

VII. Quarzwilling nach $r=10$.

Von V. Goldschmidt in Heidelberg.

Vorgetragen in der Monatsversammlung der Wiener Mineralog. Gesellschaft
am 6. März 1905.

(Mit Tafel I und II.)

Von Herrn Mineralienhändler D. Blatz in Heidelberg erhielt ich einen interessanten Quarzwilling vom Griesental¹⁾ in der Schweiz. Derselbe ist in Taf. I, Fig. 1 abgebildet. Zwei Krystalle von sehr ungleicher Größe und Ausbildung sind regelmäßig verwachsen. Auf einem großen, formenarmen Krystall II von der gewöhnlichen Ausbildung $rpb = \pm 10.\infty 0$ sitzt ein kleiner Krystall I von ganz eigentümlicher Ausbildung.

Der große Krystall II ist 9 cm lang, 5 cm dick. Von ihm ist in der Figur nur der obere Teil wiedergegeben. Der kleine Krystall I ist 10 mm breit, 6 mm hoch, 2 mm dick. Also stark abgeplattet. Er ist flächenreich und so verzerrt, daß ohne eingehendes Studium die Formen nicht verständlich sind. In der Figur sind die Buchstaben der Flächenarten eingetragen; trotzdem fällt es schwer, sich in den Formen zurecht zu finden, so sonderbar ist die Verzerrung. Wir finden an ihm die gewöhnlichen Formen:

rp	b	s	u	x
± 10	$\infty 0$	1	13	15
$10\bar{1}1$	$10\bar{1}0$	$11\bar{2}1$	$13\bar{4}1$	$15\bar{6}1$

¹⁾ Das Griesental ist ein Seitental des Maderaner Tals bei Amsteg an der Gotthardstraße, Kanton Uri.

Von allen diesen ist nur eine r -Fläche groß und eine b -Fläche mäßig groß ausgebildet. Alle anderen sind klein. Das Vorzeichen \pm ist nicht gesichert. Ich konnte mich nicht entschließen, die Krystallgruppe, die doch bis jetzt ein Unikum ist, einer Behandlung mit Flußsäure zur Unterscheidung von r und ρ von ± 10 auszusetzen.

Beim Anblick fiel zunächst die Abplattung auf, die auf eine Beeinflussung des kleinen Krystalls durch den großen schließen ließ. Bei näherer Betrachtung zeigte es sich, daß die größte Fläche r_2 von Krystall I mit einer Rhomboederfläche r_2' von Krystall II einspiegelte. Die dreieckigen Wachstumsfiguren ließen beide als Rhomboederflächen 10 erkennen, aber (und das war das Merkwürdige) die Dreiecke auf r_2 hatten ihre Spitzen entgegengesetzt gerichtet mit denen der mit-einspiegelnden Fläche r_2' von Krystall II.

Es zeigte sich ferner ein Parallelismus der Kante $b_2 s_2$ mit der Kante $b_2' r_2'$. Damit war festgelegt, daß die beiden Individuen einen Zwilling bilden, daß r_2 resp. r_2' zugleich Zwillingsebene (u) und Verwachsungsebene (v) sind. Drehung 180° um eine Achse $\perp r_2 r_2'$.

Es war noch durch Messung zu entscheiden, ob die Positionen der Flächen streng mit den Forderungen des Zwillingsgesetzes übereinstimmen oder nur genähert. In letzterem Falle wäre die Verwachsung als gesetzmäßig nicht gesichert. Es zeigte aber die Messung mit der Rechnung vollkommene Übereinstimmung, so daß das Zwillingsgesetz als erwiesen erscheint.

Durch dieselbe Messung wurden die Symbole der einzelnen Flächen des kleinen Krystalls bestimmt. Sie ergaben sich, wie in der Figur eingezeichnet, als $r_2 b s u x$.

Messung und Diskussion. Die Messung geschah am zweikreisigen Goniometer in der Weise, daß die Zwillingfläche $r_2 r_2'$ als Polfläche am Instrument eingestellt und danach die Gruppe justiert wurde. Die Gruppe wurde dann als Ganzes durchgemessen. Alsdann wurden die Flächenpunkte aus den gemessenen Positionswinkeln $\varphi\rho$ in das gnomonische Bild gebracht und in diesem graphisch diskutiert.

