

XXI. Bemerkungen über optische Symmetrieverhältnisse mit besonderer Rücksicht auf Brookit.

Von

A. Schrauf in Wien.

Im Novemberhefte der Wiener Akademie veröffentlichte ich eine Untersuchung über Brookit^{*)}, welche ich »morphologische Studien« nannte. Nicht ohne Absicht ward dieser Titel gewählt, denn er sollte die Beschränkung einerseits auf das specielle krystallographische Gebiet, anderseits auf die dem Verfasser zugänglichen Varietäten andeuten. Es fehlen ja noch die präzisen Werthe für Arkansit, Eumannit, und für die Brookitvarietäten von Oisans, Galenstock, Schottland, und von anderen untergeordneten Localitäten.

Das Materiale theilt sich in zwei morphologische Gruppen: in Krystalle mit deutlich monokliner Flächenentwicklung und in solche mit scheinbar vollkommenem prismatischem Habitus. Namentlich die Formen des Typus I sind so schön ausgebildet, dass die grossen Krystalle von Tremadoc als monosymmetrische Demonstrationsobjecte dienen können. Im Gegensatze hierzu ist der Axenwinkel des Typus III so wenig von 90^0 verschieden, dass es fraglich erscheint, ob nicht doch die Substanz exact rhombische Symmetrie besitzt. Hier helfen aber die Zwillingstreifen die Gestalt richtig zu definiren. In der That hat schon 1863 Quenstedt (Mineralogie p. 644) die Zwillingstreifen der Ural'schen Brookite dahin gedeutet, dass »dieselben eine versteckte Hinneigung zum monoklinen Systeme andeuten können«. Ich adoptire auf Grund meiner Messungen für Brookit das monokline System. Die optischen Beobachtungen lassen keinen »absolut« sicheren Gegenbeweis zu, sie zeigen vielmehr eine Asymmetrie, die im rhombischen Systeme zu den seltensten Fällen gehört.

In den eingangs erwähnten morphologischen Studien wurden die optischen Eigenschaften des Brookit nur flüchtig erwähnt, weil dieselben im Gegensatze zu den exacten Messungen von weitaus geringerem mathema-

^{*)} Ein Auszug derselben befindet sich unter XXIII i. d. Heft.

D. Red.

tischem Gewichte sind. Sie können ferner in Folge der Untersuchungen von Beer (Pogg. Ann. 1854. vol. 82), Grailich und Lang (Wien. Sitzb. 1857. XXVII.) und namentlich von Descloizeaux (1859. Sur l'empl. pag. 26. 1862. Observat. sur modific. perman. pag. 11 et 12. 1867. Nouv. Rech. pag. 45. 1874. Mineral. II, 207.) als grossentheils bekannt vorausgesetzt werden. Auch jetzt noch würde ich meine Beobachtungen über die optischen Verhältnisse des Brookits nicht für so wichtig halten, um ihnen allein eine besondere Notiz zu widmen, würden sich nicht einige Deductionen allgemeinen Charakters daran knüpfen lassen.

Alle bis jetzt untersuchten Axenplatten zeigen bekanntlich die positive Bisectrix circa senkrecht zu dem gestreiften Pinakoide a $(100) \infty P \infty$. Doch nicht alle Beobachter schildern das Axenbild gleich. Beer und Descloizeaux (für Snowdon und Oisans) geben an, dass für alle Farben die Axenebene parallel der Basis ist, während Grailich-Lang und Descloizeaux (für helle Oisans) eine Kreuzung der Axenebenen der rothen und grünen Strahlen notiren. Möglich ist, dass die Absorption von grün und blau in einzelnen Fällen die Kreuzung der Axenebenen verschleiert. Da aber die Axenwinkel selbst von den Autoren different angegeben werden (Grailich-Lang, Snowdon: $EE' = +65^{\circ}$ roth *), $EE' = -40^{\circ}$ grün; Beer, kleiner Axenwinkel; Descloizeaux, Dauphinée: $EE' = +42^{\circ}$ roth], so ist es wahrscheinlicher, dass, so wie morphologisch, so auch optisch nicht alle Brookitvarietäten gleichwerthig sind. Auch für die optische Theorie ist diese Thatsache wichtig; am wichtigsten jedoch die Angabe, dass bei einzelnen Varietäten die Axenebenen für roth und blau um 90° gegen einander gedreht sind, während keine solche Kreuzung, sondern ein normaler Verlauf des Axenbildes für alle Farben (Descloizeaux: à toutes les couleurs du spectre) an Krystallen von Oisans und Snowdon beobachtet ward.

