Ueber die Krystallform des Pucherit von Schneeberg.

Von M. Websky, in Breslau.

(Mit Tafel VI.)

Die Krystallform des von Weissbach in Freiberg unter den Anbrüchen aus den Bauen des Pucher-Richtschachtes bei Schneeberg in Sachsen entdeckten, von Frenzel in Freiberg analysirten Minerals, Pucherit, ist in ihren allgemeinen Umrissen schon von Frenzel in seiner ersten Publication (Journal f. pr. Ch. 1871, p. 227 — im Auszuge: Leonhard's Jahrb. 1872, p. 97) gegeben worden; und zwar nimmt Frenzel die glänzende, einem deutlichen Blätterbruch parallele Fläche als Basis $= o\,P$, die vier auf derselben senkrechten, ausgedehnten Flächen als orthorhombische Säule $= \infty\,P$; für die glänzenden, die spitzen durch Säule und Basis gebildeten Ecken wegnehmenden Octoëderflächen wird das allgemeine Zeichen $= m\breve{P}n$ gegeben und das seine makrodiagonalen Polkanten abstumpfende Doma genauer $\breve{P}\infty$ bezeichnet.

In einer weiteren Mittheilung (vom 30. Juli 1872. Leonh. Jahrb. 1872, p. 514) erwähnt Frenzel noch ein Octaëder der Hauptreihe $= x\,P$, als schmale Abstumpfung der Kanten zwischen Säule und Basis, die Querfläche $= \infty\bar{P}\infty$ und die Längsfläche $= \infty\breve{P}\infty$; in dieser zweiten Mittheilung verspricht Frenzel genauere krystallographische Angaben; im Interesse der Kenntniss dieses durch seine Zusammensetzung höchst merkwürdigen Minerals schien es mir aber nicht zweckmässig, das inzwischen von mir vorbereitete Material dieser Zeilen dieserhalb zurückzuhalten, da die Feststellung der morphologischen Verhältnisse desselben Schwierigkeiten darbietet, die nur durch möglichst umfangreiche Beobachtungen behoben werden können.

Nach der letzten von Frenzel ausgeführten Analyse enthält der Pucherit:

	Percente	Molecül-Gewicht	Quotienten		
Bi_2O_3 . .	73·16	(464)	0·1576		= 1
V_2O_5	22·19	(182·74)	0·1378		
As_2O_5 . . .	3·66	(230)	0·0169	0·1641	= 1
P_2O_5	1·34	(142)	0·0094		
	100·35.				

Das Mineral ist also im wesentlichen:

$$BiVO_4$$

eine Verbindung, welche an das verdoppelte Molecül der Titansäure erinnert, das Ti_2O_4 lautet; da nun die Formen gewisser Krystalle des Pucherits auffallend an diejenigen des Brookits erinnern, ferner eine nicht zu läugnende Aehnlichkeit des letzteren mit den Krystallen des Niobits $= FeNb_2O_6$ bei ziemlich verschiedenen Fundamental-Werthen vorhanden ist und der chemische Constitutions-Ausdruck sich an das dreifache Molecül der Titansäure $= Ti_3O_6$ analog anschliesst, so lag die Aufforderung vor, diesen Verhältnissen eine nähere Untersuchung zu widmen.

Nimmt man zu diesem Behuf die Aufstellung und Bezeichnungsweise des Brookits von N. von Kokscharow (Material. B. I, p. 61) zum Anhalten und beachtet, dass dieser Forscher, abweichend von G. Rose, die Symbole nach Weiss mit der Massgabe formulirt, dass

a = die halbe Vertical-Axe
b = die halbe Makrodiagonale
c = die halbe Brachydiagonale

bedeutet, so muss man die Säule von Frenzel parallelisiren mit dem Längsdoma

$$t = (a : \tfrac{1}{2} b : \infty c)$$

des Brookits, die Basis von Frenzel mit der Querfläche

$$b = (\infty a : \infty b : c)$$

und das Octaëder $m\breve{P}n$ von Frenzel mit dem Octaëder

$$e = (a : b : 2c)$$

nach Kokscharow.

