

ÜBER DIE AUSBILDUNG  
 DER  
 KRISTALLFORM BEI CALCITZWILLINGEN  
 VON  
 STEFAN KREUTZ.

*Mit 5 Tafeln und 10 Textfiguren.*

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 15. FEBRUAR 1906.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung . . . . .	2	[16]
1. Methode der Untersuchung . . . . .	9	[23]
2. Zwillinge nach (111) . . . . .	16	[30]
a) Zwillingkristalle von Moldowa . . . . .	16	[30]
b)       »       » Derbyshire . . . . .	18	[32]
c)       »       » Ofen . . . . .	19	[33]
d)       »       » Gastein . . . . .	20	[34]
e)       »       » Ural . . . . .	21	[35]
f)       »       » Chichuahua . . . . .	21	[35]
3. Zwillinge nach (100) . . . . .	23	[37]
a) Zwillingkristalle von Egremont, I. Gruppe A) (prismatischer Habitus) . . . . .	23	[37]
b)       »       »       » II.   » B) (Vizinalflächen, Genauigkeit des Zwillingsgesetzes) . . . . .	29	[43]
c)       »       »       » II.   » (pyramidaler Habitus) . . . . .	34	[48]
d)       »       »       » III. » (kurz-prismatischer Habitus) . . . . .	38	[52]
e)       »       »       » IV.  » . . . . .	39	[53]
f)       »       »       » V.   » (skalenoedrischer Habitus) . . . . .	40	[54]
g)       »       » Eyam, Derbyshire . . . . .	41	[55]
h)       »       » New-Yersey . . . . .	42	[56]
i)       »       » Moravicza . . . . .	43	[57]
4. Zwillinge nach (110) . . . . .	44	[58]
a) Zwillingkristalle von Guanajuato . . . . .	44	[58]
b)       »       » Offenbanya . . . . .	46	[60]

c) Zwillingkristalle von Moldova . . . . .	46	[60]
d) » » Bergen Hill (N. Y.) . . . . .	47	[61]
e) » » Lake Superior . . . . .	48	[62]
f) » » Hollersbaeh . . . . .	50	[64]
5. Zwillinge nach (111) . . . . .	52	[66]
a) Zwilling von Schemnitz . . . . .	52	[66]
b) » von Gotzenalpe . . . . .	53	[67]
» » Lend . . . . .	53	[67]
c) » » Derbyshire . . . . .	54	[68]
6. Allgemeine Betrachtungen . . . . .	55	[69]
7. Resultate . . . . .	64	[78]
Anhang . . . . .	65	[79]

## Einleitung.

Zur Untersuchung des Einflusses der Zwillingsbildung auf die Form der Kristalle scheint der Kalkspat sehr geeignet zu sein aus folgenden Gründen:

1. Wegen der Häufigkeit des Vorkommens ist es möglich, aus vielen Fundorten die in den Sammlungen sehr zahlreich vertretenen Kristalle der Untersuchung zu unterziehen und, da in der kristallographischen Forschung der Calcit eine sehr wichtige Rolle hat, die sehr reiche, den Kalkspat betreffende Literatur auszunützen.

2. Der Kalkspat besitzt einen solchen Formenreichtum, wie er kaum an einem anderen Minerale zu finden ist. Findet sich bei verschiedenen Typen und Kombinationen derselbe Einfluß, so gewinnen die Schlüsse an Sicherheit und Allgemeinheit.

3. Die Leichtigkeit, mit welcher der Kalkspat beim Kristallisieren äußeren Einflüssen unterliegt, zeigt sich auch in den so oft auftretenden zahlreichen Vizinalflächen. Diese sowie andere Wachstumserscheinungen, wie Flächenbeschaffenheit u. a. erlauben den Vorgang des Wachstums zu verfolgen.

4. Die hohe Symmetrie des Kalkspates erlaubt alle Unregelmäßigkeiten in der Ausbildung sogleich zu erblicken, während dies bei wenig symmetrischen Kristallen viel schwerer ist.

Die große Zahl der Calcitstufen verdanke ich den Wiener Sammlungen und ich komme nur meiner angenehmen Obliegenheit nach, indem ich den Herren Vorständen der öffentlichen Sammlungen in Wien, namentlich dem Direktor der mineral. Abteilung des kais. Hof-Museums, Prof. Dr. Berwerth, und dem Kustos derselben Dr. Köchlin, dem Direktor der k. k. Geologischen Reichsanstalt, Hofrat Dr. Emil Tietze, den Vorständen der Wiener Universitätsinstitute, meinen Lehrern Hofrat Dr. Tschermak und Prof. Dr. F. Becke, ferner den Mitgliedern der Wiener Mineralogischen Gesellschaft, Sr. Exzellenz v. Klepsch, Komzialrat Weinberger und Dr. Lechner, für die liberale Erlaubnis, die Sammlungen durchzusehen und das ausgewählte Material untersuchen zu dürfen, aufs beste danke. Besonders fühle ich mich verpflichtet, dem Leiter des Mineralogischen Instituts der Universität in Wien, in welchem ich die Untersuchung ausgeführt habe, Herrn Prof. Dr. F. Becke, meinen verbindlichsten Dank für das Interesse, welches er meiner Arbeit gewidmet und sie mit wahrer Aufopferung durch Belehrung, Rat, Hilfe und Anweisungen dauernd gefördert hat, hier auszusprechen.

Verzerrte Zwillinge sind in der Literatur längst bekannt.

Bournon<sup>1</sup> (1808) gab der erste eine Zeichnung der herzförmigen Calcitzwillinge nach (100) von Derbyshire. Er leitet sie durch Hemitropie von einem verzerrten einfachen Kristall ab. In den Tafeln zu seinem »Catalogue«<sup>2</sup> bildet er eine Reihe von Zwillingen nach (110) von den Inseln Ferrée, von der Kombination (605), die alle sehr stark verzerrt sind, ab. Manche davon zeigen nur je eine Hälfte jedes Individuums, manche aber haben mehrere einspringende Winkel.

In einer Reihe von Mitteilungen gab Haidinger<sup>3</sup> eine sehr wichtige Monographie der Zwillinge.

Nach einer allgemeinen Einleitung behandelt er zuerst das tesserale System. Zwischen vielen anderen ist auch die Form eines nach der Oktaederfläche abgeplatteten »Spinellzwilling« abgebildet.

Bei den Zwillingen des rhomboedrigen Systems haben für ihn die Zwillinge mit geneigten Hauptachsen ein besonderes Interesse, »nicht nur wegen der Position der Individuen, aber auch wegen der Art, in welcher ihre Substanz sich in Bezug auf die Verwachsungsebene ausgebreitet hat.«

Von den abgebildeten Zwillingen zeichnen sich durch charakteristische Verzerrung der von Bournon zuerst abgebildete »heart shaped«-Zwilling, der gewöhnliche herzförmige Skalenoeidzwilling von Derbyshire (Kombination  $2\bar{1}1, 20\bar{1}$ ) und die bekannte Form der Zwillinge von Faröer aus.

Die Beobachtung, daß Zwillinge nach der Zwillingsebene plattig sind, als wenn die beiden Zwillingindividuen durch einen gegenseitigen Druck ineinander gedrängt worden wären, ist in Beudant's Lehrbuch ganz deutlich ausgesprochen.<sup>4</sup>

Der erste, der die verzerrte Kristallform der Zwillinge als etwas Wesentliches erkannte, war Chr. Samuel Weiss (1829).<sup>5</sup>

Es ist direkt die Frage des Einflusses der Zwillingsbildung, mit welcher er sich hauptsächlich beschäftigt. An den Zwillingen von Derbyshire betont er das regelmäßige Verdrängen der im einspringenden Winkel liegenden Flächen durch gleichartige, welche aber hier einen ausspringenden bilden.

Dies schreibt er dem Einflusse zu, welchen bei Zwillingskristallisationen während des Fortwachsens ein Individuum auf das andere ausübt. Die Verzerrung der Zwillinge betrachtet er als unmittelbare Folge der allgemeinen Massenanziehung.

Auch die tafelige Form der Quarzzwillinge nach (1122), wird analog wie bei Kalkspatzwillingen erklärt.

Er beschreibt folgenden interessanten Fall (nach unten ist nur ein Individuum allein fortgewachsen):

»Hier, wo kein Zwillingskonflikt stattfand, hörte das Tafelige sofort auf; dasselbe Individuum endete hier in gewöhnlicher Symmetrie.«

Er bemerkt, daß derselbe Einfluß unleugbar auch bei einer Menge der gewöhnlichen Zwillingskristalle vorhanden sei, z. B. des Zinnsteins, des speerförmigen Binarkieses u. s. w., »nur sind es häufig Flächen verschiedener Art die wachsen, gegen diejenigen, welche verschwinden, und dann liegt es weniger am Tage, was dem Zwillingsseinfluß und der Gestalt der Individuen angehört.«

Seine Abhandlung übt aber den ihrem Wert entsprechenden Einfluß auf die späteren Untersuchungen nicht aus.

<sup>1</sup> Bournon: *Traité complet de la chaux carbonatée et de l'arragonite*. Londres, 2 vol., 1808.

<sup>2</sup> Bournon: *Catalogue de la collection Mineralogique particuliere du roi*. Paris 1817.

<sup>3</sup> On the Regular composition of crystallized bodies by W. Haidinger. *The Edinburgh Journ. of science conducted by D. Brewster*. Vol. 1, 1826, p. 58.

<sup>4</sup> Beudant: *Lehrbuch der Mineralogie*. Deutsch übersetzt von Hartmann. Leipzig 1826.

<sup>5</sup> Über herzförmig genannte Zwillinge von Kalkspat und gewisse Analogien von Quarz. *Abhandl. d. kön. Akad. d. Wissensch.* Berlin 1829.

Naumann (1830)<sup>1</sup> widmet dieser Erscheinung den § 563a »Verkürzung der Individuen«. Er bemerkt, daß die Verkürzung der Zwillingkristalle in der Richtung der Zwillingssachse häufig so weit geht, daß Kristalle von nach allen Richtungen ungefähr gleicher Ausdehnung oder sogar von einer vorherrschenden als Zwillinge tafelig erscheinen, indem die beiden auf der Zwillingssachse senkrechten Flächen vorherrschend, die übrigen aber sehr untergeordnet ausgebildet sind.

Im Jahre 1837 erschienen im Atlasse von Levy<sup>2</sup> Abbildungen schöner Zwillinge, welche sehr eigentümlich ausgebildet sind. Es sind dies Zwillinge von Streifenberg, Nertschinsk nach (110), Kongsberg Zwillinge nach (111) Fig. 6, und die herzförmigen von Derbyshire.

In den Erklärungen zu diesen Tafeln charakterisiert er diese Ausbildung als durch übermäßige Ausdehnung zweier Flächen entstanden.

Kobell<sup>3</sup> weist darauf hin, daß an Zwillingen infolge der Ausdehnung mancher Flächen »die Bildung verborgen gemacht wird«. An einem Zwilling nach  $-\frac{1}{2}R$  von Moldova, Banat, sind diejenigen Flächen, welche der »Drehungsfläche« parallel sind, stark in die Länge gezogen, die übrigen dagegen ganz klein.

Noch früher (1828)<sup>4</sup> beschrieb er skatenoedrische Zwillinge nach  $-2R$  von Berchtesgaden, Bayern. Dies wird wohl die erste Mitteilung über solche Zwillinge sein.

Scheerer (1845)<sup>5</sup> beschreibt von dem Kupferwerke Alten Zwillinge, die rhombischen Säulen ähnlich sind, oben mit schwalbenschwanzähnlicher Zuspitzung. Es sind dies verzernte Zwillinge nach (111), die den von Levy abgebildeten sehr ähnlich sind. Eine Zeichnung illustriert diese Ausbildung. Die Verzerrung ist sehr auffallend.

In den »Anfangsgründen der Kristallographie« führt Naumann<sup>6</sup> bei der Besprechung der Unvollkommenheiten der Kristallformen an, daß Verzerrungen der wahren Form namentlich an manchen Zwillingkristallen vorzukommen pflegen.

Verzernte Zwillinge von Alten nach (111), ausgestellt in der Pariser Ausstellung 1855, wurden noch einmal von Sella<sup>7</sup> abgebildet (siehe Scheerer). Er beschrieb auch sehr stark verzernte Zwillinge nach (110) von Andreasberg und bildete sie ab.

Vom Rath<sup>8</sup> erwähnt eine Beschreibung der Calcitzwillinge aus dem Justitale (Schweiz), welche wegen großer Ähnlichkeit mit Gypszwillingen trotz der Spaltbarkeit und anderer Eigenschaften dem Verfasser verdächtig schienen, und erst eine genaue chemische Analyse hat seine Bedenken beseitigt.

Vom Rath<sup>9</sup> beschreibt unter andrem Zwillinge von Faröer nach (110), welche wie jene aus dem Justitale, eine ähnliche Ausbildung wie die von Levy von Nertschinsk im Ural gezeichneten zeigten. Er begnügte sich aber nur mit dem Hinweis auf diese Ähnlichkeit.

Nach Adolf Knop (1867)<sup>10</sup> steht die Zwillingbildung mit der Wachstumsart der Kristalle in direktem Zusammenhange und die Zwillingachsen erscheinen als Molekularlinien. Diese stellen die geometrisch und mechanisch einfachsten Gleichgewichtslagen der Moleküle dar und sind Wachstumsrichtungen der Kristalle, d. i. Richtungen, nach welchen eine maximale Anziehung der Atome sich bemerkbar macht.

<sup>1</sup> Dr. Karl Friedr. Naumann: Lehrbuch der reinen und angewandten Kristallographie. Bd. 2, 1830.

<sup>2</sup> Levy: Description d'une collection de Mineraux formée par M. Heuland. Londres 1837.

<sup>3</sup> F. v. Kobell: Hemitropien von Kalkspat. Journ. f. praktische Chemie, herausgeg. von Erdmann und Marchand. Bd. 18, Jahrg. 1838.

<sup>4</sup> F. v. Kobell: Kristallographische Bemerkungen. Archiv f. ges. Naturlehre, herausgeg. v. Dr. K. W. G. Kastner. Bd. XIII, Nürnberg 1828.

<sup>5</sup> Scheerer: Beiträge zur Kenntnis der norwegischen Mineralien. Pogg. Ann. 65. Jahrg., 1845.

<sup>6</sup> Dr. Karl F. Naumann. Leipzig 1854.

<sup>7</sup> Sella: Mem. Ac. d. s. d. Tor. XVII.

<sup>8</sup> Pogg. Ann. 132, 1867 (Studer: Mitt. d. naturhist. Gesellschaft in Bern. 1867).

<sup>9</sup> L. c.

<sup>10</sup> A. Knop: Molekularkonstitution und Wachstum der Kristalle. Leipzig 1867.

Karl Klein<sup>1</sup> beschäftigte sich mit der Frage, wie sich die Symmetrieverhältnisse an verzerrten Zwillingen in Bezug auf die vom diesbezüglichen Kristallsystem vorgeschriebene Symmetrie gestalten. Daneben bildet der erste Teil dieser Abhandlung eine besonders genaue Zusammenstellung der Literatur über die Zwillingskristalle.

Interessante Mitteilungen über Kristallverzerrungen finden sich in den Werken von Quenstedt, Haidinger, Weisbach (1858, Über die Monstrositäten tesseraler Kristalle).

Im Jahre 1870 erschien eine Abhandlung von Scharff<sup>2</sup> unter dem Titel: »Über den Einfluß des Zwillingsbaues auf die Gestaltung der Kristalle des Kalkspates«.

Als Eigenschaften der Zwillinge führte er folgende an:

1. An den Zwillingen nach OR sind die positiven Skalenoderteile von anderer Beschaffenheit als die negativen, nämlich die letzteren zeigen eine Anschwellung, als ob der Kristall zuletzt noch hier gewachsen wäre. Sonst ist die Ausbildung dieser Zwillinge nicht wesentlich verschieden von der der einfachen Kristalle.

2. Von anderen Zwillingsgesetzen beschäftigte er sich hauptsächlich mit Zwillingen tafelförmiger Individuen nach  $-\frac{1}{2}R$  vom Maderaner Tale, wobei er hauptsächlich die Art der Verbindung einzelner Zweigkristalle mit den Haupttafeln bespricht. Sonst standen dem Verfasser nur Spaltungsstücke zur Verfügung; als Beispiele der Zwillinge nach diesem Gesetze, die eine merkwürdige Form zeigen, führte er Zwillinge von Antrim, von den Faröern, Streifenberg und von dem Justitale an.

3. Die von Weiss betonte ungleichmäßige Ausbildung der Zwillinge nach dem Hauptrhomboeder von Derbyshire betrachtet er im Gegensatz zu Weiss nicht als Wirkung der Massenanziehung, sondern als Folge einer Störung oder Steigerung der bauenden Tätigkeit der Kristalle.

Als wichtig führt er an, daß an Kristallstufen von Liskeard Zwillinge, obgleich anscheinend jünger als die einfachen Kristalle, doch größer als diese sind. Auch Vom Rath beschreibt von demselben Fundorte große Zwillinge der Kombination  $-14R, -\frac{1}{2}R, -2R, OR$ ; die viel kleineren einfachen Kristalle zeigen  $\infty R, -4R, -2R$ .

Ob diese abweichende Ausbildung der Zwillinge etwas Wesentliches ist, konnte Scharff wegen Mangel an Material nicht entscheiden.

4. Von den Zwillingen nach  $-2R$  hatte er nur einen etwas verzerrten Kristall von Matlock zur Verfügung. Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, ist die Verzerrung von derselben Art wie an den von Scheerer beschriebenen Kristallen.

Besondere Aufmerksamkeit widmet Sadebeck<sup>3</sup> dem Einflusse der Zwillingsbildung.

Er hebt hervor die Verkürzung der Individuen in der Richtung der Zwillingsachse an Zwillingen, deren Zusammensetzungsfläche die Zwillingschse ist, wodurch die Individuen sogar tafelförmig erscheinen. Eine Abweichung von der regelmäßigen Ausbildung an Zwillingen findet er in folgenden Erscheinungen:

1. Ein Zwillingsindividuum ist regelmäßig größer als das andere und beide Individuen haben keinen gemeinsamen Mittelpunkt.

2. Die einspringenden Winkel kommen weniger zum Vorschein als bei regelmäßig gedachten, einerseits infolge der Verkürzung der Individuen in der Richtung senkrecht zu der Zusammensetzungsfläche (Oktaederzwilling), andererseits durch das Erscheinen neuer Flächen (Tetraederzwilling — das Triakisoktaeder  $\frac{2}{3}O$ , Bleiglanzwilling — ein Ikositetraeder etc.).

<sup>1</sup> Über Zwillingsverbindungen und Verzerrungen und ihre Beziehungen zu den Symmetrieverhältnissen der Kristallsysteme von Dr. Karl Klein, Heidelberg. 1869. 8°.

<sup>2</sup> N. J. f. M. 1870.

<sup>3</sup> Alexander Sadebeck: Angewandte Kristallographie. Berlin 1876.

Verschwindet der einspringende Winkel vollständig, so erkennt man die Zwillingsbildung nur an der stärkeren Entwicklung mancher Flächen (Fahlerz).

An den Calcitzwillingen von Derbyshire nach (100) wird die übermäßige Ausdehnung zweier Skalenoederflächen gegen die Zwillingsgrenze hin und das dadurch bewirkte Zurücktreten der Eigensymmetrie gegenüber der durch die Zwillingsbildung erzeugten Symmetrieebene betont.

Ludwig Wulff<sup>1</sup> spricht die Ansicht aus, daß die bisherigen Vorstellungen über das Wachstum der Kristalle, nämlich die Vorstellung, daß das Wachstum durch Anlegen neuer Molekeln in paralleler Stellung zu jeder Fläche geschieht, zu einfach sind und eine Art von Einschaltung der Molekeln stattfinden müsse.

An Zwillingen würde diese Einschaltung längs der Zwillingsgrenze zu stande kommen, wodurch sich ihre Form erklären würde.

Mügge<sup>2</sup> bemerkt gelegentlich seiner Untersuchung über die Zwillingsbildung von Chlorbaryum, daß die Zwillinge von Spinell, Diamant, Bleinitrat, ferner die Albit- und Periklinzwillinge tafelig nach der Verwachsungsebene sind.

Trotz der zahlreichen Beobachtungen verzerrter Zwillingskristalle fehlte noch eine genaue Darstellung und klare Auffassung des Wesentlichen dieser Erscheinung, also einer glimpflichen Deutung derselben.

Erst in der Arbeit<sup>3</sup> von Becke über den Dolomit findet sich zwar kurz, aber überzeugend die Ansicht ausgesprochen, daß längs der Zwillingsgrenze ein vermehrtes Wachstum stattfindet. Dazu führte ihn die Beobachtung, daß an Dolomitzwillingen die Visinalflächen und die Zwillingsbildung im Zusammenhange stehen; die Lage der nur an der Zwillingsgrenze auftretenden Flächen beweist, daß hier vorzugsweise der Substanzabsatz stattgefunden hat. Becke zeigt auch, daß dieses verstärkte Wachstum vom Standpunkte der Molekulartheorie durch das Vorhandensein einspringender Winkel und durch das Zusammenwirken zweier Molekularordnungen, welche gewisse Richtungen gemeinsam haben, sich erklären ließe. Er nennt eine Reihe von Mineralien, deren Zwillinge als Belege für die Richtigkeit seiner Theorie dienen (Bleiglanz, Fluorit, Zinnstein, Pyrrargyrit, Diamant, Scheelit).

Die Resultate dieser Arbeit werde ich im weiteren noch eingehender besprechen müssen.

In dieser Zeit veröffentlichte Miers<sup>4</sup> eine Beschreibung prächtiger Calcitkristalle von einem neuen Fundorte, aus Egremont, und im Jahre 1891 beschrieb Pirsson<sup>5</sup> solche aus Guanajuato in Mexico.

Die Verfasser geben eine sehr genaue Beschreibung des Habitus der Zwillinge, die sehr stark verzerrt sind; auf die Erklärung dieser Erscheinung gehen sie aber nicht ein.

Über das Wachstum der Zwillinge spricht sich Beckenkamp<sup>6</sup> in seiner zweiten Mitteilung »Zur Symmetrie der Kristalle« aus.

Die von Mügge beobachteten Fälle erklärt er in folgender Weise: »Da an der Zwillingsgrenze infolge des Zusammentreffens zweier gleicher Pole die größte Fernwirkung vorhanden sein muß, so erklärt sich hieraus, daß die Kristalle so weiter wachsen, daß die beiden Individuen eine möglichst große Fläche gemeinsam haben.«<sup>7</sup>

Cesar<sup>8</sup> schreibt 1900 das Auftreten einer Fläche mit den Indizes (577) an einem Gipszwilling dem Einflusse der Zwillingsbildung zu.

<sup>1</sup> L. Wulff: Wachsen die Kristalle nur durch Juxtaposition neuer Molekeln? Z. f. K. X, 1885.

<sup>2</sup> N. J. f. M. 1888.

<sup>3</sup> Fr. Becke: Ein Beitrag zur Kenntnis der Kristallformen des Dolomit. Mineral. petrogr. Mitt., Bd. X, 1889, p. 135.

<sup>4</sup> Miers: Calcites of the neighbourhood of Egremont Cumberland. Mineralog. Magazin 1889, 8, 149. Nr. 38 gelesen 1888.

<sup>5</sup> Louis Pirsson: On some remarkably developed Calcite crystals. Americ. Journ. of sc. 1891, vol. 41.

<sup>6</sup> Z. f. K. XIX, 1891, p. 263—264.

<sup>7</sup> Diese Anschauung, obgleich auf ganz anderem Wege und ganz unabhängig von Becke, hat mit der Becke'schen Theorie der Wirkung der gemeinsamen Kräfte viel Analogie.

<sup>8</sup> Ref. Z. f. K. XXVIII.

Verzerrte Zwillinge waren im Jahre 1900 hauptsächlich Gegenstand einer interessanten Abhandlung von Penfield und Ford.<sup>1</sup>

Zwillinge von Union Springs gaben Anlaß dazu; Penfield betont die ungleichmäßige Ausdehnung einzelner Flächen in Bezug zu den anderen. Er betonte die ähnliche Art der Verzerrung bei den Zwillingen von Union Springs und bei früher beschriebenen Zwillingen. Der merkwürdigen Verzerrung wegen bildete er neben anderen einen Zwilling nach (100) von Pallaflat, Cumberland, ab.

Diese Verzerrungen wurden von Beckenkamp<sup>2</sup> in derselben Weise wie die von Mügge angeführten erklärt.

Nach Viola<sup>3</sup> liegt das Wesen der Zwillingsbildung in dem Zusammenfallen der Elemente beider Individuen.

Dabei kommt es auf das Zusammenfallen einer wahrscheinlichsten Richtung, respektive einer wahrscheinlichsten Fläche an.

Aus dem Habitus der Kristalle kann man auf das wahrscheinlichste Zwillingsgesetz schließen und umgekehrt aus »der Art der Zwillingsbildung kann man den Habitus des Kristalls, welcher im Moment der Verbindung der Zwillingsindividuen stattfand, ableiten«. Den drei häufigsten Habitus der Feldspatzwillinge entsprechen drei häufigste Zwillingsgesetze.

Er untersuchte das Verhalten zweier dünner Feldspatstäbchen in einer Flüssigkeit von demselben spezifischen Gewichte.<sup>3</sup>

Neuerdings hat Prof. Becke<sup>4</sup> in einer kurzen Note auf die Dimensionen und das Größenverhältnis der Orthoklaszwillinge im Vergleich zu den einfachen Kristallen derselben Bildungsperiode aufmerksam gemacht.

Die in einem Block im Val Floriana (herstammend von Cima Lagorai) gefundenen Karlsbader Zwillinge sind bedeutend größer als die einfachen Kristalle. Der größte Zwilling hat 29 g, während ein ebensolcher einfacher Kristall nur 3 g wiegt. Während die Dimensionen in den Richtungen der a- und b-Achsen an beiden Arten von Kristallen ungefähr gleich sind, sind die Zwillinge in der Richtung der Kante M : T viel mehr ausgedehnt als die einfachen Kristalle, d. h., sie sind tafelförmig nach der M-Fläche, während die einfachen Kristalle säulenförmig nach der a-Achse sind.

Es wird auch auf den Einfluß der Zwillingsbildung an anderen Zwillingsgesetzen des Feldspates hingewiesen. Besonders an triklinischen Feldspaten sind die Albitzwillinge tafelförmig nach M, die Periklinzwillinge säulenförmig nach b; auch die herzförmige Form der Calcitzwillinge von Egremont wird angeführt.

Alle diese Erscheinungen bekräftigen seine frühere Anschauung über das Wachstum der Zwillinge.

In der letzten Zeit unterwirft Mügge<sup>5</sup> die Wachstumsverhältnisse der Zwillinge dem Prinzip der kleinsten Oberflächenenergie, indem die freie Oberfläche der Zwillinge durch das Tafeligwerden nach der Zusammensetzungsfläche vermindert wird, andererseits einspringende Winkel durch das Auftreten der Vizinalflächen (Flußspat, Bleiglanz, Chabasit, Feldspat, Aragonit) möglichst »vermildert« werden.

Goldschmidt<sup>6</sup> und Nicol behandeln eine nahestehende Frage, nämlich umgekehrt, ob ein Zusammenhang zwischen Habitus und Zwillingsbildung besteht, und kommen zu dem Schluß, daß die Verknüpfung zum

<sup>1</sup> On some interesting developments of Calcite-crystals. Amer. Journ. of sc. 1900. Z. f. K. Bd. 33, p. 513.

<sup>2</sup> Z. f. K. XXXIV, 1901, p. 594.

<sup>3</sup> Viola: Beitrag zur Zwillingsbildung. Z. f. K. XXXVI, 1902, und XXXVIII, 1903.

<sup>4</sup> Fr. Becke: Einfluß der Zwillingsbildung auf die Kristallform beim Orthoklas. Mitt. d. Wiener Mineral. Gesellschaft vom 12. Jänner 1903, p. 195—197.

<sup>5</sup> Die regelmäßigen Verwachsungen von Mineralen verschiedener Art von Mügge in Königsberg. N. J. f. M. XVI, Beilageband 1903.

<sup>6</sup> N. J. f. M. 1904 (II. Bd.) (Goldschmidt-Nicol).

Denkschr. der mathem.-naturw. Kl. Bd. LXXX.

Zwilling im allgemeinen dieselben Primärkräfte sind wie die Hauptflächenbildner, die den Habitus bestimmen, doch eine andere Rangordnung haben können.

Bei der Behandlung der Quarzzwillinge<sup>1</sup> beschäftigt sich Goldschmidt viel auch mit Verzerrungen der Form der Quarzzwillinge. Bei dem Grieserthaler Zwillinge bemerkt er, daß das kleinere Zwilling-individuum unter dem Einflusse des größeren abgeplattet wurde, das kleine aber den größeren Kristall nicht wesentlich beeinflussen konnte.

In seinen früheren Schriften befaßte er sich wiederholt mit der Beeinflussung des Wachstums der Individuen durch die Zwillingbildung: bei der Begründung der Ausscheidung<sup>2</sup> mancher Formen an der Zwillingsgrenze aus dem Index durch die gegenseitige Ablenkung der Partikelkräfte der beiden Individuen, bei der Erklärung der Abweichung der Winkel an Zwillingkristallen und vor allem bei der Behandlung der Sprossenbildung an Cerussitzwillingen. Hier finden wir die Bemerkung, daß die neutrale Linie, d. i. die äußerste Grenze des Hofes, aus dem der Kristall seine Nahrung schöpft, an der Zwillingsgrenze am weitesten von dem Kristall rückt.

Bei der Beschreibung neuer Calcitvorkommnisse ist mehrmals auf die Verzerrung der Zwillinge hingewiesen worden (siehe unten).

In der Mehrzahl der neueren Lehrbücher der Mineralogie sind Verzerrungen an Zwillingkristallen erwähnt.

Story-Maskelyne<sup>3</sup> weist darauf hin, daß der gewöhnliche Habitus der Zwillingkristalle sich dadurch auszeichnet, daß die Dicke der kombinierten Individuen in der Richtung der Zwillingssachse nicht größer und gewöhnlich kleiner in Bezug der Dimensionen des Kristalls in anderen Richtungen ist, sogar kleiner, als es für einen einfachen Kristall der Fall wäre, welcher anderswo dem Zwilling in Dimensionen entsprechen würde.

Im Lehrbuche von Zirkel<sup>4</sup> ist die Bemerkung, daß die Zwillinge in der Zwillingssachse dadurch verkürzt erscheinen, weil das Fortwachsen des einen über die Zwillingsebene hinaus nicht stattgefunden hat. Auch die Neigung, die einspringenden Winkel zu verdecken oder ganz auszufüllen, wird erwähnt.

Vergleiche auch Bauer,<sup>5</sup> Groth.<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Goldschmidt: Tschermak's Min. petr. Mitt. Bd. XXIV, Heft III.

<sup>2</sup> Goldschmidt: Über Entwicklung der Kristallformen. I. Teil. Z. f. K. XXVIII, 1897. — »Zur Theorie und Diskussion der Viel-linge«. Illustr. am Cerussit. N. J. f. M. Beilagebd. XV, 1902.

<sup>3</sup> Story-Maskelyne: Crystallography. Oxford 1895.

<sup>4</sup> Karl F. Naumann: Elemente der Mineralogie. Von Dr. F. Zirkel. 14. Aufl.

<sup>5</sup> Lehrbuch der Mineralogie. Stuttgart 1904.

<sup>6</sup> Physikal. Kristallographie. 4. Aufl., 1905.

