

PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND 69.

1. *Dispersionsmessungen am Gyps;*
von Walter König.

Eine Untersuchung über Doppelbrechung, bei der die im weissen Lichte auftretenden Interferenzerscheinungen photographisch aufgenommen wurden, führte mich auf das Problem, die mittlere Wellenlänge des bei der Aufnahme wirkenden Strahlencomplexes zu bestimmen. Diese Aufgabe war für den vorliegenden Zweck am einfachsten dadurch zu lösen, dass man eine in ihrer Abhängigkeit von der Wellenlänge bekannte Interferenzerscheinung photographirte und aus dem dabei erhaltenen Abstand der Interferenzstreifen einen Rückschluss auf die Wellenlänge machte. Um in den beiden zu vergleichenden Fällen möglichst gleichartige Verhältnisse zu haben, wurden die Interferenzen eines Gypskeiles zwischen gekreuzten und zwischen parallelen Nicols photographirt. Der Schluss auf die Wellenlänge setzt dann die Kenntniss der Dispersionsverhältnisse des Gypses voraus. Ist α der Winkel des Keiles, d der Streifenabstand für die Wellenlänge λ , und sind n_e und n_o die Brechungsexponenten für einen den Keil senkrecht durchsetzenden Lichtstrahl von der gleichen Wellenlänge λ , so ist

$$d = \operatorname{ctg} \alpha \lambda / (n_e - n_o).$$

Man muss also zur Auswerthung der beschriebenen Versuche die Abhängigkeit der Differenz $n_e - n_o$ von der Wellenlänge kennen. Da die gebräuchlichen Gypskeile — die im Folgenden benutzten waren von der Firma Dr. Steeg und Reuter in Homburg — mit ihrer einen Fläche der Spaltungsebene des Gypses parallel geschliffen werden, so ist die in Betracht kommende Differenz des Brechungsexponenten sehr nahe gleich der Differenz $n_1 - n_3$ des grössten und des kleinsten Hauptbrechungsexponenten des Gypses. Für diese Brechungsexponenten liegen eine Reihe von Messungen für verschiedene Wellenlängen vor,

und es konnte daher zunächst der Versuch gemacht werden, diese älteren Messungen für den vorliegenden Zweck zu benutzen. Ich gebe in Tab. I eine Zusammenstellung über die Werthe der Differenz $n_1 - n_3$, wie sie sich aus den Messungen von v. Lang¹⁾, Quincke²⁾, Dufet³⁾ und Mülheims⁴⁾ ergeben, und bemerke dazu, dass die Brechungsexponenten von v. Lang

Tabelle I.
Werthe von $n_1 - n_3$ nach den Messungen von

	λ	v. Lang	Quincke	Dufet	Mülheims
<i>A</i>	760	—	—	—	0,00864
<i>a</i>	719	—	—	—	0,00875
<i>B</i>	687	0,00982	—	—	0,00883
<i>Li</i>	671	—	—	0,00902	—
<i>C</i>	656	0,00982	0,00911	0,00905	0,00896
<i>D</i>	589	0,00966	0,00937	0,00916	0,00904
<i>Th</i>	535	—	—	0,00923	—
<i>E</i>	527	0,00986	0,00949	—	0,00916
<i>b</i>	517	—	—	—	0,00919
<i>F</i>	486	0,00972	0,00964	0,00932	0,00925
<i>G</i>	431	0,00986	0,00997	0,00948	—

und Dufet nach der Prismenmethode, von Quincke und Mülheims durch Totalreflexion gemessen worden sind; die Wellenlängen sind im Folgenden immer in Milliontel Millimetern gerechnet. Nachstehende Figur stellt diese vier Beobachtungsreihen graphisch dar. Die Zahlen von v. Lang zeigen einen sehr unregelmässigen Verlauf; diejenigen der drei anderen Beobachter lassen ein stetiges Ansteigen der Differenz mit abnehmender Wellenlänge erkennen. Einige Unregelmässigkeiten in der Gleichförmigkeit des Anstieges rühren wohl von der Unsicherheit der Beobachtungen her. Man kann sie eliminiren, indem man die Beobachtungen durch die Cauchy'sche Dispersionsformel darstellt:

$$n_1 - n_3 = a + b/\lambda^2 + c/\lambda^4.$$

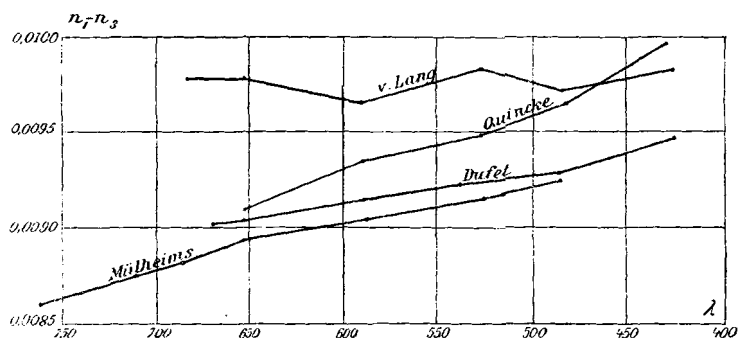
1) V. v. Lang, Sitzungsber. der k. Gesellsch. der Wissensch. zu Wien (2) 76. p. 803. 1877.

2) G. Quincke, Festschr. d. naturf. Gesellsch. zu Halle 1879; Beibl. 4. p. 124. 1880.

3) H. Dufet, Bull. Soc. Minér. 11. p. 123—143. 1888; Beibl. 13. p. 225. 1889.

4) A. Mülheims, Zeitschr. f. Krystall. 14. p. 232. 1888.

V. v. Lang hat seine Beobachtungen für die einzelnen Brechungsexponenten nach dieser Formel dargestellt, indem er die Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelte. Man braucht nur die Constanten für den grössten und den kleinsten Hauptbrechungsexponenten voneinander abzuziehen, um die für die Darstellung der Differenz erforder-



lichen Constanten der obigen Formel zu erhalten. Für die drei anderen Beobachtungsreihen habe ich die Rechnung durchgeführt, und zwar wurden die Constanten für die Reihen von Quincke und Dufet aus drei einzelnen Beobachtungen, für diejenige von Mülheims nach der Methode der kleinsten Quadrate aus allen Beobachtungen berechnet. Tab. II enthält

Tabelle II.

Werthe der Constanten a , b und c , berechnet aus den Beobachtungen von

	a	b	c
v. Lang	0,01009	-193	+ 27,79 $\times 10^6$
Quincke	0,00834	+353	- 9,32 $\times 10^6$
Dufet	0,00865	+184	- 5,24 $\times 10^6$
Mülheims	0,00772	+686	- 77,66 $\times 10^6$

als Ergebniss dieser Rechnungen die Werthe der drei Constanten a , b und c für die vier verschiedenen Beobachtungsreihen. Inwieweit sich die letzteren durch die genannte Formel mit Hülfe der angegebenen Constanten darstellen lassen, zeigt Tab. III; sie enthält die berechneten und die beobachteten Werthe und die Differenzen zwischen beiden. Die Uebereinstimmung zwischen Berechnung und Beobachtung ist nament-

Tabelle III.

Vergleichung der berechneten und beobachteten Werthe von $n_1 - n_3$
nach den Beobachtern:

1. v. Lang				3. Dufet			
	ber.	beob.	Diff.		ber.	beob.	Diff.
<i>B</i>	0,00981	0,00982	+ 1	<i>Li</i>	0,00903	0,00902	-1
<i>C</i>	0,00979	0,00982	+ 3	<i>C</i>	0,00905	0,00905	—
<i>D</i>	0,00977	0,00966	-11	<i>D</i>	0,00914	0,00916	+2
<i>E</i>	0,00976	0,00986	+10	<i>Th</i>	0,00923	0,00923	—
<i>F</i>	0,00977	0,00972	- 5	<i>F</i>	0,00934	0,00932	-2
<i>G</i>	0,00986	0,00986	0	<i>G</i>	0,00948	0,00948	—
2. Quincke				4. Mülheims			
<i>C</i>	0,00911	0,00911	—	<i>A</i>	0,00868	0,00864	-4
<i>D</i>	0,00928	0,00937	+ 9	<i>a</i>	0,00876	0,00875	-1
<i>E</i>	0,00949	0,00949	—	<i>B</i>	0,00883	0,00883	0
<i>F</i>	0,00967	0,00964	- 3	<i>C</i>	0,00890	0,00896	+6
<i>G</i>	0,00997	0,00997	—	<i>D</i>	0,00905	0,00904	-1
				<i>E</i>	0,00918	0,00916	-2
				<i>b</i>	0,00920	0,00919	-1
				<i>F</i>	0,00923	0,00925	+2