Nach der in Deutschland üblichen Schreibweise der Symbole nach Weiss (G. Rose, Elemente der Kryst. 2. Auflage p. 108), wo

a = halbe Längsaxe (Brachydiagonale)
b = halbe Queraxe (Makrodiagonale)
c = halbe Verticalaxe bedeutet, ist

∞P (Frenzel)	$= t$ (v. Kokscharow)	$= (\infty a : \frac{1}{2} b : c)$
oP	$= b$	$= (a : \infty b : \infty c)$
$m\breve{P}n$ $(= \breve{P}2)$	$= e$	$= (2a : b : c)$
$\breve{P}\infty$	$= x$	$= (2a : \infty b : c)$
$\infty\bar{P}\infty$	$= a$	$= (\infty a : b : \infty c)$
xP $(= \frac{1}{2} P)$	$= n$	$= (a : \frac{1}{2} b : c)$.

Man erhält nach Feststellung des Symbols b, t und x den Ausdruck für e durch Winkelmessung; das Symbol für n folgt, in Ermanglung hinreichend ausgedehnter, spiegelnder Flächen, auf Grund eines mikroskopisch zu erkennenden Parallelismus der Basalkante dieser Form (Brachydiagonal-Kante nach Frenzel) mit der Kante e/n; zwischen n und t schiebt sich aber häufig noch die Fläche eines am Brookit nicht bekannten Octaëders ψ ein, welche zuweilen sich so ausdehnt, dass mikroskopisch eine Kante ψ/e parallel der Kante e/x erkannt werden kann; die Kanten ψ/n und ψ/t divergiren vom Pol nach der Mitte zu, so zwar, dass Kante ψ/t eine Richtung hat, welche in der Ebene von t ohngefähr den Winkel halbirt, den die gegenüberliegende Kante t/e mit der Intersection der Axenebene bc (Basis von Frenzel) in t bildet; in Ermanglung einer anderen Bestimmungsweise kann man

$$\psi = (a : \tfrac{1}{5}b : \tfrac{1}{2}c)$$

symbolisiren, was nach der Aufstellung von Frenzel $= \frac{5}{4}\bar{P}\frac{5}{4}$ sein würde. Da wo n und ψ einigermassen ausgedehnt vorkommen, vereinigen sie sich mit a zu einer äusserst schuppigen Oberflächen-Partie, so dass die Messung der von ihnen gebildeten Kantenwinkel ausser dem Bereich der Möglichkeit liegt.

Schliesslich kann man zwischen x und b zuweilen ein zweites steileres, oft nett ausgebildetes Querdoma w — am Brookit nicht beschrieben — erkennen, das eine Kante w/e parallel mit der Kante e/t bildet und daher $= (a : \infty b : c)$ ist; nach der Aufstellung von Frenzel würde es $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ sein.

Das der Basis $= (\infty a : \infty b : c)$ entsprechende Brachypinakoid $= \infty\breve{P}\infty$ (Frenzel) habe ich nicht gefunden, auch Zwillingsverwachsungen — Vereinigungen parallel gestellter Individuen darunter nicht verstanden — mit Sicherheit nachzuweisen nicht vermocht.

Unter Zugrundelegung der von N. von Kokscharow angenommenen Aufstellungsweise des Brookits und der Axenbezeichnung nach G. Rose führen meine an den Krystallen des Pucherits ausgeführten Abmessungen auf ein Axen-Einheits-Verhältniss

$$a : b : c = 1 \cdot 167843 : 1 \cdot 065400 : 1$$

gegenüber den von N. v. Kokscharow für Brookit festgestellten analog geordneten

$$a : b : c = 0 \cdot 89114 : 1 \cdot 05889 : 1.$$

Man sieht, dass, während das Verhältniss der Axeneinheiten $b : c$ ($c : a$ bei N. von Kokscharow) sehr naheliegende Zahlenwerthe besitzt, ein erheblicher Unterschied in dem Verhältniss $a : c$ stattfindet, so zwar, dass die nach dem System von Naumann aufzustellenden Symbole eine kleine Verschiedenheit für parallel gestellte Flächen ergeben werden, da $a < b$ bei Brookit, $a > b$ bei Pucherit wird, z. B.

