kung, dass fortan in der Abkürzung $b_{hk} + e = (b_{hk})$ (da eine Verwechselung nicht vorkommen kann) die Klammer weggelassen werden soll. Wo weiterhin also b_{12} etc. vorkommt, hat es die Bedeutung von (b_{12}) .

Zugleich corrigire ich noch zwei Schreibfehler. Die letzte Formel für $1/n^2$ auf p. 885 muss lauten:

$$\frac{1}{n^2} = \frac{m}{e} \cdot \frac{(e + a) + \frac{n\lambda^2}{4\pi^2}}{m + r + \frac{4a\pi^2}{\lambda^2}}.$$

Die Formeln für den Winkel der optischen Axen mit der Mittellinie auf p. 889 sind:

$$\cos^2 \varphi = \frac{(b_{12} - b_{13}) - \frac{1}{r^2} (b_{12}' - b_{13}')}{(b_{12} - b_{23}) - \frac{1}{r^2} (b_{12}' - b_{23}')}, \quad \sin^2 \varphi = \frac{(b_{13} - b_{23}) - \frac{1}{r^2} (b_{13}' - b_{23}')}{(b_{12} - b_{23}) - \frac{1}{r^2} (b_{12}' - b_{23}')}.$$

Beides ergibt sich unmittelbar aus dem ihm Vorhergehenden.

Königsberg i. Pr., August 1883.

V. Ueber die Umwandlung meines Photometers in ein Spectrophotometer; von H. Wild.

(Aus Bulletin de l'Acad. Imp. des sc. de St. Petersburg. T. 28. 1883. mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

(Hierzu Taf. II Fig. 50 u. 51.)

In der Beschreibung meines neuen Krystall-Polarisationsphotometers¹⁾ habe ich unter I, § 3 (p. 217) darauf hingewiesen, dass dieses Photometer im Gegensatz zu den gewöhnlichen Instrumenten der Art auch eine Vergleichung etwas verschieden gefärbter Lichtquellen, wie z. B. des electrischen Lichtes mit einer Gas- oder Petroleumlampe in einer für technische Zwecke meist ausreichenden Weise gestatte. Es heisst nämlich dort: „In der Technik kommt es in der Regel bloß darauf an, diejenigen Strahlen der

1) H. Wild, Pogg. Ann. 118. p. 193. 1863.

beiden wenig verschieden gefärbten Lichtquellen, welche für das Auge die hellsten sind, nämlich die gelben und die grüngelben Strahlen des Spectrums mit einander zu vergleichen. Während nun bei den gewöhnlichen Photometern der unmittelbare Vergleich verschieden gefärbter Lichtstrahlen fast unmöglich ist, indem das Auge bei verschiedener Farbennuance nur sehr unsicher die Gleichheit der hellsten Strahlen beurtheilt, macht das bei unserem Photometer und überhaupt bei allen Polarisationsphotometern (wo Interferenzfarben benutzt werden) keine grosse Schwierigkeit. Allerdings verschwinden in diesem Falle die Interferenzfarben im Polariscope bei keiner Stellung des Kalkspathpolarisators ganz, indem, wenn für eine gewisse Farbe die Bedingung der Neutralisation erfüllt ist, sie für die anderen nicht auch zugleich erfüllt sein wird; man findet indessen beim Drehen des Polarisators stets, dass die übrig bleibenden Interferenzfarben bei einer gewissen Stellung des letzteren ein Minimum der Intensität erreichen. Alsdann neutralisiren sich aber offenbar die hellsten Theile der Spectren beider Lichtquellen; indem wir also diese Minimumstellung beobachten, werden wir daraus das Intensitätsverhältniss der für das Auge hellsten Strahlen beider Lichtquellen berechnen können, worauf es eben ankommt.“

Da die hellsten Strahlen in den Spectren der gewöhnlichen weissen Lichtquellen diejenigen an der Grenze von gelb und grün sind, so kommt dieses Verfahren praktisch überein mit dem von Crova angegebenen, wonach man beim Vergleich verschieden gefärbter Lichtquellen, z. B. der Sonne und einer Carcellampe vermittelst der gewöhnlichen Photometer für das Auge eine gleiche Färbung erzielt durch Vorsetzen entweder einer 9 mm dicken, senkrecht zur Axe geschnittenen Quarzplatte, die zwischen zwei gekreuzte Nicol'sche Prismen eingeschaltet ist¹⁾ oder einer ungefähr gleich dicken Schicht Flüssigkeit, welche durch passende Mischung einer Eisenchloridlösung mit einer Lösung von Nickelchlorür hergestellt ist und bloß orange, gelb- und grüngefärbte

1) Crova, Bulletin hebdomadaire de l'Assoc. scientifique de France du 23 Octobre 1881, p. 56.