Fig. 2, Taf. I gibt das gnomonische Bild der Flächenpunkte, wie es die Messung lieferte. In demselben sind die zu dem großen Krystall II gehörigen Punkte durch größere leere Ringe angezeigt, die zu dem kleinen Krystall gehörigen durch kleinere gefüllte Ringe.

Diskussion des Zwillingsbildes. Das Projektionsbild hat ein etwas eigenartiges Aussehen, weil man nicht gewohnt ist, eine Rhomboederfläche $r=10$ als Polfläche zu haben. Durch diese Wahl der Polfläche kommt es, daß keine krystallographische Zone als Prismenzone erscheint. Das hat dann wieder zur Folge, daß in der Projektionsebene keine Zählachsen liegen und daher die Abstände der Punkte in den Zonen mit keinem Einheitsmaß rational ausgemessen werden können.

Einige Worte mögen zur Erklärung des Projektionsbildes dienen.

Um das Projektionsbild zu verstehen, tut man gut, sowohl das perspektivische Bild Fig. 1, Taf. I als auch das normale Projektionsbild Fig. 3, Taf. II zum Vergleich heranzuziehen. Vergleicht man das perspektivische Bild Fig. 1 mit dem gnomonischen Bild Fig. 2, so identifiziert man leicht, welcher Punkt welcher Fläche entspricht. Dazu hilft die gegenseitige Lage der Flächen resp. Punkte sowie die eingeschriebenen Buchstaben.

Da fallen zunächst von dem großen Krystall II die 3 Prismenpunkte $b_1'b_2'b_3'$ auf; ferner die 3 Rhomboederpunkte $\rho_1'\rho_2'\rho_3'$ mit den entsprechenden großen Flächen. Ist man so im Bild für den großen Krystall II orientiert, so betrachtet man im gnomonischen Bild die Punkte des kleinen Krystalls I. Dreht man das Blatt um den Pol r_2r_2' um 180° , so findet man die Punkte der Prismen $b_1b_2b_3$ genau an der Stelle, an der vorher $b_1'b_2'b_3'$ waren. Diese Operation legt das Zwillingsgesetz klar: Zusammenfallen der Rhomboederflächen r_2r_2' und Drehung um 180° um eine Achse $\perp r_2$. Diese Achse ist zugleich die Projektionsachse, die, vom Krystallmittelpunkt ausgehend, senkrecht steht auf dem Projektionsbild und in dessen Pol, dem Mittelpunkt des Grundkreises, die Projektionsebene durchsticht.

Ist der Ort der Hauptflächen $br\rho$ für beide Krystalle im Projektionsbild erkannt, so versteht man den Ort zunächst der s-Flächen aus dem Zonenverband, jeweils im Schnitt einer Zone $b\rho r$ mit einer Zone $br\rho$, z. B. s_2 im Schnitt von Zone $b_1r_2\rho_3$ mit Zone $b_2\rho_1$. Sind so auch die s-Punkte festgelegt und verstanden, so versteht man den Ort der x und u in den Zonen sb. Zum genauen Beurteilen des Ortes von x und u ist es am besten, den Winkel bu resp. bx heranzuziehen. Man findet diesen Winkel in den Tabellen. Er beträgt $bx = 12^\circ 1'$; $bu = 18^\circ 29'$. Man kann ihn mit Hilfe des Winkelpunktes der Zone ein-

tragen. ¹⁾ So bestimmt man graphisch den Ort der x u-Punkte und vergleicht ihn mit dem durch Messung gefundenen.

Herstellung des gnomonischen Zwillingsbildes. Gegeben: Das Projektionsbild von Krystall I in Projektion auf $r_2=10$. Gesucht: Die entsprechenden Punkte von Krystall II. Dies kann auf 2 Arten geschehen.

Erster Weg. Ziehen einer Symmetrielinie SS durch den Pol r_2 parallel der Zonenlinie $b_1 b_2 b_3$. Jedem Punkt von Krystall I entspricht ein Punkt von Krystall II symmetrisch in bezug auf die Gerade SS . Der korrespondierende Zwillingspunkt liegt auf einer Geraden $\perp SS$, in gleichem Abstand von SS .

Zweiter Weg. Man zieht für einen Flächenpunkt z. B. ρ_3 die Radiale, d. h. die Zonenlinie durch den Pol r_2 und findet den korrespondierenden Punkt ρ_3 auf dieser Radialen im gleichen Abstand vom Pol.