$$\begin{array}{llll} t \text{ bei Brookit} & = 2\,\breve{P}\infty & t \text{ bei Pucherit} & = 2\,\bar{P}\infty \\ e & = \breve{P}\,2 & e & = \bar{P}\,2 \end{array}$$

Dieser Umstand widerspricht aber nicht der Zulässigkeit einer Vergleichung im Sinne der Isomorphie, da derselbe mit der Annahme einer anderen Grundpyramide verschwindet.

Die an den Krystallen des Pucherit hauptsächlich vorkommenden Oberflächen-Gestaltungen sind in Fig. 1—6, Taf. VI. dargestellt und der

Zonen-Verband der genannten Formen in Fig. 7 durch eine stereographische Projection erläutert. Fig. 1 und 2, die Combinationen *b, t, a, e,* und *b, t, e, a* repräsentiren die gewöhnlichsten Gestalten, Fig. 3 : *b, t, e, a, n,* Fig. 4 : *e, t, b, a, x* und Fig. 5 : *b, e, x, t, a* sind seltenere Ausbildungsweisen; Fig. 5 erinnert am meisten an Brookit, Fig. 6 enthält alle beachteten Formen: *b, t, e, x,* ψ, *w, a, n.*

Nach den gebräuchlichsten Bezeichnungsweisen gestalten sich die Symbole dieser Flächen wie folgt:

Aufstellung nach Frenzel	Bezeichnung der Flächen	Aufstellung analog Brookit nach N. von Kokscharow			
Längsaxe, Queraxe, Hauptaxe $a:b:c=$ 0·532700 : 1 : 2·335686		Längsaxe, Queraxe, Hauptaxe $a:b:c=$ 1·167843 : 1·065400 : 1			Prisme rhomboidal droit 84° 44·83′ in *h* $b:h=$ 1000 : 632·590
Naumann		G. Rose	Naumann	Miller	Levy
∞P	t	$(\infty a:\frac{1}{2}b:c)$	$2\bar{P}\infty$	(0·2·1)	$e^{\frac{1}{2}}$
$\breve{P}\infty$	x	$(2a:\infty b:c)$	$\frac{1}{2}\breve{P}\infty$	(1·0·2)	a^2
$\breve{P}2$	e	$(2a:b:c)$	$\bar{P}2$	(1·2·2)	$(b^1 b^{\frac{1}{3}} g^{\frac{1}{2}})$
oP	b	$(a:\infty b:\infty c)$	$\infty\breve{P}\infty$	(1·0·0)	h^1
$\infty\bar{P}\infty$	a	$(\infty a:b:\infty c)$	$\infty\bar{P}\infty$	(0·1·0)	g^1
$\frac{1}{2}\breve{P}\infty$	w	$(a:\infty b:c)$	$\breve{P}\infty$	(1·0·1)	a^1
? $\frac{1}{2}P$	n	$(a:\frac{1}{2}b:c)$	$2\bar{P}2$	(1·2·1)	$(b^1 b^{\frac{1}{3}} g^1)$
? $\frac{5}{4}\bar{P}\frac{5}{4}$	ψ	$(a:\frac{1}{5}b:\frac{1}{2}c)$	$\frac{5}{2}\bar{P}5$	(1·5·2)	$(b^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{3}} g^1)$

Die Vergleichung der aus den oben angenommenen Axen-Elementen für Pucherit berechneten Winkel mit den entsprechenden des Brookit's gibt folgende Verhältnisse:

