

## Über Brechungsindizes und Absorptionskonstanten des Diamanten zwischen 644 und 226 $m\mu$ <sup>1)</sup>.

Von Fritz Peter in Göttingen.

Mit sechs Abbildungen. (Eingegangen am 28. März 1923.)

§ 1. Aufgaben. Gudden und Pohl<sup>2)</sup> haben 1920 gefunden, daß reine Diamantkristalle eine erhebliche lichtelektrische Leitfähigkeit besitzen. Es war zunächst nur möglich, die spektrale Verteilung dieser Erscheinung auf die Einheit auffallender Lichtenergie zu beziehen. Zur Umrechnung auf absorbierte Lichtenergie fehlten die erforderlichen Angaben über Brechungsindex und Absorptionskonstante. Der Brechungsindex war nach Messungen von Schrauf<sup>3)</sup>, Walter<sup>4)</sup>, Wülfing<sup>5)</sup> und Martens<sup>6)</sup> nur zwischen 670 und 313  $m\mu$  bekannt. Absorptionskonstanten sind unseres Wissens überhaupt noch nicht veröffentlicht worden.

Diamantkristalle, die für Wellenlängen unter 300  $m\mu$  noch durchlässig sind, scheinen selten zu sein. Wenigstens zeigten von über 30 Steinen, die hier im Institut untersucht worden sind, nur zwei diese Eigenschaft. Von diesen absorbierte der eine die Linie 232  $m\mu$  schon sehr stark und fing bei dieser Wellenlänge an zu fluoreszieren. Der andere Kristall war bis zur Wellenlänge 224  $m\mu$  durchlässig und zeigte ab 226  $m\mu$  den Beginn einer schwachen Fluoreszenz<sup>7)</sup>. Auf diesen Diamanten beziehen sich die nachfolgenden Messungen.

### I. Der Brechungsindex.

§ 2. Meßverfahren. Der Diamant hatte die in Figur 1 skizzierte Gestalt. Die Flächen  $a$  und  $c$  waren nahezu parallel. Die Höhe der brechenden Kante  $C$  betrug nur 1 mm. Die Flächen  $b$  und  $c$

<sup>1)</sup> Auszug aus der Göttinger Dissertation.

<sup>2)</sup> B. Gudden und E. Pohl, ZS. f. Phys. **3**, 123, 1920; ZS. f. techn. Phys. **3**, 199, 1922.

<sup>3)</sup> Schrauf, Wied. Ann. **22**, 424—429, 1884.

<sup>4)</sup> B. Walter, Wied. Ann. **42**, 504—510, 1891.

<sup>5)</sup> E. A. Wülfing, Tschermaks Mitteil. **15**, 162, 1895.

<sup>6)</sup> Martens, Ann. d. Phys. **8**, 463—465, 1902.

<sup>7)</sup> Über Diamanten, deren Absorptionsgrenze so weit im Ultravioletten liegt, ist uns nur eine Angabe von Miller (Miller, Phil. Trans. **152**, 861—887, 1862) bekannt. Nach einer von ihm veröffentlichten Photographie des Silberfunkenpektrums scheint ein von ihm untersuchter Stein bis  $\lambda = 223 m\mu$  durchlässig zu sein. Doch lassen sich die Linien wegen ihrer Unschärfe schwer identifizieren. Absorptionsstreifen bei langen Wellen, wie sie B. Walter beobachtet hat, wurden nicht gefunden.

waren nicht hinreichend eben. Als Prisma war nur das zwischen den beiden Pfeilen gelegene Stück des Keiles brauchbar. Für dieses wurde der Prismenwinkel mit einem Fuessschen Spektrometer zu  $26^{\circ} 50' 30''$  ermittelt.

Es handelt sich um Beobachtungen im Ultravioletten. Der Ablenkungswinkel  $\alpha$  (Fig. 2) kann entweder visuell mit fluoreszierendem Okular oder photographisch bestimmt werden. Für das fluoreszierende

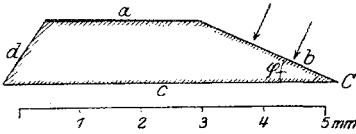


Fig. 1. Diamantprisma,  $\varphi = 26^{\circ} 50' 30''$ .  
Kante  $C$  ist 1 mm hoch.

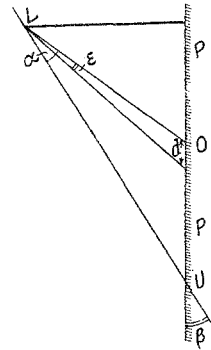


Fig. 2. Der senkrechte Abstand der Linse  $L$  von der Platte  $P$  wird im Text mit  $r$  bezeichnet.

