

Optisches zur Modifikationsänderung von α - in β -Quarz sowie von α - in β -Leucit.

Von

F. Rinne und R. Kolb in Leipzig.

Mit 7 Textfiguren.

Sowohl Quarz als auch Leucit sind in einer α - und einer β -Modifikation bekannt. Während nun die optischen Verhältnisse des α -Quarzes und des α -Leucits bei niederen Temperaturen gut erforscht sind, besitzen wir, was Zahlenwerte anlangt, nur wenig Kunde von ihren optischen Eigenschaften im Bereiche höherer Wärmegrade, sowie vom optischen Verlaufe der Modifikationsänderung und von der Eigenart der genannten Mineralien im β -Zustande.

Unsere Versuche hatten das Ziel, durch Bestimmung der Brechungsexponenten in einem recht großen Temperaturintervall diese Kenntnislücke zu verkleinern.

Apparatur.

Als Beobachtungsinstrument diente ein Reflexionsgoniometer II von FUESS, das nach Bedarf mit einer Abkühlungs- oder einer Heizvorrichtung versehen wurde. Bei der Konstruktion war darauf Bedacht genommen, die Beobachtung an Prismen mit einer Minimalablenkung von etwa 40° auszuführen. Es erschien das einfacher, als nach der Methode EYKMANNS¹ zu arbeiten, bei der bezüglich der Größe des

¹ C. LEISS, Neues Refractometer mit Erhitzungseinrichtung nach EYKMANNS. Zeitschr. f. Instrumentenk. 1899. p. 65.

Winkels der Minimalablenkung keine Beschränkung besteht, aber Messung und Berechnung eine gewisse Umständlichkeit mit sich bringen.

Die Erhitzungsvorrichtung.

Einige Versuche wurden mit Gasheizung gemacht. Wie vorausszusehen, erwies sich aber elektrische Erwärmung als einfacher und bezüglich Genauigkeit der Einstellung der Temperatur und hinsichtlich Temperaturkonstanz als zuverlässiger. Für die unten zu schildernden Versuche wurde

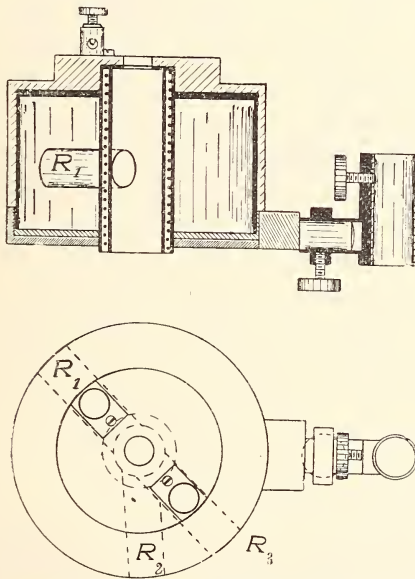


Fig. 1. Elektrischer Heizapparat für das Goniometer.

daher stets ein elektrischer Heizapparat benutzt¹. Er besteht im wesentlichen aus einem hartgelöteten 6 cm hohen, 9 cm im Durchmesser haltenden, asbestumkleideten Messingzylinder mit zentralem 2 cm weiten Heizrohr. Von letzterem gehen in radialer (horizontaler) Richtung drei 1 cm weite Rohre

¹ Die Vorrichtungen wurden nach Angaben von F. RINNE z. T. bei R. FUSS, z. T. vom Mechaniker am physikalischen Institut der Universität Kiel, SCHWEDER. angefertigt.

aus, die offen am äußeren Mantel des Apparates münden. Sie dienen: das erste Rohr R_1 in Fig. 1 zum Eingang für das Licht, das zweite zur Einstellung bei der Minimalablenkung und das dritte Rohr zur Beobachtung des Signals bei einander gegenüberstehenden Fernrohren. Rohr 2 und 3 bilden miteinander den Winkel von etwa 40° .

Der Boden des Apparates wird am besten für sich und übergreifend über den Zylinder gearbeitet, der Deckel in einem Stücke mit dem Mantelteil und dem Heizrohr. Letzteres wird außen (oder innen) mit einer Spirale aus Nickel oder Platindraht versehen.

Das Gefäß wird von oben über das am Kristallträger des Goniometers befestigte Prisma niedergelassen, und in seiner Lage durch einen Seitenarm gehalten, dessen hülsenförmiges Ende über einen am Goniometer angebrachten Träger gleitet und an ihm durch eine Klemmschraube befestigt werden kann. Unten ruht der Erhitzungsapparat auf einer abschließenden mit Asbest überlegten Messingscheibe, deren dichtes Anschließen an das obere Gefäß durch drei im Winkel von 120° zueinander stehende Federn gewährleistet wird.

Das zur Temperaturmessung nötige, möglichst dünne Thermoelement (Silber-Konstantan bei Temperaturen von 20° bis 650° , Platin-Platinrhodium bei höheren Wärmegraden) wird durch ein mit Asbest zu dichtendes Loch im Deckel der Heizvorrichtung eingelassen und mit seiner Lötstelle möglichst nahe an das Prisma gebracht.

Um zu vermeiden, daß die Wärme des Heizkörpers sich dem Goniometer allzusehr mitteilt, ist dem Kristallträger ein Wärme schlecht leitendes Rohrstück aus Porzellan zwischengefügt und der Träger am Goniometer, der den Arm des Erhitzungsapparates hält, durch eine Hartgummischeibe gleichfalls isoliert.

Die Abkühlungsvorrichtung¹.

Sie besteht aus zwei ineinandergestellten, zylindrischen Blechgefäßen aus Nickel, die durch eine etwa 0,5 cm dicke Filzlage voneinander getrennt sind. Die äußeren Ausmessungen

¹ Gleichfalls von R. FUESS, Steglitz bei Berlin, nach Angaben von F. RINNE konstruiert.

betragen: Höhe 10 cm, Durchmesser: 8,5 cm. Wie der Erhitzungsapparat birgt die Vorrichtung ein Innenrohr; seine Weite beträgt 2 cm, sodaß zwischen ihm und dem Mantel ein nach unten abgeschlossener Zwischenraum von rundum 2,6 cm lichter Weite zur Aufnahme kühlender Mittel vorhanden ist. In radialer Richtung erstrecken sich drei unverschlossene Beobachtungsrohre von 1 cm Durchmesser. Durch den Deckel werden Kältethermometer bezw. Thermoelement (Kupfer-Konstantan) eingeführt.

