsäulenförmige Form mit ziemlich groß entwickeltem  $x$  ( $10\bar{1}1$ ). An Krystallformen wurden angegeben:  $c$  (0001),  $a$  ( $10\bar{1}0$ ),  $b$  ( $11\bar{2}0$ ),  $h$  ( $21\bar{3}0$ ),  $r$  ( $10\bar{1}2$ ),  $x$  ( $10\bar{1}1$ ),  $y$  ( $20\bar{2}1$ ),  $s$  ( $11\bar{2}1$ ),  $m$  ( $21\bar{3}1$ ) in beiden Stellungen.

Aus dem Winkel  $c : x = 40^\circ 18' 48''$  berechnete Artini ein Achsenverhältnis  $a : c = 1 : 0.7347895$ .

Auch R. Panebianco<sup>3</sup> und G. d'Achiardi<sup>4</sup> gaben das Vorkommen von S. Piero in Campo an.

An einem neueren Vorkommen von diesem Fundorte konnte ich die älteren Abgaben im wesentlichen bestätigen. Die blaßvioletten Krystalle, im Maximum etwa 5 mm groß, zeigten die bereits bei Artini angegebenen Formen mit Ausnahme von  $h$ .<sup>5</sup> ( $10\bar{1}0$ ) und ( $10\bar{1}1$ ) halten sich annähernd das Gleichgewicht, ( $11\bar{2}0$ ) ist schmal, (0001) sehr klein entwickelt; die übrigen Flächen wurden nur vereinzelt als schmale Kantenabstufungen festgestellt. Bemerkenswert ist, daß auch bei diesen kleinen Krystallen die Flächen  $a$  und  $b$  durch Vizinalflächen ersetzt sind, ebenso noch  $x$ , so daß sich auch bei vorsichtiger Zusammenstellung von Mittelwerten doch von Krystall zu Krystall nicht unbedeutliche Schwankungen der Position dieser Fläche ergeben<sup>6</sup> und damit eine gewisse Unsicherheit des Achsenverhältnisses — eine Tatsache, welche bei isomorphen Mischungen sehr häufig zu beobachten ist und bei manchen theoretischen Erwägungen über den Zusammenhang

<sup>1</sup> G. Grattarola, Boll. d. R. Com. Geol., 1872, 290.

<sup>2</sup> E. Artini, Rend. d. R. Ac. d. Linc., Vol. IV., 2. Sem., Ser. 5., fasc. 10. 259.

<sup>3</sup> R. Panebianco, Stud. cryst., 1896, 55.

<sup>4</sup> G. d'Achiardi, Proc. Verb. Soc. Tosc. d. Sc. Nat., Pisa, 1914, 14. Bd., 89. Ref.: Zeitsch. f. Kryst., 42. Bd., 75.

<sup>5</sup> Bezeichnungen nach V. Goldschmidt, Krystallographische Winkeltabellen, Berlin, 1897.

<sup>6</sup> Durchschnittswert  $c : x = 40^\circ 18'$ , maximale Schwankungen  $39^\circ 50'$  und  $40^\circ 34'$ .

zwischen Mischungsverhältnis und Krystallform mehr Beachtung verdiente. Paragenetisch bemerkenswert ist das Zusammenvorkommen des Mineralen mit einigen Zeolithen (Foesit, Heulandit).

Von demselben Fundort erhielt R. Görgy im Jahre 1903 mehrere ungewöhnlich ausgebildete, schön violett gefärbte Krystalle; einige andere Stücke kamen noch in den Handel.<sup>1</sup> Görgy veröffentlichte im Zentralblatt für Mineralogie, 1909, Nr. 11, eine kurze Mitteilung, daß hier Zwillinge, beziehungsweise Drillinge von Apatit »scheinbar nach einer Pyramidenfläche« vorlägen. Eine nähere Untersuchung ist nicht vorhanden. Görgy fiel im Jahre 1915, das Material kam durch einen Zufall erst längere Zeit nach Beendigung des Krieges wieder zum Vorschein. In Anbetracht der Seltenheit von Zwillingbildungen beim Apatit — zwei nicht ganz sichere Angaben von Zwillingbildung nach  $s$  (11 $\bar{2}$ 1) bei W. E. Hidden und H. S. Washington<sup>2</sup> und bei A. Lacroix<sup>3</sup> — habe ich eine genauere Untersuchung der Krystalle durchgeführt.

Unter den vorhandenen Krystallen zeigen vier das Zwillingsgesetz: Achse der Hemitropie die Normale zur Fläche (10 $\bar{1}$ 3). Es sind jeweils drei Krystalle im Wirtel angeordnet, in einer sehr bezeichnenden Art und mit so starker Verzerrung der Einzelindividuen, daß man ursprünglich an ein neues Mineral dachte und sogar kurze Zeit ein neuer Name dafür auftauchte.

Der einzelne Krystall zeigt starke Streckung nach der  $c$ -Achse, sehr stark geriefte Prismenflächen, so daß es zu gar keiner Ausbildung deutlich gesonderter Flächen in dieser Zone kommt. Von Pyramidenflächen ist  $x$  größer ausgebildet,  $v$  (11 $\bar{2}$ 2),  $y$ ,  $s$  und  $m$  ganz untergeordnet als kleine Facetten, auch die Endfläche ist ganz zurücktretend. [Gute Spaltflächen nach (0001) liefern gelegentlich recht brauchbare Signale für die Messung.] Die Krystalle sind nun annähernd nach einer Prismenfläche  $a$  oder  $b$  stark gestreckt, so daß sich scheinbar monokline Formen wie Fig. 1 und 2 ergeben. Im ersten Falle, Abflachung nach einer Fläche (10 $\bar{1}$ 0), sind von den herrschenden Pyramidenflächen (10 $\bar{1}$ 1) zwei groß ausgebildet, im zweiten Falle, Verbreiterung nach (11 $\bar{2}$ 0), ist eine Fläche (10 $\bar{1}$ 1) sehr groß, die beiden anliegenden sind schmaler und die übrigen klein. Manche Krystalle zeigen noch Knickungen und ein stufenweises Absetzen der Pyramidenflächen, so daß sägeartige Gebilde parallelverwachsener tafeliger Krystalle vorzuliegen scheinen (Photographie eines Teilkristalles, Tafel I, Fig. 3).

Die goniometrische Messung (zweikreisiges Goniometer nach V. Goldschmidt) ergab zunächst bezüglich der einzelnen Krystalle,

<sup>1</sup> Eine Stufe aus der Sammlung Dr. J. Bakeš, Brünn, welche mir von ihrem Besitzer in zuvorkommender Weise zur Besichtigung übersandt wurde, zeigt einen kleinen Apatitzwilling zwischen trübweißen Quarz- und weißen Kalifeldspatkrystallen sitzend; weiters sind noch Turmalin und ein Zeolith (Desmin?) vorhanden.

<sup>2</sup> W. E. Hidden und H. S. Washington, Am. Journ. of Sc., III. Ser., Vol. 33, 1887, 501.

<sup>3</sup> A. Lacroix, Miner. de France, IV., 387, 1910.

daß in der Prismenzone an Stelle der Hauptflächen  $a$  und  $b$  Komplexe von Vizinalflächen auftreten, die über mehrere Grade reichende, fast kontinuierliche Reflexzüge liefern. Dann zeigen aber die Reflexe tiefer und höher liegender Teile der Prismenflächen Verschiebungen sowohl der  $\rho$ -Werte als auch der  $\varphi$ -Werte bis zu mehreren Graden und dem entspricht eine wiederholte leichte Knickung der vertikalen Streifung in der Prismenzone.

