

XXIX. Ueber die optischen Eigenschaften der Zinkblende von Santander.

Von

L. Calderon in Madrid.

Zu dem Zwecke des Studiums etwaiger Beziehungen zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und der Spaltbarkeit in den Krystallen, schien es dem Verfasser nicht überflüssig, auch eine isotrope und zwar eine gefärbte krystallisirte Substanz der möglichst genauen Bestimmung der Brechungsexponenten in verschiedenen Richtungen zu unterwerfen, um zu erfahren, ob auch der Einfluss einer färbenden isomorphen Beimischung in einem isotropen Medium ein von der Richtung, also auch von den vorhandenen Spaltungsebenen, vollkommen unabhängiger sei. Hierzu bot sich als ganz besonders geeignet dar die bekannte hellbraune Zinkblende vom Picos de Europa, trotzdem es auch von diesem ausgezeichneten Material nicht leicht ist, grössere Stücke zu finden, welche frei von Zwillinglamellen und von Schichten dunklerer und hellerer Färbung, d. h. in ihrer ganzen Ausdehnung von gleichmässig vertheiltem Eisengehalt (welcher die Färbung bedingt), sind.

Einige recht homogene Exemplare verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Bertrand in Paris und ein ganz ausgezeichnetes Stück, das hellstgefärbte und homogenste, welches ich bisher sah, erhielt ich von Herrn Quiroga. Mit diesem Material liess ich nun eine Reihe von Prismen in folgender Weise herstellen: Denkt man sich einen Zinkblendekrystall auf eine Oktaëderebene projecirt, so stehen bekanntlich drei, dem Dodekaëder angehörige Spaltungsflächen senkrecht zu jener Ebene; zwei derselben bilden eine Kante von 120° wahren Winkel; schleift man von diesem stumpfen Prisma unter Erhaltung der Kante auf der einen Seite ein Prisma von 45° , auf der anderen ein solches von 15° ab, so bleibt ein Prisma von 60° brechender Kante übrig; theilt man dieses noch einmal durch eine den Winkel halbirende Ebene, so hat man schliesslich zwei Prismen von 30° ,

deren brechende Kante noch die ursprüngliche, d. h. die Normale zu einer Oktaëderfläche ist, und welche, obgleich aus den benachbarten Theilen des Krystalls bestehend, in Bezug auf die Spaltungsflächen die grösstmögliche Verschiedenheit der Orientirung besitzen. Es ist nämlich bei dem einen die Bisectrix einer Dodekaëderfläche parallel, während sie bei dem andern auf einer Spaltungsfläche senkrecht steht.

Die Herstellung der Prismen führte Herr Clovis in Paris nach einem Verfahren aus, durch welches möglichst vermieden werden sollte, dass beim Poliren der abweichend orientirten Prismen ein verschiedener Einfluss auf die mechanischen und somit auf die optischen Eigenschaften der Substanz ausgeübt werde. Es wurden nämlich die beiden, in oben geschilderter Weise geschnittenen Prismen mit je einer Fläche so auf einander gekittet, dass sie ein Parallelepiped bildeten, und die beiden anderen Flächen derselben vollkommen parallel geschliffen und polirt; alsdann wurden die Prismen getrennt, mit den polirten Flächen zu einem dem vorerwähnten gleichartigen Parallelepiped verbunden, und mit den nun nach aussen gekehrten Flächen, welche vorher auf einander gekittet waren, dieselbe Operation vorgenommen. Solcher Paare von Prismen, deren jedes aus einem und demselben Stück Zinkblende hergestellt war, liess ich acht anfertigen, von denen einige so gut gelangen, dass die brechenden Winkel der beiden Prismen eines Paares kaum differiren (bei dem bestgelungenen Paar $42''$).