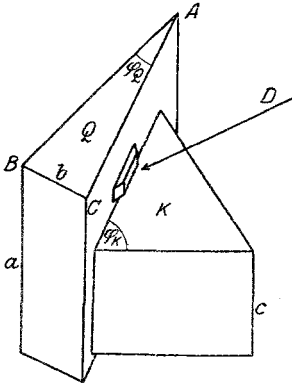


Fig. 4.

$Q$  = Quarzprisma,  $\varphi_Q = 25^{\circ} 4' 0''$ .  
 $a = 20$  mm, optische Achse  $\parallel b \perp AC$ .  
 $K$  = Kalkspatprisma,  $\varphi_K = 51^{\circ} 12' 40''$ .  
 $c = 10$  mm, optische Achse  $\parallel c$ .  
 $D$  = Diamant.

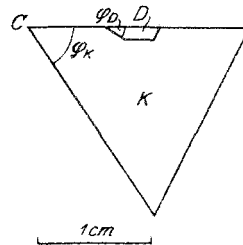


Fig. 3.

$D$  = Diamantprisma,  $\varphi_D = 26^{\circ} 50' 30''$ .  
 $K$  = Kalkspatprisma,  $\varphi_K = 51^{\circ} 12' 40''$ .  
Kante  $C$  ist 10 mm hoch. Die optische Achse steht senkrecht zur Zeichenebene.

Okular reichte die Lichtstärke nicht aus. Es kam nur die photographische Platte  $P$  in Frage. Für diese muß der Neigungswinkel  $\beta$  und der senkrechte Abstand  $r$  bekannt sein, um den Ablenkungswinkel  $\alpha$  aus dem Abstand der Spektrallinie  $O$  vom Durchstoßpunkt  $U$  des unabgelenkten Strahles auszurechnen.

Eine geometrische Ausmessung von  $\beta$  und  $r$  ist nicht einfach mit der erforderlichen Genauigkeit zu erhalten. Es ist zweckmäßig,  $\beta$  und  $r$  oder zwei andere sie ersetzende Apparatkonstanten auf optischem Wege zu ermitteln. Das läßt sich an sich schon erreichen, wenn man für drei Wellenlängen des sichtbaren Spektrums den Brechungsindex den vorliegenden Messungen der Literatur entnimmt. Dieser Weg wird von uns in der Tat später zur Kontrolle benutzt (§ 4). Zunächst schien es richtiger, die beiden Apparatkonstanten nicht mit Hilfe bekannter Brechungsindizes aus dem Sichtbaren, sondern mit Hilfe der sehr genau bekannten Brechungsindizes des Kalkspats im Ultraviolett zu ermitteln.

Zu diesem Zwecke wurde, wie das Fig. 3 mit Angaben über Winkel und Kristallorientierung zeigt, das Diamant- und ein Kalkspatprisma mit parallelen Einfallflächen übereinandergestellt. Die Bestimmung der beiden Apparatkonstanten aus den Linien des Kalkspatspektrums ist dann sehr einfach, falls der Einfallswinkel genau bekannt ist. Der Einfallswinkel ist am besten mit senkrechter Inzidenz und Autokollimation zu messen. Leider tritt aber bei senkrechter Inzidenz an der zweiten Fläche des Diamantprismas Totalreflexion auf.

Um trotzdem nicht auf den Vorteil der Autokollimation verzichten zu müssen, wurde, wie das Fig. 4 zeigt, den beiden Prismen noch ein drittes aus Quarz vorgeschaltet. Die mechanische Verbindung erfolgte mit Klebewachs, die optische mit Wasser. Man findet dann auf der Platte *P* die Überlagerung zweier Spektre. Das eine rührt von dem in Reihe geschalteten Diamant- und Quarzprisma her, das andere von den in Reihe geschalteten Prismen aus Kalkspat und Quarz. Man trennt die beiden Einzelspektre leicht durch Ausblenden entweder des Diamant- oder des Kalkspatprismas bei gleichzeitiger Parallelverschiebung der photographischen Platte.

Zur Technik der Versuche sei im einzelnen noch folgendes bemerkt: Als Lichtquelle diente der Cd-Funke, mit Resonanzinduktor betrieben. Die Zahlenangaben über den Spektrographen findet man in Fig. 5. Die Platten waren orthochromatisch. Um das ultraviolette neben dem sichtbaren nicht überzuexponieren, wurde das sichtbare Spektrum nach Einschaltung eines Glasfilters länger belichtet. Beim Kalkspat wurde nur der ordentliche Strahl benutzt, der außerordentliche konnte abgeblendet werden. Die photographische Platte konnte wegen der geringen Öffnung des Strahlenbündels so schräg gestellt werden, daß das ganze entworfenene Spektrum scharf erschien.

