XXV. Ueber einige krystallographische Constanten des Korund.

Von

G. Melczer in Budapest.

(Hierzu Taf. XIV und XV.)

Inhalt.

	Seite
Symmetrie	562
Formen und Axenverhältnisse	564
Sichere Formen	565
Axenverhältniss	566
Formen der gerundeten Partien	568
Formen der Frémy'schen Krystalle	574
Zwillinge	574
Brechungsindices	572
Methode	572
Messungsergebnisse	575

Vorliegende Untersuchungen beziehen sich auf eine Suite von mehr als 150 birmaner Rubinkrystallen, welche ich theils Herrn Prof. Groth, theils Herrn A. Hahn in Idar zu verdanken habe, ferner auf drei ceyloner Korundkrystalle, welche mir ebenfalls Herr Prof. Groth zur Untersuchung überliess (zwei von diesen hat Herr Dr. F. Grünling, kgl. Custos, gesammelt), endlich auf eine Suite künstlicher Frémy'scher Rubinkrystalle, welche mir auf meine Bitte Herr Prof. A. Lacroix zur Verfügung stellte. Es sei mir erlaubt, den genannten Herren für ihre Liebenswürdigkeit auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen, sowie auch Herrn Prof. Krenner, mit dessen Erlaubniss ich diese, im mineralogischen Institute der Münchener Universität begonnenen Studien im mineralogischen Institute der Budapester Universität fortsetzen und beenden konnte.

Der Zweck meiner Untersuchungen war die Ergänzung unserer einiger-massen lückenhaften Kenntniss über dieses Mineral und zwar betreffend seine Symmetrie, sein Axenverhältniss und seine Hauptbrechungsexponenten.

Symmetrie.

Der Korund wurde von jeher für ein trigonal-skalenoëdrisches Mineral angesehen, jedoch Mallard und Tschermak haben auf Grund seines Verhaltens im convergenten polarisirten Lichte diese seine Symmetrie bezweifelt, weil nämlich viele Korundkrystalle ein den optisch zweiaxigen Substanzen ähnliches Axenbild liefern.

Mallard¹⁾ hält ihn deshalb für ein aus optisch zweiaxigen Lamellen gebildetes pseudohexagonales Mineral; Tschermak ebenso²⁾, und zwar möglicherweise für monoklin, indem er darauf hinweist, dass von den Rhomboëderflächen oft eine herrscht und dass die Zwillingslamellen oft nur nach zwei Rhomboëderflächen vorhanden sind, demzufolge auch die Streifung auf der Basisfläche einen monoklinen Charakter hat. Unter den übrigen Forschern hat sich mit der Symmetrie besonders Lasaulx beschäftigt³⁾. Er hat von verschiedenen Fundorten stammende Korunde untersucht und gefunden, dass die optische Zweiaxigkeit dieses Minerals mit dem Vorhandensein der Zwillingslamellen nach den Flächen des Grundrhomboëders und mit der schaligen Zusammensetzung nach den Prismenflächen im Zusammenhange steht, indem solche Krystalle, an welchen Obiges nicht vorhanden ist, ein ungestörtes einaxiges Bild liefern.

Ich kann die Beobachtungen Lasaulx's durch meine Erfahrungen an den birmaner Krystallen nur bestätigen. Ich untersuchte diesbezüglich etwa 50 Krystalle; unter diesen gaben nur sechs ein deutlich zweiaxiges Bild, und fünf von diesen sechs Krystallen zeigten sehr deutlich ein oder mehrere Zwillingslamellen nach ein oder auch zwei Rhomboëderflächen. Verdeckt man diese Theile der Krystalle, so sieht man das ungestörte einaxige Bild, so wie bei denjenigen Krystallen, in welchen keine Zwillingslamelle ist. Dass aber auch diese zweiaxigen Bilder nicht normale sind, kann man bei der Drehung des Krystalles um 45° sehen; es ist dann nämlich nur der innerste, bis zu den ersten Lemniscaten reichende Theil der Hyperbeln sichtbar⁴⁾. Schaut man durch solche Partien, welche Zwillingslamellen nach zwei Rhomboëderflächen enthalten, so ist das Axenbild ganz gestört.

In den Frémy'schen Krystallen sind keine Zwillingslamellen zu bemerken, und sie geben auch sämmtlich ein ungestörtes einaxiges Bild.

Schon dieses optische Verhalten zeigt zur Genüge, dass der Korund optisch einaxig, also — mit Hinzuziehung seiner geometrischen Ausbildung

1) Ann. des mines 1876 (X). Ref. diese Zeitschr. 1877, 1, 349.

2) Min. u. petr. Mittheil. Neue Folge. 1878, 1, 362. Ref. diese Zeitschr. 4, 224.

3) Diese Zeitschr. 1883, 10, 346—365.

4) Genau dasselbe sieht man mit dem Polarisationsmikroskop an dem basischen Schlicke eines Calcitkrystalles, welcher einige Zwillingslamellen enthält.

— trigonal-skalenoëdrisch sei. Um diese Annahme auch geometrisch zu bekräftigen, habe ich an einigen recht gut ausgebildeten Krystallen in allen drei Zonen die Winkel *cr* resp. *ca*, *rr* gemessen¹⁾. (Als Instrument diene bei diesen, sowie bei nachfolgenden Messungen theils ein Fuess'sches grosses Reflexionsgoniometer (Modell Nr. I), theils ein gewöhnliches Reflexionsgoniometer (Modell Nr. II) derselben Firma. Ich habe vor Beginn der Messungen beide in der gewohnten Art rectificirt.) Das Resultat ist folgendes:

	Kryst. 10:	Kryst. 11:	Kryst. 12:	Kryst. 13:	Kryst. 14:	
	57°36' 15"	57°37' 0"	57°39' 0"	57°35' 10"	57°38' 40"	57°36' 0"
<i>cr</i> {	57 38 5	57 37 40	57 34 10	57 36 5	57 34 35	Andere Ende 57 38 30
	57 36 0	57 34 40	57 40 15	57 36 20	57 40 0	57 35 40
	Kryst. 15:	Kryst. 17:	Kryst. 23:	Kryst. 24:	Kryst. 31:	
	57°35' 5"	57°37' 0"	57°37' 25"	94° 4' 15"	90° 0' 0"	
<i>cr</i> {	57 36 0	57 36 0	57 36 20	<i>rr</i> { 93 58 20	<i>ca</i> { 90 0 40	
	57 36 45	57 36 35	57 36 45	94 4 40	89 59 0	

Den Abweichungen ist also keinerlei Regelmässigkeit eigen. Im Einklange mit diesem Resultate stehen auch alle übrigen Messungen, indem sich nämlich für den Fall, dass Korund monoklin wäre, die gemessenen Werthe für *ar* (Zone *arr*), *cn* und eventuell auch für *cr* um zwei Mittelwerthe gruppieren müssten, was aber keineswegs der Fall ist.

Es ist also nach Obigem unzweifelhaft, dass Korund so wie ehemals als trigonal zu betrachten ist.

Was nun den Grad der Symmetrie innerhalb dieses Systems betrifft, so zeugen die Ausbildung der Formen, die Abwesenheit tetartoëdrischer Formen und die an einigen Krystallen beobachteten natürlichen Aetzfiguren für die skalenoëdrische Abtheilung. Nur ein Krystall ist scheinbar hemimorph entwickelt, indem an ihm *r* und *n* an dem einen Ende mit grossen, an dem anderen mit auffallend kleinen Flächen entwickelt sind. Die pyroelektrische Untersuchung desselben nach der Methode Kundt's, welche Herr V. v. Worobieff — gerade mit ähnlichen Untersuchungen an Turmalinen beschäftigt — auf meine Bitte vornahm und mehrfach wiederholte, zeigte jedoch keine Polarität der Hauptaxe. Dementsprechend sind auch die natürlichen Aetzfiguren, wo sie auf beiden Basisflächen vorhanden sind, gleich.

Die **Aetzfiguren**²⁾ bestehen auf den Basisflächen aus dreiseitigen kleinen Vertiefungen (Fig. 18, Taf. XV), mit meist ein wenig gekrümmten Flächen.

1) Bezüglich der Buchstabenbezeichnung der Formen habe ich mich an die neueste (6.) Ausgabe von Dana's System (1892) gehalten. Siehe auch S. 565.

2) Für solche muss man sie wohl halten und nicht etwa für Folgen gestörter Flächenausbildung, da sie an mehreren Krystallen ganz gleichmässig ausgebildet vorkommen.

Auf einigen Krystallen sind jedoch ihre Flächen ganz scharf ausgebildet und an diesen sieht man mit dem Goniometer, dass sie genau in die Zonen cr fallen, also Rhomboëderflächen sind. Ihre Neigung konnte an einem Krystalle auch gemessen werden. Diese Messung deutet annähernd auf $\{433\} = \{4.0.\bar{1}.40\}$:

	Gemessen:	Berechnet:
$(444) : (433) = (0004) : (4.0.\bar{1}.40) =$	$9^{\circ} 42'$	$8^{\circ} 57' 30''$

Auf den Prismenflächen sind die Aetzfiguren rhomboidische Vertiefungen (Fig. 49, Taf. XV): Combinationen von Pyramiden zweiter Art mit ein oder mehr Skalenoëdern. Auf zwei benachbarten Prismenflächen liegen die Aetzfiguren immer symmetrisch zu einander. Nach Bauer¹⁾ ist dasselbe auch für die auf den n -Flächen befindlichen Aetzfiguren der Fall.