Die Messungen wurden im vorigen Jahre im mineralogischen Institute der Universität zu Strassburg mit dem daselbst befindlichen, von F u e s s in Berlin construirten grossen Goniometer (s. G r o t h , physikalische Krystallographie, S. 464) ausgeführt. Dieses Instrument war jedoch seit seiner Beschreibung a. a. O. sehr wesentlich dadurch verändert worden, dass die doppelte Theilung des Kreises durch eine einfache ersetzt und die Fernröhre mit Ablesemikroskopen versehen worden waren. Um die Ablesung durch die letzteren möglichst bequem auszuführen, sind dieselben knieförmig gestaltet und mit je einem total reflectirenden Prisma versehen, so dass nur die eine Hälfte senkrecht zum horizontalen Kreise steht, die andere ein fast wagerechtes, zur Seite jedes Fernrohres befindliches Rohr bildet. Der Limbus ist auf $40'$ getheilt und der Kopf der Mikrometerschrauben in 60 Theile, deren jeder also $40''$ entspricht, aber so gross ist, dass mit Leichtigkeit die einzelne Sekunde geschätzt werden kann. Mit der jetzigen, sehr bequemen Einrichtung des Instrumentes ist nicht nur eine recht rasche und sichere Beobachtung möglich, sondern es ist namentlich die Ungenauigkeit beseitigt, welche früher dadurch entstand, dass der Drehungswinkel der Fernröhre und des Prisma an zwei verschiedenen Theilungen abgelesen wurde. Ferner kann man jetzt sehr leicht die Genauigkeit der Theilung und Centrirung des Kreises prüfen, indem man die beiden Fernröhre mit

ihren Mikroskopen unter verschiedenen Winkeln zu einander geneigt fixirt und beobachtet, wie viel dieser feste Winkelabstand, an verschiedenen Stellen des unabhängig drehbaren Kreises herumgetragen, differirt. Durch eine sehr grosse Zahl von Beobachtungen wurden für die Constanten des Instrumentes folgende Werthe festgestellt:

Ein Theilstrich der Mikrometerschraube am Beobachtungsfernrohr beträgt $10,042$, bei dem Collimator $11,148$ (aus je 228 Ablesungen berechnet); ist somit die Zahl der am ersten Mikrometer abgelesenen Theile $= n_1$, der am zweiten abgelesenen $= n_2$, so erfolgt die Reduction derselben auf einander nach der Formel:

$$n_1 = n_2 - 1,106 n_1$$

Die Theilungsfehler des Kreises wurden von 2 zu 20 bestimmt, indem, wie oben erwähnt, feste Bögen von 40° , 50° , 60° und 90° successive auf dem Limbus herumgeführt und ihr Werth auf den verschiedenen Stellen des letzteren verglichen wurde. Es ergab sich aus mehr als 500 Beobachtungen, dass weder die Theilungs- noch die Excentricitätsfehler irgendwo $4''$ überschritten, während für den wahrscheinlichen Fehler der Ablesung selbst aus 300 Beobachtungen der Werth $0,64$ folgte. Um auch jene etwas grösseren Fehler noch zu eliminiren, habe ich jede Ablenkung durch Drehen des Limbus an sechs verschiedenen Stellen desselben bestimmt und das Mittel dieser sechs Doppelablesungen genommen.

Alle Messungen der Brechungsexponenten wurden mit Benutzung von Natriumlicht ausgeführt, und zwar wurde kein gradliniger, sondern ein Websky'scher Spalt benutzt, welcher eine ausgezeichnet scharfe Einstellung gestattete. Ferner wurde stets die doppelte Ablenkung bestimmt, indem einmal auf das Bild von minimaler Ablenkung nach links, das andere Mal, nach dem Drehen des Prisma auf die entgegengesetzte Seite, auf die minimale Ablenkung nach rechts eingestellt wurde.

Bei jedem Prismenpaar soll mit I dasjenige Prisma bezeichnet werden, dessen Bisectrix parallel der Spaltbarkeit, mit II dasjenige mit hierzu senkrechter Bisectrix.

Die beiden zuerst untersuchten Prismen waren von sehr hellgelber Färbung, recht homogen, aber nur 17 mm hoch und 12 breit. Sie ergaben in einer Versuchsreihe:

$$\begin{array}{l} \text{I. } n = 2,36552 \\ \text{II. } n = 2,36744 \\ \text{Diff. } 0,00189 \end{array}$$

In einer andern:

$$\begin{array}{l} \text{I. } n = 2,36929 \\ \text{II. } n = 2,36843 \\ \quad \quad 0,00086 \end{array}$$