Bei der Auswertung der Photogramme wurde nicht der Abstand  $OU$  der einzelnen Spektrallinien (Fig. 2) vom Durchstoßpunkt zugrunde

gelegt, da der unabgelenkte, über die Prismen hinweggehende Strahl nicht mit auf die Platte fiel. Statt dessen wurde mit einem Komparator der Abstand  $d$  von dem Bilde der Spektrallinie  $275 \text{ m}\mu$  gemessen, das durch die in Reihe geschalteten Kalkspat- und Quarz-

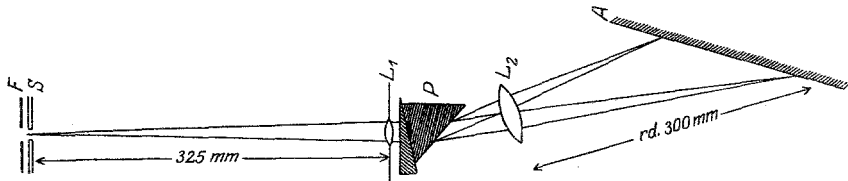


Fig. 5.  $F$  = Funkenstrecke.  $S$  = Spalt.  $L_1$  = Flußspatlinse,  $\Phi = 8 \text{ mm}$ ,  $f_{580 \text{ m}\mu} = 340 \text{ mm}$ ,  $f_{226 \text{ m}\mu} = 310 \text{ mm}$ .  $P$  = Prismen.  $L$  = Quarzlinse,  $\Phi = 50 \text{ mm}$ ,  $f_{580 \text{ m}\mu} = 300 \text{ mm}$ ,  $f_{226 \text{ m}\mu} = 265 \text{ mm}$ .  $A$  = photographische Platte.

prismen erzeugt war. Das Bild dieser Linie ist in Fig. 2 mit  $O$  bezeichnet.

Als Apparatkonstanten wurden nicht  $\beta$  und  $r$  in Fig. 2, sondern zwei andere,  $a$  und  $b$  berechnet. Ihre Bedeutung ergibt sich aus den folgenden Gleichungen in Verbindung mit Fig. 2.

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{d \sin^2(\alpha + \beta)}{r + d \sin(\alpha + \beta) \cos(\alpha + \beta)} = \frac{d \frac{\sin^2(\alpha + \beta)}{r}}{1 + d \frac{\sin(\alpha + \beta) \cos(\alpha + \beta)}{r}}$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{a \cdot d}{1 + b \cdot d} \quad (1)$$

Ihr Zahlenwert war  $a = 0,02686$  und  $b = -0,02153$ , wenn  $d$  in Zentimetern gezählt wurde.

§ 3. Messungen des Brechungsindex. Tabelle 1 gibt die bekannten Brechungsindizes, die gemessenen Linienabstände  $d$  und die zugehörigen Winkel  $\alpha$ . Die Ablenkungswinkel  $\alpha$  für das Kalkspatprisma sind in Spalte 4 aus dem Brechungsindex, in Spalte 7 aus der Formel (1) berechnet. Die Übereinstimmung ist befriedigend. Wie Tabelle 3 zeigt, stimmen die Brechungsindizes vom langwelligen Gebiet bis zu etwa  $\lambda = 300 \text{ m}\mu$  mit den von Martens gemessenen bzw. seiner Interpolationsformel entnommenen Werten hinreichend überein.

§ 4. Kontrollmessungen von  $n$  nach einem zweiten Verfahren. Trotzdem schien es erwünscht, die Genauigkeit der Messungen für  $\lambda < 300 \text{ m}\mu$  durch eine Kontrolle zu prüfen. Wie bereits oben, § 2, angegeben, lassen sich die beiden Apparatkonstanten noch nach

Tabelle 1.