Die auf den Flächen des Grundrhomboëders oft vorkommende Streifung in der Zone $[rn]$ kann vielleicht auch als Aetzerscheinung aufgefasst werden; denn wäre sie eine Combinationsstreifung durch Skalenoëder dieser Zone, so würde sie auf der ganzen Fläche vorhanden sein, sie kommt jedoch meist nur in der Nähe der Basisfläche vor.

Auch die Fortwachungsflächen, welche man auf den Basisflächen gewöhnlich bemerken kann, widersprechen der trigonal-skalenoëdrischen Symmetrie nicht. Meist ist eine feine trigonale Streifung parallel den Kanten cr zu bemerken, wie auch an Korunden anderen Vorkommens. An solchen Krystallen, an welchen diese Streifung gröber ist, kann man sehen, dass sie durch Alternation der Basisfläche mit schmalen Flächen des Grundrhomboëders bedingt ist. An vielen Krystallen jedoch nehmen, wie man mit dem Goniometer aus den Reflexzügen sieht, auch Flächen aus den Zonen $[cn]$ und $[cs]$ an dieser Streifung Theil (Fig. 20 und 24), und wenn dann von den alternirenden Flächen einige fehlen, dann sind diese Fortwachsthumsfiguren scheinbar asymmetrisch resp. monosymmetrisch, was Tschermak — wie schon erwähnt — bewog, auf die monokline Symmetrie des Korundes zu schliessen.

An der erwähnten Streifung, welche jedoch oft so fein ist, dass sie die Reflexion gar nicht beeinträchtigt, kann man die Basisflächen, im Falle die Krystalle verzerrt sind, immer gut erkennen, ebenso die Rhomboëderflächen an der erwähnten Streifung.

Schliesslich bemerke ich noch, dass auch die zwischen den Zonen der ebenen Flächen vorhandene Rundung der trigonal-skalenoëdrischen Symmetrie entspricht.

Formen und Axenverhältnisse.

Die von mir untersuchten birmaner Krystalle sind sämmtlich einzelne Krystalle, durchschnittlich hirse- bis erbsengross und mit wenig Ausnahmen

1) l. c. S. 245.

lichtroth, mit sehr wenig bläulicher Farbennüance. Bezüglich ihres Herkommens konnte mir Herr A. Hahn nur soviel mittheilen, dass sie aus den Gruben der Burma Ruby Mining Company stammen. Da sie Habitus, Grösse und Farbe anbelangend ganz den von Bauer¹⁾ beschriebenen Krystallen ähnlich sind, so stammen sie wahrscheinlich auch aus dem krystallinischen Kalke der Rubingegend von Ober-Birma, deren Mittelpunkt Mougouk ist.

Hauptformen der von mir untersuchten birmaner Krystalle sind folgende sehr gewöhnliche Formen:

$$\begin{aligned} c\{111\} &= \{0004\} 0R \\ r\{100\} &= \{10\bar{1}1\} R \\ n\{31\bar{1}\} &= \{22\bar{1}3\} \frac{4}{3}P2 \\ a\{10\bar{1}\} &= \{11\bar{2}0\} \infty P2. \end{aligned}$$

Ausser diesen kommen mit gut entwickelten Flächen nur folgende drei vor, von denen die ersten zwei ebenfalls häufige Formen des Rubins sind:

$$\begin{aligned} w\{41\bar{2}\} &= \{11\bar{2}1\} 2P2 \\ v\{51\bar{3}\} &= \{4483\} \frac{8}{3}P2 \\ \{4\bar{1}1\} &= \{50\bar{5}2\} \frac{5}{2}R^2, \end{aligned}$$

und zwar die erste als herrschende Form an einem Krystalle (Fig. 17), die letzteren zwei an je einem Krystalle mit zwar nur je einer, aber gut ausgebildeten Fläche.

Häufig sind also nur c , r , n und a . Die verschiedene quantitative Ausbildung dieser Formen bedingt jedoch einen sehr wechselvollen Habitus; die diesbezüglichen Typen und einzelne Uebergänge habe ich in Taf. XIV und XV, Fig. 1—17 mit einem Drehungswinkel von 20° und einem Elevationswinkel von 40° construirt. Wie aus den Figuren zu ersehen, kann man tafelförmige, kurzprismatische, prismatische, oktaëderähnliche (wenn c und r gleich gross ausgebildet), rhomboëdrische, tonnenförmige und bipyramidale Typen unterscheiden. Am häufigsten sind die in Fig. 7, 9 und 11 gezeichneten Combinationen, am seltensten Fig. 15, 16 und 17. (Ein Theil dieser Combinationen ist auch in Bauer's Arbeit über den Rubin von Birma³⁾ gezeichnet, jedoch, wie man sofort bemerken und sich durch Construction auch überzeugen kann, mit einem falschen Axenkreuz.)

Sehr häufig kommen auch durch Vorherrschen von zwei oder vier

1) l. c. S. 206.

2) Dieses Rhomboëder ist weder in Dana's Handbuch, noch in Goldschmidt's Index und Winkeltabellen enthalten. Strüver führt für Korund nicht $\{4\bar{1}1\}$ an (Ref. N. Jahrb. f. Min. 1872, 425), sondern $\{411\} = \{01\bar{1}2\}$ (Emaite di Traversella 1872, S. 14). Die Form ist also für Korund neu.

3) l. c. Taf. VII.

Rhomboëderflächen oder von zwei Prismenflächen tafelförmig resp. prismatisch verzerrte Krystalle vor.

Das **Axenverhältniss** des Korund ist aus den Grundwerthen Miller's¹⁾ (und zwar aus cr , rr und cn) berechnet $1 : 4,3630$. Dieses Axenverhältniss wurde von den meisten Forschern, die sich mit Korund beschäftigten, namentlich Kokscharow²⁾, Klein³⁾, Des Cloizeaux⁴⁾, Bauer⁵⁾, Busz⁶⁾, acceptirt. Jeremejew hat auf Grund seiner an turkestanischen Krystallen angestellten Messungen das etwas abweichende Verhältniss $1 : 4,3636$ abgeleitet⁷⁾, und letzteres nimmt Goldschmidt in seinen Winkeltabellen an. Ich habe leider keine Kenntniss davon, wie viel Krystalle Jeremejew zu diesem Zwecke gemessen hat und wie dieselben ausgebildet sind, da mir nur das Referat seiner Arbeit zur Verfügung stand, jedoch dürften dieselben laut seiner Winkeltabelle schwerlich so vollkommen ausgebildet sein, wie meine birmaner Krystalle. Aus diesem Grunde, und weil die Winkelwerthe der übrigen erwähnten Forscher nur formenbestimmenden Werth haben, da sie sich auf je ein bis zwei, und theilweise nicht gut ausgebildete Krystalle beziehen, fand ich es für zweckmässig, das Axenverhältniss des Korundes neu zu bestimmen, was auch Dank dem neuen vorzüglichen birmaner Material gut gelang. Zu diesem Zwecke dienten in erster Linie die Werthe von cr , sodann ar und rr , und aus diesen berechnet sich das Axenverhältniss zu $1 : 1,3652$ oder nach Miller $a = 85^{\circ} 42\frac{2}{3}'$. Die Uebereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten Werthen ist wegen der vorzüglichen Reflexion der Flächen eine sehr befriedigende. (In der Tabelle bedeutet Kr. die Zahl der gemessenen Krystalle und n die der Kanten, $\pm d$ ist die mittlere Differenz zwischen den gemessenen Werthen und dem aus ihnen gebildeten Mittelwerthe, d. h. das arithmetische Mittel dieser Differenzen. Aus der so gebildeten Mitteldifferenz kann man besser beurtheilen, inwiefern die gemessenen Werthe sicher sind, als durch Angeben der Grenzwerte.)

	Gemessen	Kr.	n	$\pm d$	Berechnet:
$cr = (111) : (100) = (0004) : (10\bar{1}4) = 57^{\circ}36\frac{1}{3}'$	46	50	$\frac{3}{4}$	$57^{\circ}36'38''$	
$ar = (10\bar{1}) : (100) = (11\bar{2}0) : (10\bar{1}4) = 42^{\circ}59\frac{1}{2}'$	8	24	$\frac{3}{4}$	43 0 17	
$rr = (010) : (100) = (10\bar{1}4) : (\bar{1}101) = 94^{\circ}0\frac{1}{2}'$	6	9	$1\frac{1}{2}$	93 59 25	
$cn = (111) : (31\bar{1}) = (0004) : (22\bar{1}3) = 64^{\circ}42\frac{1}{4}'$	5	7	$1\frac{1}{2}$	64 43 1	
$rn = (100) : (31\bar{1}) = (10\bar{1}4) : (22\bar{1}3) = 25^{\circ}59\frac{3}{4}'$	3	8	$\frac{1}{2}$	25 59 26	

1) Mineralogy 1852, S. 243.

