

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEM

## CENTRALBLATT

FÜR MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALÄONTOLOGIE.

Jahrg. 1909. No. 10.

(S. 293—302.)

---

### Die Kristallform des Benitoit.

Von

**C. Hlawatsch** (Wien).

Mit 3 Textfiguren.



**Stuttgart.**

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung

Nägele & Dr. Sproesser.

1909.

## Die Kristallform des Benitoit.

Von C. Hlawatsch (Wien).

(Mit 3 Textfiguren.)

S. LOUDERBACK beschreibt im Bulletin of geol.; Univ. of California. 5. (1907) H. 9, p. 149 ff. unter dem Namen Benitoit ein neues, als Edelstein verschleifbares Mineral aus der Nähe von Head Waters am S. Benito-River, Mt. Diablo Range, S. Benito County. Dasselbe tritt in einem weißen oder schmutzigbläulichen Natrolith<sup>3</sup> neben prachtvoll ausgebildeten Neptunitkristallen auf, die anfangs für ein neues Mineral gehalten und Carlosit genannt wurden. Seine Zusammensetzung ist nach LOUDERBACK  $\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$ ,  $D = 3,64$  bis  $3,65$ ,  $H = 6-6\frac{1}{2}$ ,  $\omega = 1,77$ ,  $\varepsilon = 1,80$ , einachsig,  $\perp$ . Es besitzt sehr starken Pleochroismus,  $\omega$  fast farblos,  $\varepsilon$  tiefblau bis violett. Diese Farben scheinen aber nicht Eigenfärbung zu sein, denn man findet Kristalle mit verschiedenen tiefgefärbten Stellen, z. T. ganz farblos. Über die Kristallform sagt LOUDERBACK: „Hexagonal, trigonal Subdivision.“ Es treten beide Pyramiden auf, ebenso beide Prismen, häufig die Basis. Auf p. 151 sagt er: „The developement of the faces at one end of the principal axis always correponds so well with those of the other, that it gives the impression, that the horizontal plane of symmetry is present.“ Daraus läßt sich vermuten, daß dieses neue Mineral einer der bis jetzt noch nicht in Wirklichkeit beobachteten trigonal-bipyramidalen, also der trigonal-bipyramidalen oder der ditrigonal-bipyramidalen Klasse angehören könne. Um dieses interessante Faktum näher zu untersuchen, hat Verf. eine Anzahl Kristalle des Benitoites am GOLDSCHMIDT'schen Goniometer gemessen. Durch das Entgegenkommen der Firma F. KRANTZ in Bonn, welche mir eine sehr große Anzahl Kristalle zur Bearbeitung zur Verfügung stellte, wofür ihr hier aufrichtiger und

<sup>3</sup> Die Agnoszierung geschah während des Druckes und wird in den Mitt. d. Wiener Miner. Ges. näher besprochen werden.

herzlicher Dank ausgesprochen sei, war es mir möglich, einige neue Flächen zu beobachten, und die Wahrscheinlichkeit, daß hier wirklich ein Vertreter dieser beiden Kristallklassen vorliegt, zu vergrößern. Da weder von der einen, noch von der andern bisher ein Vertreter gefunden worden war, tauchten ja schon Zweifel auf, ob diese beiden überhaupt existieren können. Sie lassen sich nämlich nicht einfach, wie die rhomboedrischen Klassen, aus dem tesserale System durch Deformation ableiten. Ist aber einmal auch ihre Existenz bewiesen, dann ist auch für die Möglichkeit der hexagonal-holoedrischen Klasse, welche ja von VIOLA<sup>1</sup> z. B. auch schon angezweifelt wurde, ein Beweis gegeben. Leider standen dem Verf. nicht die nötigen Apparate zur Untersuchung der Pyroelektrizität zur Verfügung, um auf diese Weise definitiv die hemimorphen Klassen auszuschließen; die angestellten Ätzversuche scheinen aber nicht für die Angehörigkeit zu einer derselben zu sprechen. Davon wird aber unten weiter die Rede sein. Im folgenden soll zunächst auf die Messungen näher eingegangen werden.