## 1. Methode der Untersuchung.

Zur Darstellung einer bestimmten Ausbildung der Kristalltracht wird gewöhnlich die vorwaltende Ausdehnung gewisser Flächen angegeben, was aber ziffermäßig nicht durchführbar ist und nur vage Bestimmungen zuläßt. Diese Art der Darstellung wirft auch sehr wenig Licht auf den Wachstumsvorgang des Kristalls.

Zur genauen Darstellung und präzisen Behandlung der Kristalltracht eignet sich besonders eine von Prof. Becke in seinen Vorlesungen bei Behandlung der Feldspatzwillinge angewendete Methode, welche darauf beruht, daß man die Längen der vom Anfangspunkte des Wachstums auf die einzelnen Flächen eines Kristalls gezogenen Normalen mit dem Radius einer Kugel von demselben Volum bei eingewachsenen, einer Halbkugel bei aufgewachsenen Kristallen vergleicht. Man vergleicht also die Entfernung jeder Fläche mit einer Entfernung, welche die betreffende Fläche erreicht hätte, wäre der Kristall nach allen Richtungen gleichmäßig gewachsen.<sup>1</sup>

Dadurch wird der Einfluß der Größe des Kristalls vollständig beseitigt. Man erhält für jede Fläche eine relative Zahl, die »Zentraldistanz«.

Die vorherrschenden Flächen erhalten Zentraldistanzen, die kleiner als 1 sind, und zwar sind die Zentraldistanzen um so kleiner, je größer ihr Anteil an der Oberfläche des Kristalls ist.<sup>2</sup>

Der Hauptwert der Methode liegt darin, daß man auf diese Weise die Wachstumsgeschwindigkeit des Kristalls in den Richtungen der Normalen der auftretenden Flächen unter den gegebenen Bedingungen bestimmt, da der Habitus des Kristalls nur Ausdruck der Wachstumsgeschwindigkeiten in verschiedenen Richtungen ist, wie es schon Haüy gut verstanden hat.<sup>3</sup>

Er sagt nämlich gelegentlich, daß die Unregelmäßigkeiten gewisser Kristalle ein Zurückhalten oder Übermaß (exzes) des Wachstums in gewissen Teilen, welche infolge einer übermäßigen Anhäufung an Material entstanden sind, darstellen.

Wir wollen im weitern der Kürze wegen den Anfangspunkt des Wachstums (die erste angesetzte Partikel) Keimpunkt nennen und im allgemeinen unter »Zentraldistanz« die reduzierte Zentraldistanz verstehen.

Besonders in der letzten Zeit erkannte man die Wichtigkeit des Habitus der Kristalle, wie dies aus den Schriften Fedorow's, Viola's und Goldschmidt's ersichtlich ist. Viele theoretische und experimentelle Untersuchungen von Fedoroff sind dahin gerichtet, den Zusammenhang zwischen Kristallstruktur und dem Habitus der Kristalle klarzulegen. Im allgemeinen zeigen die Maxima der Kohäsion die Richtungen des intensivsten Wachstums an.

Goldschmidt<sup>5</sup> hat in seiner Abhandlung »Über einen Kristallmodellierapparat« auf die Wichtigkeit des Habitus hingewiesen. Aus dem Studium der Entfernungen jeder Fläche vom Zentrum verspricht er sich viel. Zur praktischen Ausfindung der Längen dieser Normalen will er sich des Kristallmodellier-

<sup>1</sup> G. Wulff macht (Z. f. K. XXXIV, 1901, p. 522), angeregt durch den Satz, daß die Zentraldistanzen der Kapillaritätskonstanten proportional sind, den Vorschlag, die Zeichnungen der Kombinationen so zu entwerfen, daß alle Flächen einer Kugel angeschrieben sind.

<sup>2</sup> Mit Hilfe dieser Methode führte Fr. Gerhart ihre Untersuchung über den Habitus der Doppelsulfate aus. Tschermak's Min. Mitt., Bd. XXIV, p. 5.

<sup>3</sup> Essai d'une theorie sur la structure des cristaux appliquée à plusieurs genres des substances cristallisées. Par M. l'abbé Haüy de l'Academie des sciences etc. A Paris MDCCLXXXIV.

<sup>4</sup> Allg. Kristallisationsgesetze. Z. f. K., XXXVIII. Beobachtungen und Vers. über Krystallogene, Ref. Z. f. K. XXXIX.

<sup>5</sup> Z. f. K. XXXI.

apparates bedienen, indem Modelle von ungefähr gleicher relativer Flächenausdehnung verfertigt und an ihnen die Zentraldistanzen bestimmt werden.

Viola<sup>1</sup> unterscheidet »Kristalltracht«, d. i. die mittlere Gestalt aus einer großen Anzahl von gleichzeitig und an demselben Ort entstandenen Kristallgestalten, und Kristallgrundgestalt, eine Gestalt, welche das Mittel aller »Kristalltrachten« eines Minerals darstellt.

Bei der eben besprochenen Methode von Becke zur Untersuchung der Tracht der Kristalle sind drei Operationen erforderlich:

1. die Bestimmung des Keimpunktes;
2. die Bestimmung der Entfernung der Kristallflächen vom Keimpunkte, d. i. der Längen der vom Keimpunkte bis zu ihnen gefällten Senkrechten, (die gemessene Zentraldistanz);
3. die Bestimmung des Volums des ganzen Kristalls.

Der Keimpunkt liegt bei vollkommen regelmäßig gebildeten, eingewachsenen Kristallen in ihrem Gravitationszentrum, bei aufgewachsenen in dem Durchschnittspunkt der Hauptachse mit dem Boden, aus welchem die Kristalle herauswachsen.

In ideal ausgebildeten Zwillingen von Kristallen, die durch eine geometrische Hauptachse ausgezeichnet sind, würde er in dem Durchkreuzungspunkt der Hauptachsen der beiden Individuen liegen. Bei verzerrten Kristallen kann aber die Lage der Hauptachse sich während des Wachsens verschieben, darum muß man hier nach anderen Anhaltspunkten zur Auffindung der Lage des Keimpunktes suchen.

Als ein solcher ist vor allem der Schichtenbau (respektive die Kernkristalle) zu betrachten, welcher mit aller Bestimmtheit diesen Punkt zu fixieren erlaubt.

Zeigt der Kristall nur eine einseitige Verzerrung, ist er in der Richtung der Normalen der übrigen gleichwertigen Flächen dagegen gleichmäßig gebildet, so kann man denjenigen Punkt, von dem diese Flächen gleich entfernt sind, als Keimpunkt annehmen. Dabei kommen die wichtigsten Flächen hauptsächlich in Betracht, doch müssen solche Punkte für alle auftretenden Formen nahe aneinander liegen. Annähernde Orientierung gewinnt man durch Vergleich mit einfachen Kristallen mit Berücksichtigung der Lage der Anwachsstelle.

Der Schichtenbau ist an Kalkspatzwillingen selten deutlich zu sehen, wo man aber beide Beobachtungen machen kann, muß natürlich der auf beiden Arten aufgesuchte Punkt derselbe sein, was tatsächlich vorkommt.

An Zwillingen nach der Basis fällt gewöhnlich die Hauptachse mit einer Achse, die von allen an der Zwillingsgrenze liegenden gleichwertigen Flächen gleich weit entfernt ist, nahezu zusammen.

Bei Zwillingen mit geneigten Achsen wurde folgendes Verfahren angewendet:

Es wurde eine orthogonale Projektion des Zwillings auf die den beiden Individuen bei allen Zwillingsgesetzen gemeinsame Fläche des Prismas II. Art genau in der natürlichen Größe oder in irgend einer bestimmten Vergrößerung entworfen. Jedes von den Individuen wurde jetzt um 90° um die in der genannten Ebene des Prismas II. Art liegende Nebenachse gedreht gedacht und projiziert, wodurch man die Kopfbilder beider Individuen erhält. An diesen wird die Lage des Keimpunktes auf eine der angegebenen Weise festgestellt. Für den als Beispiel hier Fig. 1 projizierten Zwilling aus Egremont ist das Zentrum des in  $\bar{1}\bar{1}2$ ,  $\bar{1}2\bar{1}$ ,  $\bar{2}1\bar{1}$  eingeschriebenen Kreises die Projektion des Keimpunktes auf die Basis.

Jeder dieser Punkte stellt auch die Projektion des Austrittspunktes der Hauptachsen beider Individuen im Falle, wenn der Kristall vom Anfang an ideal gewachsen wäre, dar.

Durch abermaliges Drehen um 90° erhalten wir in der Projektion auf die gemeinsame Prismenfläche II. Art die beiden Achsen eingezeichnet und ihr Durchschnittspunkt ist der Keimpunkt.

Die Bestimmung der Länge der vom Keimpunkt bis zu einer Kristallfläche geführten Normale geschah an einer naturgetreuen orthogonalen Projektion, derselben, an welcher der Keimpunkt aufgesucht

<sup>1</sup> Grundzüge der Kristallographie von Viola. Leipzig 1904.



Die Koordinaten eines Punktes P ( $x = 4.75 \text{ cm}$ ),  
 ( $y = 1.55 \text{ »}$ ),  
 ( $z = 5 \text{ »}$ ).

Die Neigung dieser Fläche zu den Koordinatenachsen ist:

zu der X-Achse  $\alpha = 79^\circ 51'$   
 » » Y- »  $\beta = 23^\circ 30'$   
 » » Z- »  $\gamma = 69^\circ 2'$

Aus der Gleichung  $x \cos \alpha + y \cos \beta + z \cos \gamma - l = 0$ ,<sup>1</sup> wo  $\alpha, \beta, \gamma$  die Winkel mit den Koordinatenachsen sind, ergibt sich die Zentraldistanz der Fläche  $2\bar{1}0$ :

$$l = 4 \text{ cm.}$$

Es können Fälle vorkommen, daß an einem Kristall einzelne Flächen der an ihm auftretenden Formen nicht ausgebildet sind. Man kann sich solche Flächen als durch Verschiebung nach auswärts bis zu einem Punkt, respektive einer Kante eingeschrumpft vorstellen. Die Zentraldistanzen solcher Flächen werden nach Prof. Becke »virtuelle« genannt. Sie werden auf dieselbe Art, wie angegeben, bestimmt.

Liegt der betreffende in einer Fläche liegende Punkt auf einer der Achsen, z. B. der Z-Achse, dann ist natürlich:

$$x = 0$$

$$y = 0$$

und es bleibt die Gleichung:

$$z \cos \gamma = l.$$

Das Volum reiner, loser Kristalle wurde durch Wägung und Division mit dem spezifischen Gewichte erhalten.

Waren die Kristalle, was sehr oft der Fall ist, durch eingeschlossene fremde Substanzen, wie  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Cu etc., verunreinigt, so wurde auf folgende Weise verfahren: Der Kristall wurde an einem dünnen Drahte in ein möglichst schmales, mit Wasser gefülltes Zylindergefäß eingetaucht. Das Niveau des Wassers wurde durch Eingravieren einer Marke fixiert. Nachdem der Kristall herausgezogen und das anhaftende Wasser möglichst genau in das Gefäß abgetropft war, wurde Wasser aus einer Bürette bis zu der Marke titriert und so das Volum bestimmt.

Bei Anwendung eines genügend schmalen Gefäßes und sorgfältiger Arbeit sind die erhaltenen Zahlen für den vorliegenden Zweck ganz ausreichend. Zur Kontrolle wurde das Volum eines ganz reinen Zwillinges von  $18 \text{ cm}^3$  bestimmt und eine Differenz von nur  $0.4 \text{ cm}^3$  gefunden.

Das Volum kleiner Kristalle kann direkt durch Eintauchen in kalibrierte Gefäße oder durch Wägung in Luft und Wasser mittels hydrostatischer Wage bestimmt werden.

Bei Kristallen, die auf Stufen sitzen, mußte man das Volum berechnen.

Zur Berechnung des Volums idealer Kristallformen sind mehrmals Formeln angegeben worden.

Solche führen für fast alle Kristallformen von Naumann<sup>2</sup> her. Sie sind für die Naumann'schen Symbole berechnet.

Neuerdings hat Cesàro<sup>3</sup> allgemeine Regeln zum Verfahren bei Berechnung des Volums der Kristallformen angegeben; speziell für das rhomboedrische System wurden sie hernach von Buttgenbach<sup>4</sup> berechnet.

<sup>1</sup> Für die  $0\bar{1}2$  ist  $\alpha = 28^\circ 4'$ ,  $\beta = 72^\circ 11.5'$ ; für die  $20\bar{1}$  ist  $\alpha = 45^\circ 6'$ ,  $\beta = 52^\circ 18.5'$ .

<sup>2</sup> Lehrbuch der reinen und angewandten Kristallographie, Bd. 1, 1829.

<sup>3</sup> Cesàro: Berechnung des Rauminhaltes einer beliebigen Kristallform. Ref. Z. f. K. XXXIX, 2 H., 1904.

<sup>4</sup> Buttgenbach: Inhalt und Oberfläche der holoedr. Polyeder des rhomboedr. Systems (ebenda).

Dabei beziehen sich die angewendeten Indizes auf das spezielle von Cesaro angewendete Achsenkreuz.

Es mögen hier Naumann'schen Formeln angeführt werden, welche jedoch auf die Bravais'sche Bezeichnungsweise umgerechnet sind, wobei sie sich sehr einheitlich und einfach darstellen.

Für das Volum einer hexagonalen Pyramide II. Art, eines Skalenoeders und eines Rhomboeders also einer Form von dem allgemeinen Zeichen  $(h\ i\ k\ l)$  ist:  $V = 4 \frac{k}{l} c \sqrt{\frac{1}{3}}$ .

Die Länge der Normalen vom Mittelpunkte aus auf eine Fläche der hexagonalen Pyramide II. Art ist

$$N = \frac{k c}{\sqrt{k^2 c^2 + l^2}},$$

eines Skalenoeders

$$N = \frac{k c \sqrt{3}}{\sqrt{3 c^2 k^2 + c^2 (h-i)^2 + 3 l^2}},$$

eines Rhomboeders

$$N = \frac{k c \sqrt{3}}{4 k^2 c^2 + 3 l^2}.$$

Schließlich kann man bei der Ausfindung des Volums ideal ausgebildeter Skalenoeder auch die Beziehung zwischen zwei idealen Skalenoedern

$$v' = \left(\frac{a'}{a}\right)^3 v,$$

wo  $a$  und  $a'$  ihre Zentraldistanzen, respektive Längen der Hauptachsen etc. sind, benützen.

Hat man für ein Skalenoeder das Volum genau berechnet, so findet man es aus diesem Verhältnis auch für jedes andere von beliebiger Größe, aber von demselben Symbol.

Bei verzerrten Kristallen ist der Weg der Teilung in Prismen, Prismatoide etc. der einzig mögliche.

Was die Genauigkeit der Bestimmung der reduzierten Zentraldistanz einer Fläche betrifft, so hängt dies natürlich von der Genauigkeit der Messung der Entfernung vom Keimpunkte der betreffenden Fläche und des Radius der volumgleichen Kugel ab. In der Regel unterliegt die Bestimmung des Volums, besonders bei der Bestimmung durch Wägung so kleinen Fehlern, daß man sie als verschwindend betrachten kann. Dagegen begeht man bei der Bestimmung der Entfernung einer Fläche vom Keimpunkte leicht einen Fehler von zirka 1 mm (Messung mit einem Elfenbeinmaßstab, Übertragung mit dem Zirkel etc.).

Dieser Fehler ist bei kleinen Kristallen bedeutend, bei großen gar nicht in Betracht kommend.

Da die beiden Zwillingindividuen Teile eines einzigen Kristalls sind, so wird unter »Zentraldistanz« bei aufgewachsenen Zwillingen der Quotient der gemessenen Zentraldistanz durch den Radius einer Halbkugel von demselben Volum wie der ganze Zwilling verstanden. Nur bei Zwillingen nach (111) wurden, um den direkten Vergleich mit den einfachen Kristallen zu ermöglichen, die gemessenen Zentraldistanzen mit dem Radius einer jedem Individuum volumgleichen Halbkugel verglichen.

Durch Angabe der Zentralsdistanzen eines Zwillingings und der mitgewachsenen einfachen Kristalle ist die Stoffverteilung ganz präzise charakterisiert. Die Unterschiede der Wachstumsgeschwindigkeiten in verschiedenen Richtungen kommen zum Ausdruck. Man bestimmt die Form, welche dieselbe Masse (die ein Volum einer Kugel vom Radius 1 einnimmt) annehmen würde, wenn man sie vom Keimpunkte aus einmal als einfachen Kristall, einmal als Zwilling auskristallisieren ließe. Die Zeit, in welcher aus derselben Lösung beide Arten von Kristallen dieses Volum erreicht hätten, wird noch nicht berücksichtigt. Indessen sind die Zwillinge in der Regel viel größer als die mitgewachsenen Kristalle und die Zentralsdistanzen eines Zwillingings und eines einfachen Kristalls geben uns wohl Rechenschaft über etwaige Ungleichmäßigkeiten im Wachstum eines und desselben Kristalls, sind aber nicht miteinander vergleichbar. Bloße Angabe der in Zentimetern ausgedrückten gemessenen Zentralsdistanzen erlaubt uns zwar die Geschwindigkeitsunterschiede des Wachstums der gleichzeitig gebildeten Zwillinge und einfachen Kristalle zu übersehen, die erhaltenen Zahlen sind aber für einen jeden Fall natürlich andere, wenn auch das Verhältnis der Wachstumsgeschwindigkeiten beider Arten der Kristalle dasselbe bleibt.

Allgemein miteinander vergleichbare Zahlen, welche nur dieses Verhältnis darstellen, kann man nach einem Vorschlag von Prof. Beeke in der Weise erhalten, daß man die gemessenen Zentralsdistanzen des Zwillingings durch den Radius einer Kugel dividiert, welche den einfachen Kristallen volumgleich ist (d. h. das Volum der einfachen Kristalle wird = Const. gesetzt und die Zentralsdistanzen aller Kristalle mit demselben Maßstab verglichen.)

Aus den reduzierten Zentralsdistanzen der Zwillinge ergeben sich diese »vergleichbaren« Zentralsdistanzen durch Multiplikation mit dem Faktor  $\frac{R}{r}$ ; dabei kann das Mittel der Zentralsdistanzen sowie der Radien der volumgleichen Kugeln benützt werden.

Wenn das Wachstum in einer Richtung gar nicht beeinflußt wird, so erhält man durch dieses Verfahren dieselbe Zahl wie für die entsprechende Richtung des einfachen Kristalls; ist es stärker, so ist das Verhältnis des rascheren Zuwachses unmittelbar ersichtlich.

So erhalten wir z. B. an einer Stufe von New-Yersey für den Radius einer mit dem Zwilling gleich großen Halbkugel:  $R = 0.432 \text{ cm}$ , für den einfachen Kristall:  $r = 0.133$ ;  $\frac{R}{r} = 3.2$ .

Die reduzierten Zentralsdistanzen des Zwillingings sind:

065	650	605	111
0.28	0.28	1.00	1.80

der einfachen mitgewachsenen Kristalle:

(605)	111
0.59	3.75

die Wachstumsgeschwindigkeiten also für den Zwilling im Vergleiche zu den der einfachen Kristalle:

065	650	605	111
0.89	0.89	3.26	5.76

Auf Vorschlag von Prof. Becke wurden der Kürze wegen folgende Bezeichnungen benützt, welche vielleicht einer näheren Erläuterung bedürfen:

1. Die durch die Hauptachsen beider Individuen bestimmte Ebene wird als »frontale« bezeichnet. Sie ist hier immer eine Symmetrieebene.

Die Zwillingssebene wird I. Symmetrieebene genannt zum Unterschiede von der zu ihr senkrechten II. Symmetrieebene, welche keiner kristallonomischen Fläche entspricht.

2. Die den Winkel der Hauptachsen beider Individuen halbierende Senkrechte zu der Zwillingssebene wird als I. Bissetrix bezeichnet; die zu ihr normale, in der Zwillingssebene liegende Gerade ist die II. Bissetrix.<sup>1</sup> Die zu der I. und II. Bissetrix senkrechte, durch ihren Durchschnittspunkt gehende Gerade ist die »Normale« des Zwillinges.

In der gewöhnlichen Ausbildung der Zwillinge ist die Zwillingssebene eine »sagittale« Symmetrieebene.

Die der II. Bissetrix entsprechende Kantenrichtung wurde von Sella<sup>2</sup> zur Charakterisierung der Zwillingsgesetze verwendet und »asse di geminationi« genannt.

Es erschien nützlich, nicht nur den Pol der Zwillingssebene in der stereographischen Projektion einzutragen, sondern auch den Kreis, in welchen die Projektionskugel von der Zwillingssebene getroffen wird. Dies ist die zyklographische<sup>3</sup> Projektion der Zwillingssebene.

Bei Zwillingen nach Rhomboederflächen werden zum Unterschiede von den als Zwillingssebenen »gebundenen« Rhomboederflächen die anderen Flächen derselben Form als »freie« bezeichnet.

An den sehr häufigen Zwillingen, die die Prismenflächen  $\{2\bar{1}1\}$  zeigen, unterscheidet sich diejenige Prismenfläche, deren Pol am meisten von der zyklographischen Projektion der Zwillingssebene entfernt ist, von den anderen; sie ist in ihrer Ausbildung den entsprechenden Flächen der einfachen Kristalle am meisten ähnlich; ihr wird die Bezeichnung »Kieflfläche« beigelegt.

<sup>1</sup> Diese Bezeichnung ist der von Fedorow analog, wo z. B. die Achse  $\{110\}$  Bissetrix der  $\{100\}$  und  $\{010\}$  genannt wird (Winkel  $45^\circ 0'$ ). Einige Folgerungen aus dem Syngonieellipsoid. Z. f. K. XL, 1904.

<sup>2</sup> Q. Sella: Studii sulla mineralogia Sarda. Memorie d. R. Accad. d. Sc. d. Torino, Ser. II, T. XVII, MDCCCLVIII.

<sup>3</sup> Nach Goldschmidt: Index der Kristallformen. Bd. 1, 1866, p. 16.

## 2. Zwillinge nach (111).

Zwillinge nach der Basis sind die häufigsten Calcitzwillinge. Diese Häufigkeit ist durch die relative Flächendichtigkeit der Zwillingsebene nicht erklärt. Es kommen hier vielleicht Symmetriegründe ins Spiel, denn solche Zwillinge, welche eine höhere Symmetrie erreichen, sind bekanntlich die häufigsten.

In dieser Hinsicht stehen diese Zwillinge, welche die hexagonal-holoedrische Symmetrie erreichen, unter denen des Kalkspates vereinzelt da. Andererseits sind Zwillinge, an welchen die Prismenfläche als Verwachsungsebene fungiert, selten.

Goldschmidt hat ein Prinzip angegeben, nach dem man, um die Wichtigkeit eines Zwillingengesetzes zu bestimmen, die Zahl und Wichtigkeit der sich deckenden Zonen in Rechnung ziehen muß.

Die Prismenzone und alle Rhomboederzonen sind hier gemeinsam.

Über den Habitus dieser Zwillinge finden sich in der Literatur wichtige Angaben selten. Außer den Beobachtungen von Scharff findet sich in Quenstedt's<sup>1</sup> Mineralogie die Angabe, daß an den Skalenoederzwillingen von Cannstadt die einspringenden Winkel ganz ausgefüllt sind. Hieher gehört auch eine sehr wichtige Beobachtung von Vom Rath<sup>2</sup>, »daß an Zwillingen nach OR von Lake Superior die Flächen einer Form + 10R untergeordnet an der Zwillingsgrenze erscheinen, wo sie über der genannten Grenze einen einspringenden Winkel bilden, nicht aber, wo sie als Zuschärfung der Kante + 4R:4R in einem ausspringenden Winkel sich begegnen würden«. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß die unvollzähligen von Vom Rath beobachteten Flächen unter dem Einflusse der Zwillingbildung entstanden sind.

Die hier vorkommenden Verzerrungen sind nur ganz zufälliger Natur. So z. B. sind von Moldova, Banat, bräunlich gefärbte Zwillinge nach (111) weit verbreitet, die gewöhnlich sehr groß sind. In der Regel sind sie ziemlich regelmäßig gebildet. Einer mit (20 $\bar{1}$ ) als Kombinationsträger, ferner (2 $\bar{1}\bar{1}$ ) als kleine Flächen und dem Skalenoeder (410) =  $\frac{5}{2}$  R 2 (die Bestimmung gründet sich auf Messung mit dem Anlegegoniometer der beiden Polkantenwinkel 130° und 164 $\frac{1}{2}$ °) als Abstumpfung oben, war ganz plattig nach einer zu einer Symmetrieebene parallelen Ebene. Daß dies nichts Wesentliches ist, sieht man an einem anderen Kristall von demselben Fundorte und von gleichem Habitus, welcher jedoch nach einer dazu senkrechten Ebene abgeplattet ist.

Gewöhnlich sind die Kristalle rundum ausgebildet, manchmal sogar ganz ideal.

Ob ein Einfluß der Zwillingbildung auf die Form solcher Kristalle vorliegt, kann man erst durch Vergleich mit den mitgewachsenen einfachen Kristallen entscheiden.

Da das eine Individuum des Zwillinges, mit welchem der Kristall angewachsen ist, im Wachstum gehemmt wurde, so wurde zur Bestimmung der Zentralabstände immer nur das frei ausgebildete Individuum benützt.

### a) Zwillinge von Moldova, Banat (Hof-Museum).

Auf dichtem, grünlichgrauen, kontaktmetamorphen Kalkstein mit dicht eingestreuten, bis fast 1 mm<sup>3</sup> großen Pyritwürfeln sitzen zahlreiche durchsichtige, klare, einfache Kristalle, aus welchen sich große

<sup>1</sup> Handbuch der Mineralogie. Tübingen 1863.

<sup>2</sup> Vom Rath: Pogg. Ann. d. Physik u. Ch., 1874, Bd. 2, p. 20.

Zwillinge emporneben. Beide Arten von Kristallen zeigen dieselbe Kombination. Die Zwillinge unterscheiden sich von den einfachen Kristallen in keiner Eigenschaft.<sup>1</sup>

Sie sind zweifelsohne gleichzeitig unter denselben Verhältnissen gebildet.

In Zippe's<sup>2</sup> Monographie ist eine Abbildung eines Kristalles von Moldova, augenscheinlich von demselben Typus, für den folgende Flächen angegeben sind:  $R\ 3, -\frac{1}{2}R, -2R, \infty R$ .

Unsere Kristalle zeigen dieselbe Kombination, außerdem kommt aber an allen Zwillingen die Fläche (3 $\bar{1}\bar{1}$ ) zum Vorschein.

Alle Flächen sind glänzend und rein, die (110)-Flächen gestreift infolge des Auftretens einer großen Anzahl von Flächenpaaren aus der Polkantenzone des Rhomboeders, ähnlich wie an den Kristallen von Egremont.

Die Zentraldistanzen dieser Zwillinge sind:

K: (20 $\bar{1}$ )	$\delta^{\circ}$ (110)	a (2 $\bar{1}\bar{1}$ )	$\varphi^{\circ}$ (1 $\bar{1}\bar{1}$ )
0.895	1.16	0.88	0.14

Die Zentraldistanz der unteren Flächen des Skalenoeders ist 0.865.

Infolge der Art der Aufwachsung sind diese Zwillinge mehr oder weniger in die Breite gezogen. Die dadurch bewirkte Unregelmäßigkeit können wir durch Berechnung des mittleren Quadratfehlers der Zentraldistanzen der Skalenoederflächen (20 $\bar{1}$ ) ( $\epsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$ , wo v die Abweichungen vom arithmetischen Mittel, n die Zahl der Beobachtungen), schätzen. An einem Zwilling beträgt  $\epsilon = \pm 0.22$ , an einem anderen  $\pm 0.17$  für die Zentraldistanz der K:-Flächen.

Es kommen aber auch Kristalle vor, die ganz regelmäßig nach allen Richtungen ausgebildet sind. Das Größenverhältnis der Zwillinge und der einfachen Kristalle ersieht man aus folgender Zusammenstellung ihrer Volumina:

V (eines Zwillingeindividuums) =  $4.9\text{ cm}^3$ ,  $3.4\text{ cm}^3$ , während das der mitgewachsenen einfachen Kristalle sich um  $V = 0.07$ ,  $V = 0.08\text{ cm}^3$  bewegt.

Die Zentraldistanzen der einfachen Kristalle:

K:	$\delta^{\circ}$	$\varphi^{\circ}$	a
0.83	1.70	1.09	0.87

Die mit den Zentraldistanzen der einfachen Kristalle vergleichbaren Zentraldistanzen der Zwillinge:

K: (20 $\bar{1}$ )	$\delta^{\circ}$ (110)	a (2 $\bar{1}\bar{1}$ )	$\varphi^{\circ}$ (1 $\bar{1}\bar{1}$ )
3.04	3.94	2.99	3.87

<sup>1</sup> Die kleinen einfachen Kristalle sind hier und da von den großen Zwillingen umwachsen, trotzdem die letzteren viel größer sind. Der Schluß aber, daß die Zwillinge jünger seien, wäre hier nicht begründet, da offenbar die rascher wachsenden Zwillinge die anliegenden, aber sich nur langsam vergrößernden einfachen Kristalle umwachsen mußten.

<sup>2</sup> Denksehr. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. 1851, Bd. 3.

Man sieht, daß die Zentraldistanzen der (110)-Flächen an den Zwillingen relativ sehr stark abgenommen haben, dagegen die der Skalenoederflächen größer geworden sind. Das bedeutet ein Vorwalten des Wachstums längs der Zwillingsgrenze; dies ist aus der Zeichnung ersichtlich, wenn man die Fig. 1, Taf. I, welche eine nach den Zentraldistanzen der einfachen Kristalle konstruierte Zwillingsgestalt darstellt, mit dem Zwillings Taf. I, Fig. 2, vergleicht.

Daß dieser Unterschied in der Tracht der Zwillinge und der einfachen Kristalle nicht infolge des Unterschiedes in der Größe beider Arten von Kristallen entsteht, beweist der Umstand, daß im k. Hof-Museum sich zwei Kristallstufen befinden mit einfachen Kristallen, welche, trotzdem sie bedeutend größer sind, doch denselben Habitus wie jene besitzen.

Außerdem sind aber auch bedeutende Unterschiede in der Ausbildung mancher Flächen an den Zwillingsindividuen vorhanden, welche allen Zwillingen gemeinsam sind und daher nicht als zufällig angesehen werden können.

1. Die Skalenoederflächen, welche gegen die Verwachsungsebene zu liegen, d. i. die untere Hälfte des oberen Individuums und umgekehrt, sind durch eine steile Reihe leistenförmiger, in der Polkantenzone des Hauptrhomboeders liegender Flächen vertreten.

Manche dieser Flächen sind sogar sehr steil, fast an die verwendeten Prismen angrenzend.

Dadurch erscheinen die betreffenden (20 $\bar{1}$ )-Flächen gekrümmt. Knapp an der Verwachsungsebene erhebt sich oft eine steile Überbrückung von einem zum anderen Individuum, wodurch eine lokale Konkavität entsteht.

2. Auch die Prismenflächen zeigen auffallende Unterschiede von denen an den einfachen Kristallen. Während sie dort alle gleich groß und glänzend sind, sind sie an den Zwillingen abwechselnd glatt und gestreift. Die unter den positiven Rhomboederflächen liegenden unterscheiden sich nicht im geringsten von denen der einfachen Kristalle, desgleichen die (3 $\bar{1}\bar{1}$ )-Flächen. Die entsprechenden Prismenflächen beider Individuen fallen in eine Ebene zusammen, die Zwillingsnaht ist sogar gar nicht wahrnehmbar.