1	3		4	5	6	7		8	9					
	$\lambda$	Brechungsindex				Ablenkungswinkel $\alpha_K$ Kalkspat	$d_K$ Kalkspat			$d_D$ Diamant	Ablenkungswinkel		Brechungsindex Diamant	
		$m\mu$									Quarz	Kalkspat		$\alpha_K$ Kalkspat
				cm	cm	aus Formel 1 berechnet								
533,8	1,5468	1,6628	25° 10' 30''	- 3,409	- 2,599	25° 11' 10''	26° 15' 10''	2,4257						
480,0	1,5501	1,6658	25° 30' 0''	- 3,157	- 2,412	25° 30' 20''	26° 30' 30''	2,4372						
467,8	1,5509	1,6700	25° 35' 10''	- 3,086	- 2,349	25° 35' 0''	26° 35' 50''	2,4410						
441,6	1,5530	1,6742	25° 50' 30''	- 2,914	- 2,242	25° 51' 10''	26° 44' 40''	2,4478						
361,1	1,5635	1,6932	26° 57' 10''	- 2,095	- 1,644	26° 57' 10''	27° 35' 30''	2,4852						
346,7	1,5662	1,6983	27° 15' 30''	- 1,874	- 1,482	27° 15' 10''	27° 49' 30''	2,4952						
340,4	1,5674	1,7008	27° 25' 0''	- 1,766	- 1,404	27° 25' 0''	27° 56' 20''	2,5000						
298,1	1,5782	1,7232	28° 50' 50''	- 0,805	- 0,714	28° 51' 50''	28° 57' 20''	2,5428						
288,1	1,5817	1,7301	29° 17' 20''	- 0,492	- 0,494	29° 17' 30''	29° 17' 0''	2,5567						
283,7	1,5833	1,7344	29° 35' 50''	- 0,341	- 0,386	29° 35' 50''	29° 26' 50''	2,5633						
274,9	1,5875	1,7415	30° 2' 10''	0	- 0,153	30° 2' 10''	29° 48' 0''	2,5785						
257,3	1,5962	1,7604	31° 20' 20''	+ 0,837	+ 0,421	31° 20' 40''	30° 41' 20''	2,6144						
232,9	1,6128	1,7993	34° 13' 20''	+ 2,580	+ 1,582	34° 13' 40''	32° 33' 30''	2,6882						
231,3	1,6140	1,8023	34° 28' 30''	+ 2,730	+ 1,687	34° 29' 0''	32° 43' 50''	2,6947						
228,8	1,6155	1,8076	34° 55' 10''	+ 2,975	+ 1,849	34° 55' 10''	33° 0' 0''	2,7042						
226,5	1,6179	1,8131	35° 22' 0''	+ 3,218	+ 2,013	35° 21' 40''	33° 16' 20''	2,7150						

einer zweiten Methode bestimmen, nämlich mit dem Diamant allein, also ohne Quarz und Kalkspatprisma, falls im Gebiet längerer Wellen mindestens drei Brechungsindizes des Diamanten gut bekannt sind. Um von dem Fehler zweier einzelner Brechungsindizes  $n$  frei zu werden, habe ich aus sämtlichen zwischen 288  $m\mu$  und 534  $m\mu$  von Martens gefundenen und von mir bestätigten Brechungsindizes die Konstanten  $a$  und  $b$  berechnet, und zwar entspricht diesmal die Linie  $\lambda = 288 m\mu$  der in Fig. 2 mit  $O$  bezeichneten Nulllinie. Die so gewonnenen Werte  $a = 0,022733$ ,  $b = -0,02265$  erlauben dann die Ablenkungswinkel zwischen  $\lambda = 534 m\mu$  und  $\lambda = 288 m\mu$  mit der aus Spalte 4 in Tabelle 2 ersichtlichen Genauigkeit darzustellen. Für  $\lambda < 288 m\mu$  führen sie dann zu den gesuchten Brechungsindizes, die sich in Spalte 5 finden.

Um den Einfallswinkel zu bestimmen, war unter dem Prisma eine kleine Glasplatte befestigt, welche senkrecht zum Strahlengang gestellt werden konnte. Die Messung des Winkels zwischen Glasplatte und vorderer Prismenfläche gab den Einfallswinkel. Um einfache Linien zu erhalten, mußte der Diamant so stark abgeblendet werden, daß der sichtbare Teil des Spektrums durch Beugung unscharf wurde.

§ 5. Diskussion der Fehlerquellen. 1. Die Prismenwinkel sind beim Quarz und Diamant auf  $\pm 5''$  sicher, beim Kalkspatprisma (wegen des schlechteren Schlifffes) auf  $\pm 10''$ . Dadurch würde der Brechungsindex im Sichtbaren um  $\pm 0,00025$ , im äußersten Ultraviolett um

Tabelle 2.

