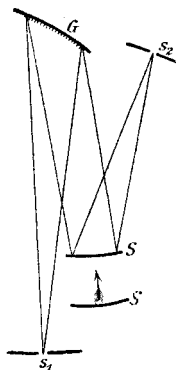


3. *Eine neue Bestimmung der Dispersion des Flussspates im Ultrarot; von F. Paschen.*

Versuchsanordnung (vgl. Figur).

Es bedeuten: s_1 den Spalt des Prismenapparates, G das früher schon von mir benutzte Rowland'sche Concavgitter, drehbar um eine verticale Axe, S ein silberner Concavspiegel, der sich in der Richtung des Pfeiles verschieben lässt, s_2 einen bilateral erweiterbaren Spalt.

Das vom Spalt s_2 kommende Licht erhielt bei einer geeigneten Stellung des Spiegels S eine solche Convergenz (oder Divergenz), dass das Spectrum der gewünschten höheren Ordnung scharf auf dem Spalte s_1 entworfen wurde. Man benutzte zur Justirung die im Knallgasgebläse erzeugten Natriumlinien. Die Dispersion des in der Ebene des Spaltes s_1 abgebildeten Gitterspectrums war eine solche, dass die D -Linien $n - 1^{\text{ter}}$ und $n + 1^{\text{ter}}$ Ordnung je um durchschnittlich 50 mm vom Spalt entfernt lagen, wenn die n^{ter} Ordnung mit dem Spalte coincidirten. Die Justirung der D -Linien auf dem Spalte s_2 geschah mit engem Spalte s_2 . Zur Messung wurde s_2 so viel erweitert, dass genügende Energie zur exacten Messung auf den Bolometerstreif fiel. Der Bolometerstreif und das Spaltbild einer Linie im Prismenapparate nahmen einen Winkel von 3 Min. im Spectrum ein. Nur bei wenigen Versuchen wurden die Bolometer- und Spaltbreiten 1,5 Min. gewählt. Die Dispersion sowohl des Prismen- wie des Gitterapparates war ungefähr doppelt so gross, als bei meinen früheren Bestimmungen.



Die abbildenden Teile der Apparate waren genügend vollkommen, sodass auch die Definition in den Spectren entsprechend gesteigert war. Die Leistungsfähigkeit des bolometrischen Apparates¹⁾ war durch ein empfindlicheres Galvano-

1) In Hrn. Lummer's Referat, Paris 1900, p. 70 steht folgender Satz: „Paschen emploie le bolomètre à bande de Lummer et Kurlbaum (Wied. Ann. 46. p. 204—224. 1892), qu'il dit avoir rendu dix fois plus sensible: mais cette assertion repose sur une erreur.“ Erstens benutze ich meine eigenen Bolometer, deren Streifen allein aus Lummer-Kurlbaum'schem Platinsilberblech bestehen, welche im übrigen aber ähnlich den Langley'schen und wesentlich anders construiert sind, als die von Lummer und Kurlbaum beschriebenen Bolometer. Zweitens steht in meinem Aufsätze (Wied. Ann. 48. p. 286. 1893): „Es wird auffallen, dass O. Lummer und F. Kurlbaum nur einen Hauptstrom von 0,006 Amp. benutzten und nur einen solchen von 0,004 Amp. benutzen konnten, trotzdem ihre Streifen bei gleicher Dicke doppelt so breit waren als meine.“ Statt „0,004 Amp.“ muss es hier heissen „0,04 Amp.“ nach den Angaben von Lummer u. Kurlbaum (l. c. p. 222). Dass „0,004 Amp.“ ein Druckfehler ist, geht aus dem Sinne des Satzes hervor, auch habe ich es den Herren Lummer und Kurlbaum damals (1893) brieflich mitgeteilt und durch Beilage der Seite aus meinem Manuscripte belegt, als dieselben mir ein zur Veröffentlichung bestimmtes Concept sandten, welches durch die Zahl „0,004“ veranlasst war. Ferner habe ich diesen Druckfehler (Wied. Ann. 49. p. 52, Anm. 1. 1893) berichtigt. Hr. Lummer kann demnach diesen Druckfehler „0,004 Amp.“ nicht wohl von neuem meinen. Es bleiben dann nur noch folgende Stellen meiner citirten Arbeit: p. 279 sagte ich, dass der Thermoapparat bei Benutzung des dort beschriebenen Bolometers erst durch die Anwendung eines geeigneten Galvanometers erheblich an Empfindlichkeit gewänne, und p. 286, dass die von mir gewöhnlich benutzte Empfindlichkeit sich als 300 mal grösser berechne als die, welche Lummer und Kurlbaum für ihr Beispiel anwandten. Statt dieses Empfindlichkeitsverhältnisses würde das 1:40 übrig bleiben, wenn der Bolometerstrom bei Lummer und Kurlbaum von 0,006 Amp. auf das höchstmögliche Maass 0,04 Amp. erhöht würde. Diese Steigerung der Empfindlichkeit kommt, wie ich ausgeführt habe, hauptsächlich auf Rechnung meines Galvanometers. Andere Aussagen über das Verhältnis meiner Bolometer zu denen Lummer und Kurlbaum's habe ich nie gemacht, und die obigen Aussagen beruhen, so viel ich sehe, nicht auf einem Irrtum. Ich schätze übrigens die schöne Platinfolie von Lummer und Kurlbaum sehr und habe sie vielfach empfohlen.