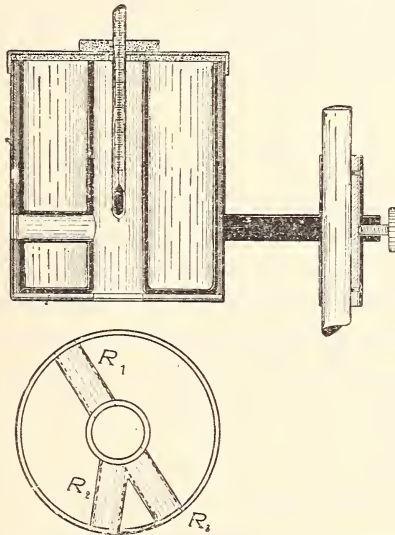


Fig. 2. Abkühlungsapparat für das Goniometer.

Als abkühlende Mittel dienen feste Kohlensäure oder flüssige Luft je nach den gewünschten Kältegraden. Ein um den oberen Rand des Apparates zu legenden breitringförmiger Kranz aus Pappe oder Blech tut gute Dienste bei Benutzung flüssiger Luft, um das Abfließen der kalten Nebel, die sich aus dem Apparat entwickeln, durch das Gesichtsfeld zu verhindern.

Messung der Temperatur.

Die Temperaturmessung geschah mit Hilfe der schon erwähnten Thermoelemente und zweier Galvanometer von SIEMENS & HALSKE. Das eine (für Temperaturen von -200

bis $+650^{\circ}$ bestimmt) gestattete im Bereich von -200 bis $+20^{\circ}$ eine direkte Ablesung von 2° , im Bereich von $+20^{\circ}$ bis $+650^{\circ}$ eine solche von 5° , das zweite (für Temperaturen von 600° aufwärts benutzt) eine direkte Ablesung von 10° . Natürlich ließen sich noch Bruchteile gut schätzen.

Lichtquelle.

Als Lichtquelle wurde eine dreifache Projektions-Nernstlampe verwandt. Ihres ruhigen Leuchtens wegen ist sie einer Liliputbogenlampe vorzuziehen. Ein WÜLFING'scher Monochromator diente zur spektralen Zerlegung des Lichtes. Er wurde mittels eines Heliumrohres und auch mit Sonnenlicht geächt.

Die Prismen.

Die Herstellung der Prismen geschah mit Hilfe des vortrefflichen WÜLFING'schen Schleifapparates, der es mit Leichtigkeit gestattet, die für genaue Beobachtung durchaus nötigen, völlig ebenen Prismen bestimmter Winkelgröße herzustellen. Da die Beobachtungsrohre am Erhitzungs- bzw. Kälteapparat einen konstanten Winkel von 40° miteinander bilden, war es nötig, den brechenden Winkel so zu wählen, daß mit einer Minimalablenkung von etwa 40° ($37-43^{\circ}$) gearbeitet werden konnte, was natürlich keine Schwierigkeiten macht. Bei den Quarzuntersuchungen erwies sich das Schleifen von Präparaten als unnötig. Der natürliche Prismenwinkel zweier Säulenflächen mit 60° zueinander ist ohne weiteres geeignet zur Erlangung der gewünschten Minimalablenkung von etwa 40° .

Die Befestigung der Prismen am Goniometer geschieht am besten mit Hilfe von plastischem Ton, den man in eine Messingkrone am Ende des Kristallträgers drückt.

Umstände bei der Beobachtung.

Natürlich wurde darauf Bedacht genommen, zur Messung erst nach eingetretener Konstanz der Temperatur zu schreiten. Bei den Erhitzungsversuchen konnten diese Verhältnisse in sehr zufriedenstellender Weise erreicht werden. Der Sicherheit halber wurde ein zwar recht zeitraubendes Warten vor jeder goniometrischen Beobachtung in den Kauf genommen

und nach eingetretener Ruhelage des Galvanometers jeweils noch etwa 1 Stunde verweilt, ehe die Ablesungen vollzogen wurden. Es ist also anzunehmen, daß immer guter Ausgleich der Wärmeverhältnisse im Kristall und Einklang mit seiner Umgebung eingetreten war. Im allgemeinen dürfte die Temperatur am Kristall nicht mehr als 2—3° geschwankt haben. Ein gutes Kriterium der Zuverlässigkeit gab der Quarz ab, der bekanntlich bei seinem Modifikationsumschlag sehr empfindlich gegen Temperaturwechsel ist. Bei verschiedenen Versuchen wurde die Umwandlung von α - in β -Quarz und umgekehrt bei 569°, 570°, 571°, 573°, also stets innerhalb eines Temperatur-Ablesungsbereiches von 4° gefunden.

Eine Gleichmäßigkeit der Temperatur bei den Kälteversuchen war nicht so vollkommen zu erreichen. Es mußten die Messungen gleich nach Eintritt leidlicher Konstanz und bei Verwendung flüssiger Luft unter Beschränkung auf das Licht vier FRAUNHOFER'scher Linien vorgenommen werden, da sonst durch Verdunsten des abkühlenden Mittels besonders bei Anwendung flüssiger Luft ein allzufrühes, die Beobachtungsreihe unterbrechendes Ansteigen der Wärme zu befürchten war. Immerhin dürften auch die in der Kälte gewonnenen Zahlen befriedigen.

Untersuchungen am Quarz.

α -Quarz.

Der unter 570° bestehende α -Quarz ist Gegenstand sehr eingehender optischer Untersuchung zahlreicher Autoren gewesen. Insbesondere sind seine Brechungsexponenten bei gewöhnlicher Temperatur vielfach bestimmt worden. Die von uns an klaren Kristallen von Skole, Galizien, ermittelten Werte sind mit den früheren Daten in gutem Einklang¹.