Strahlen mit einem Maximum in der Nähe der Linie D ($0,582\mu$) durchlässt.¹⁾

Nach der oben erwähnten Methode habe ich z. B. seiner Zeit mit meinem Photometer ohne Schwierigkeit folgende Lichtquellen mit einander verglichen, wobei vor den Prismenapparat desselben eine durch ein Uhrwerk in rasche Rotation versetzte, durchscheinende (geölte) Papierscheibe so gestellt wurde, dass das Licht von der einen Hälfte derselben durch die eine, und das von der anderen Hälfte durch die zweite Oeffnung ins Photometer gelangte. Durch passend aufgestellte undurchsichtige Schirme wurde bewirkt, dass das Licht von der einen Lichtquelle nur auf die eine, und das von der anderen nur auf die zweite Hälfte der Papierscheibe auffallen konnte. Bei starkem Intensitätsunterschiede nahm ich zur Ausgleichung der Beleuchtung auch noch die verschiedene Entfernung der Lichtquellen von der Papierscheibe zu Hülfe.

Es werde bezeichnet die Beleuchtungsintensität bei gleicher Entfernung:

einer Stearinkerze (5 auf 1 Pfund)	. . .	durch J_1 ,
einer Petroleumlampe mit Banddocht	. . .	„ J_2 ,
einer Petroleumlampe mit Runddocht	. . .	„ J_3 ,
derselben mit eingeleitetem Sauerstoff	. . .	„ J_4 ,
einer electrischen Lampe von Duboscq mit		
Strom von 40 Bunsen'schen Elementen	„	J_5 ,

so ergaben die unmittelbaren Beobachtungen zunächst:

$$\begin{array}{ll}
 J_2 = J_1 \cdot 5,13, & \text{also auch:} \\
 J_3 = J_2 \cdot 2,33, & J_3 = J_1 \cdot 11,9; \\
 J_4 = J_2 \cdot 4,92, & J_4 = J_1 \cdot 25,2; \\
 J_5 = J_3 \cdot 26,4, & J_5 = J_1 \cdot 316.
 \end{array}$$

Die ersten drei Lichtquellen konnte ich auch noch mittelst eines Bunsen'schen Photometers vergleichen, dagegen war mir dies mit Sicherheit bei den beiden anderen des allzu grossen Farbenunterschiedes halber nicht mehr möglich. Mit diesem Photometer fand ich:

1) Crova, Compt. rend. 95. p. 1271. 1882.

$$\begin{array}{ll}
 J_2 = J_1 \cdot 6,12, & \text{also:} \\
 J_3 = J_2 \cdot 1,83, & J_3 = J_1 \cdot 11,2; \\
 J_3 = J_1 \cdot 12,3; &
 \end{array}$$

wo die Differenz der beiden Werthe für das Verhältniss von $J_3:J_1$ zugleich ein Maassstab für die Genauigkeit der letzteren Messungen ist, während die mit meinem Photometer erhaltenen Daten bis auf 1 % als ganz sicher zu bezeichnen sind.

Die streng wissenschaftliche Methode freilich zur Vergleichung verschieden gefärbter Lichtquellen, bei der allein auch die volle Leistungsfähigkeit unseres Instrumentes (0,1 %) ausgenützt werden kann, besteht, wie ich ebenfalls schon in jener Abhandlung (p. 216) bemerkt habe, darin, dass man nach dem Vorschlage von Govi¹⁾ von den beiden Lichtquellen mittelst ein und desselben Prismas zwei aneinander grenzende Spectren derselben erzeugt und dann die Helligkeit der entsprechenden gleich gefärbten Theile derselben vergleicht. Ich schlug damals (l. c.) vor — und habe auch seither bezüglich Messungen in der Art angestellt —, zu dem Ende zwischen den Prismenapparat und das drehbare Nicol ein Prisma mit Linse und Spalte gegen den ersteren hin einzuschalten und die Sehaxe in geeigneter Weise beim Prisma zu brechen. Diese Art des Gebrauches meines Instrumentes als analysirendes Photometer ist indessen sehr unbequem, da sie eine Zerlegung desselben mit besonderer Aufstellung einzelner Theile erheischt.