Die drei anderen Prismenflächen, welche mit den entsprechenden anderen nicht zusammenstoßen, sind gegen die Zwillingsgrenze länger gezogen. Sie sind stark gerieft durch das oszillierende Auftreten der hier in dem einspringenden Winkel liegenden Flächen des Rhomboeders (3 $\bar{1}\bar{1}$ ).

Alle diese Unterschiede haben dieselbe Veranlassung und sind durch Wachstumsvorgänge an der Zwillingsgrenze zu erklären. Die an der Zwillingsgrenze liegenden Flächen erhalten größere Zentraldistanzen als an den einfachen Kristallen. Krümmungen und Flächenwiederholungen treten nur an der Zwillingsgrenze auf. Die Anwachsschichten auf den (3 $\bar{1}\bar{1}$ )-Flächen, welche in einspringenden Winkeln liegen, bewirken die Entstehung der Streifung auf den drei Prismenflächen I. Art

### b) Zwillinge von Derbyshire.

Auf einer sich im Hof-Museum befindenden Druse ist eine Anzahl einfacher Kristalle und Zwillinge, die mit der Basis verwachsen sind, vorhanden.

Man kann hier zwei Generationen der Kristalle unterscheiden, welche nur durch die Färbung sich unterscheiden. Die ältere, die aus lauter großen einfachen Kristallen besteht, ist trübweiß, die jüngere, in welcher Zwillinge vorwiegen, honiggelb. Kristalle der ersten Generation haben auch eine gelbliche, durchsichtige Spitze, sie sind also auch in den neuen Verhältnissen weiter gewachsen.

Die Kombination ist (20 $\bar{1}$ ), (110), (2 $\bar{1}\bar{1}$ ) und der Habitus ganz denjenigen von Moldova gleich.

Berücksichtigt man nur die jüngere Generation, so erweisen sich die Zwillinge größer als die einfachen Kristalle.

Die Zentraldistanzen der Zwillinge sind:

K: (20 $\bar{1}$ )	$\delta$ : (110)	a (2 $\bar{1}\bar{1}$ )
0.85	1.40	0.83

Die einfachen Kristalle zeigen:

K: (20 $\bar{1}$ )	$\delta$ : (110)
0.82	1.76

Die an der Zwillingsebene liegenden Flächen waren also an Zwillingen im Wachstum bevorzugt im Vergleich zu den anderen Flächen.

Dafür, daß dies nicht durch ihre Größe verursacht wird, kann als Beweis gelten, daß aus der großen Zahl der Kristalle sich ein einfacher Kristall und ein Zwillingindividuum von fast genau derselben Höhe herausuchen ließ. Der Zwilling ist viel dicker, wie aus folgenden Zahlen ersichtlich ist:

V des Zwillingindividuum =  $0.7 \text{ cm}^3$ , V des einfachen Kristalls =  $0.124 \text{ cm}^3$ . Ein typischer Zwilling hat  $V = 2.17 \text{ cm}^3$ , während ein solcher einfacher Kristall nur  $V = 0.107 \text{ cm}^3$  gibt.

Außer diesen Kristallen sind honiggelbe Kristalle aus Derbyshire, die nur das gewöhnliche Skalenoeder zeigen, sehr verbreitet. Sie sitzen auf erdigem Limonit und weisen ausschließlich lamellare Zwillingbildung auf. Die in den einspringenden Winkeln liegenden Flächen sind gestreift und gekrümmt.

**c) Zwilling von Ofen, Ungarn (Hof-Museum).**

Zwischen vielen blaß gelblichweiß gefärbten einfachen Kristallen, deren Höhe  $0.5 \text{ cm}$  nicht viel übersteigt, sitzt ein gelblich gefärbter durchsichtiger Zwilling. Er ist regelmäßig gewachsen. In der Hälfte des Kristalls ist ein zweiter in Zwillingstellung eingeschaltet.

Die Formenkombination ist (20 $\bar{1}$ ), (1 $\bar{1}$ 0), (2 $\bar{1}\bar{1}$ ), (11 $\bar{1}$ ), (3 $\bar{1}\bar{1}$ ).

Von den Zwillingen von Moldova unterscheidet er sich durch die Farbe und durch die großen (11 $\bar{1}$ )-Flächen, welche dort nur spurenweise auftreten (Taf. I, Fig. 3, 4).

Volumen des Zwillings . . . . =  $3.09 \text{ cm}^3$ ,  
 der einfachen Individuen =  $0.06 \text{ cm}^3$ .

Die Zentraldistanzen sind:

Der Zwilling:			
K: (20 $\bar{1}$ )	$\delta$ : (110)	$\varphi$ : (11 $\bar{1}$ )	a (2 $\bar{1}\bar{1}$ )
0.88	1.23	1.05	1.01
Einfacher Kristall:			
0.825	1.72	0.96	

Der Unterschied liegt also in den größeren Zahlen für Zentraldistanzen der an der Zwillingsgrenze liegenden Flächen.

Während der Unterschied der Zentraldistanzen der K: (20 $\bar{1}$ ) Flächen ziemlich klein sein muß, da es die vorherrschenden Flächen sind, ist der Unterschied in den Zentraldistanzen von (110), welche an den einfachen Kristallen sehr klein, an den Zwillingen dagegen ausgedehnt sind, auffallend.

#### d) Kristalle von Gastein-Rauris.

Von Gastein sind folgende Formen für den Calcit bekannt: (100), (20 $\bar{1}$ ), (11 $\bar{1}$ ).<sup>1</sup> Köchel<sup>2</sup> gibt große R mit Chlorit auf Glimmerschiefer von Laderdingberg bei Gastein an. Fugger führt vom Gasteintale die Form (20 $\bar{1}$ ) aus dem Kalkstein und dem Kalkschiefer und aus dem Kalkgneis große Rhomboeder R.<sup>3</sup> Groth<sup>4</sup> beschreibt von Gastein die Kombination R 3,  $-2R$ , mR. H. Höfer<sup>5</sup> hat an den Rauriser Kalkspöten 12 Formen nachgewiesen (OR,  $\infty R$ , R,  $-2R$ ,  $+4R$ ,  $-13R$ ,  $-\frac{1}{2}R$ ,  $\infty P2$ ,  $-R$ ,  $+R$ ,  $\frac{9}{5}$ ,  $-R$ ,  $\frac{11}{6}$ ,  $\frac{13}{2}R$ , 13 R), die letzten drei für den Calcit neu.

Über das ganze Rauriser Vorkommen sind viele Mitteilungen und zahlreiche Literaturhinweise in Berwerth's und Wachter's »Minerale der Rauris« angegeben.<sup>6</sup>

In der Friese'schen Sammlung der k. k. Geologischen Reichsanstalt findet sich eine Reihe von Kristallen von diesem Fundorte vor. Es sind dies schöne große Skalenoeder (20 $\bar{1}$ ), Zwillinge nach der Basis. Außerdem findet sich aber noch eine Reihe von Kristallen, welche die Kombination (20 $\bar{1}$ ) und (410) aufweisen. Diese zum Teile ziemlich großen, auf kristallinem Schiefer aufsitzenden Kristalle zeichnen sich durch einen milchig trüben Farbenton und Fettglanz aus. Sie umfassen oft Kalkspatkristalle älterer Ausscheidung, welche gelblich gefärbt sind, die aber nicht Kernkristalle sind, da sie in Bezug auf die oben besprochenen Kristalle keine gesetzmäßige Stellung haben. Diese Kristalle schließen auch Quarzkristalle ein.

Das Skalenoeder (410) hat manchmal eine vizinale Ausbildung (zu 100).

Ein einfacher Kristall ist in der Taf. I, Fig. 6, dargestellt. Alle Kanten sind scharf ausgebildet.

Die Zentraldistanzen der einfachen Kristalle sind:

K: (20 $\bar{1}$ )	w: (410)
0.85	1.20

Der untersuchte Zwilling hat dieselben Flächen wie die einfachen Kristalle. In ein Individuum ist ein zweites, mit ihm einspringende Winkel bildend, eingeschaltet. Außerdem ist noch mit dem ersten größeren Individuum ein ebensolches zweites, mit dem eingeschalteten paralleles, aber zu erstem in Zwillingstellung verwachsen. Es ist aber zum großen Teile abgebrochen. Darum wurde es in der Zeichnung, Taf I, Fig. 5, weggelassen und das erste Individuum nach den vorhandenen Flächen ergänzt. In der Natur könnte sich nur ein Viertel des Individuums ausbilden.

<sup>1</sup> Zepharovich: Min. Lexikon f. d. Kaisertum Österreich.

<sup>2</sup> Köchel: Die Mineralien des Herzogtums Salzburg. 1859.

<sup>3</sup> Eberhard Fugger: Die Mineralien des Herzogtums Salzburg. 1878.

<sup>4</sup> Groth: Die Mineralsammlung d. Univ. Straßburg. 1878.

<sup>5</sup> Höfer: Mineral. Beobachtungen. T. M. M. XII, 1891.

<sup>6</sup> I. Die Minerale der Rauris von F. Berwerth u. Ferd. Wachter. VII. Jahresber. des Sonnblickvereines für das Jahr 1898.

II. » » » » Nachträge v. Ferd. Wachter. VIII. Jahrb. des Sonnblickvereines, 1894.

Die  $(20\bar{1})$ -Flächen werden hier fast vollständig durch die  $(410)$  unterdrückt. Die Zentraldistanzen der  $(20\bar{1})$ -Flächen sind viel größer, der  $(410)$  dagegen kleiner, wie aus folgenden Zahlen ersichtlich:

w: $(410)$	K: $(20\bar{1})$
0·75	1·16

Da die Hauptachse hier an das mit der Prismenfläche verwachsene Individuum anliegt und der Kristall nur in einem Kugelquadranten wachsen konnte, so wurden die Zentraldistanzen auf eine Viertelkugel bezogen.

Infolge der Zunahme der Zentraldistanzen  $(20\bar{1})$  und Verminderung der  $(410)$ -Flächen entsprechenden Auseinanderverschiebung der Kristallflächen erscheinen die hier sonst scharfen Polkanten der  $(410)$  abgerundet durch das Auftreten vieler schmaler Flächen, so daß an Stelle von Kanten eine Wölbung entsteht.<sup>1</sup>

### e) Zwilling aus dem Ural (näher 2).

(Aus der Sammlung von Exzellenz v. Klepser.)

Die sehr zahlreichen einfachen Kristalle, die das Skalenoeder  $(20\bar{1})$  zeigen, sind zum Teile wie gewöhnlich aufgewachsene Kristalle nur mit einer Hälfte ausgebildet; es sind aber auch beiderseits ausgebildete vorhanden, welche nur von der Seite angewachsen sind. Alle sind sehr vollständig ausgebildet, die Größe dieser Kristalle ist ziemlich an allen gleich, ihre Höhe zirka 2 cm, wenn sie in gewöhnlicher Stellung, 3·7 cm, wenn sie mit einer Nebenachse angewachsen sind.

Zwischen diesen einfachen Kristallen sitzt ein Zwilling nach  $(111)$ , welcher dieselbe trübrotliche Färbung wie die einfachen Kristalle besitzt, dessen Größe aber eine ganz hervorragende ist, trotzdem er, wie aus seiner Stellung zu den einfachen Kristallen hervorgeht, nicht einer früheren Bildungsperiode angehören kann. Er zeigt trotz seiner Größe keine wesentliche Verzerrung, seine Flächen sind regelmäßig ausgebildet und nur an den Anwachsstellen gestört. Am oberen Ende ist er aber nicht spitz wie die einfachen Kristalle, sondern abgestumpft durch eine stark ausgedehnte Fläche eines positiven, sehr stumpfen Skalenoeders dessen Indizes sich nicht sicher bestimmen ließen. Zur Charakterisierung der Größe dieses Kristalls seien folgende Zahlen angeführt:

Höhe des Zwillings zirka 24 cm.

Breite in der Mitte zirka 18 bis 19 cm.

Volumen des oberen<sup>2</sup> Zwillingsindividuums = 1525 cm<sup>3</sup>.

Volumen des größten einfachen Kristalls = 2·19 cm<sup>3</sup>.

Der Zwilling unterscheidet sich von den einfachen Kristallen durch seine außerordentliche Größe und durch das Auftreten einer sehr stumpfen Form; das Material wurde also hauptsächlich an der Zwillingsgrenze verbraucht.

### f) Zwilling von Chichuahua (Hof-Museum).

Mexico. Mina St. Raphael, Zapuri. — Canton Andres del Rio.

Auf einem zersetzten Porphyrgestein mit Desminkristallen kommen auf einer großen Stufe sehr schöne gelbe, glänzende Calcitkristalle vor. Ein sehr großer Zwilling, mit der Basis verwachsen, ist vor allem auffallend.

Diese Calcitkristalle sind durch ein sehr steiles Skalenoeder aus der Polkantenzone des Hauptrhomboiders und der Basis gebildet. Zur Bestimmung des Skalenoeders wurden an dem großen Zwillingskristalle mit dem Anlegegoniometer Messungen vorgenommen.

<sup>1</sup> Dies sieht man auch an Zwillingen, welche nur mit den Prismenflächen  $(2\bar{1}\bar{1})$  sich berühren.

<sup>2</sup> Das untere Individuum ist viel kleiner, wie gewöhnlich.

Es ergab sich der Winkel zwischen benachbarten Skalenoederflächen zu  $114\frac{3}{4}^\circ$  bis  $115^\circ$  und  $125^\circ$  bis  $125\frac{1}{2}^\circ$  und der Winkel zwischen (111) und der Skalenoederfläche zu  $97\frac{1}{2}^\circ$ .

Während also die Polkantenwinkel auf das Skalenoeder (605) hinweisen ( $114^\circ 24'$ ,  $126^\circ 20'$  nach Irby)<sup>1</sup> weist der Winkel zwischen der Basis auf die Form (504) hin, was bei der Streifung parallel zu den Polkanten des Rhomboeders trotz der Glattheit dieser Flächen leicht erklärlich ist. Gegen die Anwachsstelle zu werden die Flächen steiler.

Die ausgedehnte Basisfläche des Zwillingkristalles ist im Gegensatz zu anderen Flächen weiß und matt.

Das obere Individuum ist besonders stark entwickelt, das untere stark in der Richtung der Hauptachse verkürzt.

Das Volum des Zwillingkristalls beträgt  $1485 \text{ cm}^3$ , während das der einfachen Kristalle von  $10 \text{ cm}^3$  bis zu ganz kleinen Werten heruntergeht.

Die Zentraldistanzen der Flächen des oberen Zwillingindividuum sind folgende:

V: (605)	o (111)
0.7	1.9

Die einfachen Kristalle sind in verschiedensten Stellungen aufgewachsen, weshalb ihre Zentraldistanzen im allgemeinen sehr schwankende Werte haben und sich dem Vergleich mit dem Zwillingindividuum entziehen.

An dem Zwilling ist der einspringende Winkel nicht bemerkbar.

Zwillinge, die mit der Prismenfläche verwachsen sind, zeigen keine Verzerrung. An der Zwillingnaht wurden hier keine Vizinalflächen bemerkt. Dies ist um so merkwürdiger, da an ähnlichen Dolomitzwillingen Becke eine Reihe von Vizinalflächen beobachtet hat und zu seiner Theorie des verstärkten Wachstums längs der Zwillingsgrenze geführt wurde. Im Hof-Museum befindet sich auch ein solcher prächtiger Dolomitzwilling vom Binnental der Kombination (110), (211), (111). Längs der Zwillingsgrenze zieht sich eine hervorragende Leiste, welche den vermehrten Substanzabsatz an der Zwillingsgrenze in der Richtung der Hauptachse bezeugt.<sup>2</sup>

Ob ein Unterschied des Habitus der mitgewachsenen einfachen Kristalle und solcher Zwillinge, die mit einer Prismenfläche verwachsen sind, vorhanden ist, ließ sich wegen der großen Seltenheit dieser Kristalle nicht entscheiden. Einige lose Zwillinge von Gastein und Rauris sind im allgemeinen in ihrer Ausbildung den einfachen Kristallen ähnlich.

Ein schöner Zwilling von Rossie St. Lawrence befindet sich im Hofmuseum, leider aber ohne einfachen Kristallen.

<sup>1</sup> On the Crystallographie of Calcite. Inaug. Dissert. by J. R. M. D. Irby, Bonn 1878.

<sup>2</sup> Derselbe Kristall zeigt an den Basisflächen schöne Ätzfiguren, deren Begrenzungsflächen in den Zonen  $[\bar{1}10]$ ,  $[10\bar{1}]$ ,  $[0\bar{1}1]$  liegen und den (110) ungefähr entsprechen.

### 3. Zwillinge nach (100).

Dieses Zwillingsgesetz, welches bedeutend seltener als das schon besprochene ist, wird hauptsächlich in den englischen Vorkommnissen gefunden (Egremont, Derbyshire). Die in einer überaus großen Zahl in den Wiener Sammlungen vertretenen Kristalle zeigen verschiedene Formen und Kombinationen. Diese reiche Suite wurde nun hauptsächlich in Bezug auf den Einfluß der Zwillingsbildung auf die Form der Kristalle genau untersucht. Um den Verschiedenheiten in ihrer Ausbildung Rechnung zu tragen und Wiederholungen auszuweichen, werden sie hier gruppenweise besprochen.

Die englischen Zwillinge wurden zuerst von Haidinger beschrieben (siehe auch Bournon) und seit dieser Zeit waren sie oft Gegenstand der Untersuchung. In der neueren Zeit hat Miers<sup>1</sup> Zwillinge und einfache Kristalle von Egremont (neuer Fundort) beschrieben (1889). Noch später finden wir einige Mitteilungen über einzelne Formen dieser Kristalle von verschiedenen Autoren, wie es weiter angegeben wird.

#### a) Kristalle von Egremont.

##### I. Gruppe.

##### A.

An den häufigsten Kristallen vom prismatischen Habitus sind folgende Formen vorherrschend:  $(2\bar{1}1)$ ,  $(110)$ ,  $(20\bar{1})$ ,  $(3\bar{1}\bar{1})$ .

Miers gibt noch  $(10\bar{1})$  an, doch ist diese Form nur einer Anzahl von Kristallen eigentümlich und tritt hier nur ganz untergeordnet auf. Man kann diese Kristalle in einer besonderen Gruppe zusammenfassen.

Die Flächen des Rhomboeders  $(110)$  sind, wie schon Miers angibt, durch eine Reihe von Flächen aus der Polkantenzone des Hauptrhomboeders vertreten.

Diese oszillatorisch sich wiederholenden Vizinalflächen bilden schärfere und stumpfere Polkanten, wodurch die parallele Riefung der  $(110)$ -Flächen entsteht.

Es ist merkwürdig, daß eine solche Riefung der  $(110)$  an Kristallen von verschiedenen Fundorten an einer großen Anzahl von Kristallen, welche dieselbe Kombination wie die von Egremont zeigen, zu stande kommt. Sehr oft haben solche Kristalle auch eine prismatische Ausbildung. Ganz ähnlich den Kristallen aus Egremont sind die im Hof-Museum sich befindenden Kristalle aus: 1. Bleiberg, Kärnten; 2. Rubland, Kärnten; 3. Příbram; 4. Kschez bei Mies in Böhmen (es fehlt hier die Form  $(20\bar{1})$ ); 5. Freiberg, Sachsen (hier Erzeinschlüsse, einen dreiachsigen Stern bildend, parallel den Polkanten des Hauptrhomboeders eingelagert).

Daraus scheint hervorzugehen, daß dieselben äußeren Bedingungen, welche die angegebene Form hervorgebracht haben, auch für die Entstehung der diese Riefung bewirkenden Vizinalflächen notwendig waren.

Diese Riefung ist eine der Pinselbildung analoge Erscheinung. Am deutlichsten ist sie an großen Zwillingen sichtbar.

Zur Bestimmung der Zentraldistanzen dieser einfachen Kristalle wurde das Mittel aus den Zentraldistanzen von 9 Kristallen von verschiedener Größe genommen.

<sup>1</sup> L. c.

Denkschr. der mathem.-naturw. Kl. Bd. LXXX.

Die Schwankungen ihrer Werte sind durch Angabe des mittleren Fehlers bestimmt:

a (2 $\bar{1}\bar{1}$ )	$\delta$ (110)	K: (20 $\bar{1}$ )
$0.48 \pm 0.06$	$3.02 \pm 0.14$	$1.60 \pm 0.06$

Diese Kristalle sind im allgemeinen regelmäßig ausgebildet.

Die unbedeutenden Unregelmäßigkeiten, die sich hier wie an allen Kristallen vorfinden müssen, werden aus folgender Angabe des mittleren Quadratfehlers der Prismenflächen an einigen Kristallen von verschiedenem Volumen ersichtlich gemacht:

$$\varepsilon = \pm 0.082, \pm 0.057, \pm 0.056, \pm 0.015, \pm 0.018, \pm 0.066.$$

Dabei wurde der Keimpunkt durch die Lage der Ecke des Rhomboeders bestimmt. Wird als Keimpunkt ein von allen Prismenflächen gleich weit entfernter Punkt angenommen, so sind die Unterschiede der Zentralabstände der Prismenflächen viel kleiner, z. B.

$$\varepsilon = \pm 0.023 \text{ statt } \varepsilon = \pm 0.06.$$

Die Größe dieser Kristalle ist sehr schwankend, z. B.

$$V = 20.66 \text{ cm}^3, 4.96 \text{ cm}^3, 0.143 \text{ cm}^3, 0.056 \text{ cm}^3;$$

ganz kleine geben  $0.013 \text{ cm}^3$  etc.

Auf denselben Stufen kommen zwischen den einfachen Kristallen auch Zwillinge vor, die zweifellos unter denselben Verhältnissen gewachsen sind. Die Zwillinge übertreffen aber die mitgewachsenen einfachen Kristalle bedeutend an Größe. Es sind dies die bekannten herzförmigen Zwillinge<sup>1</sup> (Taf. I, Fig. 9).

Zentralabstände der wichtigsten

Indizes der Fläche	112	2 $\bar{1}\bar{1}$	11 $\bar{2}$	101
	$\bar{1}\bar{2}1$ 211	$\bar{1}\bar{2}\bar{1}$		011
A.				
I. Ind.	$0.155 \pm 0.07$	$1.06 \pm 0.254$	$1.30 \pm 0.14$	$1.59 \pm 0.10$
II. Ind.	$0.17 \pm 0.055$	$0.95 \pm 0.208$	$1.21 \pm 0.16$	$1.54 \pm 0.136$
Mittel	0.16	1.00	1.26	1.56
B.				
I. Ind.	$0.37 \pm 0.12$	$0.91 \pm 0.064$	$1.05 \pm 0.11$	1.38
II. Ind.	$0.40 \pm 0.09$	$0.77 \pm 0.006$	$0.82 \pm 0.11$	$1.31 \pm 0.13$
Gesamtmittel	0.22	0.92	1.10	1.45

<sup>1</sup> Der Winkel der Hauptachsen der beiden verzwilligten Individuen =  $90^\circ 48'$ .

Diese Zwillinge zeigen dieselben Formen und Vizinalflächen wie die einfachen Kristalle.<sup>1</sup> Die verzwilligten Individuen sind immer im Gegensatz zu den einfachen charakteristisch verzerrt. Um die Art dieser Verzerrung darzustellen, betrachten wir die Zentralsdistanzen dieser Kristalle.

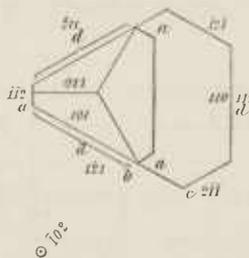
Daß die Lage der Hauptachse während des Wachsens dieser Kristalle unverändert bleibt, ist nicht anzunehmen. Man sieht z. B. oft, daß die Flächen (110) infolge des ungleichmäßigen Wachstums gebogen erscheinen.

So ist in diesem Falle die Annahme richtiger, daß die drei die Zwillingsgrenze nicht berührenden Flächen des Prismas I. Art  $\bar{1}\bar{1}2$ ,  $\bar{1}\bar{2}1$ ,  $\bar{2}11$  gleichmäßig gewachsen sind, und es ist der Austrittspunkt der Hauptachse des Keimkristalles in das Zentrum des diesen drei Flächen eingeschriebenen Kreises zu verlegen.

Dieses Verfahren ist aber nur dann ganz richtig, wenn die mitvorkommenden einfachen Kristalle ganz ebenmäßig gewachsen sind.

Es sind aber Fälle bekannt, obgleich nicht von den hier untersuchten Stufen mit Zwillingen, daß die einfachen Kristalle eine Neigung zur trigonalen Ausbildung haben. Um auch diese eventuelle Neigung zu berücksichtigen, wurde entweder der letzte Durchschnittspunkt der drei (110)-Flächen als der Austrittspunkt der Hauptachse des Keimkristalls angenommen oder in folgender Weise konstruiert: Die Breite  $11\bar{2}$  (d) wird auf den Prismenflächen  $\bar{1}\bar{2}1$  und  $\bar{2}11$  abgemessen und hier, parallel den  $\bar{2}\bar{1}\bar{1}$  und  $\bar{1}\bar{2}\bar{1}$ , die Breite der  $\bar{1}\bar{1}\bar{2}$ , d. i. der Keiffläche (a), aufgetragen und so die Projektion eines trigonal ausgebildeten Kristalls erhalten (Fig. 2).

Fig. 2.



Der Mittelwert der nach den beiden Methoden erhaltenen Zentralsdistanzen kann als die wahrscheinlichste Zentralsdistanz gelten.

Flächen an Zwillingen.

110	0 $\bar{1}$ 2	210	20 $\bar{1}$
1.83 ± 0.07	0.76 ± 0.086	1.09 ± 0.03	1.64 ± 0.11
1.73 ± 0.114	0.67	1.10	1.57 virt.
1.78	0.71	1.10	
1.41 ± 0.13	0.88 ± 0.126	0.96	1.37 ± 0.135
1.36	0.87	0.92	
1.58	0.79	1.02	1.47

<sup>1</sup> Von den nur an der Zwillingsgrenze auftretenden Vizinalflächen sei vorderhand abgesehen.

Die Volumina dieser Zwillinge betragen:  $150.5 \text{ cm}^3$ ,  $122.2 \text{ cm}^3$ ,  $95 \text{ cm}^3$ ,  $50.1 \text{ cm}^3$ ,  $36.3 \text{ cm}^3$  etc., also die Zwillinge sind bedeutend größer als die einfachen Kristalle. An einer Stufe hat der Zwilling  $18 \text{ cm}^3$ , die mitgewachsenen einfachen Kristalle zirka  $0.02 \text{ cm}^3$  (V. des größten).

Sehr oft läßt sich ganz bestimmt nachweisen, daß die einfachen Kristalle nicht jünger als die vielfach größeren Zwillinge sind.

Es ist noch ein spezielles Beispiel angezeigt.

Länge der Hauptachse des I. Ind. =  $8 \text{ cm}$ , des II. Ind. =  $7.65 \text{ cm}$ .

A	$\bar{1}\bar{1}2$ $\bar{1}2\bar{1}$ $\bar{2}1\bar{1}$	$2\bar{1}\bar{1}$	$1\bar{1}\bar{2}$	$\bar{1}2\bar{1}$		101	110	$01\bar{1}$	$0\bar{1}2$	$2\bar{1}0$	$20\bar{1}$	$2\bar{2}1$	$\bar{2}12$
Eigentum des kais. Hof Museums 5294.													
I. Dir. gem. Z.	0.52	4.2	6.1	4.7		6.35	7.10	6.35	2.9	4.55	7.2	6.9	
Red. Z.	0.12	1.02	1.48	1.14		1.54	1.80	1.54	0.70	1.11	1.70		
II. gem. Z.	0.95	3.9	4.05	3.1		5.72	7.2	6.1	3.2	4.0			
Red.	0.24	0.95	1.01	0.75		1.42	1.81	1.50	0.80	0.98			
Hof-Museum 2382 (s. Fig. 1.)													
I. Dir. gem.	0.7	3.7	4.8	3.5		6.5	6.75	6.35	3.2	4.0	5.8		
Red. Z.	0.18	3.15	4.0	3.4		1.64	1.76	1.63	0.85	1.04	1.49		
II. gem. Z.	0.75	3.65	4.5	3.75		5.85	6.3	5.8		2.65	5.01	0.22	0.19
	0.19	0.94	1.15	0.97		1.43	1.62	1.42		0.69	1.29		

Höhe des I. Ind. =  $7.8 \text{ cm}$ .

» » II. » =  $7.3 \text{ cm}$ .

Die Zentralabstände wurden an zehn schönen Zwillingen bestimmt.

Da gewöhnlich ein Individuum etwas, wenn auch wenig, kürzer, dagegen dicker als das andere ist, so sind zwei Mittel der Zentralabstände angegeben. I. bezieht sich auf das längere, II auf das kürzere Individuum der Zwillinge.

Bei Anwendung jener Konstruktion, bei welcher der Keimpunkt im Zentrum des in die drei Prismenflächen  $\bar{1}\bar{1}2$ ,  $\bar{1}2\bar{1}$ ,  $\bar{2}1\bar{1}$  eingeschriebenen Kreises angenommen wird, ergeben sich Zentralabstände der wichtigsten Flächen, die unter A angegeben sind. Unter B sind die Zentralabstände zusammengestellt welche auf einen Keimpunkt bezogen sind, welcher genau unter dem Durchschnittspunkte der (110), Flächen liegt.

Nur selten, wo die einfachere Annahme sichtbar unwahrscheinlich war, wurde die eine trigonale Ausbildung berücksichtigende Konstruktion angewendet.

Will man die Wachstumsgeschwindigkeiten der Zwillinge und einfachen Kristalle miteinander vergleichen, so ergibt sich der mittlere Radius für die Zwillinge:  $30.72:10 = 3.07$  und für die einfachen

Kristalle 1·16, wenn man von einer Stufe prinzipiell nicht mehr als einen Kristall zum Mittel nimmt ( $\frac{R}{r} = 2·64$ ).

Wir erhalten also folgende vergleichbare Zentraldistanzen für diese Zwillinge:

112	211	112̄	101 011	110	012	210	201
0·58	2·42	2·9	3·82	4·17	2·08	2·69	3·88

Für den speziellen angeführten Fall (Hof-Museum, 1182) stellen sie sich so dar:  $\frac{R}{r} = 14$

112	211	112̄	101 011	110
1·96	14·7	16·0	20	25

Im Gegensatz zu den fast gleichen Zentraldistanzen aller Flächen derselben Form an einfachen Kristallen zeigen sich an Zwillingen große Unterschiede. Während die Zentraldistanzen der Flächen derselben Form sonst nach allen Richtungen gleich sind, ist die Zunahme der Zentraldistanzen nur auf Flächen, die eine bestimmte Lage haben, beschränkt, nämlich diejenigen Flächen, die in dem einspringenden Winkel liegen, sind viel weiter vom Keimpunkt weggerückt als die übrigen Flächen derselben Form. Von den Prismenflächen hat die 112̄ die größte Zentraldistanz. Wo diese Fläche vorhanden ist, ist sie immer sehr schwach ausgebildet. Ganz klein und oft gar nicht entwickelt erscheinen die Flächen 211 und 121̄. (Diese Flächen sind durch Vizinalflächen vertreten, hier aber können wir davon vorläufig absehen.)

Die Flächen 121̄ und 211 erreichen eine überaus große Ausdehnung, entsprechend der Verkleinerung der benachbarten Flächen. Für diese Flächen 121̄ und 211, wie für die Kielfläche 112, welche der Ausdehnung nach den an den einfachen Kristallen von derselben Höhe entspricht, erhält man der Annahme gemäß die gleichen Zentraldistanzen bei Benützung der ersten Methode zur Aufsuchung des Keimpunktes, fast gleiche bei der Anwendung der anderen.

