Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Mineralogische Beobachtungen VI.

Von Prof. **Albrecht Schrauf.**

(Mit 1 Tafel.)

XLII. Morphologische Studien an der Mineralspecies Brookit.

§. 1.

Die Angaben von einer Trimorphie der Titansäure in Einklang zu bringen mit dem Hauy'schen Fundamentalsatze: „Substanz und Form bedingen sich" versuchte schon Volger. Allein es ist schwer, sich mit der Hypothese des genannten Forschers zu befreunden, und in schönen durchsichtigen Krystallen nur pseudomorphosirte Substanz sehen zu wollen. Jeder Mineraloge, der — wie ich selbst — für ein und denselben Complex chemischer Molecüle nur eine bestimmte Krystallgestalt für möglich hält, wird daher gezwungen sein: entweder die angegebene Trimorphie der Titansäure zu erklären durch Polymerien der reinen Substanz; oder — den sogenannten beigemengten Grundstoffen, entsprechend dem Standpunkte der neueren Forschungen, einen Platz in der Formel anzuweisen und so auf eine wahre Trimorphie zu verzichten.

Vielleicht gelingt es später, auf dem Umwege durch die organische Chemie directe Beweise gegen oder für die Existenz von drei Modificationen der Titansäure und deren Formeln zu finden. Einen kleinen Beitrag zur Beantwortung dieser Fragen glaube ich in den vorliegenden Blättern von morphologischer Seite her wenigstens für das Glied Brookit erbringen zu können. Meine Beobachtungen ergaben nämlich die vollkommene Isomorphie dieses Minerals mit dem chemischen besser bekannten

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

monoclinen Wolframit und sprechen daher gegen die Charakterisirung unseres Minerals mit der allzueinfachen Formel TiO_2.

Seit 10 Jahren habe ich der Morphologie des Brookits meine Aufmerksamkeit gewidmet. Veranlasst ward ich durch einen englischen Brookit mit vollkommen monocliner Symmetrie. Aber nicht an allen übrigen Brookitvorkommen trat die prismatische Symmetrie ebenso in den Hintergrund. Die wichtige Arbeit Kokscharow's beruht, wie ich schon hier in der Einleitung sagen muss, auf guten Beobachtungen und ergab, scheinbar unwiderleglich, prismatische Verhältnisse. Genauere Messungen lieferten mir für diese Divergenz eine Erklärung. Sie zeigten, dass die Formen des Brookits — abgesehen von Arkansit und Eumannit — sich auf 3 Typen zurückführen lassen, welche sich durch ihre Winkel und ihr Vorkommen unterscheiden. Das Parametersystem von zwei derselben schliesst sich mehr den monoclinen, das des III. Typus hingegen den prismatischen Symmetrieverhältnissen an. Seit mehreren Jahren [1] sind meine Rechnungen abgeschlossen; aber auch in der Zwischenzeit ward dem Mineral fortgesetzt meine Aufmerksamkeit zugewendet. Aber bis jetzt ist mir kein Fall vorgekommen, welcher meine damaligen Schlüsse modificirt hätte.

§. 2.

Krystalle des Typus I, von England.

Zu den Brookiten des ersten Typus gehören die grossen undurchsichtigen gelbbraunen Krystalle des Fundortes Tremadoc. Mit diesen grossen, deutlich monoclinen Krystallen kommen gleichzeitig die Brookite des dritten Typus vor, die von den ersteren durch Farbe, Durchsichtigkeit und Form verschieden sind. Trotz meines Nachspürens konnte ich kein Handstück sehen, in welchem die Altersbeziehungen beider Brookittypen unzweifelhaft erkennbar wären. Die paragenetischen Verhält-

[1] Die wichtigsten Daten habe ich in der Sitzung der kais. Akademie vom 3. April 1873 vorgetragen; vergl. Anzeiger d. kais. Akad. Wien 1873, p. 60.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

nisse des mitvorkommenden Quarzes an unseren Brookitstücken lassen jedoch die Annahme zu, dass Brookit III jünger wie Brookit I ist.

Das Vorkommen solcher Brookite des ersten Typus — wenn auch jetzt sehr selten oder ganz erschöpft — muss in früherer Zeit häufig gewesen sein; denn fast jede ältere Mineraliensammlung besitzt entweder Handstücke oder doch lose Krystalle dieses Typus. Unter den losen Krystallen dieser Art, welche Privaten gehören, glaube ich wegen Grösse und Schönheit der Flächen, und wegen ihres deutlich monoclinen Habitus die in der Sammlung des königl. Rathes Szönyi in Pest befindlichen Exemplare erwähnen zu sollen.

Diese englischen Krystalle hat Rath einer specielleren Untersuchung gewürdigt (Pogg. Ann. 113, p. 433). Derselbe gab auch die prismatisch ausgeführte Zeichnung einer Form dieses ersten Typus, ohne das etwaige Vorhandensein eines monoclinen Habitus zu erwähnen. Messungen an Krystallen dieses Typus wurden nicht publicirt.

Der monocline Habitus ist aber an Krystallen dieses ersten Brookittypus überaus deutlich und schön entwickelt. Die Fig. 2 ist eine Projection auf die Basisfläche (001) und stellt ein möglichst naturgetreues Bild dar von einem Krystalle, welchen ich aus der ehemaligen Bader'schen Sammlung in Wien acquirirte. Mehr, minder, gleichen alle — bisher von mir gesehenen — Brookite des ersten Typus dieser Figur. Der Habitus zeichnet sich dadurch aus, dass die positiven Flächen gross entwickelt sind, während die negativen Flächen nur schmale Abstumpfungen der Kanten bilden; ferner fehlen meist die negativen Flächen der Zonen *ez*, während die positiven vorhanden sind. Die Krystalle sind trotz ihrer Grösse — fast immer grösser als 1^{cm}, oft 2^{cm} — in der Flächenentwicklung einfach. Die Flächen *A*, *m*, *e*, *D* (oder $\mathfrak{D}$) bestimmen die Form, während *d*, γ, *z*, Δ (oder Θ) untergeordnet sind; *x*, *y*, *P* fehlen häufig und sind nie gross entwickelt. Aus der grossen Reihe von Flächen, welche Miller und Kokscharow für Brookit angegeben haben, ist also hier nur eine geringe Zahl vorhanden, und neben den bekannten Flächen $\mathfrak{D}$ *r* treten noch drei neue Formen mit complicirten Indices: *D*, Δ, *P* auf.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Symbole der beobachteten Flächen sind in meiner Aufstellung [1]:

$A(100)\ h' - m(110)\ m' - x(102)\ o^2 - y(104)\ o^4$
$- d(043)\ e^3/_1 - e(122)\ d'\ b^1/_3 g^1/_2 - z(112)\ d' - \pi(\bar{1}22)\ b'\ d^1/_3 g^1/_2$
$- i(342)\ d'\ b^1/_7 g^1/_2 - P(7.5.14)\ d\ d^1/_6 h^1/_7 - D(4.11{\cdot}14) d^1/_7 b^1/_{15} g^1/_{14}$
$- \Delta(\bar{4}.10.13)\ b^1/_6 d^1/_{11} g^1/_{13} - \Sigma(5.14.18)\ d^1/_9 b^1/_{19} g^1/_{18}$
$- \Theta(\bar{5}.14.18)\ b^1/_9 d^1/_{19} g^1/_{18} - r(326)\ d'\ d^1/_5 h^1/_6.$

Die hohen Indices von mehreren dieser beobachteten Flächen [2] sind beachtenswerth. Miller hat zuerst den Index von Σ sichergestellt; Rath, Koksharow und nun ich selbst das Vorkommen dieser Fläche über jeden Zweifel erhoben. Aber wie schon das complicirte Symbol andeutet, nicht diese Fläche allein, sondern ein ganzes System vicinaler Flächen ist möglich, von denen ich an diesem Typus die zwei neuen Flächen D, Δ, und am Typus III eine weitere Fläche Σ beobachtete, welche alle in Zonen me, $'m\pi$ fallen (vergl. Project. Fig. 1).

