

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS

TSCHERMAKS

MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN

# MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

F. BECKE.

FRANZ NEUGEBAUER, DIE KRYSTALLTRACHT VON  
EINFACHEN KRYSTALLEN UND KARLSBADER ZWILLINGEN  
DES ORTHOKLASES.

Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen,  
XXV. Band, 5. Heft, 1906.

---

WIEN

ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,

I., ROTENTURMSTRASSE 13.

# XXI. Die Krystalltracht von einfachen Krystallen und Karlsbader Zwillingen des Orthoklases.

Von Franz Neugebauer.

Mit 18 Abbildungen.

Becke hat in den „Mitteilungen der Wiener Mineralogischen Gesellschaft“, 1903, Nr. 11 (Tschemaks „Mineral. und petrogr. Mitt.“, Bd. 22, Heft 2) auf den auch schon von anderen Forschern bemerkten Unterschied in der Krystalltracht bei einfachen und Zwillingskrystallen des Orthoklases aufmerksam gemacht.

Ich habe es unternommen, die Krystalltracht des Feldspates daraufhin genau zu prüfen und gebe hier die Resultate einer Untersuchung von einfachen und Zwillingskrystallen des gemeinen Orthoklases aus Granit und Granitporphyr und des Sanidins aus einem trachytischen Gestein.

Auf die chemische Zusammensetzung des Magmas wurde vorläufig keine Rücksicht genommen.

Bei den Fortsetzungen, die diese Arbeit voraussichtlich haben wird, soll auch dieser Umstand gebührend in Rechnung gezogen werden.

Sämtliche Krystalle wurden nach der von Becke angegebenen Methode untersucht, welche zuerst von Frl. Dr. H. Gerhart in ihrer Arbeit „Über die Veränderungen der Krystalltracht von Doppelsulfaten durch den Einfluß von Lösungsgenossen“ (Tschemaks „Mineral. und petr. Mitt.“, Bd. 24, Heft 4) angewendet wurde.

Von zwei Feldspatkrystallen hätte der eine das Volumen  $V = 29.1 \text{ cm}^3$ , der andere das Volumen  $v = 4.17 \text{ cm}^3$ . Man mißt nun

mit der Schublehre die absoluten Normaldistanzen der Flächen der beiden Krystalle, die doppelten absoluten Zentraldistanzen (2 D)

Für den kleineren Krystall wurde gefunden:

Der Normalabstand der Fläche	$\left\{ \begin{array}{l} M \\ P \\ y \end{array} \right.$	$\left( \begin{array}{l} (010) \\ (001) \\ (\bar{2}01) \end{array} \right)$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{von ihrer} \\ \text{„ „ „} \\ \text{„ „ „} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Gegenfläche} \\ \text{„ „ „} \\ \text{„ „ „} \end{array} \right.$	... 1·32 cm
					... 1·23 cm
					... 2·57 cm

Für den größeren Krystall:

Der Normalabstand der Fläche:	$\left\{ \begin{array}{l} M \\ P \\ y \end{array} \right.$	$\left( \begin{array}{l} (010) \\ (001) \\ (\bar{2}01) \end{array} \right)$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{von ihrer} \\ \text{„ „ „} \\ \text{„ „ „} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Gegenfläche} \\ \text{„ „ „} \\ \text{„ „ „} \end{array} \right.$	... 2·55 cm
					... 2·34 cm
					... 5·12 cm

Becke hat nun vorgeschlagen, die gemessenen Größen durch den doppelten Radius einer inhaltsgleichen Kugel zu dividieren.

Setze ich also in unserem Beispiele das Volumen des großen Krystalls gleich dem Volumen einer großen Kugel, das Volumen des kleinen Krystalls gleich dem Volumen einer zweiten, kleineren Kugel, so betragen die entsprechenden Radien:

$$\begin{aligned} \frac{4}{3} R^3 \pi &= 29 \cdot 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{4}{3} r^3 \pi = 4 \cdot 17 \\ R &= 1 \cdot 9074 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad r = 0 \cdot 9987 \\ 2R &= 3 \cdot 815 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2r = 1 \cdot 997 \end{aligned}$$

Dividiert man nun die doppelten absoluten Zentraldistanzen der Flächen M, P und y des großen Krystalls durch 2R, des kleinen Krystalls durch 2r, so erhält man:

	M	P	y
Für den großen Krystall . . .	0·668	0·616	1·342
„ „ kleinen „ . . .	0·661	0·616	1·284

Wir bekommen recht ähnliche Werte.

Es erscheint jetzt gewissermaßen jeder Krystall durch seinen eigenen Maßstab gemessen.

Die so erhaltenen Werte nennen wir die relativen Zentraldistanzen. Sie sind die Wachstumskonstanten des Krystalls in der Richtung der Flächennormalen zu M, P und y und können für jede beliebige Fläche des Krystalls gefunden werden.

Diese Wachstumskonstanten sind für Krystalle auch desselben Fundortes meist nicht völlig gleich, weil ja fast jeder Krystall unter etwas abweichenden Bedingungen auskrystallisiert.

Das Volumen der Krystalle kann auf zweierlei Weisen bestimmt werden:

1. durch Berechnung aus den gemessenen Dimensionen des Krystalls;

2. durch Wägung des Krystalls und Division seines Gewichtes durch sein spezifisches Gewicht.

Letzterer Vorgang wird selbstverständlich bei schwebend gebildeten Krystallen angewendet.

In den zitierten „Mitteilungen der Wiener Mineralog. Gesellschaft“ hat Becke auf die Tatsache hingewiesen, daß die Zwillingbildung einen entscheidenden Einfluß auf die Wachstumskonstanten des Krystalls ausübt. (Vgl. die Untersuchung von St. Kreuz über die Ausbildung der Krystallform von Calcitzwillingen, welche eben in den „Denkschriften der Kais. Akad. der Wissensch.“ Wien, Bd. 75, math.-naturw. Klasse erscheint und welche ausführlich die Literatur dieser Frage behandelt.)

In der vorliegenden Untersuchung sollen nun folgende Fragen behandelt werden:

1. Es sind die Wachstumskonstanten der einfachen Krystalle und der Karlsbader Zwillinge nach der von Becke angegebenen Methode zu bestimmen.

2. Es ist mit Hilfe der Wachstumskonstanten zu untersuchen, in welcher Weise sich der Einfluß der Zwillingbildung äußert.

Zu diesem Behufe wurden 45 einfache Orthoklaskrystalle und 161 Zwillinge von verschiedenen Fundorten, endlich 29 Zwillinge des Sanidins von Viterbo in Italien auf die angegebene Weise untersucht.

Bei einer Anzahl von Flächen konnte die absolute Zentraldistanz nicht durch direkte Messung gefunden werden oder es erschienen die Messungen zu ungenau. In diesen Fällen wurde die absolute Zentraldistanz solcher Flächen aus der Breite der Flächen und aus den meßbaren absoluten Zentraldistanzen von Flächen derselben Zone durch Konstruktion gefunden.

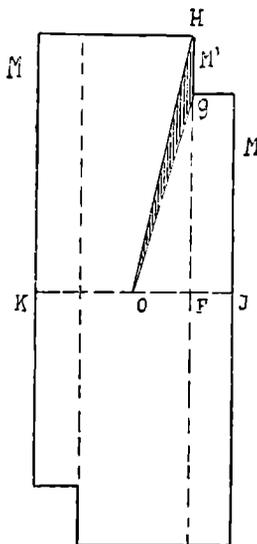
Für Flächen, welche an einem Krystalle nicht auftreten, kann man durch Konstruktion die sogenannte virtuelle Zentraldistanz (vgl. die oben zitierte Abhandlung von Frl. Dr. H. Gerhart) finden, wenn man nur jene Kante oder Ecke kennt, die durch die Fläche abgestumpft wird. Man legt dann an jene Kante oder Ecke krystallographisch richtig die Fläche und bestimmt ihre Zentraldistanz. Man kann nun sagen, die Fläche könnte am Krystall nur dann zum

Vorschein kommen, wenn ihre relative Zentraldistanz kleiner wäre als die durch Konstruktion gefundene virtuelle Zentraldistanz. Die letztere stellt den Grenzfall dar, wo die Fläche eben verschwindet.

In allen Tabellen wurden virtuelle Zentraldistanzen durch den angehängten Index  $v$  bezeichnet.

Für die im einspringenden Winkel gelegene Fläche  $M'$  (010) an den Zwillingen des Orthoklases kann man die relative Zentraldistanz mit Hilfe der angegebenen Methoden nicht bestimmen. Für

Fig. 1.



diese Fläche wurde die relative Zentraldistanz auf folgendem Wege ermittelt:

Man denke sich einen Zwillingkrystall so geschnitten, daß die Ebene der krystallographischen  $b$  und  $c$ -Achse mit der Schnittebene zusammenfällt. Zeichnet man die erhaltene Schnittfigur auf, so erhält man ungefähr folgendes Bild:

$KO$  ist in unserer Zeichnung die absolute Zentraldistanz der Fläche  $M$ , das ist die Hälfte der durch Messung gefundenen doppelten absoluten Zentraldistanz  $\overline{KJ}$ . Durch Messung kann nun auch die Normaldistanz zwischen den Flächen  $M$  und  $M'$  gefunden werden. Dieser Normaldistanz entspricht in unserer Zeichnung die Strecke  $\overline{KF}$ .