In demselben Referate des Hrn. Lummer steht über die Schwärzung des Bolometers durch eine spiegelnde Hülle p. 53 und 54 folgendes: „il est préférable d'employer une enveloppe polie, ainsi que nous l'avons fait, Pringsheim et moi (Wied. Ann. 63. p. 397. 1897), avec le bolomètre

meter in dem Maasse gesteigert, wie die Lichtstärke infolge der grösseren Dispersion abgenommen hatte. Die exacten Messungen mit dieser Anordnung bis zur Wellenlänge $7\ \mu$ theile ich hier mit.

Beispiel. Resultate der Messung der Wellenlänge $3,2413\ \mu$ entsprechend dem Beugungsbilde zweiter Ordnung, wenn die *D*-Linien elfter Ordnung auf dem Spalte s_1 abgebildet waren: $3,2413 = 11/2\ 0,5893$. Die einzelnen Messungsreihen der Energiecurven der Beugungsbilder ergaben die Maxima bei folgenden Minimalablenkungen:

30°	9,269'	11,0° C.
	9,192	11,0
	9,148	10,6
	9,243	10,1
	9,379	9,9
	9,343	10,2
	9,167	10,1
	9,194	10,4
	9,180	10,3
	9,240	10,3
<hr/>		
Mittel: 30°	9,236'	
= 30°	9' 14,2''	w. F. = 0,98''
Mittel: Temp. = 10,3° C.		

Der umrandete Teil der folgenden Tabelle enthält die Messungsergebnisse. Es sind angegeben: die beobachteten mittleren Minimalablenkungen δ und ihr wahrscheinlicher Fehler $\omega.F$ in Secunden, die Anzahl Messungsreihen, die mittlere Temperatur und der Brechungsexponent n . In den drei letzten Columnen sind die Differenzen der beobachteten Brechungs-

de surface, et ainsi que l'a réalisé plus tard Paschen (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin p. 4. 1899; Wied. Ann. 60. p. 722. 1897) pour le bolomètre linéaire.“ Erstens haben Lummer und Pringsheim 1897 nur gesagt, *Versuche mit einem Bolometer, bei dem die reflectirte Energie mittels eines versilberten Hohlspiegels wiedergewonnen wird, sollen zeigen, inwieweit etc.* Zweitens geht aus den Citaten hervor, dass mein Vorschlag, das Bolometer in eine spiegelnde Hülle zu setzen, der ältere ist. (Zweites Citat meiner Arbeiten, welches älteren Datums ist, als das Citat der Arbeit von Lummer und Pringsheim.)