Sehr instruktiv sind die Zentraldistanzen der Flächen der Form (201) K: Die Zentraldistanzen der am Kiel auftretenden 012 und 102 sind die kleinsten. Ihre Ausdehnung ist derjenigen an einfachen Kristallen gleich. Die sehr ausgedehnten, an der Zwillingsgrenze liegenden 210 und 120 erhalten eine größere Zentraldistanz. Ganz klein dagegen, gleich der 012, erscheint die 201 und die symmetrische 021, deren Zentraldistanzen aber die Zentraldistanzen aller anderen Kristallflächen bedeutend übertreffen. Oft sind sie nicht ausgebildet, die angegebene Zentraldistanz ist also eine virtuelle.

Durch diese Zunahme der Zentraldistanzen gewisser Flächen geht der prismatische Habitus der einfachen Kristalle verloren. Die Kristalle werden ebenso breit wie hoch.

Außer diesen schon von Miers angegebenen Flächen kommt noch fast an allen Zwillingen die Form (212) vor, welche an einfachen Kristallen nicht gefunden wurde. Diese für Cumberland so charakteristische Fläche war bisher an den Egremonten Kristallen unbekannt.

Bei der Besprechung des Habitus dieser Zwillinge kann man die Überwachungen nicht übergehen. Die Kristalle scheinen sich nämlich in der Mitte an der idealen Zwillingsgrenze zu berühren, äußerlich aber umschließen sie sich gegenseitig.

Ein Individuum ist gewöhnlich größer als das andere. An dem größeren der verzwillingten Individuen sind die Flächen 112̄, 201, 021̄ sowie manchmal noch (212̄) und (122̄) ausgebildet.

Sie begrenzen einen Kristallteil, welcher sich über das kleinere Individuum schiebt und so den kleineren Kristall von oben teilweise deckt. Hingegen wird oft der größere von dem kleineren (manchmal umgekehrt) seitlich umfaßt.

An den umwachsenden Kristallteilen findet sich eine Anhäufung von Flächen vor. Es bilden sich hier:  $10\bar{2}$ ,  $01\bar{2}$ ,  $10\bar{1}$ ,  $2\bar{2}\bar{1}$ ,  $2\bar{1}2$  sowie eine Reihe von Vizinalflächen.

Oft, obgleich nicht immer, umwächst das erste Individuum den untersten Teil des zweiten, indem es sich manchmal spaltet und zangenartig den Kristall umfaßt. Diese überwachsenden Kristallteile sind durch die unteren (110)-Flächen abgeschlossen. Dadurch bilden sie einen neuen einspringenden Winkel, der zu dem erstereu supplementär ist. Es ist kein Bestreben sichtbar, diesen Winkel zu verkleinern.

Miers gibt an, daß die herzförmigen Zwillinge manchmal an beiden Seiten ausgebildet sind und dann auch an dem zweiten Ende (extremity) die Form eines zweiten »heart shaped«-Zwillings bilden. Ebenfalls führt er an, daß an den Zwillingen von Egremont, die denen von Derbyshire ähnlich sind, bisweilen an einem Individuum beide Enden sich ausgebildet haben; in diesem Falle ist der Teil, welcher von der Spitze des Zwillings ausgeht, dem gewöhnlichen skalenoedrischen Habitus der nordenglischen Calcite ähnlich. Dies ist aber ganz dieselbe Erscheinung wie die eben besprochene.

#### Vizinalflächen.

Für diesen Typus sowie für das ganze Vorkommen sind gewisse Vizinalflächen charakteristisch, die auf den Prismenflächen I. Art aufsitzen.

An allen diesen Flächen finden wir eine charakteristische Erscheinung, die man als sogenannte Subindividuen bezeichnen kann. Diese heben sich an verschiedenen Punkten in großer Anzahl von dem sonst glatten Grunde empor. Sie bestehen aus einer gekrümmten Fläche sowie aus zwei steilen negativen Skalenoederflächen, welche in den Zonen  $[213]$  und  $[102]$  liegen.

Außerdem treten aber gegen das untere Ende Vizinalflächen, welche augenscheinlich mit diesen Subindividuen zusammenfallen, dieselben Winkel einschließen und sich nur durch Größe der Flächen von ihnen unterscheiden, was den Zusammenhang dieser Subindividuen, denen Sadebeck bekanntlich eine mechanische Bedeutung zuschrieb, mit den Vizinalflächen erweist.

Diese Subindividuen, von denen immer nur eine Hälfte ausgebildet ist, wenden ihr ausgebildetes Ende an den in negativen Sextanten liegenden Prismenflächen nach oben, an den anderen nach unten zu, sind aber hier viel weniger deutlich, manchmal fast verschwunden. Da sie als kleine Vizinalflächen zu betrachten sind, so wurden sie im folgenden nicht getrennt behandelt.

Während die Vizinalflächen an den Prismenflächen einfacher Kristalle ganz regelmäßig, wie es die Symmetrie des Kalkspats fordert, verteilt sind, sehen wir an den Zwillingen eine eigentümliche Verteilung derselben, die nicht zufällig sein kann, da sie in allen Fällen zutrifft.

Auf den Flächen  $1\bar{1}2$ ,  $121$ ,  $211$  ist die Verteilung dieselbe wie an einfachen Kristallen, wenn wir von den Wirkungen der Überwachsungen absehen. Dagegen haben die Vizinalflächen merkwürdig asymmetrische Verteilung auf  $2\bar{1}\bar{1}$  und  $1\bar{2}\bar{1}$ . Hier entwickelt sich nur eine Hälfte der Vizinalflächen, u. zw. nur jene, deren Pole von der Zwillingsgrenze weiter entfernt sind. Sie erreichen gewöhnlich eine solche Ausdehnung, daß die Prismenflächen  $2\bar{1}\bar{1}$  und  $1\bar{2}\bar{1}$  vollständig durch die Vizinalflächen ersetzt sind.

Die Reflexe der Vizinalflächen, welche in den angegebenen Zonen  $[102]$  und  $[213]$  liegen, erscheinen als Lichtstreifen, welche mit je einem hellen Lichtpunkte endigen.<sup>1</sup>

Es wiederholt sich nun in der Zone  $[102]$  ein Reflex, welcher mit dem der Prismenfläche  $2\bar{1}\bar{1}$  zirka  $6^\circ$  ( $6,5 \cdot 85$ ) bildet, und in der Zone  $[213]$  ein Reflex, welcher mit derselben Prismenfläche konstant zirka  $4^\circ$

<sup>1</sup> Zur beiläufigen Messung kleiner Winkel an großen, zur goniom. Untersuchung nicht geeigneten Kristallen, wurde folgende von Prof. Beeke angegebene Methode angewendet: Die Reflexe der beiden sich unter einem kleinen Winkel schneidenden Flächen werden mit einem Auge beobachtet, während man mit dem zweiten die Entfernung der beiden Reflexe an einer in einiger Entfernung aufgestellten Skala abliest. Ohne die Position der Augen zu ändern, wird der Abstand zweier Reflexe derselben Lichtquelle, die einen bekannten Winkel bilden, auf derselben Skala abgelesen. Am besten dienen die P-Flächen eines Zwillingsstockes von Plagioklas nach dem Albitgesetz.

einschließt. Gleichzeitig sieht man oft einen schönen Reflex, der  $14 \cdot 2^\circ$  mit der Prismenfläche bildet, welcher offenbar von der oft nicht sichtbar ausgebildeten  $(3\bar{1}\bar{1})$ -Fläche herrührt (berechnet:  $14^\circ 13'$ ).

Die stets sich wiederholenden Flächen in der Zone  $[102]$  kann man als der Form  $(5.4.\bar{8}) = (1.12.\bar{1}3.1)$  angehörende betrachten (ber.  $54\bar{8} \cdot 2\bar{1}\bar{1} = 5^\circ 41'$ ).

Sie liegt mit den auftretenden einfachsten Flächen im Zonenverbände  $[2\bar{1}\bar{2}, \bar{1}\bar{1}\bar{1}] [2\bar{1}\bar{1}, \bar{2}\bar{2}\bar{1}]$ .

In dieser Zone kommen noch häufig zwei Flächen vor, welche  $8^\circ$  und zirka  $11 \cdot 2^\circ$  mit der Prismenfläche bilden, wobei die letztere sich durch Ausdehnung auszeichnet. Man kann ihr die Indizes  $(3\bar{2}\bar{4})$  zuschreiben. Sie liegt in den Zonen  $[102]$  und  $[221]$  und erscheint an Stellen, wo die betreffende Prismenfläche mit dem Zwillingsindividuum einen einspringenden Winkel bildend in Berührung kommt, wobei nur eine den einfachen Winkel verkleinernde Fläche ausgebildet ist.

Der berechnete Winkel zu der Prismafläche ist:  $(2\bar{1}\bar{1}) : (3\bar{2}\bar{4}) = 11^\circ 35'$ .

Die in der Zone  $[213]$  liegende, mit der Prismenfläche stets einen Winkel von  $4^\circ$  bildende Vizinalfläche ist zwar sehr verbreitet an Zwillingen und einfachen Kristallen, scheint aber mit den auftretenden einfachen Flächen nicht im einfachen Zonenverbände zu stehen.

Die  $11\bar{2}$  ist ebenfalls durch Vizinalflächen ersetzt. Dasselbe Vizinalflächenpaar wiederholt sich hier eingemale nebeneinander. Es sind dies dieselben negativen Vizinalflächen, wie an den anderen Prismenflächen, welche hier mit ihrem oberen Ende ausgebildet sind und hier einen größeren Substanzabsatz an der Zwillingsgrenze bezeugen.

Die Überwachsungen haben einen merklichen Einfluß auf die Vizinalflächen. Auf den Flächen  $\bar{1}\bar{2}\bar{1}$  und  $\bar{2}\bar{1}\bar{1}$  ist die Verteilung der Vizinalflächen ganz der auf den einfachen Kristallen vorkommenden gleich, sie sind glatt, nur hie und da heben sich die Subindividuen empor. Nur an einem Individuum und nur an der Stelle, wo die überwachsene Teile des anderen Individuums mit der genannten Fläche einen einspringenden Winkel bilden, kommen längs der Verwachsung sich ziemlich steil auf ihr erhebende Vizinalflächen zu stande. In dem rechten Sextanten liegende Vizinalflächen heben sich viel mehr aus der Prismenfläche empor wie die entsprechenden aus dem linken, gewöhnlich aber erscheinen an der Zwillingsgrenze Vizinalflächen nur aus dem linken Sextanten.

Die Wirkung dieser Erscheinung ist die Verminderung des einspringenden Winkels. Der Vorgang der Bildung dieser Flächen ist gut ersichtlich. Zuerst bildet sich eine breite Fläche unter sehr kleinem Winkel mit der Prismenfläche. In der Nähe der Zwillingsgrenze hob sich aus dieser eine andere, aber entsprechend schmalere Fläche empor. Auf diese Weise entstand eine Reihe von sich immer stärker von der Prismenfläche erhebenden Flächen, deren Pole immer mehr von der zyklographischen Projektion der Zwillingssebene wegrücken, wodurch ein treppenartiges Gebilde entsteht.

### B.

Diese Zwillinge unterscheiden sich von den unter *A* besprochenen vor allem durch einen tafelförmigen Habitus, welcher dadurch zu stande kommt, daß sich neben der Form  $(10\bar{1})$  eine Reihe von Vizinalflächen aus der Polkantenzone des Hauptrhomboiders ausgebildet hat.

An einfachen Kristallen ist diese Flächenreihe sehr schmal und der Unterschied von Kristallen unter *A* nicht so leicht ersichtlich. Sie sind aber schlanker, rascher in die Höhe gewachsen, wie es aus folgenden Zentraldistanzen ersichtlich ist.

Die Zentraldistanzen der einfachen Kristalle sind:

a ( $2\bar{1}\bar{1}$ )	b ( $110$ )	K: ( $20\bar{1}$ )
$0.41 \pm 0.026$	$3.55 \pm 0.173$	$1.81 \pm 0.05$

Die kleinen Unregelmäßigkeiten in der Ausbildung dieser Kristalle, die sich in den Unterschieden der Zentraldistanzen einzelner Flächen derselben Form an demselben Kristalle verhalten, seien durch den mittleren Fehler der Zentraldistanz der Prismenflächen angegeben:

$$\varepsilon = \pm 0.047, \pm 0.086, \pm 0.094, \pm 0.080.$$

In der Größe stehen die Kristalle der der Zwillinge bedeutend nach, sowie die unter A.

## Zentraldistanzen der

Indizes	$\begin{matrix} 11\bar{2} \\ 121 \\ \bar{2}11 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 211 \\ \bar{1}2\bar{1} \end{matrix}$	$11\bar{2}$	101 u. 011
<i>A</i>				
I. Ind.	$0.11 \pm 0.047$	$0.08 \pm 0.18$	$1.44 \pm 0.25$	$1.81 \pm 0.20$
II. Ind.	$0.11 \pm 0.087$	$0.99 \pm 0.097$	$1.41 \pm 0.10$	1.56
<i>B</i>				
I. Ind.	$0.41 \pm 0.124$	$0.83 \pm 0.14$	$1.08 \pm 0.147$	$1.60 \pm 0.064$
II. Ind.	$0.38 \pm 0.010$	$0.88 \pm 0.012$	$1.08 \pm 0.134$	1.40
Mittel	0.25	0.94	1.25	1.59

## Ein spezielles

Indizes	$\bar{1}\bar{1}2$ etc.	$211$	$11\bar{2}$	$\bar{1}2\bar{1}$	$\bar{2}11$	101 u. 011
<i>A</i>						
I. Ind. dir. gem. Z.	0.35	3.5	5.45	3.3	0.35	6.45 6.6
recd. Z.	0.10	1.01	1.56	0.94	0.10	1.84 1.88
II. Ind. dir. gem. Z.	0.45	3.35	4.75	3.2		4.8
	0.12	0.95	1.36	0.92		1.34

Die Volumina dieser Kristalle betragen:

Wie ersichtlich sind diese Kristalle ganz plattig nach der frontalen Symmetrieebene ausgebildet. Während die Krystalle unter A infolge der großen Entwicklung der Fläche =  $2\bar{1}0$  ziemlich dick sind, ist hier eine mit ihrer Lage der  $5\bar{4}0$  entsprechende gestreifte (zu  $1\bar{1}0$  vizinale) Fläche sehr stark ausgedehnt, wodurch die plattige Form dieser Zwillinge bewirkt wird.

Da aber auch hier der Kristall zum vollständigen Abschließen an diesen Stellen zu viel Material gebraucht hätte, so hat er sich durch oszillatorische Kombination mit der symmetrischen Fläche der Unterseite geholfen. Auf die Weise entsteht eine der  $1\bar{1}0$  sehr nahe liegende Fläche.

Der größte untersuchte Kristall hatte  $V = 18 \cdot 10 \text{ cm}^3$ .

Betrachten wir die Zentralsdistanzen der Zwillinge:

Es wurden fünf schöne Zwillinge gemessen und das Mittel genommen. Die Bezeichnung ist dieselbe wie bei der Gruppe A.

Zwillinge (s. Fig. 13).

110	0 $\bar{1}$ 2	2 $\bar{1}$ 0	20 $\bar{1}$
$2 \cdot 14 \pm 0 \cdot 166$	$0 \cdot 76 \pm 0 \cdot 09$	$1 \cdot 25 \pm 0 \cdot 122$	$1 \cdot 87 \pm 0 \cdot 235$
$1 \cdot 68 \pm 0 \cdot 184$	0·70	1·19	1·70
$1 \cdot 72 \pm 0 \cdot 15$	$1 \cdot 03 \pm 0 \cdot 020$	$1 \cdot 07 \pm 0 \cdot 09$	$1 \cdot 54 \pm 0 \cdot 11$
$1 \cdot 41 \pm 0 \cdot 2$	0·87	0·91	1·44
1·73	0·82	1·11	1·09

Beispiel.

110	0 $\bar{1}$ 2	210 u. 120	20 $\bar{1}$	011	1 $\bar{1}$ 0	10 $\bar{1}$
7·95	2·9	4·0	6·53	0·40	0·90	5·15
2·27	0·83	1·14 1·19	1·86	0·11	0·26	1·50
6·95	2·9	4·05				
1·98	0·80	1·16				

$89 \cdot 7 \text{ cm}^3, 22 \cdot 3 \text{ cm}^3, 17 \text{ cm}^3, 11 \text{ cm}^3, 8 \text{ cm}^3$ .

In dem speziellen Beispiel würden die zu (10 $\bar{1}$ ) vicinalen Flächen, wenn sie sich nicht oszillatorisch wiederholt hätten, die Zentralsdistanzen

540	50 $\bar{4}$
0·53	1·62

haben.

Der Unterschied von den Kristallen unter *A* zeigt sich hauptsächlich in den Zentraldistanzen der  $\delta \cdot (110)$ , welche hier an Zwillingen wie an einfachen Kristallen viel größer sind.

Durch die Zwillingsbildung erhalten die Kristalle wiederum eine Verlängerung in einer gewissen Richtung, nämlich der II. Bissetrix des Zwillings.

#### Vizinalflächen.

Die Vizinalflächen auf den Prismenflächen sind hier genau dieselben, wie an den Kristallen der I. Gruppe.

Sehr auffallende Unterschiede im Vergleich zu den einfachen Kristallen zeigt die die Prismenfläche II. Art vertretende Vizinalflächenreihe.

Bei der goniometrischen Untersuchung dieser Flächen ist es schwer, bei der ungemein großen Zahl der Reflexe die durch Diffraktion erscheinenden von den wirklichen zu unterscheiden. Dabei lieferte die Messung für jede Zone gewöhnlich abweichende Werte, die jedenfalls mit den für einfachere Flächen dieser Zone berechneten nicht zusammenfallen.

Besonders beachtenswert für unser Thema sind die Unterschiede in der Neigung dieser Flächen an Zwillingskristallen. An der Zwillingsgrenze im einspringenden Winkel bilden sich viel weniger steile Flächen als sonst; gewöhnlich bildet der erste deutliche Reflex mit der in dieser Zone liegenden Rhomboederfläche (100) einen Winkel von  $44^\circ$ , der Lichtstreifen beginnt in einem Winkelabstand von höchstens  $42^\circ$  an und zieht sich durch die Prismenfläche II. Art auf die Unterseite hin. An der Zwillingsgrenze aber, im oberen Kristallteile in den Zonen  $[010]$  und  $[100]$  bildet der erste Reflex mit der Rhomboederfläche einen Winkel von  $35^\circ 25'$  und der Lichtstreifen beginnt noch näher der Rhomboederfläche, zieht sich

Fig. 3.

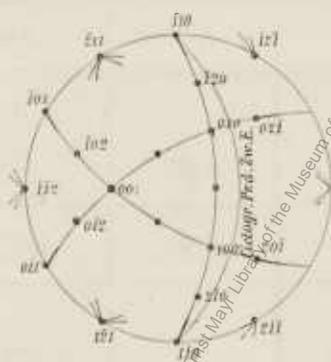


Fig. 4.

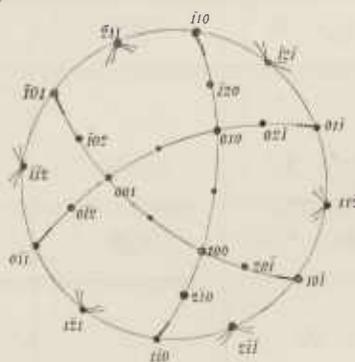
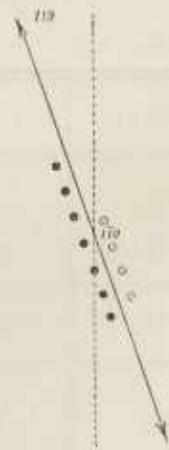


Fig. 5.



dagegen nicht einmal bis zu der Prismenfläche II. Art, die einen Winkel von  $(101:100) 52^\circ 33'$  bildet sondern endet in einem Winkelabstand von  $45^\circ$  von der (100) (Fig. 3 und 4).

Die in den einspringenden Winkeln liegenden Prismenflächen I. Art sind auch durch Vizinalflächen vertreten, die unregelmäßig zerstreut, doch deren Reflexe immer nur auf der einen Seite der Symmetrieebene liegen, so daß wiederum der einspringende Winkel verkleinert wird.

An einem Kristall wurde hier statt der  $(2\bar{1}\bar{1}) \varphi = 60^\circ \rho = 90^\circ$  gemessen: <sup>1</sup>

$\varphi = 65^\circ 16'$	$\rho = 93^\circ 15'$
$66^\circ 20'$	$92^\circ 45'$
$62^\circ 49'$	$90^\circ 30'$
$62^\circ 37'$	$86^\circ 45'$

<sup>1</sup> Der Azimut, gezählt von der frontalen Symmetrieebene.

Die Positionen wurden von dem Durchkreuzungspunkte der beiden Zonen [001] und [001] als Polpunkt, dessen richtige Lage vorher kontrolliert wurde (d. h. die frontale Symmetrieebene polar eingestellt) und  $\varphi$  von der Zone [001] als erstem Meridian bestimmt. Die so erhaltenen Werte wurden auf die gewöhnliche Aufstellung: Polarfläche (111) umgerechnet.

Je weniger steil eine der in der Zone [001] liegenden Flächen ist, desto mehr gewinnt sie an Ausdehnung.

Dementsprechend ist auch die Fläche  $20\bar{1}$  des Skalenoeders K<sub>2</sub>, dessen Flächen  $0\bar{1}2$  und  $2\bar{1}0$  ganz leistenförmig schmale Kantenabstumpfungungen zwischen (110) und den Vizinalflächen zu  $1\bar{1}0$  resp.  $0\bar{1}1$  sind, bedeutend länger gegen unten hin, wenn auch schmal. Oft dehnt sie sich sogar so stark aus, daß die Vizinalflächen von  $10\bar{1}$  hier vollständig verschwinden und nur eine ca.  $1/2^\circ$  mit der  $20\bar{1}$  Fläche einschließende Vizinalfläche zum Vorschein kommt.

Die Bildung dieser Flächen kommt gewöhnlich erst knapp an der Zwillingsgrenze zu stande, so daß ein neuer einspringender Winkel entsteht.

Recht eigentümlich und den Wachstumsvorgang erhellend ist die Bildung einer Nebenzone zu der Polkantenzone des Rhomboeders [001] an dem Individuum (Fig. 5), welches von dem anderen Zwillingsindividuum überwachsen wird. Stellt man nämlich am Goniometer die zwei Flächen des Spaltungsrhomboeders 100 und 010 ein, so kommt neben der streng auf das Linsenkreuz fallenden Lichtschnur eine zweite zu ihr parallele zum Vorschein, deren Reflexe immer weiter von der Zwillingsgrenze weggeschoben sind. Sucht man die reflektierenden Stellen am Kristall auf, so erscheinen sie als Ausfüllung des durch die Überwachsung entstandenen einspringenden Winkels. Augenscheinlich ist diese Erscheinung nur durch die Zwillingsgrenze bewirkt, da die Ablenkung längs des ganzen Zonenstückes gleich groß ist. An einem gut meßbaren Kristall wurde die Größe der Ablenkung genau  $30'$  längs der ganzen Zone gefunden. Sie ist aber an verschiedenen Kristallen verschieden, oft bedeutend größer, manchmal ziemlich unregelmäßig. In der Projektion würden die Pole dieser Flächen etwas weiter von der zyklographischen Projektion der Zwillingssebene liegen als die normalen Flächen, die in der Zone liegen. Die merkwürdige Lage dieser Flächen ist aus der Fig. 5 noch besser ersichtlich. An der Unterseite zieht sich diese Lichtschnur ohne Unterbrechung an derselben Seite der Symmetrieebene weiter hin, statt die von der Symmetrie erforderte Lage anzunehmen, entsprechend den von dem inneren Bau ganz unabhängigen Entstehungsbedingungen.

Was die Überwachsungen betrifft, so sind sie den unter A beschriebenen analog. Infolge der Ausdehnung der in der Nähe der  $1\bar{1}0$ -Flächen liegenden Vizinalflächen mußte hier eine neue Fläche entstehen, um die sich hier sehr weit ziehende Überwachsung abzuschließen. Es ist dies eine Fläche der Zone [102]; sie gehört der unteren Halbkugel der Projektion an. Ihre Position ist  $\rho = 62^\circ$ ,  $\varphi = 48^\circ$ <sup>1</sup>

Zu dieser I. Gruppe gehört auch eine Stufe (Hof-Museum), auf welcher einfache Kristalle und Zwillinge mitgewachsen sind. Zwischen den Kalkspatzwillingen der Druse sind auch kleine Kupferkieskristalle zerstreut. Die Kalkspatkristalle zeigen dieselben Formen wie die beschriebenen, es kommt noch die Form (111) vor, welche an Kristallen von diesem Fundorte noch nicht wahrgenommen war.

Der Habitus eines Zwillings nach (100) ist von dem gewöhnlichen stark abweichend (Taf. II, Fig. 2, 3).

<sup>1</sup> Wird hier immer von der frontalen Symmetrieebene gezählt.

Eines der Zwillingsindividuen spaltet sich in zwei Teile, so daß knapp an der Zwillingsgrenze ein scheinbar selbständiges Individuum hervortritt. Das Wachstum an der Zwillingsgrenze im einspringenden Winkel wurde durch einen fremden eingelagerten Kristall gehemmt. Demzufolge konnte sich der Einfluß der Zwillingsbildung nicht geltend machen und der Kristall erhielt an dem frei ausgebildeten Ende eine den einfachen Kristallen ähnliche Ausbildung. Das Hindernis wurde von unten umwachsen und hier, an der Zwillingsgrenze, kommen die sonst gewöhnlichen Wachstumserscheinungen zu stande: Verzerrung der Form und Vizinalflächen.

Zwischen den beiden Individuen an der Zwillingsgrenze in dem durch die Flächen  $11\bar{2}$  und  $\bar{1}\bar{1}2$  gebildeten einspringenden Winkel (an der I. Symmetrieebene) kommt folgende Erscheinung zu stande: Längs der Zwillingsnaht erheben sich von den Prismenflächen der beiden Individuen kleine schmale Kristallteile, welche durch die Prismenflächen  $2\bar{1}\bar{1}$ ,  $\bar{1}2\bar{1}$  und die  $11\bar{1}$ -Fläche begrenzt sind; der einspringende Winkel wird dadurch verkleinert.

Dieser Zwilling hat auch einen zweiten zu dem ersten supplementären einspringenden Winkel an der II. Symmetrieebene, der durch die Flächen  $11\bar{2}$  und  $11\bar{2}$  begrenzt ist; an dem sind überhaupt keine Wachstumserscheinungen (Verzerrungen, Vizinalflächen) noch eine Zunahme der Zentralabstände in dieser Richtung wahrnehmbar.

An derselben Stufe befindet sich noch ein ähnlich im Wachstum an der Zwillingsgrenze gestörter Kristall sowie ein ganz gewöhnlich verzerter, welcher den typischen herzförmigen Habitus hat. Daneben regelmäßig gebildete einfache Kristalle.

#### Genauigkeit der Verwachsung.

Um zu unterscheiden, mit welcher Genauigkeit die beiden Individuen an Zwillingen miteinander verbunden sind (vergl. Irby<sup>1</sup>), genügt es, die Winkel zwischen einzelnen Rhomboederflächen (am besten größerer glatter Spaltungsflächen) zu der gemeinsamen  $1\bar{1}0$  Fläche als dem Durchkreuzungspunkte der Rhomboederpolkanten zonen  $[001]$  beider Individuen zu messen und den Winkel dieser beiden Zonen zu bestimmen, was freilich nur mit Hilfe des zweikreisigen Goniometers geschehen kann.

An einigen Kristallen von diesem Typus, an welchen dies mit Genauigkeit durchgeführt werden konnte, fand ich den Winkel  $100 : 110 = 52^\circ 33'$  (berechnet  $52^\circ 33'$ ).

Der Winkel der Polkanten zonen der beiden zwillingsgemäß verwachsenen Individuen ergab sich zu  $38^\circ 18'$ , genau mit den berechneten übereinstimmend. Ber.  $38^\circ 18'$

#### c) II. Gruppe.

Miers beschreibt einfache Kristalle von pyramidalem Typus, die den Eindruck einer hexagonalen Pyramide II. Art machen.

Trotzdem wiesen die Messungen auf ein sehr steiles Skalenoeder mit sehr großen Indizes hin, nämlich (151, 154, 305, 27).

Die von Miers angegebenen Indizes sind etwas befremdend für so ausgedehnte Flächen, umsomehr, da Schwankungen in den Winkeln dieser Flächen vorzukommen scheinen.

<sup>1</sup> Irby l. c. sagt p. 29: »Es wäre interessant, zu entscheiden, ob die Zwillingsindividuen mit derselben Genauigkeit miteinander verbunden sind, wie verschiedene Teile desselben einfachen Kristalls miteinander.«

Rogers<sup>1</sup> beschreibt einen Calcitkristall von Frizington, an welchem er folgende Formen fand:

$$(5.5.\bar{1}0.1), (10\bar{1}1), (11\bar{2}0), (21\bar{3}1), (10\bar{1}1), (01\bar{1}2)$$

und wahrscheinlich:

$$(2.8.\bar{1}03).$$

Diese neue Pyramide ist durch folgende Messungen begründet:

Polkantenwinkel	Mittel
59° 34'	59° 34 $\frac{1}{2}$ '
59° 35'	

Aus Cumberland ist auch die neue Form  $17.\bar{7}.\bar{1}0.9$  von Butgenbach angegeben worden (Ref. Z. f. K. XXXVII). Scharfe Polkante 59° 20' berechnet, beobachtet 59° 45'. Diese Form ist viel flacher als die schon angeführten.

Im Hof-Museum befinden sich zwei Zwillinge und ein einfacher Kristall, die einen pyromidalen Habitus zeigen. Die Hauptform ist eine der verwendeten Pyramide nahe liegende Form.

Ein Zwillingkristall wurde mittels der ausgezeichnet reflektierenden Spaltflächen polar eingestellt und die Messung mit dem Theodolitgoniometer ergab folgende Zonenverhältnisse:

1. Die Polkanten zonen des Hauptrhomboiders. Die Ausbildung dieser Zonen ist dieselbe wie an den Kristallen von gewöhnlichem Habitus von Egremont. In der Nähe der Prismenflächen II. Ordnung zieht sich eine Reihe von Vizinalflächen, deren Reflexe sehr dicht aneinander gedrängt sind. Es kommen noch Diffraktionserscheinungen zum Vorschein, die die Messung erschweren. Im allgemeinen haben die Flächen in jeder Zone schwankende Positionen.

Der Lichtstreifen fängt in der Nähe des Punktes  $\rho = 82^\circ 28'$ ,  $\varphi = 3^\circ 41'$  an und zieht sich durch die Prismenfläche  $(10\bar{1})$  auf die Unterseite.

Von den sehr zahlreichen Reflexen seien nur einige angegeben, die sich durch gute Ausbildung auszeichnen und in mehreren Zonen wiederholen:

$\rho = 90^\circ 13'$	$\varphi = -0^\circ 5'$
90° 0'	-0° 0'
89° 50'	+0° 4'
89° 30'	0° 14'
87° 9'	1° 25'
85° 34'	2° 12'

Die Reflexe geben uns jedenfalls die Tangentialebenen an den die Streifung bewirkenden Kanten charakterisieren also die Substanzverteilung an dem Kristall, um was es sich bei unserem Thema hauptsächlich handelt.

Von diesen im allgemeinen gleich ausgebildeten Zonen unterscheiden sich an jedem Zwillingindividuum je zwei in dem einspringenden Winkel liegende zwischen den Polpunkten  $20\bar{1} : 10\bar{1}$  etc.