Das Parametersystem dieses ersten Brookittypus ist:

(D) $\quad a : b : c = 0{\cdot}844149 : 1 : 0{\cdot}93887 - \quad \pi = 90°20'.$

Da die englischen Brookite dieses Typus gross, die Flächen oft schwach gekrümmt, wie geflossen, sind; da ferner an diesem Typus nur Pyramidenflächen domininen, während domatische Flächen, welche das Parametersystem direct geben, fehlen, so musste das Axenverhältniss mittelst der Methode der kleinsten Quadratsummen abgeleitet werden. Der Rechnung wurde zu Grunde gelegt das prismatische Parameterverhältniss der früheren Autoren, welches bekanntlich

---

[1] In Folge des monoclinen Krystallsystems des Brookit wird es nöthig, die Fläche b (Autoren) mit $A(100)$ und a (Autoren) mit $B(010)$ zu bezeichnen. In den bekannten Miller'schen Indices unseres Minerals tauschen desshalb die zwei ersten Indices ihre Stelle.

[2] Die Flächen der $\pm$ Quadranten sind mit phonetisch gleichwerthigen Buchstaben bezeichnet. Für den positiven Quadranten $[(100):(001) < 90°]$ wähle ich die lateinischen, für den rückwärts gelegenen oberen negativen Quadranten die griechischen Symbole. Im Übrigen behalte ich für die bereits bekannten Flächen die von den früheren Autoren verwendeten Buchstaben bei.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

$$a : b : c = 0{\cdot}848499 : 1 : 0{\cdot}930061 \quad - \quad \eta = 90°$$

ist. Die gesuchten drei Correctionen da, dc, $d\eta$ leitete ich aus 8 Beobachtungen ab, die ein nahe vollständiges Netz um den Krystall bilden [1], und Maximaldifferenzen zeigen.

Die Correctionen folgen aus den primären Gleichungen:

	prismat. gerechnet	— beob.	$\pm da$	$\pm dc$	$\pm d\eta$	$= 0$
Bm	49°41'125	50° 5'	—1998·76	0	0	= 0
me	46° 8'358	45°51'	+ 387·69	−1640·42	−0·475428	= 0
$m'\eta$	46° 8'358	46°25'	+ 387·69	−1640·42	−0·475428	= 0
$m\eta$	82°49'401	82°55'	−2686·73	− 214·93	−0·554138	= 0
$m'e$	82°49'401	83°35'	−2686·73	− 214·93	+0·554138	= 0
md	59°45'507	59°42'	− 1617·01	− 849·08	−0·554037	= 0
$m'd$	59°45'507	60°21'	−1617·01	− 849·08	+0·554037	= 0
ηd	23°16'817	23°20'	−2277·98	+ 626·54	+0·003288	= 0

Aus diesen Gleichungen folgt:

$$+ 32639{\cdot}8 + 3891184{\cdot}6\, da + 174461{\cdot}7\, dc - d\eta = 0$$
$$+ 16983{\cdot}2 + 634312{\cdot}4\, da + 354707{\cdot}0\, dc + d\eta = 0$$
$$- 35{\cdot}681 - 4{\cdot}4590\, da + 1{\cdot}2264\, dc + d\eta = 0$$

und die Correction des hypothetischen Parameterverhältnisses zu

$$da = - 0{\cdot}0082298 \quad dc = - 0{\cdot}003326 \quad d\eta = + 35'39''.$$

Diese Zahlen dem primatisch angenommenen Axenverhältnisse additiv hinzugefügt, führen zu einem monoclinen Axenverhältnisse, welches dann als erste Annäherung zu betrachten ist. Es lautet

$$a : b : c = 0{\cdot}840269 : 1 : 0{\cdot}926735 \quad \eta = 90° 35'39''. \quad \text{(A)}$$

Diese Differenzrechnungen erlauben aber auch direct die Wahrscheinlichkeit des monoclinen Systems zu prüfen. Bildet man zuerst die monoclinen Winkelwerthe aus den obigen Differenzengleichungen nach dem Schema

$$\text{monoclin} = \text{prismatisch} \mp da \mp dc \mp d\eta$$

[1] Bezüglich der Details solcher Rechnungen verweise ich auf mein Lehrbuch, Vol. I, und auf frühere Nummern meiner „Mineralogischen Beobachtungen".

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

und vergleicht hierauf Beobachtung und Rechnung, so lassen dann die Differenzen zwischen den monoclin berechneten Zahlen und der Beobachtung keinen sogenannten Gang mehr erkennen. Es sind die Differenzen im Sinne: „Rechnung minus Beobachtung" für das

	prismatische System		monocline System	
	+	−	+	−
Bm		23'875		7'43
me	17'358		2'67	
$m^1\eta$		16'642	2'67	
$m\eta$		5'599		2'53
m^1e		45'599		3'02
md	3'567			0'12
m^1d		35'493	0'39	
ηd		3'183	13'75	

Der Gang der Differenzen, ihre Grösse, das Gleichwerden der ±Summen zeigt, dass ein monoclines Parametersystem den Anforderungen zu genügen vermag.

Allein zur Ableitung des definitiven Axenverhältnisses genügt im monoclinen Systeme die Methode der Differenzenrechnung selten allein, indem Zwillingsbildung die wahre Symmetrie in manchen Fällen verschleiert. Die Frage kann auch so gestellt werden: sind die der Methode der kleinsten Quadrate zu Grunde gelegten Flächen $e\eta$ auch wirklich die Flächen 122, 122; oder bereits durch Zwillingsbildung aus ihrer normalen Lage gerückt? Zur Beantwortung dieser Frage bedarf es dann eines Vergleiches aller beobachteten Winkel mit diesem in erster Annäherung gewonnenen Parametersystems (A), ferner der Berechnung aller möglichen Zwillingscombinationen; um zu definitiven Zahlen für a, b, c, η zu gelangen.

Durch weitläufige Rechnungen und Vergleichungen des gesammten Beobachtungsmaterials erhielt ich die zweiten Correctionen

$$da = +\,0{\cdot}00388 \quad dc = +\,0{\cdot}012135 \quad d\eta = -\,15'40''$$

welche zu dem System (A) additiv hinzugefügt das definitive Parametersystem D) des I Typus (wie schon oben erwähnt) ergeben zu:

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

$$a : b : c = 0{\cdot}84415 : 1 : 0{\cdot}93887 \quad \eta = 90° 20'. \qquad (D)$$

Auf Grundlage dieser Zahlenwerthe berechnet sich für die beobachteten Flächen dieses Typus I die nachfolgende Winkeltabelle:

	A	*B*	*c*	*m*	*m'*
m (110)	40°10'	49°50'			
x (102)	60°40'		29°·0'		
y (104)	74° 9'		15°31'		
d (043)		38°37'	51°23'	59°33'	59°55'
l (021)		28° 2'2	61°57'7		
e (122)	67°43'	50°42'	47°24'5	45°42'7	83°10'5
η ($\bar{1}22$)	68° 8'3	50°33'6	47°35'5	82°48'5	46° 1'7
z (112)	63° 2'5	67°44'5	35°58'		
ξ ($\bar{1}12$)	63°21'	67°38'5	36° 8'	$[ed$	$= 23°28'$
r (326)	61°47'5	74°44'3	32°27'5	$[d\bar{e}_A$	$= 23°53'$
φ ($\bar{3}26$)	62°17'	71°40'	32°37'5	$[\eta z'$	$= 82° 9'6$
P (7·5·14)	61°57'	73°42'3	32°55'	$[\bar{e}_A z$	$= 82°23'$
D (4·11·14)	75°26'3	55° 3'6	38°35'		
Δ 4.10.13)	74°44'	55°37'5	38°40'3		
$\Im$ (5.14.18)	75°44'2	55° 8'5	38°21'5		
Θ ($\bar{5}$.14.18)	76°14'8	55° 1'3	38°27'8		
i (342)	51°48'	46° 5'	68° 6'	23° 4'	
I ($\bar{3}42$)	51°59'	45°56'	68°28'5		23°12'

Ehe ich zur Besprechung einzelner gemessener Krystalle übergehe, finde ich es für nöthig, die allgemeinen Verhältnisse der Gestalt von *e* η *D* Δ $\Im$ zu erörtern.

Die dominirenden Flächen *e* η sind theils gestreift, parallel ihren Combinationskanten mit *d*, theils etwas gekrümmt, theils von Zwillingsfissuren durchzogen, die parallel den Kanten *A e* oder *e* η laufen und auf die Penetration von *e* mit $\bar{\eta}_A$ oder von η mit $\bar{e}_A$ hindeuten. Sind die Flächen *e* η allseits eben, so lassen sich bald bei der Messung Stellen finden, wo die doppelten Reflexe — durch diese Zwillingsstellung verursacht — nicht in ein Bild verschwommen, sondern deutlich trennbar auftreten.