lich für die Reihen von Dufet und Mülheims eine ganz befriedigende. Grössere Abweichungen zeigt die Reihe von v. Lang. Sie ist aber gegenüber den drei anderen vor allem dadurch ausgezeichnet, dass die Berechnung ein ganz abweichendes Verhalten der Differenz $n_1 - n_3$ zur Wellenlänge ergibt; diese Differenz nimmt erst ab und dann wieder zu. In den Werthen der Constanten drückt sich diese Verschiedenheit dadurch aus, dass *b* und *c* für die v. Lang'sche Reihe das entgegengesetzte Vorzeichen haben, wie für die drei anderen Reihen. Diese letzteren stimmen im Gang der Erscheinung, dem Vorzeichen der Constanten überein; die absoluten Beträge der Constanten dagegen zeigen beträchtliche Verschiedenheiten. Auch die Figur liess von vornherein erkennen, dass die drei Reihen sich um Beträge voneinander unterscheiden, die offenbar grösser als die Beobachtungsfehler sind. Aus diesen Abweichungen wird man demnach auf eine gewisse Verschiedenheit des in den drei Fällen benutzten Materiales schliessen müssen.

Unter diesen Umständen erschien die Uebertragung der älteren Dispersionsbestimmungen auf die von mir benutzten Gypskeile von zweifelhaftem Werthe. Ich habe es daher vorgezogen, die Dispersion der Doppelbrechung, d. h. die Abhängigkeit der Streifenbreite von der Wellenlänge, unmittelbar an den benutzten Gypskeilen selbst zu bestimmen. Dafür wurde das folgende, mit einfachen Mitteln und schnell zum Ziele führende Verfahren benutzt. Der zu untersuchende Gypskeil, der in üblicher Weise auf einer stärkeren Glasplatte als Unterlage aufgekittet und mit einem dünnen Glase überdeckt war, wurde auf einer in Glas geritzten Millimetertheilung befestigt und mit dieser vertical so aufgestellt, dass die Interferenzstreifen horizontale Lage hatten und die Theilstriche der Theilung ihnen parallel liefen. Sonnenlicht, durch Spiegel in horizontale Richtung geworfen, fiel durch ein polarisirendes Nicol'sches Prisma auf den Gypskeil, hinter diesem in grösserer Entfernung auf das analysirende Nicol'sche Prisma und unmittelbar hinter diesem auf einen Projectionskopf, der ein stark verkleinertes Bild der Millimeterscala und der Interferenzerscheinung zugleich auf dem Spalt eines Spectralapparates entwarf. Der Abstand des Keiles von dem Projectionskopfe betrug etwa 66 cm, der des Spaltes 18 cm. Die Ausführung dieser Versuchsanordnung setzt die Anwendung grosser Nicols voraus, die den ganzen Keil oder wenigstens einen grösseren Theil auf einmal zu projeciren gestatten; die von mir benutzten, von Schmidt und Haensch für einen grossen Projectionsapparat angefertigten Prismen hatten eine lange Diagonale von 4 cm Länge. Um eine vollständige Erhellung des Gesichtsfeldes zu erzielen, wurde vor dem polarisirenden Nicol noch eine schwache Convexlinse angebracht, die das Strahlenbündel auf den Projectionskopf concentrirte. Man könnte gegen diese Anordnung einwenden, dass dabei die den Gypskeil an verschiedenen Stellen durchsetzenden Strahlen nicht genau parallel waren, die Gangdifferenz also durch die Neigung der Strahlen verändert werden musste. Doch ist dagegen zu bemerken, dass bei dem gewählten grossen Abstände des Keiles von dem Projectionskopfe diese Differenzen in der Richtung der Strahlen nur sehr geringfügig sind; da die Ausdehnung des Gesichtsfeldes 28 mm betrug, so war die Neigung eines

Randstrahles gegen den Centralstrahl in der That nicht grösser als $1,2^\circ$. Ausserdem ist zu bedenken, dass von diesem ohnehin nur unbedeutenden Fehler alle Farben in nahezu gleicher Weise getroffen werden; der Einfluss dieses Umstandes auf die Darstellung der Dispersionsverhältnisse dürfte daher wohl zu vernachlässigen sein. Da der Spalt des Spectroskopes senkrecht zu den Interferenzstreifen verläuft, so erscheint das Spectrum durchzogen von schwarzen, im violetten Theile fast horizontal verlaufenden, nach dem Roth zu sich etwas aufwärts krümmenden Streifen. Ihr verticaler Abstand, gemessen längs einer der Fraunhofer'schen Linien des Spectrums, giebt die Streifenbreite für die Wellenlänge der betreffenden Linie. Der Abstand kann unmittelbar in Millimetern gemessen werden, da zugleich mit den Interferenzstreifen die Glasscala auf den Spalt projecirt wird. Das Spectrum erscheint infolgedessen von feinen horizontalen Linien durchzogen, den Bildern der Millimeterstriche; wurden die verticalen Abstände der Interferenzstreifen in dieser das ganze Spectrum durchziehenden Scala gemessen, so stellten die gefundenen Zahlen die Streifenabstände am Orte des Gypskeiles, in Millimetern ausgedrückt, dar.