Da die Differenz dieser beiden Bestimmungen weit ausserhalb jeder

bei der Messung möglichen Fehlergrenze liegt, welche in keinem Falle mehr als die fünfte Decimale verändern konnte, so musste irgend ein bisher nicht beachteter Umstand die Bestimmung des Brechungsexponenten beeinflussen. Diesen erkannte ich schliesslich in der Dicke der durchstrahlten Schicht des Prisma, denn als dasselbe so auf dem Goniometer befestigt wurde, dass eine der beiden Centralschrauben parallel seiner Bisectrix war, und mit dieser sich selbst parallel vor dem Objectiv verschoben wurde, so dass nach und nach die der Kante näheren oder von ihr entfernteren Theile des Prisma von den Lichtstrahlen getroffen wurden, zeigte sich eine continuirliche Verschiebung des Spectrums. Diese fand in dem Sinne statt, dass die Ablenkung sich um so mehr verringerte, je weiter man sich von der brechenden Kante entfernte, d. h. je dicker die durchstrahlte Schicht wurde. Da die Verschiebung sich bis zu $9'$ Winkelwerth steigern liess, war es unmöglich, sie durch eine etwaige Krümmung der polirten Prismenflächen zu erklären, die eine so verschwindend kleine war, dass die an verschiedenen Stellen der Prismenflächen ausgeführten Messungen des brechenden Winkels nur Differenzen von wenigen Secunden ergeben hatten. Man musste also annehmen, dass das Licht beim Durchgang durch das Prisma eine Modification erfahre, deren Betrag von der Dicke der durchstrahlten Schicht abhängt. Um diesen Einfluss der letzteren direct zu bestimmen, wandte ich folgende Methode an:

Das Prisma wurde mit einer Fläche auf eine Messingplatte aufgelegt, in deren Mitte ein Spalt von nur 0,5 mm Breite eingeschnitten war, und auf dieser so befestigt, dass die brechende Kante dem Spalt parallel war. Normal zu letzterem war auf der einen Seite der Platte eine Linie eingerissen, deren Länge (von der Mitte des Spalts an gerechnet) bis zu ihrem scharf markirten Endpunkt bestimmt war; letzterer lag nahe am Rande der Platte. Misst man nun den Abstand der brechenden Kante des den Spalt verdeckenden Prisma von jenem Endpunkte, so giebt die Differenz beider Zahlen direct die Entfernung der Spaltmitte, d. i. der Eintrittsstelle der Lichtstrahlen in das Prisma, von der brechenden Kante. Sei D die Entfernung der Spaltmitte, m diejenige der brechenden Kante von dem Endpunkte der eingerissenen Linie, endlich α der brechende Winkel, so ist die Länge ε , welche der Strahl beim Minimum der Ablenkung im Prisma durchläuft, weil derselbe alsdann mit beiden Grenzflächen gleiche Winkel bildet, deren Summe $= 180^\circ - \alpha$:

$$\varepsilon = \frac{(D - m) \sin \alpha}{\sin \frac{1}{2}(180^\circ - \alpha)}$$

Die Messung der Abstände $(D - m)$ geschah einfach mittelst zweier an einem Maassstab mit Nonius verschiebbaren Spitzen auf circa 0,025 mm genau, was einer Genauigkeit von 0,043 mm für die Dicke der durchstrahlten Schicht entspricht.

Wenn auch die Grösse des brechenden Winkels in die Berechnung der verschiedenen Werthe von ϵ und n als Constante eingeht, so wurde doch auch diese mit möglichster Sorgfalt bestimmt und zwar durch 42 Repetitionsmessungen; der Fehler des aus diesen genommenen Mittels überstieg nicht 4" und konnte daher höchstens die fünfte Decimale von ϵ beeinflussen. Als Signal wurde bei diesen Messungen ein Websky'scher Spalt benutzt, und zwar wurde derselbe, wie bei den Messungen der Brechungsexponenten, mit Natriumlicht beleuchtet, wobei alle Störungen der reflectirten Bilder durch Chromasie der Fernröhre vermieden und eine schärfere Einstellung erzielt wurde, als sie mit dem Bilde eines Fadenkreuzes erreicht werden konnte.

Am Anfang einer jeden Reihe von Messungen der Ablenkung wurde der Spalt in der das Prisma tragenden Messingplatte auf dem Goniometer genau centrirt und justirt, und diese Stellung, ebenso wie die der Oculare beider Fernröhre, während der ganzen Zeit unverändert beibehalten.