Die Flächen *D*, Δ, $\Im$ sind, wenn auch gross und spiegelnd, doch selten eben. Sie geben meist verschwommene Reflexe. Auch auf ihnen sind mehrfache Zwillingsfissuren scharf sichtbar, gelegentlich verbunden mit Repetitionen der positiven Flächen *x*, *y*.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Fig. 4 liefert das Conterfei der Fläche $\mathfrak{S}$ eines im mineralogischen Museum befindlichen Krystalls; die linke Partie der Fläche ist rauh und matt, der rechte Theil hingegen glänzend aber von 8 genau zählbaren Doppelzwillingsstreifen, die alle miteinander und mit der Kante $\mathfrak{S}\Theta$ parallel laufen, durchzogen. Die Flächen x, y alterniren.

Die beobachteten Winkel haben nicht alle gleichen Werth. Abgesehen von den doppelten Reflexen, ist der wahrscheinliche Fehler einer Messung circa $\pm 5'$ bei Combinationen grossentwickelter Flächen. Kleinere Flächen, z, v, x, y, i und schmale, e, η, m, geben gelegentlich einfache Reflexe und fast absolut scharfe Messungen mit einem wahrscheinlichem Messungsfehler von $\pm 1'$. Diese Winkel sind auf der nachfolgenden Seite mit einem (*) bezeichnet. Dieselben lassen erkennen, dass neben der bekannten Zwillingsbildung nach A (100) auch noch Zwillingsstellung nach e (001) vorkommt. Unter allen Winkeln nimmt aber durchwegs der Winkel von $e\,\eta$ die Aufmerksamkeit in Anspruch. An allen gemessenen Krystallen schwankt $e\,\eta$ zwischen 43° 40′ und 44° 5′ und erreicht nicht den Werth 44° 23′, wie ihn die Hypothese des prismatischen Systems erfordern würde. Diese Thatsache allein könnte genügen, um zur Hypothese des monoclinen Systems gedrängt zu werden.

Sowohl hier, als auch in den nachfolgenden Paragraphen werde ich von je einem gemessenen Krystalle die Details näher angeben. Hiedurch werden auch künftige Forscher in den Stand gesetzt, meine Beobachtungen zu controliren, sich über deren Genauigkeit zu überzeugen und zu erkennen, ob die morphologischen Elemente unseres Minerals möglichst genau bestimmt wurden.

Krystall a, Fig. 2. Der Obertheil ist vollkommen, der Untertheil partiell entwickelt, unten abgebrochen; der lose Krystall 2^{cm} gross, ist glänzend, glatt, undurchsichtig, partienweise graubraun, wie pseudomorphosirt. Seine Dichte ist 4·155. Die Combinationen der bestreflectirenden Flächen haben (*).

	Beobachtet	Gerechnet monoclin Schrauf	Gerechnet prismatisch Autoren
$A\,e$	67°44′	67°43′	67°49′
$A\,\bar{\eta}_A$	68°28′	68° 8′	67°49′

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	Beobachtet	Gerechnet monoclin Schrauf		prismatisch Autoren
$\eta\ e$	43°48'	$e\eta$	44°8'3	44°23'
		$\eta\ \bar{\eta}_A$	45°43'	
$A\ d$	89°47'		89°47'	90°
$e\ d$	23°20'		23°28'	23°35'
$\eta\ d$	23°38'		23°28'5	23°35'
$'m\ 'd$	59°42'		59°33'	59°43'
$'m\ 'n$	82°45'		82°48'	83° 4'
$'m\ e'$	45°54'		45°42'	45°42'
$'m'\ 'd$	60°21' ±20'		59°55'	59°43'
$'m'\ 'e$	83°30'		83°10'	83° 4'
$m'\ 'n$	46°20'		46° 1'	45°42'
$e\ 'e$	78°36'		78°36'	78°58'
$\eta\ 'n$	79° 0'		78°52'	78°58'
$e\ 'n$	94°35'		95° 0'	95°22'
* $e'\ v'$	24° 0'		24° 2'	24° 8'
* $e'\ 'z$	16°56'	$e z$	17° 2'	17° 6'
* $e\ z$	16°57'	$e\ \bar{\xi}_e$	16°56'	
* $z\ z'$	44°43"	$\bar{\xi}_e\ \bar{\xi}_{e'}$	44°43'	44°46"
* $e\ P$	23°20'		23° 0'	
* $\eta_1\ 'v$	76°53'	$\eta\ v$	76°56'8	
* $\eta_2\ 'v$	77°18'	$\bar{e}_A\ v$	77° 9'6	
* $'\eta\ z$	82°10'	$\eta\ z$	82° 9'	
* $\eta_1\ z$	82° 6'	$\bar{e}_A\ z$	=82°23'	
* $\eta_2\ 'z$	82°29'	$\bar{e}_A\ \bar{\xi}_e$	=82°33'	
$A'\ D$	−75°28'		75°26'	$A\mathfrak{F}$ = 75°54'
$A'\ \Delta$	74°42'		74°44'	
$e\ D$	9°35' / 10°15'		10° 7'	$e\mathfrak{F}$ = 10°32'
$'z\ 'D$	16° 5'		16°10'	
$D\ 'D$	69°45'		69°53'	$'\mathfrak{F}\mathfrak{F}$ = 70° 4'
$\Delta\ '\Delta$	67°40'		68°45'	
$D\ '\Delta$	76°33'		77°15'	$\mathfrak{F}\ '\mathfrak{F}'$ = 77°10'
$'D\ \Delta$	76°50'		77°15'	
$'D\ '\Delta$	29°35'		29°50'	$\mathfrak{F}\mathfrak{F}'$ = 28°10'
$D\ \Delta$	29°40'		29°50'	
$'\eta\ '\Delta$	9°53'		9°37'	

$$\Delta\,(\text{Beobacht.} - \text{Rechnung}) = \begin{matrix}+160\\-176\end{matrix} = \pm 336$$

$$\Delta \text{ für 1 Beobacht.} = \pm 9'3.$$

Der mittlere Fehler mit ±9'3 ist wohl ziemlich gross, allein es darf nicht übersehen werden, dass dieses Resultat sich viel

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

günstiger gestaltet hätte, wenn nur die Messungen an den besser reflectirenden Flächen und nicht die Gesammtsumme aller wäre berücksichtigt worden.

Krystall *b* im mineralogischen Museum der Universität finde ich desshalb erwähnenswerth, weil derselbe wirklich die Miller'schen Flächen Σ (5 14 18), Θ ($\bar{5}$ 14 18) trägt. Der Krystall ist eigentlich eine Gruppe dreier nahezu parallel verwachsener Krystalle, von denen ein Exemplar dünn, die beiden anderen dagegen dick tafelförmig sind. Letztere besitzen ausgezeichnete monocline Symmetrie, durch das Vorherrschen von *e* und der Zone *ez*, während η klein ist und ξ fehlt. (Fig. 3.)

	beobachtet	monoclin gerechnet
$\Sigma\,\Theta$	27°50'	28° 1'
$e\,\Sigma$	10°20'	10°26'
$\Sigma\,\Sigma$	69°30'	69°42'
$\Sigma\,\Theta'$	76°50'	76°49'

An den übrigen zahlreichen, von mir besichtigten Krystallen konnte ich theils die Combinationen der Flächen *e v z i D* Δ, theils *e x y z D* Δ sicherstellen. Durch diese Beobachtungen ist somit die Existenz der vicinalen Flächenpaare *v*(326) *P*(7·5·14) einerseits; Σ (5·14·18); *D* (4·11·14); Θ ($\bar{5}$·14·18); Δ ($\bar{4}$ 10 13) anderseits bewiesen. Die von Miller angedeutete Fläche Σ_1 = (5·11·14) konnte ich an meinem Materiale nicht auffinden.

Die +Flächen *x*, *y* sind meist schmal; die Gegenflächen der Rückseite *X*(102), *Y*(104) konnte ich an den von mir gesehenen Krystallen nie entdecken. Kommen Repetitionen von *x*, *y* vor, so spiegeln dieselben gegenseitig ein. Die eingeschalteten negativen Zwillingslamellen sind daher von minimaler Grösse. Deren mehrfache Widerholung hingegen genügt, um auf den grossen *e* Flächen deutlich trennbare doppelte Bilder (e_1 e_2) hervorzurufen, welche der Penetration von *e* und $\bar{\eta}_A$ entspringen. Die schon früher geschilderte Fig. 4 entspricht dem Krystalle, welchem die nachfolgenden Messungen angehören.