Bei Anwendung directen Sonnenlichtes unter passender Abblendung durch rothes oder blaues Glas konnten in dieser Weise die Streifenabstände im ganzen Bereiche des sichtbaren Spectrums von *A* bis *H* schnell und mit grosser Schärfe ermittelt werden. Die Messungen sind an zwei Gypskeilen von verschiedenem Winkel ausgeführt, und die Ergebnisse in Tab. IV zusammengestellt. Für jede der angegebenen Linien wurde der Abstand der äussersten sichtbaren Streifen und die Zahl der zwischen ihnen liegenden Streifenintervalle sowohl für parallele wie für gekreuzte Nicols bestimmt. Tab. IV enthält in Columne 3 und 6 die Gesamtzahl der ausgemessenen Intervalle, d. h. die Summe der beiden, in den zwei Nicolagen beobachteten Zahlen, desgleichen in Columne 4 und 7 die Summe der beiden gemessenen Abstände in Millimetern; die mittlere Streifenbreite *d* in Columne 5 und 8 ist dann einfach durch Division der Zahlen der beiden vorhergehenden Columnen erhalten.

Um auch auf diese Messungen die oben benutzte Dis-

Tabelle IV.

Messung des Streifenabstandes d an 2 Gypskeilen.

	λ	1. Gypskeil			2. Gypskeil		
		Zahl der Streifen	Summe der d	d in mm	Zahl der Streifen	Summe der d	d in mm
<i>A</i>	760,4	24	47,8	1,992	7	45,6	6,51
<i>a</i>	718,6	26	48,4	1,862	7	42,6	6,09
<i>B</i>	687,0	27	48,0	1,778	8	46,3	5,79
<i>C</i>	656,3	29	48,9	1,686	9	49,6	5,51
<i>D</i>	589,4	33	49,4	1,497	10	48,8	4,88
<i>E</i>	527,0	38	50,2	1,321	12	51,8	4,32
<i>F</i>	486,1	41	49,6	1,210	13	51,4	3,95
<i>G</i>	430,7	48	50,8	1,057	15	52,0	3,47
<i>H</i> ₁	396,6	52	50,4	0,969	16	50,2	3,14

Tabelle V.

Vergleichung zwischen Berechnung und Beobachtung.

	λ/d beob.	λ/d ber.	Diff.	d beob.	d ber.	Diff.
1. Gypskeil.						
<i>A</i>	381,7	382,8	-1,1	1,992	1,986	+0,006
<i>a</i>	385,9	384,9	+1,0	1,862	1,867	-0,005
<i>B</i>	386,4	386,7	-0,3	1,778	1,777	+0,001
<i>C</i>	389,3	388,6	+0,7	1,686	1,689	-0,003
<i>D</i>	393,7	393,5	+0,2	1,497	1,498	-0,001
<i>E</i>	398,9	398,8	+0,1	1,321	1,321	0,000
<i>F</i>	401,7	402,5	-0,8	1,210	1,208	+0,002
<i>G</i>	407,5	407,4	+0,1	1,057	1,057	0,000
<i>H</i> ₁	409,3	409,3	0,0	0,969	0,969	0,000
2. Gypskeil.						
<i>A</i>	116,7	117,4	-0,7	6,51	6,47	+0,04
<i>a</i>	118,1	118,0	+0,1	6,09	6,09	0,00
<i>B</i>	118,7	118,5	+0,2	5,79	5,80	-0,01
<i>C</i>	119,1	119,0	+0,1	5,51	5,52	-0,01
<i>D</i>	120,8	120,3	+0,5	4,88	4,90	-0,02
<i>E</i>	122,1	121,9	+0,2	4,32	4,32	0,00
<i>F</i>	122,9	123,1	-0,2	3,95	3,95	0,00
<i>G</i>	124,3	124,9	-0,6	3,47	3,45	+0,02
<i>H</i> ₁	126,4	126,0	+0,4	3,14	3,15	-0,01

persionsformel anwenden zu können, wurden zunächst aus den Beobachtungen die Werthe der Grösse λ/d berechnet. Diese ist nach der eingangs angeführten Formel der Differenz der Brechungsexponenten proportional, wird sich also durch eine Formel

$$\lambda/d = \alpha + \beta/\lambda^2 + \gamma/\lambda^4$$

darstellen lassen, deren Constanten sich von den Constanten a, b, c nur durch einen constanten Factor unterscheiden werden. Die Durchführung der Rechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate ergibt folgende Werthe.