Auch die Pyramidenflächen, namentlich die durch die Verzerrung der Krystalle vergrößerten, lassen Knickungen erkennen und liefern im Reflexbilde mehrfache Reflexe, die bei größeren Krystallen um mehrere Grade voneinander abweichen.

Trägt man die Messungen an den zwillingsartigen Gebilden in eine stereographische Projektion ein, so fallen die Prismenzonen und Endflächen im allgemeinen noch gut in die Positionen, wie sie durch das Zwillingsgesetz: Zwillingsachse die Normale der

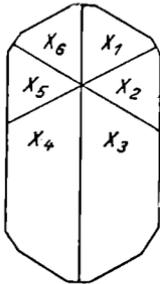


Fig. 1.

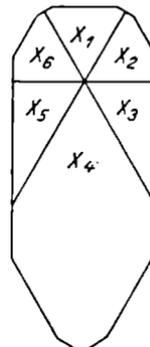


Fig. 2.

Fläche  $\sigma$  ( $10\bar{1}3$ ) vorgeschrieben sind. Der Winkel der beiden Endflächen, beziehungsweise der Prismenzonen würde nach diesem Zwillingsgesetz  $31^\circ 36'$  betragen. [Berechnet aus  $\rho(10\bar{1}3) = 15^\circ 46'$  der Fläche  $\sigma \frac{1}{3}\theta$  für das bei Goldschmidt angegebene Achsenverhältnis.] Dabei kämen theoretisch zur Deckung eine Prismenfläche  $b$  und die Zonen  $a_1 x_1 c x_4 a_4$  (stereographische Projektion Fig. 4). Es wäre noch die Deutung einer Zwillingsbildung: Zwillings Ebene ( $40\bar{4}1$ ) möglich (mit einem Werte  $\rho = 73^\circ 33'$ ), wobei die beiden Endflächen einen Winkel von  $32^\circ 54'$  einschließen sollten. Doch erscheint dieses Zwillingsgesetz weniger wahrscheinlich als das oben angegebene.

Während Rechnung und Beobachtung bezüglich der Positionen der Endfläche und der Prismenzone leidlich gute Übereinstimmung ergeben, zeigen die Pyramidenflächen  $x$  bedeutend stärkere Abweichungen. Und zwar weichen alle  $x$ -Flächen in demselben Sinne derart von den vorausberechneten Stellungen ab, daß sich für den Kopfteil jedes Einzelkrystals eine bestimmte Drehung ergibt, wenn man die Prismenzonen beider Zwillingskrystalle in die richtige Stellung bringt. Der Betrag der Drehung ist von Krystall zu Krystall verschieden.

Die Verhältnisse werden nun weiters dadurch kompliziert, daß in drei von den beobachteten Fällen Drillingskrystalle vorliegen, und zwar anscheinend so, daß zwei benachbarte Flächen  $\sigma$  gleichzeitig als Zwillingsebenen auftreten. Die Rechnung hierfür ergibt, daß die Endflächen der beiden in Zwillingsstellung befindlichen Individuen gegen den Ausgangskrystall je einen Winkel von  $31^{\circ} 36'$ , der beiden Zwillingkrystalle untereinander  $30^{\circ} 19'$  einschließen, so daß eine fast symmetrische Anordnung aller drei Krystalle in einem dreizähligen Wirtel um eine Achse vorliegt, welche die Stellung  $\varphi = 30^{\circ}$ ,  $\rho \sim 19^{\circ}$  gegenüber dem Ausgangskrystalle hat. Die dreizählige Achse stünde ungefähr senkrecht auf einer Fläche ( $11\bar{2}4$ ), deren  $\rho$ -Wert  $20^{\circ} 09'$  beträgt.

Alle drei Individuen zeigen nun wieder, wenn man ihre Prismenzonen, beziehungsweise die darauf senkrecht stehenden Endflächen richtig aufstellt, die kennzeichnende Verdrehung der Pyramidenflächen, und zwar bei allen Teilkristallen eines Zwillinggebildes in demselben Sinne; dabei sind allerdings in einzelnen Fällen die Stellungen je eines Krystalles doppeldeutig, die Projektionspunkte der gemessenen Krystallflächen sind von je zwei  $\alpha$ -Flächen in der theoretisch richtigen Stellung annähernd gleich weit entfernt.

Die Aufstellung des Zwillings wurde auch durch Ätzversuche mit  $10\%_0$   $\text{HNO}_3$  ( $35^{\circ}$  C.) geprüft. Die erste Erscheinung, die bei vorsichtigem Ätzen beobachtet wird, ist eine zarte Streifung senkrecht zur Riefung.<sup>1</sup> Bei sehr starker Vergrößerung, am besten an Kollodiumabdrücken, erkennt man, daß kleine reihenweise angeordnete Ätzgrübchen die Streifung hervorrufen. Dazwischen liegen einzelne Ätzgrübchen von deutlich monosymmetrischem Charakter (horizontale Symmetrieebene), kleine Dreiecke, die alle ihre Spitzen gegen eine Prismenkante zuweisen. Die Form ist ähnlich der Fig. 12a bei J. Lorenz.<sup>2</sup> Die Ätzerscheinungen treten übrigens viel rascher und energischer ein, als es nach den Mitteilungen von Lorenz zu erwarten wäre; bei  $10\%_0$   $\text{HNO}_3$  sind bereits nach  $30''$  deutliche, allerdings sehr kleine Ätzgrübchen zu beobachten, welche sich dann so rasch vermehren, daß ihre Einzelgestalt nicht mehr erkennbar ist. Auch die  $(10\bar{1}1)$ -Flächen bedecken sich sehr rasch mit winzigen, spitzdreieckigen Ätzfiguren, die sich in ihrer Entwicklung gegenseitig stören.

Bei zwei Apatitdrillingen, deren unterster Teil mit  $\text{HNO}_3$  geätzt wurde,<sup>3</sup> zeigten die Ätzfiguren an den Zwillingsgrenzen sich berührender Prismenflächen eine gleichsinnige Lage, die Spitzen der Dreiecke nach derselben Seite gewendet. Die Oberseiten der

<sup>1</sup> An einfachen Krystallen von Elba auch bei längerer Einwirkung des Ätzmittels nicht beobachtet.

<sup>2</sup> Joh. Lorenz. Ber. über d. Verh. d. sächs. Akad. d. Wiss., Leipzig, math.-phys. Kl., Bd. 73, 1921, 249.

<sup>3</sup> Kopf des Krystalles durch eine Wachskappe von der Säureeinwirkung geschützt.

Teilkristalle, Prismen und Pyramiden dritter Art sind demnach gleich orientiert.

An dem größten der Zwillingskristalle (Nr. I) ist Oberseite und Unterseite entwickelt. Bezeichnenderweise ist hier der Sinn der Verdrehung für die Teilkristalle auf der Unterseite der entgegengesetzte wie auf der Oberseite.

Auch die Orientierung der Verzerrung läßt sich genauer angeben. Jeder Einzelkristall erfährt eine Streckung und Verbreiterung in einer Ebene, welche durch die gemeinsame Drehachse des Drillings und die Endflächennormale des Einzelkristalls hindurchgelegt wird; je nachdem, ob mit dieser Ebene die Flächennormale einer  $\alpha$ -Fläche annähernd zusammenfällt, oder ob zwei  $\alpha$ -Flächen zu dieser Ebene mehrminder symmetrisch liegen, erscheinen dann eine oder zwei Pyramidenflächen (und zwar die der gemeinsamen Drehachse des Drillings abgewendeten!) stark vergrößert.