LOUDERBACK gibt als Winkel für Basis zur Pyramide ungefähr  $40^{\circ} 14'$  an; die folgenden Messungen an 12 Kristallen führen im Mittel auf denselben Wert, so daß derselbe wohl vorderhand als gesichert angenommen werden kann. Auffallend ist die große Übereinstimmung desselben mit dem gleichen Winkel bei Apatit ( $40^{\circ} 16'$  nach GOLDSCHMIDT's Winkeltabellen). Es liegt also hier ein deutliches Beispiel von sogen. Isogonie vor, denn die beiden Mineralien gehören unter allen Umständen ganz verschiedenen Klassen des hexagonalen Systems an; eine Übereinstimmung im molekularen Aufbau kann hier wohl kaum angenommen werden, wenn man von der jetzt wohl nicht mehr allgemein als notwendige Bedingung der Isomorphie angenommenen chemischen Analogie ganz absehen will, die ja bei diesen beiden Substanzen nicht vorhanden ist. Der Habitus der Kristalle ist mehr oder minder ausgesprochen pyramidal, die Basis ist sehr häufig, aber nicht immer vorhanden; wo sie auftritt, ist sie meistens sehr glatt und gibt ausgezeichnete einfache Reflexe, in einzelnen Fällen aber im Dreieck angeordnete mehrfache, oder es gehen sehr schwache Lichtzüge zu den kleiner entwickelten, als negativ angenommenen Pyramiden. Die beiden Pyramiden sind bei der Mehrzahl der Kristalle deutlich verschieden groß entwickelt, der trigonale Charakter tritt scharf hervor, seltener sind sie nahe im Gleichgewichte ausgebildet, wie dies auch LOUDERBACK angibt.

Die positive Pyramide ist bei weitaus den meisten, namentlich den größeren Kristallen matt, häufig ist dies auch bei der negativen der Fall; wo die erstere glatt ist, gibt sie zumeist

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Krist. 34. (1901.) p. 384.

mehrfache, unregelmäßig angeordnete Reflexe. Auf den positiven Pyramidenflächen zeigen sich häufig bogenförmig verlaufende matte Partien oder auch Erhöhungen, die nicht immer symmetrisch zur Kristallsymmetrieebene liegen. Die Reflexe sind aber nicht in einer bestimmten, sich wiederholenden Art verteilt, sondern unregelmäßig. Die der negativen Pyramiden sind hingegen häufig von einem kleinen monosymmetrischen Lichthof umgeben.

Das verschiedene physikalische Verhalten der beiden Pyramidenflächen tritt also stets klar hervor. Auch die Prismen zeigen ausgeprägt den trigonalen Charakter; das negative Prisma ist im allgemeinen seltener und kleiner entwickelt; tritt es auf, dann ist der Reflex meist einfacher als der des positiven Prismas. Dieses ist gewöhnlich von Wachstumsfiguren bedeckt, aber glänzend. Die Figuren häufen sich, so daß ihre Gestalt selten zu erkennen ist; nur in einzelnen Fällen, wo die Prismenfläche etwas breiter entwickelt ist, tritt dieselbe klar hervor; diese Gebilde werden später besprochen werden. Die Reflexe zeigen häufig deutlich disymmetrische Gestalt von der Form  $(\ )$ , in einem Falle wurde ein markanter, zentrisch liegender Reflex beobachtet, allerdings in einem anderen auch monosymmetrische Gestalt nach der Nebensymmetrieebene.