Meine dünnen, hellblonden Platten von Schweizer (Maderaner) Brookit zeigen die Kreuzung der Axenebene sehr schön, doch stimmen die Axenwinkel nicht mit den obigen bekannten Angaben. Im monochromaten Lichte treten die Hyperbeln für Na und Tl scharf hervor, weniger deutlich in Lithiumbeleuchtung. Die äusserst sichtbaren Blau (Fraunhof. G. circa) und Roth (circa Fraunhof. B.) lassen sich im Tageslichte an den Axenpunkten annähernd messen. Für den scheinbaren Axenwinkel in Luft ward erhalten an der Platte

*) Ich bezeichne die Axenwinkel parallel der Basis mit $+$; die parallel der Streifung mit $-$; um den fraglichen Durchgang des Axenwinkels durch Null leichter hervorheben zu können.

	I	II
äusserst roth (B)	+ 35°	
Li	+ 29°	Li + 26°
Na	+ 28°	Na + 28°
grün	— 35°	
Tl	— 37°	Tl — 35°
blau (G)	— 75°	

An der zweiten Platte war ganz deutlich, sowohl durch directe Messung, als auch durch blosse Betrachtung der Platte in monochromatem Lichte zu erkennen, dass die Hyperbeln für roth enger an einander liegen als für gelb. Also eine Dispersion $\varrho < \gamma\lambda$. Die erste Platte gab für *Li* und *Na* fast gleiche Zahlen, ϱ unbedeutend grösser wie $\gamma\lambda$.

Lässt man auch vorläufig die Frage: »ob bei einzelnen Varietäten $\varrho < \gamma\lambda$ sein kann« unerledigt — so zeigt doch schon die Zahlenreihe des Axenwinkels in I mit $\varrho > \gamma\lambda$ Eigenthümlichkeiten, welche nicht ermöglichen, diesen Winkel direct als Function der Dispersionsconstanten der Brechungsexponenten anzusehen. Bei der bekannten Hypothese (Grailich-Lang), welche letztere Erklärung adoptirt, muss der Axenwinkel von Roth beginnend abnehmen, für eine intermediäre Farbe Null werden und hierauf für das andere Ende des Spectrum zunehmen. Der Verlauf der Axenwinkel soll, dieser Annahme zufolge, der Wellenlänge proportional sein, und die Differenzen von λ^2 müssten commensurabel zu den Differenzen der Axenwinkel sein. Hiermit stimmen aber, wie man aus dem Folgenden ersehen wird, die Beobachtungen am Brookit nicht.

Rechnet man, um sich über den annähernd richtigen Verlauf der Function am Brookit Rechenschaft zu geben, die innern wahren Axenwinkel VV' . Man kann hiezu — ohne allzu grosse Fehler zu machen — nach Analogie mit Anatas für die Fraunhofer'schen Linien die Brechungsexponenten $\mu_B = 2.2$, $\mu_C = 2.3$, $\mu_D = 2.4$, $\mu_E = 2.5$, $\mu_G = 2.7$ adoptiren. Dann ist

VV'_B	= + 15° 40'	λ^2_B	473
$VV'_C \sim VV'_{Li}$	= + 12° 30'	λ^2_C	434
$VV'_D = VV'_{Na}$	= + 11° 30'	λ^2_D	348
$VV'_E \sim VV'_{Tl}$	= — 13° 50'	λ^2_E	278
VV'_G	= — 26° circa	λ^2_G	186