### Einzelbeschreibung.

#### Zwillinge nach (10 $\bar{1}$ 3).

Zwillingskristall I. 21 *mm* hoch, doppelendig ausgebildet. Drei flachtafelige, zirka 1 *mm* dicke Kristalle durchdringen einander; sie sind auf dem einen Ende sehr regelmäßig angeordnet, so daß die kleinen Endflächen sich fast berühren, das andere Ende (»Unterseite«) zeigt infolge Durchdringung in ungleicher Höhe scheinbar unregelmäßige Verteilung (Tafel I, Fig. 1, dreifach vergrößerte Photographie). Bei der zweikreisigen Messung wurde das größte Individuum (6) mit seiner Endfläche polar gestellt (Oberseite, stereographische Projektion Fig. 5).

Zwillingskristall II. 8 *mm* hoch, auf der Unterseite abgebrochen. Ausbildung wie bei Apatit I. Hier wurde versucht, den mittleren Teil der Prismenzone mit seiner Achse polar zu stellen; die Endfläche erweist sich dabei etwas aus der Polarstellung herausgerückt.

Zwillingskristall III. 10 *mm* hoch, unterseitig abgebrochen, auf der Oberseite die Spitze des einen Individuums abgebrochen, durch eine Spaltfläche (0001) ersetzt. Ausbildung wie bei I, die Endfläche des Individuums *A* polar gestellt.

Zwillingskristall IV. Abweichende Ausbildung, ein wenig verzerrter Kristall *A* sitzt auf einem in Zwillingsstellung befindlichen *B* auf. Kristall *A* mit Endfläche polar gestellt (Gesamtkristall  $4\frac{1}{2}$  *mm* hoch).

In der folgenden Zusammenstellung der Messungen sind aus der Prismenzone nur die Hauptreflexe, welche meist innerhalb eines Reflexbandes hervortreten, besonders angeführt; sie entsprechen fast durchwegs Vizinalen zu (10 $\bar{1}$ 0) und (11 $\bar{2}$ 0). Wenn in der zweiten Rubrik Werte  $\varphi$  und  $\rho$  angeführt sind, rühren sie von Reflexen aus tiefer liegenden Teilen der Prismenfläche her. Die Pyramidenflächen sind in einer bestimmten Reihenfolge  $x_1 x_2 x_3 \dots$  bezeichnet, die aus dem Idealkopfbilde des Drillingskristalles zu ershen ist (Fig. 3).

Soweit die Pyramidenflächen (namentlich die größeren) einen Aufbau aus mehreren Teilflächen erkennen lassen, sind die Reflexe dieser Teilflächen mit  $\alpha, \beta, \gamma$  bezeichnet in der Anordnung, daß mit  $\alpha$  der höchstgelegene, der Endfläche benachbarte Teil berechnet ist.

Die Aufstellung ist analog der von V. Goldschmidt gewählten ( $G_1$  Winkeltabellen): für  $x_1$  (10 $\bar{1}$ 1) ist  $\varphi = 0^\circ 00'$ .

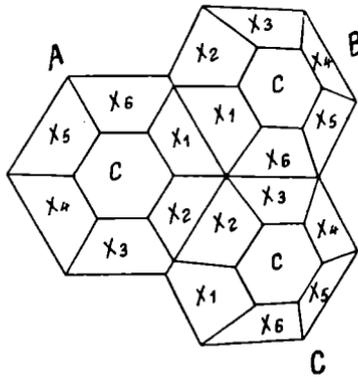


Fig. 3.

Apatit I, Oberseite.

(0001) von Individuum C polar gestellt. Verkl. Signal.

Individuum C.

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$	
Prismenzone	gut	0° 00'	—				
	mäßig	110 48	90° 09'	gut	102° 53'	89° 47'	breite Prismenfläche
		»	112 50	90 09	»	109 47	
	gut	117 51	90 09	»	112 54	89 45	
		»	122 01	89 37	mäßig	114 13	
	»	144 13	89 21	sehr gut	117 28	89 38	
		»	147 13	89 21			
	mäßig	233 57	89 37				
		gut	290 33	90 17			
	»	291 52	90 17				
		»	300 32	90 21	gut	301 40	
	sehr gut	301 31	90 21		»	318 52	91 45
		302 43	90 21				
	gut	325 48	90 11				breite Prismenfläche
		»	326 51	90 11	sehr gut	327 16	

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$	
$x_3$	$\alpha$ gut	120° 13'	40° 20'				
$x_1$	$\beta$ sehr gut	179 29	39 51	ε s. gut	181° 38'	38° 36'	große Pyramidenfläche
	$\gamma$ »	179 43	39 55				
	$\delta$ »	179 57	39 48				
	$\epsilon$ »	180 13	40 20				
$x_5$	$\alpha$ »	240 04	39 32				große Pyramidenfläche
	$\beta$ »	240 04	39 00				
	$\gamma$ »	239 51	39 54				
	$\delta$ »	240 53	40 01				
	$\epsilon$ »	240 00	39 57				
	$\theta$ »	241 02	39 57				
$x_6$	$\alpha$ »	242 43	40 29				
	$\beta$ »	300 10	39 55				
$s$	»	300 10	40 13				
$s$	»	150 40	53 42				
$s$	»	211 23	54 35				
$s$	mäßig	272 13	56 22				
$y$	»	180 56	57 52				
$y$	sehr gut	241 23	59 53				
Individuum B.							
$c$	sehr gut	358 28	29 51				
Prismen- zone	gut	62 18	104 16	sehr gut	227 18	70 18	breite Prismen- fläche
	sehr gut	223 19	68 02				
	»	230 39	70 47				
	gut	264 23	87 22				
$x_4$	sehr gut	14 05	68 18				
$x_2$	»	294 13	45 11				
$x_3$	$\alpha$ »	333 48	64 10	sehr gut	331 45	65 12	große Pyramidenfläche
	$\beta$ »	333 07	65 27				
	$\gamma$ »	333 04	65 17				
$s$	»	304 34	70 14				
Individuum C.							
$c$		—	--				
Prismen- zone	gut	139 26	90 04	sehr gut	326 25	94 50	breite Prismen- fläche
	s. gut	147 26	84 51				
	»	150 27	82 59				
	»	153 42	81 02				
	gut	156 29	79 16				
	»	159 39	77 27				
	»	161 50	76 11				
	»	173 11	70 17				
	s. gut	174 45	69 33				
	gut	176 58	68 33				
	»	325 11	93 29				
»	326 29	94 22					
»	329 52	96 24					
$x_1$	sehr gut	17 09	65 31				

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$	
$x_3$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	sehr gut	56° 52'	72° 40'			große Pyramidenfläche
		»	56 32	72 27			
$x_6$	»	95 19	58 20				
$s$	»	33 44	86 56				

Apatit I, Unterseite.

Individuum C.

Prismen- zone	$c$	mäßig	0 00	—			
		sehr gut	176 44	90 12			
		gut	182 40	90 07			
		sehr gut	205 25	90 00	sehr gut	205° 33'	90° 00
		»	211 08	89 58			
		gut	233 40	89 48			
		s. gut	236 18	89 48			
		»	239 07	89 51			
		gut	246 01	52			
		»	260 47	52			
		»	271 10	49			
		»	272 59	49			
		s. gut	298 14	44	sehr gut	298 24	89 44
		»	300 13	44			
		gut	325 34	43			
	s. gut	357 08	47	sehr gut	356 58	89 45	
	gut	2 58	46				
	»	19 08	49	gut	21 04	90 02	
				»	35 18	90 10	
$x_5$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	gut	118 30	40 02			große Fläche
		sehr gut	119 34	40 40			
$x_4$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	gut	179 08	39 37			
		sehr gut	178 00	40 27			
$x_3$	»	240 27	39 54	gut	237 13	39 25	
$x_2$	mäßig	299 58	40 14				
$v$	»	148 03	36 29				

Individuum B.