	Beobachtet	Gerechnet monoclin Schrauf	Gerechnet prismatisch Autoren
$A\,x$	60°36'	64°40'	60°43'
$A\,y$	74°13'	74° 9'	74°20'

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	Beobachtet	Gerechnet monoclin Schrauf	prismatisch Autoren
$e_1 'e_1$	78°30'	$e 'e = 78°36'$	78°58'
$e_2 'e_2$	79°10'	$\varkappa 'z = 78°52'$	
$e_2 \varkappa$	43°40'	$\bar{\varkappa}_A \varkappa = 43°43'$	44°23'
$'m' 'e_2$	82°50'	$'m' \bar{\varkappa}_A = 82°48'$	83° 4'
$'m' 'z$	46° 5'	46° 1'	45°42'
$'m 'i$	23° 0'	23° 4'	
$'m' 'd$	59°50'	59°55'	59°43'
$\varkappa \Theta$	10°20'	10°39'	

Ich schliesse hier mit den Detailangaben, indem ich bereits durch diese wenigen angeführten Zahlen die Nothwendigkeit der Annahme eines monoclinen Parametersystems für bewiesen erachte.

§. 3.

Krystalle des Typus II, von Amerika.

Kleine dünne plattenförmige Krystalle des Brookits kommen von Ulster Cy, N. Y. in den Handel. Sie haben Quarz zum Begleiter und stammen aus den im silurischen Shawangung-Sandstein liegenden Ellenviller Bleigängen. Eine Zeichnung, welche genau den Habitus dieses Vorkommens, natürlich mit hypothetischer prismatischer Symmetrie, darstellt, hat zuerst Dana in Nr. 8 seiner Mineral. Contribut. 1854 gegeben. Eine genaue Messung solcher Krystalle ergab mir aber das unerwartete Resultat, dass die Winkel weder mit den prismatischen Werthen der Autoren, noch mit meinen Werthen des Typus I stimmen. Ferner zeigen dieselben fast immer monocline Symmetrie, indem an den Krystallen nur $x\ y$, nicht aber $X\ Y$ entwickelt ist.

Aus meinen Beobachtungen leitete ich desshalb für die Brookite von Ellenville ein bestimmtes Parameterverhältniss ab, nämlich

$$a : b : c = 0{\cdot}846931 : 1 : 0{\cdot}93795 \quad \varkappa = 90° 39' 3,$$

welches nun den Typus II begründet. Mit Zugrundelegung dieser Zahlen berechnet sich die nachfolgende Winkeltabelle:

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	a	*b*	*c*	*m*
$'m(1\bar{1}0)$	40°16'	—49°44'	89°30'	99°28'
$x(102)$	60°31'3	90° 0'	28°49'4	67°56'9
$X(\bar{1}02)$	61°31'3	90° 0'	29° 8'	68°40'
$y(104)$	73°55'	90° 0'	15°25'7	77°48'
$Y(\bar{1}04)$	75° 8'	90° 0'	15°31'3	78°42'5
$d(043)$	89°35'4	38°39'2	51°20'8	59°19'2
$d(043)$			$: m'$	60° 2'7
$t(021)$	89°41'5	28° 1'	61°56'	54°57'
$t(021)$			$: m'$	55°32'
$e(\bar{1}22)$	67°36'	50°45'5	47°16'	45°35'6
$\eta(\bar{1}\bar{2}2)$	68°25'	50°28'5	47°37'5	46°14'
$o(111)$	50°46'6	58° 0'2	55° 5'3	34°24'6
$\omega(\bar{1}11)$	51°21'6	57°42'	55°46'4	34°43'6
$n(\bar{1}21)$	62°14'	38°40'	65° 3'5	30°40'
$z(\bar{1}12)$	62°54'	67°47'5	35°47'5	53°42'5
$\nu(\bar{1}\bar{2}1)$	62°43'5	38°20'4	65°37'2	31° 3'5
$\zeta(\bar{1}\bar{1}2)$	63°50'9	67°34'9	36° 9'	54°21'

Die morphologischen Verhältnisse der Brookite von Ellenville sind weit einfacher, als jene der Krystalle vom Typus I. Weder Dana 1854, noch Rath (Pogg. 113), noch jetzt ich selbst fanden an denselben $\mathfrak{F}$ oder hiezu vicinale Flächen auf. Die Form der Krystalle ist plattenförmig durch das Vorherrschen der Flächen *A*, *m*, *c*, und die übrigen auftretenden Flächen sind gleichsam nur Abstumpfungen der Kanten *A c*, oder *m c*.

Ich beabsichtige nur einen Krystall von Ellenville, welcher sehr flächenreich war und genaue Messungen erlaubte, zu discutiren, und an ihm die Differenzen gegen das hypothetische ältere prismatische Parametersystem zu zeigen. Der Krystall in Fig. 5 naturgetreu dargestellt, war eine Combination der Formen:

$c(001)\,p' - A(100)\,h' - m(110)\,m' - k(410)\,h^5 - x(102)\,o^2$
$y(104\,o^4 - t(021)\,e^{1/2} - e(122)\,d'\,b^{1/3}g^{1/2} - z(112)\,d' -$
$o(111)\,d^{1/2} - n(121)\,d\,b^{1/3}\,g'.$

	Beobachtet	Gerechnet monoclin Schrauf	prismatisch Autoren
$A\,A'$	179°56'	180°	180°
$A\,c$	89°26'	89°20'7	90°
$A'\,c$	90°30'	90°39'3	90°
$c\,y$	15°16'	15°25'	15°40'
$m\,m'$	99°33'	99°28'	99°50'

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	Beobachtet	Gerechnet monoclin Schrauf	prismatisch Autoren
$m\,y$	77°55'	77°48'	78° 4'
$m\,c$	89°33'	89°30'	90°
$'m'\,c$	90°30'	90°30'	90°
$m\,z$	53°40'	53°42'	53°45'
ct	62° 1'	61°56'	62° 6'
ce	47°15'	47°16'	47°41'
cn	65°10'	65° 3'5	65°32'
$m_\alpha\,t_\alpha$	54°52'	$m\,t$ 54°57'	55°19'
$m_\beta\,t_\beta$	55°32'	$'\bar{m}'_A\,t$ 55°32'	
$m'_\alpha\,t_\alpha$	55°10'	$'\bar{m}_A\,t$ 54°57'	55°19'
$m'_\beta\,t_\beta$	55°32'	$m'\,t$ 55°32'	
Δ' (Beob. — Rechn.) =		$\pm$ 77'	$\pm$ 295'
Δ' (1 Beob.)		$\pm$ 4'8	$\pm$ 19'5

Die Betrachtung der Differenzen lehrt, dass die Messungen nur durch das Parametersystem des Typus II erklärlich sind. Die letzt angeführten vier Beobachtungen m_α m_β verdanken ihre Entstehung doppelten Bildern, welche wieder auf die bei monoclinen Krystallen so überaus häufige Erscheinung von Zwillingsbildung zurückzuführen sind. Auch hier ist, wie in der Mehrzahl aller Fälle, die Zwillingsaxe normal zu $A(100)$. Näher einzugehen auf solch' bekannte Verhältnisse halte ich für überflüssig.

Da mir von diesem Typus nur eine geringe Anzahl von vollkommen spiegelnden Krystallen zu Gebote stand, die Mehrzahl der Krystalle hingegen nur undeutliche Bilder lieferte, so ist der wahrscheinliche Fehler des Axensystems muthmasslicherweise nicht Null, sondern $\pm 5'$. Doch auch solche etwaige Correctionen werden dann nur die absoluten Werthe der Parameter verbessern, nicht aber an der Thatsache rütteln, dass Krystalle dieses Typus deutlich entwickelte monocline Verhältnisse zeigen.

§. 4.

Krystalle des Typus III von England, Russland, Schweiz.