Seither sind von verschiedenen Forschern eigentliche Spectrophotometer construirt worden, von welchen dasjenige von Glan²⁾ und insbesondere das von Trannin³⁾ nahe auf denselben Principien wie mein Photometer basirt sind. Doch scheint mir unter den bekannt gewordenen Instrumenten dieser Art keines die Grenze der möglichen Leistungsfähigkeit für den Fall zu erreichen, wo wir es mit dem Vergleich von Lichtquellen mit continuirlichen Spectren zu thun haben. Angeregt durch die bezüglich Verhandlungen im Schosse

1) Govi, *Compt. rend.* 50. p. 156. 1860.

2) Glan, *Wied. Ann.* 1. p. 351. 1877.

3) Trannin, *Journ. de Phys.* 5. p. 297. 1876.

der dritten Commission (Bestimmung einer Lichteinheit) der internationalen electrischen Conferenz, die im October 1882 zu Paris tagte, habe ich daher gesucht, in einfacherer Weise, als oben angegeben, mein Photometer auch in ein analysirendes zu verwandeln und damit ein Spectrophotometer von grösserer Leistungsfähigkeit herzustellen. Inwiefern mir dies gelungen ist, wird die nachfolgende Beschreibung zeigen.

Die verhältnissmässig einfache Umwandlung meines Photometers in ein Spectrometer habe ich an einer modificirten Form des ersteren vorgenommen, welche ich im Jahre 1876 von den Herren Hermann und Pfister, Mechaniker in Bern, ausführen liess. Es dürfte nicht blos wegen des leichteren Ueberganges zum letzteren, sondern auch deshalb am Platze sein, hier zuerst jene noch nicht publicirte Form des Photometers zu beschreiben, weil dasselbe in dieser Gestalt bereits Eingang in verschiedene physikalische Institute gewonnen hat. An der Hand der beistehenden zwei Figuren erinnere ich kurz an das dem Instrument zu Grunde liegende Princip.

Fig. 1 zeigt die Anordnung des Instrumentes als Photometer. Es sei ABC eine Fläche, welche auf der einen Hälfte AB von der einen Lichtquelle der Intensität J^2 und auf der anderen BC von der zweiten Lichtquelle der Intensität J_1^2 beleuchtet werde. Zwei Strahlenbündel von der einen und anderen Hälfte der erleuchteten Fläche aus der Nähe der Trennungslinie B gehen zunächst durch einen Polarisator PP und fallen dann senkrecht auf die vordere natürliche Begrenzungsfläche RR des Kalkspathrhomboëders RRR^1R^1 . Beim Austritt aus diesem Rhomboëder werden im Raume $\alpha\beta$ die gewöhnlich gebrochenen, parallel zum Hauptschnitt des letzteren polarisirten Strahlen von AB , resp. J^2 her mit den ungewöhnlich gebrochenen, senkrecht zum Hauptschnitt des Rhomboëders polarisirten von BC , resp. J_1^2 her zusammenfallen. Das vereinigte Strahlenbündel durchsetzt schliesslich, ehe es zum Auge des Beobachters gelangt, das aus der farbengebenden Krystallplatte KK und dem Polarisator NN bestehende Polariskop. Die Interferenz-

farben im letzteren verschwinden, wenn das vereinigte Strahlenbündel $\alpha\beta$ gleiche Quantitäten senkrecht zu einander polarisirten Lichtes enthält; dies ist aber der Fall, wenn man hat:

$$(1) \quad \frac{J^2}{J_1^2} = C \cdot \operatorname{tg}^2 v,$$

Fig. 1.