Subtrahiert man nun von  $\overline{KF}$  die Strecke  $\overline{KO} = \frac{\overline{KJ}}{2}$ , so erhält man die Strecke  $\overline{OF}$ , das ist die absolute Zentraldistanz der Fläche  $M'$  vom Krystallisationszentrum.

$$\overline{OF} = \overline{KF} - \frac{\overline{KJ}}{2}$$

Dividiert man  $\overline{OF}$  durch den Radius der inhaltsgleichen Kugel, so ist der Quotient  $\frac{\overline{OF}}{R}$  die relative Zentraldistanz der Fläche  $M'$ .

Für die mittleren relativen Zentraldistanzen wurde der mittlere Fehler ( $f$ ) nach dem Vorgange von Airy (Břežina, „Methodik der Krystallberechnung“, Wien 1884) und der wahrscheinliche Fehler ( $w$ ) bestimmt, der mit dem mittleren Fehler durch die Formel  $w = 0.845347 f$  zusammenhängt, wobei  $w$  wahrscheinlicher,  $f$  mittlerer Fehler bedeutet.

## A. Beobachtungen an einfachen und Zwillingkrystallen.

### I. Good Springs, Nevada.

Drei einfache Orthoklaskrystalle aus der Sammlung des Mineralogischen Institutes der k. k. Universität stammen aus einem porphyrischen Gesteine und sind äußerlich rötlich gefärbt. Der Fundort ist bei Hintze und Dana nicht erwähnt. Ich führe diese Krystalle zuerst an, weil sie die einfachste Form haben. Sie tragen die Flächen  $M$  (010),  $P$  (001) und  $l$  (110). Der aus den 3 Krystallen resultierende mittlere Krystall ist in Figur 2 abgebildet.

Das Gewicht dieser Krystalle schwankte von . . . 3.6 g—5.32 g  
 Das Volumen „ „ „ „ 1.38 cm<sup>3</sup>—2.05 cm<sup>3</sup>  
 Der doppelte Radius „ „ „ 1.381 cm—1.576 cm

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	$n_v$ (021)	$z_v$ (130)
D	0.763	0.739	0.942	1.062	0.984
R					
Anzahl der Messungen	3	3	6	—	—

## II. Pikes-Peak, El Paso Co., Colorado.

Zwei einfache Krystalle aus porphyrtartigem Granit, von violett-grauer Farbe, mit sehr glatten Flächen. Sie gehören der Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums an. Diese Krystalle haben außer den Flächen M, P und l auch noch die Fläche y ( $\bar{2}01$ ) und sehr kleine o-Flächen ( $\bar{1}11$ ). Der mittlere Krystall ist in Figur 3 abgebildet.

Die Gewichte betragen . . . . . 1.70 g und 2.97 g  
 die Volumina „ . . . . . 0.664 cm<sup>3</sup> und 1.161 cm<sup>3</sup>  
 die doppelten Radien betragen 1.082 cm und 1.305 cm

Fig. 2.

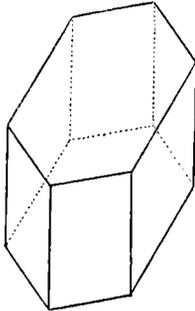
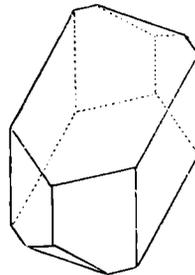


Fig. 3.



Fläche	M (010)	P (001)	y ( $\bar{2}01$ )	l (110)	k <sub>v</sub> (100)	n <sub>v</sub> (021)	o <sub>v</sub> ( $\bar{1}11$ )	z <sub>v</sub> (130)	o ( $\bar{1}11$ )
$\frac{D}{R}$	0.785	0.642	1.319	0.984	1.127	1.018	1.570	1.021	vorhanden, aber klein
Anzahl d. Messungen	2	2	2	4	2	—	—	—	—

## III. Val Floriana, Tirol.

Herr Sektionsgeologe Dr. B. Trener sammelte auf dem Wege von Malga le Buse nach Malga del Sasso alto, 3 Minuten von Malga le Buse entfernt, einfache und Zwillingkrystalle und stellte sie für die Untersuchung zur Verfügung. Sie sind von roter Farbe und gehören einem als Findling angetroffenen und aus Quarzporphyr bestehenden Blocke an, der wahrscheinlich von der Cima Lagorai her stammt. (Siehe hier die zitierte Abhandlung von F. Becke, auch die dort angegebene frühere Literatur.)

Der Messung wurden unterzogen:

a) acht einfache Krystalle mit den Flächen M, P, y, l und der verhältnismäßig selten auftretenden Fläche z (130). Der mittlere Krystall ist in Fig. 4 abgebildet.

Das Gewicht schwankt von . . . 0.40 g—23.44 g

das Volumen „ „ . . . 0.156 cm<sup>3</sup>—9.16<sup>3</sup> cm<sup>3</sup>

der doppelte Radius schwankt von 0.668 cm—2.593 cm

Fläche	Die Zentraldistanzen schwanken von	$\frac{D}{R}$	Anzahl d. Messungen	Mittlerer Fehler	Wahrschein- licher Fehler
M (010)	0.558—0.827	0.728	8	0.0793	0.0670
P (001)	0.496—0.661	0.564	8	0.0459	0.0386
l (110)	1.048—1.474	1.187	15	0.0935	0.0789
y ( $\bar{2}01$ )	1.092—1.692	1.274	8	0.1855	0.1508
z <sub>v</sub> (130)	—	1.102	—	—	—
n <sub>v</sub> (021)	—	0.912	—	—	—
o <sub>v</sub> ( $\bar{1}11$ )	—	1.484	—	—	—
k <sub>v</sub> (100)	—	1.365	—	—	—

Fig. 4.

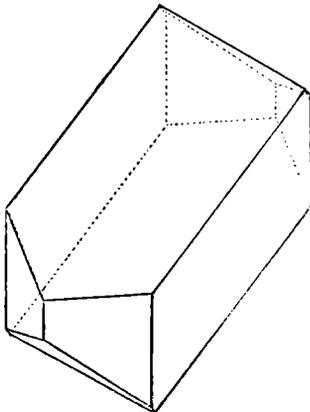
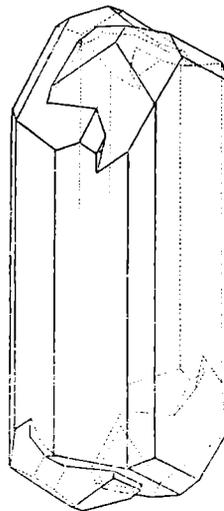


Fig. 5.



b) vierundzwanzig Zwillinge nach dem Karlsbader Gesetz, welche die Flächen M, P, l, y, ferner ziemlich häufig die Flächen z (130), n (021) und o ( $\bar{1}11$ ) aufweisen. Diese Krystalle sind ziemlich

großen Schwankungen in der Richtung der c-Achse unterworfen. Der mittlere Zwilling ist in Fig. 5 gezeichnet.

Das Gewicht schwankt von . . . 0·66 g—28·76 g

das Volumen „ „ . . . 0·2575 cm<sup>3</sup>—11·22 cm<sup>3</sup>

der doppelte Radius schwankt von 0·789 cm—2·778 cm

Fläche	Die Zentral- distanzen schwanken von	D R	Anzahl d. Messungen	Mittlerer Fehler	Wahr- scheinlicher Fehler	Vergleich- bare Zentral- distanzen <sup>1)</sup>
M (010)	0·366—0·562	0·472	24	0·0471	0·0398	0·599
P (001)	0·855—1·810	1·276	36	0·1988	0·1680	1·621
l (110)	0·707—1·016	0·828	48	0·0543	0·0459	1·052
y (201)	1·095—1·260	1·160	12	0·0536	0·0452	1·473
M'(010) <sup>2)</sup>	—	0·212	28	—	—	0·269
z (130)	0·623—0·823	0·699	12	0·0460	0·0389	0·888
n (021)	0·858—1·334	1·085	21	0·1106	0·0935	1·378
o (111)	1·140—1·566	1·365	15	0·0863	0·0729	1·734
k <sub>v</sub> (100)	0·819—1·092	0·936	24	0·0605	0·0511	1·189
x <sub>v</sub> (101)	1·290—1·792	1·564	12	0·1032	0·0873	1·986
n <sub>v</sub> (021)	—	1·230	—	—	—	1·562
o <sub>v</sub> (111)	—	1·524	—	—	—	1·935
Höhe	1·268—1·974	1·581	24	0·1657	0·1401	2·008

#### IV. Procchio, Elba.

Herr Demonstrator F. Cornu sammelte einfache und Zwillingkrystalle aus dem Grus eines verwitterten Granitporphyrs am Strande bei dem Orte Scaglieri, Insel Elba, und stellte sie für die Untersuchung zur Verfügung. Sie sind durchwegs von grauer Farbe und haben raue Flächen.

Gemessen wurden:

a) dreizehn einfache Krystalle, welche immer die Flächen M, P, l und y aufwiesen. An einem Krystalle konnte auch die Fläche o gemessen werden.

Das Gewicht dieser Krystalle schwankt von . . . 2·90 g—33·31 g

das Volumen „ „ „ „ . 1·13 cm<sup>3</sup>—13·06 cm<sup>3</sup>

der doppelte Radius dieser Krystalle schwankt von 1·293 cm—2·923 cm

<sup>1)</sup> Über die Bedeutung dieser Zahlenreihe vergleiche den späteren Abschnitt pag. 431 b.

<sup>2)</sup> Im einspringenden Winkel.