Alle übrigen Flächen sind sehr untergeordnet. Unter mehr als 150 Kristallen, die mir vorlagen, fanden sich nur zwei, wo die Flächen  $(2\bar{2}1)$  entwickelt waren, davon in dem einen abgebildeten Falle (Fig. 1) zu beiden Seiten der negativen Pyramide<sup>1</sup>. Häufiger, aber in der Regel nicht goniometrisch meßbar (in der Winkeltabelle darum mit geringerer Anzahl angeführt), treten ganz schmale Abstumpfungen der Kante der positiven Pyramide auf, welche der verwendeten stumpfen  $(01\bar{2})$  angehören, wo sie aber breiter auftreten, sind sie durch treppenförmig abwechselnde Teile von  $(01\bar{1})$  und  $(0001)$  ersetzt. Ein großes Hindernis bei der Untersuchung der Verteilung der Flächen bildet die enorme Brüchigkeit des Minerals; fast nie ist ein Kristall rundum ausgebildet, entweder ist die Unterseite abgebrochen oder noch häufiger erfolgte der Bruch  $\perp$  auf die Basis. Die Ecken, wo die beiden Pyramiden und das Prisma zusammenstoßen, sind ebenfalls oft abgestoßen, so an dem zuerst untersuchten Kristall, wo  $(2\bar{2}1)$  in scheinbar trigonaler Verteilung beobachtet wurde.

Mit nur je einer Fläche wurden beobachtet:  $(11\bar{2}0)$   $(11\bar{2}1)$   $(3. \bar{1}\bar{6}. 13. 12)$ <sup>2</sup>, davon ist aber nur die erste sicher; die beiden

<sup>1</sup> Dieser Kristall ist nunmehr im Besitze der mineralogisch-petrographischen Abteilung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien. Derselbe ist 6 mm dick ( $c : \hat{c}$ ).

<sup>2</sup> Während des Druckes übergab mir Herr Prof. BECKE einen Kristall zur Messung, an dem  $e = (2\bar{2}3)$  als matte Flächen entwickelt war. Herrn Prof. BECKE sei hiermit verbindlichst hierfür gedankt.



Tabelle I.

Buchstabe	Symbol		Anzahl der beob. Flächen	Gemessen		Mittlerer Fehler		Extreme			
	GDT.	BRAVAJS		$\varphi$	$\rho$	$\varphi$	$\rho$	von $\varphi$	bis	von $\rho$	bis
c	0	0001	17	—	0° —'			als Pol gewählt			
M	0∞	1010	20	00° 01'	89 59. <sup>1</sup>	6'	2.'	— 0° 27'	+ 0° 28'	89° 52'	90° 09'
m	∞ 0	0110	7	60 01	89 59.	8	0.	59 50	60 16	89 56	90 01
P	01	1010	37	— 0 03	40 14	8	4	— 0 26	+ 0 22	40 06	40 25
p	10	0110	18	60 01	40 13.	6.	7	59 24	60 23	39 50	40 25
r	$\frac{1}{2}$ 0	0112	2	61 20	24 18	1° 20	1° 22	62 —	60 24	23 37	25 —
d	2	2211	6	29 50	71 09	20	16	28 54	30 14	70 58	71 16
a	∞	1120	1	30 03	89 57						
unsichere Flächen											
s	1	1121	1	2 35	57 30						
α	— $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{4}$	3.16.13.12	1	— 51 33	50 39						
D	$\frac{2}{3}$	2213	2 <sup>2</sup>	30 48	42 20			30 24	31 12	17 10	17 20

<sup>1</sup> . bedeutet eine Abkürzung für  $\bar{5}$ , resp. Dezimalen zwischen 0,3 und 0,7.

<sup>2</sup> Die Messung mußte, da die Flächen auch bei Signalverkleinerung keinen Reflex gaben, durch Auflegen von Staniolpapier geschehen.

Daraus berechnet sich die Winkeltabelle der beobachteten Flächen wie folgt:

Tabelle II.  
Elemente:

$c = 0,7327$	$lgc = 9,86493$	$lga_0 = 0,13507$	$a_0 = 1,36487$	$lgp_0 = 9,92740$	$p_0 = 0,84606$
--------------	-----------------	-------------------	-----------------	-------------------	-----------------

Winkeltabelle = gerechnete Winkel:

No.	Buchst.	Symbole			$\varphi$	$\varrho$	$\xi_0$	$\eta_0$	$\xi$	$\eta$	$\frac{x}{y}$ für Prismen	y	d
		GDT.	BRAVAIS	MILLER									
1	c	0	0001	111	$\infty$	$0^\circ$	0	0	0	0	0	0	0
2	M	$0\infty$	1010	211	0	$90^\circ -$	$0^\circ -$	$90^\circ -$	$0^\circ -$	$90^\circ -$	0	—	$\infty$
3	M	$\infty 0$	0110	112	$60^\circ -$	$90 -$	$90 -$	$90 -$	$60 -$	$30 -$	1,73205	—	$\infty$
4	a	$\infty$	1120	101	$30 -$	$90 -$	$90 -$	$90 -$	$30 -$	$60 -$	0,5773	—	$\infty$
5	P	01	1011	100	0 —	40 14	0 —	40 14	0 —	40 14	0	0,84606	0,84606
6	p	10	0111	221	60 —	40 14	36 13,8	22 50,8	34 00,7	18 50½	0,7327	0,4233	0,84606
7	r	$\frac{1}{2}0$	0112	110	60 —	22 56	20 07	11 56½	19 43	11 14	0,36635	0,21151	0,42303
8	d	2	2241	715	30 —	71 09,6	55 41,4	68 29,8	28 14,5	55 02,8	1,4654	2,53818	2,93080
9	s	1	1121	412	30 —	55 41,4	36 13,8	51 45,7	24 23,6	45 40,2	0,7327	1,26909	1,4654
10	$\alpha$	$\frac{1}{3}\frac{1}{4}$	3.16.13.12	22.31.41	—51 33	51 16,8	—44 19,9	37 47,7	—37 40	29 01,1	—0,97695	0,77555	1,24735
11	e	$\frac{2}{3}$	2243	10.3.3	30 —	44 20	26 02	40 14	20 27	37 14.	0,48846	0,7327	0,97695

Achse liegt. Bei einer Umdeutung auf rhombische Symmetrie hat man dann freilich wieder denselben Nachteil, daß 10, das, wie später gezeigt werden wird, in unserem Fall bei monosymmetrischer oder rhombischer Aufstellung diesen Index beibehalten müßte, um  $30^\circ$  gedreht werden muß, und 01 den Index  $110$  bekommt. Einer derartigen Unbequemlichkeit kann man aber auch bei umgekehrter Bezeichnung nicht ganz aus dem Wege gehen.

Die Flächen  $(1\bar{2}10)$ ,  $(01\bar{1}2)$  und  $(22\bar{4}1)$  wurden mit Verkleinerung gemessen, sie konnten darum nicht zur Elementberechnung herangezogen werden, die Übereinstimmung für  $q$  bei  $(22\bar{4}1)$  ist nur eine rein zufällige.

Diese Tabelle dient sowohl als Tabelle der berechneten Positionswinkel als der Kantenwinkel, da die letzteren leicht aus

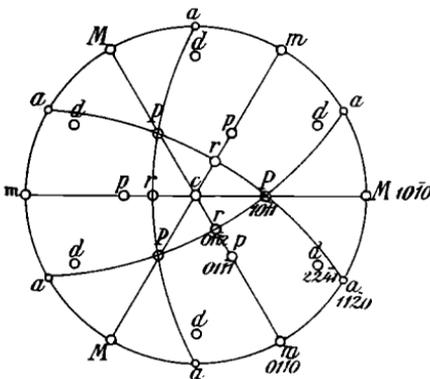


Fig. 2.

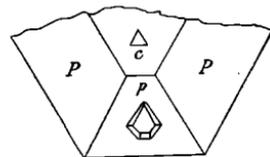


Fig. 3.

den Hilfswinkeln berechnet werden können, wie aus der stereographischen Projektion (Fig. 2) leicht zu ersehen ist. Der Winkel der Pyramidenkante  $p : p = P : P = 2\xi$ , analog für  $r$  und für  $d$ .  $d : M = 90 - \eta$ . Es bleibt nur  $d : P = 39^\circ 05,8'$ . Bezüglich der Elemente sei bemerkt, daß die Aufstellung  $G_1$  gewählt ist; die Angabe  $c = 1,2708$  für Apatit in GOLDSCHMIDT's Winkeltabellen ist darum ein Druckfehler, der hiermit richtiggestellt werde, es soll heißen  $c = 0,7337$ ,  $\lg c = 9,86552$ .