	Pucherit $a:b:c=$ 1·167843 : 1·065400 : 1 Berechnet	Brookit $a:b:c=$ 0·89114 : 1·05889 : 1 Nach N. von Kokscharow
t/t über Axe c	= 56° 5′ 18″	= 55° 47′ 50″
t/a	= 151° 57′ 21″	= 152° 6′ 5″
t/t über Axe b	= 123° 54′ 42″	= 124° 12′ 10″
x/x über Axe c	= 133° 38′ 41″	= 121° 24′ 10″
x/w	= 162° 36′ 18″	(*w* fehlt am Brookit)
w/b	= 130° 34′ 22″	
x/b	= 113° 10′ 40″	= 119° 17′ 45″
e/e über x	= 98° 25′ 15″	= 101° 3′ 0″
x/e	= 139° 12′ 38″	= 140° 31′ 30″
e/ψ	= 155° 39′ 39″	
ψ/a	= 155° 7′ 43″	(ψ fehlt am Brookit)
e/a	= 130° 47′ 22″	= 129° 28′ 30″
n/n über w	= 70° 5′ 4″	= 77° 1′ 30″
w/n	= 125° 2′ 32″	
n/a	= 144° 57′ 28″	= 141° 29′ 15″

e/e seitliche Polk.	= 145° 19′ 35″	= 135° 37′ 0″
e/b	= 107° 20′ 12″	= 112° 11′ 30″
n/n über *t*	= 136° 8′ 32″	= 124° 35′ 42″
t/n	= 158° 4′ 22″	= 152° 17′ 51″
n/b	= 111° 55′ 44″	= 117° 42′ 9″
b/t	= 90° 0′ 0″	= 90° 0′ 0″
e/n	= 161° 45′ 1″	= 162° 9′ 38″
n/n Basalkante	= 128° 17′ 4″	= 131° 3′ 10″
e/e „	= 91° 47′ 6″	= 95° 22′ 26″.
w/e	= 136° 15′ 37″	
e/t	= 154° 39′ 47″	= 151° 15′ 48″

Zur Feststellung der Zahlenwerthe für das Verhältniss der Axeneinheiten am Pucherit sind die mir zur Verfügung stehenden Krystalle wenig geeignet; denn obgleich ich durch freundschaftliche Vermittlung des Professor Weissbach in Freiberg mit einer Anzahl ausgesuchter Exemplare versehen wurde und durch Brezina in Wien einige bevorzugte Krystalle zur Verfügung erhielt, gelang es doch nur unter Aufwand vieler Mühe ein einigermassen annehmbares Resultat — das der obigen Angabe zu Grunde gelegt wurde — zu erreichen.

Die grössten 1 bis 1·5 Milimeter langen Krystalle sind zu Abmessungen fast unbrauchbar; die einzigen, bei starker Beleuchtung einige Vergrösserung des Gesichtsfeldes gestattenden Flächen *b* und *e* geben dergestalt vielzählige, über mehrere Bogengrade sich ausbreitende Reflexbilder, dass es durchaus unmöglich wird, die zu einander gehörenden Theile zu unterscheiden; dies gelingt nur bei ganz kleinen 0·5 Millimeter grossen Krystallen, von denen zuweilen einfache, meist doppelte oder dreifache Reflexe erfolgen und eine, wenn auch öfter unzuverlässige Auswahl nach gegenseitiger Stellung und Helligkeit gestatten; es haben ferner nur die Reflexbilder von *b* scharfe Grenzen, die aller anderen Flächen verschwommene, in Folge einer welligen und schuppigen Beschaffenheit; die Flächen *e* sind gestreift in der Richtung der Kante *b/e*, ausserdem aber mosaikartig gegliedert, weil auch diese kleinen Krystalle aus mehreren, nicht streng parallelen Individuen zusammengesetzt sind. Die Flächen *t* geben einen breiten, nach allen Seiten hin verschwommenen Reflex mit einer Culmination der Intensität in der Mitte; die Reflexe der Flächen *x* sind verschwommen in der Richtung nach *b* und begleitet von Nebenreflexen in der Zone *x/e*, von denen es nicht sicher ist, ob sie Interferenz-Erscheinungen sind oder als Reflexe von Oberflächen-Elementen aufzufassen sind; die Flächen *a*, *n* und ψ geben keine nur irgend brauchbare Reflexe.