Da ein nicht unerheblicher Einfluss der Temperatur auf die Brechungsexponenten der Zinkblende constatirt worden war (siehe weiter unten), so wurde der Arbeitsraum für die Untersuchung eines und desselben Prismenpaares stets auf dieselbe Temperatur gebracht und diese constant erhalten, was sich auf etwa 4° bewerkstelligen liess.

Erstes Prismenpaar.

Dieses bestand aus den beiden bereits S. 506 beschriebenen Prismen. Da deren brechende Winkel nicht absolut übereinstimmten, würde man etwas verschiedene Dicken erhalten haben, wenn man das zweite Prisma in denselben Abständen ($D - m$) auf der Spaltplatte befestigt hätte, wie das erste. Um die beiden Messungsreihen direct vergleichbar zu machen, wurden aus den Werthen von ϵ , für welche die Beobachtungen am ersten Prisma angestellt worden waren, die zugehörigen Distanzen ($D - m$) berechnet und das zweite Prisma dementsprechend befestigt.

Die Resultate der Messungen sind in der folgenden Tabelle enthalten, in welcher $D - m$ den Abstand der brechenden Kante vom Nullpunkte, ϵ die Dicke der durchstrahlten Schicht des Prismas, Δ die beobachtete Ablenkung, n den Brechungsexponent und t die Temperatur bedeuten.

Prisma I. Brechender Winkel = 30° 0' 30"

$D - m$	ϵ	Δ	n_1	t
0,684 mm	0,3526 mm	45° 39' 38",8	2,369289	24,5
0,834	0,4303	45 37 44,2	2,368444	25
1,034	0,5338	45 36 39,6	2,367960	24
1,234	0,6896	45 35 38,4	2,367510	23
1,434	0,7409	45 34 44,5	2,367090	24

$D - m$	ε	A	n_1	t
1,634	0,8447	45 33 17,8	2,366470	23
1,834	0,9484	45 32 19,8	2,366019	23
2,034	1,0520	45 32 11,0	2,365976	23,5
2,184	1,1390	45 34 55,7	2,365937	23
2,384	1,2430	45 30 59,6	2,365447	24

Prisma II. Brechender Winkel = $30^\circ 12' 28''{,}5$

$D - m$	ε	A	n_2	t
0,684 mm	0,3526 mm	46° 4' 30",0	2,370348	23,5
0,834	0,4303	46 2 52,5	2,369489	23
1,034	0,5338	46 1 49,6	2,369028	23
1,234	0,6896	46 0 40,0	2,368515	23,5
1,434	0,7409	46 0 12,3	2,368343	23
1,634	0,8447	45 58 25,6	2,367534	24
1,834	0,9484	45 57 29,0	2,367120	23,5
2,034	1,0520	45 57 17,3	2,367035	23,5
2,184	1,1390	45 57 13,9	2,367010	23,5
2,384	1,2430	45 56 11,0	2,366549	23,5

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass in beiden Prismen der Brechungs-exponent n mit zunehmender Dicke der durchstrahlten Schicht in ganz regelmässiger Weise abnimmt.

Dasselbe Resultat ergaben auch die übrigen Prismen, welche jedoch dunkler gefärbt und weniger homogen waren, daher auf deren Untersuchung nur ein geringeres Gewicht gelegt werden möge. Ferner war bei denselben, wie auch bei dem ersten Prismenpaar, nur der in der Nähe der brechenden Kante gelegene Theil frei von Sprüngen u. s. w. Es erschien daher wünschenswerth, Prismen zu untersuchen, welche den ungehinder-ten Durchgang der Strahlen noch in grösserer Dicke gestatteten.

Zweites Prismenpaar.

Dieses wurde aus dem Eingangs erwähnten Stücke, welches mir Herr Quiroga übergab, hergestellt und erfüllte in der That die zuletzt er-wähnte Bedingung in hohem Grade, da beide Prismen noch bei einer Dicke von 11 mm, also sehr entfernt von der brechenden Kante, für scharfe Be-obachtungen genügend homogen waren. Dieselben waren 27 mm breit und 16 mm hoch; der Schliff war hier so ausgezeichnet gelungen, dass die Messungen des brechenden Winkels der beiden Prismen nur eine Differenz von $12''$ ergaben.