1	2	3	4		5	6		7	8
$\lambda$ m $\mu$	Von Martens gemessene u. von mir bestätigte Brechungs- indizes (Tab. 3)	$d$ cm	Ablenkungswinkel $\alpha$ berechnet		nach Formel 1	Brechungsindex		nach Me- thode I	$A$
			aus dem Bre- chungsindex der Spalte 2			nach Me- thode II aus Tab. 1			
534	2,4258	- 3,206	44° 6' 30"		44° 6' 50"				
480,0	2,4371	- 2,898	44° 27' 10"		44° 27' 0"				
467,8	2,4407	- 2,794	44° 33' 30"		44° 33' 0"				
441,3	2,4478	- 2,626	44° 45' 50"		44° 45' 50"				
361,1	2,4854	- 1,689	45° 52' 10"		45° 52' 0"				
346,7	2,4954	- 1,448	46° 9' 40"		46° 9' 50"				
340,4	2,5004	- 1,329	46° 18' 30"		46° 18' 30"				
298,1	2,5429	- 0,316	47° 34' 0"		47° 33' 20"				
288,1	2,5569	0	47° 59' 20"		47° 59' 20"				
274,8		+ 0,495			48° 37' 20"	2,5784	2,5786		- 2
257,3		+ 1,295			49° 42' 0"	2,6144	2,6145		- 1
232,9		+ 2,860			51° 57' 10"	2,6881	2,6881		0
232,2		+ 2,919			52° 3' 40"	2,6917			
231,3		+ 2,988			52° 9' 10"	2,6949	2,6947		+ 2
228,8		+ 3,199			52° 27' 0"	2,7046	2,7047		- 1
226,5		+ 3,405			52° 46' 20"	2,7150	2,7151		- 1

+ 0,00035 unsicher. Da aber durch direkte Kontrollmessung mit dem Spektrometer die Ablenkungswinkel im sichtbaren Teil des Spektrums auf  $\pm 5''$  bestimmt wurden, blieb der Brechungsindex für lange Wellen um  $\pm 0,0001$ , für kurze um  $\pm 0,0002$  unsicher.

2. Der Einfallswinkel, d. h. die senkrechte Inzidenz, konnte um  $+ 10''$  fehlerhaft sein. Dies entspricht einer Unsicherheit im Brechungsindex von  $\pm 0,0001$ .

3. Da nur ein enges Strahlenbündel in unmittelbarer Nähe der optischen Achse der Linse benutzt wurde, war der Einfluß der chromatischen Abweichung wesentlich kleiner als die vorigen Fehler.

4. Die Unsicherheit der Komparatorausmessung betrug  $\pm 0,01$  mm, entsprechend einem Fehler von etwa 0,00002 des Brechungsindex, kam also gegen die anderen Fehlerquellen nicht in Betracht.

5. Ebenso waren die Fehler in der Justierung der Prismen viel zu klein, um das Resultat beeinflussen zu können.

Beim zweiten Meßverfahren in § 4 traten alle Fehler der Apparatur hinter denen zurück, die aus der Unsicherheit der als bekannt angenommenen Werte des Brechungsindex für längere Wellen stammen. Denn wenn diese um  $\pm 0,0001$  unsicher sind, so könnten im ungünstigsten Fall die Brechungsindizes im äußersten Ultraviolett um  $\pm 0,0005$  unsicher sein.

Bei der ersten Methode beträgt der Fehler im ungünstigsten Fall  $\pm 0,0003$ . Die Unsicherheit ist größer als bei der üblichen Methode des symmetrischen Strahlengangs mit Minimalablenkung. Minimalablenkung war aber für das Diamant- und Kalkspatprisma nicht gleichzeitig zu erreichen, denn sie erfolgt für  $\lambda = 300 \text{ m}\mu$  bei einem Einfallswinkel von  $36^\circ$  für Diamant, bei  $48^\circ$  bei Kalkspat. Der wirkliche Einfallswinkel wurde durch Wahl des Quarz-Prismenwinkels zu etwa  $42^\circ$  gemacht.

§ 6. Temperatureinfluß. Es wurde versucht, eine Abhängigkeit des Brechungsindex von der Temperatur im Intervall von 10 bis  $30^\circ \text{C}$  nachzuweisen; es war jedoch kein Einfluß zu bemerken, der die Fehlergrenzen überschritten hätte.

Tabelle 3 zeigt die Brechungsindizes, die sich aus fünf völlig voneinander unabhängigen Justierungen ergaben neben den schon früher bestimmten Werten.

§ 7. Die Dispersionsformel. Für das Gebiet zwischen  $\lambda = 700$  und  $313 \text{ m}\mu$  hat Martens eine Dispersionsformel angegeben. Sie ist von der Form

$$n^2 = m + \frac{m' \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2},$$

wo  $m = 1,8755$ ,  $m' = 3,7905$ ,  $\lambda_1 = 124,56 \text{ m}\mu$  ist. Sie erweist sich nach den jetzt vorliegenden Messungen bis etwa  $\lambda = 280 \text{ m}\mu$  gültig (vgl. Tabelle 3). Für kürzere Wellenlängen liefert sie wesentlich zu kleine Werte. Mit einer Formel von der Form

$$n^2 - 1 = \frac{\varepsilon \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2}$$

läßt sich der Brechungsindex erst recht nicht im ganzen Intervall darstellen. Dagegen läßt er sich natürlich durch eine Formel mit vier Konstanten, z. B.:

$$n^2 - 1 = \frac{\varepsilon_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{\varepsilon_2 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_2^2},$$

wiedergeben.