An den Formen jener Brookite, welche zum Typus III zu zählen sind, dominiren (abgesehen von A und m) die Flächen x, oder e. Die Zone $x\ y\ c$ ist vorherrschend entwickelt an den

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dünntafelförmigen, rothdurchscheinenden Krystallen von England, welche oft auf Handstücken zugleich mit Brookiten des I. Typus (vergl. oben) im Handel vorkommen. Bei den russischen Brookiten, welche theils dicktafelförmig, theils säulenförmig sind, dominirt hingegen die Fläche e, oder die Zone o, e. Der Formenreichthum der Krystalle des ersteren Fundortes ist den Mineralogen durch Miller und Rath, der des letztgenannten durch Koksch arow geschildert worden. Dasselbe gilt auch von den Winkeln. Die Angaben von Miller (berechnet mit Grundlegung von Messungen englischer Krystalle) und von Koksch arow (betreffend russische Brookite) weichen so wenig von einander und von den directen Messungen ab, dass man schon aus den vorhandenen Beobachtungen früherer Autoren den Schluss ziehen muss: 1. die kleinen durchsichtigen Krystalle von England und Russland sind morphologisch und chemisch ident. 2. Sie müssen einem vom Typus I und II vollkommen verschiedenen Parametersystem angehören. — Sie bilden in der That den Typus III, welcher nur wenig von der prismatischen Symmetrie abweicht.

Eine genaue Untersuchung der „englischen“ und „russischen“ Brookite dieses Typus zeigt, dass fast jeder Krystall, entweder auf c selbst, oder in der Mitte der Zone x, y, Riffe oder einspringende Winkel hat. Koksch arow hat schon auf diese Juxtapositionsriffe aufmerksam gemacht, jedoch keinerlei Abnormität in den Winkeln hiemit verbunden erachtet. Ich selbst fand erst nach längerem Häsitiren eine Lösung dieses scheinbaren Räthsels mit Hilfe eines russischen Brookits. Derselbe hatte die Zone $o\,e$ schön entwickelt, aber auf e eine deutliche Zwillingsfissur. An ihm musste sich daher die Zone $o\,e\,\eta\,\omega$ jedenfalls — eben wegen dieser Zwillingsnaht — gestalten: entweder zu

$$\bar{\omega}_e\,\bar{\eta}_e \mid e\,\eta\,\omega \quad \text{mit } m\bar{m}_e > 180°,$$

oder zu

$$\bar{o}_e\,\bar{e}_e\,\bar{\eta}_e \mid e\,o \quad \text{mit } m\bar{m}_e < 180°.$$

Die Messung $m\bar{m}_e$ ergab 179° 45′. Diess genügt, um sowohl die Flächen als auch um das Zwillingsgesetz und das monocline System mit Sicherheit angeben zu können.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Mit Zugrundelegung genau discutirter Beobachtungen konnte ich dann für die Brookite des dritten Typus (englisch und russisch) das folgende Parametersystem ableiten:

$$a : b : c = 0{\cdot}841419 : 1 : 0{\cdot}943441 \quad \eta = 90° 6'5$$

Diese Parameter weichen in ihren absoluten Werthen nur unbedeutend von dem $a : b : c$ Kokscharow's ab. Auch die Differenz im Axenwinkel, gegen das prismatische Krystallsystem ist nur einige Minuten. Letzteres sowohl, als auch die zahlreichen Zwillingslamellen verschleiern die wahre monocline Symmetrie, und gestatten, dass die Beobachtungen durch ein prismatisches System interpretirt werden können. Bekanntlich imitiren ja die Mehrzahl der Zwillinge von monoclinen Mineralien die Symmetrie der prismatischen Krystalle an einem freien Ende.

Mit obigem monoclinen Parametersystem ward die nachfolgende Winkeltabelle berechnet, in welcher nur die von den früheren Autoren und jetzt von mir beobachteten Flächen des Typus III aufgenommen sind.

	A	*B*	*c*	*m*	
$\bar{A}_c\ (100)_c$	179°47'	90°	89°53'5		
$x\ (102)$	60°38'5	90°	29°15'	67°58'	$x\,o = 36°45'6$
$y\ (104)$	74°14'5	90°	15°39'	70° 0'3	$y\,o = 44°26'5$
$X\ (\bar{1}02)$	60°48'3	90°	29°18'2	68° 5'2	$X\,\omega = 36°49'9$
$Y\ (\bar{1}04)$	74°26'5	90°	15°40'	78° 9'4	$Y\,\omega = 44°32'6$
$d\ (043)$	89°56'	38°29'	51°41'	54°40'7	$m'\,d = 59°47'8$
$t\ (021)$	89°57'	27°55'5	62° 4'5	55°17'1	$m'\,t = 55°22'7$
$m\ (110)$	40° 4'5	49°55'5	89°55'	99°51'	
$l\ (210)$	22°48'9	67°11'1	89°54'5	17°15'6	
$k\ (410)$	11°52'7	78° 7'3	89°54'3	28°11'8	
$p\ (11{\cdot}2{\cdot}0)$	8°41'8	81°18'2	89°54'1	31°22'7	
$g\ (23{\cdot}4{\cdot}0)$	8°19'5	81°40'5	89°54'	31°45'0	
$o\ (111)$	50°47'	57°53'8	55°38'	34°17'	$'o\,\bar{o}_c = 78°17'$
$\omega\ (\bar{1}11)$	50°50'9	57°51'0	55°44'6	34°20'4	$e\,\eta = 44°22'2$
$n\ (121)$	62°15'5	38°33'2	65°27'6	30°43'3	$e\,d = 23°34'5$
$\nu\ (\bar{1}21)$	62°20'3	38°30'2	65°33'0	30°47'3	$e\,t = 28°44'8$
$w\ (2\bar{7}2)$	71°58'1	24°29'2	73°58'0	34°38'3	$\eta\,d = 23°34'5$
$W\ (\bar{2}72)$	72° 1'5	24°26'7	74° 1'7	34°44'7	$\eta\,t = 28°43'3$
$h\ (151)$	76°53'3	17°40'9	78°19'3	38° 5'8	$e\,X = 66°13'8$
$H\ (\bar{1}51)$	76°55'5	17°39'1	78°22'2	38° 8'3	$\eta\,x = 66°15'1$
$e\ (122)$	67°44'8	50°34'3	47°37'6	45°41'0	$e\,\mathfrak{Z} = 10°29'3$

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	A	*B*	*c*	*m*	
η ($\bar{1}22$)	67°52'9	50°31'5	47°41'4	45°46'9	$\eta\,\Theta = 10°31'1$
s (322)	39°13'9	64°16'6	62°39'9	29°17'5	$e\,z = 16°26'7$
σ ($\bar{3}22$)	39°17'6	64°14'4	62°39'8	29°18'5	$\eta\,\zeta = 16°25'7$
r (221)	43°34'5	52°28'7	71° 5'2	18°49'8	$\eta\,\Sigma = 6°52'3$
ρ ($\bar{2}21$)	43°37'5	52°26'3	71°14'1	18°51'0	$\zeta\,\Sigma = 15°56'8$
u (784)	47°23'6	49°25'9	69°45'7	20°29'8	$\iota\,\Omega = 3°24'3$
u ($\bar{7}84$)	47°27'0	49°23'3	69°53'9	20°31'5	$\mathfrak{H}\,\Theta = 28°11'5$
i (342)	51°44'7	46° 3'9	68°21'2	23° 0'3	$\mathfrak{H}'\Theta' = 77° 7'5$
I ($\bar{3}42$)	51°48'5	46° 1'0	68°28'7	23° 2'7	$'\mathfrak{H} = 70° 0'$
z (112)	63° 1'5	67°41'8	36°10'5	53°44'0	
ζ ($\bar{1}12$)	63°11'4	67°37'1	36°15'5	53°49'5	
ν (326)	61°46'8	74°40'3	32°42'5	57°51'6	
φ ($\bar{3}26$)	61°56'5	74°38'9	32°45'7	57°58'2	
f (3·10·2)	70°45'1	22°32'7	78°40'3	32° 7'8	
F ($\bar{3}$·10·2)	70°47'5	22°30'7	78°44'5	32°10'1	
$\mathfrak{H}$ (5·14·18)	75°49'3	55° 0'0	38°22'7	56°10'3	
Θ ($\bar{5}$·14·18)	75°59'2	54°58'1	38°34'8	56°18'0	
Σ ($\bar{2}$·56)	73°42'3	53°36'7	41° 3'7	52°39'2	
Ω ($\bar{1}$·22·12)	—87°22'6	30° 8'3	60° 0'3	55°43'0	

Da die Brookite dieses Typus nur wenig von der prismatischen Symmetrie abweichen, so will ich an zwei der beobachteten Krystallen zeigen, dass die Zwillingsbildung an genau messbaren Krystallen erkennbar ist.