Fig. 2.

wo v den Winkel darstellt, welchen die Polarisationssebene PP mit dem Hauptschnitt des Kalkspathrhomboëders ein-

schliesst und C nach der Neumann'schen Theorie¹⁾ gegeben ist durch:

$$(2) \quad C = \frac{(1 + a^2) \sqrt{c^2 \sin^2 \nu + a^2 \cos^2 \nu}}{a (1 + c^2 \sin^2 \nu + a^2 \cos^2 \nu)},$$

wo a das reciproke Brechungsverhältniss des gewöhnlich und c dasjenige des ungewöhnlich gebrochenen Strahles im Kalkspath, endlich ν den Winkel der Normalen der Rhomboëderfläche RR mit der Hauptaxe oder optischen Axe des Krystalles darstellen. Sind diese letzteren Grössen und damit C gegeben, so ist also das Intensitätsverhältniss der beiden Lichtquellen aus dem zu beobachtenden Winkel ν nach Formel (1) zu berechnen. Der Winkel 2ν aber wird erhalten, wenn man den Polarisator PP um seine Axe einmal nach der einen und dann nach der anderen Seite dreht, bis jeweiligen die Farben im Polariskop verschwinden, und dabei die Kreistheilung auf einer zu dieser Axe senkrechten Scheibe abliest.

Soll das Instrument zur allgemeinen Lösung einer photometrischen Aufgabe noch als Polarimeter verwendet werden, so hat man nach Fig. 2 vor dem Polarisator PP noch ein zweites Kalkspathrhomboëder $R_1 R_1 R_1 R_1$ so anzubringen, dass seine parallelen Begrenzungsflächen ebenfalls senkrecht zu den einfallenden Strahlen, resp. zur Sehaxe des Polariskopes sind, und sein Hauptschnitt mit demjenigen des ersteren einen Winkel von 180° einschliesst. Das zu untersuchende Lichtbündel muss hier durch einen Schirm mit Oeffnung von solcher Breite 00 begrenzt werden, dass, wie die Figur es zeigt, die Rhomboëder durch Doppelbrechung eben zwei aneinander grenzende Bilder derselben erzeugen. Richtet man nun den Versuch so ein, dass die Polarisationssebene

1) F. E. Neumann, Math. Abh. der Acad. der Wiss. zu Berlin. 1835. — Die Richtigkeit dieser Theorie im vorliegenden speciellen Falle habe ich mit diesem Instrumente selbst (siehe 2. Theil meiner eingangs erwähnten Abhandlung) seiner Zeit nachgewiesen. Vor kurzem hat Hr. Krech (siehe wissenschaftliche Beilage zum Programm des Luisenstädt'schen Gymnasiums in Berlin. Ostern 1883) für nahezu denselben speciellen Fall einen neuen experimentellen Beweis der Richtigkeit, und zwar mit ungefähr derselben Genauigkeit von $\pm 0,002$ des Intensitätsverhältnisses beigebracht.

des durch die Oeffnung 00 einfallenden, theilweise polarisirten Lichtes mit dem Hauptschnitt der Rhomboëder zusammenfällt, und dreht dann wieder den Polarisator PP bis zum Verschwinden der Interferenzfarben im Polariskop, so berechnet sich das gesuchte Verhältniss der Intensität P^2 des polarisirten Lichtes zur Intensität J^2 des natürlichen Antheiles im partiell polarisirten Licht nach der Formel:

$$(3) \quad \frac{P^2}{J^2} = \frac{1}{2}(C^2 \cdot \operatorname{tg}^4 v_1 - 1),$$

wo v_1 entsprechend, wie oben v , den beobachteten Winkel zwischen der Polarisationssebene des Polarisators und dem Hauptschnitt der Rhomboëder darstellt, und C wieder durch Gleichung (2) gegeben ist, a , c und ν bei beiden Rhomboëdern als gleich vorausgesetzt.

Beim neuen, in Tafel III Fig. 50 und 51 perspectivisch dargestellten Instrumente werden sämmtliche Theile des Apparates von vier Säulen 1, 2, 3 und 4 getragen, welche auf einem T-förmigen Lineal TT aufgeschraubt sind. Dieses Lineal ist vermitteltst eines Charniers B und einer Verticalaxe B' auf der Säule A mit Dreifuss befestigt, also im Horizont und in einer Verticalebene drehbar.