¹ Zum Vergleich seien die auf vier Dezimalen zurückgeführten Ergebnisse von A. MÜLHEIMS (Zeitschr. f. Krist. 14. 224) angeführt.

	a	B	C	D ₂	b ₂	F
o { A. MÜLHEIMS	1,5401	1,5410	1,5418	1,5442	1,5478	1,5497
{ F. RINNE und R. KOLB	1,5401	1,5410	1,5419	1,5442	1,5477	1,5496
e { A. MÜLHEIMS	1,5491	1,5500	1,5509	1,5533	1,5571	1,5590
{ F. RINNE und R. KOLB	1,5491	1,5500	1,5509	1,5533	1,5570	1,5589

Wir bestimmten die Brechungsexponenten jeweils für 10 FRAUNHOFER'sche Linien, so daß wir folgende Tabelle bezüglich der Brechungsverhältnisse des Quarzes bei 23° darbieten können.

Quarz bei 23° C

Linie	n_o	Linie	n_e
a	1,5401	a	1,5491
B	1,5410	B	1,5500
C	1,5419	C	1,5509
α	1,5427	α	1,5518
D ₂	1,5442	D ₂	1,5533
b ₂	1,5477	b ₂	1,5570
(c)	1,5490	(c)	1,5583
F	1,5496	F	1,5589
(d)	1,5510	(d)	1,5604
G'	1,5536	G'	1,5630

Die Dispersion bei 23° C bezüglich G'- und a-Licht beträgt nach unseren Beobachtungen also 0,0135 für n_o und 0,0139 für n_e .

Die Doppelbrechung bei 23° C stellt sich für die 10 Linien wie folgt dar:

$n_e - n_o$ für a	0,0090
B	0,0090
C	0,0090
α	0,0091
D ₂	0,0091
b ₂	0,0093
(c)	0,0093
F	0,0093
(d)	0,0094
G'	0,0094

Ein geringes Steigen der Doppelbrechung von a nach G' ist also nicht zu verkennen, in guter Übereinstimmung z. B. mit den genauen Zahlen von MACÉ DE LÉPINAY¹.

Von dieser Grundlage der Beobachtung bei 23° C ausgehend, wurden die Veränderungen der Brechungsexponenten beim Erwärmen und Abkühlen bestimmt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen und in zugehörigen Kurven dargestellt.

¹ Compt. rend. 1885. 101 b. p. 875.

Linie	-140°	-45°	23°	115°	212°	305°	410°	550°	580°	650°	765°
a	—	1,5103	1,5401	1,5398	1,5393	1,5384	1,5372	1,5325	1,5287	1,5300	1,5312
B	1,5408	1,5411	1,5410	1,5407	1,5402	1,5393	1,5380	1,5335	1,5295	1,5308	1,5320
C	—	1,5420	1,5419	1,5415	1,5411	1,5403	1,5388	1,5347	1,5303	1,5318	1,5330
α	1,5425	1,5429	1,5427	1,5424	1,5419	1,5411	1,5399	1,5355	1,5313	1,5327	1,5339
D ₂	1,5440	1,5443	1,5442	1,5438	1,5434	1,5426	1,5412	1,5368	1,5328	1,5340	1,5355
b ₂	—	1,5476	1,5477	1,5473	1,5469	1,5461	1,5450	1,5402	1,5362	1,5376	1,5391
(c)	—	1,5489	1,5490	1,5488	1,5482	1,5475	1,5463	1,5419	1,5378	1,5392	1,5415
F	1,5495	1,5496	1,5496	1,5494	1,5488	1,5481	1,5467	1,5424	1,5384	1,5398	1,5413
(d)	—	1,5510	1,5510	1,5508	1,5503	1,5496	1,5481	1,5440	1,5399	1,5413	1,5428
G	—	1,5534	1,5536	1,5533	1,5528	1,5521	1,5508	1,5467	1,5424	1,5438	1,5453

Änderung von n_0 des Quarzes im Temperaturintervall —140° bis +765°.

Linie	-140°	-45°	23°	115°	212°	305°	410°	550°	580°	650°	765°
a	—	1,5494	1,5491	1,5487	1,5480	1,5470	1,5456	1,5406	1,5361	1,5374	1,5387
B	1,5497	1,5501	1,5500	1,5496	1,5489	1,5479	1,5464	1,5417	1,5368	1,5382	1,5396
C	—	1,5511	1,5509	1,5505	1,5499	1,5489	1,5473	1,5425	1,5379	1,5392	1,5405
α	1,5517	1,5520	1,5518	1,5514	1,5507	1,5498	1,5484	1,5435	1,5388	1,5402	1,5415
D ₂	1,5532	1,5534	1,5533	1,5529	1,5523	1,5513	1,5497	1,5449	1,5404	1,5416	1,5430
b ₂	—	1,5569	1,5570	1,5565	1,5559	1,5551	1,5536	1,5486	1,5441	1,5453	1,5468
(c)	—	1,5582	1,5583	1,5579	1,5573	1,5565	1,5550	1,5501	1,5455	1,5467	1,5480
F	1,5585	1,5589	1,5589	1,5586	1,5578	1,5571	1,5556	1,5510	1,5463	1,5474	1,5489
(d)	—	1,5604	1,5604	1,5600	1,5594	1,5586	1,5570	1,5524	1,5477	1,5491	1,5505
G	—	1,5628	1,5630	1,5626	1,5620	1,5613	1,5596	1,5549	1,5502	1,5520	1,5531

Änderung von n_0 des Quarzes im Temperaturintervall von —140° bis +765°.