Prismen- zone	$c$	sehr gut	3 15	28 57		
		gut	154 31	63 38		
		s. gut	168 34	61 52		
		gut	182 02	61 09		
		»	222 00	66 48		
		s. gut	224 46	67 38		
		gut	225 29	67 51		
		mäßig	247 07	76 25		
		»	249 24	77 33		
		gut	254 34	80 06		
		»	277 15	92 22		
	»	279 44	93 40			

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$			
$x_3$	{ $\alpha$	gut	27° 38'	65° 15'			breite Fläche		
		{ $\beta$	sehr gut	27 38	65 49				
	$x_2$	{ $\alpha$	»	67 29	44 53				
			{ $\beta$	»	66 54	44 47			
			{ $\gamma$	»	66 24	44 39			
	$x_1$		»	123 38	17 12				
	$x_0$		mäßig	259 55	23 30				
	$x_5$	{ $\alpha$	sehr gut	307 02	50 48				
			{ $\beta$	»	307 02	50 26			
	$x_4$	{ $\alpha$	»	347 03	67 32				
{ $\beta$			»	347 09	67 20				
$y$		mäßig	105 45	42 45					
Individuum A.									
Prismenzone	$c$		sehr gut	310 40	31 27				
			gut	31 02	95 51				
			s. gut	53 17	82 13				
			»	57 35	79 41				
			»	83 36	67 24				
			gut	113 55	59 43				
			s. gut	147 53	59 41				
			»	152 44	60 20				
			mäßig	161 42	62 10				
			s. gut	179 48	68 07				
			»	183 49	69 47				
			mäßig	192 38	74 01				
			»	198 24	77 00				
	$x_4$	{ $\alpha$	sehr gut	18 57	41 57				
			{ $\beta$	gut	18 17	42 05			
$x_1$		sehr gut	222 11	27 31					
$x_0$	{ $\alpha$	»	262 13	55 39					
		{ $\beta$	gut	261 56	56 00		breite Fläche		
$x_3$		mäßig	340 33	64 44					
Apatit II.									
Individuum A polar gestellt (Prismenzone).									
Prismenzone	$c$		sehr gut	180 37	2 24				
			»	1 59	87 46				
			mäßig	28 20	88 07				
			»	60 55	89 18				
			gut	92 58	89 52				
			»	96 19	89 39				
			mäßig	112 51	89 52				
			»	121 18	89 52				
			gut	147 53	89 58				
			sehr gut	174 26	90 00				
			gut	178 28	90 00				
			»	203 42	90 00				

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$	
	gut	218° 49'	90° 00'				
	sehr gut	236 50	89 58				
	gut	273 16	89 43				
	»	292 29	89 12				
	sehr gut	296 31	89 48				
	»	302 51	88 12				
	gut	321 45	88 12				
	s. gut	328 19	88 05				
$x_1$	$\alpha$ »	0 56	32 19				geknickte Flächen
	$\beta$ »	2 15	37 41				
$x_2$	$\alpha$ »	64 49	39 09				
	$\beta$ mäßig	71 56	38 47				
$x_3$	sehr gut	122 38	41 06				
	»	173 42	41 12				
	$\alpha$ gut	178 49	40 48				
$x_4$	$\beta$ »	178 55	40 02				große Fläche
	$\gamma$ »	178 55	40 02				
	$\delta$ sehr gut	179 23	40 02				
	$\epsilon$ »	180 07	42 07				
	»	180 07	42 07				
	$\alpha$ »	237 47	41 28				
$x_5$	$\beta$ »	234 47	41 05				
	$\gamma$ »	238 32	40 57				
	$\alpha^i$ gut	297 48	40 23				
$x_6$	$\beta$ sehr gut	297 59	39 05				
	$\gamma$ »	298 14	38 32				
Individuum B.							
$c$	sehr gut	1 02	32 23				
	mäßig	80 03	89 42				
	»	90 59	96 25				
Prismen- zone	gut	228 04	67 39				
	»	239 37	72 32				
	s. gut	260 36	84 02				
	gut	270 25	89 53				
$x_3$	$\alpha$ sehr gut	32 54	64 33				
	$\beta$ »	34 40	64 01				
	$\gamma$ »	35 30	64 01				
$x_2$	»	278 20	31 24				
	$\alpha$ »	314 27	58 53				große Fläche
$x_3$	$\beta$ »	316 13	58 41				
	$\gamma$ gut	318 17	52 15				
	»	353 18	72 22				
	$\alpha$ »	353 18	72 22				
$x_1$	$\beta$ sehr gut	355 18	71 28				große Fläche
	$\gamma$ gut	355 18	70 32				
	$\delta$ »	359 16	66 06				
	mäßig	284 25	57 21				
Individuum C.							
$c$		--	--				

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$
Prismenzone	gut	163° 47'	76° 53'			
	»	168 16	74 10			
	sehr gut	192 51	62 50			
	gut	315 32	83 16			
	s. gut	322 10	88 14			
	»	342 41	102 21			
	»	343 37	102 51			
$x_1$	$\alpha$	31 43	70 29			große Fläche
	$\beta$	31 21	70 49			
	$\gamma$	29 29	70 59			
$x_5$	$\alpha$	70 43	72 50			
	$\beta$	69 40	74 32			
$x_6$	»	107 28	53 56			

Apatit III.

Individuum A polar gestellt (0001).

$c$	gut	0 00	—			
Prismenzone	mäßig	30 59	89 51			
	gut	123 58	90 56			
	mäßig	153 27	91 09			
	gut	170 23	90 05			
	»	172 23	90 03			
	»	181 54	89 49			
	»	183 58	89 56			
	sehr gut	216 58	88 57			
	»	244 53	87 58			
	gut	268 25	88 35			
s. gut	276 01	88 38				
gut	303 31	88 54				
$x_3$	$\alpha$	120 02	40 54			große Fläche
	$\beta$	120 07	41 04			
	$\gamma$	122 51	42 08			
$x_4$	$\alpha$	179 47	40 06			
	$\beta$	179 36	39 41			
$x_5$	$\alpha$	240 18	38 54			
	$\beta$	241 27	38 16			
$x_6$	sehr gut	299 06	37 46			

Individuum C.