Die Vizinalflächenreihen, deren Ausbildung in den von der Zwillingsgrenze entfernten Teilen ganz den andern ähnlich ist, gehen gegen die Zwillingsgrenze in solche über, deren Pole viel näher der zyklographischen Projektion der Zwillingsebene liegen, wobei sie natürlich einspringende Winkel mit den normal ausgebildeten bilden. Der einspringende Winkel wird verkleinert.

<sup>1</sup> Rogers: Mineral. Notizen. Ref. Z. f. K. XXXVII.

Die Flächenposition einiger hellerer Reflexe aus diesem Zonenstück sind:

$$\begin{array}{ll} \rho = 77^{\circ} 28' & \varphi = 36^{\circ} 22' \\ & 78^{\circ} 13' & 35^{\circ} 59' \\ & 78^{\circ} 26' & 35^{\circ} 50' \end{array}$$

Diese Zahlen haben dieselbe Bedeutung wie die vorherigen. Der Lichtstreifen beginnt schon bei einem Punkt, dessen  $\rho =$  zirka  $76\frac{1}{2}^{\circ}$  ist.

Dieser Vorgang geht symmetrisch an beiden Individuen vor sich.

In den nach der frontalen Symmetrieebene symmetrischen Kristallteilen kommt dieselbe Erscheinung zu stande, daß hier weniger steile Vizinalflächen erscheinen, aber nicht in so hohem Grade. Im allgemeinen ist der Zwillings nach der frontalen Symmetrieebene nicht ganz symmetrisch entwickelt, was von ganz zufälligen Einflüssen, wie z. B. der Art der Aufwachsung, abhängig ist. Die gerichteten (110)-Flächen geben einen Diffraktionsstreifen.

2. Eine Lichtschnur von Vizinalflächen in den positiven Sextanten, deren Lage sehr nahe der Lage der verwendeten Pyramiden ist, und welche als Vizinalflächen der Pyramidenzone zu betrachten sind. Sie liegen in einer Zone, welche sich von 111 zu einer nicht vorhandenen Prismenfläche hinzieht, welche um durchschnittlich  $22'$  von der (10 $\bar{1}$ ) Fläche entfernt ist und sich somit in der Projektion als Durchmesser darstellt.

Die in dieser Zone liegenden Flächen geben helle Reflexe; trotzdem sie aber nicht als Beugungserscheinung zu betrachten sind, wiederholen sie sich nicht konstant in symmetrischen Zonen. Die besetzten Punkte liegen auch hier knapp an der Prismenfläche II. Ordnung und ziehen sich in größeren Abständen bis ungefähr zu einem Punkte, dessen  $\rho =$  zirka  $83^{\circ}$ .

3. Neben dieser mit sehr starken Reflexen besetzten Zone kommen auch andere schwächere daneben liegende zum Vorschein, die ebenfalls von 111 zu einer vizinalen (nicht vorhandenen) Prismenfläche sich ziehen, wie dies aus dem Parallelismus dieser Zonen zu dem vertikalen Faden des Okulars ersichtlich ist. Diese Zonen haben eine mittlere Lage zwischen der Zone 2. und der der verwendeten Pyramiden. Diese Skalenoederflächen sind also ebenso positiv.

4. Auch die Zone der verwendeten Pyramiden ist, obgleich in Spuren, vorhanden. Sie erscheint am Goniometer als ein Lichtstreifen mit einigen wenigen, sehr schwachen Reflexen. Sie erscheint nur stellenweise und zieht sich höchstens zu  $\rho = 82^{\circ} 45'$ ,  $\varphi = 0^{\circ} 2'$ .

Die Vizinalflächen an der Pyramidenzone beteiligen sich auch in der Verdrängung des einspringenden Winkels. Es erscheint nämlich an der Zwillingsgrenze ein ziemlich verwaschener Reflex, der viel näher der cyclogr. Projektion der Zw. Grenze liegt als die übrigen:

$$\begin{array}{ll} \rho = 77^{\circ} 49' & \varphi = 64^{\circ} 5' \\ \rho = 77^{\circ} 54' & \varphi = 64^{\circ} 30' \end{array}$$

5. Von jeder der Flächen aus der Zone 2. zieht sich ein Lichtstreifen in die benachbarte Polkantenzone des Hauptrhomboeders zu sehr verwaschenen Reflexen, welche zusammenschmelzen.<sup>1</sup>

So z. B. zieht sich von

$$\rho = 83^{\circ} 49' \quad \varphi = 89^{\circ} 40'$$

eine Zone zu

$$\rho = 83^{\circ} 52' \quad \varphi = 88^{\circ} 24'$$

Je näher die Flächen der (10 $\bar{1}$ ), desto dichter diese Zonen, schließlich entsteht nur ein Lichtfleck.

<sup>1</sup> Diese Reflexe gehören gekrümmten Flächen an. Solche zwischen zwei Reflexen sich ziehende Lichtstreifen wurden von Prof. Becke als »Brücken« bezeichnet. Ätzversuche an Zinkblendende. Mineral. u. petrogr. Mitt., Bd. V, 1883.

6. Von der Fläche  $1\bar{1}\bar{2}$  (gemessen  $\rho = 90^\circ 1'$ ,  $\varphi = 0^\circ 2'$ , wenn für  $001$   $\varphi = 0^\circ$ ) zieht sich ein Lichtstrifen zu  $\rho = 89^\circ 13'$ ,  $\varphi = 0^\circ 2'$ , also ein kurzes Stück der Rhomboederzone.

Die anderen Prismenflächen sind dagegen mit Vizinalflächen bedeckt, die ganz kurze, unregelmäßige Lichtstreifen, aber sehr helle, schöne Reflexe geben.

Von den sehr zahlreichen, auf der  $1\bar{2}1$  auftretenden seien nur einige angeführt:

$\varphi$ für $001 = 0^\circ 0'$		
$\rho = 89^\circ 53'$	$\varphi = 28^\circ 38'$	
$89^\circ 37'$	$29^\circ 20'$	
$89^\circ 41'$	$29^\circ 38'$	
$89^\circ 45'$	$30^\circ 0'$	
$89^\circ 36'$	$30^\circ 32'$	
$89^\circ 48'$	$30^\circ 39'$	
$86^\circ 55'$	$26^\circ 0'$	
$87^\circ 47'$	$27^\circ 46'$	große Lichtflecke; von
$86^\circ 24'$	$36^\circ 4'$	geht eine Zone zu
$86^\circ 49'$	$34^\circ 31'$	und noch viele andere.

Die Pole dieser Vizinalflächen gruppieren sich ebensogut auf der einen wie auf der anderen Seite der zu  $1\bar{2}1$  senkrechten Symmetrieebene.

Auf  $2\bar{1}\bar{1}$  gruppieren sich die Vizinalflächen hauptsächlich nur auf einer Seite der Symmetrieebene, so daß ihre Pole näher der zyklographischen Projektion der Zwillingssebene liegen, obgleich hier, was auf Grund der Erfahrung an den Kristallen der I. Gruppe nicht zu vermuten war, ein Lichtfleck auch auf der anderen rechten Seite der Symmetrieebene liegt. Daraus folgt, daß der Substanzabsatz hauptsächlich in der Nähe des Prismas  $11\bar{2}$  erfolgt, rascher wie an den benachbarten auch im einspringenden Winkel liegenden Flächen.

Alle einfachen Flächen, also  $(2\bar{1}\bar{1})$ ,  $(10\bar{1})$ ,  $(3\bar{1}\bar{1})$  geben Reflexe, deren Positionen ganz genau mit den berechneten stimmen.

Es sei noch bemerkt, daß die Messungen vollständig an einem Zwillingskristalle (beide Individuen) (Nr. 1) ausgeführt waren; durch teilweise Messungen konnten aber an den anderen im allgemeinen dieselben Vizinalflächen konstatiert werden. Die an dem einfachen Kristalle in oberen Teilen des Kristalls scheinbar fehlende Polkantenzone des Hauptrhomboeders (die Flächen scheinen ganz einheitlich, wenn auch etwas gekrümmt zu sein) konnte man neben der Vizinalzone 2 auch mit bloßem Auge als feine, den Polkanten des Hauptrhomboeders parallele Streifen wahrnehmen.

Am einfachen Kristalle ist die Zentraldistanz der Prismenflächen  $a(2\bar{1}\bar{1}) = 0.45 \pm 0.146$ , die der vorherrschenden Vizinalflächen der verwendeten Pyramidenzone der  $b_v = 0.75$ .

Die letzteren seien der Kürze wegen durch  $b_v$  bezeichnet.

An dem gemessenen Zwillings (Nr. 1) zeigt sich der Einfluß der Zwillingsbildung weniger in den Zentraldistanzen der Flächen wie in dem Auftreten und Verteilung der Vizinalflächen.

Dagegen hat der Zwillings Nr. 2 (Taf. II, Fig. 4) folgende Zentraldistanzen: <sup>1</sup>

$1\bar{1}\bar{2}$	$2\bar{1}\bar{1}$	$11\bar{2}$	$b_{v_1}$	$b_{v_2}$	$b_{v_3}$	$101$	$110$	$012$	$210$	$201$
$1\bar{2}1$	$1\bar{2}\bar{1}$					$011$				
$\bar{2}11$										
0.20	0.90	1.14	0.23	0.39	1.19	1.95	2.19	0.90	1.22	1.60

<sup>1</sup> Da die beiden Zwillingsindividuen fast genau gleich sind (der Unterschied in der gemessenen Zentraldistanz der  $110$  beträgt kaum  $1\text{ mm}$  [ $3.35$  und  $3.25\text{ mm}$ ] und sonst sind sie ganz symmetrisch nach der Zwillingssebene), so wurde aus den Zentraldistanzen der nach der Zwillingssebene symmetrischen Flächen das Mittel genommen.

Dieser Zwilling ist tafelig nach der frontalen Symmetrieebene.

In Bezug auf die Flächenlage wäre zu bemerken, daß die Flächenreihe aus den Polkanten zonen des Rhomboeders  $[010]$  und  $[100]$  an der Zwillingsgrenze im einfachen Winkel nur in der Nähe der K: Flächen liegt, während sie sonst nur knapp in der Nähe der Flächen  $(10\bar{1})$  ausgebildet ist.

In der Nähe des Polpunktes der nicht ausgebildeten Prismenflächen II. Ordnung  $10\bar{1}$  und  $01\bar{1}$  fehlt sie dagegen vollständig, es erscheint hier dagegen ein Lichtstreifen, der sich von  $20\bar{1}$  nur durch  $6^\circ 51'$  nach unten zieht.

#### d) III. Gruppe.

##### Kurzprismatische Kristalle.

(Biggrig Minc. Exc. v. Klepseh.)

Aus einer großen Schar einfacher Kristalle, die auf Brauneisenstein sitzen, ragt ein viel größerer Zwillingskristall. Während die einfachen Kristalle kaum das Volum von  $1 \text{ cm}^3$ , meist nur zirka  $0.7 \text{ cm}^3$ , erreichen, hat der Zwilling ein Volum von annähernd  $7.8 \text{ cm}^3$ .

Diese Kristalle zeigen eine flächenreiche, für Egremont neue Kombination (Taf. II, Fig. 17):

$$(2\bar{1}\bar{1}), (100), (20\bar{1}), (3\bar{1}\bar{1}), (21\bar{2}), (11\bar{1}), (10\bar{1}), (310).$$

Die kurzprismatischen einfachen Kristalle sind sehr regelmäßig, fast modellartig gebildet, im Innern ganz rein, nur einige Kristalle sind durch Eisenoxyd rötlich gefärbt. Als Kombinationsträger erscheint das Prisma I. Art, aber der eigentümliche Habitus wird durch die natürlichen großen, etwas matten  $(100)$ -Flächen bedingt. Die Prismenflächen sind zwar fein chagriniert, zeigen aber die für die I. Gruppe so charakteristischen Subindividuen nicht.

Die  $(20\bar{1})$  Flächen sind glatt, die Kombinationskante dieser Fläche zu der  $(10\bar{1})$  Fläche wird durch eine ebenfalls glänzende Fläche abgestumpft, die ungefähr der  $(50\bar{4})$  entspricht.

Die  $(3\bar{1}\bar{1})$  und  $(11\bar{1})$  sind stark glänzend, die  $(10\bar{1})$ , die hier nicht durch Vizinalflächen vertreten sind, sind matt, die  $(21\bar{2})$  weniger, an den glänzenden Flächen  $(310)$  ist eine sehr feine Streifung parallel der Polkante des Rhomboeders bemerkbar.

Der Zwilling, Taf. III, Fig. 19, zeigt dieselbe Kombination und Flächenbeschaffenheit wie die einfachen Kristalle, es kommen aber wieder merkwürdige Ungleichheiten der Zentraldistanzen vor. Er ist in der Richtung der II. Bissetrix verlängert, indem sich zwei freie Rhomboederflächen, nämlich  $100$  und  $010$ , so stark ausdehnen, daß der einspringende Winkel ausgefüllt ist und diese Flächen mit den symmetrischen des zweiten Individuums zusammenstoßen. Die  $2\bar{1}0$ -Fläche dehnt sich auch sehr stark aus, während alle anderen in einspringenden Winkeln liegenden Flächen vollständig verschwunden sind (mit Ausnahme der überwachenden Kristallteile des einen Individuums), demnach die größten Zentraldistanzen haben.

Die an der Kieflfläche liegenden Skalenoederflächen sind in ihrer Ausbildung nicht beeinflusst.

In der Mitte ist ein Individuum von dem zweiten überwachsen.

Zentraldistanzen der einfachen Kristalle:

a ( $2\bar{1}\bar{1}$ )	p* ( $100$ )	K: ( $20\bar{1}$ )	p: ( $21\bar{2}$ )
0.75	1.50	1.02	0.87

Der mittlere Quadratfehler der Zentraldistanzen der Prismenflächen an einzelnen Individuen  $\epsilon = \pm 0.08, \pm 0.078$ .

<sup>1</sup> Baumhauer: Zur Frage des Kristallsystems des Harmotoms. Z. f. K. II, 1878.

Zentraldistanzen des Zwillings:

$\bar{1}\bar{1}2$ etc.	$11\bar{2}$ (virt.)	001	$\begin{matrix} 100 \\ 010 \end{matrix}$	0 $\bar{1}2$	2 $\bar{1}0$	20 $\bar{1}$ (virt.)
0·28	1·91	0·93	1·55	0·62	1·18	1·82

Direkt vergleichbare Zentraldistanzen des Zwillings:

$\bar{1}\bar{1}2$	$11\bar{2}$	001	$\begin{matrix} 100 \\ 010 \end{matrix}$	0 $\bar{1}2$	2 $\bar{1}0$	20 $\bar{1}$
0·65	4·58	2·23	3·72	1·48	2·83	4·36

Das Wachstum in der Richtung der Kielfläche und der benachbarten wurde also durch die Zwillingsbildung nicht wesentlich beeinflusst.

## e) IV. Gruppe.

(Biggig Mine, Egremont. Sammlung von Kommerzialrat Weinberger.)

Aus einer kristallinen Kalkspatkruste erhebt sich eine große Anzahl dünn säulenförmiger, rötlich gefärbter Calcitkristalle. Die Mehrzahl dieser Kristalle erreicht 2—3 cm Höhe, welche aber von keinem einfachen überschritten wird. Man sieht an ihnen die Prismen I. und II. Art, wobei die ersteren meist überwiegen. Am oberen freien Ende sind sie durch das Skalenoeder (20 $\bar{1}$ ) begrenzt, welches sich auch hier nicht unmittelbar an die Prismenflächen II. Art anlegt, da sich dazwischen eine steile Skalenoederfläche einschiebt. Aus diesen einfachen Kristallen ragt ein Zwilling hervor. Einen ideal gewachsenen Zwilling stellt Fig. 20, Taf. IV, dar. Die verzwilligten Individuen zeigen dieselbe Farbe und Flächenbeschaffenheit wie die einfachen Kristalle. Die gegenseitige Stellung beweist zweifellos, daß der Zwilling nicht älter als die einfachen Kristalle ist, er ist aber bedeutend größer wie jene.

In seinem Habitus ist er den Zwillingen von Eyam ähnlich. Ganz denen von Eyam analoge Kristalle hat Miers für Egremont angegeben (butterfly-twins).

Dieser unterscheidet sich von jenen von Eyam vor allem durch andere Flächenausbildung im einspringenden Winkel.

Der einspringende Winkel, welcher bei der Verbindung zweier einfacher Individuen in Zwillingsstellung sehr groß wäre, ist durch die Ausdehnung gewisser Flächen teilweise verdeckt.

Die Höhe der Prismenflächen tritt hier im Vergleich zu den Skalenoederflächen bedeutend zurück; an jedem der Individuen sind nur drei Prismenflächen vorhanden: die Kielfläche und die zwei anliegenden, welche sehr stark in die Breite ausgedehnt sind.

Die Skalenoederflächen der Form (20 $\bar{1}$ ) haben viel kleinere Zentraldistanzen als an einfachen Kristallen. Eine außerordentliche Ausdehnung haben die Flächen 2 $\bar{1}0$  und  $\bar{1}20$ . Die beiden übermäßig ausgedehnten Flächen stoßen unter einem Winkel von 132° 58' zu einer langen Kante zusammen. Diese Kante ist durch ganz unregelmäßige Flächen abgestumpft.

Die Fläche 20 $\bar{1}$  ist dagegen nur leistenförmig.

Außer diesen Flächen kommt noch ein Flächenpaar zum Vorschein, welches an einfachen Kristallen nicht gefunden werden konnte, welches hier zwar eine große Ausdehnung erreicht, aber nur auf den einspringenden Winkel beschränkt ist; es ist offenbar unter dem Einfluß der Zwillingsbildung entstanden. Es sind dies die Flächen 21 $\bar{2}$  und 12 $\bar{2}$ , welche hier im einspringenden Winkel die Prismenfläche I. Art 11 $\bar{2}$  vertreten.

Sonst findet man die Form (21 $\bar{2}$ ) nur an einem der verzwilligten Individuen mit ganz kleinen Flächen ausgebildet (siehe Fig. 20, Taf. III).

Die Zentraldistanzen einzelner Flächen dieser Kristalle sind:

An einfachen Kristallen, Mittel aus 4 Kristallen:					
		a (211)	K: (201)		
		0.44 ± 0.03	1.64 ± 0.07		
Der größte einfache Kristall hat ca. 0.2 cm <sup>3</sup> .					
An dem Zwillingkristalle:					
112	112 virt.	012	210	201	212
121					
211					
0.26	1.45	0.70	0.90	1.53	1.70
Die komparable Zentraldistanz ist:					
112	112	012	210	201	212
0.83	4.64	2.24	2.88	4.89	5.44

Hienach sind auch hier die Zentraldistanzen der im einspringenden Winkel liegenden Flächen die größten.

Im Vergleich mit den einfachen Kristallen sind aber auch die von der Zwillingsgrenze nicht beeinflussten Kristallflächen im Zwilling rascher gewachsen. (Vergleichbare Zentraldistanz 012: einfache Kristalle 1.64; Zwilling 2.24.)

### f) V. Gruppe.

#### Skalenoedrischer Habitus.

(Sammlung von Kommerzialrat Weinberger.) Taf. III. Fig. 22, 23.

Diese Stufe verdient ein besonderes Interesse, sowohl durch den Zwilling als auch wegen der Formkombination.

Die einfachen Kristalle vom skalenoedrischen Habitus zeigen folgende Formen:

1. (212) matten glänzende Flächen als Kombinationsträger.
2. (201) als sehr schmale, die scharfen Polkanten der vorigen abstumpfende, stark glänzende Flächen.
3. das Rhomboeder (100), den Scheitel abstumpfend, etwas matt, doch sehr starke Reflexe liefernd;
4. (111) stark glänzend.
5. (211) als sehr kleine, schöne Flächen.

Die Zentraldistanzen dieser beinahe modellartig ausgebildeten Kristalle sind (Mittel aus zwei Kristallen):

p: (212)	K: (201)	p: (100)
0.79	0.97	1.70

V = 0.27 cm<sup>3</sup>; die meisten haben 0.1 cm<sup>3</sup>.

Auf derselben Druse ist ein Zwilling vorhanden. Daß er mit den einfachen Kristallen gleichzeitig gewachsen ist, ersieht man daraus, daß sie in Bezug auf die schwach milchige Färbung und Glanz sich vollkommen gleich verhalten, dieselben Hauptflächen haben und nebeneinander gewachsen sind.

Der Zwilling erlangte aber wie gewöhnlich ein größeres Volum.

Außer den schon an einfachen Kristallen beobachteten Flächen zeigt er noch eine sehr seltene, nur von Levy an drei Exemplaren beobachtete Form (433); ihre Flächen sind gekrümmt, wie es auch Levy an seinen Exemplaren bemerkt hat.

Die Flächenverteilung ist folgende: Der Kristall ist infolge der übermäßigen Ausdehnung der  $2\bar{1}0$ , welche an einfachen Kristallen als nur schmale Abstumpfung erscheint nach der frontalen symmetrischen Ebene abgeplattet. Diese Fläche ist unten durch das Prisma II. Art  $1\bar{1}0$  ersetzt.

Die  $20\bar{1}$  bildet eine sehr schmale Abstumpfung der scharfen Polkante der Form ( $21\bar{2}$ ).

Diese Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit einzelner Flächen sind am besten aus der Zusammenstellung der Zentraldistanzen ersichtlich.

Zentraldistanzen des Zwillings:

$1\bar{2}2$	$2\bar{2}1$	$21\bar{2}$	$0\bar{1}2$	$2\bar{1}0$	$20\bar{1}$	001	100 010
0·55	0·55	1·24	0·71	0·90	1·20	1·34	1·64
Komparable Zentraldistanzen							
0·88	0·88	1·98	1·13	1·44	1·92	2·14	2·62

$$V = 1·43 \text{ cm}^3.$$

Die im einspringenden Winkel liegenden Flächen  $21\bar{2}$  und  $1\bar{2}2$  haben die größte Wachstumsgeschwindigkeit gehabt. Sie sind auch krumm und besonders gegen unten zu aufgebläht.

Durch die Krümmung ist bewirkt, daß die Fläche  $11\bar{1}$  eine so stark vorgeschobene Lage erhält. Diese Krümmung entsteht durch das Verschmelzen der Flächen  $21\bar{2}$  und  $1\bar{2}2$ , der  $43\bar{3}$  und  $34\bar{3}$  und anderer, welchen wahrscheinlich das Symbol ( $64\bar{5}$ ) zukommen würde.

Diese Flächen sind in der Fig. 25 der Deutlichkeit wegen gezeichnet.

### g) Zwillinge von Eyam, Derbyshire.

Die bekanntesten und am häufigsten in den Sammlungen vertretenen Calcitzwillingkristalle; sie wurden zum ersten Mal von Bournon<sup>1</sup> abgebildet und sehr genau von Weiss<sup>2</sup> untersucht. Er hat an ihnen die von Bournon angegebene Form (110) an Kristallen der Berliner Sammlung gesucht, aber keine andere Fläche als die  $20\bar{1}$  und  $2\bar{1}\bar{1}$  gefunden.

Das Hof-Museum besitzt eine große Anzahl dieser Zwillinge.

Außer ( $2\bar{1}\bar{1}$ ) und ( $20\bar{1}$ ) tritt noch an ziemlich vielen Zwillingen die Form ( $11\bar{1}$ ) auf. Gewöhnlich erscheint nur eine der Zwillingsgrenze zugekehrte Fläche  $11\bar{1}$ , an manchen Exemplaren finden sich sehr schmal auch die zwei anderen Flächen angedeutet (Taf. III, Fig. 25).

Von der Fläche  $11\bar{1}$  zieht sich in den einspringenden Winkel hinein eine Reihe von steilen Rhomboidflächen, welche die Prismenflächen vertreten. Der einspringende Winkel wird hiedurch stumpfer.

<sup>1</sup> Bournon: *Traité complet de la chaux carb. et de l'arragonite*. Londres 1808.

<sup>2</sup> Später wurden sie in derselben Form noch von Levy abgebildet und in vielen Lehrbüchern reproduziert.

Ein Exemplar, wenn auch ohne Zettel, aber unzweifelhaft von demselben Fundorte zeigt die (110)-Flächen. Im Habitus ist es denen von Bournon und Levy ähnlich.

Je nachdem der einspringende Winkel zum Teil oder gänzlich ausgefüllt ist, variieren die Zentralabstände. Kristalle mit ganz geschlossenem einspringenden Winkel scheinen die häufigsten zu sein (Taf. III, Fig. 24).

Die Verteilung der Vizinalflächen ist ähnlich der an Kristallen von Egremont.

Die Zentralabstände dieser Zwillinge sind:

A	$\bar{1}12$ etc.	$11\bar{2}$	$012$	$210$	$201$
I. Ind.	$0.19 \pm 0.05$	$1.33 \pm 0.12$	$0.67 \pm 0.16$	$0.79 \pm 0.05$	$1.41 \pm 0.08$
II. Ind.	$0.34 \pm 0.05$	$1.09 \pm 0.12$	$0.69 \pm 0.06$	$0.79 \pm 0.02$	$1.31 \pm 0.08$
B	0.44	1.13	0.72	0.72	1.27
Mittel	0.43	1.18	0.69	0.76	1.33

Die Zentralabstände unter A sind in derselben Weise bestimmt, wie bei den Egremonten der I. Gruppe. Die Zentralabstände unter B sind von dem Durchkreuzungspunkte der Hauptachsen, die durch die Schnittpunkte der Flächen  $0\bar{1}2$ ,  $210$ ,  $102$ ,  $120$ , respektive der entsprechenden des Zwillingeindividuums gehen, als Keimpunkt gemessen.

Das Mittel wurde aus fünf ausgewählten Zwillingen gewonnen.

### h) Zwillinge von New-Yersey nach (100).

(Sammlung des Mineralogischen Museums der Universität Wien.)

Die hier beschriebenen Kristalle befinden sich auf derselben Stufe mit Zwillingen der gleichen Bildungsperiode nach (110), deren Zahl bei weitem überwiegt. Deshalb wurde die genaue Beschreibung der ganzen Stufe bei der Beschreibung der letzteren Zwillinge gegeben.

Während die einfachen Kristalle, welche die Form  $(60\bar{5})$  und  $(111)$  zeigen, klein und regelmäßig ausgebildet sind, treten die vielfach größeren Zwillinge, die offenbar derselben Bildungsperiode angehören im Vergleich zu den einfachen stark hervor.

Sie sind ganz plattig nach der frontalen Symmetrieebene (Taf. IV, Fig. 26).

Die Flächen  $6\bar{5}0$  erhalten eine sehr große Ausdehnung. Die  $0\bar{5}6$  und  $50\bar{6}$  sind trotz des größeren Volums der Zwillinge kaum von derselben Größe wie an einfachen Kristallen.

Die Zentralabstände eines solchen Zwillinge sind:

$0\bar{5}6$	$6\bar{5}0$	$60\bar{5}$	$111$
0.28	0.28	1.00	1.8
Die vergleichbaren Zentralabstände:			
0.89	0.89	3.26	5.76

Volum des großen Zwillinge  $V = 0.168 \text{ cm}^3$ , die anderen unbedeutend kleiner.

Ein ebenmäßiger Zwilling würde mit Berücksichtigung des Habitus der mitgewachsenen einfachen Kristalle die Form Taf. IV, Fig. 27 haben.

Die Zentraldistanzen der einfachen Kristalle sind:

V: (60 $\bar{5}$ )	o (111)
0·59	3·75

Die im einspringenden Winkel liegenden Flächen haben an Zwillingen bedeutend größere Zentraldistanzen als die übrigen.

An einem Zwillinge konnten sich die genannten Flächen nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäßig fortschieben und es entstand ein zickzackförmiges Gebilde, indem die Zwillingsindividuen nur knapp an der Zwillingsgrenze weiter gewachsen sind.

Dies zeigt auch an, daß die Ursache der Verzerrung dieser Kristalle an der Zwillingsgrenze liegt.

Die vergleichbaren Zentraldistanzen der 0 $\bar{5}6$  und  $\bar{5}60$  sind nur ganz unbedeutend größer als die der Form (60 $\bar{5}$ ) an einfachen Kristallen.

### b) Zwilling von Moravicza (Hof-Museum).

Dieser Kristall schien auf den ersten Anblick den Regeln zu widersprechen, welche sich aus der Betrachtung so vieler Beispiele ergeben.

Er zeigt das gewöhnliche Skalenoeder und ist nicht verzerrt. Obwohl er ziemlich groß ist (Gewicht = 585 g) schneiden sich alle Skalenoederflächen in einem Punkte, der einspringende Winkel ist gar nicht verdrängt. Es fehlen auch die gewöhnlichen Zwillingsflächen, welche den einspringenden Winkel verkleinern.

Der Widerspruch löst sich bei genauerer Untersuchung. Die beiden Zwillingsindividuen berühren sich hier nicht mit der Zwillingsebene (001), sondern mit einer zu ihr senkrechten Ebene, die keiner kristallonomischen Fläche entspricht.

Solche Art der Ausbildung ist bei Kalkspaltzwillingen selten, nur an den Zwillingen nach (110) bisher beobachtet.

Er ist von der Unterlage abgebrochen, aber offenbar war er so aufgewachsen, daß die I. Bissetrix gegen die Unterlage normal gerichtet war.

Der hier vorhandene einspringende Winkel entspricht dem supplementärem der gewöhnlichen Zwillinge von Egremont.

Von Moravicza beschrieben Zepharovich einfache Kristalle von der Kombination R 3 oder  $-\frac{1}{2}$  R, R 3.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mineral. Mitt. Z. f. K., Bd. V, 1881.

#### 4. Zwillinge nach (110).

Die Verzerrung der Zwillingskristalle ist nicht nur auf Zwillinge nach dem Hauptrhomboeder beschränkt. Auf das Wachstum der Individuen der Zwillinge nach (110) hat die Zwillingsbildung einen auffallenden Einfluß ausgeübt. Auch hier wirkt die Zwillingsbildung immer in derselben Weise, so daß Zwillinge, welche das gewöhnliche Skalenoeder zeigen, auch von verschiedenen Fundorten einen recht einförmigen Typus darstellen. Immer sind zwei symmetrische Skalenoederflächen  $2\bar{1}0$  und  $\bar{1}20$  sehr stark ausgedehnt, wobei sie miteinander eine Kante [001] bilden, die bei gewöhnlicher Ausbildung nicht vorkommt.

##### a) Zwillinge von Guanajuato.

Als typisches Beispiel können die bekannten Zwillinge von Guanajuato dienen, welche in der Hauptform durch Flächen des gewöhnlichen Skalenoeders ( $20\bar{1}$ ) gebildet sind. Eine Anzahl von Flächen, die sonst noch auftreten, ist für den Habitus nur von untergeordneter Bedeutung.

Diese Zwillinge wurden zuerst von Pirsson beschrieben.

In den Wiener Sammlungen fand sich eine große Zahl der Kristalle von diesem Fundorte. Es sind dies hauptsächlich lose Zwillinge, aber auch einfache Kristalle und, was besonders wichtig ist, darunter auch Stufen, auf welchen Zwillinge und einfache Kristalle gleichzeitig gewachsen sind.

Die einfachen Kristalle sind sehr regelmäßig gebildet, die mitgewachsenen Zwillinge sehr stark verzerrt und immer viel größer. Daß diese Zwillinge und einfachen Kristalle gleichzeitig gebildet sind, ist durch die Gemeinsamkeit aller physikalischen Eigenschaften und durch ihre gegenseitige Lage bewiesen. Die Zwillinge sitzen auf einfachen Kristallen, zum Teil aber sind sie von diesen umwachsen. Trotzdem sind die Zwillinge oft flächenreicher, während die mitgewachsenen einfachen Kristalle nur das gewöhnliche Skalenoeder ( $20\bar{1}$ ) zeigen.