2) Mat. Min. Russl. 1, 23 und 6, 223.

3) N. Jahrb. f. Min. etc. 1871, 486.

4) Compt. rend. 1888, 106, 567. Ref. diese Zeitschr. 18, 323.

5) l. c. 242.

6) Diese Zeitschr. 15, 622.

7) Ref. diese Zeitschr. 4, 642.

	Gemessen:	Kr.:	n	$\pm d$	Berechnet:
$ow = (111):(41\bar{2}) = (0004):(41\bar{2}1) =$	$69^{\circ}52\frac{3}{4}'$	1	4	$1\frac{1}{4}'$	$69^{\circ}53' 6''$
$ov = (111):(51\bar{3}) = (0004):(44\bar{8}3) =$	$74 39\frac{1}{2}$	1	1	—	$74 38 26$
$(111):(4\bar{1}\bar{1}) = (0004):(50\bar{5}2) =$	$75 46\frac{1}{4}$	1	1	—	$75 45 44$

Hier theile ich ferner die an einem schönen blauen ceyloner Krystalle und die an Frémy'schen künstlichen Krystallen ausgeführten Messungen mit.

Dieser ceyloner Krystall (im Besitze der k. bayerischen Mineraliensammlung des Staates) ist beinahe erbsengross, hellblau und zur Hälfte ausgebildet. Seine herrschende Form ist $n\{31\bar{1}\} = \{22\bar{4}3\}$, deren Kanten schmale Flächen von $r\{100\} = \{10\bar{1}1\}$ abstumpfen. Seine Werthe:

	Gemessen:	n	$\pm d$	Berechnet:
$en^1) = (111):(31\bar{1}) = (0004):(22\bar{4}3) =$	$64^{\circ}42\frac{1}{2}'$	2	0'	$64^{\circ}43' 1''$
$rn = (100):(31\bar{1}) = (10\bar{1}1):(22\bar{4}3) =$	$25 59\frac{1}{2}$	6	$1\frac{3}{4}$	$25 59 26$

Die Frémy'schen Krystalle sind mit Ausnahme einiger grösserer Täfelchen 1—2 mm² gross und von der in Fig. 2 wiedergegebenen Ausbildung, meist aber noch dünner. Ausser der Basis und den Rhomboëderflächen ist an ihnen gewöhnlich auch $n\{31\bar{1}\} = \{22\bar{4}3\}$ mit winzigen Flächen vertreten und an einem Täfelchen (Fig. 22) ist auch noch eine Fläche von $\eta\{22\bar{1}\} = \{01\bar{1}1\}$ vorhanden. Sie sind etwas dunkler gefärbt als die erwähnten birmaner Krystalle und haben einen deutlicheren Stich ins Violette. Mit diesen künstlichen Rubinkrystallen hat sich bereits Des Cloizeaux beschäftigt und sie kurz beschrieben²⁾, jedoch können seine Messungen für die Beurtheilung des Axenverhältnisses nicht massgebend sein; er sagt nämlich, dass die Krystalle nur scheinbar vollkommen entwickelt sind und keine guten Reflexe geben. Ich kann dies von den Krystallen, welche mir durch die Güte des Herrn Prof. Lacroix zur Verfügung standen, nicht behaupten, denn unter ihnen giebt es genug solche, welche ideale Reflexe liefern.

Die gemessenen und berechneten Winkel dieser Krystalle sind³⁾:

	Gemessen:	Kr.	n	$\pm d$	Berechnet:
$cr = (111):(100) = (0004):(10\bar{1}1) =$	$57^{\circ}36\frac{2}{3}'$	11	44	$\frac{1}{3}'$	$57^{\circ}36' 39''$
$cn = (111):(31\bar{1}) = (0004):(22\bar{4}3) =$	$64 43\frac{1}{3}$	3	44	$1\frac{1}{2}$	$64 43 1$
$rn = (100):(31\bar{1}) = (10\bar{1}1):(22\bar{4}3) =$	$25 59\frac{1}{4}$	4	1	—	$25 59 26$
$en = (111):(22\bar{1}) = (0004):(01\bar{1}1) =$	$57 39\frac{1}{3}$	4	1	—	$57 36 39$

Aus diesen und den vorhergehenden Winkelwerthen ist evident, dass das berechnete Axenverhältniss **1 : 1,3652**, welches laut den gemessenen

1) resp. $\frac{nn}{2}$. 2) l. c.

3) Ich kann nicht umhin, an dieser Stelle zu erwähnen, dass ich bei der Messung der kleinen Frémy'schen Krystalle mit Vortheil den Goldschmidt'schen kleinen Justirapparat (diese Zeitschr. 1892, 20, 344) benutzte, indem ich mich von der Stabilität und Brauchbarkeit dieses kleinen Attributes für Goniometer Nr. II überzeugte.

Winkeln bis auf $\pm 0,0004$ sicher ist, **für den Korund im Allgemeinen gültig ist.**

Formen der gerundeten Partien. Die birmaner Krystalle sind zwischen den Flächen der aufgezählten Formen, also in den Zonen $[cna]$ $[nrn]$ $[cr]$ $[ar]$, sowie in der Gegend der negativen Rhomboëder mehr oder weniger gerundet, wie geflossen. Diese gerundeten Partien kann man wohl nicht als Folgen nachträglicher Lösung betrachten, denn die Flächen der Hauptformen sind beinahe immer glatt, spiegeln vortrefflich, und Aetzfiguren kommen auf ihnen selten vor und auch dann sind sie klein und scharf. Ich halte vielmehr diese gerundeten Partien für ursprünglich, da die Krystalle — wie schon erwähnt — wahrscheinlich in Kalken durch Contact-metamorphose entstanden sind, wie die von Bauer beschriebenen birmaner Krystalle. Diese gerundeten Partien können also als Uebergangsflächen im Sinne Goldschmidt's bezeichnet werden.

Auf dem Goniometer liefern diese gerundeten Partien Reflexzüge, welche jedoch nicht so ununterbrochen sind, dass sie durch Interferenz zu erklären wären, sondern die einzelnen Reflexe in ihnen sind spärlicher und einige davon sind relativ lichtstark, so dass sie mit einer Sicherheit von 2—10' einzustellen waren, ihnen entsprechende gut begrenzte Flächenpartien konnte ich jedoch in den meisten Fällen nicht entdecken. Ich habe diese Reflexe an acht Krystallen — an einigen auch mit verschiedener Incidenz — eingestellt und dadurch resultirte eine ganze Reihe von Bipyramiden zweiter Ordnung, ferner (theils von diesen, theils von anderen ähnlichen Krystallen) mehrere positive Rhomboëder und Skalenoëder und ein dihexagonales Prisma, welche sämmtlich in folgender Tabelle enthalten sind. In den negativen Sextanten habe ich blos die zwei einfachen Rhomboëder $\{110\} = \{01\bar{1}2\}$ und $\{11\bar{1}\} = \{02\bar{2}1\}$ gefunden, welche vom Korund bereits bekannt sind. Ausser diesen letzteren werden die gerundeten Partien hier noch von mehreren negativen Skalenoëdern gebildet, aber diese fallen nicht in die Hauptzonen, und wäre ihre Bestimmung demnach mit einkreisiger Messung allzu schwierig gewesen.

Messungen an den gerundeten Partien der birmaner Krystalle.

Negative Rhomboëder.

		Gem.: Kr. $n \pm d$		Berechnet:	
$cs = (111) : (11\bar{1})$	$= (0001) : (02\bar{2}1)$	$= 72^{\circ}23'$	$5\ 7\ 4'$	$72^{\circ}24'$	$7''$
$as = (10\bar{1}) : (11\bar{1})$	$= (11\bar{2}0) : (02\bar{2}1)$	$34\ 23\frac{3}{4}$	$1\ 2\ 1\frac{1}{2}$	$34\ 21\ 40$	
$(111) : (110)$	$= (0001) : (01\bar{1}2)$	$38\ 24\frac{1}{2}$	$1\ 2\ \frac{1}{4}$	$38\ 14\ 42$	

Positive Rhomboëder:

$(111) : (16.13.13) = (0001) : (1.0.\bar{1}.14)$	$6\ 30\ 1\ 1$	$—$	$6\ 25\ 28$
$: (433) = : (1.0.\bar{1}.10)$	$8\ 55\ 1\ 2$	1	$8\ 57\ 30$
$: (755) = : (2.0.\bar{2}.17)$	$10\ 31\frac{1}{4}\ 1\ 1$	$—$	$10\ 30\ 24$

		Gem.: Kr. $n \pm d$ Berechnet:
(111) : (10.7.7) = (0004) : (10 $\bar{1}$ 8)	= 10° 58' 4 1 — 11° 8' 50''	
: (22.13.13) = : (3.0.3.16)	16 22 1 1 — 16 27 59	
: (13.1.1) = : (40 $\bar{1}$ 5)	54 32 1 1 — 54 35 15	
: (16.1.1) = : (50 $\bar{5}$ 6)	52 34 1 1 — 52 43 14	
: (22.1.1) = : (70 $\bar{7}$ 8)	53 58 $\frac{1}{2}$ 1 2 1 $\frac{1}{2}$ ' 54 3 34	
: (38.1.1) = : (13.0.1 $\bar{3}$.12)	59 42 $\frac{1}{4}$ 1 1 — 59 38 54	
: (43.2.2) = : (15.0.1 $\bar{5}$.13)	64 12 $\frac{1}{2}$ 1 1 — 64 11 56	
: (17.1.1) = : (60 $\bar{6}$ 5)	62 3 $\frac{1}{2}$ 1 1 — 62 4 59	
: (43.5.5) = : (16.0.1 $\bar{6}$.11)	66 23 $\frac{1}{2}$ 1 1 — 66 26 13	
: (13.2.2) = : (50 $\bar{5}$ 3)	68 53 1 1 — 69 4 28	
: (7 $\bar{2}$ 2) = : (30 $\bar{3}$ 1)	78 16 $\frac{3}{4}$ 1 2 1 $\frac{1}{2}$ 78 3 38	

Bipyramiden zweiter Art.