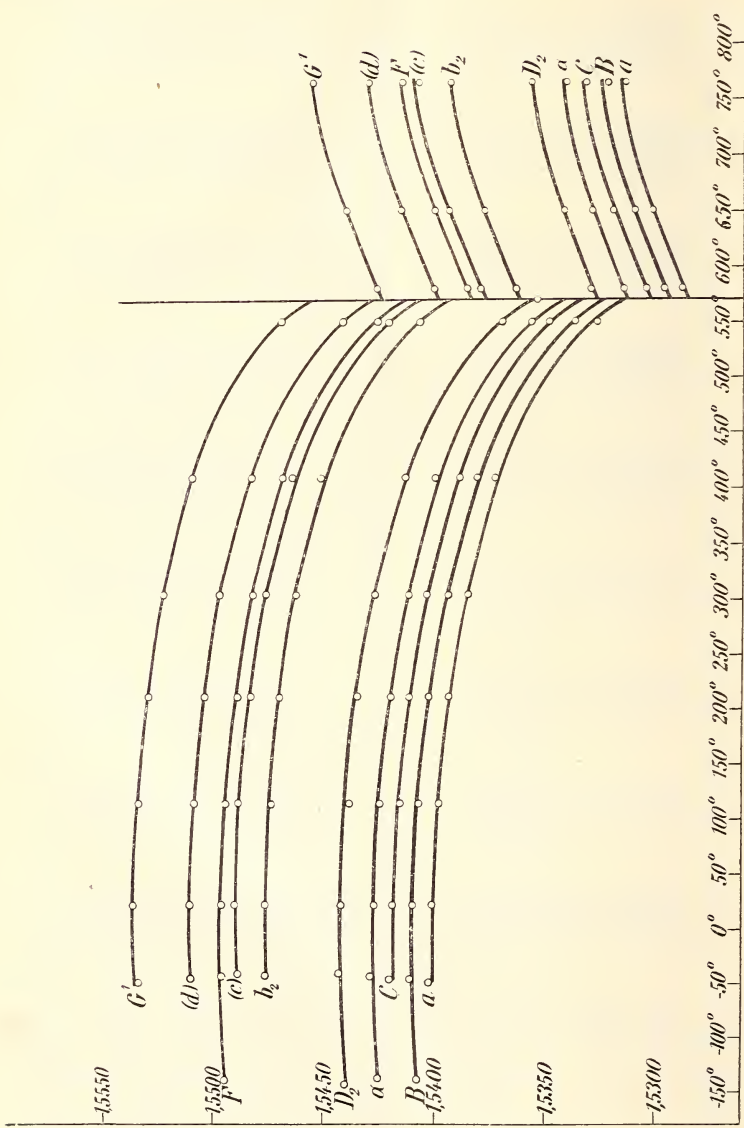


Fig. 3. Kurven zur Änderung von n_0 des Quarzes im Temperaturintervall -140° bis $+765^\circ$.

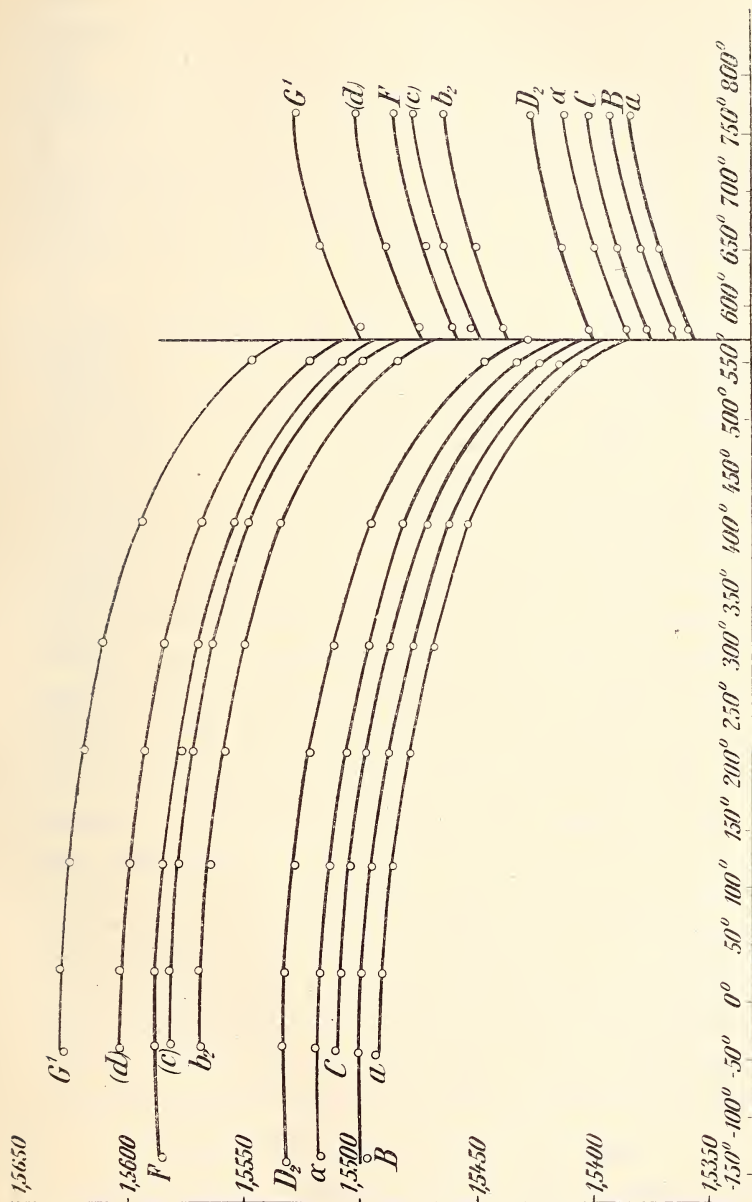


Fig. 4. Kurven zur Änderung von n_o des Quarzes im Temperaturintervall von -140° bis $+765^\circ$.

Die obenstehenden Tabellen und Kurven geben zahlenmäßig recht deutlich an 1. den stetigen Verlauf der Änderung von n_o und n_e des Quarzes im Temperaturintervall -140° bis $+570^\circ$, 2. den für die plötzliche Modifikationsänderung $\alpha \rightleftharpoons \beta$ -Quarz kennzeichnenden Sprung bei 570° und 3. die wieder stetige Änderung der einschlägigen Verhältnisse im Bereich von 570° bis 765° . Insgesamt sind hierdurch die Brechungsexponenten des Quarzes in einem Bereiche von 905° bekannt.