Charakteristisch ist die Gruppirung der von *b* erzeugten Reflex-Gruppen; in ihnen reiht sich immer eine Anzahl in der Richtung der Zone *a/b* aneinander, einen Bogen bis zu 2° ausfüllend; ausserdem erscheinen aber auch Reflexe ohngefähr in den Zonen *b/e* liegend, nicht aber regelmässig vollzählig; die durch Abbrechen erhaltenen Spaltflächen parallel *b* geben meist einen einzigen hellen Reflex, begleitet von dunkel gefärbten Nebenreflexen, als wenn das Licht der letzteren eine farbige Lamelle passirt hätte, eine Erscheinung, welche auch an den Flächen *e* zuweilen beobachtet wurde.

Um unter diesen Umständen zu einem einigermassen genügenden Resultat zu gelangen, habe ich an 9 ausgewählten Krystallen 95 Kantenwinkel gemessen, jede Abmessung 12 bis 15mal repetirt, so dass das arithmetische Mittel jedes Versuches durchschnittlich mit einem wahrscheinlichen Fehler kleiner als 0° 1′ behaftet war.

Indessen belehrte, bei der Wiederholung der Messung einzelner Kanten, das Schwanken der Resultate, dass die wirkliche Genauigkeit weit unter diesem Werthe belegen; noch grösser sind die Schwankungen in den Abmessungsresultaten identificirter Kanten an denselben und mehr noch an verschiedenen Krystallen; sie differiren in ihren Extremen um mehrere Grade, so zwar, dass die Abmessungen an einzelnen Krystallen das System der Krystallform als orthorhombisch in Frage stellen und man in Versuchung kommt, an monokline oder trikline Formen zu denken; es gelingt aber nicht, ein durchgreifendes Gesetz, von einem derartigen Krystalle ausgehend, an anderen gleich bleibend nachzuweisen.

Bei der durchschnittlich physikalischen Gleichheit der Flächen *e* und dem orthorhombischen Habitus der Krystalle, glaube ich daher, dass man die Formen des Pucherits nicht anders als orthorhombisch aufzufassen habe, und dass die an einzelnen Krystallen beobachteten Abweichungen von der diesem System entsprechenden Symmetrie auf Störungen im Bau der Krystalle zurückzuführen sind; es finden sich auch fast gleich hohe Differenzen, wie sie als Grundlage für die Ableitung schiefer Axen zu urgiren sein würden, in der Richtung auch alsdann noch paralleler Flächen, so dass man beim Aufsuchen des Reflexes paralleler Gegenflächen diesen in bis zu $\pm$ 2° von 180° abweichenden Bogenabständen findet; ebenso gelingt es nur ausnahmsweise drei und mehr einer Zone angehörende Flächen gleichzeitig parallel der Umdrehungsaxe des Instrumentes zu justiren. Auch gibt die mikroskopische Untersuchung derjenigen Krystalle, welche am wenigsten von einer streng orthorhombischen Construction abweichen, nicht das geringste Anzeichen einer Zwillings-Verwachsung, durch welche eine scheinbar orthorhombische Form durch Vereinigung zweier Individuen bewirkt sein könnte; wohl aber erkennt man an sehr kleinen Krystallen oder hinreichend durchscheinenden Fragmenten, dass auch diese kleinen Substanz-Partikeln aus einer gedrängten Uebereinander-Lagerung von Schalen aufgebaut sind, zwischen denen sich dünne Lagen eines opaken pulverförmigen Körpers befinden; erfahrungsmässig zeigen aber derartig über einander gelagerte Schalen eines Krystalls immer kleine Unterschiede in ihrer gegenseitigen Orientirung, welche dann auch bei so kleinen Krystallen in die Abmessungs-Resultate übergehen werden. Unter diesen Umständen kann nur die Combination vielfacher Versuchs-Resultate ein wahrscheinliches Endresultat geben.