Fläche	Die Zentraldistanzen schwanken von	$\frac{D}{R}$	Anzahl d. Messungen	Mittlerer Fehler	Wahrschein- licher Fehler
M (010)	0·504—0·706	0·637	13	0·0597	0·0505
P (001)	0·786—1·050	0·863	13	0·0558	0·0469
l (110)	0·915—1·070	1·010	26	0·0330	0·0278
y ( $\bar{2}$ 01)	1·084—1·220	1·145	13	0·0400	0·0338
o (111)	—	1·320	1	—	—
z <sub>v</sub> ( $\bar{1}$ 30)	—	0·917	—	—	—
n <sub>v</sub> ( $\bar{1}$ 01)	—	1·060	—	—	—
o <sub>v</sub> ( $\bar{1}$ 11)	—	1·470	—	—	—

b) sechzehn Zwillingkrystalle mit den Flächen M, P, l, y, n und o. Die Fläche z wurde nie beobachtet.

Das Gewicht der Zwillinge schwankt von . . . 5·00 g—93·07 g

das Volumen „ „ „ „ . . . 1·96 cm<sup>3</sup>—36·49 cm<sup>3</sup>

der doppelte Radius der Zwillinge schwankt von 1·553 cm—4·088 cm

Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	$\frac{D}{R}$	Anzahl d. Messungen	Mittlerer Fehler	Wahr- scheinlicher Fehler	Vergleich- bare Zentral- distanzen
M (010)	0·387—0·588	0·451	16	0·0511	0·0432	0·554
P (001)	0·965—2·030	1·657	30	0·3199	0·2704	2·043
l (010)	0·636—0·996	0·747	30	0·0732	0·0618	0·918
y (201)	1·078—1·490	1·291	10	0·1249	0·1057	1·585
M' (010)	—	0·135	21	—	—	0·166
n (021)	—	1·430	1	—	—	1·760
o ( $\bar{1}$ 11)	1·498—2·005	1·752	15	0·1329	0·1123	2·152
k <sub>v</sub> (100)	0·739—1·120	0·851	16	0·0896	0·0744	1·048
x <sub>v</sub> ( $\bar{1}$ 01)	1·696—2·215	1·949	14	0·1065	0·0900	2·400
n <sub>v</sub> (021)	—	1·480	—	—	—	1·825
z <sub>v</sub> (130)	—	0·714	—	—	—	0·880
Höhe	1·396—2·370	1·919	16	0·2686	0·2270	2·360

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, zeigen die Orthoklaszwillinge von Procchio einen ungemein schwankenden Habitus. Die Schwankungen sind besonders in der Richtung der c-Achse auffallend groß und werden auch von Nessig in seiner Arbeit: „Die jüngeren Eruptivgesteine des mittleren Elba“ („Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft“, Bd. XXXV, 1883) besonders hervorgehoben. Diese Eigentümlichkeit der Orthoklase von Procchio zeigt sich in auffälliger Weise an dem berechneten mittleren und wahrscheinlichen

Fehler besonders für die Zentraldistanz der Fläche P, die den größten Schwankungen ausgesetzt ist. Der mittlere Fehler beträgt 0·3199, der wahrscheinliche 0·2704; beide sind also sehr groß. Fig. 6 zeigt einen nach der c-Achse wenig gestreckten, Fig. 7 den mittleren und Fig. 8 einen nach c auffallend gestreckten Zwilling von Procchio.

Fig. 6.

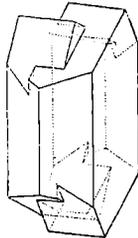


Fig. 8.



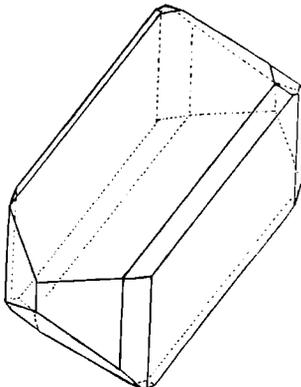
Fig. 7.



### V. Wunsiedl, Bayern.

Aus der Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums erhielt ich einfache und Zwillingkrystalle. Sie hatten graulichweiße glatte Flächen, waren sehr flächenreich und stammen wahrscheinlich

Fig. 9.



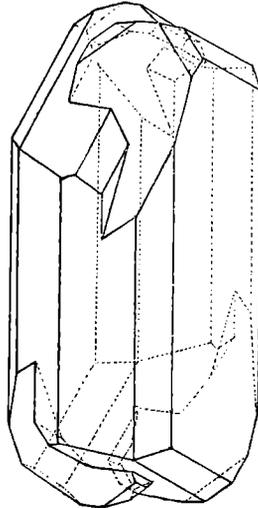
aus einem porphyrtigen Granit. (Bei Hintze ist Markt Redwitz angegeben.) Gemessen wurden:

a) zwölf einfache Krystalle mit den Flächen M, P, l, y, z, n und o. Der mittlere einfache Krystall ist in Fig. 9 abgebildet.

Das Gewicht schwankt von . . . 7.50 g—114.24 g  
 das Volumen „ „ . . . 3.93 cm<sup>3</sup>—44.7 cm<sup>3</sup>  
 der doppelte Radius schwankt von 1.774 cm—4.400 cm

Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	$\frac{D}{R}$ Mittlere Zentraldistanz	Anzahl der Messungen	Mittlerer Fehler	Wahrscheinlicher Fehler
M (010)	0.647—0.761	0.702	12	0.0247	0.0209
P (001)	0.546—0.730	0.630	12	0.0464	0.0394
l (110)	1.053—1.400	1.218	17	0.0906	0.0766
y ( $\bar{2}01$ )	1.100—1.465	1.284	12	0.0880	0.0744
z (130)	1.013—1.175	1.035	8	0.0403	0.0340
n (021)	0.768—0.939	0.866	6	0.0590	0.0499
o ( $\bar{1}11$ )	1.350—1.461	1.405	2	—	—
k <sub>v</sub> (100)	1.237—1.580	1.371	10	0.0789	0.0666
n <sub>v</sub> (021)	—	0.944	—	—	—
o <sub>v</sub> ( $\bar{1}11$ )	—	1.516	—	—	—

Fig. 10.



b) drei Zwillingskrystalle mit denselben Flächen wie die einfachen Krystalle. Der mittlere Krystall wird durch Fig. 10 dargestellt.

Das Gewicht der gemessenen Krystalle schwankt von 14·55 g—21·67 g  
 das Volumen „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ 5·69 cm<sup>3</sup>—8·48 cm<sup>3</sup>  
 der doppelte Radius der gemessenen Krystalle schwankt von 2·214 cm  
 bis 2·532 cm.

Fläche	Mittlere, relative Zentraldistanz	Anzahl der Messungen	Vergleichbare Zentral- distanz
M (010)	0·518	3	0·674
P (001)	1·225	5	1·595
l (110)	0·966	5	1·258
y (201)	1·104	5	1·437
M' (010)	0·263	5	0·341
z (130)	0·767	2	0·999
n (021)	1·084	2	1·411
o (111)	1·370	2	1·784
k <sub>v</sub> (100)	1·092	3	1·422
n <sub>v</sub> (021)	1·219	—	1·587
o <sub>v</sub> (111)	1·500	—	1·953
Höhe	1·459	3	1·900

### VI. Four la Brouque, Auvergne.

Die Orthoklase dieses Fundortes stammen aus einem Quarzporphyr, der Gänge im Granit bildet.

Ich erhielt aus der Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums:

a) einen einfachen Krystall, der in seinem Habitus den Krystallen von Wunsiedl sehr ähnlich ist. Er wog 3·76 g, sein Volumen betrug 1·47 cm<sup>3</sup>, der doppelte Radius der inhaltsgleichen Kugel 1·409 cm. Die relativen Zentraldistanzen sind folgende:

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	y (201)	z (130)	o (111)	n <sub>v</sub> (021)	o <sub>v</sub> (111)
Relative Zentral- distanz	0·710	0·651	1·200	1·361	1·108	1·464	0·964	1·530

b) einen Zwillingkrystall von ganz anderem Habitus als die Zwillinge von Wunsiedl. Gewicht 6·50 g, Volumen 2·55 cm<sup>3</sup>, der doppelte Radius 1·695 cm.

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	y ( $\bar{2}01$ )	M' (010)	k <sub>v</sub> (100)	z <sub>v</sub> (130)	n <sub>v</sub> (021)	o <sub>v</sub> ( $\bar{1}11$ )	Höhe
Relative Zentraldistanz	0·603	1·028	0·940	1·105	0·207	1·006	0·886	1·146	1·408	1·381
Vergleichbare Zentraldistanz	0·785	1·338	1·224	1·439	0·269	1·310	1·154	1·492	1·833	1·798

### VII. Karlsbad, Böhmen.

Die untersuchten Feldspatkrystalle dieses Fundortes stammen aus einem Granit. Gemessen wurden:

a) Ein einfacher Krystall aus der Sammlung des Herrn Doktor F. Perlep. Sein Gewicht betrug 4·2 g, sein Volumen 1·65 cm<sup>3</sup>, der doppelte Radius der inhaltsgleichen Kugel 1·466 cm.

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	y ( $\bar{2}01$ )	z (130)	k <sub>v</sub> (100)	n <sub>v</sub> (021)	o <sub>v</sub> ( $\bar{1}11$ )
Relative Zentraldistanz	0·82	0·68	1·20	1·16	0·86	1·39	1·06	1·48

b) Ein einfacher Krystall aus der Sammlung des Professors Dr. K. Kürschner. An dem Krystalle konnten auch die Flächen z und o beobachtet, aber wegen ihrer Rauheit nicht gemessen werden. Das Gewicht des Krystalls betrug 67·67 g, sein Volumen 26·49 cm<sup>3</sup>, der doppelte Radius 3·696 cm.