Symmetrie. Zonendeckung. Flächendeckung. Krystall II ist symmetrisch zu I in bezug auf die Symmetrieebene SS . In Krystall II und I decken sich alle Zonen durch r_2 . Das sind wesentlich 3 Zonen: Zwei Trapezoederzonen $r\rho$ und eine Rhomboederzone rb . Von Flächen aber deckt sich in allen diesen Zonen und an beiden Krystallen überhaupt nur eine. Das ist die Zwillingsebene r_2 . Wir haben also als charakteristisch und genetisch wichtig für die Verknüpfung nach diesem Gesetz nur 1 Deckpunkt und 3 Deckzonen. Unter den Deckzonen ist keine absolute Deckzone, d. h. keine solche, bei der sich alle gleichwertigen Punkte von I und II decken. Wir nennen sie gemeine Deckzonen.

Vergleich der gemessenen und berechneten Positionswinkel. Bei der angewendeten Aufstellung mit r_2 als Polfläche. (Siehe S. 161.)

Messung und Rechnung stimmen befriedigend überein, so daß auf Grund der Messung das Zwillingsgesetz einwandfrei gesichert ist.

¹⁾ Vgl. G. d. t., Üb. Proj. u. graph. Kryst. Ber. Berlin 1887, 41.

Eine auffallende Abweichung im φ_ρ zeigt Fläche ρ'_3 . Wir finden da $\rho=47^\circ 55$, berechnet $46^\circ 16$. Diese Abweichung hängt zusammen mit einem Knick, der über die Fläche r'_2 hingeht und diese in 2 Facetten zerlegt, deren Neigung ρ sich um etwa 1° unterscheidet. Wir finden in untenstehender Tabelle demgemäß für r'_2 die 2 Positionen $\varphi_\rho=-; 0^\circ-$ und $\varphi_\rho=93^\circ 25; 0^\circ 54$; das sind die Orte der 2 Facetten zu beiden Seiten des Knicks.

Kryst.-Nr.	Buchst.	Symb.	Gemessen		Berechnet	
			φ^1	ρ^1	φ^1	ρ^1
1	b_1	$\infty 0$	19° 26	66° 55	19° 39	66° 52
	b_2		89° 48	38° 10	90° —	38° 13
	b_3		160° 57	67° 12	160° 21	66° 52
	ρ_1	± 10	$\bar{1}9^\circ 18$	46° 22	$\bar{1}9^\circ 39$	46° 16
	r_2		(39° 13)	$\bar{0}^\circ 05$	—	0° —
	ρ_3		$\bar{1}60^\circ —$	46° 52	$\bar{1}60^\circ 21$	46° 16
	s_2	1	19° 46	29° 03	19° 39	28° 54
	s_3		160° 05	28° 46	160° 21	28° 54
	s_6		119° 09	68° 40	119° 14	68° 42
	x_5	15	107° —	31° 50	107° 16	31° 13
	x_6		146° 24	66° 10	146° 15	66° 16
	u_2		(61° 42)	(30° 24)	60° 46	28° 43
	2	ρ'_1	± 10	159° 44	46° 16	160° 21
r'_2		—		0° —	—	0°
ρ'_3		$\bar{9}3^\circ 25$		$\bar{0}^\circ 54$	—	0°
			19° 41	47° 55!	19° 39	46° 16

In der Figur, Taf. I, Fig. 1, ist diese Teilung der Fläche r'_2 ersichtlich; auch ρ'_1 zeigt einen entsprechenden Knick. Der kleine Krystall I sitzt auf einem unten und seitlich scharf begrenzten Streifen (man könnte sagen auf einer Scholle) von der Breite von Krystall I,

der sich von dem übrigen Teil der Fläche r_1' scharf abhebt. Gegen seine Unterlage, sowie gegen das Nachbarstück von ρ_2' ist Krystall I richtig orientiert. Er zeigt da die Winkel, die das Zwillingsgesetz verlangt mit den gewöhnlichen Schwankungen von einigen Minuten.

Zwei Deutungen des 10-Gesetzes. Unterscheiden wir nicht zwischen $r=10$ und $\rho=-10$, so können wir dem Gesetz 2 Deutungen geben:

1. Drehung um die Achse senkrecht zum Rhomboeder 10 um 180° .
2. Drehung um die Achse senkrecht zum Prisma $a=\infty(11\bar{2}0)$ bis ρ_3 nach r_2 fällt, das ist um $103^\circ 34$ oder um $76^\circ 26$.