(111) : (22.7.8) = (0004) : (5.5.1 $\bar{0}$.7)	62 47 $\frac{1}{4}$ 3 3 5 62 51 13	
: (38.11.1 $\bar{6}$) = : (9.9.1 $\bar{8}$.11)	65 54 2 2 3 65 53 6	
: (11.3.5) = : (8.8.1 $\bar{6}$.9)	67 34 2 5 4 67 36 25	
: (15.4.7) = : (11.11.2 $\bar{2}$.12)	68 6 $\frac{1}{2}$ 2 2 3 68 13 16	
: (17.4.9) = : (13.13.2 $\bar{6}$.12)	71 16 1 1 — 71 19 15	
: (43.10.2 $\bar{3}$) = : (11.11.2 $\bar{2}$.10)	71 32 $\frac{1}{2}$ 1 2 7 71 35 5	
: (9.2.5) = : (7.7.1 $\bar{4}$.6)	72 25 2 3 15 72 34 18	
: (19.4.1 $\bar{1}$) = : (5.5.1 $\bar{0}$.4)	73 33 $\frac{1}{2}$ 3 3 3 73 40 10	
: (26.5.1 $\bar{6}$) = : (7.7.1 $\bar{4}$.5)	75 30 2 3 18 75 20 23	
: (11.2.7) = : (33 $\bar{6}$ 2)	76 21 1 3 14 76 16 44	
: (61 $\bar{4}$) = : (5.5.1 $\bar{0}$.3)	77 36 $\frac{1}{2}$ 2 2 2 77 36 23	
: (67.10.1 $\bar{7}$) = : (19.19.3 $\bar{8}$.10)	79 15 $\frac{1}{2}$ 1 2 6 79 5 22	
: (52.7.3 $\bar{8}$) = : (15.15.3 $\bar{0}$.7)	80 19 $\frac{1}{2}$ 2 2 2 80 18 4	
: (17.2.1 $\bar{3}$) = : (5.5.1 $\bar{0}$.2)	81 34 2 2 9 81 39 56	
: (91 $\bar{7}$) = : (8.8.1 $\bar{6}$.3)	82 11 $\frac{1}{4}$ 2 2 $\frac{1}{2}$ 82 10 47	
: (10.1.8) = : (33 $\bar{6}$ 1)	82 55 $\frac{1}{2}$ 4 4 2 $\frac{1}{2}$ 83 2 23	
: (23.2.1 $\bar{9}$) = : (7.7.1 $\bar{4}$.2)	83 57 $\frac{3}{4}$ 2 5 5 84 1 34	
: (13.1.1 $\bar{1}$) = : (44 $\bar{8}$ 1)	84 42 2 3 5 84 46 7	
: (29.2.2 $\bar{5}$) = : (9.9.1 $\bar{8}$.2)	85 13 2 3 6 85 20 50	
: (15.1.1 $\bar{3}$) = : (14.14.2 $\bar{8}$.3)	85 30 $\frac{1}{2}$ 1 1 — 85 30 45	
: (35.2.3 $\bar{1}$) = : (11.11.2 $\bar{2}$.2)	86 10 $\frac{1}{2}$ 2 2 3 86 11 25	

Zone [10 $\bar{1}$: 100] = [11 $\bar{2}$ 0 : 10 $\bar{1}$ 1]

(10 $\bar{1}$) : (11.0.2) = (11 $\bar{2}$ 0) : (11.2.1 $\bar{3}$.9) = 26 59 $\frac{1}{4}$ 1 1 — 26 58 24

Zone [01 $\bar{1}$: 100] = [1 $\bar{2}$ 10 : 10 $\bar{1}$ 0]

(01 $\bar{1}$) : (13.6.6) = (1 $\bar{2}$ 10) : (7.12.1 $\bar{9}$.13) 55 52 $\frac{1}{2}$ 1 1 — 55 58 44

: (10.3.3) = : (7.6.1 $\bar{3}$.10) 66 25 1 1 — 66 18 33

: (18.5.5) = : (13.10.2 $\bar{3}$.18) 67 52 $\frac{1}{4}$ 3 3 5 67 53 24

$$\begin{array}{rcl}
 (01\bar{1}) : (54\bar{1}) & = & (\bar{1}2\bar{1}0) : (42\bar{6}5) = 73^{\circ}50' \quad 1 \quad 2 \quad 1\frac{1}{2} \quad 73^{\circ}44' \quad 44'' \\
 : (17.3.\bar{3}) & = & : (14.6.\bar{2}0.17) \quad 75 \quad 33\frac{3}{4} \quad 1 \quad 1 \quad - \quad 75 \quad 34 \quad 39 \\
 : (94\bar{1}) & = & : (8.2.\bar{1}0.9) \quad 80 \quad 52 \quad 1 \quad 1 \quad - \quad 80 \quad 46 \quad 10
 \end{array}$$

Dihexagonales Prisma:

$$(10\bar{1}) : (4\bar{1}\bar{3}) = (11\bar{2}0) : (52\bar{7}0) = 13 \quad 59\frac{1}{2} \quad 1 \quad 1 \quad - \quad 13 \quad 53 \quad 52$$

Diese Formen können natürlich für diese Krystalle nicht als sicher constatirt gelten. Es sind jedoch unter ihnen mehrere solche, welche von Korund schon bekannt sind, und zwar:

$$\begin{array}{rcl}
 s \{11\bar{1}\} & = & \{02\bar{2}1\} - 2R \\
 \{110\} & = & \{01\bar{1}2\} - \frac{1}{2}R \\
 k \{92\bar{5}\} & = & \{7.7.\bar{1}4.6\} \frac{7}{3}P2 \\
 \{19.4.\bar{1}\bar{1}\} & = & \{5.5.\bar{1}0.4\} \frac{5}{2}P2^1) \\
 \theta \{91\bar{7}\} & = & \{8.8.\bar{1}6.3\} \frac{1}{3}P2 \\
 \nu \{13.1.\bar{1}\bar{1}\} & = & \{44\bar{8}1\} 8P2 \\
 w \{15.1.\bar{1}\bar{3}\} & = & \{14.14.\bar{2}8.3\} \frac{2}{3}P2 \\
 i \{44\bar{1}\} & = & \{42\bar{6}5\} \frac{2}{5}R3.
 \end{array}$$

Diese sind also bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich. Ebenso können ihrer einfachen Indices und der Uebereinstimmung der gemessenen und berechneten Winkel wegen folgende als wahrscheinlich bezeichnet werden:

$$\begin{array}{rcl}
 \{433\} & = & \{1.0.\bar{1}.10\} \frac{1}{10}R \\
 \{13.1.1\} & = & \{40\bar{4}5\} \frac{4}{5}R \quad . \\
 \{22.1.1\} & = & \{70\bar{7}8\} \frac{7}{8}R \\
 \{17.\bar{1}.\bar{1}\} & = & \{60\bar{6}5\} \frac{6}{5}R \\
 \{22.7.\bar{8}\} & = & \{5.5.\bar{1}0.7\} \frac{1}{9}P2 \\
 \{61\bar{4}\} & = & \{5.5.\bar{1}0.3\} \frac{1}{3}P2 \\
 \{10.1.\bar{8}\} & = & \{33\bar{6}1\} 6P2 \\
 \{23.2.\bar{1}9\} & = & \{7.7.\bar{1}4.2\} 7P2 \\
 \{35.2.\bar{3}\bar{1}\} & = & \{11.11.\bar{2}2.2\} 11P2 \\
 \{91\bar{1}\} & = & \{8.2.\bar{1}0.9\} \frac{2}{3}R\frac{2}{3} \\
 \{4\bar{1}\bar{3}\} & = & \{52\bar{7}0\} \infty P\frac{7}{5}
 \end{array}$$