Ich habe daher sämmtliche, die Zahl von 101 erreichenden Versuchs-Reihen auf die in ihnen vertretenen 8 Axenfunctionen im Sinne orthorhombischer Auffassung bezogen und unter Berücksichtigung des für jeden dieser 8 Winkelwerthe aufkommenden Gewichtes nach der Methode der kleinsten Quadrate, die für sie wahrscheinlichsten Axeneinheiten ermittelt; (conf. Schabus, Bestimmung der Krystall-Gestalten etc., Wien 1855, p. 3. — N. von Kokscharow, Vorlesungen I, p. 316. —

Victor von Lang, Krystallographie 1866, pag. 351). Jene 8 Winkelwerthe in Bögen der Normalen angegeben, sind folgende:

Bezeichnung der Kante	Zahl der Versuche	Bögen der Normalen							
		Mittel		Grenzwerthe				Wahrscheinlicher Fehler $F = 0{\cdot}4769 \sqrt{P}$	
				Maximum		Minimum			
1. Seitliche Polkante *e/e*	12	34°	49'64	35°	53'75	33°	5'94	±0°	9'336
2. *e/b*	20	72	36·33	73	44·31	70	44·37	±0	5·558
3. Vordere Polkante *e/e*	14	81	42·25	82	10·33	80	57·50	±0	4·117
4. *e/x*	16	40	39·37	41	46·56	38	54·09	±0	8·876
5. Ueber Axe *c* ....*x/x*	3	46	15·61	46	29·14	45	44·87	±0	5·436
6. *x/b*	10	66	49·40	67	42·81	66	12·19	±0	6·018
7. Ueber Axe *b* .....*t/t*	12	56	28·54	57	38·00	55	39·31	±0	8·554
8. *t/e*	14	25	5·51	25	45·56	23	54·88	±0	6·409

Für diese 8 Winkel ist das wahrscheinlichste Axensystem Queraxe: Längsaxe: Hauptaxe.

$$= a : b : c = 1{\cdot}167843 : 1{\cdot}065400 : 1.$$

Dasselbe erfordert obige Winkel wie folgt:

Bezeichnung der Kante	Bogen der Normalen							
	Berechnet		Gemessen		Fehler der Messung		F. der Messung	
1. Seitliche Polkante *e/e*	34°	40'415	34°	49'64	+ 0°	9'225	± 0°	9'336
2. *e/b*	72	39·792	72	36·33	— 0	3·462	± 0	5·558
3. Vordere Polkante *e/e*	81	34·743	81	42·25	+ 0	7·507	± 0	4·117
4. *e/x*	40	47·371	40	39·37	— 0	8·001	± 0	8·876
5. Ueber Axe *c* ....*x/x*	46	21·322	46	15·61	— 0	5·712	± 0	5·436
6. *x/b*	66	49·404	66	49·40	— 0	0·004	± 0	6·018
7. Ueber Axe *b*.. .. *t/t*	56	5·310	56	28·54	+ 0	23·230	± 0	8·554
8. *t/e*	25	20·216	25	5·51	— 0	14·706	± 0	6·409

Wenn man die Formen des Niobits mit denen des Brookits und Pucherits vergleichen will, so muss man in der Aufstellung von Schrauf (Wiener Akademie XLIV, 445. — auch Naumann's Elemente, 8. Aufl., p. 484. — Kenngott, Uebers. 1861, p. 95)

$u = \check{P}$ beim Niobit mit e beim Brookit
$k = \check{P}\infty$ $\quad x$
$e = 2\bar{P}\infty$ $\quad t$

parallelisiren; es hat nämlich:

u am Niobit	: Polkanten	151° 0', 104° 10';	Basalkante 83° 8'
e am Pucherit	:	145° 20', 98° 25';	91° 47'
am Brookit	:	135° 37', 101° 3';	95° 22'

Setzt man für u beim Niobit die Axenschnitte

$$(2a : b : c)$$

analog e beim Brookit, so ist das Verhältniss der Axeneinheiten in der hier für Pucherit benützten Reihenfolge:

$$a : b : c =$$

1·47574 : 1·21598 : 1 am Niobit, gegen
1·16784 : 1·06540 : 1 am Pucherit
0·89114 : 1·05889 : 1 am Brookit.