Zu dem Index von  $p = 10$  sei noch bemerkt, daß man die Unterscheidung natürlich ebensogut mit  $0\bar{1}$  machen könnte, der negative Charakter der Aufstellung dieser Pyramide würde damit deutlicher hervortreten, es dürfte aber doch vorteilhafter sein, diese Fläche auch dem Index nach in den ersten Quadranten zu legen. Für  $\alpha$  wurden die der tatsächlichen Position entsprechenden Winkel angeführt.

Um nun zu ermitteln, welcher der Kristallklassen der Benitoit angehört, wurden Ätzversuche mit Flußsäure gemacht. Zwar deutet schon die in Fig. 1 wiedergegebene Verteilung der Fläche  $d$  um die  $p$ -Fläche den ditrigonalen Charakter an, um so mehr als alle 4 Flächen gleiche Beschaffenheit aufwiesen. Die Substanz ist in HF nur schwer löslich, mit verdünnter HF wurden keine Ätzfiguren erzielt, mit konzentrierter bei viertelstündiger Einwirkung bei Zimmertemperatur auf  $p$  deltoide, monosymmetrische Ätzfiguren mit einer Kante in der Mitte.

Auf  $c$  zeigten sich kleine Dreiecke, welche eine Seite der Kante gegen  $p$  zuwandten.  $P$  wurde matt und zeigte weder einen markanten Lichtschein, noch erkennbare Ätzfiguren. Ein zweiter Kristall, an dem die Basis nicht erhalten war, wurde drei Stunden bei Zimmertemperatur mit konzentrierter HF behandelt. Derselbe zeigte auf  $p$  wieder Figuren ähnlich wie die früher besprochenen, nur waren sie bedeutend größer, mehr gerundet, in der Mitte mit einer breiteren, muldenförmigen Bodenfläche. Diese Figuren besaßen auf den Pyramidenflächen zu beiden Seiten der Äquatorialebene gleiche Gestalt. Auf  $M$  waren kleine, aber relativ tiefe, ()förmige Grübchen aufgetreten, während kürzere Ätzung diese Fläche nicht angegriffen hatte.  $P$  war auch diesmal nur matt geworden.

Die Ätzfiguren auf  $p$  und  $c$  sind auf dem schematischen Kopfbild Fig. 3 vergrößert eingezeichnet. Diese Ätzversuche führen also so wie die Messungen auf ditrigonal-bipyramidale Symmetrie.

Andere Meinung könnte man gewinnen, wenn man die natürliche Flächenbeschaffenheit berücksichtigt. Auf  $P$  zeigen sich, wie erwähnt, öfters bogenförmige Linien, die asymmetrisch zum Hauptschnitt verlaufen; aber nicht selten beobachtet man auch Hügel von symmetrischer Lage. Die Reflexe dieser Flächen sind ganz unregelmäßig und bei jeder Einzelfläche verschieden. Anders bei den Prismenflächen  $M$ . Diese geben, wie anfangs schon gesagt wurde, häufig ein Reflexbild von der Form des Querschnittes einer Hohllinse (), wobei beiderseits ein stärkerer Reflex in der Lage des richtigen Winkels  $\varphi$  auftritt. Die Mitte dieses Signalbildes entspricht ziemlich genau der richtigen Lage der Fläche. Das Reflexbild ist also disymmetrisch. Die Wachstumsfiguren, die auf diesen Flächen zumeist dicht gedrängt auftreten, zeigen aber, wenn sie ausnahmsweise etwas isoliert sind, monosymmetrischen Charakter zur Hauptsymmetrieebene. Sie bestehen aus zwei verschiedenen großen ()förmigen Dachflächen, die miteinander durch schief zur Basiskante verlaufende Linien verbunden sind. Ihre Gestalt ist auf Fig. 1 auf den beiden Prismenflächen angedeutet. Das würde auf trigonale Symmetrie hindeuten; allein die Figuren auf den beiden Prismenflächen liegen