Krystall (a). Gegen 4 Mm. gross, sehr schön und scharf glänzend von Russland. Beobachtet sind an ihm die Flächen *A*, *B*, *c*, *g*, *m*, *o*, *e*, *z*, *x*, *y*, η. Naturgetreu dargestellt in Fig. 7. Ein Blick auf diese Zeichnung mit ihrer Symbolik lehrt, dass am freien Ende des Krystalles eigentlich nur die Flächen des +Quadranten zur Ausbildung gelangt sind. Die Existenz der Fläche η gibt sich nur bei sehr intensiver Beleuchtung durch ein schwaches Nebenbild im Reflex von *e* zu erkennen.

	Beobachtet	Gerechnet monoclin Schrauf	prismatisch Autoren
	$m\,m' = 99°51'$	99°51'	$m\,m' = 99°50'$
*	$m\,\bar{m}_c = 179°47'$	179°50'	$m\,'m' = 180° 0'$
	$m\,e = 45°42'$	45°41'	$m\,e = 45°42'5$
	$\bar{m}_c\,\bar{e}_c = 45°42'$	45°41'	$'m'\,'e' = 45°42'5$
	$m\,o = 34°15'5$	34°17'	$m\,o = 34°17'3$
*	$o\,\bar{o}_c = 111°16'$	111°16'	$o\,'o' = 111°25'5$

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	Beobachtet [1]	Gerechnet monoclin Schrauf	Gerechnet prismatisch Autoren
	$\bar{m}_c\ \bar{o}_c =$ 34°18'	34°17'	$'m'\,'o' =$ 34°17'3
	$o\ e =$ 16°58'	16°57'8	$o\ e =$ 17° 1'
*	$o\ '\bar{o}_c =$ 78°20'	78°17'	$o\ o' =$ 78°25'
	$'e\ \bar{e}_c =$ 44°24'	44°21'3	$'e\ 'e' =$ 44°23'
	$'\bar{e}_c\ '\bar{o}_c =$ 16°59'	16°57'8	$o'\ e' =$ 17° 1'
	$o\ 'o =$ 64°12'	64°12'3	$o\ 'o =$ 64°17'
*	$e\ \bar{e}_c =$ 95°17'	95°15'3	$e\ 'e' =$ 95°22'
*	$'\bar{e}_c\ \bar{e}_c =$ 78°48'	78°51'3	$e'\ 'e' =$ 78°57'
*	$y\ \bar{x}_c =$ 44°50'5	44°54'	$y\ x' =$ 44°58'
*	$x\ \bar{x}_c =$ 58°28'	58°30'	$x\ x' =$ 58°36'

Diese angeführten Winkel genügen zum Beweise, dass sich das monocline Parametersystem vollkommen den Messungen ansehmiegt. Nebenflächen — *n*, *r* — ohne Reflexe, klein, übergehe ich.

Krystall *b*. Die Brookite, welche zu diesem Typus gehören und von England stammen, zeigen etwas verschiedene Formen; gegenüber den eben besprochenen russischen. Sie sind mehr plattenförmig, die Zone *x y* dominirt, und an ihnen sind die zu Σ vicinalen Flächen vorkommend. Ich werde im Nachfolgenden einen Krystall discutiren, welcher nicht die Fläche $\Theta(\bar{5}\cdot 14\cdot 18)$ sondern nur die hiezu vicinale neue Fläche $\Sigma(\bar{2}56)$ $b^{1}/_{3}\ d^{1}/_{7}\ g^{1}/_{6}$ und ferner die neue Fläche $\Omega(\bar{1}.22.12)$ $b^{1}/_{21}\ d^{1}/_{23}\ g^{1}/_{12}$ zeigte. Die Fig. 6 gibt ein naturgetreues Bild desselben, und lässt hiedurch theils die einspringenden Winkeln, also Zwillingsbildung, theils die monocline vorn und rückwärts ungleiche Ausbildung der Zone *v z* erkennen. An ihm wurden die Flächen beobachtet *A B m d t x y X e v z* η ζ *I i* ν Σ Ω. Obgleich die Reflexe nicht tadellos waren, ferner die für die Charakteristik eines monoclinen Krystalls wichtigsten Flächen *A m c* nicht benützbar waren, so lassen doch die Messungen an den Flächen *e* η erkennen, dass der Bau des Krystalls nicht einfach ist, sondern dass — angedeutet ebenfalls durch die einspringenden Winkel — mehrfache Zwillingslamellen den Krystall zusammensetzen.

[1] Die mit * bezeichneten Messungen charakterisiren den Krystall als monoclin.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

	Beobachtet [1]	Gerechnet monoclin Schrauf	prismatisch Autoren
	$c\,y = 15°37'$	$15°39'$	$y\,c = 15°40'$
	$c\,\bar{y}_c = 15°39'$		
	$c\,x = 29°16'$	$29°15'$	$c\,x = 29°18'$
	$cX = 29°18'$	$29°18'$	
	$'B\,t' = 27°57'$	$27°55'5$	$bt = 27°54'$
	$'e\,\bar{e}_c = 44°19'$	$44°21'3$	$'e\,'e' = 44°23'$
**	$\bar{e}_c\,\eta = 78°56'$	$78°54'3$	$'e\,'e' = 78°59'$
	$'B\,\bar{e}_c = 50°34'$	$50°34'3$	$B\,'e' = 50°31'5$
	$'B\,\bar{z}_c = 67°40'$	$67°41'8$	$B\,z = 67°37'$
	$e\,'e = 78°52'$	$78°51'3$	$e\,'e = 78°59'$
**	$\eta\,e' = 95°19'$	$95°19'3$	$'e\,e' = 95°22'$
	$'z\,\zeta = 72°26'$	$72°26'$	$'z\,z' = 72°30'$
	$'B\,'z = 67°41'$	$67°41'8$	$B\,z = 67°37'$
	$c\,\Sigma = 41°15'$	$41°\ 3'6$	$c\,\mathfrak{S} = 38°26'$
	$\eta\,\Sigma = \ 7°10'$	$6°52'2$	$e\,\mathfrak{S} = 10°30'5$
	$A'\,\Sigma = 73°50'$	$73°42'$	$A\,\mathfrak{S} = 75°55'7$
	$\zeta\,\Sigma = 15°45'$	$15°56'$	
	$t\,\Omega = \ 3°22'$	$3°24'3$	
	$\bar{e}_c\,\Omega = 25°24'$	$25°20'3$	

Die neue Fläche $\Omega(\bar{1}\cdot22\cdot12)$ liegt in der Zone $\eta\,t$, vicinal zu t (vergl. Projection Fig. 1), $\Sigma(\bar{2}\cdot56)$ hingegen in der Zone $m\,\eta$. Σ liegt somit in derselben Zone, in welcher Θ Miller $(\bar{5}\cdot14\cdot18)$ liegt, unterscheidet sich von letzterer jedoch wesentlich in den Winkeln, die ganz genau auf das einfache Symbol $\bar{2}56$ passen. Es ist daher die Vermuthung gerechtfertigt, dass $\Sigma(\bar{2}56)$ die Fläche sei, welche in ihrem Symbol möglichst zu erreichen, die Natur bei der Bildung der vicinalen Flächen $\mathfrak{S}$ $\Theta(\overset{\pm}{\bar{5}}\cdot14\cdot18)$, $D\,(4\cdot11\cdot14)$, $\Delta(\bar{4}\cdot10\cdot13)$ anstrebte [2].

[1] Zu den mit ** bezeichneten Winkeln bemerke ich, dass die Fläche η doppelte Bilder reflectirte; jedenfalls entsprechend der Übereinanderlagerung der Flächen η und $\bar{e}'_c$. Gemessen ward

$$c\,\eta? \begin{cases} 47°25' & \text{sehr matter Reflex} = c\,\bar{e}'_c \\ 47°45' & \text{guter Reflex} \qquad\quad = c\,\eta \end{cases}$$

in Folge dessen ist dann für die übrigen Messungen nur noch der Reflex von η berücksichtigt worden.

[2] Wie schon früher erwähnt, fallen die Flächen Σ, $\mathfrak{S}$, Θ, D vollkommen genau, Δ sehr nahe in die Zone $m\,e$, oder $'m\,\eta$.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Den Brookiten dieses Typus III sind wahrscheinlich auch alle Krystalle unseres Minerals, die von „schweizerischen" Fundorten stammen, zuzuzählen. Es fällt wohl ziemlich schwer, Brookite vom Maderaner Thale, oder von Tête noire zu finden, welche theils genügend grosse Flächenentwicklung, theils ausgezeichnet spiegelnde Flächen zeigen, um an ihnen das Parametersystem festzustellen.