Die übrigen sind wenig wahrscheinlich und zum Theil vicinale Formen, nämlich:

$$\begin{array}{rcl}
 \{13.0.\bar{1}\bar{3}.12\} & \} & \text{vicinal zu } \{100\} = \{10\bar{1}1\} \\
 \{15.0.\bar{1}\bar{5}.13\} & \} & \\
 \{16.0.\bar{1}\bar{6}.11\} & & \text{vicinal zu } \{8\bar{1}\bar{1}\} = \{30\bar{3}2\}
 \end{array}$$

1) Barvir, Ref. diese Zeitschr. 1896, 25, 431.

$$\left. \begin{array}{l} \{8.8.\overline{16}.9\} \\ \{11.11.\overline{22}.12\} \\ \{13.13.\overline{26}.12\} \\ \{11.11.\overline{22}.10\} \end{array} \right\} \text{ vicinal zu } \{41\overline{2}\} = \{11\overline{2}1\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \{19.19.\overline{38}.10\} \\ \{15.15.\overline{30}.7\} \end{array} \right\} \text{ vicinal zu } \{71\overline{5}\} = \{22\overline{4}1\}$$

$$\{7.12.\overline{19}.13\} \quad \text{vicinal zu } \{21\overline{1}\} = \{12\overline{3}2\}.$$

Im Allgemeinen kann man also sagen, dass diese gerundeten Partien der birmaner Krystalle theilweise von Flächenpartikelchen einfacher, wahrscheinlicher Formen gebildet werden.

Formen der Frémy'schen Krystalle. An den Frémy'schen Krystallen sind zwischen den Flächen der Hauptformen (*c*, *r*, *n*) keine gerundeten Partien. An mehreren Krystallen scheint es, wie wenn die *cr*-Kanten durch sehr schmale Flächen abgestumpft wären. Mit dem Goniometer sieht man jedoch, dass diese nicht einheitlich sind, sondern aus unvollkommenen Streifen bestehen; nur an einem Krystalle war als derartige Abstumpfung eine gute Fläche: $\{11.5.5\} = \{20\overline{2}7\}$ vorhanden und an einem anderen Krystalle das Rhomboëder $\{13.13.8\} = \{07\overline{7}6\}$ ebenfalls mit nur einer, aber guten Fläche.

	Gemessen: Kr.	<i>n</i>	Berechnet: „
$(111) : (11.5.5) = (0001) : (20\overline{2}7) = 24^{\circ} 14'$	4	4	$24^{\circ} 14' 48''$
$: (13.13.8) = : (07\overline{7}6) = 61^{\circ} 28\frac{1}{2}'$	4	4	$61^{\circ} 27' 56''$

Diese zwei Formen kann man Obigem nach für sicher halten. Des Cloizeaux erwähnt von den Frémy'schen Krystallen auch $\{210\} = \{11\overline{2}3\}$; diese Form konnte ich an dem mir zur Verfügung stehenden Material nicht beobachten.

Als sichere neue Formen kommen also zu den in Dana's Handbuch und Appendix aufgezählten Formen folgende drei:

$$\begin{aligned} \{4\overline{1}1\} &= \{50\overline{5}2\} \frac{5}{3} R \\ \{11.5.5\} &= \{20\overline{2}7\} \frac{2}{3} R \\ \{13.13.8\} &= \{07\overline{7}6\} - \frac{7}{6} R, \end{aligned}$$

und als einigermaßen wahrscheinlich die auf vor. S. zusammengestellten.

Zwillinge.

Zwillinglamellen nach dem Grundrhomboëder kommen — wie schon erwähnt — in den birmaner Rubinkrystallen ziemlich häufig vor, Juxtapositionszwillinge nach demselben Gesetze habe ich jedoch nicht gesehen. (Einen solchen beschreibt und zeichnet z. B. Lasaulx¹⁾.) Viel seltener kommt an Korund die Basis als Zwillingsebene vor. Dieses Zwilling-

1) l. c.

gesetz kann bekanntlich auch so ausgedrückt werden: Zwillingssebene das Prisma erster Art $\{2\bar{1}\bar{1}\} = \{10\bar{1}0\}$. Jeremejew erwähnt einen solchen unter russischen Krystallen¹⁾ und auch Bauer erwähnt und zeichnet einen birmaner Krystall²⁾, in welchem eine dünne Zwillingslamelle nach der Basis steckt. Unter dem von mir untersuchten Material vertritt nur ein Krystall dieses Zwillingsgesetz, doch ist derselbe in einem Sextanten als regelmässiger Juxtapositionszwilling ausgebildet. In Fig. 4, Taf. XIV habe ich ihn ergänzt gezeichnet. Zur Bekräftigung des Zwillingsgesetzes wurde an diesem Krystalle gemessen:

$$r_l = (100) : (400) = (10\bar{1}1) : (40\bar{1}1) = 64^\circ 48' \quad \begin{array}{cc} \text{Gemessen:} & n \\ & 4 \end{array} \quad \begin{array}{cc} \text{Berechnet:} & \\ & 64^\circ 46' 43'' \end{array}$$

Unter den Frémy'schen Rubinen ist an den kleinen Krystallen keinerlei Art Zwillingsbildung zu beobachten. Die Täfelchen jedoch, von welchen die grössten 1 cm² gross sind, sind Zwillinge nach demselben zweiten Gesetze, wie der vorhin erwähnte einzige birmaner Krystall, nur ist hier die Art der Verwachsung eine andere (Fig. 22, 23 und 24, Taf. XV). Diese Täfelchen fasst Des Cloizeaux³⁾ als einfache Krystalle auf, indem er die einen Rhomboëderflächen als $\eta\{2\bar{2}\bar{1}\} = \{04\bar{1}1\}$ nimmt. Dass hier keine einfachen Krystalle, sondern Zwillinge vorliegen, zeigt die feine Streifung auf der Basisfläche, welche wie an den birmaner Krystallen den Kanten *cr* parallel geht. Die Verwachsung ist übrigens so fein, dass man auf der Basisfläche die Zwillingsgrenze nur hier und da und nur recht schwach beobachten kann.

Brechungsindices.

Methode. Unter den untersuchten birmaner Krystallen befinden sich mehrere prismatisch ausgebildete schöne Krystalle, welche zur Bestimmung der Brechungsindices so zu sagen einladen, und auch die ceyloner und die Frémy'schen Krystalle zeigten sich dazu geeignet. Ich habe die Gelegenheit benutzt, um so mehr als über die Brechungsexponenten des Korund bisher sehr wenig Daten vorhanden sind, und zwar einige von Des Cloizeaux⁴⁾ und eine von Osann⁵⁾:

	Lichtart:	ω	ε	Beob.:
Hellblauer Korund	Roth	1,767—1,768	1,759—1,760	Dx.
Rubin	Roth	1,768	1,759	Dx.
Korund von Ceylon	D	1,7690	1,7598	Os.

Es gab ferner die verschiedene Färbung der Krystalle Gelegenheit zu erforschen, ob zwischen Färbung und den Brechungsverhältnissen ein Zu-

1) Ref. diese Zeitschr. 3, 438.

2) l. c. S. 244, Fig. A. 3) l. c.

4) Ann. des mines 1858, 14, 354.

5) Rosenbusch, Mikr. Physiogr. 1892, 385.

sammenhang existire oder nicht. Um diesbezüglich ein Resultat zu erzielen, galt es zunächst festzustellen, inwiefern die Lichtbrechungsverhältnisse bei gleichgefärbten Krystallen variiren; ich habe deshalb die Bestimmungen nicht an einigen, sondern an einer grösseren Anzahl Krystalle gemacht.

Als Methode diente die Beobachtung der minimalen Deviation. Für diejenigen Krystalle (Nr. 4, Nr. 2 und die Frémy'schen), bei welchen das brechende Prisma eine Basisfläche und eine entgegenliegende Rhomboëderfläche bildeten, habe ich zur Berechnung von ε die von Liebisch mitgetheilten Formeln¹⁾ benutzt:

$$\begin{aligned} A^0 e^1 + 2 A_1 e^2 + A_2 &= 0, \\ A^0 &= \sin^2 \tau \\ 2 A_1 &= \left(v^2 + \frac{\sin^2 \varrho}{C^2} + \frac{\cos^2 \varrho}{S^2} \right) \cos^2 \tau - \frac{1}{C^2} - \frac{1}{S^2} \\ A_2 &= v^2 \left(\frac{\sin^2 \varrho}{C^2} + \frac{\cos^2 \varrho}{S^2} \right) \cos^2 \tau + \frac{1}{C^2 S^2} \\ \frac{1}{C} &= \frac{\cos \frac{A}{2}}{\cos \frac{A + \delta_e}{2}}, \quad \frac{1}{S} = \frac{\sin \frac{A}{2}}{\sin \frac{A + \delta_e}{2}}, \end{aligned}$$

in welchen im vorliegenden Falle

$$\begin{aligned} \varrho &= 90^\circ - \frac{A}{2} \\ \tau &= 0. \end{aligned}$$

Als Refractometer diente in München das Fuess'sche grosse Goniometer (Nr. I), in Budapest ein gewöhnliches (Nr. II) von derselben Firma²⁾. Ich habe beide vor dem Gebrauche rectificirt.