Diese Zahlenreihe für VV' verläuft nicht parallel mit λ^2 , sondern zeigt zwischen VV'_D und VV'_E einen bemerkenswerthen Sprung von circa 25½°. Wären die Brechungsexponenten μ nicht so hoch gewählt, so würde die Intermittenz der Function noch grösser geworden sein. Dieselbe tritt ja eclatant in dem scheinbaren Axenwinkel hervor, wo $EE_{Li} = EE_{Na}$ um 65° von EE_{Tl} differiren. Diese Beobachtungen sprechen daher für eine Asym-

metrie, für eine Discontinuität im Verlaufe des Axenwinkels am Brookit. Letzteres wird noch durch die Thatsachen: 1) dass durch Erwärmung der Axenwinkel für ϱ nicht der Null genähert wird; 2) dass bisher kein Autor ein Nullwerden des Axenwinkels beobachtet hat, bekräftigt. Auch ich konnte nicht an meinen Platten für zwischen Na und Tl liegende Farbencombinationen ein Axenbild hervorrufen, welches sich irgend wie als einaxig deuten liesse. — Alles Diess eint sich schlecht mit jener Theorie prismatischer Körper, nach welcher sich der Axenwinkel proportional der Wellenlänge ändern, und deshalb durch die Nullstellung in gekreuzte Position übergehen soll. —

Aehnlich und doch wieder verschieden von Brookit sind die Phänomene an Chrysoberyll, chroms. Magnesia-Ammon, Glauberit, Gyps, melliths. Amm., Sanidin, weinsaur. Natron-Ammon-Kali und Leadhillit.

Es muss wohl unterschieden werden zwischen den Substanzen, die erst bei einer Veränderung der Temperatur ein Zusammenfallen der Axen zeigen, und jenen Körpern, bei welchen wir dieses Phänomen bei gleichbleibenden t^0 sehen. Im ersteren Falle wird die »Refractions-« und die Dispersionsconstante der Brechungsexponenten durch die Wärme geändert, während im letzteren Falle bei gleichbleibendem Brechungsexponenten nur dessen Dispersionsconstante den Axenwinkel influenziren kann. Da trotz des scheinbaren Zusammenfallens der optischen Axen in eine dennoch solche zweiaxige Körper — wie dies schon Groth in seiner Krystallographie treffend hervorgehoben hat — nicht als wahrhaft einaxige Substanzen anzusehen sind; so ist für die erste Gruppe der Substanzen (es gehören hiezu Glauberit, Gyps, Leadhillit) der Schluss erlaubt: dass dieselben sicher nicht bei jener Temperatur entstanden sein können, in welcher sie Einaxigkeit zeigen. Es verstösst nämlich selbst diese scheinbare Einaxigkeit solcher Körper gegen deren Symmetrie und sie ist nur dann möglich, wenn durch äussere Kräfte — also $f(t^0)$ — die innere Symmetrie der Struktur überwunden wird.

In die zweite Gruppe, welche bei gewöhnlicher Temperatur — bei welcher zugleich einige der Körper sicher entstehen können — Kreuzung der Axenebenen oder Nullwerden des Axenwinkels zeigen, gehören die gemischten Substanzen: chromsaur. Magnesia-Ammoniak und weinsaures Natron-Ammoniak-Kali. Weil dieselben den Charakter von Mischungen haben, so haben sie für die nachfolgenden Deductionen weniger Gewicht und können hier übergangen werden. Zu besprechen ist hingegen mellithsaur. Ammoniak, dem sich Chrysoberyll anreihen lässt, weil beide Substanzen trotz ihres prismatischen Charakters ähnliche Phänomene wie Brookit zeigen. Hervorzuheben ist jedoch, dass an diesen zwei genannten Körpern ein wahrer Durchgang des Axenwinkels durch Null beobachtet ward, welcher nöthig ist, will man den continuirlichen Verlauf der Axen-

winkeländerung durch die bekannte Annahme von Grailich und Lang (Wien. Sitzb. 1858, XXXIII) dass die Dispersionsconstante von β kleiner ist wie jene von γ , erklären. Lässt man auch die naheliegende Frage unberücksichtigt, warum hier Refractions- und Dispersionsconstanten in ihren relativen Grössenverhältnissen geändert sind; so darf man doch der scheinbaren Einaxigkeit einige Worte widmen. Postuliren wir die denkbar möglichen Fälle: 1) Chrysoberyll und mellithsaures Ammoniak besäßen sehr grosses Absorptionsvermögen für alle Strahlen, in denen sie zweiaxig erscheinen oder 2) der Mensch hätte einen beschränkteren oder etwa gar monochromaten Farbensinn. In beiden Fällen würden wir diese Substanzen nicht scheinbar, sondern wirklich einaxig genannt haben, und die ganze optische Theorie der Zweiaxigkeit rhombischer Krystalle wäre für dieselben nicht passend. Es lässt sich aber erkennen, dass dies scheinbare Einaxig-Werden beider Substanzen mit einer ganzen Gruppe von Erscheinungen zusammenfällt und einerlei Grund hat.