Die Konstanten nehmen folgende Werte an:

$$\varepsilon_1 = 0,3306, \quad \varepsilon_2 = 4,3356, \quad \lambda_1 = 175 \text{ m}\mu, \quad \lambda_2 = 106 \text{ m}\mu.$$

Zur genaueren Bestimmung von  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  reicht die experimentelle Genauigkeit nicht aus. Es wird nach dieser Formel  $n_\infty^2 = 5,6662$ , nach der Martensschen  $n_\infty^2 = 5,6660$ . Tabelle 3 gibt die berechneten Werte neben dem Mittel aus meinen Messungen und den früher bestimmten Werten. Der Formel zugrunde gelegt wurden die Brechungsindizes für

$$\lambda = 643, \quad \lambda = 361, \quad \lambda = 275 \quad \text{und} \quad \lambda = 226 \text{ m}\mu.$$

Tabelle 3. Brechungsindex des Diamanten.

$\lambda$ m $\mu$	Schrauf	Walter 16°	Wülfing	Martens		Peter	
				gemessen 14°	nach Inter- polations- formel	gemessen	nach Inter- polations- formel
760 A	—	2,40245	2,4024	—	2,4022	—	2,4022
670,79 Li	2,40845	—	—	—	2,4086	—	2,4086
656,29 H $\alpha$	—	2,41000	2,4103	—	2,4099	—	2,4099
643,85 Cd	—	—	—	2,4109	2,4111	2,4111	2,4111
589 Na	2,41723	2,41734	2,4175	2,4172	2,4173	—	2,4172 2,4173
578 Hg	—	—	—	—	2,4188	2,4186	2,4186 2,4189
546,08 Hg	—	—	—	—	2,4237	2,4233	2,4237
535,05 Tl	2,42549	—	—	—	2,4255	—	2,4255
537,90 } Cd	—	—	—	4,253	2,4253	2,4254	2,4250
533,81 } Cd	—	—	—	—	—	—	2,4257
508,58 Cd	—	—	—	2,4308	2,4308	2,4306	2,4305
491,6 Hg	—	—	—	—	2,4343	2,4340	2,4342
486,14 H $\beta$	—	2,43539	2,4354	—	2,4356	—	2,4355
479,99 Cd	—	—	—	2,4370	2,4371	2,4371	2,4370
467,82 Cd	—	—	—	2,4410	2,4403	2,4408	2,4402
441,30 Cd	—	—	—	2,4478	2,4482	2,4478	2,4482
435,84 Hg	—	—	—	—	2,4501	2,4499	2,4499
407,80 Hg	—	—	—	—	2,4609	2,4609	2,4604
404,7 Hg	—	—	—	—	2,4622	2,4626	2,4621
361,1 Cd	—	—	—	2,4853	2,4855	2,4854	2,4853
346,7 Cd	—	—	—	2,4951	2,4956	2,4954	2,4952
340,4 Cd	—	—	—	2,5008	2,5004	2,5004	2,5001
326 Cd	—	—	—	2,5130	2,5132	—	2,5125
313 Cd	—	—	—	2,5254	2,5254	—	2,5255
298,07 Cd	—	—	—	—	2,5432	2,5429	2,5432
288,08 Cd	—	—	—	—	2,5569	2,5569	2,5571
283,69 Cd	—	—	—	—	2,5634	2,5633	2,5635
274,84 Cd	—	—	—	—	2,5780	2,5786	2,5786
257,30 Cd	—	—	—	—	2,6126	2,6145	2,6147
232,938 Cd	—	—	—	—	—	2,6881	2,6883
232,125 Cd	—	—	—	—	—	2,6917	2,6915
231,288 Cd	—	—	—	—	—	2,6950	2,6948
228,812 Cd	—	—	—	—	—	2,7047	2,7049
226,504 Cd	—	—	—	—	—	2,7151	2,7151

II. Die Absorptionskonstante.

§ 8. Meßverfahren. Zur Messung der Absorptionskonstanten diente derselbe Kristall. Das Licht durchsetzte ihn senkrecht zu seinen parallelen Flächen *ac* in Fig. 1.