$c$		—	—			
Prismenzone		174 22	76 05			
		176 29	74 52			
		181 36	72 44			
		202 25	64 02			
		351 16	92 01		349° 03'	91° 41'
		354 11	91 29			
$x_4$	sehr gut	38 09	68 34			

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$		
$x_5$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	sehr gut	78° 42'	69° 09'				
		»	77 59	69 07				
	$\left\{ \begin{array}{l} \gamma \\ \delta \end{array} \right.$	»	78 11	69 31				
		mäßig	116 26	50 42				
$x_6$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	»	116 13	50 26				
Individuum B.								
Prismen- zone	$c$		—	—				
		gut	98 56	90 31				
		»	104 51	85 28				
		mäßig	228 56	61 06				
		gut	250 07	69 20				
		mäßig	260 38	75 45				
		»	279 40	88 00				
		gut	287 11	95 23				
		$x_1$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \delta \end{array} \right.$	»	11 06	75 20		große Fläche
				»	11 48	75 59		
sehr gut	12 32			75 36				
mäßig	13 15			75 42				
$x_5$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	sehr gut	49 04	62 49				
		gut	49 01	62 33				
$x_2$		sehr gut	300 16	37 48				
$x_3$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{array} \right.$	gut	332 45	65 16		große Fläche		
		sehr gut	333 46	65 35				
		gut	333 46	65 35				
		»	304 13	64 28				
Apatit IV.								
Individuum A.								
Prismen- zone	$c$	sehr gut	0 00					
		mäßig	28 32	89 51				
		gut	34 10	89 51				
		mäßig	60 46	89 47				
		»	209 16	89 51				
		sehr gut	240 20	90 15				
		mäßig	270 00	90 16				
		»	274 25	90 21				
		»	302 25	90 23				
		»	328 14	90 14				
		sehr gut	332 48	90 14				
		»	359 09	90 02				
»	2 58	90 02						
Subparalleles Individuum A'.								
$x_5$	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	sehr gut	239 25	40 16	241° 00'	40° 09'		
		»	239 22	39 48				
$x_6$		»	299 42	40 09				
$x_1$		»	359 46	39 54				

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$
$x_2$	sehr gut	60° 53'	40° 10'			
$x_3$				sehr gut	122° 08'	39° 54'
$x_1$				»	182 05	40 16
Individuum B.						
Prismenzone	gut	349 17	31 37			
	mäßig	74 18	93 45			
	»	98 42	78 20			
	»	130 40	64 12			
	»	159 32	58 45			
	»	168 12	58 22			
	• »	171 50	62 24			
	»	228 55	72 24			
	»	230 32	73 22			
	sehr gut	255 34	87 25			
gut	259 54	90 21				
$x_5$	sehr gut	24 41	63 05			
$x_6$	»	62 17	38 10			
$x_1$	•	142 56	9 13			
$x_2$	»	267 33	31 42			
$x_1$	gut	344 04	71 30			

Wie ersichtlich ergeben sich in den Positionen der Teilkristalle gegenüber den theoretischen Stellungen nicht ganz unbedeutende Abweichungen.<sup>1</sup> Es betragen die Winkel der Endflächen, beziehungsweise der Prismenzonen bei:

Apatit I:  $c_C:c_B = 29^\circ 51'$ ;

Oberseite  $c_C:c_A = ?$  Winkel der Prismenzone zirka  $32^\circ$ .

Unterseite  $c_C:c_B = 28^\circ 57'$ ,  $c_C:c_A = 31^\circ 27'$ .

Apatit II:  $c_A:c_B = 32^\circ 32' \pm 2^\circ 24'$ ;

$c_A:c_C = ?$  Winkel der Prismenzone  $34\frac{1}{2}^\circ$ .

Apatit III:  $c_A:c_B = ?$  Winkel der Prismenzone  $32^\circ$ ;

$c_A:c_C = ?$  » » »  $33^\circ$ .

Apatit IV:  $c_A:c_B = 31^\circ 37'$ .

Auch der Betrag der Drehung ist bei den einzelnen Teilkristallen nicht gleich groß. Wenn man versucht, die drei Krystalle des Drillings möglichst symmetrisch (um die pseudotrigonale Achse des Drillings) aufzustellen, erhält man z. B. bei Apatit I:

<sup>1</sup> Die auf ein kleines Schwanken der c-Achsen hinweisen.

Oberseite:	Ind. $C$	nach rechts	verdreht um	zirka	$15^\circ$ ,
	» $B$	»	»	»	$25^\circ$ ,
	» $A$	»	»	»	$10^\circ$ .
Unterseite:	» $C$	links	»	»	$10^\circ$ ,
	» $B$	»	»	»	$20^\circ$ ,
	» $A$	»	»	»	$10^\circ$ .

Ähnliches Verhalten zeigt Apatit II und III.

Abweichend ist bei Apatit IV, der übrigens auch nach dem äußeren Ansehen von den ersten drei Drillingen abweicht, der Be-

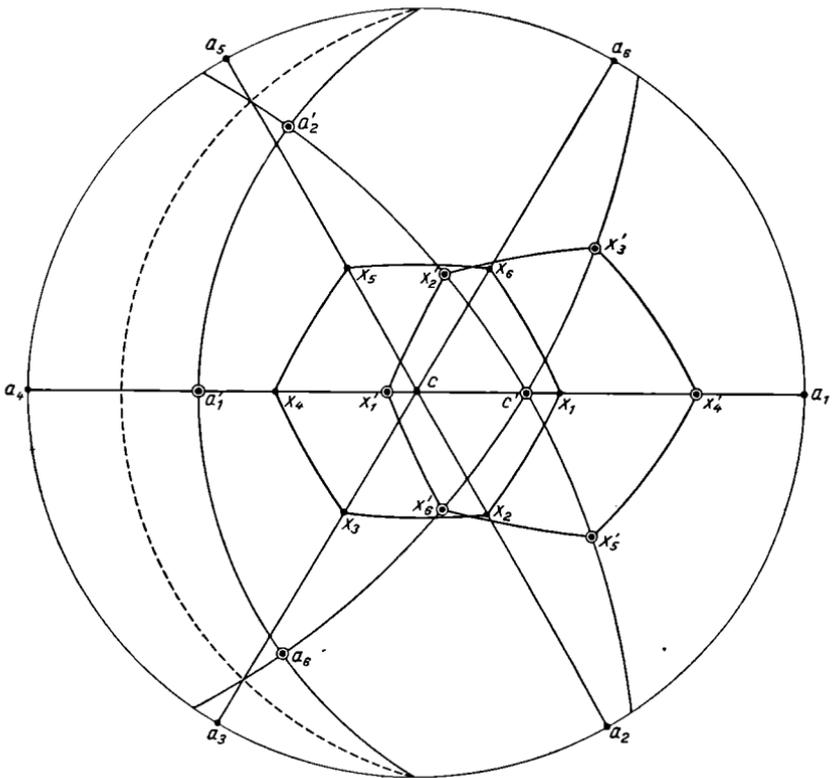


Fig. 4.

trag der Drehung bei dem einen Individuum  $A$  nach rechts  $11^\circ$ , beim anderen  $B$  nach links  $9^\circ$ . Hier ist die Unterseite des Krystalls  $A$  in Spiegelstellung zur Oberseite des Krystalls  $B$ , also die Fläche  $(10\bar{1}3)$  Zwillingsene.

Zwilling nach  $(11\bar{2}3)$  (?).

Apatit V entspricht nach dem Winkel, den die Endflächen der beiden Teilkristalle einschließen und nach entsprechendem Winkel der Prismenzonen am ehesten einem Zwillingsgesetz:

Zwillingsene die Fläche  $\frac{1}{3}$  (1123). Die Position der Fläche  $c$  des Zwillingsindividuums wäre  $\varphi = 30^\circ$ ,  $\rho = 52^\circ 08'$ , gemessen wurde  $c_A : c_B = 51^\circ 36'$ , bei sehr unregelmäßigem Bau des einen Individuums (A). Bei diesem Zwillingsgesetze wäre gemeinsam eine Prismenfläche erster Art und die Zone  $b_1 s_1 c s_4 b_4$ .