Die an diesem Paare gewonnenen Resultate sind die folgenden :

Prisma I. Brechender Winkel = $29^{\circ} 53' 41''$. $t = 48^{\circ}$

$D - m$	ε	\mathcal{A}	n
2,084	1,073	$45^{\circ} 34' 9,5$	2,373027
2,184	1,125	$45 33 45$	2,372846
2,284	1,176	$45 33 2,75$	2,372527
2,484	1,279	$45 32 24$	2,372235
2,684	1,383	$45 32 4$	2,372094
2,884	1,486	$45 34 46,7$	2,371960
3,084	1,589	$45 34 32$	2,371852
3,284	1,692	$45 34 24$	2,371792
3,584	1,847	$45 30 32$	2,371427
4,084	2,105	$45 29 42$	2,371034
4,234	2,182	$45 29 58,5$	2,371154
4,534	2,337	$45 29 23$	2,370905
4,834	2,494	$45 29 9,7$	2,370794
5,134	2,646	$45 28 53,5$	2,370676
5,434	2,804	$45 28 29$	2,370507
5,734	2,956	$45 27 56,2$	2,370386
6,034	3,114	$45 27 37,6$	2,370405
6,534	3,368	$45 27 28,6$	2,370044
7,034	3,626	$45 27 3,8$	2,369857
7,334	3,784	$45 26 57,7$	2,369804
8,334	4,296	$45 26 26,2$	2,369580
9,334	4,814	$45 26 18,7$	2,369520
10,334	5,326	$45 26 13,2$	2,369479
11,384	5,842	$45 25 47,9$	2,369293
12,334	6,358	$45 25 18,5$	2,369073
13,322	6,853	$45 25 1,5$	2,368946
15,322	7,902	$45 24 32,5$	2,368734
17,322	8,933	$45 23 57$	2,368467
19,322	9,963	$45 23 12$	2,368434
21,322	10,993	$45 22 23$	2,367767

Prisma II. Brechender Winkel = $29^{\circ} 52' 59''$. $t = 48^{\circ}$.

$D - m$	ε	\mathcal{A}	n
2,084	1,073	$45^{\circ} 35' 43,6$	2,373900
2,184	1,125	$45 34 59$	2,373568
2,284	1,176	$45 34 6,0$	2,373174
2,484	1,279	$45 33 49,4$	2,373048
2,684	1,383	$45 33 34,5$	2,372854
2,884	1,486	$45 33 9,5$	2,372714

$D - m$	ϵ	A	n
3,084	1,589	45° 32' 54,5"	2,372634
3,284	1,692	45 32 40	2,372528
3,584	1,847	45 32 29	2,372399
4,084	2,105	45 34 42,6	2,372109
4,234	2,182	45 31 17,7	2,371921
4,534	2,337	45 31 10,8	2,371880
4,834	2,491	45 31 1	2,371797
5,134	2,646	45 30 48,2	2,371673
5,434	2,801	45 30 25,2	2,371531
5,734	2,956	45 30 7,8	2,371402
6,034	3,111	45 29 45,5	2,371237
6,534	3,368	45 29 40,7	2,371206
7,034	3,626	45 29 22	2,371162
7,334	3,781	45 29 8,25	2,370954
8,334	4,296	45 28 49,2	2,370817
9,334	4,811	45 28 26	2,370644
10,334	5,326	45 27 43,0	2,370325
11,384	5,842	45 27 32,5	2,370243
12,334	6,358	45 27 10	2,370079
13,322	6,853	45 26 33	2,369803
15,322	7,902	45 26 22,5	2,369721
17,322	8,933	45 25 33,5	2,369356
19,322	9,963	45 24 42,5	2,368981
21,322	10,993	45 23 50,3	2,368593

Man sieht auch hier, wie in der früheren Tabelle, für beide Prismen in derselben Weise die Abnahme der Werthe für n mit wachsender Dicke, und zwar geben jene Zahlen, wenn man sie als Ordinaten, die Werthe von ϵ als Abscissen aufträgt, eine Curve von ziemlich grosser Regelmässigkeit.