Die Apparatur bestand aus einem Monochromator mit doppelter Zerlegung und einem Photometer. Zur Absorptionsmessung befand sich in der Ebene des Spektrallinienbildes ein Blechschirm, der in einer Nut so verschoben werden konnte, daß an den Ort des Spaltbildes abwechselnd zwei Öffnungen gebracht werden konnten. Hinter



der einen war der Diamant befestigt. Die andere war frei. Das durchgehende Licht fiel auf die lichtelektrische Photometerzelle. Je nach der Wellenlänge wurde als Metall der Zelle KNa-Legierung oder Cd benutzt. Für rotes Licht  $\lambda > 600 \text{ m}\mu$  trat an Stelle der Photozelle ein Thermoelement mit Galvanometer. Mit Siebblenden wurde erreicht, daß die zu vergleichenden Lichtstärken von ähnlicher Intensität waren, so daß der lichtelektrische Strom der auffallenden Lichtmenge proportional war. Die Ströme der Photometerzellen wurden mit einem Zweifadenelektrometer und einer  $1/100''$ -Stoppuhr gemessen. Im Bedarfsfalle wurden, z. B. bei  $\lambda = 313 \text{ m}\mu$ , Differenzfilter zur Ausschaltung störenden Nebenlichtes benutzt. Das Photometer vergleicht die durchgelassene mit der einfallenden Energie. Um daraus die durch die Formel  $J = J_0 e^{-\mu d}$  definierte Absorptionskonstante  $\mu$  zu berechnen, muß man die mehrfache Reflexion im Kristall berücksichtigen, und zwar im allgemeinen bis zur dritten Reflexion, falls die beim Einfall als erste gezählt wird. Für das Reflexionsvermögen  $r$  kann dabei einfach die Fresnelsche Formel benutzt werden, da der Absorptionskoeffizient  $n\kappa$  in keinem Fall größer als  $10^{-3}$  wird. Man erhält, wenn die einfallende Energie Eins ist und die durchgelassene Lichtmenge mit  $S$  bezeichnet wird:

$$S = e^{-\mu d} (1 - r)^2 (1 + r^2 e^{-2\mu d}). \quad (2)$$

§ 9. Messungen. Bei den Messungen wurden abwechselnd die Lichtenergien gemessen, die durch die vom Diamant bedeckte und durch die freie Öffnung hindurchgehen. Dann wurde der Diamant abgehoben und die freien Öffnungen unter sich verglichen. Das

Tabelle 4. Lichtelektrische Einzelmessungen zum Vergleich der Lichtstärken, die durch die vom Diamant bedeckte Öffnung 1 und die freie Öffnung 2 gehen.

1	2	3										4	5	6	7	
$\lambda$ m $\mu$	Öf- nung	Aufladezeiten für 10 Skalenteile im Licht										Mittel	Desgl. im Dunkeln	Den Spalten 4 u. 5 entsprechende Zahlen nach Abheben des Diamanten		
436	1	2,83	2,70	2,80	2,78	2,77	2,78	2,78	2,82	2,89	2,79	2,79	143	3,16	3,09	159
	2	3,06	3,04	2,98	3,02	3,07	3,04	3,03	3,10	3,07	3,12	3,05				
405	1	1,92	1,90	1,92	1,80	1,84	1,79	1,80	1,78	1,76	1,79	1,83	119,3	2,57	2,61	127,0
	2	2,28	2,12	2,08	2,16	2,09	2,08	2,07	2,07	2,10	2,10	2,11				
313	1	2,30	2,36	2,41	2,43	2,33	2,41	2,39	2,31	2,38	2,37	2,37	119,3	2,57	2,61	127,0
	2	2,64	2,66	2,66	2,61	2,61	2,60	2,59	2,60	2,58	2,62	1,62				
Elektrometerskalenteile in 3 Sekunden im Licht																
226	1	18,2	17,4	17,3	18,1	18,8	—	—	—	—	—	17,99	0,41	18,50	17,12	0,40
	2	16,2	16,7	16,3	16,1	16,2	—	—	—	—	—	16,30				

Tabelle 5. Prozente durchgelassenen Lichts.

$\lambda$	226	231/32	257	275	313	365	405	436	546	> 600
Mittel	13,0 <sub>7</sub>	31,0 <sub>8</sub>	62,0	63,0	65,2	67,4	69,0	69,7	70,5	71,1
aus 10 bzw.	13,8 <sub>9</sub>	32,3 <sub>8</sub>	61,3	63,2	66,2	68,0	67,6	69,1	68,7	70,9
5 Messungen	13,5 <sub>4</sub>	31,5 <sub>1</sub>	62,8	63,5	64,5	68,9	69,6	69,2	69,7	70,1
	13,7 <sub>4</sub>	31,9 <sub>9</sub>	60,2	63,5	65,0	68,7	68,5	69,4	71,9	69,8
	14,2 <sub>6</sub>	30,6 <sub>2</sub>	61,0	62,7	66,4	67,5	68,4	67,9	71,7	71,1
Mittel	13,70	31,53	62,5 <sub>7</sub>	63,1 <sub>2</sub>	65,7 <sub>2</sub>	68,1 <sub>0</sub>	68,6 <sub>2</sub>	69,1	70,5	70,6
aus 50 bzw.										
25 Messungen										