Es wurden an Zwillingen folgende Flächen beobachtet: ( $20\bar{1}$ ), (110), ( $9.5.\bar{1}\bar{1}$ ), ( $30\bar{1}$ ) und den Charakter von Korrosionsflächen tragende ( $5\bar{2}\bar{2}$ ), ( $71.27.34$ ) und ( $34.15.42$ ). Die Flächen ( $9.5.\bar{1}\bar{1}$ ), ( $30\bar{1}$ ) sind von Pirsson an solchen Zwillingen angegeben sowie an den abgebildeten Kristallen gezeichnet. Sie wurden von mir durch gut übereinstimmende Messungen bestimmt (Taf. IV, Fig. 28).

Die Fläche (110), welche nur als Abstumpfung der Kante [001] auftritt, scheint eine sehr große Verbreitung zu haben. Daß sie bis jetzt nicht bemerkt war, ist vielleicht dadurch zu erklären, daß die Kristalle oft abgespalten sind. Sie ist sehr schön ausgebildet und an manchen Kristallen sogar bis fast  $\frac{1}{2}$  cm breit.

Die Flächen ( $5\bar{2}\bar{2}$ ), ( $71.27.34$ ), ( $34.15.42$ ) sind klein und nicht meßbar. Sie treten aber als Kantenabstumpfungen der wichtigsten Flächen im einfachen Zonenverbände auf, nämlich  $5\bar{2}\bar{2}$  in den Zonen [241] und [011], ( $71.27.34$ ) in Zonen, die durch folgende Flächen bestimmt sind: [ $2\bar{1}0.10\bar{2}$ ], [ $20\bar{1}.11.9.5$ ] und  $34.15.42$  in [ $20\bar{1}.01\bar{2}$ ] und [ $10\bar{2}.9.5.\bar{1}\bar{1}$ ].

Die  $2\bar{1}0$  und die symmetrische werden gegen die Zwillingsgrenze steiler, wodurch eine leichte Abplattung (nach der frontalen Symmetrieebene) entsteht.

Von jedem Zwillingsindividuum ist ungefähr nur die Hälfte entwickelt.

Die Hauptachsen beider Individuen bilden miteinander einen Winkel von  $127^\circ 30'$ , demnach liegt ein einspringender Winkel zwischen den Flächen  $0\bar{1}\bar{2}$ ,  $\bar{1}0\bar{2}$  und  $01\bar{2}$ ,  $10\bar{2}$ .

Durch übermäßige Zunahme der Zentraldistanzen der in diesem liegenden Flächen wird der langgezogene prismatische Habitus dieser Kristalle bedingt.

Die Zentraldistanzen der Hauptflächen dieser Zwillinge wurden an neun meist losen Kristallen bestimmt.

20 $\bar{1}$	0 $\bar{1}$ 2
210	
0.47 ± 0.11	1.60 ± 0.46

Für die Fläche 0 $\bar{2}$ 1 wurde 1.50 und die oft vorhandene 1 $\bar{2}$ 0 0.35 gefunden.

In einem vom Keimpunkte an gleichmäßig gewachsenen Kristalle würden die letzteren Flächen, welche mit den entsprechenden des Zwillingindividuums einspringende Winkel bilden, nicht vorkommen.

Wir erhalten für die Zentraldistanzen sehr schwankende Werte. An jedem Kristall aber waren die Wachstumsbedingungen für die im einspringenden Winkel liegenden Flächen günstiger als für die anderen, wie dies aus den Zentraldistanzen hervorgeht.

Die anderen Flächen dagegen, 20 $\bar{1}$  und 2 $\bar{1}$ 0, sind fast gleichmäßig gewachsen.

Eine prächtige Kristalldruse (Eigentum des Hof-Museums) sei hier näher beschrieben. Viele Zwillinge und einfache Kristalle sind gleichzeitig gewachsen. Die Zwillinge sind alle charakteristisch verzerrt und übertreffen die einfachen Kristalle an Größe. Sie ragen hoch in die Höhe, da sie nur in einer Richtung, der Achse der gemeinsamen Zone [001], ausgezogen sind, die einfachen Kristalle dagegen in allen gleichwertigen Richtungen gleichmäßig ausgebildet. Einer der Zwillinge hat 33  $cm^3$ , das Volum der meisten übrigen weicht von diesem nicht viel ab.

Die gemessenen Zentraldistanzen sind:

20 $\bar{1}$	2 $\bar{1}$ 0	0 $\bar{1}$ 2
1.0	1.5	3.8

Die Volumina der einfachen Kristalle sind: der größte 14  $cm^3$ , die anderen aber viel kleiner, wie 8  $cm^3$  etc.

Trotz ihrer Größe sind die einfachen Kristalle nicht verzerrt. Die Unterschiede der Zentraldistanzen gleichwertiger Flächen sind ganz unbedeutend, z. B. 0.82 ± 0.08, und die Mehrzahl ist von idealer Ausbildung.

Vergleicht man die Wachstumsgeschwindigkeiten des größten einfachen Kristalls und des größten Zwilling, so ergeben sich für die Flächen des Zwilling die vergleichbaren Zentraldistanzen:

20 $\bar{1}$	2 $\bar{1}$ 0	0 $\bar{1}$ 2
0.68	0.68	2.58

An einer sehr schönen Stufe aus der Sammlung Dr. Lechner sieht man wiederum dieselben Erscheinungen, wie den Unterschied in der Größe und in den Zentraldistanzen der Flächen der Zwillinge im Vergleich zu den mitgewachsenen einfachen Kristallen. Die Zwillinge zeigen in der Nähe der Zwillingsgrenze die Form (9.5.11), während sie an einfachen Kristall fehlt.

### b) Zwilling von Offenbanya?, Siebenbürgen (k. Hof-Museum).

Zwischen einer Schaar großer einfacher Kristalle sitzt ein größerer Zwilling. Außer den großen (20 $\bar{1}$ )-Flächen kommen unvollzählig auch ganz kleine Flächen vor, welche mit Hilfe des Anlegegoniometers sowie anderer approximativer Methoden als der Form (21 $\bar{2}$ ) zugehörend erkannt wurden.

Die einfachen Kristalle sind ganz ideal ausgebildet. Die Zwillingindividuen weisen ganz dieselbe Verzerrung auf wie die aus Guanajuato, nur im kleineren Grade.

Die Zentraldistanzen sind:

20 $\bar{1}$	2 $\bar{1}$ 0	0 $\bar{1}$ 2
I. Ind.		
0·58	0·58	1·17
II. Ind.		
0·90	0·90	1·17

Die Durchschnittskante der Flächen 2 $\bar{1}$ 0 zu  $\bar{1}$ 20 ist an einem Individuum viel länger als an den anderen. Wie aus den Zentraldistanzen ersichtlich, sind beide Individuen gegen den einspringenden Winkel gleichmäßig gewachsen, die nach oben gewendeten 0 $\bar{1}$ 2,  $\bar{1}$ 02 und 01 $\bar{2}$ , 10 $\bar{2}$  konnten sich gleichmäßig ausbilden. Nur von unten und von der Seite, wo mehr störende Einflüsse wirken, war das Wachstum des einen Individuums besser befördert, wodurch der Unterschied in der Länge der Kante [001] bewirkt ist.

Im k. Hof-Museum befindet sich noch eine sehr schöne Stufe aus Ungarn, Fundort näher nicht angegeben, an welcher eine große Anzahl von Zwillingen nach (110) sitzt, die gänzlich denen von Guanajuato ähnlich sind.

### c) Zwilling von Moldova (k. Hof-Museum).

Auf einer Stufe von Moldova, auf welcher die schon besprochenen großen Zwillinge nach (111) sitzen, wurde zwischen den vielen kleinen, einfachen Kristallen eine breitere Fläche beobachtet, die ihrer Ausdehnung nach einem stark verzerrten Kristall zugehören mußte. Bei näherer Untersuchung erwies sich der betreffende Kristall als ein Zwilling nach (110), welcher tafelförmig ist, infolge der starken Entwicklung der Fläche 2 $\bar{1}$ 0, im Habitus also ganz denen von Guanajuato gleich. Es treten auch hier die Flächen 0 $\bar{2}$ 1 und 201 auf, welche mit den entsprechenden des Zwillingindividuums kleine einspringende Winkel bilden.

Die Ausnahmstellung dieses Zwillinges, daß er klein ist, ist durch die Art der Aufwachsung vollständig erklärt. Die frontale Symmetrieebene ist hier parallel der Unterlage, frei konnten sich nur diejenigen Kristallteile entwickeln, in welchen diese Zwillinge die kleinste Wachstumsgeschwindigkeit zeigen. In jeder anderen Richtung war er im Wachstum gestört. Es ist immerhin interessant, daß zwischen einer großen Anzahl von Kristallen der einzige verzerrte sich als Zwilling erwies.

Von diesem Fundorte hat Haidinger<sup>1</sup> eine Gruppe von Kristallen in Zwillingstellung nach (110) abgebildet, die aber mit der dazu senkrechten Ebene verwachsen sind. Der Habitus der Kristalle ist ein ganz anderer.

<sup>1</sup> Haidinger: The Edinburgh Journ. of sc. Vol. II, 1826.

Die von Kobell<sup>1</sup> beschriebene Kristallgruppe nach  $\frac{1}{2}R$  zeigt folgende Kombination:  $R\ 3, \frac{1}{2}R, R$ . Auf derselben Kristalldruse befand sich ein Zwilling nach der Basis.

**d) Zwillinge von Bergen Hill (New-Yersey).**

Eine prachtvolle Kristalldruse, die für das Studium der Zwillingsverzerrungen einen ganz besonderen Wert hat, befindet sich im Mineralogischen Museum der Universität in Wien, von Bergen Hill her stammend. Zwischen unzähligen kleinen, einfachen, spitzen Kristallen sitzen dünne Platten von derselben blaßgelblichen Farbe, die sich als lauter Zwillinge derselben Kombination wie die einfachen Kristalle zeigen, erwiesen, die aber eine bedeutend verschiedene Ausbildung haben.

Die Zwillinge wie die einfachen Kristalle zeigen schöne glänzende Flächen des Skalenoeders  $V : (60\bar{5})$  und matte Basisflächen. Die Bestimmung der Form des Skalenoeders geschah auf Grund der Messung der Polkantenwinkel.

	Gemessen:	Berechnet (nach Irby.)
X-Kante . . . . .	65° 32.5'	65° 36'
Y- » . . . . .	53° 40'	53° 40'

In der von Rogers<sup>1</sup> angegebenen Tabelle der in New-Yersey auftretenden Formen findet sich die Form  $(60\bar{5})$  angegeben. Von Zwillingen sind solche nach  $(110)$  von Bergen Hill angeführt.

Die einfachen Kristalle sind als aufgewachsen nur zur Hälfte ausgebildet, sie sind aber sehr regelmäßig gewachsen.

Die tafelartigen Kristalle sind Zwillinge nach  $(110)$  und nach  $(100)$ .

Es wurden 44 Zwillinge nach  $(110)$  und drei schöne Zwillinge nach  $(100)$  gezählt.

Beide Arten von Zwillingen samt den einfachen Kristallen gehören derselben Bildungsperiode an.

Das Vorkommen von Zwillingen nach verschiedenen Gesetzen auf derselben Stufe, wobei die Kristalle zweifelsohne derselben Bildungsperiode angehören und sich voneinander nicht unterscheiden, ist merkwürdig.

Einen analogen Fall bildet der kleine Zwilling von Moldova. Es sei auch an den von Penfield und Ford beschriebenen Fall erinnert, wo drei Zwillingsgesetze nebeneinander an einer Stufe von Union Springs vorkommen.

Die Zwillinge nach  $(100)$  mit ihrer charakteristischen Verzerrung wurden schon früher beschrieben.

Der Habitus der Zwillinge nach  $(110)$  ist in der Fig. 30, Taf. IV, angegeben; ein idealer, nach den einfachen Kristallen konstruierter Zwilling würde eine Ausbildung haben wie Fig. 34.

Die Zentralabstände der einfachen Kristalle sind:

V: $(60\bar{5})$	o $(111)$
0.59	3.75

<sup>1</sup> Kobell, l. e. 1838

<sup>2</sup> Roger's: Kristallographie des Calcits der Trapp. Region von New-Yersey. 1902, Ref. Z. f. K. XXXVI. Denkschr. der mathem.-naturw. Kl. Bd. LXXX.

Die Zentraldistanzen der Zwillinge sind:

60 $\bar{5}$	6 $\bar{5}0$	0 $\bar{5}6$	111
0·15	0·15	1·97	2·3
Die komparablen Zentraldistanzen sind:			
0·48	0·48	6·38	7·45

Das Volumen der Zwillinge beträgt  $V = 0·16 \text{ cm}^3$  und mehr, das der einfachen Kristalle dagegen  $V = 0·005 \text{ cm}^3$  ungefähr, welcher Größenunterschied infolge der unregelmäßigen Ausbildung der Form der Zwillinge noch mehr augenfällig ist.

Das tafelförmige Aussehen wird durch übermäßige Ausdehnung Flächen 6 $\bar{5}0$  und  $\bar{5}60$  bewirkt.

In der Richtung der II. Bissetrix, welche zugleich mit der Richtung gegen den einspringenden Winkel hin zusammenfällt, war das Wachsen der Zwillingkristalle viel stärker als in anderen Richtungen, in welchen die Kristalle relativ schwächer wie die einfachen Kristalle gewachsen sind.

An manchen Kristallen tritt noch ein durch sehr schmale Flächen  $\bar{5}60$  und  $\bar{5}60$  gebildeter einspringender Winkel zum Vorschein.

Die vorherrschenden Skalenooberflächen 6 $\bar{5}0$  etc. sind durch oszillatorische Wiederholung der unteren Flächen gerieft.

Diese Zwillinge sind am freien Ende fast alle abgebrochen, wodurch die genaue Bestimmung der Zentraldistanzen bei vielen undurchführbar ist.

Zwillinge nach dem Rhomboeder (100) sind dagegen wohl erhalten.

Die Ursache davon liegt in geometrischen Eigenschaften dieser Kristalle.

Beim Zwilling nach (100) konvergieren die übermäßig ausgedehnten Skalenooberflächen in der Richtung der II. Bissetrix. Die Zwillingstafeln verjüngen sich gegen das freie Ende. Beim Zwilling nach (110) divergieren sie, und der Kristall wird gegen das freie Ende immer dicker.

### e) Zwillinge von Lake Superior.

(Sammlungen Dr. Lechner und Kommerzialrat Weinberger.)

Da mit wenigen Ausnahmen alle Angaben über Zwillinge nach (110) sich auf Kristalle beziehen, die das gewöhnliche Skalenooeder zeigen, ist es von Interesse, auf die Zwillinge von Lake Superior hier einzugehen, welche ein negatives Skalenooeder als Hauptform haben.

Die untersuchten Kristalle haben zum Teil gediegene große Kupferkörner eingeschlossen.

Über Calcitkristalle von Lake Superior, welche zuerst von Vom Rath beschrieben worden sind, erschien im Jahre 1898 eine vorläufige Mitteilung von Palache,<sup>1</sup> in welcher das Resultat einer das ganze Vorkommen umfassenden Arbeit kurz zusammengefaßt ist. Darin finden wir außer einer kurzen Charakteristik eine Tabelle aller Flächen, welche an diesen Kristallen bekannt waren oder von ihm gefunden sind (95), unter diesen sehr viele neue Flächen. Eine gnomonische Projektion aller am Lake Superior auftretenden Formen ist beigelegt. Die angesagte Abhandlung, worin auch die Flächenpositionen der neuen Flächen, sowie die Messungen mit ihrer Diskussion angegeben werden sollen, scheint noch nicht veröffentlicht zu sein.

<sup>1</sup> The crystallisation of the Calcite from the Copper Mines of Lake Superior by Charles Palache. Geolog. Survey of Michigan, V. VI, Part II, Appendix.

Von Zwillingen nennt er Zwillinge nach (111) und (110); die letzteren sind nach ihm an negativen Skalenoedern häufig. In Taf. XIV, Fig. 18, ist ein solcher Zwilling gezeichnet, welcher die Form (523), (212̄) hat und eine starke Verzerrung aufweist.

Es liegt aber noch keine Bemerkung über diese Verzerrung vor.

Die von mir untersuchten Kristalle sind von ähnlichem Habitus. Zur Bestimmung der Fläche wurde ein Kristall mit Benützung der Reflexe der sehr schön ausgebildeten Rhomboederflächen (100) polar eingestellt und an ihm die Flächenpositionen bestimmt.

Von den sechs gemessenen Sextanten sei hier das Mittel angeführt:

In den negativen Kristallräumen:

$\rho = 58^\circ 55'$	$\varphi = 9^\circ 9'$	Refl. s. g.
$59^\circ 1'$	$8^\circ 55'$	» » »
$59^\circ 9'$	$8^\circ 46'$	» » »
$59^\circ 21'$	$8^\circ 36'$	» » »
$59^\circ 41'$	$8^\circ 21'$	» » »

In den positiven Kristallräumen:

$$\rho = 52^\circ 18' \quad \varphi = 16^\circ 6' \text{ Refl. s. g.} = (13.1.\bar{3}) \text{ berechnet } \rho = 52^\circ 18', \varphi = 16^\circ 6'.$$

Außerdem wurde noch die (212̄) Fläche, welche aber infolge der Kombinationsstreifen keinen scharfen meßbaren Reflex, sondern einen Lichtstreifen liefert (so wie bei Palache), sowie eine einzelne Fläche (311̄) bestimmt.

Die Zwillinge und einfachen Kristalle zeigen somit folgende Flächen:

1. das Hauptrhomboeder als natürliche und glänzende Flächen.

2. Eine Reihe von Vizinalflächen in der Nähe der (523̄) (für (523) ist  $\varphi = 8^\circ 13'$  nach Goldschm.),  $\rho = 59^\circ 55'$

deren Reflexe eine stark gekrümmte Reihe bilden, die sich nach den Erfordernissen der Symmetrie des Kalkspats wiederholt. In dem Formverzeichnis von Palache finden sich Indizes einer charakteristischen, der (523̄) sehr nahe liegenden, oft vizinal auftretenden Fläche  $C = -\frac{4}{7} R \frac{10}{3} = \left(-\frac{18}{7} \frac{4}{7}\right)$ , die für diese Indizes berechnete Position fällt aber mit keiner von den gemessenen zusammen. Auch für die von Irby angegebene Form (50.21.30) berechnet sich die Position

$$\rho = 58^\circ 49' \quad \varphi = 9^\circ 49'$$

anders, als die Messung ergab.

3. Aus der Flächenposition eines Skalenoeders, das ausgezeichnete Reflexe liefert, ergibt sich das Symbol  $(13.1.\bar{3}) = (12.4.\bar{16}.11)$ . Dieses Symbol ist auch in der vorläufig gegebenen Zusammenstellung der Indizes von Palache angegeben und als neu angekündigt.

Die berechneten und gemessenen Werte stimmen ganz genau bis auf Minuten überein.

4. Es ist auch die gestreifte Form (212̄) entwickelt.

Diese Kristalle unterscheiden sich von dem gezeichneten Zwilling also nur durch das Vorhandensein der Flächen unter 1. und 3., welche aber auch für diesen Fundort von Palache angegeben sind (Taf. V, Fig. 33).

Die einfachen Kristalle sind sehr regelmäßig. Alle Zentralabstände einzelner Flächen derselben Form sind genau dieselben.

b: (523̄)	p: (212̄)	p• (100)
0.88	0.82	1.25

Die Zwillinge sind stark verzerrt, ähnlich wie der von Palache abgebildete. Sie zeigen drei einspringende Winkel, die durch die gestreiften Flächen der Form  $(21\bar{2})$  gebildet sind.

Zwei symmetrische Skalenoederflächen  $5\bar{3}2$  und  $\bar{3}52$  sind sehr ausgedehnt, wodurch die Kristalle abgeplattet erscheinen. Sie schneiden sich in einer Kante  $[\bar{1}\bar{1}1]$ , statt in einem Punkte. Die in dem einspringenden Winkel liegenden Flächen  $1\bar{2}2$  und  $2\bar{1}\bar{2}$ , sowie die anliegenden  $2\bar{3}5$  und  $3\bar{2}5$  sind kleiner als die normal ausgebildeten  $5\bar{2}3$  und  $5\bar{3}2$ .

Mit Hilfe der Zentralabstände kann man die Verzerrung dahin deuten, daß Flächen, deren Normalen nur wenig von der II. Bissetrix des Zwillinges abweichen, eine viel größere Zentralabstände haben, daß also ein viel stärkerer Anwachs in dieser Richtung stattgefunden hat, als in anderen Richtungen, wo der Kristall normal gewachsen ist.

Die Zentralabstände sind:

$5\bar{2}3$	$5\bar{3}2$	$2\bar{3}5$	$21\bar{2}$ $2\bar{2}1$	$1\bar{2}2$	100 010	001	$\bar{2}12$ $2\bar{2}1$
0·84	0·84	1·17	0·71	0·96	1·16	1·45	0·77

In der Natur zeigen die Zentralabstände der  $21\bar{2}$  und  $2\bar{2}1$  ganz kleine Unterschiede, doch sind dies nur unbedeutende Unregelmäßigkeiten.

Somit hat in der Richtung des einen einspringenden Winkels an der Zwillingsgrenze, welche durch die Flächen  $1\bar{2}2$ ,  $2\bar{1}\bar{2}$  und  $\bar{1}2\bar{2}$  und  $\bar{2}12$  gebildet ist, ein rascheres Wachstum stattgefunden.

Die einspringenden Winkel zwischen  $\bar{2}12$ ,  $2\bar{2}1$  und  $2\bar{1}\bar{2}$ ,  $\bar{2}21$  und der nach der frontalen Symmetrieebene symmetrische haben dagegen keinen merklichen Einfluß ausgeübt.

### f) Zwillings von Hollersbach (Hof-Museum).

Fugger<sup>1</sup> gibt an, daß in der Achselalpe im Hollersbachtale Kalkspatkristalle auf Quarzgängen im Glimmerschiefer gefunden wurden.

Der mir vorliegende Zwillingsstamm stammt ebenfalls nach anhängenden Schieferbrocken aus den kristallinen Schiefen her. Die Zwillingeindividuen sind breit tafelig nach der (111)-Fläche und besitzen folgende Flächen: (111),  $(2\bar{1}\bar{1})$ ,  $(3\bar{1}\bar{1})$ ,  $(20\bar{1})$ , (110), Taf. V, Fig. 35.

Alle Flächen sind stark glänzend, nur die (110) ist, ähnlich wie an Kristallen von Egremont, gestreift. Sonst zeigen alle Flächen nur lamellare Zwillingstreifen nach (110).

Durch Zwillingsbildung sind hier zwei einspringende Winkel entstanden, nämlich A, durch die 111 und  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$  gebildet, sowie B, der zu dem ersteren supplementäre.

Von den den einspringenden Winkel A begrenzenden Flächen ragen an der Zwillingsgrenze Anwachsstücke hervor, die durch dieselben Flächen wie jedes der Zwillingeindividuen begrenzt sind. Sie wiederholen sich auf beiden Seiten derart, daß sie gegen den einspringenden Winkel zu immer kleiner werden und ihn auf die Weise teilweise ausfüllen.

Der zweite einspringende Winkel zeigt nur an einer Stelle ganz unbedeutende, ähnliche Anwachsflächen, welche durch die Art der Aufwachsung entstanden sein konnten. Der Unterschied dieser beiden einspringenden Winkel ist sehr auffallend.

<sup>1</sup> Die Mineralien des Herzogtums Salzburg v. Eberh. Fugger. 1878.

Gewöhnlich sind Zwillinge des Calcites so gewachsen, daß die Hauptachsen der Individuen von der Anwachsstelle auseinander gehen. Dieser tafelförmige Zwilling ist hingegen gleichsam umgekehrt angewachsen, so daß die Hauptachsen der beiden Individuen nach oben zu konvergieren.

Dennoch strahlt die Achse der gemeinsamen Zone [001] von der Anwachsstelle senkrecht hinauf, die II. Bissetrix steht auch hier normal auf der Unterlage.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> In der Literatur konnten noch folgende Angaben über die Form der Zwillinge nach (110) gefunden werden:

1. Angaben von Bournon (1808).
2. Haidinger (1826), p. 2.
3. Im Atlasse von Levy ist ein verzerter Zwilling von Nertschink abgebildet (1837).
4. Die von Studer l. c. aus dem Justitale, Schweiz, beschriebenen Calcitzwillinge gehören zweifellos hierher.
5. Vom Rath l. c. bildete Zwillinge von Faröer ab mit der Form (605), welche dieselbe Verzerrung zeigen.
6. Cesàro (An. d. l. Soc. géol. XVI, 1889) beschrieb einen solchen verzerren Zwilling von Rhisnes, Belgien. (Litt. Angabe).
7. Gonnyard (Ref. Z. f. K. XXXI) erwähnt ähnliche Zwillinge von Couson, Rhone.
8. Melczer (Ref. Z. f. K. XXXII) beschrieb aus der Umgebung von Budapest Zwillinge nach (110), welche wie die von Guanajuato langgezogene, vierseitige Prismen bilden.
9. Farrington beschreibt ähnliche Zwillinge aus Joplin (Z. f. K. XXXVI).
10. Achiardi bildet einen stark verzerren, flächenreichen Zwilling von Sardinien ab. Di alcune forme cryst. della calcite di Montecatini 1897. Proc. verb. d. Soc. Tosc. d. Scienz. nat.
11. Penfield beschrieb ähnliche Zwillinge von Union Springs N. A. (l. c.).
12. Douglas Serr et macht bei der Beschreibung der in der letzten Zeit gefundenen riesigen Calcitzwillinge von Joplin auf die mächtige Ausdehnung längs der Zwillingsgrenze aufmerksam (A new type of Calcite from the Joplin Min. District. The American Journal of science. V. XVIII, Nr. 103 (1904)).

## 5. Zwillinge nach (111).

Wie selten diese Zwillinge sind, ist aus der Bemerkung von Irby (1878) ersichtlich, nach welcher bis dahin nur fünf Zwillinge nach diesem Gesetz beschrieben waren, von diesen einer nur als Spaltstück.

Kristalle, welche das gewöhnliche Skalenoeder zeigen, nehmen als solche Zwillinge eine speerartige Form an.

Die in dem einspringenden Winkel liegenden Flächen  $0\bar{1}2$  und  $102$  sind vollständig verschwunden. Die anliegenden Flächen mußten sich also sehr stark ausdehnen. Sie bilden miteinander wiederum die  $[001]$ -Kante und der einspringende Winkel wird vollständig ausgefüllt.

Ein solcher Habitus wurde von Levy an einem Kristall von Kongsberg abgebildet (1837).

Abbildungen verzerrter Zwillinge nach (111) geben noch Scheerer<sup>2</sup> (1845), Scharff<sup>3</sup> und Penfield<sup>4</sup> (Union Springs).

### a) Zwilling von Schemnitz.

Taf. V, Fig. 36.

Im Hof-Museum befindet sich ein großer Zwilling von Schemnitz, zweifellos von der Erzlagerstätte. Dieser speerartige Kristall ist 13 cm lang, 5·5 cm breit. Die Flächen sind stark glänzend, aber stellenweise durch eine Kruste überdeckt. Die nach der von Lemberg (mit  $\text{Fe}_2\text{Cl}_6$  und  $\text{AgNO}_3$ ) angegebenen Methoden untersuchte Kruste erwies sich in der Hauptmasse als Kalkspat. Von Schemnitz sind Dolomitkrusten an Calcitkristallen bekannt.

An jedem der verzwilligten Individuen sind nur vier Flächen vorhanden, nämlich  $20\bar{1}$ ,  $2\bar{1}0$  und die nach der frontalen Symmetrieebene symmetrischen.

Diese ( $20\bar{1}$ )-Flächen sind durch oszillatorische Kombination mit den symmetrischen parallel der Polkante des Hauptrhomboeders gestreift.

Durch milchige Trübung unterscheidet sich in der Nähe der Kante  $[112]$  eine Anwachsschichte, welche die Lage der  $20\bar{1}$  und  $02\bar{1}$  in der Zeit der letzten Periode des Wachstums angibt.

Wie sich diese Anwachsschichten gegen den einspringenden Winkel zu abgrenzen, ist leider wegen der den Kristall stellenweise bedeckenden Kruste nicht wahrnehmbar; jedenfalls ist in der Nähe der Kante  $[001]$  keine Trübung vorhanden; die entsprechenden Schichten müssen tief, weiter gegen die Mitte zu liegen, es ist hier viel mehr Substanz in derselben Zeit angelegt worden.

Den Habitus dieses Kristalls ergaben am besten die Zentraldistanzen. Der größten Wachstumsgeschwindigkeit der Flächen  $0\bar{1}2$ ,  $102$  entspricht es, daß sie vollständig verschwunden sind, weshalb ihre Zentraldistanz eine virtuelle ist.

Das eine Individuum ist etwas breiter als das andere.

Mit diesem Zwilling ist ein bedeutend kleinerer einfacher Kristall mitgewachsen, seine Flächenbeschaffenheit ist dieselbe. Entsprechend der viel größeren Wachstumsgeschwindigkeit des Zwillings wurde er von diesem teilweise umfaßt, was zweifellos beweist, daß er nicht jünger ist als der Zwilling.

Sein Volum ist  $0\cdot34 \text{ cm}^3$ . Er ist ganz regelmäßig, keine Spur von Verzerrung. Auch an den sehr verbreiteten Stufen von Schemnitz mit Kristallen, die das gewöhnliche Skalenoeder zeigen, war

<sup>1</sup> Der Winkel der Hauptachsen der Zwillinge sind. =  $53^\circ 45' 26''$ .

<sup>2</sup> Levy: Description etc.

<sup>3</sup> Beitr. z. Kenntn. norweg. Min. Pogg. Ann., Bd. 65.

<sup>4</sup> L. c.

keine Verzerrung zu sehen. Die reduzierte Zentraldistanz für ein einfaches Skalenoeder (201) beträgt 0·82.

201	210	021	012
I. Ind.			
0·70	0·70	0·66	2·02
II. Ind.			
0·76	0·76	0·67	1·56
Volumen = 107 cm <sup>3</sup>			

**b) Zwilling von der Gotzenalpe.**

(Eigentum des Hof-Museums.)

Vom Gotzental bei Berchtesgaden sind nach Fugger<sup>1</sup> farblose, große, flächenreichere Kristalle bekannt. Zwillinge nach (111) beschrieb Kobell (siehe p. 4).

Der untersuchte Kristall zeigt noch den einspringenden Winkel, der Einfluß der Zwillingsbildung offenbart sich hier durch Abplattung nach der frontalen Symmetrieebene, welche durch sehr große Ausdehnung der Flächen 210, 120 zu stande kommt. Diese Flächen schneiden sich wie gewöhnlich in der Kante [001] (Taf. V, Fig. 38).

Die Zentraldistanzen konnten hier mit dem Radius der Kugel von demselben Volum nicht verglichen werden, da der Kristall unten abgebrochen ist.

Wie verschieden die Wachstumsgeschwindigkeiten einzelner gleichwertiger Flächen waren, zeigen auch die direkt gemessenen Zentraldistanzen:

201	012
210	
I. Ind.	
1·7	2·5
II. Ind.	
1·4	3·3

Die von Scheerer von Alten und Scharff von Matlock abgebildeten Kristalle zeigen eine analoge Verzerrung.

Wegen seiner Größe im Vergleich zu den auf derselben Stufe mitgewachsenen einfachen Kristallen ist ein Zwilling nach (111) von Lend, Salzburg (Klammkalk), interessant; leider ist er am freien Ende abgebrochen. Einfache schöne Kristalle von Lend sind sehr verbreitet. Fugger nennt Calcitkristalle auf talkigem Schiefer von diesem Fundorte.