Bringt man Endflächen und Prismenzonen in die richtige Stellung, so ergibt sich wieder eine Drehung der Pyramidenflächen; und zwar lassen alle Flächennormalen der  $x$ -Flächen des polar gestellten Teilkristalls A eine Rechtsdrehung von zirka  $11^\circ$  gegen-

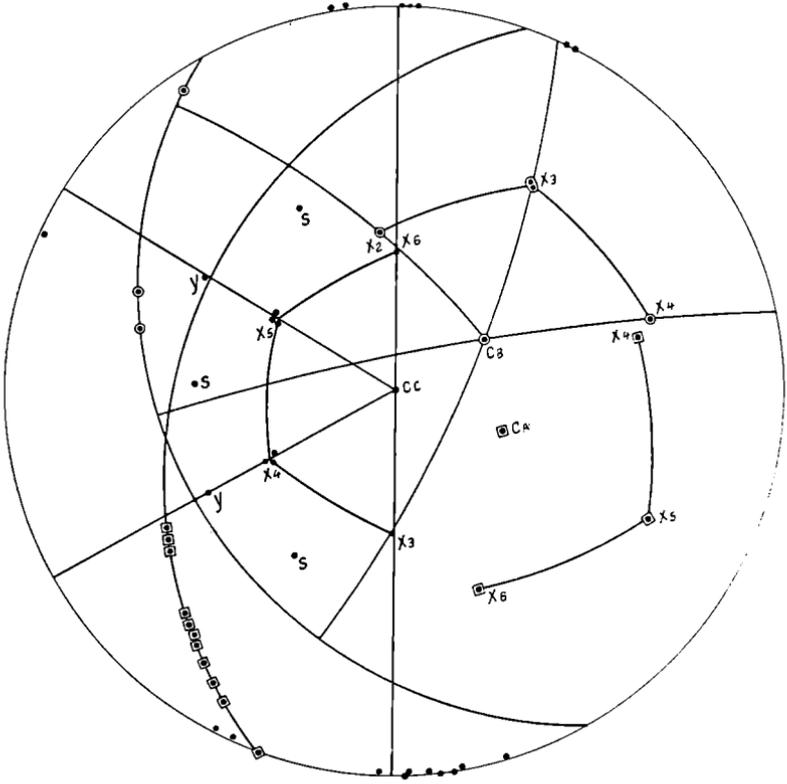


Fig. 5.

über der Ausgangsstellung, die  $x$ -Flächen des Individuums B eine Linksdrehung um zirka  $14^\circ$  erkennen.

Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung der goniometrischen Messungen, die Figuren 6 und 7 liefern die stereographische Projektion des berechneten und des beobachteten Zwillings, dessen Gestalt die Photographie Tafel I, Fig. 2, zeigt (Original  $\bar{5} \text{ mm}$  hoch).

Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß auch die Deutung als Zwillingsbildung nach 21 (2131) eventuell noch in Betracht käme. Aus den Koordinaten dieser Fläche  $\varphi = 19^\circ 06'$ ,

## Apatit V.

Individuum A.

Subparalleles Individuum A'.

Fläche	Reflex	$\varphi$	$\rho$	Reflex	$\varphi$	$\rho$	
<i>c</i>				gut $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	129° 00'	2° 02'	
				mäßig $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	158 43	-0 48	
Prismen- zone	s. gut	23° 33'	90° 26'				breite Fläche
	»	31 40	90 24				
	»	59 38	90 16				
	mäßig	121 18	89 52				
	»	151 07	89 58				
	»	152 52	89 58				breite Fläche
	»	179 15	89 58				
	»	238 28	89 56				
	sehr gut	271 27	90 00				
	gut	294 10	90 00				
»	mäßig	303 12	90 00				breite Fläche
»	s. gut	325 09	90 01				
»	gut	331 38	90 01				
<i>x</i>	s. gut $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	0 57	39 47				
	»	0 53	39 00	sehr gut	1 55	39 05	
<i>x</i>	»	61 23	40 10	»	59 38	40 24	
<i>x</i>	»	119 00	41 37	»	119 55	39 26	
<i>x</i>	gut	178 07	40 31	mäßig	179 28	40 07	
<i>x</i>	»	238 19	39 08	gut	239 17	40 16	große Fläche
<i>x</i>	» $\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	299 54	40 13				»
»	»	299 43	39 17	sehr gut	300 06	38 52	

Individuum B.							
<i>c</i>	sehr gut	19 18	51 36				
Prismen- zone	gut	97 31	103 07				breite Fläche
	mäßig	104 37	94 35				
	gut	139 35	56 23				
	»	253 06	53 57				
	mäßig	278 03	77 28				
»	s. gut	286 32	87 55				große Fläche
<i>x</i>	mäßig	27 34	90 35				
<i>x</i>	gut	59 47	69 49				
<i>x</i>	»	72 43	33 00				
<i>x</i>	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \beta \end{array} \right.$	73 29	33 28				
<i>x</i>	sehr gut	339 27	15 56				große Fläche
<i>x</i>	mäßig	350 47	83 22				

$\rho = 65^\circ 57'$  berechnet sich die Lage von *c* des Zwillingsindividuum  $\varphi = 199^\circ 06'$ ,  $\rho = 48^\circ 05'$ , also mit einer zirka  $3^\circ$  betragenden Abweichung gegenüber der Messung, dagegen wäre der Betrag der Verdrehung beider Teilkristalle ein viel geringerer.

Es soll daher das oben angeführte Zwillingsgesetz zunächst als nicht vollkommen sichergestellt betrachtet werden, bis weitere Beispiele hierfür bekannt werden.

Wie nun aus den Messungsdaten zu ersehen ist, kommt man bei den Apatitzwillingen von Elba zur Vorstellung einer gedrehten Lagerung der Einzelkrystalle. Bei diesem Minerale sind derlei Bildungen bisher nicht beobachtet worden. In der Apatitgruppe sollen gewisse hypoparallele Verwachsungen, wie sie beim Pyromorphit und Mimetesit vorkommen, und vor allem die faßförmigen Kampylite daraufhin näher geprüft werden.

Die Vermutung, daß der gedrehte Bau der Apatitzwillinge von Elba mit der Symmetrieverminderung bei diesem Minerale in Zu-

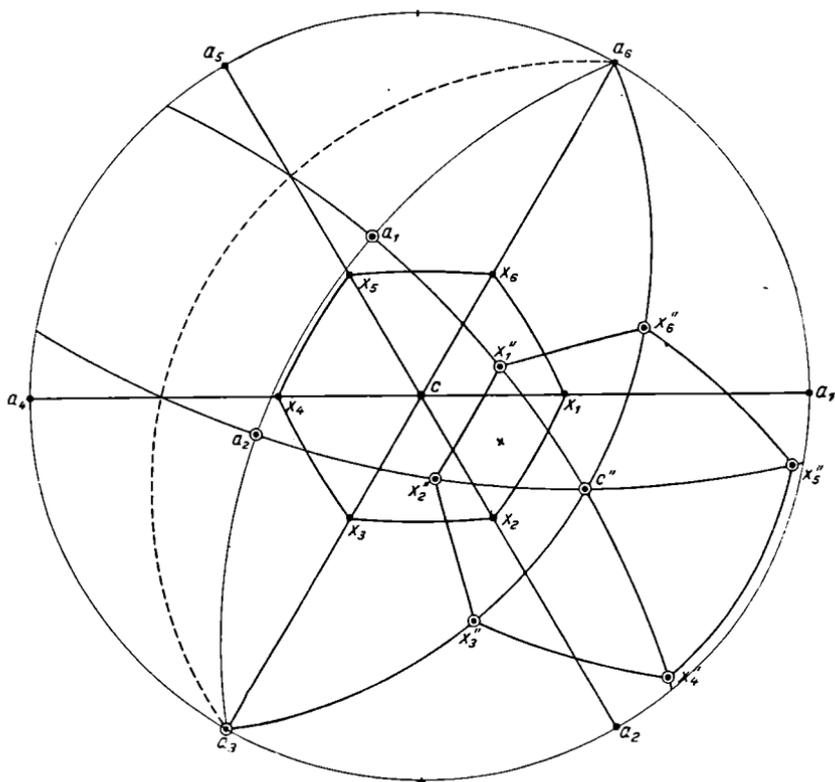


Fig. 6.

sammenhang stehe, wird bestärkt durch die Beobachtung, daß auch bei anderen Mineralien, die ebenso durch eine (gegenüber der holoedrischen Klasse) verminderte Symmetrie ausgezeichnet sind, krumme Krystalle oder eigentümlich verdrehte Krystallaggregate auftreten (Prehnit, Kieselzinkerz, Dolomit, Quarz).