Schon vor längerer Zeit hat der Verfasser in Leonhard, Jahrb. 1865, pag. 46 und in seinem Lehrbuche 1868, § 144, hervorgehoben, dass bei einem dominirenden Grundprisma von circa 60° die Bissectrix zweiaxiger Krystalle fast immer normal zur Basis — also analog der hexagonalen Symmetrie — ist; dass mit der Annäherung des Prismenwinkels an 60° auch die Brechungsexponenten β, γ oder α, β immer geringere Differenzen zeigen. Die optische Orientirung eines prismatischen — ja selbst eines monoklinen — Krystalls mit hexagonalem Habitus ist somit vielfach ähnlich der Orientirung eines wahrhaft sechsgliedrigen Körpers. Aber hiemit schliesst die Analogie noch nicht ab. Gerade einige Körper dieser Gruppe zeigen Dimorphie, und deren allotrope Modifikation krystallisirt dann wahrhaft hexagonal. Ich erinnere an CaCO_3 , an KNO_3 an K_2SO_4 . (Letzteres hexagonal in Combination mit Na_2SO_4). Auf diese Analogien muss hingewiesen werden, wenn man zu erklären versucht, warum bei Leadhillit der Axenwinkel $16^\circ-0^\circ$; bei Glimmer die Axenebene bald parallel, bald senkrecht zur Makrodiagonale der Basis; bei Chrysoberyll und melliths Ammoniak der Axenwinkel für einzelne Farben gleich Null ist. Bei Chrysoberyll ist die Bissectrix parallel den Kanten des Prisma $\infty P = 60^\circ 14'$, parallel welchem die so häufige Zwillings- und Drillingsverwachsungen auftreten. Und so wie die Alexandritkrystalle die hexagonale Symmetrie, so imitirt der Chrysoberyll selbst die hexagonale optische Einaxigkeit. Mellithsaures Ammoniak — auch von mir wurden einige Platten untersucht — ist nach G. Rose dimorph, oder in zwei differenten Formen vorkommend. Die Form A mit $\infty P = 60^\circ 19'$ ist parallel ∞P spaltbar und verwittert schnell. Beide Eigenschaften zeigten meine Platten. Aber auch die optischen Angaben von Grailich-Lang können sich nur auf diese Form A beziehen, denn auch sie erwähnen dieser zwei Eigenschaften,

welche der Form *B* fehlen. Die scheinbar hexagonalen Säulen des mellithsauren Ammoniak sind nun in der That für gewisse Farben scheinbar einaxig. Man kann daher sagen: dieselbe Täuschung, welche die Natur an einigen Krystallen durch deren hexagonalen Habitus beabsichtigt, wird durch die optischen Verhältnisse — wenigstens für eine Farbe — fortgesetzt. Ferner: der Hauptschnitt durch das Elasticitätsellipsoid parallel der Basisfläche nähert sich um so mehr der Kreisform, je näher die Basis selbst dem Hexagon kommt.

Brookit gehört seiner Form nach sicher nicht zu einer Gruppe, bei welcher sich die hexagonale Symmetrie in den optischen Verhältnissen widerspiegelt.

Analogien, wie die eben entwickelten zwischen hexagonal und prismatisch, finden wir auch bei anderen Systemen, z. B. zwischen monoklin, prismatisch und pyramidal.

Eine ähnliche, wenn auch minder hervortretende Rolle, wie der Prismenwinkel 60° , spielt der Winkel $\infty P = 90^\circ$. Ein gutes Beispiel für letzteren Winkel liefern die von Topsöe (1872, Wien. Sitzb. pag. 66) beobachteten Berylsulfat und -seleniat, sammt deren Mischungen. Ersteres ist tetragonal, letzteres rhombisch, aber doch zum ersten nahezu isomorph und mit einer Lage der Bissectrix (*c b a*), die den Kanten des Prisma von ca. 90° parallel ist. In dieser Gruppe ist aber auch eine Kreuzung der Axenebenen, ein Nullwerden des Axenwinkels beobachtet. Dieselben Phänomene zeigt monokliner Sanidin. Hier liegt die Bissectrix nahe parallel (5° circa geneigt) den Kanten des bekannten Doma *n*, also jener Gestalt, welche in ihren Winkeln weniger als 10 Minuten von 90° differirt. Und so wie die Lage der Bissectrix, so wird auch durch das Axenbild selbst — wenn auch nur bei gewissen t^0 — optische tetragonale Symmetrie und Einaxigkeit imitirt. — Auch dieser Gruppe mit 90° Prismenwinkel lässt sich Brookit nicht beizählen.