war notwendig, weil jede der beiden Öffnungen aus zwei aneinandergrenzenden kreisrunden Löchern von 0,8 mm Durchmesser bestand und die durch die Öffnungen durchtretende Lichtenergie von der Orientierung des Blechschirmes zum Strahlengang abhing, die von Wellenlänge zu Wellenlänge nicht genau die gleiche war. Die Tabelle 4 gibt als Beispiel je zehn bzw. fünf aufeinanderfolgende Einzelmessungen. Je fünf solcher Gruppen zu zehn bzw. fünf Messungen sind dann in Tabelle 5 zusammengestellt und das Gesamtmittel aus diesen 50 bzw. 25 Einzelmessungen bestimmt. Aus diesen Zahlen, die das Verhältnis der auffallenden zur durchtretenden Lichtenergie darstellen, ist dann nach Formel (2) die Tabelle 6 berechnet. Die vorletzte Spalte gibt die gesuchten Absorptionskonstanten  $\mu$ , die dann in Fig. 6 graphisch dargestellt sind.

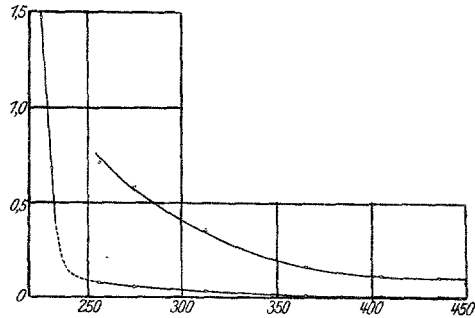


Fig. 6. Absorptionskonstanten vom Diamant;  $I = I_0 e^{-\mu d}$ ;  $\mu$  bei der unteren Kurve in  $\text{mm}^{-1}$ , bei der oberen in  $\text{cm}^{-1}$ .

§ 10. Meßgenauigkeit. In Spalte 6 der Tabelle 6 sind die wahrscheinlichen Fehler der Messungen angegeben.

Der Verlauf der Absorptionskurve macht es unwahrscheinlich, daß der im Roten gemessene Wert  $e^{-\mu d} = 0,997$  noch auf Rechnung wirklicher Absorption zu setzen ist. Er stellt wahrscheinlich eine Zerstreung von etwa 3 Prom. dar, also gerade den Betrag der Fehlergrenzen. Auf jeden Fall kann man der Messung im Roten

Tabelle 6.

$\lambda$ $m\mu$	$n$	$\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2 = r$	$(1-r)^2(1+r)^2$ berechnet	$S = \frac{e^{-\mu d} \cdot (1-r)^2}{(1 + e^{-2\mu d} r^2)}$ gemessen	Wahr- schein- liche Fehler	$e^{-\mu d}$	$\mu$ $\frac{1}{\text{mm}}$
> 600	2,410	0,1707	0,708	0,706	$\pm 0,003$	0,997	0,003
546 Hg	2,423	0,1728	0,705	0,705	$\pm 0,004$	1,000	0,000
436 Hg	2,450	0,1766	0,699	0,691	$\pm 0,002$	0,989	0,011
405 Hg	2,462	0,1783	0,697	0,687	$\pm 0,004$	0,988	0,012
365 Hg	2,484	0,1814	0,692	0,681	$\pm 0,002$	0,984	0,016
313 Hg	2,525	0,1872	0,684	0,657	$\pm 0,002$	0,964	0,036
275 Cd	2,578	0,1945	0,673	0,631	$\pm 0,001$	0,942	0,059
257 Cd	2,614	0,1994	0,667	0,616	$\pm 0,003$	0,930	0,072
231/32 Cd	2,695	0,2104	0,651	0,3153	$\pm 0,0018$	0,501	0,678
226 Cd	2,715	0,2130	0,647	0,1370	$\pm 0,0011$	0,222	1,477

$$d = 1,02 \text{ mm}$$

entnehmen, daß für die Zerstreung des Lichtes kein größerer Betrag abzusetzen ist.

#### Zusammenfassung.

1. Der Brechungsindex wurde vom sichtbaren Gebiet bis zur Absorptionskante bei  $\lambda = 224 m\mu$  gemessen und in diesem Bereich durch eine vierkonstantige Formel dargestellt.

2. Die Absorptionskonstante wurde von  $\lambda = 226 m\mu$  bis  $\lambda = 546 m\mu$  gemessen.

Göttingen, I. Physikalisches Institut d. Universität, März 1923.