Von den vier Säulen trägt 1 das Polariskop N , welches jetzt wie beim einem Polaristrobometer¹⁾ aus einem ungefähr fünfmal vergrößernden, auf die Unendlichkeit eingestellten Fernrohr mit einer Doppelplatte aus Kalkspath (statt Bergkrystall) vor dem Objectiv, einem andreakreuzförmigen, justirbaren Fadenkreuz im Focus des letzteren und einem Nicol vor dem Ocular gegen das Auge zu besteht. Die Säule 2 dient dem Theilkreis K , in dessen Axe nach hinten zu der Polarisator P (Senarmont'sches Prisma oder Polarisator nach Hoffmann, beide mit geraden Endflächen) ebenfalls durch seitliche Schrauben justirbar befestigt ist, als Lager. Vermittelst des Knopfes r in der Nähe des Beobachters und eines am anderen Ende dieser Stange sitzenden Getriebes, das in ein Zahnrad am Kreise eingreift, kann der letztere

1) H. Wild, Bull. de l'acad. Imp. des sciences de St. Pétersbourg 14. p. 149. 1869.

samt Polarisator bequem um seine Axe gedreht werden. Die Kreistheilung aber ist am Nonius mittelst des Fernrohres *S* auf der anderen Seite des Polarisokopes vom Beobachter abzulesen, ohne dass er sich von seinem Platze zu erheben braucht.

Innere, etwas weniger als halbkreisförmige Ansätze an den Säulen 1 und 2 sind als Lager für das in doppelter Metallfassung steckende Kalkspathrhomboëder *R* bestimmt. In der inneren Röhre ist das Rhomboëder mit Korken und einem Wachsguss unveränderlich so befestigt, dass seine beiden polirten Endflächen nahe senkrecht zur Röhrenaxe sind, und mit dieser Röhre ist dann das Rhomboëder in der äusseren Fassung durch seitliche, in der Zeichnung sichtbare Schrauben justirbar eingesetzt. Zwei Deckel mit passender centraler Oeffnung, von welcher der eine fest, der andere drehbar und durch zwei vorragende Schrauben klemmbar angebracht ist, dienen als Schutz für die Kalkspathflächen und halten seitliches Licht davon ab. Um das Rhomboëdergehäuse ist endlich noch eine Art Zaum *zz* gelegt, mittelst dessen und der Schraube *s* dasselbe auf seinem Lager festgehalten wird.

In ganz gleicher Weise ist das zweite Rhomboëder *R*₁ gefasst und auf Lagern an der Innenseite der Ständer 3 und 4 befestigt. Beim Gebrauche des Instrumentes als Photometer wird statt desselben eine leere, entsprechend geformte Trommel eingelegt.

Der Ständer 4 endlich trägt ausserdem noch eine Messingröhre *M*, in welche die Röhre *E* (siehe die Nebenfigur) des Prismenapparates *JJ* einzuschieben und durch *m* festzuklemmen ist. Die innere Einrichtung des letzteren ist aus der Nebenfigur leicht ersichtlich. Eine Abschlussplatte der Röhre *E* besitzt eine runde centrale Oeffnung, welche besonders für den Gebrauch des Instrumentes als Polarimeter durch zwei Schieber σ und σ_1 beliebig begrenzt werden kann. Darauf folgen in dem würfelförmigen Kasten *G* zwei auf einem Stuhl befestigte rechtwinkliche Glasprismen, die mit ihren einen Kanten gegenüber der Axe der Röhre *E* zusammenstossen. In die seitlichen Röhrenansätze dieses Kastens

sind diejenigen von zwei anderen dreieckigen Kasten *FF* eingeschoben, die ebenfalls rechtwinklige, durch Schrauben justirbare Glasprismen enthalten. Die Oeffnungen α , β und γ (wo β nach eventueller Entfernung des einen oder anderen Prismas im Stuhl benutzt wird) sind durch Deckel verschliessbar.