Dem Werke »Mineralien von Japan«<sup>2</sup> ist eine schöne Photographie einer Calcitstufe, auf welcher ein viel größerer Zwilling nach (111) aus einer großen Zahl einfacher Kristalle hervorragt, beigegeben. Die Form der Kristalle ist (201).

<sup>1</sup> L. c. Siehe Kobell, Min. d. bayr. Staates. Abhdl. d. b. Ak. d. W.

<sup>2</sup> Minerals of Japan by Tsunashiro Wada. Tokyo 1904.

### c) Zwilling von Derbyshire (Hof-Museum).

Die Bildungsverhältnisse der Calcitkristalle von Derbyshire waren für die Zwillingsbildung sehr günstig, wie man aus der großen Zahl der Zwillinge nach (111) und (100) schließen kann. Nun fanden sich auf einer Stufe des Hof-Museums zwei Zwillinge nach (11 $\bar{1}$ ).

Sie sitzen zwischen einfachen Kristallen des gewöhnlichen prismatischen Habitus, welche auf Zinkblende gemeinsam mit Flußspat aufgewachsen sind und gehören derselben Bildungsperiode an.

Zwillinge nach (111) und (100) sind gewöhnlich auf Limonit aufgewachsen.

Die einzigen bisher beobachteten Zwillinge nach (11 $\bar{1}$ ) bei prismatischem Habitus scheinen zwei Exemplare des Britischen Museums zu sein, welche Miers<sup>1</sup> in der großen Zahl der Egremont-Kristalle fand und beschrieb.

Wasserhelle Durchsichtigkeit, dieselbe Formen- und Flächenbeschaffenheit sind gemeinsame Eigenschaften beider Arten von Kristallen auf der Stufe von Derbyshire.

Die Kombination ist (2 $\bar{1}\bar{1}$ ), (20 $\bar{1}$ ), (110); die (20 $\bar{1}$ ) ist stellenweise gerieft, die Riefung auf (110) ist sehr fein (Taf. V, Fig. 40).

Von den prismatischen Kristallen von Egremont unterscheiden sich die gewöhnlichen Kristalle von Derbyshire durch stärkere Entwicklung der (20 $\bar{1}$ )-Flächen.

Die Zentraldistanzen dieser Kristalle sind:

(2 $\bar{1}\bar{1}$ )	(110)	(20 $\bar{1}$ )
0·54	3·6	1·48

$$V = 0·086 \text{ cm}^3, 0·047 \text{ cm}^3.$$

Die Zwillinge unterscheiden sich wieder durch die Größe von den einfachen Kristallen, trotzdem sie sie hier und da umfassen, wobei der Unterschied hier hauptsächlich durch das Emporschieben der an der Zwillingsgrenze liegenden Kristallteile bewirkt wird.

$$V = 0·714 \text{ cm}^3.$$

Die Verzerrung ist sehr bedeutend, der einspringende Winkel ausgefüllt, indem die 2 $\bar{1}0$  und  $\bar{1}20$  Flächen sich sehr stark ausdehnen, die 101 und 011 und  $\bar{1}0\bar{1}$ ,  $0\bar{1}\bar{1}$  aneinanderstoßen und  $0\bar{1}2$  und  $\bar{1}02$  vollständig verschwinden.

$\bar{1}2\bar{1}$  und  $2\bar{1}1$  sind hier sehr lang, mit Vizinalflächen bedeckt.

Die Zentraldistanzen dieser Zwillinge sind:

11 $\bar{2}$ 21 $\bar{1}$ 12 $\bar{1}$	1 $\bar{2}1$	$\bar{1}12$ 2 $\bar{1}\bar{1}$	20 $\bar{1}$	210	0 $\bar{1}2$	110	101 011
0·36	1·6	1·40 (v.)	1·1	1·1	2·3 (v.)	2·36	2·80
Die komparablen Zentraldistanzen:							
0·57	1·6	2·24	1·76	1·76	3·68	3·77	4·48

<sup>2</sup> L. c. Photographie in seiner •Mineralogy•, 1902.

## 6. Allgemeine Betrachtungen.

Diese Beobachtungen stehen im vollsten Einklange mit den Ansichten, welche Prof. Becke auf Grund der erwähnten Beobachtungen an Dolomitzwillingen ausgesprochen hat. Die Formverzerrung der Zwillinge sowie die Entstehung von Vizinalflächen an der Zwillingsgrenze sind nach ihm dem rascheren Wachstum längs der Zwillingsgrenze zuzuschreiben. Seine theoretische Begründung dieser Erfahrungstatsachen sei hier näher betrachtet:

Auf Grund der Vorstellung von Tschermak<sup>1</sup> sind beim Wachstum eines Kristalles in der Richtung der Normalen zu einer Fläche zwei Phasen zu unterscheiden:

1. Orientierung der in der Lösung schwebenden Molekeln;
2. Fixierung an die schon festen Kristallteile.

Der Zuwachs einer Fläche eines Kristallindividuums kann also nur auf die Weise erfolgen, daß jede Partikel sich zuerst so weit gedreht haben muß, bis sie parallel den Molekeln des Kristalls orientiert ist.

Verbinden sich die Partikeln nicht parallel miteinander, sondern entsprechend einem weniger stabilen Gleichgewichtszustande, so entsteht ein Zwilling.

Das raschere Wachstum an der Zwillingsgrenze findet, wie Becke durch folgende Erwägung erklärt: An einem Zwilling haben die sehr nahe aneinander liegenden Molekularschichten gewisse Richtungen gemein. Ihre Wirkung auf die in der Lösung schwebenden Partikeln muß sich summieren. Hierbei müssen sich die Partikeln nicht notwendig so weit drehen, bis sie alle eine parallele Stellung erhalten, da sie zwei Lagen zur Auswahl haben. Je nachdem nun eine Partikel sich in der einen oder der anderen Richtung weniger drehen muß, stellt sie sich dem einen oder dem anderen Individuum parallel. Die Arbeit, die jede Partikel leisten muß, um sich zu orientieren, ist kleiner als an anderen Stellen. Dadurch aber werden in derselben Zeit viel mehr Partikeln in der Nähe des einspringenden Winkels gebunden als an irgend einer anderen Stelle. Dieser vermehrte Stoffabsatz an der Zwillingsgrenze bewirkt Diffusionsströmungen welche das raschere Wachstum an der Zwillingsgrenze noch weiter fördern.

Mit Hilfe dieser Theorie kann man sich leicht alle beobachteten Erscheinungen erklären.

Selbstverständlich ist es, daß infolge der vergrößerten Zufuhr an Material die Zwillinge viel rascher an Volum gewinnen werden als die mitwachsenden einfachen Kristalle, vielleicht auch auf Kosten der letzteren.

Hat der Zwilling einmal ein bedeutenderes Volum erreicht, so müßte er sich auch nach dem Principe der kleinsten Oberflächenenergie weiter vergrößern, indem er bei der Aufzehrung der kleineren einfachen daneben befindlichen Kristalle reichlich den Stoff zum Weiterwachsen erhält.

Die Zentraldistanzen zeigen direkt, daß die Richtungen der größten Wachstumsgeschwindigkeiten an Zwillingen an der Zwillingsgrenze liegen.

Die Ansicht, daß Vizinalflächen nicht mit der Molekularstruktur zusammenhängen, sondern Wachstumserscheinungen sind, wurde zum ersten Mal von Hintze<sup>2</sup> ausgesprochen, indem er sagt: »Sind die Vizinalflächen nicht abhängig von einer Rationalität der Indizes, so würden die Vizinalflächen als Wachstumserscheinungen dann vielleicht eine Analogie mit der entgegengesetzten und doch analogen Auflösungserscheinung der Ätzflächen haben.«

<sup>1</sup> Tschermak: Zur Theorie der Zwillinge. Tschermak's Mineral. u. petr. Mitt. II, p. 490 (1880).

<sup>2</sup> Über Cölestin von Lüneburg und das Studium der Vizinalflächen von C. Hintze in Bonn. Z. f. K. XI, p. 220 (1886).

Daß die Vizinalflächen an Zwillingen unzweifelhaft nur Wachstumserscheinungen sind, hat zuerst Becke mit Bestimmtheit ausgesprochen und diese Auffassung eingehend entwickelt.

Früher sind zwar Vizinalflächen an Zwillingen, besonders an Feldspatzwillingen beschrieben worden, aber ohne Berücksichtigung ihrer Bildungsweise (Zepharovich, Websky).

Schon Weiss bemerkte (1825), daß Schwankungen der Winkel der an der Zwillingsgrenze liegenden Flächen jedem messenden Kristallographen bekannt sind.

Es kann als sicher angenommen werden, daß an Stellen des stärksten Substanzabsatzes Vizinalflächen entstehen.

In der Hypothese von Beckenkamp über die Bildung der Vizinalflächen spielt die Art der Substanzzufuhr eine wichtige Rolle.

G. Wulff und Weiberg schreiben die Entstehung der Vizinalflächen dem Einflusse der Konzentrationsströmungen zu und beweisen dies durch Experimente an künstlichen Kristallen.

In der neuesten Zeit wurden Untersuchungen über Vizinalflächen besonders an natürlichen Kristallen von Gaubert<sup>1</sup> (auch geschichtliches) und sehr eingehende von Miers während des Wachstums der Kristalle angestellt.

Da diese Vizinalflächen an die Zwillingsgrenze gebunden sind, so ist ihre Entstehung von ihr abhängig und ihre Lage weist auf einen größeren Substanzabsatz längs der Zwillingsgrenze hin.

Gegen die Zwillingsgrenze heben sie sich immer mehr aus den betreffenden einfachen Flächen, wodurch ein treppenförmiger Aufbau entsteht.

Ähnlich beweisen auch die immer weniger ausgedehnten Anwachsschichten an der Zwillingsgrenze das raschere Wachstum. Würden solche treppenartige Gebilde sehr fein sein, so könnten sie (nach Beckenkamp) den Übergang zu den Vizinalflächen bilden.

Mit dem rascheren Wachstum der Zwillinge im Vergleich zu den mitwachsenden einfachen Kristallen steht auch der Umstand, daß die Zwillinge formenreicher als jene sind im Zusammenhang. Abgesehen von den Vizinalflächen (als solche können wir hier auch solche zusammenfassen, welche zwar einfache Indizes haben und gut ausgebildet sind, welche aber sonst überall vorkommende einfache Flächen vertreten) finden sich an Zwillingen, am häufigsten in der Nähe des einspringenden Winkels, oft Flächen, welche auf den mitgewachsenen einfachen Kristallen nicht zu sehen sind. So befinden sich an den Zwillingen von Guanajuato die Formen (9.5.11), (110) und viele andere Prärosionsflächen, an den gewöhnlichen (I. und II. Gruppe) von Egremont (212), an den der IV. Gruppe (433), der V. Gruppe (212) etc.

Dies ist um so merkwürdiger, als sonst Kristalle um so weniger Flächen haben, je größer sie sind.

Große Kristalle sind oft nur durch eine einzige Form begrenzt.

Die Bildung dieser Flächen ließe sich auf folgende Weise erklären: Der Hof, aus dem der Kristall seine Nahrung bezieht, ist an der Zwillingsgrenze breiter als an anderen Stellen desselben Kristalls (vergl. die neutrale Sphäre von Goldschmidt).

Er wird also in die Sphäre der benachbarten Partien hineinreichen und das Wachstum des Kristalls in diesen Partien beeinträchtigen, was das Auftreten neuer Flächen leicht verursachen kann.

Die verzerrte Form der Zwillinge ist also als Resultat des vermehrten Wachstums an der Zwillingsgrenze in gewissen Richtungen zu betrachten. Dadurch werden in der Mehrzahl der Fälle die durch die beiden Zwillingsindividuen gebildeten einspringenden Winkel verkleinert; infolgedessen kann man sehr oft die Verzerrung der Kristallform eines Zwillingskristalls und das Vorhandensein eines einspringenden Zwillingswinkels in Beziehung setzen.

<sup>1</sup> Bull. d. I. Soc. min., 27.

Die Beobachtung ergab aber, daß an Zwillingen nicht alle einspringenden Winkel von Bedeutung auf die Formgestaltung sind.

Vor allem sind einspringende Winkel, die durch das zufällige Zusammenstoßen der Zwillingsindividuen mit einfachen Kristallen entstehen, ohne Bedeutung.

Dies gilt auch für einspringende Winkel, die beim unregelmäßigen Verwachsen einfacher Kristalle entstehen. Es entstehen hier in der Regel auch keine Vizinalflächen.

Die durch Verzerrung oder durch zufällige Störung entstandenen einspringenden Winkel in demselben Individuum üben hier auch keinen Einfluß auf das Wachstum. Da solche Winkel sich sonst leicht ausheilen pflegen (Frankenheim<sup>1</sup>) so muß man annehmen, daß ihre Wirkung viel schwächer als die der an der Zwillingsgrenze ist.

Sehr oft kommt es vor, daß an einem Kristall mehrere durch die Zwillingsbildung gebildete einspringende Winkel vorhanden sind, das raschere Wachstum aber sich nur in Richtungen gegen gewisse einspringende Winkel äußert; so der zweite einspringende Winkel an den Zwillingen von Egremont, dann zwei einspringende Winkel an den Zwillingen von Lake Superior nach (110), ferner die regelmäßig vorkommenden an den Zwillingen von Guanajuato und ähnlichen nach (110) zwischen den Flächen  $0\bar{2}1$  und  $02\bar{1}$  sowie oft zwischen  $1\bar{2}0$  und  $12\bar{0}$ . Sie sind für das Wachstum ganz ohne Bedeutung. Der Zwillings von Moravicza bietet ein eklatantes Beispiel dazu.

Es sei auch an den Unterschied der beiden einspringenden Winkel an dem Zwillinge von Hollerbach erinnert.

Einen recht interessanten Kalkspatzwilling bildete Vom Rath<sup>2</sup> aus Brasilien ab.

Das Zwillingsgesetz lautet: Zwillingsenebene (110), die Berührungsebene aber ist nicht die Zwillingsenebene, sondern eine zu ihr senkrechte Ebene.

Infolge dieser Verwachsung entsteht ein tiefer einspringender Winkel und es ist kein Bestreben des Kristalls, diesen zu verkleinern, aus der Zeichnung zu entnehmen. Dabei sei erinnert, daß Vom Rath Zwillinge möglichst in ihrer natürlichen Ausbildung zeichnete [Zwillinge von Faröer nach (110)], und hier ausdrücklich betont, daß die Zeichnung naturgetreu ist.

Um sich über diesen Unterschied einspringender Winkel Rechenschaft zu geben, muß man die Richtungen, in welchen das raschere Wachstum erfolgt, eingehend betrachten.

Vor allem ist zu berücksichtigen, ob ein einspringender Winkel an der I. oder II. Symmetrieebene des Zwillings liegt.

Die Vermehrung des Wachstums findet an der I. Symmetrieebene, welche eine den beiden Individuen gemeinsame Fläche ist, statt, an der II. Symmetrieebene nicht. Diese entspricht keiner möglichen Kristallfläche.

Die gemeinsame Zwillingsenebene ist eine Molekularebene mit größter Retikularichte, sie enthält auch Molekularrichtungen, die den beiden Individuen gemeinsam sind. In solchen wichtigen (und als Zwillingsenebene fungieren nur die wichtigsten Flächen) liegen die größten Kohäsionskräfte, die den Habitus des Kristalls bestimmen. Diese Richtungen der stärksten Attraktion (Molekularordnungen) wirken an der Zwillingsgrenze gemeinsam, sich summierend (Becke). Vor allem ist die II. Bissetrix die Richtung der stärksten Kräfte. Die Höfe der beiden Individuen decken sich teilweise an der Zwillingsgrenze. Die in dem zweiten einspringenden Winkel gemeinsame Ebene entspricht hier keiner Molekularebene, es wirken demnach hier auch keine gemeinsamen Molekularrichtungen. In der Richtung der I. Bissetrix läßt sich keine gemeinsame Tätigkeit der Zwillingsindividuen nachweisen.

Die Gemeinsamkeit der Richtungen gibt sich in der Projektion durch das Zusammenfallen der Zonen beider Individuen kund.

<sup>1</sup> Frankenheim: Pogg. Ann., 111 (187).

<sup>2</sup> Über einen pseudomorphon Kalkspatzwilling aus Brasilien. Z. f. K. II, 1878.

Je wichtiger die sich deckenden gemeinsamen Zonen, desto größer wird die Wirkung der in dieser gemeinschaftlichen Richtung wirkenden Kraft sein. An Kalkspat werden die etwa zusammenfallenden Kantenzonen des Hauptrhomboeders vor allem die Richtung des intensivsten Wachstums der Zwillinge angeben.

Auf den ausgezeichneten Wert dieser gemeinsamen Molekularrichtungen weist auch die Stellung der Zwillinge zur Unterlage hin. Bei in einer Richtung verlängerten säulenförmigen oder pyramidenförmigen einfachen Kristallen steht diese Richtung, d. i. die Richtung des stärksten Wachstums, senkrecht zu der Anwachsebene. Die gleichzeitig neben ihnen gebildeten Zwillingskristalle sind gewöhnlich so aufgewachsen, daß die Zwillingschene und die II. Bissetrix (die gemeinsame Kantenrichtung) zu der Anwachsstelle senkrecht ist.

Wenn man von diesem Standpunkte alle vorhandenen einspringenden Winkel untersucht, so zeigt sich, daß, wenn auch an einem Kristalle mehrere einspringende Winkel vorhanden sind, das Wachstum des Zwillings in der Richtung desjenigen überwiegt, in welchem die stärksten gemeinsamen Kräfte wirken, d. i. die Achsen der wichtigsten sich deckenden Zonen austreten.

#### Parameter der Zonenachsen.

Analog wie die Wichtigkeit der Flächen nach der Bravais'schen Raumgittertheorie durch die relative Retikularichte dargestellt wird, kann man auch durch Angabe des Parameters einer Retikularreihe die Wichtigkeit der Molekularordnungen bestimmen.

Je kleiner der Parameter, desto dichter die Molekel und größer die Attraktionskraft, die Kohäsionsmaxima werden durch kleinste Parameter ausgedrückt.

Für das rhomboedrische System ist der Parameter  $p$  einer Zonenachse  $[pqr]$ , wenn man die drei Hauptrhomboederkanten als Koordinaten annimmt:

$$p^2 [pqr] = a^2 (p^2 + q^2 + r^2 + \cos \alpha (2pq + 2pr + 2qr))$$

wo  $\alpha$  der Winkel und  $a$  der Parameter der Hauptachsen ist.

Setzt man  $p [100] = p [010] = a = 1$ , so erhält man für die wichtigsten Zonenachsen des Calcits:

$$p [100] = 1 \quad (\text{Kantenzone des Hauptrhomboeders}),$$

$$p [110] = 1.260 \quad (\text{Zone der kurzen Diagonale des Hauptrhomboeders}),$$

$$p [111] = 1.327 \quad (\text{Prismenzone}),$$

$$p [1\bar{1}0] = 2.553 \quad (\text{Zone der positiven und negativen Rhomboeder}),$$

$$p [112] = 1.983 \quad (\text{Zone der kürzeren Diagonale des ersten spitzen Rhomboeders}),$$

$$p [2\bar{1}\bar{1}] = 2.690 \quad (\text{Zone der verwendeten Pyramiden}).$$

Im zweifelhaften Falle, welches Symbol einfacher ist  $[110]$  oder  $[1\bar{1}0]$ , spricht die Theorie entschieden für  $[110]$ .

Würde man  $p [10\bar{1}] = 1$  setzen, so erhält man natürlich für  $p [111]$  die Achsenlänge im hexagonalen System

$$c = 1.327 : 1.553 = 0.8543.$$

Die allgemeine Gleichung der Punktreihen siehe Mallard, *Traité de cristallographie*, I Tome, 1879.

Die Form der Kristalle, welche infolge des schnellsten Wachstums längs der Zwillingschene der Zwillinge annimmt, ist von den geometrischen Eigenschaften des Kristalls abhängig, wie es hier im weiteren erörtert wird.

#### Zwillinge nach (111).

Die Beobachtung an verschiedenen Kristallen von verschiedenen Fundorten (Moldova, Ofen, Derbyshire etc.) ergibt, daß die Zentralabstände der an der Zwillingsgrenze liegenden Flächen größer sind als die der mitgewachsenen einfachen Kristalle, die der anderen Flächen dagegen kleiner. Längs der Zwillingsgrenze schreitet das Wachstum am schnellsten vor. Die vergleichbaren Zentralabstände zeigen eine



In Zwillingen nach anderen Gesetzen treten die Achsen der wichtigsten gemeinsamen Zonen nur in einem dadurch ausgezeichneten einspringenden Winkel aus.

Dementsprechend findet das raschere Wachstum nur in einer Richtung innerhalb der gemeinsamen Zwillingsebene statt; alle diese Zwillinge sind verzerrt.

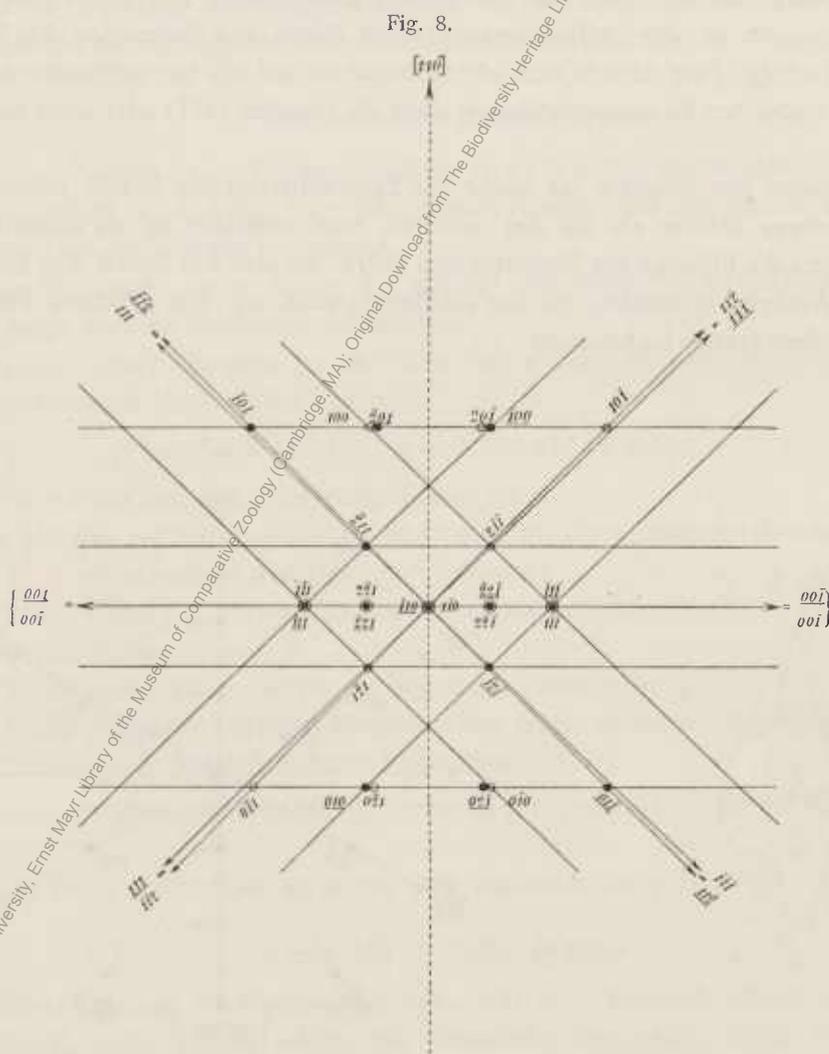
Die in den anderen einspringenden Winkeln austretenden gemeinsamen Richtungen sind immer weniger wichtig.

Zwillinge nach (100).

Fig. 8.

Die hier untersuchten Zwillinge haben an der Zwillingsgrenze nur einen einspringenden Winkel.

In diesem wirken auch die stärksten gemeinsamen Kräfte. In der frontalen Symmetrieebene, den durch die Hauptachsen gebildeten Winkel halbierend, tritt die Achse der gemeinsamen Zone [110] aus.



Alle in dieser Zone liegenden Flächen, wie 001,  $1\bar{1}1$ ,  $2\bar{2}1$ ,  $1\bar{1}0$  etc., fallen mit der entsprechenden des Zwillingindividuums zusammen (absolute Deckzone nach Goldschmidt). Diese Zonenachse ist für diese Zwillinge die II. Bissetrix. In diesem Winkel treten auch die Achsen der gemeinsamen Zonen [210] und [100] schief aus.

An den Zwillingen von Egremont erhalten die Flächen  $2\bar{1}0$ ,  $20\bar{1}$ ,  $11\bar{2}$ ,  $2\bar{1}\bar{1}$  und 110 die größten Zentralsdistanzen.

Die Fläche 110 liegt nicht im einspringenden Winkel, trotzdem wächst sie raseher als die 011 und 101. Sie liegt an der Zwillingsgrenze.

Die Form (20 $\bar{1}$ ), deren Verzerrung wir an allen Zwillingsgesetzen verfolgen können, zeigt folgende Ausbildung:

An Zwillingen nach (100) ist die 20 $\bar{1}$ , entsprechend der großen Zunahme der Zentraldistanz, sehr klein.

Die hier im einspringenden Winkel liegende 2 $\bar{1}$ 0-Fläche mußte sich entsprechend ausdehnen. Sie schneidet sich mit der symmetrischen in einer langen Kante [001], die sonst nicht vorkommt.

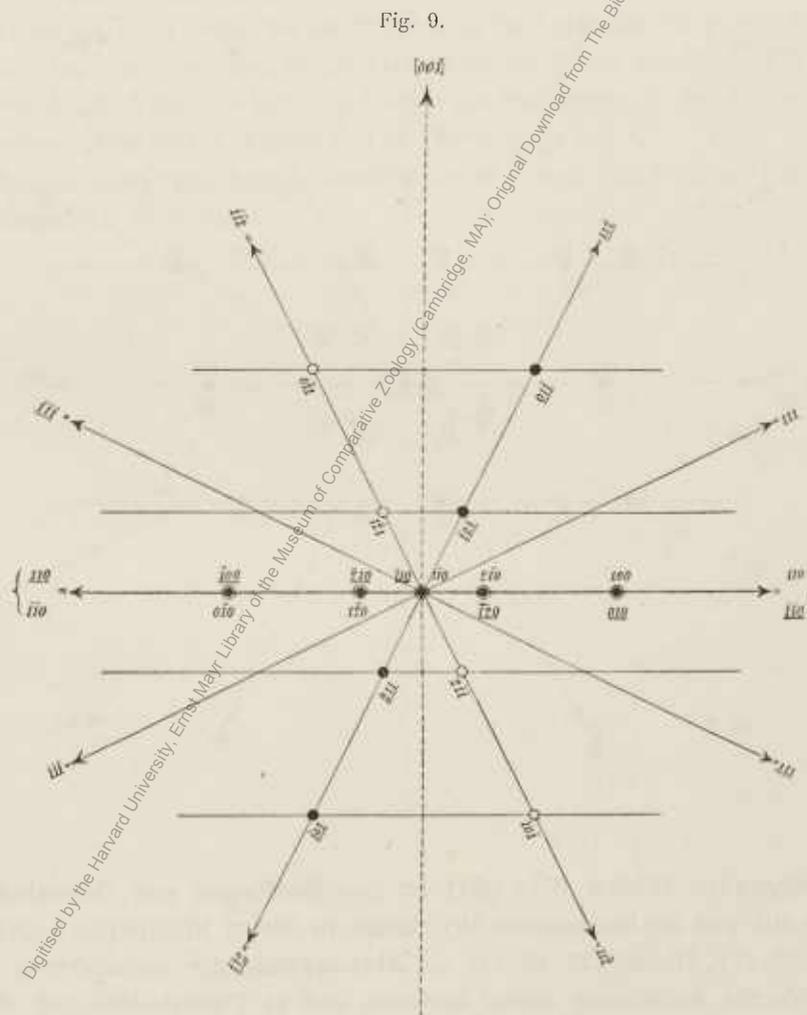
Diese ist gegen die Zwillingsebene unter einem Winkel von 71° 39' geneigt.

Sobald diese Kante mit der Zwillingsebene zusammentrifft, muß die 20 $\bar{1}$  Fläche vollständig verschwinden. Es entsteht der sogenannte Schmetterlingshabitus.

Zwillinge nach (110).

Fig. 9.

Ideale Zwillinge nach diesem Gesetze, welche durch die Formen (201) oder (605) begrenzt sind würden nur einen, durch die Flächen 012,  $\bar{1}$ 02, 01 $\bar{2}$  und  $\bar{1}$ 0 $\bar{2}$  gebildeten einspringenden Winkel haben.



In diesem tritt die gemeinsame Zonenachse [001] als II. Bissetrix aus.

Alle Flächen in dieser Zone, wie 110, 100, 2 $\bar{1}$ 0, 1 $\bar{1}$ 0 etc., decken sich mit den entsprechenden Gegenflächen des zweiten Individuums (abs. Deekzone).

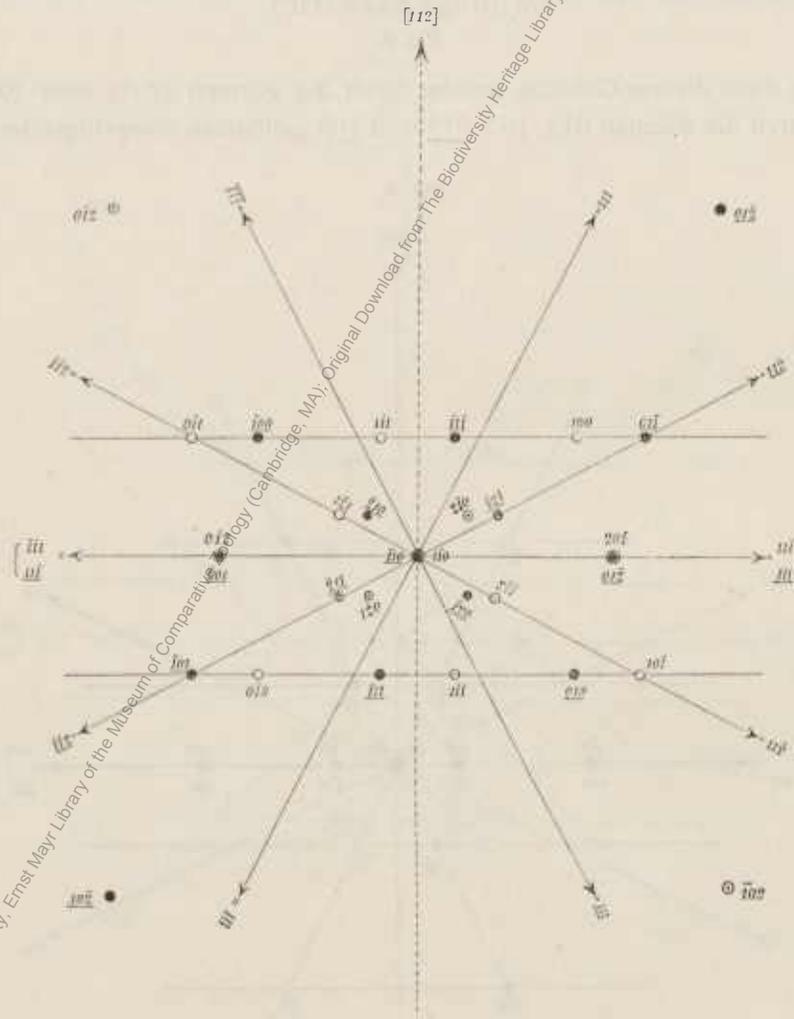
Die gemeinsamen Kräfte sind hier überhaupt die stärksten am Calcit.