Unterscheiden wir zwischen r und ρ , so haben wir 3 Fälle:

1. Deckung von rr ; 2. Deckung von $\rho\rho$; 3. Deckung von $r\rho$.
- Das wären 3 Unterabteilungen des 10-Gesetzes.

Genetische Erklärung der Ablenkung der den Zwilling tragenden Scholle. In einer Untersuchung über Viellingsbildung beim Cerussit wurde eine Ansicht ausgesprochen über Bildung von Sprossen in Zwillingstellung.¹⁾ Der Ansatz der Zwillingssprosse geschieht danach in der Weise, daß sich an den fertigen Krystall nicht eine einzelne Partikel anlegt, sondern eine in sich verzwilligte Gruppe mehrerer Partikel. Von dieser in der Flüssigkeit herantreibenden Gruppe legt sich der eine Teil parallel an den fertigen größeren Krystall an, während der andere Zwillingsteil anders orientiert hervorragt und beim Weiterwachsen die Sprosse bildet.

Legt sich von einer größeren Gruppe ein Teil parallel an, so kann es leicht geschehen, daß der Parallelismus nicht vollständig ist, da solch größere Gruppe in ihren Bewegungen nicht so frei ist als die einzelne Partikel, die sich im Anlegen streng einrichtet.

Ein solcher Fall dürfte bei unserem Quarzzwilling vorliegen. An den großen Krystall II hat sich eine Zwillingssprosse mit ihrem einen Teil parallel angesetzt und hat sich beim Weiterwachsen zum Krystall I mit der darunter liegenden Scholle ausgebildet. Deren genetisches Anfangsstück hat sich parallel an die Fläche r_2' des großen Krystall II angelegt. Diese Parallellagerung zeigt die oben erwähnte Abweichung

¹⁾ Jahrb. Min., 1902, Beil. Bd. 15, pag. 573 flgde.

von nahezu 1° . Einen strengen Zwillling in sich bildet Krystall I mit der ihn unmittelbar tragenden Scholle.

Eine analoge Bildung mit ähnlicher Abweichung haben wir beim Cerussit von Mapimi angetroffen.¹⁾ Dort ist der rote große Krystall I facettiert durch den ablenkenden Einfluß der angesetzten Zwillingsprosse 16—17 (grün). Das mit dem grünen Krystall streng nach dem Zwillingsgesetz verbundene Stück des roten Krystalls zeigt gegenüber dem größeren Stück desselben Krystalls nicht strengen Parallelismus, sondern eine Abweichung von nahezu 1° , gerade wie hier.

Die Analogie ist eine Bestätigung und es ist in diesem Sinn unser Quarz von genetischem Interesse.

Die Abplattung durch gegenseitige Beeinflussung ist eine weitere interessante Eigentümlichkeit unserer Gruppe. Der kleine, jüngere Krystall hat sich auf dem großen, älteren flach ausgebreitet. Nur die Fläche r_2 ist groß geworden, sie hat sich längs und besonders seitlich ausgebreitet. Die Spitze ist zur langen Schneide geworden. Alle anderen Flächen sind klein und entsprechend der Ausbreitung von r_2 verzerrt. Alle unter dem Einfluß des großen Krystalls.

Besonders interessant ist in unserem Beispiel der Umstand, daß der große Krystall imstande war, den kleinen abzuplatten, daß dagegen der kleine den großen nicht wesentlich ändern konnte. Es mußte, wie so oft in der Welt, der kleine Mann sich dem großen fügen.

Es wäre von Interesse, durch Schnitte zu sehen, wie tief der kleine Krystall im großen wurzelt und wie er sich mit fortschreitendem Wachsen gegen diesen abgrenzt. Eine solche Untersuchung soll geschehen, wenn mehr dergleichen Gebilde gefunden werden.

Frühere Angaben über das Gesetz nach $r = 10$. Zwillinge resp. Viellinge nach $r = 10$ wurden zuerst von G. Rose²⁾ angegeben. Sie stammen von Reichenstein in Schlesien. Zwillingsebene $r = 10$, Verwachsungsebene $\perp r$. Nach dem Fundort wurde das Gesetz Reichensteiner Gesetz genannt. Es sind sternförmige Gruppen, auf Calcit aufsitzend. Je eine r -Fläche des Quarz von je 2 Krystallen spiegelt

¹⁾ Ebenda, Taf. 17, Fig. 5, sowie pag. 584.