Das verschieden schnelle Maß der Verschiebung, wie es sich in den Kurvenneigungen ausdrückt, läßt sich bei der Beobachtung des durchgehenden Lichtes recht gut verfolgen und insbesondere tritt das plötzliche Verrücken der Spaltbilder bei 570° ganz vorzüglich heraus, so daß sich die Erscheinung zur Demonstration gut eignet. Im Moment der Umwandlung werden die Signalbilder für o und e verwaschen, sie verschieben sich schnell im Gesichtsfelde und erscheinen sogleich wieder scharf als Signale des β -Quarzes. Das Verschwimmen der vor und nach 570° scharfen Signale bei der Umwandlung rührt wohl von Spannungen her, die mit der Volumänderung beim Modifikationsumschlag zusammenhängen. Daß die Teilchen sich oft nicht in wieder genau parallele Lagerung zueinander einstellen, kann man mehr oder minder deutlich an schwachen Nebenbildern nach Vollzug der Änderung $\beta \rightarrow \alpha$ erkennen. Um möglichst exakte Zahlen zu erhalten, wurden die Messungen daher in der Weise ausgeführt, daß der Quarz zunächst ganz allmählich seiner Umwandlung entgegengeführt wurde. Nach der Änderung $\alpha \rightarrow \beta$ wurde ein Rücklauf $\beta \rightarrow \alpha$ vermieden und das für die Bestimmung von n des β -Quarzes dienende Prisma also nach nur dieser einmaligen Überschreitung der für den Zusammenhalt gefährlichen Grenze fortdauernd in seinem β -Zustande untersucht. Die zur Zimmertemperatur abgekühlten Prismen waren zumeist zersprungen.

Erscheinungen beim Erhitzen.

Die Tabellen und Kurven zeigen, daß die Werte von n_o und n_e von Zimmertemperatur aus gerechnet bei der Erhöhung der Temperatur erst allmählich, dann schneller abnehmen, wie es auch frühere Beobachter festgestellt haben.

Aus unseren Kurven läßt sich nun weiter noch das Verhalten des α -Quarzes bis zu seiner Existenzgrenze (570°) ansehen und die quantitative Art der optischen Änderung beim Umschlag, sowie auch des Verhaltens des β -Quarzes verfolgen. Es ergibt sich, daß die Brechungsexponenten schon dicht vor dem Umschlag sich ganz besonders stark erniedrigen. Das trifft sowohl für n_o als auch für n_e zu. Von früher her ist bekannt, daß die Verminderung von n_e bei mäßig hohen Wärmegraden die von n_o übertrifft. Es hält das, sich immer mehr verstärkend, bis zum Umschlag an. Als Mittelwerte für 100° kann man aus den Kurven z. B. für D_2 folgende herausgreifen. Für die übrigen Lichtsorten gilt entsprechendes.

	- 30 bis + 70°	70—170°	170—270°	270—370°	370—470°	470—570°
n_o . .	0,0002	0,0004	0,0008	0,0011	0,0020	0,0047
n_e . .	0,0002	0,0005	0,0010	0,0013	0,0022	0,0053

Durchschnittliche Erniedrigung der Brechungsexponenten bei Quarz für je 100° im Intervall -30° bis $+570^\circ$.

Die Änderung der Dispersion ist auch bis zur Maximaltemperatur des Existenzbereiches von α -Quarz geringfügig. Sie wurde von uns für das Licht von G' bis a gefunden für n_o zu 0,0135 bei 23° , 115° und 212° , zu 0,0137 bzw. 0,0136 bei 305° bzw. 410° , 0,0140 bei 550° ; für n_e zu 0,0139 bei 23° und 115° , zu 0,0140 bei 212° , 0,0143 bei 305° und 550° (ein Wert von 0,0140 bei 410° beruht wohl auf einem Beobachtungsfehler). Man erkennt, daß eine Tendenz zur Vergrößerung der Dispersion mit der Temperatur sowohl für n_o als n_e besteht.

Die Doppelbrechung des α -Quarzes nimmt, wie bekannt, beim Erwärmen ab, entsprechend der oben schon gekennzeichneten stärkeren Verringerung von n_e gegenüber n_o . Bei der geringen Dispersion sowohl für n_o als auch n_e genügt es, die Zahlen für D_2 hier anzuführen. Es ergibt sich

	23°	115°	212°	305°	410°	550°	570° ¹
$e - o$ für D_2	0,0091	0,0091	0,0089	0,0087	0,0085	0,0081	0,0078

Änderung der Doppelbrechung des α -Quarzes im Temperaturintervall 23° C bis 550° bezüglich D_2 .

In Kurvenform tritt dies in den beiden folgenden Darstellungen heraus.

¹ Noch vor dem Umschlag gemessen.

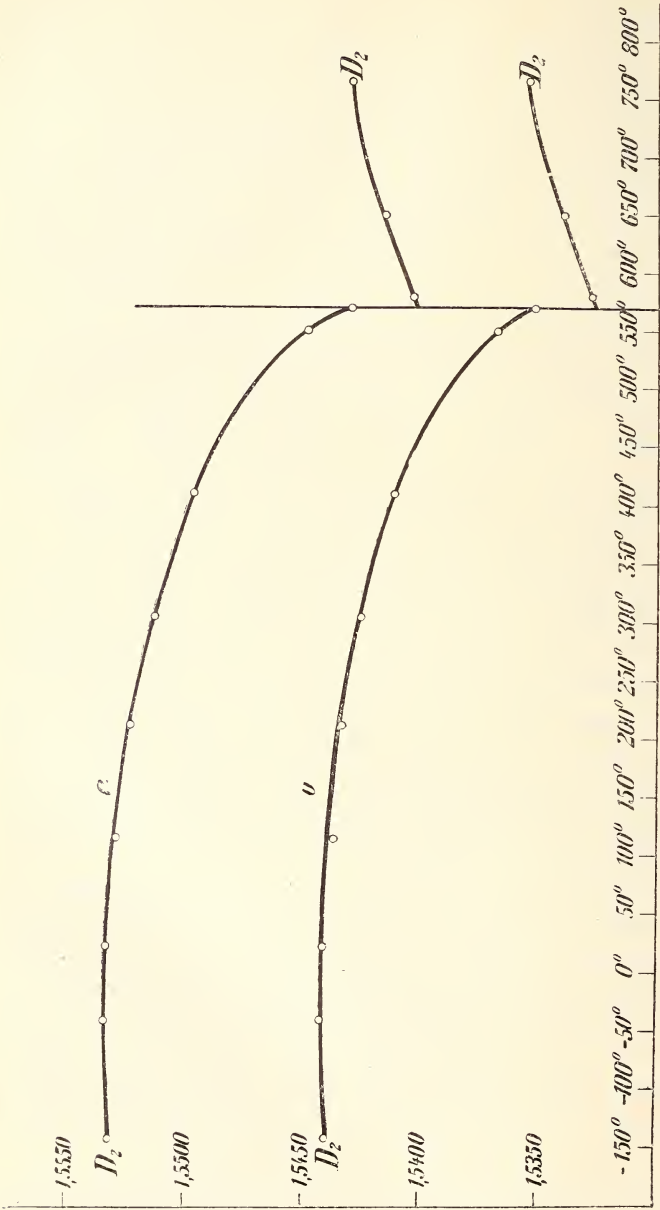


Fig. 5. Kurven zur Änderung der Doppelbrechung des Quarzes im Temperaturintervall von -140° bis $+765^\circ$.