λ (μ)						n beob.	Δn Einh. der 5. Dec beob.—ber.			
							Fl. (Ia)	Fl. (Ib)	Fl. (II)	
0,32525	<div><div><div>δ</div><div>Grad Min. sec</div></div><div><div>w. F.</div><div>sec</div></div><div><div>Anzahl der Messungs- reihen ¹⁾</div></div><div><div>Mittlere Temp. °C.</div></div></div>					1,44987	+ 4	+ 4	+ 4	
0,34015						1,44775	- 3	- 4	- 4	
0,36009						1,44535	- 14	- 14	- 13	
0,39681						1,44214	- 3	- 3	- 3	
0,41012						1,44121	+ 2	+ 1	+ 2	
0,48607						1,43713	0	+ 1	+ 1	
0,58932						1,43393	+ 1	0	+ 1	
0,65618						1,43257	- 2	- 2	- 1	
0,68671						1,43200	- 9	- 9	- 8	
0,71836						1,43157	- 6	- 6	- 6	
0,76040	1,43101	- 8	- 8	- 9						
Paschen										
0,8840	31	16	3,1	1,19	11	11,0	1,42989	0	0	+ 1
1,1786	31	6	40,1	1,66	11	10,8	1,42798	- 1	0	0
1,4733	30	59	30,5	0,95	7	11,1	1,42652	- 1	- 2	- 1
1,5715	30	57	22,6	1,12	11	10,6	1,42608	0	0	+ 1
1,7680	30	52	46,6	1,20	14	10,8	1,42515	0	0	0
2,0626	30	45	36,2	0,91	6	10,7	1,42368	- 1	- 1	- 1
2,1608	30	43	7,1	0,71	6	10,7	1,42317	0	0	0
2,3573	30	37	47,5	0,86	13	10,7	1,42208	0	0	- 1
2,6519	30	29	10,3	0,87	7	10,3	1,42032	+ 1	0	0
2,9466	30	19	35,1	0,80	20	10,9	1,41835	- 1	- 2	- 3
3,2413	30	9	14,2	0,98	10	10,3	1,41623	+ 3	+ 2	0
3,5359	29	57	49,3	1,18	7	11,2	1,41388	+ 2	0	- 1
4,1252	29	32	7,9	0,72	7	10,5	1,40858	+ 4	+ 3	0
4,7146	29	2	21,8	0,97	12	10,5	1,40242	+ 7	+ 5	+ 2
5,3039	28	28	11,9	1,08	9	10,5	1,39531	+ 5	+ 3	0
5,8932	27	49	26,8	2,32	12	11,0	1,38721	0	- 3	- 5
6,4825	27	7	14,0	0,90	8	10,6	1,37834	+ 16	+ 14	+ 13 ²
7,0718	26	18	50,4	2,85	5	10,5	1,36810	+ 3	- 1	0
7,6612							1,35680	- 4	- 10	- 8
8,2505							1,34444	- 2	- 7	- 3
8,8398							1,33079	0	- 7	- 2
9,4291							1,31612	+ 36	+ 29	+ 34

Brechender Winkel: $59^{\circ} 59' 15''$.

1) Dieselbe Wellenlänge wurde vielfach aus mehreren verschiedenen Gitterordnungen bestimmt, wie l. c. gezeigt ist.

2) Diese Abweichung liegt weit ausserhalb der möglichen Fehler. Die Wellenlänge $6,48 \mu$ fällt in das Maximum der stärksten Absorption des Wasserdampfes der Luft. Bei kleineren Wellenlängen steigt die Energie sehr schnell bis zu der Stelle $6,26 \mu$, wo keine erhebliche Absorption ist. Es ist wahrscheinlich, dass von dieser Energie kürzerer Wellenlänge ein wenig in den Spalt des Prismenapparates hineingelangte.

exponenten von den nach Ketteler's Formeln berechneten in Einheiten der fünften Decimalen aufgeführt.

Ketteler's Formeln.

$$(I) \quad n^2 = a^2 - \frac{M_1}{\lambda_1^2 - \lambda^2} + \frac{M_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2},$$

$$(II) \quad n^2 = A^2 - \frac{M_2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} - k \lambda^2 - h \lambda^4.$$

Die Zahlenwerte der zur Berechnung benutzten Constanten sind:

$$\text{Formel (Ia)} \quad \begin{cases} a^2 = 6,09104 \\ \lambda_2^2 = 1258,47 \\ \lambda_2^2 = 0,008884 \end{cases} \quad \begin{matrix} M_1 = 5099,15 \\ M_2 = 0,00612093 \end{matrix}$$

Dies sind die Werte, mit denen die Formel (I) meine ersten Beobachtungen¹⁾ gut darstellte.

$$\text{Formel (Ib)} \quad \begin{cases} M_1 = 5102,07 \\ \lambda_1^2 = 1259,19 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{die übrigen Constanten} \\ \text{wie in Formel (Ia)} \end{matrix}$$

$$\text{Formel (II)} \quad \begin{cases} A^2 = 2,03913 \\ k = 0,0032055 \\ h = 0,0,2894 \end{cases} \quad \begin{matrix} M_2 = 0,006125 \\ \lambda_2^2 = 0,008884 \end{matrix}$$

Die letzte Formel giebt den besten Anschluss an die Beobachtungen. Die Abweichungen der Beobachtungen von den Formeln entsprechen im Ultrarot wenigen Einheiten der dritten Decimalen im Werte der Wellenlängen, sodass es möglich scheint, durch exacte Einstellung diese Decimale noch einigermaassen genau zu messen.

1) F. Paschen, Wied. Ann. 53. p. 821. 1894.

(Eingegangen 29. November 1900.)