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	y ( $\bar{2}01$ )	n <sub>v</sub> (021)
Relative Zentraldistanz	0·740	0·574	1·320	1·308	0·929

c) Vier Orthoklaszwillinge aus der Sammlung des Herrn Doktor F. Perlep.

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	y ( $\bar{2}01$ )	z (130)	n <sub>v</sub> (021)
Mittlere, relative Zentraldistanz	0·57	1·03	1·02	1·15	0·73	1·12
Anzahl der Messungen	4	7	7	7	2	—
Vergleichbare Zentraldistanzen	0·74	1·34	1·33	1·50	0·95	1·46

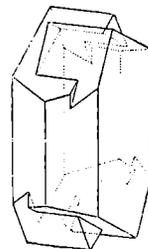
d) Von Herrn Julius Böhm erhielt ich drei große Zwillinge. Die Messungen ergaben folgende Werte:  
 Das Gewicht dieser Krystalle schwankte von 87·30 g—261·55 g  
 das Volumen „ „ „ „ 34·10 cm<sup>3</sup>—102·17 cm<sup>3</sup>  
 der doppelte Radius dieser Krystalle schwankte von 4·025 cm bis 5·808 cm.

Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	Mittlere relative Zentraldistanz	Anzahl der Messungen	Mittlerer Fehler	Wahrscheinlicher Fehler	Vergleichbare Zentraldistanzen
M (010)	0·494—0·597	0·538	3	0·0445	0·0376	0·709
P (001)	0·992—1·220	1·061	5	0·0622	0·0526	1·381
l (110)	0·900—1·135	1·007	6	0·0722	0·0610	1·311
y (201)	1·102—1·174	1·138	4	0·0348	0·0294	1·482
M' (010)	—	0·364	6	—	—	0·473
k <sub>v</sub> (100)	1·015—1·230	1·137	3	0·0915	0·0773	1·480
z <sub>v</sub> (101)	—	0·883	—	—	—	1·150
n <sub>v</sub> (021)	—	1·128	—	—	—	1·469
o <sub>v</sub> (111)	—	1·364	—	—	—	1·777
Höhe	1·353—1·424	1·381	3	0·0323	0·0273	1·798

### VIII. Elbogen, Böhmen.

Herr Dr. J. Hoffmann, Professor an der Realschule in Elbogen, stellte für die Untersuchung mehrere hundert Orthoklaskrystalle von verschiedenen Örtlichkeiten aus der Umgebung von Elbogen zur Verfügung, die sämtlich dem bekannten Granit von Elbogen entstammen. Doch waren es fast ausschließlich Zwillinge, weil einfache Krystalle dort äußerst selten sind. Die Krystalle sind durchwegs grau und haben sehr raue Flächen. Die 109 gemessenen Krystalle trugen alle die Flächen M, P, l und y. Die Fläche n wurde niemals beobachtet, die Fläche o trat selten, die Fläche z etwas häufiger auf. Doch konnten diese Flächen wegen ihrer Rauheit nicht gemessen werden. Der in Figur 11 gezeichnete Zwillingkrystall von Kaltenhof bei Elbogen ist der aus 68 Krystallen resultierende mittlere Krystall.

Fig. 11.



Gemessen wurden:

a) achtundsechzig Orthoklaszwillinge von Kaltenhof bei  
Elbogen.

Das Gewicht dieser Krystalle schwankt von . . 9·35 g—105·46 g

das Volumen " " " " 3·66 cm<sup>3</sup>—41·1 cm<sup>3</sup>

der doppelte Radius d. Krystalle schwankt von 1·911 cm—4·280 cm

Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	Mittlere relative Zentral- distanz	Anzahl der Mes- sungen	Mittlerer Fehler	Wahr- schein- licher Fehler	Vergleich- bare Zentral- distan- zen
M (010) .	0·422—0·641	0·533	68	0·0610	0·0515	0·694
P (001) .	0·732—1·444	1·053	134	0·0935	0·0790	1·391
l (110) .	0·726—1·238	0·973	134	0·0450	0·0380	1·247
y ( $\bar{2}$ 01) .	1·004—1·436	1·148	129	0·0571	0·0482	1·465
M' (010) .	—	0·287	132	—	—	0·373
k <sub>v</sub> (100) .	0·920—1·198	1·078	67	0·0440	0·0372	1·404
z <sub>v</sub> (130) .	—	0·831	—	—	—	1·082
n <sub>v</sub> (0 2 1) .	—	1·120	—	—	—	1·458
o <sub>v</sub> ( $\bar{1}$ 11) .	—	1·460	—	—	—	1·901
Höhe . .	1·138—1·680	1·366	68	0·0645	0·0545	1·779

b) sechzehn Orthoklaszwillinge von Hornerberg.

Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	Relative Zentral- distanz	Anzahl der Mes- sungen	Mittlerer Fehler	Wahr- schein- licher Fehler	Vergleich- bare Zentral- distan- zen
M (010) .	0·48 —0·63	0·54	16	0·0353	0·0298	0·703
P (001) .	0·80 —1·36	1·16	32	1·327	0·1120	1·510
l (110) .	0·79 —1·02	0·89	16	0·0514	0·0434	1·159
y ( $\bar{2}$ 01) .	0·99 —1·36	1·17	32	0·0619	0·0522	1·523
k <sub>v</sub> (100) .	0·910—1·175	1·03	16	0·0553	0·0467	1·328
z <sub>v</sub> (130) .	—	0·812	—	—	—	1·057
n <sub>v</sub> (021) .	—	1·200	—	—	—	1·562

## c) dreizehn Orthoklaskrystalle von Robitschberg.

Das Gewicht der Krystalle schwankt von . . 26·5 g—59·5 g  
 der doppelte Radius der Krystalle schwankt von 2·708 cm—3·546 cm

Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	Mittlere relative Zentraldistanz	Anzahl der Messungen	Mittlerer Fehler	Wahrscheinlicher Fehler	Vergleichbare Zentraldistanzen
M (010) .	0·53—0·70	0·59	13	0·0500	0·0423	0·768
P (001) .	0·54—1·16	0·96	26	0·1483	0·1253	1·250
l (110) .	0·88—1·15	0·96	13	0·0838	0·0708	1·250
y ( $\bar{2}$ 01) .	1·00—1·24	1·12	26	0·0546	0·0461	1·458
k <sub>v</sub> (100) .	1·02—1·34	1·12	13	0·0943	0·0797	1·458
z <sub>v</sub> (130) .	—	0·822	—	—	—	1·085
n <sub>v</sub> (021) .	—	1·100	—	—	—	1·432

## d) zwölf Orthoklaszwillinge von Höfen.

Das Gewicht der Krystalle schwankt von . . 17·95 g—122·35 g  
 das Volumen " " " " . . 7·03 cm<sup>3</sup>—47·9 cm<sup>3</sup>  
 der doppelte Radius der Krystalle schwankt von 2·376 cm—4·501 cm

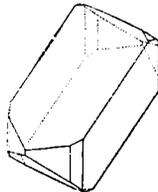
Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	Mittlere relative Zentraldistanz	Anzahl der Messungen	Mittlerer Fehler	Wahrscheinlicher Fehler	Vergleichbare Zentraldistanzen
M (010) .	0·475—0·562	0·509	12	0·0262	0·0222	0·663
P (001) .	0·823—1·266	1·084	23	0·0822	0·0695	1·411
l (110) .	0·862—1·100	0·973	24	0·0479	0·0405	1·267
y ( $\bar{2}$ 01) .	1·030—1·284	1·155	23	0·0488	0·0412	1·504
M' (010) .	—	0·305	24	—	—	0·397
k <sub>v</sub> (100) .	0·996—1·184	1·083	12	0·0476	0·0402	1·410
z <sub>v</sub> (130) .	—	0·846	—	—	—	1·101
n <sub>v</sub> (021) .	—	1·120	—	—	—	1·458
O <sub>v</sub> ( $\bar{1}$ 11) .	—	1·460	—	—	—	1·901
Höhe . .	1·308—1·486	1·385	12	0·0511	0·0432	1·803

Vergleichen wir die vier Tabellen für die Elbogener Zwillinge, so finden wir eine auffallende Übereinstimmung der mittleren relativen Zentraldistanzen. So ergeben 12 Orthoklaszwillinge von Höfen fast genau dieselben mittleren relativen Zentraldistanzen wie 68 Orthoklaszwillinge von Kaltenhof. Dieses Verhalten der Elbogener Zwillinge kommt auch bei der Berechnung des mittleren und des wahrscheinlichen Fehlers zum Ausdruck. Beide erscheinen selbst bei der Fläche P, die meist den größten Schwankungen ausgesetzt ist, sehr klein. Wir können also den Orthoklas von Elbogen im Gegensatz zu jenen von Procchio und Val Floriana als einen recht konstanten Typus bezeichnen. Dies wird erklärlich, wenn man bedenkt, daß die Feldspate von Elbogen einem mächtigen Granitmassive angehören, daß sie also unter ziemlich gleichartigen Bedingungen entstanden sind.

### IX. Koppenstein bei Petschau, Böhmen.

Zwei einfache Orthoklaskrystalle von roter Farbe aus der Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums. Sie gehören einem Granitporphyr an.

Fig. 12.