Der Zwilling wird in der Richtung der Achse [001] sehr stark ausgezogen.

Da nur die  $0\bar{1}2$ ,  $\bar{1}02$ -Flächen größere Zentraldistanzen erhalten, die anderen dagegen gleichmäßig wachsen, so dehnen sich wiederum die  $2\bar{1}0$  und  $\bar{1}20$  sehr stark aus. Die Zwillingsgrenze wird aber erst in unendlicher Entfernung durch die Kante [001] getroffen. Der einspringende Winkel kann nimmer ausgefüllt werden, somit werden auch die  $0\bar{1}2$  und  $\bar{1}02$  Flächen mit Zunahme der Zentraldistanzen nicht kleiner.

An diesen Zwillingen kommen auch einspringende Winkel vor, welche an einem vom Keimpunkt aus gleichmäßig gewachsenen Zwilling nicht vorhanden wären, nämlich zwischen den Flächen  $0\bar{2}1$  und  $02\bar{1}$  und  $\bar{1}20$ ,  $\bar{1}20$ ,  $5\bar{6}0$  und  $56\bar{0}$ .

Fig. 10.



An dem einspringenden Winkel ( $0\bar{2}1$ ,  $02\bar{1}$ ) an den Zwillingen von Guanajuato tritt eine große Anzahl von Flächen auf, was ein langsames Wachstum in diesen Richtungen bedeutet. Es treten hier sogar Flächen wie  $(5\bar{2}\bar{2})$ ,  $(71.27.34)$ ,  $(34.15.42)$  als Abstumpfung der vorhandenen Kanten auf, deren hohe Indizes und schlechte Ausbildung darauf hinweist, daß es Präerosionsflächen sind, die also durch Auflösen des Kristalls in diesen Richtungen entstanden sind.

Diese einspringenden Winkel zeigen kein Bestreben zu ihrer Vermilderung, ihre Zentraldistanzen sind kleiner als der  $0\bar{1}2$ -, resp.  $2\bar{1}0$ - oder  $6\bar{5}0$ -Flächen.

Es liegt die Vorstellung nahe, daß durch das raschere Wachstum in der Richtung der Zonenachse [001] von benachbarten Gebieten die Substanz weggeführt wurde, wodurch diese Flächen  $0\bar{2}1$  und  $\bar{1}20$  etc.

entstanden sind. Durch Ansetzen dünnerer Partien an den Stellen, von welchen die Substanz durch Diffusionsströmungen weggeführt war, mußten diese einspringenden Winkel entstehen.

In dem durch die  $\bar{1}20$  und  $\bar{1}20$  gebildeten einspringendem Winkel tritt die Achse der gemeinsamen Zone  $[1\bar{1}0]$  aus, die hier wirkenden Kräfte müssen zweifellos denen, die in der Richtung der Kante der  $[001]$  wirken, nachstehen.

Die Zwillinge von Lake Superior haben drei einspringende Winkel, nämlich den durch die Flächen  $\bar{1}22$  und  $2\bar{1}2$  einerseits,  $\bar{1}2\bar{2}$  und  $\bar{2}12$  anderseits gebildeten, welcher durch die frontale Symmetrieebene halbiert ist, und zwei andere miteinander gleichwertige, durch die Flächen  $\bar{2}12$ ,  $2\bar{2}\bar{1}$  und  $2\bar{1}\bar{2}$ ,  $\bar{2}21$  und die symmetrisch nach der frontalen Symmetrieebene begrenzte. Im ersteren tritt halbiierend die schon besprochene Achse der gemeinsamen Zone  $[001]$  als II. Bissetrix aus.

In den anderen einspringenden Winkeln wirken auch gemeinsame Kräfte (Zone  $[1\bar{1}1]$ ), deren Größe aber im ersteren wirkenden bedeutend nachsteht.

#### Zwillinge nach $(11\bar{1})$ .

Fig. 10.

Auch hier zeigt die Achse einer absoluten Deckzone die Richtung des schnellsten Wachstums des Zwillings an. Est ist dies die Zone  $[112]$ , die wichtigsten in ihr liegenden Flächen  $(11\bar{1})$ ,  $(20\bar{1})$ ,  $(1\bar{1}0)$  etc. (ebenfalls II. Bissetrix). Im einspringenden Winkel tritt auch die Achse der Zone  $[101]$  aus.

Wiederum schneiden sich die  $2\bar{1}0$  und  $\bar{1}20$  infolge der Verzerrung in der Kante  $[001]$ , welche hier gegen die Zwillingsebene unter einem Winkel von  $36^\circ 52'$  geneigt ist.

Demnach genügt ein relativ geringerer Zuwachs der  $0\bar{1}2$ - und  $\bar{1}02$ -Flächen zur vollständigen Verdrängung des einspringenden Winkels.

## 7. Resultate.

Am Schlusse dieser speziellen Beschreibung mögen die für alle beschriebenen Kristalle gemeinsamen Ergebnisse der Untersuchung in folgenden Sätzen noch besonders hervorgehoben und zusammengefaßt werden.

I. 1. Das Volum der Zwillinge ist größer als das der einfachen Kristalle, sogar gewöhnlich größer als das doppelte Volum eines mitgewachsenen einfachen Kristalls.

2. Die Zentraldistanzen der an der Zwillingsgrenze liegenden Flächen sind größer als die der übrigen Flächen derselben Form, wobei aber diese Zunahme nur in gewissen bestimmten Richtungen stattfindet.

An Zwillingen mit geneigten Hauptachsen erhalten die größten Zentraldistanzen diejenigen an der Zwillingsgrenze liegenden Flächen, deren Normalen sich der Richtung der II. Bissetrix des Zwillinges am meisten nähern.

Je kleiner der Winkel der Normalen der im einspringenden Winkel liegenden Flächen mit der II. Bissetrix, desto größer die Zentraldistanz der betreffenden Fläche.

Flächen derselben Form an den mitgewachsenen einfachen Kristallen sind einander fast gleich.

3. An der Zwillingsgrenze entstehen häufig Vizinalflächen. Sie sind immer von solcher Beschaffenheit, daß durch ihr Auftreten der einspringende Winkel verkleinert erscheint. Je näher sie der Zwillingsgrenze liegen, desto weiter rückt ihr Pol von dem Pole der I. Symmetrieebene (Zwillings-ebene), mit welcher die beiden Individuen verwachsen sind, ab.

Sind für gewisse Flächen Vizinalflächen charakteristisch, so ist an Zwillingen die Ausbildung derjenigen bevorzugt, welche den einspringenden Winkel verdrängen. Fehlen die Vizinalflächen, so entstehen sprossenartige Anwüchse, welche auch nur an der Zwillingsgrenze im einspringenden Winkel sich vorfinden.

4. Die Zwillinge sind meist formreicher als die mitgewachsenen einfachen Kristalle.

Diese Erscheinungen beweisen, daß längs der Zwillingsgrenze ein vermehrtes Wachstum stattfindet.

II. Diese Vermehrung des Wachstums an der Zwillingsgrenze findet nur in der Richtung der Achsen der wichtigsten gemeinsamen Zonen statt. Bei geneigten Calcitzwillingen sind es die Achsen der absoluten Deckzonen.

### Anhang.

An dem Zwilling Nr. 1 der II. Gruppe (p. 34) erwies die Messung, daß die Lage der beiden Zwillingindividuen gegen einander nicht vollkommen gesetzmäßig ist.

Stellt man nämlich das eine Individuum des Zwillings mit Benützung der Spaltflächen polar auf, so erweist sich, daß die Polkantenzone des Hauptrhomboeders [001] und die entsprechende des Zwillingkristalls [001] sich nicht in der Prismenfläche II. Ordnung  $1\bar{1}0$  durchkreuzen, sondern der Durchkreuzungspunkt dieser Zonen ist an der einen Seite von der frontalen Symmetrieebene:  $\rho = 90^\circ 9'$ ,  $\varphi = 90^\circ 6'$ , von der anderen Seite dagegen zirka (diese Zone ist hier nicht hell ausgebildet):

$$\rho = 89^\circ 53', \quad \varphi = 89^\circ 52'.$$

Zur Kontrolle der Lage der Reflexe, die in bestimmten Zonen liegen, wurde aus der gemessenen Breite die Länge berechnet unter Voraussetzung, daß die betreffende Fläche genau in der betreffenden Zone liegt und umgekehrt, und mit der gemessenen verglichen.

Die Messung und Rechnung sind für das aufgestellte Individuum in Übereinstimmung; die  $\varphi$  und  $\rho$  der einfachen Flächen stimmen ganz genau mit den berechneten, die Lage der Reflexe aus den Polkantenzone des Hauptrhomboeders wurde auch ganz richtig gefunden, z. B.

Gemessen		Aus dem gemessenen $\rho$ berechnet	
$\rho = 82^\circ 12'$	$\varphi = 86^\circ 08'$	$\rho = 82^\circ 12'$	$\varphi = 86^\circ 07'$
$\rho = 84 \quad 36$	$\varphi = 87^\circ 22'$	$\rho = 84 \quad 36$	$\varphi = 87^\circ 20' \quad \text{etc.}$

unter der Annahme, daß der betreffende Reflex in der Polkantenzone des Hauptrhomboeders liegt.

Für die gleichzeitig gemessenen Reflexe der aus den sich schneidenden Polkantenzone des Zwillingindividuum wurden aber folgende Positionen gefunden:

		Aus dem gemessenen $\varphi$ berechnet	
$\rho = 85^\circ 34 \cdot 5'$	$\varphi = 80^\circ 11'$	$\rho = 85^\circ 18'$	$\delta = 16 \cdot 5'$
$85^\circ 58'$	$80^\circ 58'$	$85^\circ 45'$	$15'$
$87^\circ 11'$	$83^\circ 28'$	$86^\circ 54'$	$17'$
$87^\circ 30'$	$84^\circ 14'$	$87^\circ 15'$	$16'$

#### Rückseite.

		Berechnet	
$\rho = 87^\circ 18'$	$\varphi = 84^\circ 48'$	$\rho = 87^\circ 32'$	$\delta = 14'$
$\rho = 88^\circ 06'$	$\varphi = 86^\circ 35'$	$\rho = 88^\circ 20 - 25'$	$\text{etc.}$

Zur Kontrolle wurde noch der Winkel zwischen einer vorzüglichen Spaltfläche und dem Durchkreuzungspunkte der beiden Zonen mit dem Horizontalkreis gemessen.

	Gemessen	Der berechnete Winkel zwischen 100, 110
Von einer Seite	$52^\circ 42'$	$52^\circ 33'$
» der Rückseite	$52^\circ 19' \text{ (zirka)}$	$52^\circ 33'$

Wegen der Größe des Kristalls war eine Messung einfacher Flächen des Zwillingindividuum unmöglich. Auch konnte man eine andere Berechnung nicht vornehmen, da die einzigen in einer Zone

liegenden Reflexe des Zwillingindividuums nur die aus den gestreiften in der Nähe der Prismen II. Ordnung liegenden Polkantenzone des Hauptrhomboeders sind, an welchen man mit Beugungsercheinungen zu tun hat. Es wurde noch das zweite Individuum aufgestellt und die genaue Lage dieser Reflexe in der Polkantenzone des Rhomboeders, was auch von vornherein zu vermuten war, konstatiert.

In den hier untersuchten Kristallen bildet dieser Zwilling eine Ausnahme, da die anderen oben beschriebenen (p. 34) ganz regelmäßig verbunden sind.

Solche Abweichungen von der normalen Stellung der Zwillingindividuen sind längst in der Literatur bekannt.

So schreibt Des Cloiseaux<sup>1</sup> in seinem Lehrbuche bei der Deutung des von Sella<sup>2</sup> aufgestellten Zwillinggesetzes: Zwillingachse die Normale zu  $a^1 \left( (411) = + \frac{1}{e} R \right)$ . »Es ist aber nur dann notwendig, zu dieser Erklärung Zuflucht zu nehmen, wenn man die gegenseitige Neigung der beiden verzwillingten Individuen als eine absolut konstante betrachtet. Indessen lehrt uns die Erfahrung, daß eine solche Konstanz bei weitem nicht in der Natur vorkommt und daß im allgemeinen auch die regelmäßigsten Zwillinge eine gewisse Toleranz in gegenseitiger Aufstellung zeigen. Das findet sich vor allem an den Quarzzwillingen mit parallelen Achsen, an den Albitzwillingen, Aragonitzwillingen etc. und die Differenz von  $1^\circ 26'$  zwischen den direkt von Sella gemessenen Winkeln und den berechneten, wenn man  $(11\bar{1})$  als Zwillingsebene annehmen würde, ist von derselben Art wie die, welche ich an den Quarz- und Albitzwillingen beschrieben habe.«

Die größere Unregelmäßigkeit der Zwillinge als der einfachen Kristalle, welche Strüwer an Spinellzwillingen gefunden hat, schreibt derselbe der Zwillingbildung selbst zu.<sup>3</sup>

Als Beispiel des Einflusses der Zwillingbildung auf den Wert der Kantenwinkel führt er Orthoklaszwillinge von Baveno an. Auch auf den Zusammenhang der Polyedrie am Flußspat mit der Zwillingbildung wird hingewiesen.

Durch genaue Messungen hat Miers solche Abweichungen an Pyrrargyrit- und Proustitzwillingen<sup>4</sup> gefunden. Er definiert sie so, daß sie an Zwillingen entweder in einer geringen Neigung der beiden Flächen die parallel sein sollen, aber unter Erhaltung des Parallelismus der gemeinsamen Kante bestehen, oder die beiden Flächen bleiben parallel, die in Rede stehenden Kanten zeigen dagegen eine geringe Neigung zueinander. Dasselbe am Bournonit. Dies scheint allgemein zutreffen.

Gonyard<sup>5</sup> hat zahlreiche Messungen an Calcitzwillingen nach  $(111)$  ausgeführt. Während, wie aus den angeführten Winkeln ersichtlich, die Winkel an einzelnen Individuen sehr genau stimmen, hat er für Winkel zwischen den Flächen des einen Individuums zu den des anderen ziemlich große Abweichungen gefunden, z. B.:

	Gemessen	Berechnet
$p : \bar{p}$	$89^\circ 31'$	$89^\circ 13'$
$e^3 : \bar{e}^3$	$151^\circ 39'$	$151^\circ 33'$
während der Winkel		
$p : e^3$	$148^\circ 54'$	$148^\circ 54'$

genau stimmt.

<sup>1</sup> Manuel de Mineralogie par M. Des Cloiseaux. T. 2, Paris 1874, p. 109.

<sup>2</sup> Sella: Studi sulla Min. Sarda. Torino 1858.

<sup>3</sup> Über polysynthetische Spinellzwillinge von J. Strüwer. Z. f. K. Bd. II, 1878.

<sup>4</sup> Miers: Beitr. z. Kenntn. d. Pyrrargyrit u. Proustit. Z. f. K. XV, 889.

<sup>5</sup> Gonyard: Comptes rendues, T. 122 (1896), I.

Penfield und Ford<sup>1</sup> haben den Winkel der im einspringenden Winkel liegenden Hauptrhomboidflächen (Spaltungsflächen) an einem Zwilling nach (111) gemessen und  $35^{\circ} 38'$  statt  $35^{\circ} 27'$  gefunden.

Es sei auch an die Messungen von Viola<sup>2</sup> erinnert, welcher Abweichungen von der gesetzmäßigen Stellung an Feldspatzwillingen fand.

Außer diesen Fällen, die sich auf Unregelmäßigkeit der Verknüpfung zu beziehen scheinen, sind noch Angaben über Zwillinge vorhanden, die auf Störungen im Molekularbau an der Zwillingsgrenze hindeuten scheinen. Hieher gehören die Messungen von Achiardi, welcher an einem Zwilling nach (110) für den Rhomboidflächenwinkel eine Differenz von  $2'$ , für andere Flächen viel größere Differenzen — bis  $25'$  — von den berechneten fand und, um diese Erscheinung zu erklären, hier eine Wirkung der Anziehung zum Zentrum des ganzen Komplexes angenommen hat.<sup>3</sup>

Viele Beobachtungen finden wir in den Arbeiten von Goldschmidt,<sup>4</sup> besonders an Viellingen (Aragonit, Cerussit). Er erklärt solche Ablenkungen durch den Konflikt, welcher durch das Bestreben der nahezu parallelen Kräfte, sich parallel zu stellen, was nur unvollkommen gelingt, zu stande kommt.

Hubrecht fand die Ablenkung durch Zwillingsbildung an Cerussitwillingen von anderen Vorkommnissen.<sup>5</sup>

Anpassungserscheinungen bei Feldspatzwillingen (auf Kosten der Konstanz der Winkel) wurden von Sachs<sup>6</sup> genau untersucht. Er stellt auch die betreffende Literatur zusammen (Hintze, Hirschwald etc.).

Innere Spannungen an der Zwillingsgrenze, die sich durch optische Eigenschaften verraten, hat Streng<sup>7</sup> am Chabasit beobachtet. Das Auftreten einer Skalenoederfläche wird der Beeinflussung der sich anlagernden Teile durch beide Zwillingsindividuen, weshalb sie eine abweichende Lage annehmen, d. h. vizinale Flächen hervorbringen muß, zugeschrieben. Einen analogen Fall der Störung der optischen Eigenschaften hat Baumhauer an Harmotomzwillingen beschrieben, deren Ursache er auch in den Spannungen an der Zwillingsgrenze sieht.

<sup>1</sup> l. c.

<sup>2</sup> l. c.

<sup>3</sup> Giovanni d'Achiardi: Di alcune forme cristalline della calcite di Montecatini in Val di Cecino. Pisa 1897 (Estratto de Processi verbali della Società Toscana d. scienze Naturali).

<sup>4</sup> Goldschmidt: Über nicht parallele Verknüpfung der Kristallpartikel. Z. f. K. 1898, 29. Zur Theorie und Dis. der Viellinge. N. J. f. M., Beilagebd. XV, 1904.

<sup>5</sup> Hubrecht: Z. f. K. 1904.

<sup>6</sup> Sachs: Über Anpassungserscheinungen bei Karlsbader und Bavenoer Verwachsungen des Kalifeldspates. Breslau 1903.

<sup>7</sup> Streng: Über den Chabasit. Ref. Z. f. K. I, 1879.

## Bemerkungen zu den Tafeln.

---

In den meisten Fällen hängen je zwei Figuren eng miteinander zusammen. Die eine stellt den Zwilling in seiner charakteristischen Ausbildung vor, die zweite illustriert, wie er sich ausbilden müßte, falls kein Einfluß der Zwillingsbildung vorliegen würde. Dazu wurden die mitgewachsenen einfachen Kristalle benützt, indem zwei miteinander in Zwillingsstellung verbundene gezeichnet wurden.

Zur Abkürzung wird gesetzt: Aus den Zentraldistanzen der einfachen Kristalle konstruierte Zwillingsgestalt = konstruierter Zwilling (Konstr. Zw.).

Die Zwillinge wurden möglichst genau nach der Natur nach den Zentraldistanzen gezeichnet. Die richtige Kantlänge wurde nach einer bei Prof. Goldschmidt angewendeten, mir freundlichst von Dr. Köchlin mitgeteilten Methode erhalten.

Um Unterschiede in der Substanzverteilung an einfachen Kristallen und Zwillingen anschaulich darzustellen, wurden die Zwillinge in solcher Größe gezeichnet, daß ihr Volum = dem Volum des ganzen konstruierten Zwillings ( $V$  [des Zwillings] =  $2v$  [der einfachen Kristalle]). In den meisten Fällen wurden die Zentraldistanzen behufs der Zeichnung mit 2 multipliziert. Dies bezieht sich auf alle Figuren, wo keine besondere Anmerkung vorliegt.

Zwillinge mit geneigten Achsen sind in den Zeichnungen so dargestellt, daß die frontale Symmetrieebene quer vor dem Beschauer liegt und die I. Symmetrieebene (Zwillingsebene) vertikal steht und auf den Beschauer zuläuft. Das entspricht der gewöhnlichen Art der Aufwachsung, bei welcher die II. Bissctrix auf der Unterlage beinahe senkrecht steht.

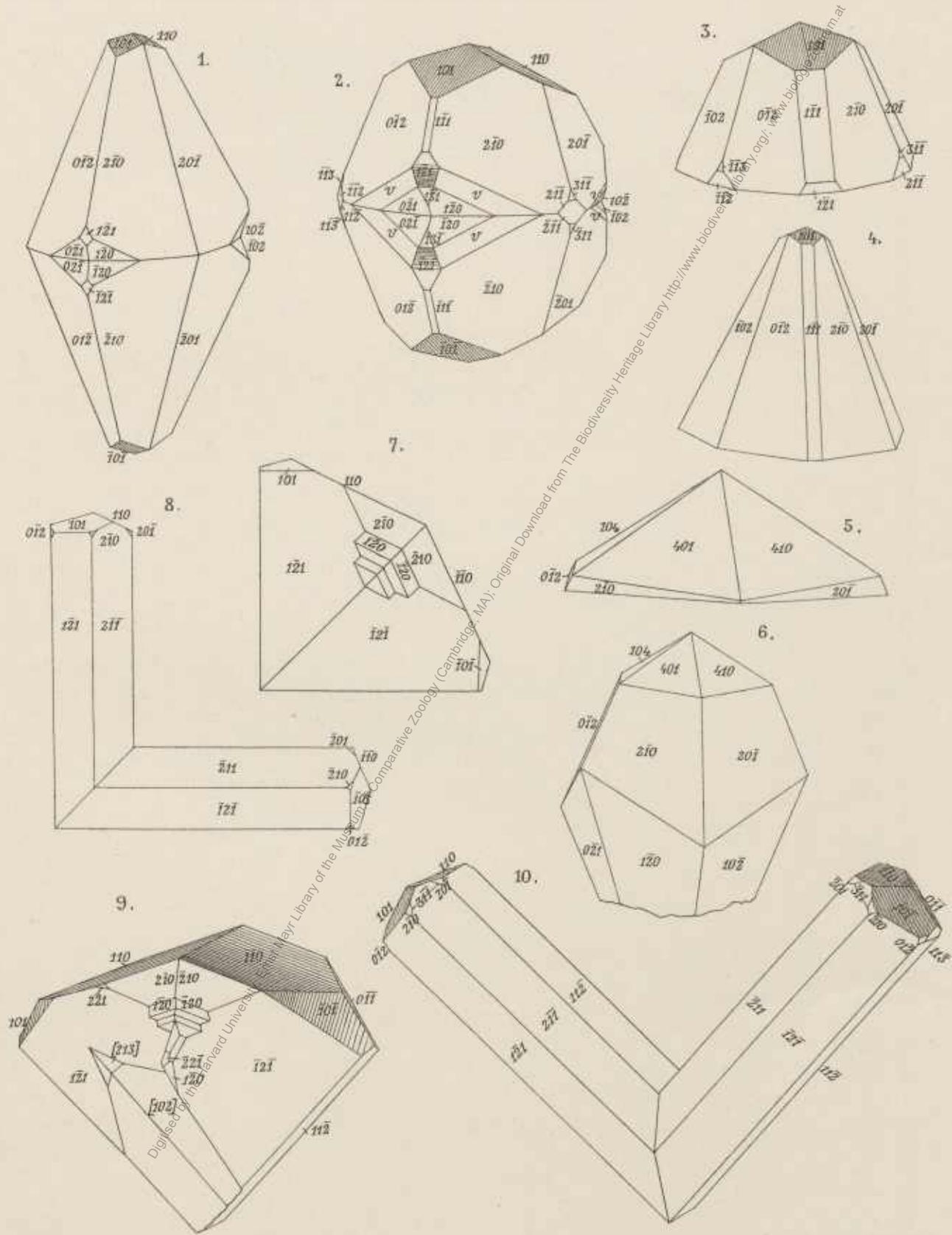
---

Tafel I.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA). Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

## Tafel I

- Fig. 1. Konstr. Zw. nach (111), Moldova.
- » 2. Zwilling nach (111) Moldova, p. 16.
  - » 3. Zw. nach (111). Frei ausgebildetes Individuum, Ofen, p. 19.
  - » 4. Einf. Kristall von Ofen.
  - » 5. Zwilling nach (111). Gastein, p. 20.
  - » 6. Einf. Kristall, Gastein-Rauris.
  - » 7. Orth. Projektion eines Zwillings nach (100) von Egremont, nach den p. 24 angegebenen Zentraldistanzen.
  - » 8. Konstr. Zw. von demselben Volum wie Fig. 7.
  - » 9. Zwilling nach (100), I. Gruppe A. p. 23.
  - » 10. Konstr. Zw., I. Gruppe A.



Lith. Anst. v. Th. Enzinger, Wien.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

Tafel II.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA). Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

## Tafel II.

---

Fig. 11. Zwilling nach (100), Egremont, I. Gruppe B, p. 29.

- » 12. » » (100) Egremont, p. 33, nach den direkt gemessenen Kantenlängen (2 mal vergr.).
  - » 13. Orth. Projektion desselben (nat. Gr.).
  - » 14. Zwilling nach 100, Egremont, p. 34 (Kristall Nr. 2), II. Gruppe.
  - » 15. Egremont (Kristall Nr. 1), II. Gruppe.
  - » 16. Egremont. Konstr. Zw., II. Gruppe. Die kontinuierliche Reflexe liefernden Vizinalflächen sind durch Angabe der Zonen, in welchen der Lichtstreifen liegt, charakterisiert (Indizes in Klammern).
  - » 17. Egremont. Zwilling nach 100 (orth. Projektion), III. Gr., p. 38.
-



Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

Tafel III

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

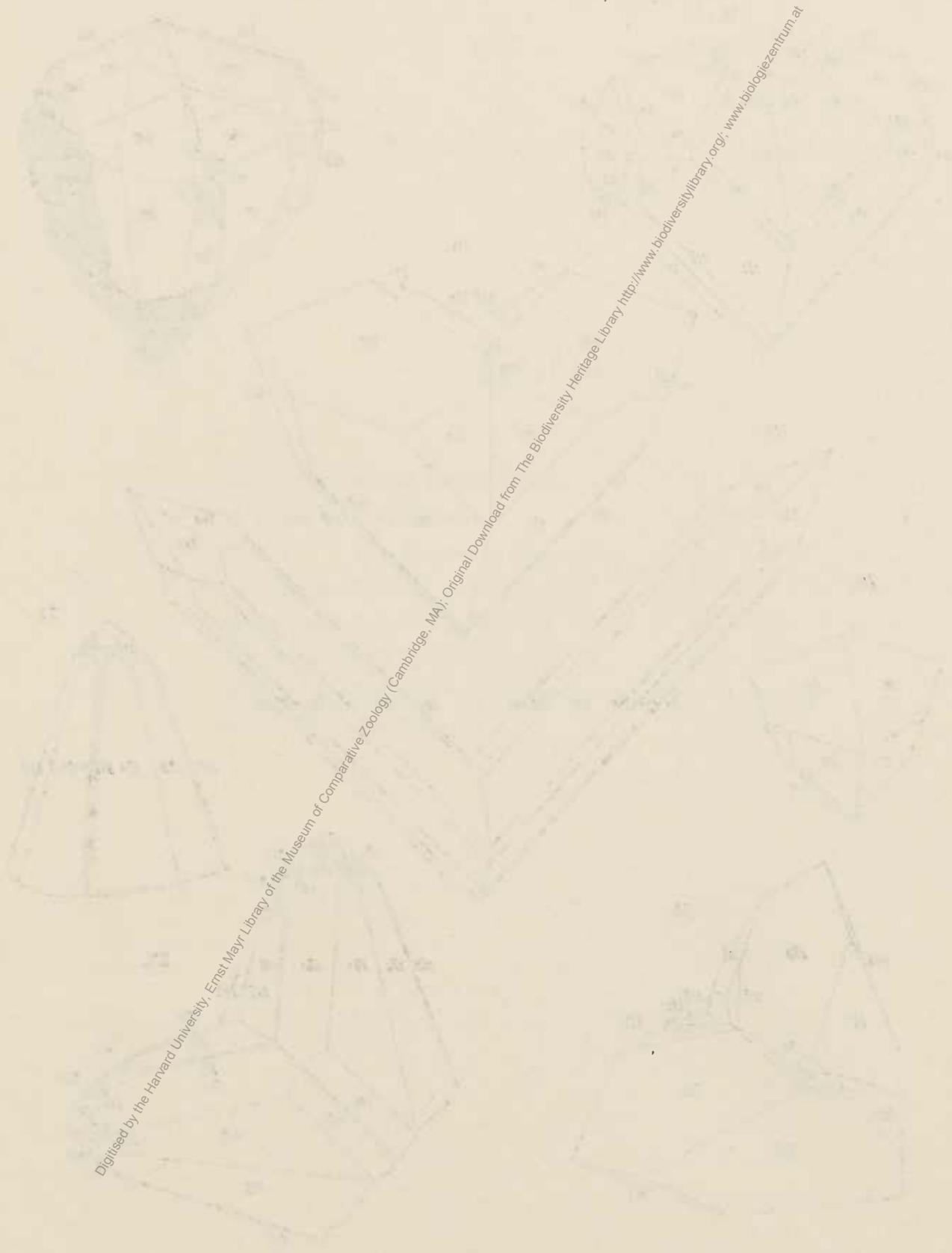
## Tafel III.

---

Fig. 18. Konstr. Zw. nach (100), Egremont, III. Gruppe, p. 38.

- › 19. Zwilling nach (100), III. Gruppe.
  - › 20. › › (100), Egremont, IV. Gruppe, p. 39.
  - › 21. Konstr. Zw., IV. Gruppe.
  - › 22. Einf. Kristall, Egremont, V. Gruppe, p. 40.
  - › 23. Zwilling nach (100), Egremont, V. Gruppe.
  - › 24. › › (100), Eyam-Derbyshire (Schmetterlingshabitus), p. 41 (nicht vergr.).
  - › 25. › › (100), Eyam, p. 41.
-





Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA). Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

Tafel IV.

Downloaded from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

## Tafel IV.

---

Fig. 26. Zwilling nach (100) von Bergen Hill (New-Yersey), p. 42.

- » 27. Konstr. Zw. von Bergen Hill nach (100).
  - » 28. Zwilling nach (110), Guanajuato, p. 44.
  - » 29. Konstr. Zw. nach (110).
  - » 30. Zwilling nach (110) von Bergen Hill (New-Yersey), p. 47 (nicht. vergr.).
  - » 31. Konstr. Zw. von Bergen Hill nach (110) (ebenfalls).
  - » 32. Orth. Projektion eines Konstr. Zw. von Lake Superior. Die punktierten Linien stellen die tatsächliche Ausbildung dar, p. 48.
-



Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

Tafel V.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)

## Tafel V

---

Fig. 33. Zwilling nach (110) von Lake Superior.

- › 34. Konstr. Zw., p. 48.
  - › 35. Zwilling nach (110), Hollersbach. Orth. Projektion in nat. Gr., p. 50.
  - › 36. Zwilling nach (11 $\bar{1}$ ), Schemnitz, p. 52.
  - › 37. Konstr. Zwilling nach (11 $\bar{1}$ ).
  - › 38. Zwilling nach (11 $\bar{1}$ ) von der Gotzenalpe. Nach den gemessenen Kantenlängen (2 mal vergr.). Gegen unten ergänzt; p. 53.
  - › 39. Konstr. Zw. nach (11 $\bar{1}$ ), Derbyshire.
  - › 40. Zwilling nach (11 $\bar{1}$ ), Derbyshire, p. 54.
-



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [80](#)

Autor(en)/Author(s): Kreutz Stefan

Artikel/Article: [Kristallform bei Calzitzwillingen. \(Mit 5 Tafeln und 10 Textfiguren\). 15-82](#)