Für den ersten Gypskeil:

$$\frac{\lambda}{d} = 361,7 + \frac{13,962 \times 10^6}{\lambda^2} - \frac{1,0197 \times 10^{12}}{\lambda^4},$$

für den zweiten Gypskeil:

$$\frac{\lambda}{d} = 112,3 + \frac{3,3102 \times 10^6}{\lambda^2} - \frac{0,1796 \times 10^{12}}{\lambda^4}.$$

Wie weit sich die Beobachtungen durch diese Formeln darstellen lassen, lehrt Tab. V. Sie enthält nebeneinander erstens die aus den Beobachtungen gewonnenen und die nach obigen Formeln berechneten Werthe von λ/d , zweitens die direct beobachteten und die aus den berechneten Werthen von λ/d hergeleiteten „berechneten“ Werthe von d . Die Columnen, welche die Differenzen enthalten, zeigen, dass diese im Ganzen ungleichmässig vertheilt und sehr gering sind; sie gehen für den ersten Keil nicht über 0,3, für den zweiten nicht über 0,6 Proc. hinaus. Am grössten sind die Abweichungen für das rothe Ende, besonders für die *A*-Linie; für diese waren aber auch die Ablesungen am ungenauesten, weil die Streifen diese Linie nicht senkrecht, sondern unter starker Neigung schnitten, und weil sie ausserdem über die *A*-Linie hinaus kaum noch zu verfolgen waren. Gleichwohl gehen auch diese Differenzen über die möglichen Beobachtungsfehler kaum hinaus. Wenn die grösste Differenz $d_{\text{beob.}} - d_{\text{ber.}}$ für den ersten Keil 0,006, für den zweiten 0,04 beträgt, so entspricht dieser Differenz für den „Mittelwerth der d “ eine Differenz für die beobachtete „Summe der d “ (vgl. Tab. IV) bei dem ersten Keil von $24 \times 0,006 = 0,144$ mm, bei dem zweiten Keil von $7 \times 0,04 = 0,28$ mm. Die beobachtete „Summe der d “ ist

aber aus vier Ablesungen der Streifenlage auf der Millimetertheilung erhalten, und die einzelne Ablesung ist, namentlich am rothen Ende, höchstens auf 0,1 mm genau. Man kann also sagen, dass die Uebereinstimmung innerhalb der Fehlergrenzen eine vollkommene ist.

Um die hier gefundenen Dispersionsconstanten untereinander und mit denjenigen der älteren Beobachter vergleichen zu können, berechne ich noch die Verhältnisse β/a und γ/a , sowie b/a und c/a , und stelle sie in Tab. VI untereinander.

Tabelle VI.

Dispersionsconstanten:

Für den 1. Keil	$\frac{\beta}{a} = 38\ 602$	$\frac{\gamma}{a} = -\ 2319 \times 10^6$
Für den 2. Keil	$\frac{\beta}{a} = 29\ 485$	$\frac{\gamma}{a} = -\ 1600 \times 10^6$
Nach Quincke	$\frac{b}{a} = 42\ 330$	$\frac{c}{a} = -\ 1118 \times 10^6$
Nach Dufet	$\frac{b}{a} = 21\ 270$	$\frac{c}{a} = -\ 606 \times 10^6$
Nach Mülheims	$\frac{b}{a} = 88\ 794$	$\frac{c}{a} = -10057 \times 10^6$

Im allgemeinen Verlaufe der Erscheinung, dem Vorzeichen der Constanten und der Grössenordnung, ist Uebereinstimmung zwischen den verschiedenen Beobachtern vorhanden. Im einzelnen aber sind die Abweichungen der Constanten voneinander beträchtlich grösser, als aus Beobachtungsfehlern folgen würde. Auch die beiden von mir untersuchten Keile zeigen merklliche Verschiedenheit. Sie könnten vielleicht auf einer Ungleichmässigkeit in der Orientirung der Keilflächen beruhen, die sich an den Präparaten nicht mehr controliren liess. Doch kann auch hier eine Verschiedenheit des Materiales vorliegen, da die beiden Keile zu ganz verschiedenen Zeiten von der Firma Dr. Steeg und Reuter bezogen wurden und daher sicherlich nicht aus demselben Stück geschnitten sind.