Vergleicht man die Werthe der Brechungsexponenten für gleiche Dicke mit einander, so ergiebt sich, dass in beiden Fällen das Prisma II, d. h. dasjenige, dessen Bisectrix senkrecht zu einer der Spaltungsebenen steht, einen höheren Brechungsexponent besitzt, als I, dessen Halbirende eine Spaltungsebene ist. Die Differenz zwischen beiden ist für das erste und zweite Prismenpaar ungefähr gleich und für verschiedene Dicken nahe constant, wie die folgende Tabelle zeigt:

1. Prismenpaar :	2. Prismenpaar :
$n_2 - n_1$	$n_2 - n_1$
0,001059	0,000873
0,001048	0,000722
0,001068	0,000647
0,001005	0,000813
0,001223	0,000760
0,001064	0,000754
0,001101	0,000782
0,001059	0,000736
0,001073	0,000972
0,001102	0,001075
Mittel : 0,001080	0,000729
	0,000892
	0,000882
	0,000855
	0,000895
	0,000854
	0,001104
	0,001124
	0,001097
	0,001046
	0,001064
	0,001124
	0,000846
	0,000950
	0,001006
	0,000857
	0,000990
	0,000889
	0,000847
	0,000826
	Mittel : 0,000949

Nach diesen Resultaten schien es nöthig, anzunehmen, dass die Ursache der Abweichung der Werthe von n für verschiedene Dicke ihren Grund habe in Inhomogenitäten, welche in merkwürdig regelmässiger Weise im Krystall vertheilt sein mussten. Um hierüber ins Klare zu kommen, wurde ein Versuch gemacht, direct den Einfluss der Richtung auf den Gang der Lichtstrahlen zu untersuchen, d. h. den Brechungsexponenten beider Prismen (des zweiten Paares) für variable Incidenzwinkel zu messen. Es war alsdann möglich, die Dicke der durchstrahlten Schicht zu verändern, ohne die Stelle des Eintrittes der Lichtstrahlen zu verschieben.

Ist r der Einfallswinkel, i der Winkel, welchen der Strahl im Prisma mit der Normalen zur Eintrittsfläche, i' derjenige, welchen er mit der Senkrechten zur Austrittsfläche bildet, r' der Winkel mit derselben Normale nach dem Austritt, so hat man bekanntlich:

$$(1) \quad n = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{\sin r'}{\sin(\alpha - i)} \quad i + i' = \alpha$$

woraus folgt:

$$(2) \quad \cot i = \left(\cos \alpha + \frac{\sin r'}{\sin r} \right) \operatorname{cosec} \alpha$$

Kennt man durch Messung die Richtungen des einfallenden und des gebrochenen Strahls in Bezug auf die Prismenflächen, so folgt aus (2) derjenige Werth von i , welcher in (1) substituirt den Brechungsexponent n liefert.

Um die Länge der vom Licht durchlaufenen Strecke berechnen zu können, wurde das Prisma, wie früher, auf der mit dem Spalt versehenen Messingplatte befestigt und der Abstand ($D - m$) gemessen. Wenn ω und ω' die Winkel des Strahles mit den Seitenflächen des Prisma, d. h. wenn

$$\omega = 90 - i \quad \omega' = 180^\circ - (\omega + \alpha)$$

so ist

$$\varepsilon = \frac{(D - m) \sin \alpha}{\sin \omega'}$$

die Gleichung, mit deren Hülfe man ε und i herleitet.

Die Messung des Winkels r , welchen der durch den Collimator einfallende Lichtstrahl mit der Normalen zur ersten Prismenfläche bildet, wurde auf folgende einfache Weise ausgeführt: Man stellt Beobachtungsfernrohr und Collimator gegen einander unter einen beliebigen Winkel α , welchen man dadurch zu messen im Stande ist, dass die Fernröhre mit ihren Mikroskopen nicht nur unabhängig von einander, sondern auch vom Kreise, bewegt werden können. Alsdann dreht man das Prisma so weit, dass die erwähnte erste Fläche desselben das Spaltbild des Collimators in die Axe des Beobachtungsfernrohres reflectirt. Dreht man dann den Collimator um den Winkel $\frac{\alpha}{2}$, so ist seine Axe der Normalen zu jener Prismenfläche parallel, und die in dieser Stellung vorgenommene Ablesung bildet den Ausgangspunkt für die Zählung der variirenden Einfallswinkel.