Ihre Gewichte betragen . . . . . 7.30 g und 12.73 g  
 „ Volumina „ . . . . . 2.86 cm<sup>3</sup> und 4.97 cm<sup>3</sup>  
 die doppelten Radien betragen . . . 1.761 cm und 2.155 cm

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	y (201)	z (130)	o (111)	n. (021)
Mittlere, relative Zentraldistanz	0.697	0.592	1.294	1.259	1.123	1.377	0.916

### X. Cornwall, England.

Ein sehr schön ausgebildeter Karlsbader Zwillings aus der Sammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums.

Die nachfolgende Tabelle lehrt uns, daß die relativen Zentraldistanzen dieses Krystalls von jenen der bisher angeführten Zwillinge

auffallend verschieden sind. Der nach der Fläche M schmaltafelförmige Habitus dieses Krystalls ähnelt vielmehr jenem der Sanidine von Viterbo in Italien.

Sein Gewicht beträgt 69·95 g, sein Volumen 27·43  $cm^3$ , der doppelte Radius der inhaltsgleichen Kugel 3·742 cm.

Fläche	M (010)	P (001)	l (110)	y ( $\bar{2}01$ )	k <sub>v</sub> (100)	z (130)	o ( $\bar{1}11$ )	Höhe
Mittlere, relative Zentraldistanz . . .	0·361	1·562	0·910	1·350	1·042	0·661	1·711	1·887

### XI. Viterbo, Italien.

Neunundzwanzig Sanidinkristalle aus der Sammlung des Mineralogischen Institutes der k. k. Universität. Sie stammen aus einem Trachyt.

Das Gewicht dieser Krystalle schwankt von . 1·80 g—6·76 g  
 das Volumen " " " " . 0·705  $cm^3$ —2·64  $cm^3$   
 der doppelte Radius der Krystalle schwankt von 1·104 cm—1·715 cm

Fläche	Die relativen Zentraldistanzen schwanken von	Mittlere relative Zentraldistanz	Anzahl der Messungen	Mittlerer Fehler	Wahrscheinlicher Fehler
M (010) . . .	0·330—0·539	0·397	29	0·0355	0·0300
P (001) . . .	1·010—1·780	1·317	55	0·1344	0·1136
l (110) . . .	0·852—1·210	1·008	37	0·0108	0·0091
y ( $\bar{2}01$ ) . . .	1·072—1·570	1·278	43	0·0889	0·0751
M' (010) . . .	—	0·141	49	—	—
z (130) . . .	0·613—0·767	0·699	16	0·0429	0·0352
n (021) . . .	1·026—1·280	1·133	16	0·0708	0·0598
o ( $\bar{1}11$ ) . . .	1·226—1·583	1·425	40	0·0749	0·0633
k <sub>v</sub> (100) . . .	1·025—1·315	1·148	27	0·0566	0·0478
n <sub>v</sub> (021) . . .	—	1·214	—	—	—
o <sub>v</sub> ( $\bar{1}11$ ) . . .	—	1·592	—	—	—
Höhe . . .	1·39—1·83	1·62	27	0·0889	0·0751

## B. Vergleich der einfachen und Zwillingkrystalle.

### a) Mittelst der „relativen Zentraldistanzen“.

Um einen besseren Überblick und einen Vergleich der durch Messung gefundenen Zahlen leichter zu ermöglichen, folgt eine Tabelle, welche die relativen Zentraldistanzen der gemessenen einfachen und der Zwillingkrystalle enthält.

Die Tabelle (pag. 432) läßt erkennen, daß bei den Zwillingen die relative Zentraldistanz für die Fläche l (110) durchwegs verkleinert, für die freie M-Fläche (010) sichtlich verkleinert, für die im einspringenden Winkel gelegene Fläche M' (010) sehr stark verkleinert, für die Fläche y ( $\bar{2}01$ ) unverändert oder schwach verkleinert oder schwach vergrößert, für die Fläche P (001) sehr stark vergrößert erscheint.

Der Einfluß der Zwillingbildung läßt sich aber erst mit Hilfe der „vergleichbaren Zentraldistanzen“, deren Einführung im nächsten Kapitel folgt, genau erkennen.

### b) Mittelst der „vergleichbaren Zentraldistanzen“.

In den zitierten Mitteilungen der Wiener Mineralogischen Gesellschaft macht Becke darauf aufmerksam, daß die Zwillingkrystalle des Orthoklases von Val Floriana immer größer und massiger sind als die einfachen Krystalle. Diese Eigenschaft ist um so auffallender, als beiderlei Krystalle demselben Gesteinsblock entnommen worden sind. Sie müssen also zu ihrer Krystallisation gleiche Zeit zur Verfügung gehabt haben.

Die in den Tabellen angeführten Gewichte der gemessenen Krystalle geben kein gutes Bild von dem tatsächlichen Gewichtsunterschiede zwischen einfachen und Zwillingkrystallen, weil zur Messung nur die wohlausgebildeten Krystalle ausgesucht wurden.

Ein richtigeres Bild erhält man aber, wenn man das Gewicht des mittleren einfachen und des mittleren Zwillingkrystalls aus möglichst vielen Krystallen bestimmt.

Streng genommen wäre also folgender Vorgang einzuschlagen:

Aus einem großen Blocke z. B. von Granitporphyr werden sämtliche einfache Krystalle ausgelesen. Ihr Gesamtgewicht sei q, ihre Anzahl m, dann ist das Gewicht des mittleren einfachen Krystalls  $p = \frac{q}{m}$ . Das Gewicht aller Zwillinge des Blockes sei Q, ihre

		Mittlere relative Zentraldistanzen							Virtuelle Zentraldistanzen						
		M(010)	P(001)	l(110)	y(201)	M'(010)	z(130)	n(021)	o(111)	k <sub>v</sub> (100)	z <sub>v</sub> (101)	z <sub>v</sub>	n <sub>v</sub>	o <sub>v</sub>	Höhe
Einfache Krystalle. Gemeiner Orthoklas.	Good Springs, Nevada . . .	0·74	0·78	0·90	—	—	—	—	—	1·05	—	0·944	1·07	—	—
	Pikes-Peak, Colorado	0·785	0·642	0·984	1·319	—	—	—	—	1·127	—	1·021	1·018	1·570	—
	Val Floriania, Tirol	0·728	0·564	1·187	1·274	—	—	—	—	1·365	—	1·102	0·912	1·484	—
	Procchio, Elba .	0·637	0·863	1·010	1·145	—	—	—	1·320	—	—	0·917	1·060	1·470	—
	Wunsiedl, Bayern	0·702	0·630	1·218	1·284	—	1·035	0·866	1·405	1·371	—	—	0·944	1·516	—
	Four la Brouque, Auvergne . . .	0·710	0·651	1·200	1·361	—	1·108	—	1·464	—	—	—	0·964	1·580	—
	Karlsbad, Böhm.	0·82	0·68	1·20	1·16	—	0·863	—	—	1·394	—	—	1·064	1·480	—
	Karlsbad, „ Petschau, „	0·740	0·574	1·320	1·308	—	—	—	—	—	—	—	0·929	—	—
		0·697	0·592	1·294	1·259	—	1·123	—	1·377	—	—	—	0·916	—	—
Zwillingskrystalle. Gemeiner Orthoklas.	Val Floriania, Tirol	0·472	1·276	0·828	1·160	0·212	0·699	1·085	1·365	0·936	1·564	—	1·230	1·524	1·581
	Procchio, Elba .	0·451	1·657	0·747	1·291	0·135	—	1·430	1·752	0·851	1·949	0·714	1·480	—	1·919
	Wunsiedl, Bayern	0·518	1·225	0·966	1·104	0·263	0·767	1·084	1·370	1·092	—	—	1·219	1·500	1·459
	Four la Brouque, Auvergne . . .	0·603	1·028	0·940	1·105	0·207	—	—	—	1·006	—	0·886	1·146	1·408	1·381
	Karlsbad, Böhm.	0·57	1·03	1·02	1·15	—	0·73	—	—	—	—	—	1·124	—	—
	Karlsbad, „	0·538	1·061	1·007	1·138	0·364	—	—	—	1·137	—	0·883	1·128	1·364	1·381
	Kaltenhof, „	0·533	1·053	0·973	1·148	0·287	—	—	—	1·078	—	0·831	1·120	1·460	1·366
	Hornerberg, „	0·54	1·16	0·89	1·17	—	—	—	—	1·03	—	0·812	1·200	—	—
	Robitschberg, „	0·59	0·96	0·96	1·12	—	—	—	—	1·12	—	0·822	1·100	—	—
	Höfen, Böhmen	0·509	1·084	0·973	1·155	0·305	—	—	—	1·083	—	0·846	1·120	1·460	1·385
Cornwall, England	0·361	1·562	0·910	1·350	—	0·661	—	1·711	1·042	—	—	—	—	1·887	
Sauid. Viterbo, Italien	0·397	1·317	1·008	1·278	0·141	0·699	1·133	1·425	1·148	—	—	1·214	1·592	1·62	

Anzahl  $M$ , dann ist das Gewicht des mittleren Zwillings  $P = \frac{Q}{M}$ .

Wie man leicht einsehen wird, ist es unmöglich, diese Bedingung ganz zu erfüllen.

Professor Becke veranlaßte, daß jene eigens für diese Untersuchung gesammelten Krystalle, soweit als möglich, der angegebenen Bedingung genügten. Dies gilt insbesondere von den Krystallen von Val Floriana und von Procchio. Herrn Gymnasialprofessor Hoffmann war es leider unmöglich, von Kaltenhof genügend einfache Krystalle zu erhalten, weil sie dort sehr selten vorkommen.