1) Physik. Krystallogr. S. 389.

2) Ich kann nicht umhin, bei dieser Gelegenheit meine Meinung über die Verwendbarkeit dieser beiden Instrumente als Spectrometer auszusprechen. Nach meinen Erfahrungen entspricht weder das eine, noch das andere vollkommen diesem Zwecke. Der Vortheil des grossen Goniometers ist jedenfalls der grosse Limbus, seine genaue Einteilung und die genaue und zugleich bequeme Ablesung (von 10'', Schätzung von 1''), aber ein Nachtheil ist, dass die Fernröhre, dem speciellen Zwecke dieses Instrumentes entsprechend, weit von einander abstehen, so dass viel Licht verloren geht. Beim Goniometer Nr. II ist umgekehrt die Genauigkeit der Ablesung keine befriedigende, denn man kann darauf nur 30'' sicher ablesen; die Schätzung von 15'' wird durch die Fehler der Kreistheilung ganz illusorisch gemacht und hat nur dann Sinn, wenn man beide Nonien abliest, was oft sehr unbequem ist, oder die Messung mit einem anderen Theile des Limbus wiederholt resp. das Repetitionsverfahren anwendet. Im vorliegenden Falle — der brechende Winkel war bei allen Krystallen gross — war die Ablesung zwar genügend (ich wiederholte jede Messung mit einem oder zwei anderen Theilen des Limbus), aber es wäre doch wünschenswerth, dass diese Goniometer,

Um die Bestimmungen in möglichst mehr und zugleich intensiven Lichtarten zu vollführen, hatte Prof. Krenner die Güte, auf meine Bitte den Wülfing'schen kleineren Spectralapparat anzuschaffen, welcher bekanntlich ein Attribut zu den Goniometern Nr. II bildet und dessen Brauchbarkeit durch die Untersuchungen des Autors über die Brechungsexponenten des Eisenglanz und des Turmalins genügend bekannt ist. Leider konnte ich wegen der ungünstigen Jahreszeit diesen Apparat nicht mit Sonnenlicht benutzen, für welches er eigentlich construirt ist, sondern nur mit künstlichem Lichte, und zwar stand mir meist nur gewöhnliches Auerlicht zur Verfügung. Ich suchte also vorerst festzustellen, wie weit die Resultate unter solchen Umständen genau seien. Bei Auerlicht muss man natürlich den Collimatorsplatt des Instrumentes etwas weiter öffnen, als es für die Reinheit des entstehenden Spectrums zweckmässig ist, und auch den Websky-Splatt etwas besser öffnen ($1\frac{1}{2}$ —2'), so dass also das herausgeschnittene Mittelstück des Spectrums viel weniger monochromatisch ist, als mit Sonnenlicht. Ein weiterer Uebelstand ist, dass wegen der Weite des Collimatorsplattes auch die Einstellung viel weniger genau ist (zur Einstellung habe ich nicht die eingewerthete Eintheilung der Schraube, sondern *Na*-, *Tl*-Licht und die *H*-Linien benutzt), als die Einstellung der Fraunhofer'schen Linien.

Es ist aus Obigem klar, dass man sich also bei Benutzung von Auerlicht mit einer minderen Genauigkeit begnügen muss, als mit Sonnenlicht, und zwar beträgt diese nach meinen Messungen an einem Quarzkrystalle und mehreren Rubinkrystallen — also bei grossem brechenden Winkel — durchschnittlich $\pm 0,0005$. Reicht dies, dann leistet dieser Apparat auch mit gewöhnlichen Auerlicht vorzügliche Dienste, und ich bin überzeugt, dass man mit Zirkonlicht oder starkem elektrischem Lichte ebenso die übliche Genauigkeit ($\pm 0,0002$) erzielen kann, als mit Sonnenlicht, nur muss man auch dann zur Einstellung nicht die Schraube, sondern die erwähnten Lichtarten (*Na*-, *Tl*-, *H*-Linien) benutzen.

Nach diesen Erfahrungen nahm ich — meinem Zwecke entsprechend — wieder zum *Na*-Licht und zu den Geissler'schen Röhren Zuflucht. Um möglichst intensives monochromatisches Licht zu haben (das erforderte die einigermaßen starke Absorption der dunkleren Krystalle), mischte ich *NaCl*

welche als solche von den mehrkreisigen Instrumenten mit der Zeit ohnedies verdrängt werden, einen etwas grösseren und feiner getheilten Limbus hätten, damit sie als Refractometer für alle Fälle benutzt werden könnten, sowie für feinere goniometrische Messungen (Vicinalflächen, Ablenkung einzelner Flächen, sehr kleine Winkel bei Zwillingkrystallen). Ihre Optik ist für diese Zwecke ganz gut (ich habe bei vorliegender Untersuchung immer das Ocular β gebraucht). Wünschenswerth wäre noch, dass der Websky'sche Splatt, welcher sich für spectrometrische Messungen so vorthellhaft bewährt hat, auf die Art der spectrometrischen geraden Spalte zu öffnen wäre, so dass er immer ein bisymmetrisches Bild lieferte.

mit Na_2SO_4 ¹⁾ und stellte die Laspeyres'sche Lampe nicht quer, sondern längs dem Collimatorrohre²⁾; von Geissler'schen Röhren benutzte ich die knieförmig gebogenen Riedel'schen³⁾, welche sich als bedeutend lichtstärker erwiesen, als gewöhnliche Röhren. Nur bei zwei dunkelrothen Krystallen (Nr. 4 und Nr. 2) konnten die abgelenkten Reflexe in Folge der starken Absorption für H_β nicht eingestellt werden.

Ich habe bei Messung der minimalen Deviation nicht 2δ sondern δ abgelesen, so dass ich beide Strahlen für eine Farbe wenigstens dreimal einstellte und wenigstens zweimal gerade auf den Spalt. Bei der letzten Einstellung auf den Spalt wurde der Krystall immer entfernt. Diese gerade Einstellung auf den Spalt hat keine Schwierigkeiten, wenn das Fadenkreuz und der Spalt genau justirt sind und wenn man die Stärke der Lichtquelle entsprechend vermindert, z. B. dadurch, dass man vor die Na-Flamme ein weisses oder gelbliches, vor die Geissler'sche Röhre (ganz an sie heran) rothes Seidenpapier bringt.

Da zur Messung immer natürliche Krystallflächen dienten (nur bei Krystall Nr. 2 musste die eine Fläche durch Anschleifen und Poliren verbessert werden), habe ich bei jedem Krystalle darauf geachtet, dass sich der brechende Winkel und die Deviationen auf ein und dieselbe kleine Flächenpartie beziehen, indem ich die übrigen mit matter schwarzer Farbe abblendete.

Messungsergebnisse. Die Mittel der Messungen und die daraus berechneten Brechungsexponenten theile ich im Folgenden mit. Jeder Werth für die brechenden Winkel beruht also wenigstens auf sechs, und für die Deviationen auf fünf Einstellungen auf je zwei verschiedenen Theilen des Limbus. Für die Krystalle Nr. 2 und 4, sowie für die Frémy'schen Krystalle hatte Herr Dr. A. Anderko, Adjunkt des k. ung. meteorol. Institutes, die Güte die Brechungsexponenten ϵ zur Controlle auch auszurechnen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle besten Dank sage. (In folgender Tabelle bedeuten die oberen Daten den brechenden Winkel.)

	Na (I)	Na (II)	H_α	H_β		Na (I)	Na (II)	H_α	H_β
Kr. 1a	60° 0' 15"	60° 0' 0"	60° 0' 5"						
δ_e	63 49 0	63 49 0	62° 56' 40"	64° 13' 15"	ϵ	1,7604(9)	1,7602(7)	1,7574(5)	1,7676(8)
δ_o	64 48 40	64 48 20	63 55 25	65 43 55	ω	1,7683(6)	1,7683(9)	1,7652(5)	1,7758(6)
	Na			Na (I)		Na (II)		Na (I)	Na (II)
Kr. 1b	60° 0' 5"			59° 59' 15"		59° 59' 10"			
δ_e	63 47 45	ϵ	1,7600(0)	63 45 40	ϵ	1,7600(3)		1,7598(2)	
δ_o	64 46 50	ω	1,7684(7)	64 45 45	ω	1,7682(4)		1,7680(6)	

1) Diese Mischung hat sich sehr gut bewährt. Noch intensiver ist $NaBr$, jedoch muss man bei seiner Benutzung einen gut ziehenden Abschluss haben.

2) Meiner Ansicht nach sollte dieser, Physikern wohlbekannte Handgriff zur Erhöhung der Lichtstärke in den krystallogr. Lehrbüchern berücksichtigt werden.

3) Zeiss'scher Specialkatalog für Spectrometer und Refractometer 1899, S. 5.