symmetrisch zur  $m$ -Fläche, was die trigonale Symmetrie schon ausschließt. Sie erstrecken sich gerne von der Basiskante des Prismas in dasselbe hinein, was unter Umständen (es wurde nur ein solcher Fall beobachtet) auch ein monosymmetrisches Reflexbild verursachen kann. Aber bei breiteren Prismenflächen beobachtet man stets auch gleiche in der Mitte derselben. Durch Aneinanderstoßen können sie auch einseitig abgestumpft aussehen. Die Verteilung der zur Hauptsymmetrieebene monosymmetrischen Figuren zu beiden Seiten des Prismas  $m$  würde auf pseudotrigonale Symmetrie deuten. Es müßte dann der Benitoit etwa rhombisch-hemimorph gedeutet werden und Drillinge nach einer der Prismenflächen bilden, oder besser, nach einer Zwillingsachse, senkrecht auf die Symmetrieebene, event. auch nach einer Fläche, die bei Beibehaltung der Prismenzone den Index 130 erhalten müßte, ein bei pseudohexagonalen Kristallen sehr häufiger Fall.  $P$  würde dann  $111$ ,  $p = 101$ ,  $m = 100$ ,  $M = 110$ . Die Reflexbilder von  $P$  geben aber gar keinen Anhaltspunkt für eine derartige Auffassung, sie zeigen keine bestimmte Knickung, die auf Zwillingsbildung hinweisen würde. Auch die Abweichungen von der berechneten Lage schwanken zu stark, um daraus auf eine Pseudosymmetrie schließen zu können, bei dem besten Kristall zeigt sich wohl eine derartige im gleichen Sinn:  $\varphi > 60^\circ$ , sie schwankt aber zwischen  $1/2' - 10'$ . Bei anderen Kristallen kommen gleiche Abweichungen im entgegengesetzten Sinne vor. Es kann daher vorderhand noch an der ditrigonal-bipyramidalen Symmetrieklasse festgehalten werden.

Eine Bestimmung der Brechungsindizes mittels Prismenmethode ergab  $\omega = 1,756 \text{ } \epsilon 1,802$ ,  $\omega$  ist also beträchtlich niedriger, als LOUDERBACK fand. Die hohe Doppelbrechung bedingt, daß dickere Platten nach  $c$  nur bei streng parallelem Strahlengange dunkel bleiben. Im konvergenten Lichte zeigte dieser Kristall das fast ungestörte Bild eines optisch einachsigen Körpers mit starker Doppelbrechung. Beim Verschieben des Präparates fanden sich wohl Stellen, bei denen sich das Achsenkreuz auf wenige Grade öffnete, die Lage der Achsenebene wechselte aber je nach der Stelle in zwei aufeinander senkrechten Richtungen. Felderteilung konnte nicht nachgewiesen werden; auch nicht, als der Kristall, dessen zweite  $c$ -Fläche nur zum kleinen Teil erhalten war (der Rest war abgebrochen), in Jodmethylen betrachtet wurde.

Nach obigen Beobachtungen zeigt sich nun der Benitoit nach mehr als einer Richtung hin sehr interessant und verspricht noch mehr Anregung zu optischen und kristallographischen Untersuchungen. Sollte er sich in der Zukunft doch als mimetisch erweisen, so nähert sich sein Bau doch sehr dem eines ditrigonal-bipyramidalen Körpers, und damit, denke ich, ist auch schon die Möglichkeit dieser Kristallklasse angedeutet.

Zum Schlusse erübrigt es mir noch, meinen Dank Herrn Dr. F. KRANTZ für die Überlassung des Arbeitsmaterials zu wiederholen und Herrn Dr. R. KÖCHLIN für manche Hilfe herzlich zu danken.

Wien, Januar 1909.

---