Ich nahm also zur Bestimmung des mittleren Krystalles so viele vollständige Krystalle, als mir zur Verfügung standen. Von Val Floriana wogen 60 Zwillinge 393·68  $g$ ; das Gewicht  $P$  des mittleren Zwillings beträgt also 6·56  $g$ . 22 einfache Krystalle desselben Fundortes wogen 69·93  $g$ ; das Gewicht  $p$  des mittleren einfachen Krystalles beträgt also 3·18  $g$ , das ist etwa die Hälfte des Gewichtes des Zwillinges-krystalles.

Auf dieselbe Weise erhielt ich für die Krystalle von Procchio für  $P = 20·97 g$ , für  $p = 10·61 g$ .

Der Zwillingeskrystall ist also in beiden Fällen schwerer und größer als der einfache Krystall.

Da man bei diesen Krystallen nicht annehmen kann, daß die Zwillinge zu ihrer Ausbildung längere Zeit zur Verfügung hatten als die einfachen Krystalle, so kann nur ein schnelleres Wachstum der Zwillinge die Ursache dieser Ersebeinung sein. Daraus folgt aber, daß die in vorstehender Tabelle angegebenen relativen Zentraldistanzen der einfachen Krystalle mit jenen der Zwillinge nicht direkt vergleichbar sind.

Man muß, um beide Zahlengruppen vergleichbar zu machen, die mittleren relativen Zentraldistanzen der Zwillinge auf die mittlere Kugel des einfachen Krystalles beziehen, indem man nach dem Vorschlage Beckes die relativen Zentraldistanzen der Zwillinge mit einem Faktor  $\frac{R}{r}$  multipliziert, wobei  $R$  den Radius der mit dem mittleren Zwillinge inhaltsgleichen Kugel,  $r$  den Radius der mit dem mittleren einfachen Krystalle inhaltsgleichen Kugel darstellt.

Dieser Quotient  $\frac{R}{r}$  wird auf folgende Weise berechnet:

Aus unseren Formeln  $P = \frac{Q}{M}$  und  $p = \frac{q}{m}$  finden wir das Volumen  $V$  des mittleren Zwillingsskrystalles und das Volumen  $v$  des mittleren einfachen Krystalles, indem wir jene durch das spezifische Gewicht dividieren.

Dann ist:

$$V = \frac{Q}{M \cdot d}, \quad v = \frac{q}{m \cdot d}.$$

Setzt man für  $V$  und  $v$  beziehungsweise  $\frac{4}{3} R^3 \pi$  und  $\frac{4}{3} r^3 \pi$ , so erhält man:

$$\begin{aligned} \frac{4}{3} R^3 \pi &= \frac{Q}{M \cdot d}, & \frac{4}{3} r^3 \pi &= \frac{q}{m \cdot d}, \\ R &= \sqrt[3]{\frac{3Q}{4\pi M \cdot d}}, & r &= \sqrt[3]{\frac{3q}{4\pi m \cdot d}} \\ \frac{R}{r} &= \sqrt[3]{\frac{Q \cdot m}{q \cdot M}}. \end{aligned}$$

Für die Krystalle von Val Floriana berechnet sich der Quotient  $\frac{R}{r}$  zu 1.27. Für den Orthoklas von Procchio fand ich  $\frac{R}{r} = 1.23$ .

Für jene Krystalle, bei denen der Quotient  $\frac{R}{r}$  nicht auf die angegebene Weise bestimmt werden konnte, verwendete ich den Faktor  $\frac{R}{r} = 1.3$ . Die mit dem Faktor  $\frac{R}{r}$  multiplizierten relativen Zentraldistanzen der Zwillinge lassen sich mit den relativen Zentraldistanzen der einfachen Krystalle direkt vergleichen, weshalb sie auch vergleichbare Zentraldistanzen genannt werden sollen.

In der folgenden Tabelle (pag. 435) sind die vergleichbaren Zentraldistanzen der von mir gemessenen Krystalle zusammengestellt.

Die Tabelle über die vergleichbaren Zentraldistanzen läßt den Einfluß der Zwillingbildung auf die Wachstumskonstanten des Krystalls viel klarer und richtiger erkennen als die Tabelle über die relativen Zentraldistanzen.

Man ersieht, daß durch die Zwillingbildung die Wachstumsgeschwindigkeit

		Reelle Zentraldistanzen							Virtuelle Zentraldistanzen						
		M (010)	P (001)	l (110)	y (201)	M' (010)	z (130)	n (021)	o (111)	k <sub>v</sub> (100)	x <sub>v</sub> (101)	z <sub>v</sub>	n <sub>v</sub>	o <sub>v</sub>	Höhe
Val Floriana, Tirol	{ Einfache Krystalle	0·728	0·564	1·187	1·274	—	—	—	—	1·365	—	1·102	0·912	1·484	—
	{ Zwillingkrystalle	0·599	1·621	1·052	1·437	0·269	0·888	1·378	1·734	1·189	1·986	—	1·562	1·935	2·008
Procchio, Elba	{ Einfache Krystalle	0·637	0·863	1·010	1·145	—	—	—	1·320	—	—	0·917	1·060	1·470	—
	{ Zwillingkrystalle	0·554	2·043	0·918	1·585	0·166	—	1·760	2·152	1·048	2·400	0·880	1·825	—	2·360
Wunsiedl, Bayern	{ Einfache Krystalle	0·702	0·630	1·218	1·284	—	1·035	0·866	1·405	1·371	—	—	0·944	1·516	—
	{ Zwillingkrystalle	0·674	1·595	1·258	1·437	0·341	0·999	1·411	1·784	1·422	—	—	1·587	1·953	1·900
Four la Brouque, Auvergne	{ Einfache Krystalle	0·710	0·651	1·200	1·361	—	1·108	—	1·464	—	—	—	0·964	1·580	—
	{ Zwillingkrystalle	0·785	1·338	1·224	1·439	0·269	—	—	—	1·319	—	1·154	1·492	1·833	1·798
Karlsbad, Böhm.	Einfache Krystalle	0·82	0·68	1·20	1·16	—	0·863	—	—	1·394	—	—	1·064	1·480	—
Karlsbad, „		0·740	0·574	1·320	1·308	—	—	—	—	—	—	—	0·929	—	—
Petschan, „		0·697	0·592	1·294	1·259	—	1·123	—	1·377	—	—	—	0·916	—	—
Karlsbad, „		0·742	1·341	1·328	1·497	—	0·950	—	—	—	—	—	1·463	—	—
Karlsbad, „		0·709	1·381	1·311	1·482	0·473	—	—	—	1·480	—	1·150	1·469	1·777	1·798
Kaltenhof, „	Zwillingkrystalle	0·694	1·391	1·247	1·405	0·373	—	—	—	1·404	—	1·082	1·458	1·901	1·779
Hornerberg, „		0·703	1·519	1·159	1·523	—	—	—	—	1·328	—	1·057	1·562	—	—
Robitschberg, Böhmen		0·768	1·250	1·250	1·458	—	—	—	—	1·458	—	1·085	1·432	—	—
Höfen, Böhmen		0·663	1·411	1·267	1·504	0·397	—	—	—	1·410	—	1·101	1·458	1·901	1·801

der Fläche I (110) . . . . ungeändert bleibt,  
 der Fläche y ( $\bar{2}01$ ) . . . . merklich, aber schwach erhöht,  
 der Fläche P (001) . . . . stark vergrößert,  
 der freien Fläche M (010) . . . . ungeändert oder schwach verzögert  
 und der Fläche M' (010) . . . . im einspringenden Winkel an der  
 P-Fläche stark verzögert erscheint.

Die Wirkung der Zwillingsbildung zeigt sich also

1. nur an der Zwillingsgrenze,
2. in dieser nie an allen vertikalen Flächen, sondern nur in der Richtung der Vertikalen.

Die Verwachsungsfläche entspricht keiner Molekularebene, doch fällt sie streckenweise namentlich längs der Vertikalkante und längs des einspringenden Winkels M'P mit 010 zusammen.

Die Wachstumsvermehrung ist am stärksten in der Richtung der Vertikalachse, der einzigen gemeinsamen Molekularrichtung, welche an der Verwachsungsfläche in die Umgebung ausstrahlt.

An der Vertikalkante tritt keine gemeinsame molekulare Kantenrichtung aus, denn die a-Achsen bilden Winkel von ca.  $52^\circ$ , verstärken sich also nicht.

Die Richtungen der b-Achsen sind wohl zueinander parallel, aber keine absoluten Deckachsen (Goldschmidt).

Diese Richtung kann aber überhaupt nicht zur Geltung kommen, da sie nach der Art der Verwachsung nicht als gemeinsame Kantenrichtung ausstrahlt.

### C. Einiges über das Auftreten und Verschwinden untergeordneter Flächen.

An den gemessenen Zwillingen von Procchio, bei denen die relativen Längen der c-Achsen von 1.396—2.370 schwankten, konnte ich folgende Beobachtung machen:

Fünf Krystalle mit den kleinsten c-Achsen tragen keine o-Flächen. Die Zwillinge mit den nächst größeren c-Achsen tragen kleine dreieckige o-Flächen. Diese o-Flächen werden aber um so größer, je mehr der Krystall nach c gestreckt erscheint, stoßen endlich zu einer Kante zusammen und dominieren bei weiterer Streckung nach der c-Achse gegenüber den y-Flächen. Bei den längsten Krystallen zeigte sich dann überhaupt keine y-Fläche mehr.

Da sich ähnliche Erscheinungen auch bei Krystallen anderer Fundorte nachweisen ließen, regte Professor Becke an, auf analytischem Wege jene Bedingungen aufzusuchen, welche vorhanden sein müssen, damit die eine Kante oder Ecke abstumpfende Fläche am Krystall erscheinen könne.