Die kristallographischen Beobachtungen an gekrümmten Krystallen scheinen aber auch eine allgemeinere Wichtigkeit für die genetische Deutung der Krystalle, beziehungsweise Krystallzwillinge zu haben. Wenn sich an einem Kernkrystall aus der Lösung neue Substanz (Molekel, Molekelgruppen) ansetzt, kann diese entweder

in streng paralleler Stellung angelagert werden, oder es erfolgt eine nur teilweise Orientierung, indem bestimmte Hauptrichtungen (Hauptattraktionsrichtungen nach V. Goldschmidt) gleichgerichtet, andere symmetrisch gelagert oder vertauscht gleichgestellt (Zwillinge) oder drittens, nur bestimmte Hauptrichtungen (beziehungsweise Hauptebenen) gleichgerichtet, im übrigen aber die neue Substanz mehr minder willkürlich angelagert wird (halbregelmäßige Verwachsungen, einflächige, bezw. einzonige Verwachsung nach V. Goldschmidt<sup>1</sup>); die letzte Möglichkeit wäre schließlich vollkommen regellose An-

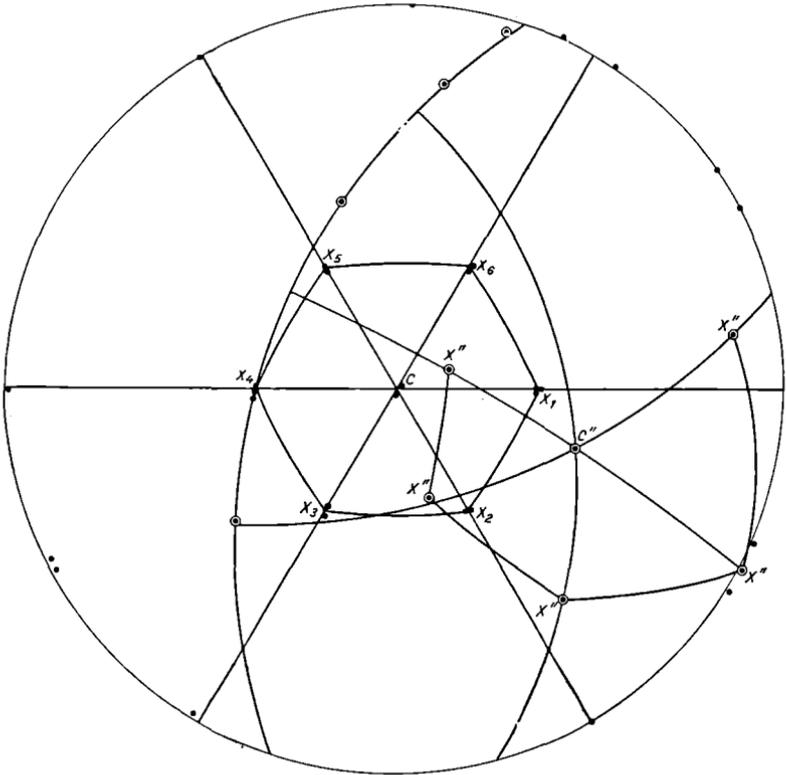


Fig. 7.

lagerung. Unter den halbregelmäßigen Verwachsungen zeigen nun die gedrehten Krystalle eine Beschränkung der Lagerungsmöglichkeiten derart, daß die Freiheit der Anlagerung nur in einer Richtung (einem Drehungssinne) sich betätigen kann, und zwar sichtlich in Abhängigkeit von der Substanz selbst. Das Gesamtaggregate, Keimkrystall plus angewachsene Krystalle, läßt ein weiteres Symmetrieelement, das dem Minerale eigen ist, wenigstens teilweise hervortreten (Drehachse, Symmetrieebene).

<sup>1</sup> V. Goldschmidt, Zeitschr. f. Kristallographie, Bd. XLIII, 1907, 582.

Durch eine Gegenüberstellung der zwei näher bekannten Fälle Quarz und Apatit soll dies noch etwas eingehender gezeigt werden.

Beim gedrehten Quarz (Schweizer Vorkommen) sind die einzelnen Krystalle, wie an den sogenannten offenen und halb-offenen Formen unmittelbar erkannt werden kann, in der Richtung einer zweizähligen (polaren) Nebenachse aneinandergereiht, gleichzeitig ist wenigstens in erster Annäherung diese Richtung auch

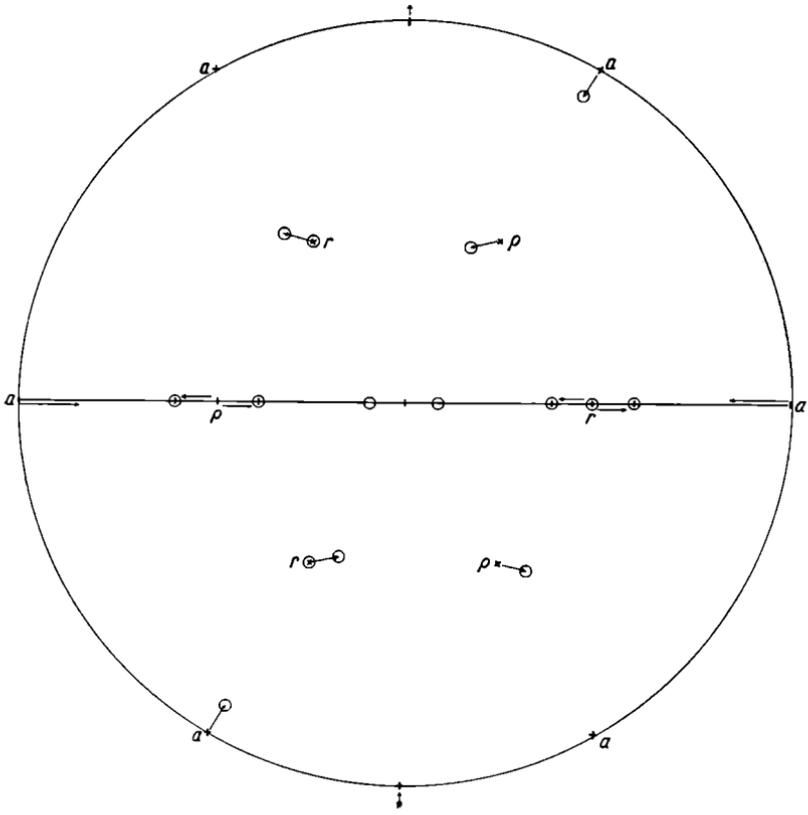


Fig. 8.

Verdrehungsachse. Der Sinn der Drehung ist von beiden Seiten der Drehachse aus betrachtet der gleiche, entweder im Uhrzeigersinn oder entgegengesetzt (abhängig von der Natur des Quarzes, Rechtsquarz oder Linksquarz). Theoretische Darstellung in der stereographischen Projektion Fig. 8, die Drehachse in die Grundebene N—S gelegt.