Auf Grund des bisher Besprochenen erheben sich nun Zweifel, ob die Anwendung der Theorie von Grailich und Lang auf Brookit ebenso möglich und richtig ist, wie vielleicht auf Glimmer, Cymophan und auf die gemischten künstlichen Krystalle. Es ist aber diese Hypothese nicht die einzige, welche das Phänomen am Brookit — wenn auch nicht erklären — doch in unsere Vorstellungen über optische Symmetrie einreihen hilft. Erklärungsgründe anderer Art sind nun die folgenden:

1) Das bekannte Phänomen der Axenkreuzung am Sanidin kann zur Erklärung der Verhältnisse des Brookit benutzt werden. Und in der That hat schon Descloizeaux 1862 (Modificat. perman.) gesagt: *Il existe donc une grande analogie entre la constitution physique de ces deux minéraux (Brookit . . .) et celle des feldspaths du cinquième système cristallin.* Bei Brookit und Sanidin sind die Axenbilder nahe symmetrisch um einen

Punkt. Bei Sanidin beträgt die Differenz der Bissectrix für $\varrho, \gamma\varrho$ nur $\frac{1}{2}$ Grad. Man kann, will man keinen neuen überflüssigen Namen creiren, auch diese Kreuzung der Axenebene als eine Varietät der Dispersion croisée bezeichnen. Diess um so leichter, da der Autor dieses Namens die Erscheinungen nicht auf die Lage der Hauptschwingungsaxen, sondern vielmehr auf das Axenbild basirt hat. Er sagt: *Disposition des anneaux rouges et des anneaux violets est symétrique autour de même point.* Natürlich lässt sich gegen die Anwendung dieses Namens Manches einwenden, doch ist auch anderseits die Benutzung dieser französischen Bezeichnung ohne weitere theoretische Consequenzen. Im Deutschen können wir sowohl bei Brookit als bei Borax von einer Kreuzung der Axenebenen sprechen. Im Allgemeinen werden für beide Abarten der Kreuzung der Axenebenen die, der mittleren Elasticitätsaxe b zugehörigen Hauptschwingungsrichtungen für roth und violett Winkel 0° — 90° mit einander machen.

Bei Sanidin ist mit der Kreuzung der Axenebene noch eine Dispersion der Bissectrix verbunden. Dadurch wird das Phänomen zu complicirt, als dass es möglich wäre, dasselbe nur durch die Abhängigkeit von der Dispersionsconstante des Brechungsexponenten zu erklären. Tritt in wahrhaft prismatischen Körpern eine Kreuzung der Axenebenen, incl. Nullwerden des Axenwinkels, ein, so kann man derselben eine, wenn auch complicirtere, aber homofocale Wellenfläche mit mehreren Mänteln, deren centraler einaxig ist, zu Grunde legen. Im monoklinen System ist dies nicht mehr der Fall. Finden wir daher an einer Substanz anormale Dispersionsverhältnisse, deren Erklärung schwierig, so müssen wir sicher zuerst hinweisen auf das monokline System, in welchem die scheinbaren Anomalien fast gesetzmässig sind.

Da nun am Brookit der Verlauf des Axenwinkels (vergl. oben) Discontinuitäten anzeigt, da ferner an ihm bisher Einaxigkeit zu beobachten nicht gelang, so ist es sehr wahrscheinlich, dass die Bissectrix für roth und grün nicht exact ident sind, und dass die Erscheinungen an unserer Species ganz analog denen des Sanidin zu betrachten sind.

2) Ein anderer Erklärungsgrund der Erscheinungen kann darin gesucht werden, dass Brookit nicht bei jener Temperatur krystallisirt und gebildet ward, als bei welcher wir denselben jetzt beobachten. Durch eine solche Aenderung der Temperatur könnte — wie schon früher besprochen — auch die »Refraktionsconstante« so influenzirt sein, dass die Kreuzung der Axenebenen möglich wird. Hierzu würde ganz gut die Thatsache stimmen, dass Descloizeaux für Platten von Snowdon und Oisans das Fehlen der Axenkreuzung angiebt. Es wäre dann diese vielfach besprochene Dispersion nur Folge eines modificirten atomistischen Zustandes.