²⁾ Pogg. Ann. 1851, 83, 461.

ein. Nach Rose hat Eck¹⁾ Roses Originalkrystalle wieder untersucht und gefunden, daß dieselben regelmäßig verwachsen sind mit dem Calcit, auf dem sie sitzen, und zwar in folgender Weise. Die Calcite sind begrenzt von Flächen $\delta. = -\frac{1}{2}$. Auf diesen sitzen die Quarz-pärchen so, daß ihre gemeinsame Ebene r mit der darunterliegenden δ -Fläche des Calcit sich deckt.

Damit war die Frage aufgerollt, ob es sich hier um Quarz-zwillinge handle oder um regelmäßige Verwachsung von Quarz mit Calcit, so daß sich nicht die Quarze gegenseitig orientieren, sondern gemeinsam vom Calcit orientiert werden. Die Art der komplizierten, aber höchst interessanten Anordnung ist durch die Messungen von Rose und Eck klargelegt. Es fragt sich, wie sie zu deuten sei.

Eck¹⁾ präzisiert sehr klar die Frage, er sagt (pag. 431):

„Wenn es nach dem obigen keinem Zweifel unterliegen kann, daß wir die Entstehung der beschriebenen Gruppierung der 3 Quarzkrystalle lediglich der gesetzmäßigen Verwachsung zwischen den Krystallen des jüngeren Quarzes und des Kalkspats zuschreiben haben, so kann doch die Frage aufgeworfen werden, ob wir den Grund für die Entstehung der gesetzmäßigen Verwachsung je zweier Quarzindividuen ebenfalls lediglich in dieser gesetzmäßigen Aufeinanderlagerung zu suchen oder ob wir anzunehmen haben, daß das zweite auf derselben Fläche des ersten stumpferen Kalkspatrhomboeders sich anlegende Quarzindividuum nicht durch den Kalkspat, sondern durch das bereits vorhandene Quarzindividuum veranlaßt wird, die zwillingsartige Stellung zu diesem einzunehmen. In dem letzteren Falle, also bei der Verwachsung nach einem dem Quarze eigenen Zwillingsgesetze würden wir postulieren können, Quarzzwillinge mit gemeinsamer Hauptrhomboederfläche auch da zu finden, wo von einer Prädestinierung der Lage des zweiten Individuums durch eine Kalkspat-unterlage nicht die Rede sein kann. Dieses ist bisher nicht geschehen.“

Infolge von Ecks Untersuchung und Diskussion ist das 10-Gesetz fraglich geworden. Die regelmäßige Verwachsung von Quarz und Calcit, zuerst von Phillips (1836) erkannt²⁾, dann von Breithaupt gefunden²⁾, wurde von Frenzel und Rath³⁾ beschrieben, ebenso von E. S. Dana.⁴⁾ Dies bestärkte die Auffassung der Reichensteiner Quarzgruppen nicht als freie Zwillinge, sondern als orientiert durch den

¹⁾ Zeitschr. d. Geol. Ges., 1866, 18, 428.

²⁾ Rath, G. v., Verh. Nat.-Ver. Rheinl., 1877, 34, 186.

³⁾ Frenzel u. Rath, Pogg. Ann., 1875, 155, 17.

⁴⁾ Dana E. S., Amer. Journ., 1876 (3), 12, 448.

Calcit. Dies Aufgeben des 10-Gesetzes führte u. a. dahin, daß während J. D. Dana in seinem System of Mineralogy (1854, 145) die Reichensteiner Gruppen als Quarzviellinge beschreibt, sein Sohn E. S. Dana in der neuen Auflage (1892, 185) sie wieder wegläßt.

Jenzsch¹⁾ kümmert sich um Ecks genetische Bedenken nicht und hält das Reichensteiner Gesetz für gesichert.

Brown²⁾ beschreibt eine Gruppe, die fast genau dem Gesetz entspricht und bildet sie ab. Doch sagt er selbst darüber:

„The faces R are not absolutely in one plane, careful examination showing that the faces are inclined in an angle a little less than 180° . Moreover the faces R and $-R$ of the two individuals are not exactly in one zone.“

Er nimmt als Zwillingsebene $-\frac{5}{8}R$ an.