In dem ganzen Aggregate des gedrehten Quarzes würden die zur Drehachse parallelen Flächen (Prisma  $a$  und Rhomboeder  $\rho$ , beziehungsweise  $r$ ) mit ihren Normalen auf einem Kreiszyylinder eine einfache Schraubenlinie beschreiben. Nun kommt nach den

Angaben von G. Tschermak bei den halb und ganz geschlossenen Bildungen noch eine zweite Verdrehung hinzu, die am einfachsten als geringe Drehung um die dreizählige Hauptachse beschrieben werden kann (Schichten nach der Basis, jede gegen die vorige um einen kleinen Winkel gewendet).<sup>1</sup>

Beim Apatit ist der Bau des Krystallaggregates, das als Teilkristall der Elbaner Zwillinge fungiert, nicht unmittelbar zu erkennen, da hier einzelne Prismenflächen infolge der starken Vizinalen-

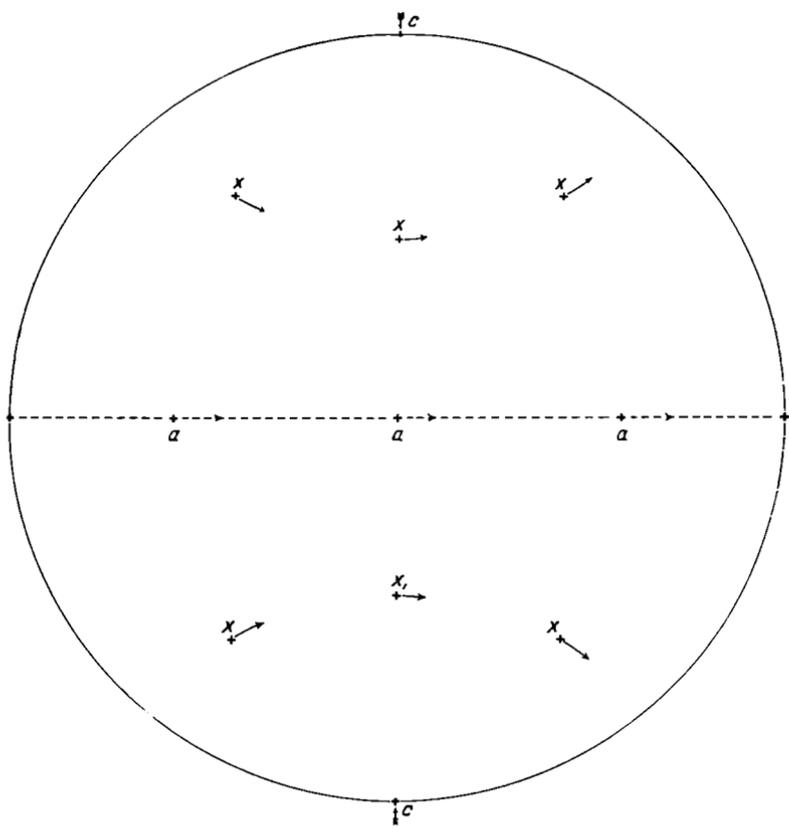


Fig. 9.

bildung und Riefung nicht sicher festgestellt werden können. Soweit die Messungen in verschiedener Höhe der Prismenflächen, unmittelbar an der Grenze gegen die oberen Pyramidenflächen und etwas tiefer, eine Angabe zulassen, dürfte sich wohl eine Verdrehung der ganzen Zone um die Hauptachse (und gleichzeitig ein kleines Schwanken der Hauptachse selbst) ergeben; dieselbe Drehung erscheint auch

<sup>1</sup> Ich sehe hier ab von der Deutung dieser Gebilde als »Vizinalzwillinge«. G. Tschermak, Denkschr. d. Akad. d. Wiss., Wien, math.-naturw. Kl., Bd. LXI, 1894. Siehe zu dieser Frage noch: E. Billows, Riv. di min. e crist. ital., Vol. XXXVII, 1909, 3.

bei den größeren Pyramidenflächen angedeutet. In größerem Ausmaße erscheint die Verdrehung aber durch die oben beschriebene Zwillingbildung sichergestellt; wenn man die naheliegende Annahme macht, daß der Keimzwilling kristallographisch streng orientiert war, lassen die Bildungen wohl nur die Deutung zu, daß die Teilkristalle des Zwillings jeder eine Drehung um die Hauptachse aufweisen. Für den Aufbau eines solchen Teilkristalls kann man entweder eine Anlagerung und geringe Wendung kurzprismatischer Apatitkriställchen in der Richtung der Hauptachse annehmen (der oberste, einseitig frei ausgebildete würde dann gegen den Keimkristall wieder am weitesten verdreht sein) oder aber Umhüllung eines Keimkristalls durch Schichten, die Schwerpunkt und Hauptachse gemeinsam hätten, im übrigen aber wieder die Wendung gegeneinander aufwiesen. Im letzteren Falle wäre der entgegengesetzte Sinn der Verdrehung bei Betrachtung von oben und unten unmittelbar verständlich, im ersteren Falle müßte, vom Keimkristall beginnend, bei einem schwebend gebildeten Kristalle die Verdrehung der Schichten oben und unten im entgegengesetzten Sinne erfolgen (stereographische Projektion Fig. 9, in welcher die Hauptachse in dem Grundkreise N—S gelegen ist). Die Projektionspunkte der Prismenflächen würden entweder in die Hauptsymmetrieebene selbst fallen oder auf einem Kreiszyliner, von der Mitte beginnend, in zwei Schraubenlinien mit entgegengesetztem Sinne angeordnet sein, so daß wieder für den ganzen scheinbar einfachen Kristall die (Haupt-)Symmetrieebene heraustritt.

---

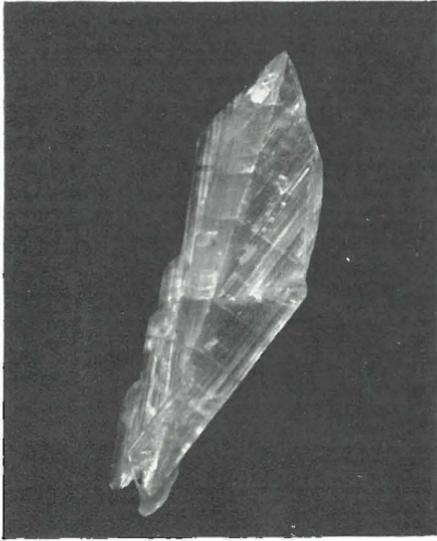


Fig. 1.

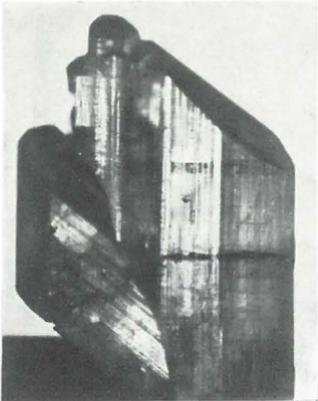


Fig. 2.

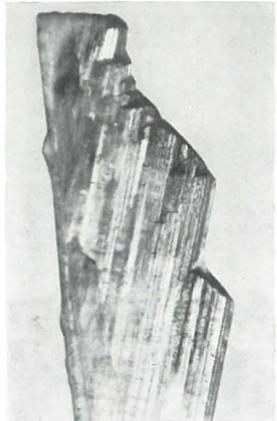


Fig. 3.