$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	$\tilde{Na}$ (III)	$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	$\tilde{Na}$ (III)
δ_0 63 28 30	63 29 25	63 28 30	ε 4,7607(3)	4,7609(4)	4,7608(6)
δ_0 64 29 0	64 29 45	64 28 50	ω 4,7689(9)	4,7694(7)	4,7694(0)

$\tilde{Na}$	$\tilde{Na}$
δ_0 63 49 50	ε 4,7603(8)
δ_0 64 49 10	ω 4,7685(4)

Farblose
Tafel v.
Ceylon

$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	$\tilde{Na}$ (III)	$\tilde{Na}$ (I u. II)	$\tilde{Na}$ (III)
δ_0 63 27 10	63 27 0	63 26 50	ε 4,7613(7)	4,7613(2)
δ_0 64 26 45	64 26 25	64 26 30	ω 4,7693(4)	4,7694(4)
δ_0 64 26 45	64 26 25	64 26 30	ω 4,7693(0)	
δ_0 630 3335"	64047'10"	630 2'50"	ε 4,7584(3)	4,7632(3)
δ_0 64 2 0	65 18 10	64 1 45	ω 4,7664(7)	4,7664(4)

Farbl. Kr. v. Ceylon

$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	$\tilde{Na}$ (III)	$\tilde{Na}$ (I u. II)	$\tilde{Na}$ (III)
δ_0 57034' 0"	57050' 50"	57 54 48	ε 4,7604(0)	4,7606(0)
δ_0 58 44 30	58 44 35	58 44 45	ω 4,7685(9)	4,7687(8)
δ_0 57047' 50"	57048' 10"	57048' 10"	ε 4,7574(3)	4,7573(4)
δ_0 57 34 45	57034' 50"	58035' 0"	ε 4,7574(3)	4,7675(9)
δ_0 58 24 30	58 22 15	59 28 15	ω 4,7653(4)	4,7655(3)

Blauer Kr. v. Ceylon

$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	H_u	H_p	$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	H_u	H_p
δ_0 63 24 45	63 25 10	630 1'50"	64047'45"	ε 4,7609(5)	4,7609(4)	4,7576(6)	4,7680(8)
δ_0 64 24 45	64 25 20	64 0 50	65 19 30	ω 4,7694(6)	4,7694(6)	4,7657(8)	4,7764(0)
δ_0 59440' 59039'15"	59039'15"	59059'20"		ε 4,7598(5)	4,7599(6)	4,7567(3)	4,7673(4)
δ_0 63 45 10	63 45 10	62052' 0"	640 9' 5"	ε 4,7598(5)	4,7599(6)	4,7567(3)	4,7673(4)
δ_0 64 44 27	64 44 30	63 50 30	65 10 10	ω 4,7679(7)	4,7684(0)	4,7648(0)	4,7735(9)

Kr. 7

$\tilde{Na}$	H_u (I)	H_u (II)	H_p	$\tilde{Na}$	H_u (I)	H_u (II)	H_p
δ_0 63 22 35	63 0 0	62059'50"	64045'40"	ε 4,7606(6)	4,7575(4)	4,7574(4)	4,7578(3)
δ_0 64 22 15	63 58 50	63 58 20	65 16 50	ω 4,7688(2)	4,7656(4)	4,7654(6)	4,7760(7)
δ_0 63024' 50"	62058' 40"	ε 4,7609(4)	4,7577(4)				
δ_0 64 24 45	63 58 0	ω 4,7694(4)	4,7658(8)				

Krystall 6

$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	H_u (I)	H_p (I)	$\tilde{Na}$ (I)	$\tilde{Na}$ (II)	H_u (I)	H_p (I)
δ_0 63 14 0	63 13 20	62050'36"	6406'45"	ε 4,7593(2)	4,7593(8)	4,7563(4)	4,7668(4)
δ_0 64 12 45	64 12 15	63 48 40	65 7 30	ω 4,7673(8)	4,7674(6)	4,7643(3)	4,7750(5)

Kr. 11

	H_a (II)	H_β (II)	H_a (II)	H_β (II)		
	59° 59' 55"					
Kr. 41	δ_e 62° 30' 45"	64° 6' 50"	ε 1,7563(0)	1,7668(5)		
	δ_o 63 48 45	65 7 40	ω 1,7643(4)	1,7730(8)		
	Na	H_a	H_β	Na	H_a	H_β
	60° 0' 45"		60° 0' 40"			
Kr. 42	δ_e 63 24 40	62° 37' 50"	64° 43' 0"	ε 1,7604(9)	1,7572(8)	1,7678(9)
	δ_o 64 24 0	63 56 30	65 46 25	ω 1,7686(8)	1,7653(7)	1,7764(7)
	Na	H_a	H_β	Na	H_a	H_β
	60° 0' 40"		60° 0' 30"			
Kr. 42	δ_e 63 24 30	62° 38' 0"	64° 43' 50"	ε 1,7604(4)	1,7572(0)	1,7679(0)
	δ_o 64 24 5	63 56 35	65 48 0	ω 1,7685(6)	1,7652(7)	1,7762(8)
	Na (I)	Na (II)	H_a	Na (I)	Na (II)	H_a
	57° 35' 45"		57° 36' 10"			
Kr. 4	δ_e 59 23 30	59 20 30	59 2 0	ε	1,7632	1,7594
	δ_o 59 33 35	59 34 20	59 45 40	ω 1,7744(6)	1,7745(0)	1,7685(0)
	Na (I)	H_a (I)	Na (II)	H_a (II)	Na (I)	Na (II)
	57° 23' 35"		57° 23' 25"			
Kr. 2	δ_e 58° 59' 50"	58° 43' 40"	58° 59' 35"	58° 43' 40"	ε	1,7614
	δ_o 59 45 40	58 53 50	59 44 20	58 56 5	ω 1,7747(4)	1,7746(3)
	Na (I)	Na (II)	Na (I u. II)			
	57° 38' 45"					
Kr. 4 (Fr.)	δ_e 59° 43' 0"	59° 42' 45"	ε 1,7658			
	δ_o 59 54 30	59 54 35	ω 1,7738(6)			
	Na	H_a	H_β	Na	H_a	H_β
	57° 35' 40"					
Kr. 2 (Fr.)	δ_e 59° 44' 25"	59° 20' 35"	60° 26' 25"	ε 1,7667	1,7628	1,7734
	δ_o 59 53 5	59 33 25	60 39 30	ω 1,7745(4)	1,7744(5)	1,7847(7)
	Na (I)	Na (II)	H_a (I)	H_β (I)	H_a (II)	H_β (II)
	57° 33' 40"		57° 34' 30"			
Kr. 3 (Fr.)	δ_e 59° 32' 0"	59° 34' 25"	59° 40' 40"	60° 46' 45"	59° 40' 20"	60° 46' 40"
	δ_o 59 45 0	59 43 40	59 23 45	60 29 0	59 22 20	60 29 0
	Na (I u. II)	H_a (I u. II)	H_β (I u. II)			
	ε 1,7648	1,7647	1,7724			
	ω 1,7733(3)	1,7700(6)	1,7804(4)			
	Na (I)	Na (II)	H_a (I)	H_β (I)	H_a (II)	H_β (II)
	57° 39' 0"		57° 39' 30"		57° 39' 30"	
Kr. 4 (Fr.)	δ_e 59° 42' 40"	59° 42' 20"	59° 24' 20"	60° 31' 5"	59° 24' 35"	60° 31' 0"
	δ_o 59 55 20	59 55 0	59 33 55	60 43 55	59 34 40	60 44 45
	Na (I u. II)	H_a (I u. II)	H_β (I u. II)			
	ε 1,7655	1,7649	1,7726			
	ω 1,7738(3)	1,7703(8)	1,7842(7)			
	Na (I)	Na (II)	H_a (I)	H_β (I)	Na (I u. II)	H_a (I)
	57° 36' 45"					
Kr. 5 (Fr.)	δ_e 59° 22' 50"	59° 23' 40"	59° 2' 40"	60° 44' 40"	ε 1,7630	1,7598
	δ_o 59 35 20	59 36 40	59 45 40	60 23 50	ω 1,7744(6)	1,7682(4)
						1,7790(0)

	H_α (II)	H_β (II)	H_α (III)	H_β (III)	H_α (II u. III)	H_β (II u. III)
Kr. 5 Fr.						
	57° 36' 55"					
δ_e	59° 4' 45"	60° 40' 35"	59° 4' 40"	60° 40' 45"	ϵ 1,7596	1,7706
δ_o	59 44 20	60 22 40	59 44 0	60 23 10	ω 1,7680(3)	1,7788(4)
	Na (I)	Na (II)	H_α (I)	H_β (I)	H_α (II)	H_β (II)
Kr. 6 Fr.						
	57° 36' 35"		57° 36' 30"			
δ_e	59° 25' 40"	59° 25' 30"	59° 4' 40"	60° 43' 30"	59° 4' 45"	60° 43' 40"
δ_o	59 38 0	59 38 5	59 47 20	60 25 50	59 47 0	60 25 25
	Na (I u. II)		H_α (I u. II)	H_β (I u. II)		
	ϵ 1,7636		1,7599	1,7710		
	ω 1,7749(0)		1,7686(4)	1,7793(4)		

Bei der Zusammenstellung der Messungsergebnisse (siehe folgende Tabelle) stellte es sich heraus, dass zwischen der Intensität der rothen Färbung und zwischen der Lichtbrechung ein ausgesprochener Zusammenhang existire. Unter den gemessenen Rubinen ist nämlich Krystall Nr. 41 auffallend licht gefärbt, nach ihm folgt in dieser Beziehung Nr. 7, andererseits sind Krystall 4 und 2 — wie schon erwähnt die dunkelsten — recht schön rubinroth; die Lichtbrechung letzterer ist erheblich grösser und erreicht die der Frémy'schen Krystalle, welche dunkler sind als die birmaner Krystalle. Die übrigen Krystalle haben ungefähr dieselbe rothe Färbung, jedoch kann man bei aufmerksamer Betrachtung sehen, dass Krystall 6, 8 und 5 etwas dunkler sind als 12, 1a, 1b und 24. Die farblosen Krystalle und der blaue Krystall nehmen in der Reihenfolge nicht Endstellen ein, wie man vielleicht erwarten möchte, sondern stehen so ziemlich in der Mitte.