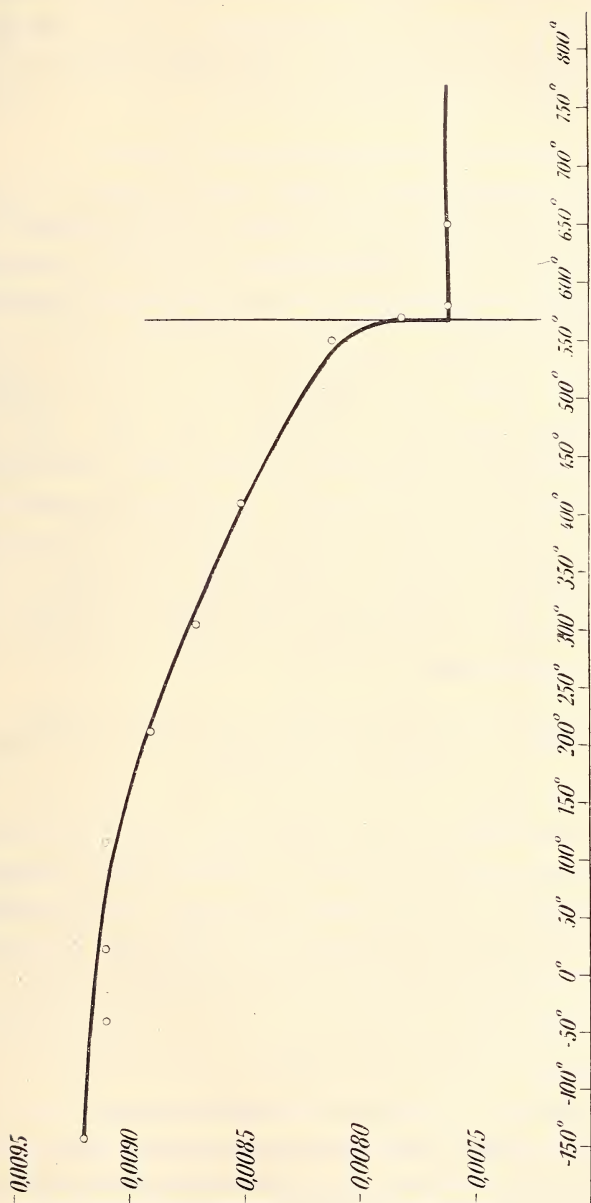


Fig. 6. Kurve zur Änderung der Doppelbrechung des Quarzes im Temperaturintervall von -140° bis $+765^{\circ}$ (D_2 -Licht).

Die Erniedrigung der Doppelbrechung des α -Quarzes beim Erhitzen ist hiernach insbesondere bei höheren Temperaturen nicht unbeträchtlich. Von 0,0091 bei 23° C für D_2 -Licht sinkt sie auf 0,0078 bei 570°.

Erscheinungen beim Abkühlen.

In den aufgestellten Tabellen und Kurven ist auch gleich das Verhalten des α -Quarzes beim Abkühlen von Zimmertemperatur aus wiedergegeben. Es ist schon aus obigen Darlegungen über das Verhalten unseres Minerals in den Intervallen erhöhter Temperatur ersichtlich, daß die einschlägigen Änderungen beim Absinken der Wärme immer geringfügiger werden. Das hält nun auch an beim Abkühlen unter Zimmertemperatur. Natürlich sind dann bei den gegebenen Hilfsmitteln die Beobachtungen immer schwieriger. Immerhin läßt sich beim Überblick des Zahlenmaterials eine Tendenz zur Abnahme der Brechungsexponenten, also zu einer Umkehr des Kurvengefälles insbesondere noch über -40° hinaus wohl nicht verkennen. Möglicherweise strebt der Quarz einer bei sehr niedriger Temperatur stabilen noch unbekanntem Modifikation zu.

Änderungen der Brechungsexponenten beim Umschlag α -Quarz \longleftrightarrow β -Quarz.

Aus den obigen Darlegungen über die Änderungen des α -Quarzes bei Erhöhung der Temperatur geht hervor, daß die optischen Wandlungen dicht vor dem Umschlag besonders energische sind. Erhitzt man also Quarz verhältnismäßig schnell, so daß die Erscheinungen in der Nähe des Umschlags auf kurze Beobachtungszeit zusammengedrängt werden, so könnte es täuschend erscheinen, als seien die Veränderungen dicht vor der Modifikationsänderung $\alpha \longrightarrow \beta$ solche des Umschlags selber.

Immerhin ist der Sprung in der Brechbarkeit bei 570° noch recht kräftig. Man erkennt das am ehesten aus den Kurven (Fig. 5), die sich auf die Wandlungen bezüglich D_2 beziehen und zwar sind die Änderungen folgende.

Der Brechungsexponent n_o des α -Quarzes für D_2 sinkt von 1,5352 bei 570° auf 1,5328 des β -Quarzes bei 580°,

also um 0,0024, der für n_e von 1,5430 auf 1,5404, also um 0,0026.

Die Doppelbrechung ganz dicht vor dem Umschlag (570°) beträgt für D_2 0,0078, kurz darnach (580°) 0,0076.

β -Quarz.

Der Gegensatz von α -Quarz bei gewöhnlichen Wärmegraden und β -Quarz bei seiner Minimaltemperatur tritt am einfachsten aus folgender Tabelle heraus.