Bei dieser Stellung, d. h. bei senkrechter Incidenz des Lichtes, erfolgte an der zweiten Prismenfläche Totalreflexion; es musste das Spaltfernrohr um mehr als 20° gedreht werden, um den Strahl aus der zweiten Fläche des Prisma austreten zu lassen. Die Richtung des austretenden, also gebrochenen Strahles ergab sich unmittelbar aus der Ablesung des Mikro-

skops an dem auf das abgelenkte Spaltbild eingestellten Beobachtungsfernrohr.

Nach dieser Methode wurde bei einer Temperatur von 18° C. folgende Beobachtungsreihe angestellt:

Prisma I.

Einfallswinkel:	i	ε	n
$22^{\circ} 0' 0''$	$9^{\circ} 6' 47''$	1,1623	2,36519
24 0 0	9 53 3	1,1565	2,36949
26 0 0	10 38 58	1,1510	2,37215
28 0 0	11 24 49	1,1459	2,37240
30 0 0	12 9 51	1,1409	2,37289
32 0 0	12 54 13	1,1363	2,37301
34 0 0	13 37 45	1,1320	2,37309
36 0 0	14 0 26	1,1299	2,37316
38 0 0	15 2 9	1,1243	2,37320
40 0 0	15 42 53	1,1213	2,37323
42 0 0	16 22 35	1,1180	2,37325

Prisma II.

Einfallswinkel:	i	ε	n
$22^{\circ} 0' 0''$	$9^{\circ} 6' 28''$	1,1622	2,36652
24 0 0	9 52 45	1,1564	2,37065
26 0 0	10 38 45	1,1509	2,37297
28 0 0	11 24 30	1,1457	2,37344
30 0 0	12 9 36	1,1408	2,37368
32 0 0	12 53 59	1,1362	2,37372
34 0 0	13 37 28	1,1319	2,37393
36 0 0	14 20 7	1,1279	2,37399
38 0 0	15 4 50	1,1244	2,37401
40 0 0	15 42 30	1,1208	2,37405
42 0 0	16 22 13	1,1176	2,37410

Wie zu erwarten stand, war für ε wegen der Enge der Grenzen, welche die Variationen des Incidenzwinkels nicht überschreiten konnten, nur eine geringe Aenderung möglich.

Vergleicht man auch hier wieder die Werthe, welche beide Prismen für dieselbe Dicke ergaben, so erhält man folgende Differenzen:

Incidenzwinkel :	$n_2 - n_1$
22°	0,00133
24	0,00116
26	0,00087
28	0,00104
30	0,00079
32	0,00071
34	0,00084
36	0,00083
38	0,00081
40	0,00082
42	0,00085
Mittel	0,000944

Diese Werthe stimmen, wie ersichtlich, mit den im Minimum der Ablenkung erhaltenen (S. 512) genügend gut überein.

Das auffallendste Resultat jedoch, welches die unter variabler Incidenz angestellten Beobachtungen ergeben, besteht darin, dass der Werth von n bei verschiedener Dicke eine ungleich grössere Aenderung erfährt, als es bei dem Minimum der Ablenkung der Fall war. Während in letzterem Falle zwischen den Grenzen 1,425 und 1,476 einer Verschiedenheit der Dicke von 0,051 mm eine Variation von n um 0,000349 entsprach, beträgt dieselbe hier zwischen den Grenzen 1,418 und 1,462 mm, d. h. für 0,044 mm, nicht weniger als 0,00194, also circa sechsmal so viel.

Dieses Resultat beweist nun zur Evidenz, dass die Lichtstrahlen in dem Prisma sich nicht gradlinig bewegen können, sondern eine schwach gekrümmte Curve beschreiben, eine Thatsache, welche nur dadurch zu erklären ist, dass die Strahlen eine vielfache Brechung, wenn auch jedesmal nur um einen sehr kleinen Winkel, im Innern des Prisma erfahren. Die bekanntlich in der Zinkblende vom Picos de Europa vorkommenden Flüssigkeitseinschlüsse können nicht die Ursache jener Erscheinung sein, denn dieselben sind, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, in der hell gefärbten Varietät, aus welcher meine Prismen hergestellt waren, viel zu vereinzelt und namentlich zu unregelmässig zerstreut, um die beobachtete ungemeine Regelmässigkeit in den Aenderungen von n zu erklären. Es bleibt kaum eine andere Annahme übrig, als dass sich in diesem Mineral Interpositionen finden von einer Kleinheit, welche sie der mikroskopischen Beobachtung entzieht, und von einer ausserordentlichen Regelmässigkeit der Vertheilung, Gestalt und Orientirung. Die letztere muss mit den Spaltungsrichtungen in bestimmtem Zusammenhange stehen, da sich in den beiden, verschieden orientirten Prismen eines jeden Paares stets ein constanter Unterschied der Werthe von n gezeigt hat. In welcher Beziehung diese hypothetischen Einschlüsse zu dem isomorph beigemischten Eisen-