In der Tabelle sind die Brechungsexponenten, sowie die aus ihnen berechneten Werthe für Dispersion und Doppelbrechung enthalten, sämmtlich auf vier Decimalen abgerundet. Diejenigen Krystalle, für welche nur Bestimmungen für Na -Licht vorliegen, gaben keine guten Reflexe, so dass ich sie in Roth und Blau nicht bestimmte. Die auf sie bezüglichen, sowie für Krystall Nr. 4 und 2 und den Frémy'schen Krystall Nr. 2 mitgetheilten Werthe sind nur bis auf $\pm 0,0003$ bis $0,0004$, die übrigen auf $\pm 0,0002$ bis $0,0004$ genau. Ganz falsch ist ϵ_D für Krystall Nr. 2; der Fehler steckt, wie ich mich überzeugt habe, nicht in der Berechnung.

(Hierher nebenstehende Tabelle.)

Aus der Tabelle ist ferner sichtbar, dass trotz den grossen Unterschieden in der Lichtbrechung die Dispersion sowohl für den ordinären, als auch für den extraordinären Strahl nahezu gleich ist (ω_{D-F} und ϵ_{D-F} ist bei den lichter gefärbten etwas grösser, als bei den dunkler gefärbten, ϵ_{C-D} umgekehrt). Bei den natürlichen Krystallen ist in der Doppelbrechung kein Unterschied zwischen lichter und dunkler gefärbten Krystallen, wohl aber ein Unterschied zwischen den natürlichen und künstlichen Krystallen. Bei den letzteren ist nämlich $\omega_C - \epsilon_C$ und $\omega_D - \epsilon_D$ grösser, als

	Krystall Nr.	ω_C	ω_{C-D}	ω_D	ω_{D-F}	ω_F	ω_{C-F}	ε_C	ε_{C-D}	ε_D	ε_{D-F}	ε_F	ε_{C-F}	$\omega_C - \varepsilon_C$	$\omega_D - \varepsilon_D$	$\omega_F - \varepsilon_F$
37*	Birmaner und ceyloner Krystalle.	11	1,7643	0,0032	1,7675	0,0075	1,7751	0,0107	1,7563	0,0031	1,7594	0,0074	1,7668	0,0105	0,0080	0,0082
		7	1,7648	33	1,7681	75	1,7756	108	1,7567	32	1,7599	74	1,7673	106	81	82
		24			1,7681						1,7599				81	
		18			1,7682						1,7600				82	
		1a	1,7652	31	1,7684	75	1,7759	106	1,7571	31	1,7602	75	1,7677	105	81	82
		Farblose Tafel			1,7685						1,7604				81	
		12	1,7653	33	1,7686	76	1,7762	109	1,7572	32	1,7603	74	1,7679	106	81	83
		Blauer Krystall	1,7653	32	1,7687	74	1,7761	106	1,7574	31	1,7603	71	1,7676	102	82	85
		6	1,7656	33	1,7689	72	1,7761	105	1,7575	32	1,7607	71	1,7678	103	81	82
		8			1,7691						1,7609				82	
		5	1,7658	31	1,7692	72	1,7764	106	1,7577	33	1,7609	71	1,7681	104	81	83
		Farbloser Krystall	1,7661	33	1,7695	69	1,7764	103	1,7581	33	1,7613	68	1,7682	101	81	82
	Frémy'sche Kryst.	4	1,7685	30	1,7715				1,7594	38	1,7632				90	82
		2	1,7687	30	1,7717				1,7602		1,7644 ?				85	
		5	1,7681	33	1,7715	74	1,7789	108	1,7597	33	1,7636	76	1,7706	109	84	85
		6	1,7686	33	1,7719	74	1,7793	107	1,7599	37	1,7636	75	1,7711	111	87	83
		3	1,7701	33	1,7733	71	1,7804	104	1,7617	32	1,7648	73	1,7721	104	84	83
		4	1,7704	34	1,7738	74	1,7813	109	1,7619	36	1,7655	72	1,7726	107	85	86
		1			1,7739						1,7658				80	
		2	1,7714	31	1,7745	72	1,7818	103	1,7628	39	1,7667	64	1,7731	103	86	87

Ueber einige krystallographische Constanten des Korund.

bei den natürlichen und $\omega_C - \varepsilon_C > \omega_F - \varepsilon_F$, während bei den natürlichen $\omega_F - \varepsilon_F > \omega_C - \varepsilon_C$.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist für petrographische Zwecke anstatt des bisher angenommenen Werthes $\omega - \varepsilon = 0,009^1)$ $\omega - \varepsilon = 0,008$ zu setzen.

Um zu unterscheiden, ob der grosse Unterschied in der Lichtbrechung nur der relativen Menge eines diluten Farbstoffes zuzuschreiben sei, oder ob beide eine Folge verschiedener chemischer Zusammensetzung seien, habe ich erstens die zwei lichtesten und die zwei dunkelsten (Nr. 2 und 4) Krystalle von Neuem geometrisch gemessen, ob eventuell auch in dem Axenverhältnisse derselben ein Unterschied sei, zweitens hatte auf meine Bitte Herr Chemiker J. Loczka, Custos des ung. Nationalmuseums, die Güte, einige Bestimmungen des spec. Gewichtes auszuführen.

Die Messung der erwähnten Krystalle ergab:

		<i>n</i>	$\pm d$
Krystall Nr. 11	<i>cr</i> = 57° 36' 50"	6	20"
(licht)	<i>rr</i> = 93 59 20	2	40
Krystall Nr. 7	<i>cr</i> = 57 36 45	3	1' 20
(licht)	<i>rr</i> = 93 59 40	2	40
	<i>ar</i> = 43 0 35	6	30
Krystall Nr. 4	<i>cr</i> = 57 36 20	6	30
(dunkel)	<i>rr</i> = 93 59 5	4	40
Krystall Nr. 2	<i>cr</i> = 57 36 40	4	4 50
(dunkel)	<i>rr</i> = 93 58 40	2	20

In Anbetracht der Differenzen ($\pm d$) und dessen, dass das Mittel für *cr* bei den ebenfalls dunkel gefärbten Frémy'schen Krystallen (s. S. 567) ebenfalls 57° 36' 40" ist, kann man also einen Unterschied zwischen dem Axenverhältnisse der lichten und der dunkleren Rubine nicht constatiren.

Zur Bestimmung des spec. Gewichtes dienten zwei Krystalle, der schon gemessene dunkle (Nr. 2) und ein zweiter lichter. Am letzteren bekam ich:

$$57^{\circ} 32' 45'' \pm 10''$$

$$\delta_0 59 \ 5 \ 40 \pm 20, \text{ also}$$

$$\omega_{Na} = 1,7684;$$

seine Lichtbrechung war also gleich des sehr licht gefärbten Krystalles Nr. 7.

Das Resultat ist nach der gütigen Mitwirkung des Herrn Loczka folgendes:

1) Rosenbusch, Mikr. Phys. (3. Aufl.), 1, 466 und Michel Lévy et Lacroix, Les Min. des roches p. 97.

	Spec. Gew.:		Spec. Gew.:
Lichter Krystall	4,046(2)	Dunkler Krystall Nr. 2	4,068(9)
(Gewicht:	4,043(5)	(Gewicht:	4,058(3)
0,3466 g)	4,006(3)	0,2457 g)	4,079(3)
Mittel	4,022	Mittel	4,069

Da diese zwei Krystalle — wie auch im Allgemeinen die meisten — vollkommen durchsichtig sind und kleine Einschlüsse oder andere Inhomogenität in ihnen bemerkbar ist, muss der Unterschied im spec. Gewicht wohl auf einem quantitativen Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung beruhen, welcher wahrscheinlich auch die Ursache der Unterschiede in der Lichtbrechung ist.

Zur Entscheidung dieser Frage wird vielleicht die chemische Analyse dieser beiden Krystalle beitragen, welche im Gange ist und über deren Resultat später berichtet wird.