Ich komme endlich auf die im Eingang berührte Frage zurück, die die Veranlassung zu der vorliegenden Untersuchung gegeben hatte. Will man aus dem Streifenabstand für einen Strahlencomplex auf die mittlere Wellenlänge desselben schliessen, so würde es schwierig sein, aus der Formel zu

einem gegebenen d den Werth von λ zu ermitteln. Am einfachsten ist es, eine Tabelle über den Zusammenhang von d und λ zu berechnen und aus ihr mittels Interpolation zu gegebenem d das zugehörige λ zu entnehmen. Tab. VII ist eine

Tabelle VII.

Tabelle über den Zusammenhang von λ und d für die beiden Keile.

λ	1. Keil			2. Keil		
	d	Diff.	d/d_D	d	Diff.	d/d_D
800	2,100		1,402	6,838		1,396
750	1,957	0,143	1,306	6,379	0,459	1,302
700	1,814	0,143	1,211	5,918	0,461	1,208
650	1,671	0,143	1,116	5,458	0,460	1,114
600	1,528	0,143	1,020	4,997	0,461	1,020
550	1,386	0,142	0,926	4,536	0,461	0,926
500	1,246	0,140	0,832	4,077	0,459	0,832
450	1,109	0,137	0,740	3,622	0,455	0,739
400	0,973	0,131	0,653	3,176	0,446	0,648
350	0,858	0,120	0,573	2,749	0,427	0,561
300	0,767	0,091	0,512	2,364	0,385	0,483

derartige Tabelle für die beiden von mir untersuchten Keile. Sie enthält ausser λ und d noch die Werthe von d/d_D , d. h. des Verhältnisses der Streifenbreite d für die Wellenlänge λ zur Streifenbreite für die D -Linie. Diese letzteren Zahlen geben noch einmal in anderer Form einen Vergleich der beiden Keile miteinander. Auch könnte man sie, falls man die Verschiedenheit des Materiales vernachlässigen dürfte, benutzen, um aus Messungen der Streifenbreite an einem beliebigen Gypskeil Schlüsse auf die Wellenlänge zu machen. Innerhalb des ausgemessenen Spectralbereiches stimmen die Werthe von d/d_D für die beiden Keile sehr nahe überein. Bei Extrapolation in das Ultraviolett treten aber grosse Unterschiede auf. Allerdings stimmen auch hier beide Keile insofern überein, als sie zwischen den Wellenlängen 300 und 200 eine Umkehrung im Verlaufe der d -Werthe ergeben; doch liegen die berechneten Umkehrpunkte an verschiedenen Stellen des Spectrums, für den ersten Keil bei $\lambda = 272$ ($d = 0,747$), für

den zweiten bei $\lambda = 236$ ($d = 2,074$). Bei weiterer Extrapolation über diese Werthe hinaus zeigen die d mit abnehmender Wellenlänge eine starke Zunahme.

Um ein Beispiel für die Anwendung der Tab. VII zu geben, habe ich von den Interferenzstreifen der beiden Keile photographische Aufnahmen auf gewöhnlichen Schleussner'schen Trockenplatten gemacht. Die Keile waren dabei wieder auf der gläsernen Millimetertheilung befestigt, sodass im Bilde die Streifenbreite auf der mitphotographirten Scala unmittelbar in Millimetern abgelesen werden konnte. Eine grössere Anzahl von Streifen war allerdings bei der Breite des wirksamen Spectralbereiches nicht zu beobachten; von der vierten Ordnung an waren die Streifen schon ziemlich verwaschen; konnten an dem ersten Keil aber noch bis zur zehnten Ordnung verfolgt werden. Die Streifenbreite ergab sich für den ersten Keil zu 1,04 mm, für den zweiten zu 3,48 mm. Daraus würde als zugehörige Wellenlänge folgen für den ersten Keil 423, für den zweiten 433. Im Mittel würde demnach die mittlere Wellenlänge der Empfindlichkeitscurven der gewöhnlichen Trockenplatten 0,000 428 mm sein.

Frankfurt a. M., Inst. d. Physikal. Vereins, Juli 1899.

(Eingegangen 19. Juli 1899.)