Messungen mit dem relativ geringsten wahrscheinlichen Fehler wegen Beschaffenheit der Flächen erlaubte mir ein Krystall von Tête noire, des bekannten von Kenngott erwähnten Vorkommens, den ich vor einiger Zeit in der Schweiz acquirirte. Der Krystall besitzt eine Form, die jener des Typus I nahekommt (Fig. 8). Die Flächen $e\ \chi$ dominiren, x, y, z fehlen, c ist kaum messbar, nur angedeutet. Die Reflexe sind wohl deutlich, jedoch nicht absolut scharf, so dass die einzelnen Ablesungen einen wahrscheinlichen Fehler von $\pm 3'—6'$ haben. Die Fläche m' gibt scharfe Doppel-Reflexe, ein Merkmal, dass dieselbe aus m' und $\bar{m}_c$ zusammengesetzt ist. Hiermit stimmen auch die betreffenden Messungen:

	beobachtet	gerechnet monoclin
$m\ m'$	99°56'	99°51'
$t\ t'$	56° 6'	55°51'
$e\ t$	61°58'	62° 4'5
$e\ 'e$	95°39'	95°19'
$e\ e$	95°44'	
$e\ 'e$	78°59'	78°51'
$\chi\ 'e$	79° 3'	78°57'
$e\ \chi$	44°24'	44°22'
$'e\ 'e$	44°28'	
$e\ t$	28°58'	28°44"
$m^1\ \chi$	45°31'	45°46'
$m'_1\ e$	83° 3'	$\bar{m}_c\ e =$ 83° 0'
$m'_2\ e$	83°13'	$m'\ e =$ 83° 9'
$m'_1\ t$	55°12'	$\bar{m}_c\ t =$ 55°17'
$m'_2\ t$	55°25'	$m'\ t =$ 55°22'6
$c\ m'_1$	89°58'	$\bar{m}_c\ c =$ 89°55'
$c\ m'_2$	90°12'	$m'\ c =$ 90° 5'
$lf\ m'$	117°12'	117°11'

Obgleich diese Messungen, namentlich aber $e\ \chi$, nicht vollkommen mit der Rechnung übereinstimmen, so ist doch der Gang

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der übrigen Differenzen ein so unregelmässiger, dass aus ihm schon die Unmöglichkeit erhellt, etwa Correctionen des Parametersystems ableiten zu können.

Ich glaube desshalb, unbedingt diese Krystalle der Schweiz dem Typus III anreihen zu können. Geringfügige Differenzen in den Werthen der Constanten a, b, c, zeigen dieselben, welche auch wahrscheinlich an noch besserem Materiale, wenn solches überhaupt zu finden, noch intensiver hervortreten werden. Die Zahlen aber für m_1' m_2' lassen jetzt schon zur Genüge erkennen, dass der Axenwinkel γ nur unbedeutend von der für den Typus III geltenden Zahl $\gamma = 90° 6'$ im additiven Sinne abweichen kann.

§. 5.

Nachtrag zu: Brookit Typus III.

In diesem Zusatze beabsichtige ich die nach Beendigung meines M. S. erschienene Arbeit des Herrn Prof. Rath mit wenigen Worten zu discutiren. Mein hochgeehrter Freund hat in den Monatsberichten der Berliner Akademie, 1875, p. 535 Messungen publicirt, welche sich auf russische Brookite beziehen, ferners hervorgehoben, dass wenigstens für dieses Vorkommen kein Grund vorliegt, die bisher allgemein angenommene Ansicht über das (prismatische) Krystallsystem zu ändern, und meine Hypothese (monoclines System) zu acceptiren. Dem genannten Autor muss entgangen sein, dass ich schon 1873 (vergl. oben) für den Typus III (Russland) den Axenwinkel zu nur $\gamma = 90° 6\frac{1}{2}'$ angab. In der That lassen aber die Differenzen seiner Beobachtungen gegen die Rechnung keinen Beweis „gegen" dieses γ und das monocline System zu. Die Differenzen betragen nämlich im Mittel für die einzelne Messung circa $1\frac{1}{2}'$ sowohl gegen die prismatische Rechnung, als auch gegen die von mir monoclin durchgeführten Bestimmungen. Ja, wollte man aus seinen beobachteten Winkeln den Axenwinkel ableiten, so käme man unmittelbar wieder zum monoclinen Systeme. Für die Erkennung und Unterscheidung zwischen prismatischem und monoclinem Systeme haben nämlich nicht alle Winkel gleiche Werthe. Jene Messungen, welche den Axenwinkel direct geben, sind von weit höherem Gewichte als ganz untergeordnete Pyramidenwinkel.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Discutirt man in diesem Sinne den Winkel vom Prisma zum Doma:

	Rath beob.	Rath prismat. gerechnet	Schrauf monocl. gerechnet
$Mt = (110)(021) =$	55°18′	55°18′54″	55°17′ 5″
$M^3t = (\bar{1}10)(021) =$	55°22′	55°18′54″	55°22′45″

so sieht man, dass diese Messungen mit meinen Rechnungen fast vollkommen stimmen. Ja noch mehr. Legt man diese Beobachtungen Rath's der Bestimmung des Axenwinkels γ zu Grunde, z. B. mit Kokscharow's Werthen

$$Bt = 27° 53′ 55″ \quad BM = 49° 55′$$

oder mit meinen Zahlen

$$Bt = 27° 53′ 5 \quad Bm = 49° 55′ 5,$$

so erhält man im Mittel für den Axenwinkel, und zwar für

$$\sphericalangle (100)(001) = AC = 180 - \gamma = \sphericalangle MBt = 87° 57′ 8$$
$$\sphericalangle (100)(001) = A'C = \gamma = \sphericalangle M^3Bt = 90° 7′ 0.$$

Diese Messungen ergeben somit, dass der vordere Quadrant < 90, der rückwärtige Quadrant $> 90°$ und der Axenwinkel im Mittel 90° 4′ 35″ ist. Ich habe aus meinen Beobachtungen $\gamma = 90° 6′ 30″$ abgeleitet (vergl. Anzeig. Akad. 1873). Ich glaube daher die Beobachtungen meines hochgeehrten Freundes nicht als eine Widerlegung, sondern vielmehr als eine Bestätigung meiner eigenen Messungen und Rechnungen ansehen zu können.

§. 6.

Schlussfolgerungen.

Die Thatsache, dass Brookit im monoclinem Systeme krystallisirt, ist sowohl für die optischen als auch für die chemischen Beziehungen unseres Minerals von Wichtigkeit.

In erster Beziehung erinnere ich an seine bekannte Dispersion der optischen Axenebenen. Eine solche Dispersion, obgleich theoretisch möglich, eint sich doch schlecht mit der aus zahlreichen Beobachtungen abgeleiteten optischen Symmetrie des prismatischen Systems. Sie ist hingegen als Dispersion croisée eines der Hauptmerkmale für die asymmetrischen Systeme. Durch den Beweis, dass Brookit monoclin krystallisirt, erleichtert sich auch die theoretische Erklärung dieses optischen Phänomens.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Frage: ob die Bissectrix vollkommen mit der Normale auf $A(100)$ zusammenfällt, konnte ich durch meine Beobachtungen nicht beantworten. Eine Platte parallel $B(010)$ zu schneiden ward wohl versucht, der Schliff missglückte jedoch. Sollte aber die Bissectrix wirklich mit einer morphologischen Axe nahezu coincidiren, so wäre auch diess kein Beweis für das prismatische System. In der That haben bereits mehrfache Beobachtungen gelehrt, dass monocline Krystalle mit scheinbar prismatischer Symmetrie auch häufig in der Lage der Polarisationsaxen die prismatischen Verhältnisse imitiren. Ich erinnere an Ferro-Cyankalium, an Ferri-Cyankalium, Luteocobaltchlorid, Kaluszit, schwefelsaures Amarin, an Glimmer.

Zweitens. Für einzelne Glieder der Gruppe Titansäure gewährt die Isomorphie einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung der chemischen Formel.

Die bekannten Analogien von Rutil und Zinnstein erlauben für beide an einerlei schematischen Formel festzuhalten.