Linie	α -Quarz bei 23°			β -Quarz bei 580°		
	n_o	n_e	Doppelbrechung e — o	n_o	n_e	Doppelbrechung e — o
a . .	1,5401	1,5491	0,0090	1,5287	1,5361	0,0074
B . .	1,5410	1,5500	0,0090	1,5295	1,5368	0,0073
C . .	1,5419	1,5509	0,0090	1,5303	1,5379	0,0076
α . .	1,5427	1,5518	0,0091	1,5313	1,5388	0,0075
D_2 . .	1,5442	1,5533	0,0091	1,5328	1,5404	0,0076
b_2 . .	1,5477	1,5570	0,0093	1,5362	1,5441	0,0079
(c) . .	1,5490	1,5583	0,0093	1,5378	1,5455	0,0077
F . .	1,5496	1,5589	0,0093	1,5384	1,5463	0,0079
(d) . .	1,5510	1,5604	0,0094	1,5399	1,5477	0,0078
G' . .	1,5536	1,5630	0,0094	1,5424	1,5502	0,0078
Dispersion	0,0135	0,0139	0,0004	0,0137	0,0141	c. 0,0004

Wie bei α -Quarz ist mithin die Doppelbrechung positiv, die Dispersion im Gebiete von Linie G' bis a ist bei beiden Quarzarten für n_e etwas größer als für n_o , die Doppelbrechung steigt bei beiden Modifikationen mit abnehmender Wellenlänge um etwa gleiche Größen. Die Dispersion der Doppelbrechung ist gering.

Änderung der Brechungsexponenten von β -Quarz beim Erhitzen.

Es wurde auch versucht, die Brechungsexponenten des β -Quarzes noch im Temperaturbereich über 570° hinaus zu verfolgen, um die allgemeine Tendenz der Veränderung kennen zu lernen. Wenn auch die Schwierigkeiten, genaue Beobachtungen an dem immer stärker glühenden Quarze mit Hilfe

des sich natürlich auch mehr und mehr erwärmenden Goniometers zu machen, bedeutende waren, zumal es sich gerade hier um nur sehr geringfügige Änderungen handelt, so läßt sich aus dem Überblick der schon zu Anfang mitgeteilten gesamten Zahlen zunächst doch mit Sicherheit erkennen, daß die Brechungsexponenten des β -Quarzes mit der Temperatur wieder ansteigen, also eine entgegengesetzte Tendenz, wie der α -Quarz im Temperaturbereich -30° bis 570° haben.

Bezüglich der Dispersion läßt sich im Überblick der Zahlen eine Zunahme sowohl für o als auch für e erschließen. Sie steigt für n_o von 0,0137 bei 580° auf 0,0141 bei 765° , für n_e von 0,0141 bei 580° auf 0,0144 bei 765° ¹.

Die Doppelbrechung beim β -Quarz läßt sich, beim Überblick des Gesamtzahlenmaterials als eine mit der Temperatur schwach steigende bezeichnen.

Untersuchungen am Leucit.

Wie der Quarz stellt bekanntermaßen auch der Leucit zwei Modifikationen je nach den obwaltenden Temperaturverhältnissen vor. Nach C. KLEIN liegt die Grenze bei etwa 560° .

Wir benutzten zu unseren Untersuchungen gelblichweiß durchscheinenden Leucit aus den Tuffen der Campagna bei Rom und ersahen, daß sowohl eine dicke Platte wie auch zur n -Bestimmung dienende Prismen beim Erhitzen in dem für Quarz benutzten Apparat ihre Doppelbrechung bei 560° und darüber noch behielten. Erst bei 684° fing die Doppelbrechung an, deutlich abzunehmen. Isotropie (mit Ausnahme einiger Störungserscheinungen) trat erst bei 714° ein. Es lag also beim in Rede stehenden Leucit der Umschlag wesentlich höher als 560° und weiterhin ist von Interesse, daß keine scharfe Temperaturgrenze zwischen den beiden Modifikationen sich vorfand, vielmehr eine beträchtliche Verschleppung über etwa 30° sich geltend machte. Beim Abkühlen wurden die rückläufigen Erscheinungen bei den nämlichen Wärmegraden beobachtet. Es lag hier also ein starker Gegensatz vor zwischen dem scharf auf kleine Temperaturschwankungen

¹ Vielleicht ein wenig zu klein bestimmt.

um 570° durch momentanen Modifikationsumschlag reagierenden Quarz und dem gewissermaßen träge sich umwandelnden Leucit. Man wird das Verhalten des letzteren als den Ausdruck eines ihm eigenen Umwandlungsintervalles deuten können, wie es bei festen Lösungen vorauszusetzen ist, ganz entsprechend den Schmelzerscheinungen, die ja als Änderung fest \rightleftarrows flüssig den Modifikationsumwandlungen $\alpha \rightleftarrows \beta$ ganz analog sind. Wie reine Substanzen einen scharfen Schmelzpunkt besitzen, sich also bei einer bestimmten Temperatur verflüssigen und auch bei ihm erstarren, feste Lösungen, z. B. isomorphe Mischungen, aber in einem Temperaturintervall von gelegentlich Hunderten von Graden flüssig werden bzw. erstarren, so werden entsprechend reine Substanzen einen scharfen Punkt der Modifikationsänderung besitzen, feste Lösungen aber die Modifikationsänderung in einem Intervall vornehmen. In der Hinsicht hat F. RINNE¹ bereits früher ein Beispiel aus der Mineralwelt im eisenhaltigen Boracit aufgefunden. Bei diesem grünlichen Boracit geht die Änderung rhombisch \rightleftarrows regulär bei einer höheren Temperatur als beim eisenfreien vor sich, und überdies durchläuft das eisenhaltige Mineral ein Umschlagsintervall. Eine völlige Isotropie tritt bei der isomorphen Vereinigung von Magnesium- und Eisenboracit überhaupt nicht auf. Wahrscheinlich verursacht die molekulare Mischung Spannungserscheinungen des regulären Baus, wie sie ja bei niederen Temperaturen, z. B. beim Granat, vielfach beobachtet werden.

Ein anderes Beispiel eines Umwandlungsintervalles fanden F. RINNE und H. E. BOEKE in dem molekularen Gemisch von Fe und Fe S auf².