gehalt stehen, ob sie eventuell die Träger desselben sind, darüber ist nach den vorliegenden Thatsachen Nichts zu entscheiden.

Da derartige Erscheinungen gewiss nicht auf den hier untersuchten Körper allein beschränkt sind, so ergibt sich aus den mitgetheilten Beobachtungen die Nothwendigkeit, bei allen Bestimmungen der Brechungsexponenten gefärbter Mineralien auf die Frage Rücksicht zu nehmen, ob sich nicht bei verschiedener Dicke der durchstrahlten Schicht abweichende Werthe von n ergeben und somit die Bestimmung des wahren Werthes des Brechungsquotienten unmöglich sei.

Zum Schluss mögen noch einige Beobachtungen über die Aenderung von n mit der Temperatur mitgetheilt werden. Bei denselben befand sich das Prisma in einem metallenen Luftbade, an dessen einer Seite eine planparallele Glasplatte den Eintritt, an der anderen Seite eine cylindrisch gekrümmte, sehr dünne Glimmerlamelle den Austritt der Lichtstrahlen gestattete. Das Prisma war auf einem kleinen Träger so befestigt, dass es bei gewöhnlicher Temperatur dem Bilde des Spaltes dieselbe Ablenkung verlieh, wie es mit Benutzung der S. 507 beschriebenen Spaltplatte bei einer Dicke der durchlaufenen Schicht von 6 mm der Fall gewesen war; eine Verwendung dieser Platte selbst innerhalb des Luftbades war nicht thunlich. Zu den Messungen wurden die beiden grösseren und besseren Prismen des zweiten Paares benutzt und aus den erhaltenen Werthen mittelst der Methode der kleinsten Quadrate die folgenden Formeln berechnet, welche den Brechungsexponent n als Function der Temperatur darstellen:

$$\text{Prisma I. } n = 2,367943 + 0,000055 t + 0,000000475 t^2$$

$$\text{Prisma II. } n = 2,369666 + 0,000055 t + 0,000000475 t^2$$

Wie vollkommen diese sich den Beobachtungen anschliessen, ersieht man aus der folgenden Zusammenstellung der aus ihnen berechneten Werthe mit den beobachteten:

Prisma I.

Temperatur:	n beobachtet:	n berechnet:	Differenz:
20°	2,369240	2,369233	+ 0,000007
40	2,370890	2,370903	— 0,000013
60	2,372964	2,372953	+ 0,000011
80	2,375398	2,375383	+ 0,000015
100	2,378199	2,378193	+ 0,000006
120	2,381380	2,381383	— 0,000003
140	2,384946	2,384953	— 0,000007
160	2,388889	2,388903	— 0,000014
180	2,393228	2,393233	— 0,000005
200	2,397949	2,397943	+ 0,000006
			Mittlere Differenz $\pm 0,0000009$

Prisma II.

Temperatur:	n beobachtet:	n berechnet:	Differenz:
20°	2,370954	2,370956	— 0,000005
40	2,372633	2,372626	+ 0,000007
60	2,374680	2,374676	+ 0,000004
80	2,377095	2,377406	— 0,000011
100	2,379923	2,379916	+ 0,000007
120	2,383113	2,383106	+ 0,000007
140	2,386670	2,386676	— 0,000006
160	2,390617	2,390626	— 0,000009
180	2,394958	2,394956	+ 0,000002
200	2,399655	2,399666	— 0,000011
			Mittlere Differenz $\pm 0,000007$

Alle Zahlen sind auf Luft von der jedesmaligen Beobachtungstemperatur bezogen.