Das letzte Hinderniss, um die Isomorphie von Brookit und Wolframit als wohlbegründet anzusehen, schwindet heute mit dem Beweise, dass Brookit monoclin ist. Es lassen sich hieraus Folgerungen ziehen, welche die chemische Constitution unseres Minerals betreffen. Die Geschichte des Wolframit hat mit der des Brookit Ähnlichkeit. Beide Mineralien wurden lange Zeit für prismatisch gehalten, bis genauere Messungen nicht blos die Existenz der monoclinen Formen, sondern auch die von verschiedenen Varietäten sicherstellten. Die wenigen Analysen des Brookits sind nicht im Stande, über etwa vorkommende Veränderungen der chemischen Substanz durch vicariirende Elemente allseits genügenden Aufschluss zu geben. Anders hingegen bei Wolframit, von welchem manganreiche und manganarme Varietäten untersucht sind, und deren morphologische Bestimmung auch Differenzen in den Winkeln ergab. Stellen wir die Prismenwinkel des Brookit den von Groth für die Wolframgruppe bestimmten Prismenwinkeln gegenüber:

Brookit	Typus III	49°55′		$FeWO_4$	50°31′
	„ I	49°50′		$(FeMn)WO_4$	50°21′
	„ II	49°44′		$MnWO_4$	50°15′

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

An beiden Mineralien finden wir ähnliche Variationen. Die Folgerung von den Winkeln auf die Qualität der Beimengungen ist nicht statthaft. Mit Sicherheit lässt sich nur behaupten, dass die Varietäten des Brookits hervorgerufen sind durch Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung, deren Charakter erst genauer festzustellen ist. Unter den mit Ti verknüpften Grundstoffen spielt, wie die bisherigen Analysen zeigen, Fe eine hervorragende Rolle. Wahrscheinlich vermag aber auch SiO_2 einzutreten, da Maskelyne die Isomorphie von Asmanmit und Brookit fand.

Ich versuchte durch Dichtenbestimmungen die drei Varietäten des Brookits zu sondern. Ich fand für den Typus I $D = 4{\cdot}15$; für einen kleinen Krystall (Gew. $= 0{\cdot}05$) des Typus II $D = 4{\cdot}21$; für einen sehr kleinen (Gew. $= 0{\cdot}01$) Krystall vom Ural $D = 4{\cdot}11$.

Romanowsky gibt (Gornoi J. 1852, p. 356) für die durchsichtigen Krystalle vom Ural $D = 4{\cdot}21 - 4{\cdot}23$ und für einen undurchsichtigen $D = 4{\cdot}15 - 4{\cdot}16$ an. Kokscharow hingegen führt in seinen Materialen (vol. 1, p. 67) $D = 4{\cdot}1389 - 4{\cdot}1410$, ebenfalls für russische Vorkommnisse, an. Erstere Zahl ward an einem grossen, letztere an kleinen Krystallen bestimmt. Diese Gegenüberstellung zeigt, dass ein Schluss von der Dichte auf die Varietät nach dem heutigen Stande noch unmöglich ist. Ein ähnliches Verhältniss findet beim Wolframit statt, bei welchem Mineral die Procente des Eisengehaltes mit der Dichte nicht gleichen Gang — den bisherigen Beobachtungen zufolge — einhalten.

Genauerer Untersuchungen wird es ferner noch bedürfen, um den mehrfach beobachteten Glühverlust des Brookits qualitativ zu bestimmen. Erklärt man ihn als Wasser, so lässt sich z. B. die Analyse von Hermann berechnen. Sie führt zu einer Formel für Brookit, die in diesem speciellen Falle lautet: $(H_6\,Fe_2\,Ti_{46}\,O_{98})$.

Sowohl diese kurze Erörterung der Analysen, als auch die Rücksichtname auf die Isomorphie von Brookit und Wolframit lehrt, dass die Annahme einer Formel mit 8 Valenzen für unser Mineral kaum statthaft ist. Will man aber eine Interpretation der Analysen in einem anderen Sinne versuchen, nämlich H und Fe vorläufig als unwesentlich aus der Formel weglassen, letztere

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

möglichst vereinfachen und ferner die Trimorphie durch Polymerie erklären — dann wäre die kleinstmögliche Formel für Brookit $Ti_2 O_4$. Die Isomorphie von Brookit und Wolframit zwingt nämlich, für Brookit eine Verdopplung der Molecularformel zuzugestehen und für beide Stoffe die Summe der Valenzen gleich, etwa mit der geringsten Zahl 16, anzunehmen.

Die allgemeine Formel $RR'O_4$ mit 16 Valenzen kommt aber auch bei anderen Mineralgruppen vor. Pucherit $BiVO_4$ zeigt partielle Homöomorphie mit Brookit. Die Gruppe von $PbMO_4$ ist hingegen pyramidal und ist annähernd homöomorph mit Anatas. Mit letzterem ($ee' = 121° 16'$) sind wahrhaft isogon nur Apophyllit ($pp' = 121° 4'$) und Calomel ($ee' = 120° 16'$). Von der Constitution dieser zwei Mineralien ist kaum ein Rückschluss auf das Molecul des Anatas möglich. Es ist somit nur der Vergleich von Rutil und Zinnstein, von Brookit und Wolframit wahrhaft begründet und für die Bestimmung des chemischen Molecüls der Titansäuremodificationen von einigem Werthe.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Fig. 1.

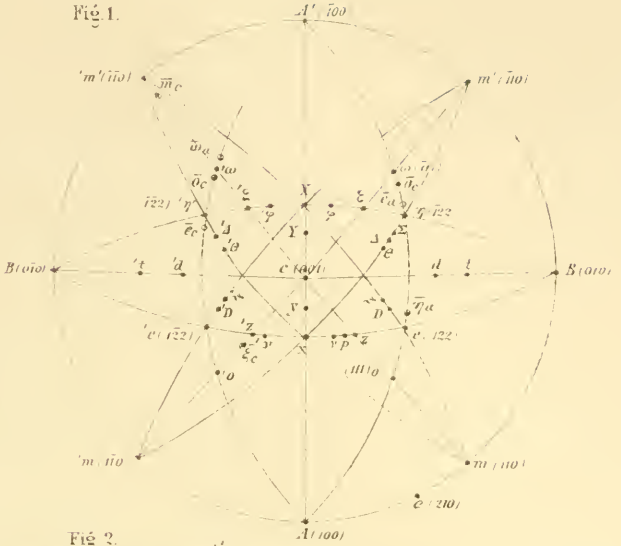


Fig. 2.

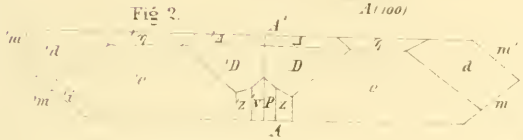


Fig. 3.

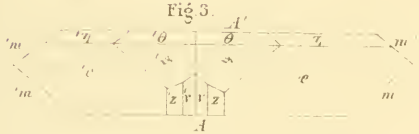


Fig. 4.

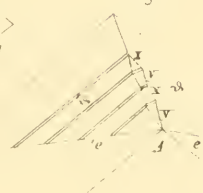


Fig. 5.

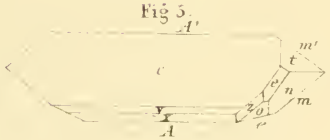


Fig. 8.

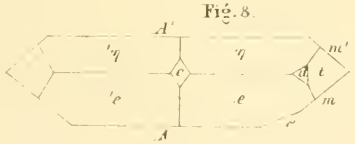


Fig. 6.

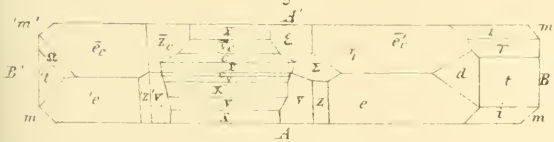
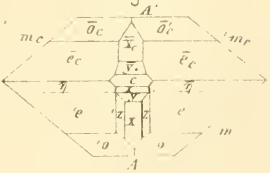


Fig. 7.



Lith. v. ... Druck v. ... Wien.

Sitzungsb. d. kais. Akad. d. W. math. naturw. CLXXIV Bd. I. Abth. 1876.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: 74

Autor(en)/Author(s): Schrauf Johann Albrecht

Artikel/Article: Mineralogische Beobachtungen VI. 535-558