Entsprechendes liegt nach obigem beim Leucit vor, der ja meist eine isomorphe Mischung von Kaliumaluminiummetasilikat und Natriumaluminiummetasilikat vorstellt, wie es auch bei dem von uns optisch studierten Leucit qualitativ nachgewiesen wurde.

Bei der Beobachtung am Erhitzungsgoniometer zeigte sich die Umwandlung wie beim Quarz durch Verringerung

¹ Dies. Jahrb. 1900. II. 108.

² Dies. Jahrb. Festband 1907. 227.

der Bildschärfe an. Während das Signalbild aber beim erstgenannten Mineral im Augenblick der Modifikationsänderung von einer Position in die andere springt, verschob es sich beim Leucit allmählich, ein Zeichen des Umwandlungsintervalls.

α -Leucit.

Die benutzten Prismen lieferten im durchfallenden Licht ein ganz befriedigend scharfes Signalbild.

Daß nicht zwei Bilder auftraten, wird an der sehr geringen Doppelbrechung des Minerals gelegen haben¹.

Die Dispersion der Brechung war deutlich. Folgende Tabelle gibt über diese Verhältnisse bei 21° C Aufschluß.

Linie	n
a	1,5046
B	1,5054
C	1,5061
α	1,5072
D ₂	1,5088
b ₂	1,5124
(c)	1,5139
F	1,5146
(d)	1,5162
G'	1,5188
Dispersion	0,0142

Dispersion der Brechungsexponenten des α -Leucits bei 21° C.

Beim Erwärmen verkleinern sich die Brechungsexponenten, aber zunächst wenig, von etwa 585° ab wird der Abfall kräftiger und schließlich sehr bedeutend. Es erinnert das an die Verhältnisse beim Quarz. Beim Umschlag gibt es keine Unstetigkeiten, vielmehr einen allmählichen Vollzug. Es erhellt dies aus nachstehender Tabelle und dem zugehörigen Kurvenbild.

Die Änderung der Dispersion ist gering; sie wird mit der Temperatur etwas größer.

¹ ZIMANYI konnte bei seinen Refraktionsuntersuchungen am Leucit mittels des PULFRICH'schen Apparates gleichfalls keine Doppelbrechung, also keine zwei Grenzen der Totalreflexion erkennen (Zeitschr. f. Krist. 1894. 22. 321).

Linie	21°	425°	585°	660°	750°
a	1,5046	—	—	1,4960	1,4903
B	1,5054	1,5025	1,4998	1,4969	1,4912
C	1,5061	—	—	1,4977	1,4921
α	1,5072	—	—	1,4987	1,4931
D ₂	1,5088	1,5058	1,5033	1,5000	1,4947
b ₂	1,5124	—	—	1,5038	1,4985
(c)	1,5139	—	—	1,5052	1,5002
F	1,5146	1,5118	1,5093	1,5059	1,5009
(d)	1,5162	—	—	1,5078	1,5023
G'	1,5188	1,5162	1,5138	1,5107	1,5053
Dispersion G' — a	0,0142	—	—	0,0147	0,0150

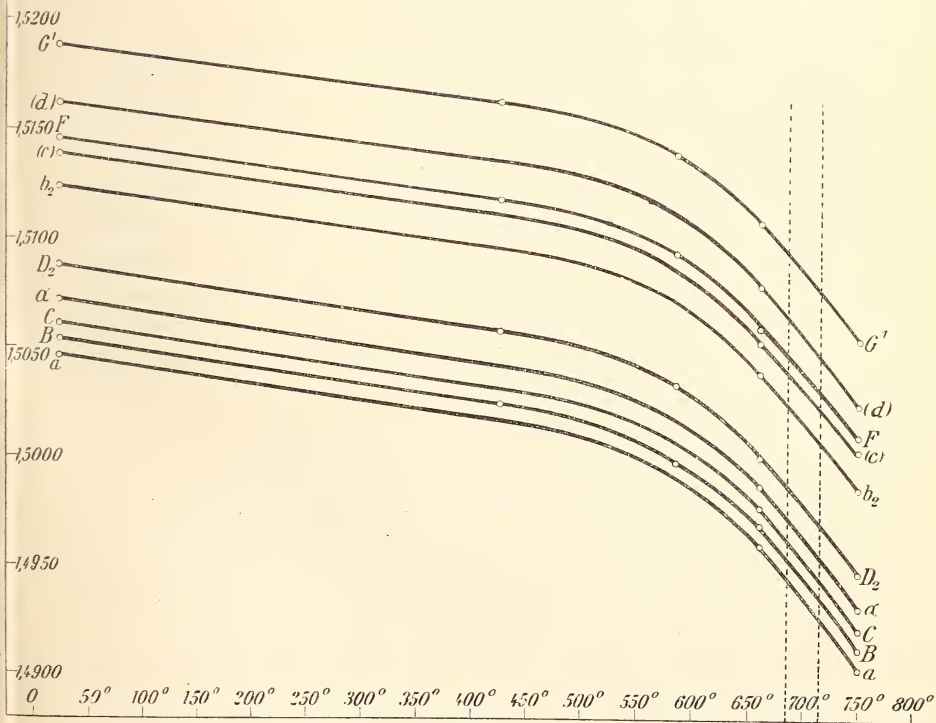


Fig. 7. Kurven zur Änderung der Brechung des Leucits im Temperaturintervall von 21° bis 750°.

β -Leucit.

Die optischen Konstanten des β -Leucits mögen hier noch einmal neben die des α -Leucits gestellt werden.

Linie	α -Leucit bei 21°	β -Leucit bei 750°
a	1,5046	1,4903
B	1,5054	1,4912
C	1,5061	1,4921
α	1,5072	1,4931
D_2	1,5088	1,4947
b_2	1,5124	1,4985
(c)	1,5139	1,5002
F	1,5146	1,5009
(d)	1,5162	1,5023
G'	1,5188	1,5053
Dispersion $G' - a$	0,0142	0,0150

Leipzig, Mineralogisches Institut der Universität.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [1910_2](#)

Autor(en)/Author(s): Rinne Friedrich, Kolb Rudolf

Artikel/Article: [Optisches zur Modifikationsänderung von a- in /i-Quarz sowie von a- in \$\wedge\$ -Leucit. 138-158](#)