Fig.1.

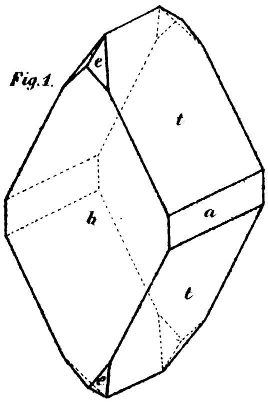


Fig.3.

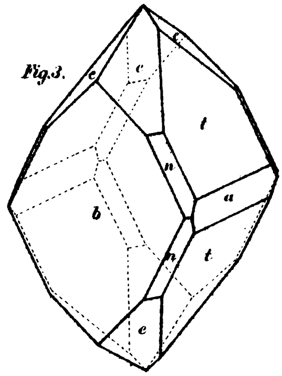


Fig.6.

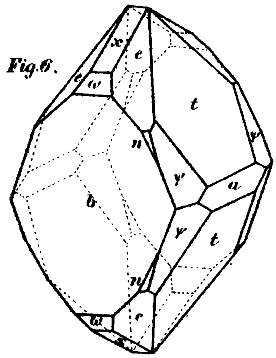


Fig.4.

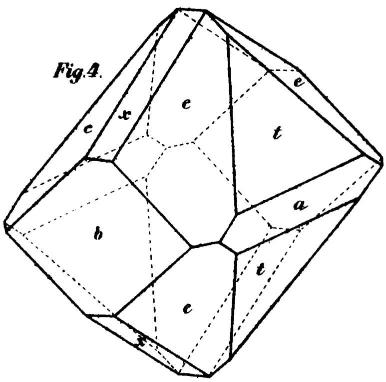


Fig.2.

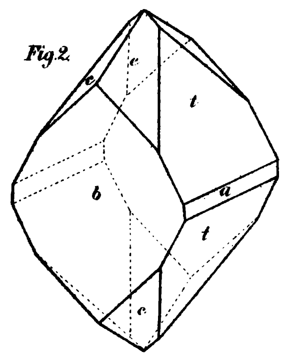


Fig.5.

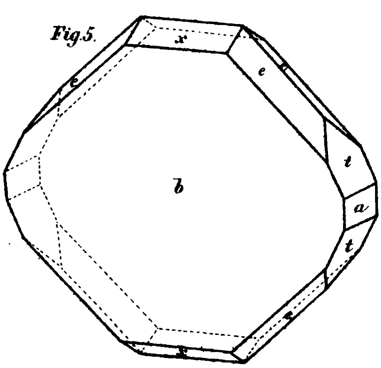
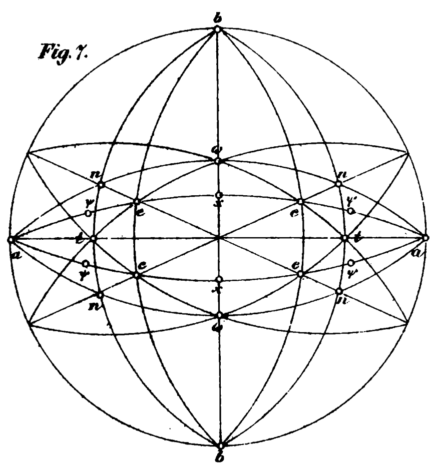


Fig.7.



Websky del. M. Fahrmbacher lith. Druck v. Jos. Wagner in Wien

Tschermak, Mineralogische Mittheilungen 1872. IV. Heft.

Jahrbuch der k.k. geolog. Reichsanstalt, XXII Bd.