### I. Das Auftreten der Fläche $y$ ( $\bar{2}0$ ).

Da an sämtlichen gemessenen einfachen Krystallen immer die Flächen  $M$ ,  $P$  und  $l$  vorhanden waren, die Fläche  $y$  nur bei den Krystallen eines einzigen Fundortes fehlte, so werden zuerst die analytischen Bedingungen für das Auftreten der Fläche  $y$  abgeleitet.

Denkt man sich die Zeichenebene als die Symmetrieebene eines Orthoklaskrystalls, legt man ein Koordinatensystem so, daß der Anfangspunkt in den Krystallmittelpunkt, den sogenannten Keimpunkt, fällt, und wählt man

als eine Koordinatenachse  $\eta$  . . . die kryst.  $c$ -Achse,  
 „ zweite „ „  $\zeta$  . . . „ „  $b$ - „ ,  
 „ dritte „ „  $\xi$  . . . eine Gerade  $\perp$  zu den zwei  
 kristallographischen Achsen, so liegen die Flächen des Krystalls in bezug auf das Koordinatensystem so wie in Figur 13.

Die Lage jeder Fläche ist durch den Normalabstand des Anfangspunktes von ihr, das ist die relative Zentraldistanz und die Winkel, welche die Flächennormale mit den Koordinationsachsen einschließt, vollkommen bestimmt. Die relative Zentraldistanz gibt zugleich die Wachstumsgeschwindigkeit der zugehörigen Fläche an. Weil die Flächen  $P$  und  $y$  auf der Bildebene normal stehen, kann man in die Rechnung jene Linien einführen, die durch den Schnitt dieser Flächen mit der Bildebene entstehen. Die Linie  $B$  stellt die Schnittkante der  $l$ -Flächen vor.  $d_P$ ,  $d_B$ ,  $d_y$  sind die der Fläche  $P$ , der Kante  $B$  und der Fläche  $y$  beziehungsweise zugehörigen relativen Zentraldistanzen.

Die Gleichung von  $B$  lautet . . .  $\xi = d_B$

„ „ „  $P$  „ . . .  $\eta = \xi \cotg \gamma + \frac{d_P}{\sin \gamma}$

$$\left. \begin{aligned} \xi_1 &= d_B \\ \eta_1 &= d_B \cotg \gamma + \frac{d_P}{\sin \gamma} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Koordinaten des} \\ \text{Schnittpunktes R.} \end{array}$$



Fälle ich nun vom Punkte R auf y das Perpendikel, das ich, wenn Anfangspunkt und Schnittpunkt auf derselben Seite der Geraden y liegen, mit + p bezeichne, so hat es im zweiten Falle ein negatives Vorzeichen, heißt also - p. Wenn also  $p > 0$  ist, dann tritt die Fläche y nicht auf, wenn  $p = 0$  ist, dann haben wir den Grenzfall und wenn  $p < 0$  ist, dann ist die Möglichkeit, daß die Fläche y auftritt, gegeben.

Die Berechnung des Perpendikels erfolgt aus der Normalform

der Gleichung für y, welche lautet  $\frac{\eta + \xi \cotg z - \frac{dy}{\sin z}}{\sqrt{1 + \cotg^2 z}} = 0$  oder

$\eta \sin z + \xi \cos z - dy = 0$  und ergibt

$$p = - \left[ \sin z \left( d_B \cotg \gamma + \frac{d_P}{\sin \gamma} \right) + d_B \cos z - dy \right] \text{ oder}$$

$$p = dy - \frac{d_B \sin(z + \gamma)}{\sin \gamma} - \frac{d_P \sin z}{\sin \gamma}$$

Für  $p > 0$  . . . . muß dy  $\left\langle \frac{d_B \sin(z + \gamma) + d_P \sin z}{\sin \gamma} \right\rangle$  sein,

„  $p = 0$  . . . . „ dy  $= \frac{d_B \sin(z + \gamma) + d_P \sin z}{\sin \gamma}$  „ ,

„  $p < 0$  . . . . „ dy  $\left\langle \frac{d_B \sin(z + \gamma) + d_P \sin z}{\sin \gamma} \right\rangle$  „ . . . . . I.

Das Auftreten der Fläche y ist an die letzte Bedingung I geknüpft, welche besagt, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Fläche y größer wird, wenn der Krystall nach der c-Achse und ebenso, wenn er nach der a-Achse ein beschleunigtes Wachstum aufweist. Doch erzielt nach unserer Formel ein beschleunigtes Wachstum nach der a-Achse einen größeren Effekt als das nach der c-Achse, weil der Koeffizient von  $d_B$  nämlich  $\sin(z + \gamma)$  sicher größer ist als der Koeffizient von  $d_P$ .

Aus der Formel  $\frac{d_B \sin(z + \gamma) + d_P \sin z}{\sin \gamma}$  läßt sich die virtuelle Zentraldistanz der Fläche y berechnen.

## II. Das Auftreten der Fläche z.

In ganz ähnlicher Weise wie für die Fläche y läßt sich auch für die Fläche z eine Formel finden. Wählt man, wie

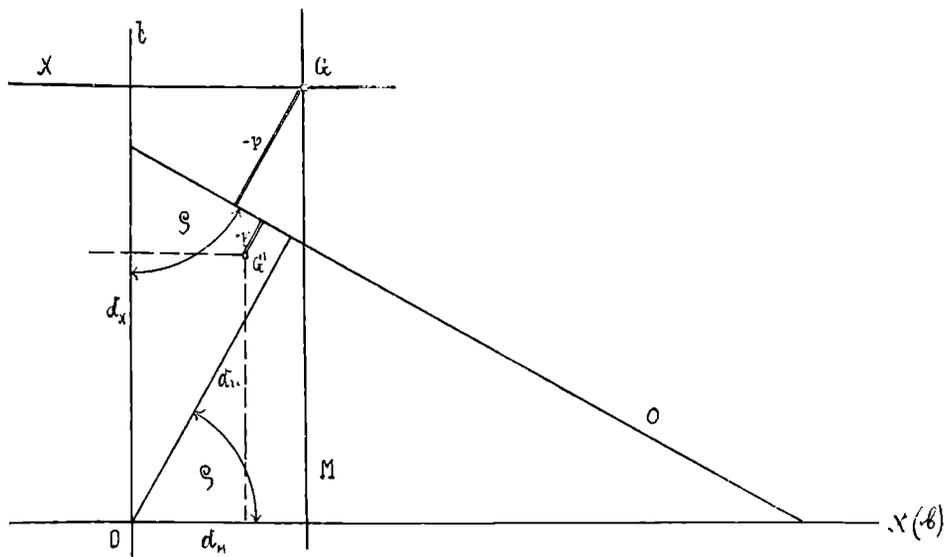




weshalb wir zur Ableitung unserer Formel  $x_v$  nehmen. Diese würde eine durch die beiden o-Flächen gebildete Kante abstumpfen.

In Fig. 16 ist Koordinatenachse  $x$  die kryst. b-Achse,  
 „  $t$  „ Flächennormale zu  $x$ ,  
 „  $w$  senkrecht zu beiden.

Fig. 16.



Die mit Hilfe dieser Figur abgeleitete Formel lautet

$$d_o < d_x \sin \rho + d_m \cos \rho \dots \dots \dots \text{IV.}$$

Da der Winkel  $\rho$  zirka  $63^\circ$  beträgt, so läßt sich leicht finden, daß ein rascheres Wachsen nach der  $c$ -Achse einen größeren Effekt für das Auftreten der  $o$ -Fläche haben muß als ein rascheres Wachsen nach der  $b$ -Achse.

b) Will man aber das Verhalten der Fläche  $o$  zur Fläche  $y$  kennen lernen, so muß man, weil die Formel IV darüber keinen Aufschluß gibt, folgendermaßen vorgehen: Wählt man, wie in Fig. 17, als

Koordinatenachse  $\eta$  die krystall.  $c$ -Achse, als  
 „  $\xi$  eine Normale auf die Kante B, als  
 „  $\varphi$  die krystall.  $b$ -Achse,



erhält man eine neue Bedingung für das Auftreten der Fläche o, nämlich

$$do < \frac{d_B \sin \rho \sin (\beta + \gamma) + d_P \sin \rho \sin \beta}{\sin \gamma} \dots \dots \dots V.$$

Aus der Formel V läßt sich erkennen, daß die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Fläche o und deshalb auch für das Auftreten der durch die o-Flächen gebildeten Kante  $x_v$  größer wird, wenn der Krystall nach der c-Achse oder nach der a-Achse rascher wächst. Doch muß nach der Formel V ein rascheres Wachsen in der Richtung der Normalen zur Kante B einen etwas größeren Effekt erzielen als eine gleichgroße Beschleunigung des Wachstums in der Richtung der Normalen zur Fläche P und nach Formel IV hat wieder die letztere Richtung einen kleinen Vorsprung gegenüber einem rascheren Wachsen in der Richtung der c-Achse.