Auch bei Festhaltung dieser Hypothese reiht sich Brookit an Sanidin

an. Denn wie bei Brookit, finden wir dann auch bei den Kalifeldspathen Varietäten mit normaler und anormaler Dispersion.

3) Seit wenigen Jahren erst kennen wir durch Christiansen und Kundt die sogenannte anomale Dispersion des Brechungsexponenten. Dieselbe würde z. B. bei Absorption von grün die Brechungsexponenten für roth vergrössern. Die Frage ist statthaft: kann an farbigen, wahrhaft absorbirenden Krystallen eine solche anomale Dispersion auftreten? Wäre dann die Wirkung derselben nicht ebenfalls einer Verschiebung der mittleren Elasticitätsaxe analog?

Die Beobachtungen an meinen Axenplatten ergaben, dass für Strahlen parallel der Bissectrix die Absorption im Grünblau bei der Fraunhofer'schen Linie *b* beginnt; und zwar für »Vibrationen« senkrecht zur Streifung etwas näher an der Linie *E*, als für Vibrationen parallel dieser Streifung. Analog sind die Beobachtungen von Beer, Pogg. Ann. vol. 82, pag. 436. — Hiermit wären die Hypothesen über die Phänomene der Axenplatten erschöpft.

Die nächste Frage, die sich erhebt, ist die nach der vollkommen genauen Bestimmung der relativen Lage der Bissectrix gegen die Krystall-*axen*. Ob die Bissectrix nicht bloß annähernd, sondern mathematisch genau normal zur Fläche (100) ist, lässt sich auf mehrfache Art zu ermitteln versuchen.

1) Die directe Ermittlung der Stellung des Axenbildes zur Platten-normale, welche z. B. bei Glimmer zu so schönem Resultate (Hintze) führte, ist durch die Streifung des Pinakoids $\alpha(100)$ verhindert. Künstliche ebene Platten haben mathematisch geringere Genauigkeit.

2) Aus der Lage der Hyperbeln für mehrere Farben lässt sich die relative Lage der betreffenden Bissectrix ermitteln. Hier ist aber — wie eine kurze Ueberlegung zeigt — zu diesem Zwecke nur Grün und Blau verwendbar. Letztere Farbe zeigt leider kein scharfes Bild. Meine Beobachtungen *) ergaben folgende Daten:

für grün:	Axenpunkt rechts	109°	links	74°	Bissectrix	94½°
für blau:	»	»	125°	»	50°	» 87½°.

Aus diesen folgt nur die relative Lage der Mittellinien zu einander, nicht aber zur Plattennormale. Wäre es möglich, für Blau ebenso grosse Präcision anzunehmen, wie für Grün, so würden die obigen Messungen beweisen, dass die Bissectrices für beide Farben nicht zusammenfallen. Der wahrscheinliche Fehler für Blau ist jedoch sicher $\pm 1^\circ - 2^\circ$, wodurch auch das Endresultat beeinflusst wird. Letzteres ist deshalb nur wahrscheinlich, nicht aber mathematisch sicher.

*) Bei der Einstellung auf 90° ist die Platte annähernd horizontal.

3) Sollen Platten parallel der Symmetrie mit Aussicht auf Erfolg untersucht werden, so müssen sie für alle Farben durchsichtig sein. Eine von mir 1871 in Andermatt bei Herrn Nager gekaufte Brookitstufe lieferte einen guten ziemlich dicken Krystall. Der mit vielen Vorsichtsmassregeln durchgeführte Schliff ergab trotzdem ein unbrauchbares Präparat. Eine andere Platte aus rothem amerikanischem Brookit erweist sich als stark absorbirend. Hier ist die Hauptschwingung für roth nahezu parallel $\pm 4^\circ$ zur Normale*) auf 400. Platten aus Zwillingsskrystallen zu untersuchen, war bisher nicht möglich. Die dünnen schweizerischen Krystalle, obgleich zwischen dicke Glasplatten gekittet und angeschliffen, gaben noch kein einziges unversehrtes Präparat. Ural'sche Krystalle zu verschleifen, ist aus Mangel an Materiale unmöglich.