O. W. Huntington³⁾ hat dieselben Krystalle von Brown untersucht. Er fand unter zahlreichen anscheinenden Zwillingen nur 3, welche auf eine ausgesprochene Zwillingfläche zurückgeführt werden konnten. Aber jeder auf eine andere: $-\frac{9}{22}R$; $-\frac{2}{11}R$; $-\frac{7}{20}R$. Der Referent E. S. Dana hält sie danach für Zufälligkeiten.

Durch unsern Grieserthaler Zwilling ist $r=10$ als Zwillingsebene (u) gesichert. Zugleich ist es Verwachsungsebene (v). Wir können schreiben $u=10$; $v=10$. Bei Roses Reichensteiner Zwilling ist dagegen $u=10$; $v \perp 10$.

Nach dem vorliegenden Falle halte ich auch Roses Reichensteiner Gesetz für gesichert. Bei unserem Grieserthaler Zwilling ist das von Eck ausgesprochene Postulat (s. oben) erfüllt: „Quarzzwillinge mit gemeinsamer Hauptrhomboiderfläche auch da zu finden, wo von einer Prädestinierung der Lage des 2. Individuums durch eine Kalkspatunterlage nicht die Rede sein kann.“

Bei Roses Reichensteiner Zwillingen liegt die regelmäßige Verwachsung der Quarze unter sich nach 10 und zugleich mit dem Calcit nach dessen $-\frac{1}{2}$ vor. Es dürfte in diesem Fall anzunehmen sein, daß der Calcit die Zwillingbildung des Quarz nach 10 zwar nicht bewirkt, aber begünstigt hat. Vielleicht hat auch

¹⁾ Pogg. Ann., 1867, 130, 600.

²⁾ Amer. Journ., 1885, 30, 191. Zeitschr. Kryst., 1887, 12, 320.

³⁾ Zeitschr. f. Kryst., 1887, 12, 320.

umgekehrt die Zwillingsbildung des Quarzes nach 10 die regelmäßige Verwachsung des Quarzes mit Calcit in der beobachteten Weise zwar nicht bewirkt, aber begünstigt.

Solche Begünstigungen (günstige Umstände) bewirken, daß etwas, was in sich eine geringe Wahrscheinlichkeit hat, gerade unter diesen Umständen so viel an Wahrscheinlichkeit gewinnt, daß es in die Erscheinung tritt. Der Begünstiger wird zum Geburtshelfer oder Kuppler, wenn auch nicht zum Vater.

Quarz vom Griesenthal
Zwilling nach r = 10

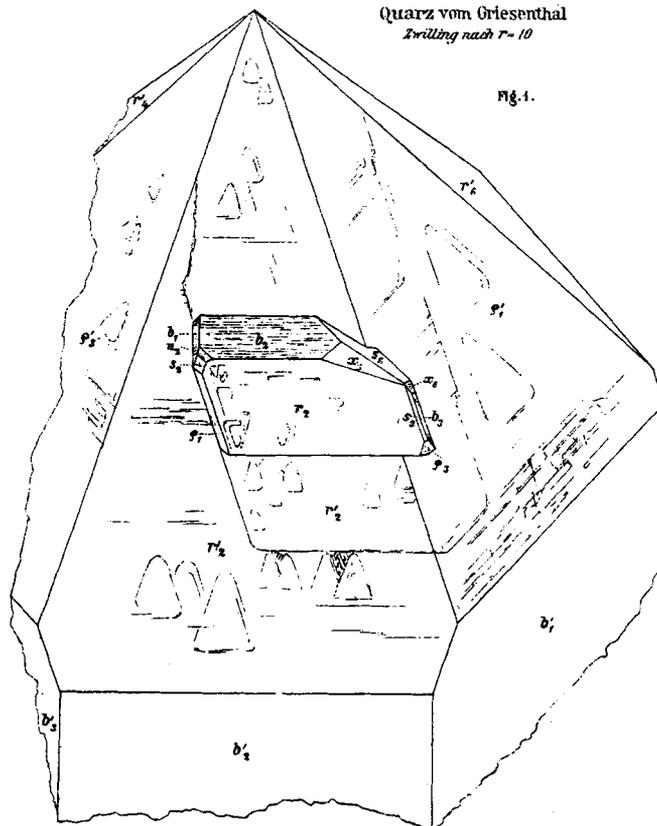


Fig. 2.