Sowie bei der Formel I bedeutet auch bei den Formeln II—V die linke Seite der Ungleichung die relative Zentraldistanz der in Betracht kommenden Fläche, die rechte Seite aber immer deren virtuelle Zentraldistanz, weshalb wir aus den fünf Formeln noch nachstehende allgemeine Folgerung ziehen können: Das Auftreten der eine Kante oder eine Ecke abstumpfenden Fläche wird in dem Maße wahrscheinlicher, als sich der Unterschied ihrer virtuellen Zentraldistanz über die relative Zentraldistanz vergrößert. Zahlreiche Beobachtungen können durch die abgeleiteten Formeln und durch den zuletzt ausgesprochenen Satz erklärt werden. Vollkommen einwandfrei sind aber nur jene Beobachtungen, die sich auf Krystalle desselben Fundortes beziehen. Auffallende Verschiedenheiten in der Krystalltracht zeigen aber nur jene Krystalle, die in ihren relativen Zentraldistanzen großen Schwankungen unterworfen sind, wie die Krystalle von Val Floriana und von Procchio. Das zu Beginn dieses Kapitels über die o-Flächen der Krystalle von Procchio Gesagte wurde etwas weniger auffallend auch an den Krystallen von Val Floriana beobachtet. Dieses Verhalten der Fläche o findet in den Formeln IV und V seine Erklärung. Ähnliche Beobachtungen, die für die Flächen z und n gemacht wurden, finden ihre Bestätigung in den Formeln II und III.

Doch läßt auch der Vergleich von Krystallen verschiedener Fundorte manches auffällig hervortreten.

Von den einfachen Krystallen trugen nur die Krystalle von Good-Springs mit der kleinsten virtuellen Zentraldistanz von  $y$  keine  $y$ -Fläche. Die Krystalle von Pikes-Peak mit der nächst größeren  $a$ -Achse hatten schon kleine  $y$ -Flächen.

Die Krystalle von Wunsiedl trugen fast durchwegs die Fläche  $z$ , die weder an den Krystallen von Pikes-Peak noch an jenen von Good-Springs beobachtet wurde. Die Tabellen bieten noch manchen anderen Aufschluß, worauf ich nicht weiter eingehe.

Zum Schlusse möchte ich noch folgende, hauptsächlich an den Zwillingen des Orthoklases gemachte nicht uninteressante Beobachtung erwähnen:

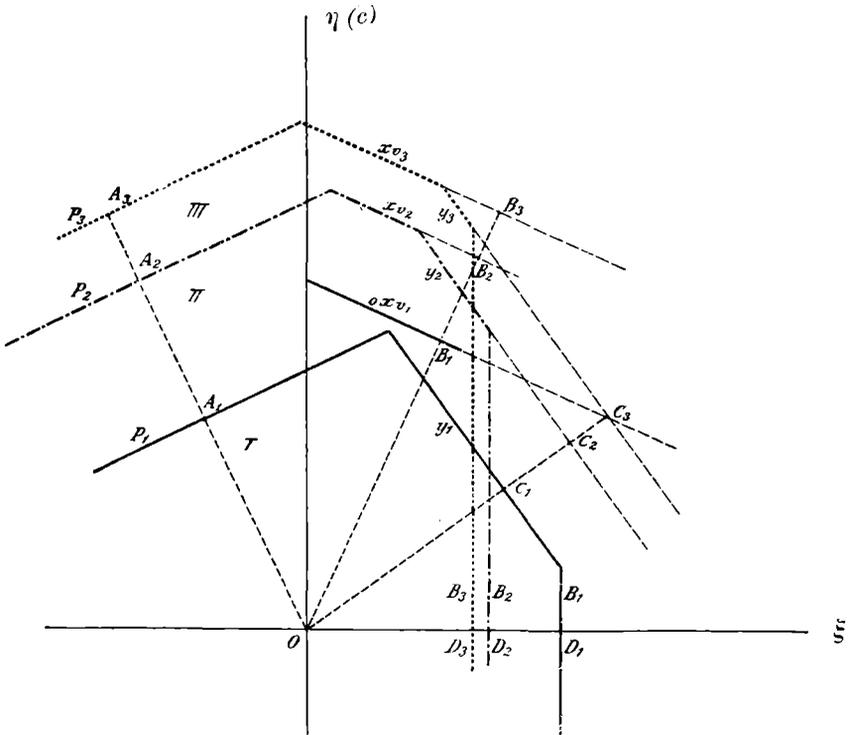
Im Laufe der Untersuchung fiel es mir auf, daß bei den Krystallen mit größerer  $c$ -Achse die Zentraldistanz für  $P$  auffallend größer war als für  $y$ . Bei Krystallen mit kleinerer  $c$ -Achse war häufig die Zentraldistanz für die Fläche  $y$  größer als für die Fläche  $P$ , wie aus der folgenden kleinen Tabelle ersichtlich ist:

	Die relative Zentraldistanz für die Fläche	
	$P$ (001)	$y$ (201)
Four la Brouque .	1·028	1·105
Kaltenhof .	1·053	1·148
Wunsiedl .	1·225	1·104
Val Floriana .	1·276	1·160
Procchio .	1·657	1·291

Die Tatsache, daß bei einer Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeit nach der  $c$ -Achse die Fläche  $P$  auffallend rascher wächst als die Fläche  $y$ , konnte auch bei den Messungen von Krystallen des selben Fundortes beobachtet werden, wie bei den Krystallen von Val Floriana und insbesondere bei jenen von Procchio. Die folgende Tabelle enthält nun die relativen Zentraldistanzen der Flächen  $P$ ,  $y$ ,  $x$ , und  $o$  sowie der Kante  $B$  von vier Zwillingkrystallen von Procchio, und zwar sind die Krystalle nach der Größe der relativen Zentraldistanzen von  $P$  geordnet:

	P (001)	y ( $\bar{2}01$ )	$x_v$ ( $\bar{1}01$ )	o ( $\bar{1}11$ )	B
1. Krystall . . .	1·097	1·078	—	—	1·120
2. „ . . .	1·420	1·258	—	—	0·836
3. „ . . .	1·720	1·437	1·800	1·540	0·808
4. „ . . .	2·020	—	2·020	1·816	0·764

Fig. 18.



Außer dem Verhalten der beiden Flächen P und y, das dem in der vorigen Tabelle angegebenen ziemlich ähnlich ist, läßt sich noch folgendes angeben:

Die Fläche y wird in dem Maße kleiner, als der Krystall nach c gestreckter erscheint, weil die o-Flächen auftreten und immer größer werden. Endlich verschwindet die Fläche y fast ganz.

Noch auffallender dürften die Verhältnisse in Fig. 19 hervortreten, die die Krystalle Nr. 1, 2 und 3 der letzten Tabelle gezeichnet enthält.

$$\begin{array}{cccc}
 \overline{OA_1} = d_{P_1} & \overline{OB_1} = dx_v & \overline{OC_1} = dy_1 & \overline{OD_1} = d_{B_1} \text{ des Krystalls Nr. 1} \\
 \overline{OA_2} = d_{P_2} & \overline{OB_2} = dx_{v_2} & \overline{OC_2} = dy_2 & \overline{OD_2} = d_{B_2} \text{ „ „ Nr. 2} \\
 \overline{OA_3} = d_{P_3} & \overline{OB_3} = dx_{v_3} & \overline{OC_3} = dy_3 & \overline{OD_3} = d_{B_3} \text{ „ „ Nr. 3}
 \end{array}$$

Die Schnitt- und Zeichenebene sind zur Symmetrieebene parallel.

Es sind annähernd tatsächliche Verhältnisse zur Konstruktion verwendet worden. Der Wert  $\overline{OB_1}$  wurde durch Proportion berechnet. Man ersieht aus der Zeichnung, daß  $y$  immer kleiner wird und bei einer kleinen weiteren Verschiebung der Zentraldistanzen leicht ganz verschwinden kann.

Aus der letzten Tabelle sowohl wie auch aus der Fig. 18 erkennt man, daß die Wachstumsgeschwindigkeiten in der Richtung der Flächennormalen der Fläche P eine rapide Steigerung aufweisen. Auch die Flächen  $y$  und  $o$  sowie die Kante  $x_v$  zeigen eine solche Steigerung an, die aber in dem Maße geringer wird, als die Richtungsabweichung ihrer Flächennormalen von jener der Fläche P zunimmt. In der Normalen zur Kante B ist eine Beschleunigung des Wachstums nicht mehr zu bemerken. Wenn also der Krystall die Tendenz hat, nach einer molekularen Richtung aus irgend einem Grunde schneller zu wachsen, so werden diejenigen Flächen deren Flächennormalen von dieser Richtung am wenigsten abweichen, daran am stärksten und in dem Maße schwächer in Mitleidenschaft gezogen, als die Abweichung ihrer Flächennormalen von jener molekularen Richtung — das ist der Winkel, den die beiden Richtungen einschließen — größer wird. Wie nun die Fig. 18 zeigt, kann diese verschiedenartige Zunahme der Wachstumsgeschwindigkeiten die Ursache sein, daß neue Flächen am Krystall zum Vorschein kommen, kann aber auch das Verschwinden einer sonst vorhandenen Fläche bedingen.

Meine Untersuchung wurde von verschiedenen Seiten unterstützt und gefördert.

Ganz besonderen Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. F. Becke, der mir in unermüdlicher und selbstloser Weise wertvolle Winke zukommen ließ. Für die Überlassung des Materials bin ich den Herren Prof. Dr. F. Becke, Reg.-R. Prof. Dr. F. Berwerth, Demonstrator F. Cornu, Gymn.-Prof. Josef Hoffmann, Dr. R. Koechlin, Gymn.-Prof. Dr. K. Kürschner, Dr. F. Perlep und Sektionsgeologen Doktor B. Trener zu großem Danke verpflichtet. Herr Realschulsupplement Ferdinand Bachl stand mir mit seiner Sachkenntnis bei der Ableitung der analytischen Formeln getreulich zur Seite.

(In der Mitte der Fig. 17 lies statt  $d$ ,  $d_{xy}$ .)

---