Interpretirt man nun alle diese Beobachtungen in der für meine Angabe: »Brookit monoklin« ungünstigsten Weise, so ergibt sich nur das Faktum, dass die Bissectrix mit der Normale auf (400) zusammenfällt. Diess ist noch immer kein Beweis für das prismatische, kein Beweis gegen das monokline System. Zum exacten Beweise für das prismatische System gehört, dass zwei Hauptschwingungsrichtungen vollkommen coincidiren mit den zwei, den Winkel $\eta = 90^\circ 0' 0''$ bildenden Krystallaxen X, Z. So lange dieser Beweis nicht erbracht ist, so lange entscheidet auch die Orientirung von einer Polarisationsaxe in der Symmetrieebene »Nichts« über das System**), selbst wenn dieselbe mit einer scheinbaren Krystallaxe zusammenfällt.

Es lassen sich sogar manche Gründe dafür angeben, dass der bisher wenig theoretisch berücksichtigte Fall: Coincidenz der Polarisationsaxen mit scheinbaren Krystallaxen, oder mit Flächennormalen auf (400), oder (004) — im monosymmetrischen Systeme weit häufiger sein kann, als man es vielleicht heute noch vermuthet. Während man vor einem Decennium eben dieses Faktum fast gar nicht kannte, vermehrt sich nun von Jahr zu Jahr die Zahl solcher Substanzen, die, anfänglich für prismatisch, hexagonal... gehalten, sich jetzt theils auf Grund krystallographischer, theils optischer genauerer Untersuchungen als monosymmetrische Krystalle entpuppen. In manchen Fällen ist die morphologische Bestimmung, in anderen die optische leichter oder schärfer. Jedenfalls ist man berechtigt zu sagen: es existirt eine Gruppe von monosymmetrischen Krystallen, welche die Symmetrieverhältnisse des rhombischen Systems theils in opti-

*) Die Streifung von $\alpha(400)$ verhindert meist, eine ganz scharf contourirte Kante für das Stauroskop zu gewinnen.

**) Optische Beobachtungen haben weit grösseren mathematischen Werth, wenn dieselben als negativer Beweis — gegen das prismatische System — als wenn sie zu einem affirmativen Beweise für dieses System verwendet werden.

scher, theils in morphologischer Beziehung imitiren; ja einzelne Substanzen setzen die krystallographische Imitation auch auf optischem Gebiet fort.

Die morphologischen Verhältnisse sind asymmetrischer als die optischen bei: Brookit, Kaluszit, Leadhillit, Benzylsulfid, Ferridcyanalium, Luteocobaltchlorid.

Die optischen Eigenschaften sind asymmetrischer bei: Glimmer, Ferrocyanalium, schwefels. Amarin.

Doch hat diese Eintheilung wenig Werth, weil die Grenzen der Genauigkeit nicht für alle Substanzen gleich sind.

Es ist einleuchtend, dass mit dem Symmetrischwerden der Formen auch im Allgemeinen die optischen Verhältnisse immer symmetrischer werden müssen. Die Lage der Elasticitätsaxen — eine Function der Substanz — wird auch im monoklinen Systeme von der morphologischen Ausbildung beeinflusst. Sind nun die Formen der \pm Quadranten nahe gleichwerthig — ähnlich also der prismatischen Symmetrie — so wird es a priori wahrscheinlich, dass eine Elasticitätsaxe mit jener morphologischen Axe coincidiren kann und wird, welche die morphologisch ähnlichen \pm Quadranten trennt.

Ich vermute, dass gerade diese Gruppe monokliner Krystalle mit prismatischer Symmetrie es ermöglichen wird, die Relationen zwischen Elasticität und Gestalt aufzufinden. Denn nur in dieser Gruppe kennen wir die wahren morphologischen Axen in der Symmetrieebene, während sonst die Wahl des Axenwinkels $\eta \leq 90^\circ$ meist mehr oder minder willkürlich ist.

Erwägungen dieser Art sind es, welche den Verfasser überzeugten, dass von optischer Seite her sich kein exacter Gegenbeweis gegen die genauen Messungen des monoklinen Brookits erbringen lässt.

Wien, 18. März 1877.