Diese von der früheren abweichende Construction des Photometers gestattet eine viel leichtere Zerlegung und Justirbarkeit der einzelnen Theile desselben und ebenso eine bequeme Umwandlung in das Polarimeter sowie in ein Spectrophotometer. Die Hauptfigur auf der beiliegenden Tafel weist bereits die zum Gebrauch des Instrumentes als Spectrophotometer nothwendigen Zuthaten auf. Wie man sieht, ist das Polariskop *N* mit seinem Ansatz *n* nicht direct in die am Ständer 1 befestigte Röhre *O* bis zum Anschlag n_1 eingeschoben, sondern zunächst in ein Zwischenstück *D*, welches seinerseits wieder in *O* eingeschoben ist. Dieses Zwischenstück *D* besteht aus zwei durch ein Charnier bei *e* verbundenen Theilen, von welchen der fixe, im Rohr *O* steckende ein fünffaches Amici'sches Prisma von Steinheil in München (brechende Kante der Prismen horizontal) enthält, während der um eine horizontale Axe dagegen vermittelt der Mikrometerschraube ρ verstellbare zweite Theil zur Aufnahme des Polariskopes dient, sodass eben dieses auf die verschiedenen Theile des aus jenem Prisma (à vision directe) austretenden Spectrums central eingestellt werden kann. Um hierbei ein hinlänglich reines Spectrum zu erhalten, ist zunächst noch hinter den Schiebern $\sigma\sigma_1$ des Prismenkastens ein zweiter, leicht zu entfernender Schieber mit horizontaler Spectralspalte eingesetzt, dessen Spaltweite durch die Schraube τ regulirt, resp. mikrometrisch gemessen werden kann, und sodann ist beim Ständer 3 eine achromatische Linse von 110 mm Brennweite (Abstand von der Spectralspalte) in seine centrale Oeffnung eingeschraubt.¹⁾

1) Zur Rückverwandlung in das gewöhnliche Photometer ist also einfach die Linse bei 3 abzuschrauben, das Stück mit der Spectralspalte zu entfernen und durch einen Schieber mit runder centraler Oeffnung zu ersetzen, sowie endlich das Stück *D* beim Polariskop wegzunehmen und

Denken wir uns für einen Moment das Kalkspathrhomboëder R entfernt, so wird man im Polariskopfernrohr zwei nebeneinander liegende, in einer Verticalen sich berührende Spectren der beiden Lichtquellen erblicken, da die eine Hälfte der Spectralspalte von der einen und die andere von der anderen Lichtquelle beleuchtet wird. Auf diesen Spectren werden sich die Interferensfransen der Savart'schen Doppelplatte als horizontale schwarze Querlinien projeciren und bei Einsetzung des Rhomboëders jeweilig im centralen Theile des Gesichtsfeldes (resp. dem Raum $\alpha\beta$, wo jetzt die gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen Strahlen der beiderlei Lichtquellen zusammenkommen) verschwinden, wenn für die betreffende Farbe durch Drehung des Polarisators die Intensitätsgleichheit dieser senkrecht zu einander polarisirten Strahlen erzielt ist. Dabei kann auch die Farbe, für welche die Vergleichung jeweilig stattgefunden hat, genau definirt werden, indem man blos die Stellungen des Mikrometers ρ unter Hinrichten des Instrumentes nach der Sonne ein für allemal ermittelt, welche dem Entstehen der optischen Axe des Polariskopfernrohres auf die verschiedenen Fraunhofer'schen Linien entsprechen.

Das Intensitätsverhältniss der beiden Lichtquellen für die fragliche Farbe ist dann aus dem beobachteten Winkel v ebenfalls nach der Formel (1) zu berechnen, wobei nur im Ausdruck (2) für die Constante C jeweilig für a und c die der betreffenden Farbe entsprechenden reciproken Brechungsverhältnisse einzuführen sind.

Bei der natürlichen Bruchfläche des Kalkspathes, wie wir sie hier benutzen, ist aber:

$$v = 44^{\circ} 34' 38'',$$

und nach Rudberg's Bestimmungen am Kalkspath¹⁾ ergeben

letzteres direct in die Röhre O einzuschieben. — Man ersieht hieraus, dass zu jedem fertigen Photometer die zu seinem Gebrauch als Spectrophotometer nöthigen Theile leicht besonders angefertigt und eingesetzt werden können. Hr. Mechanikus Pfister in Bern (Nachfolger von Hermann und Pfister daselbst) hat mir zu meinem Instrument die fraglichen Theile zum Preise von 120 Fr. nachgeliefert.

1) Rudberg, Pogg. Ann. 14. p. 45. 1828.

sich folgende Werthe von a , c und somit auch von C für die Fraunhofer'schen Linien:

Linie	a	c	C
B	0,60493	0,67389	1,0251
D	0,60295	0,67279	1,0256
E	0,60111	0,67174	1,0261
F	0,59951	0,67080	1,0266
G	0,59660	0,66911	1,0274

Man sieht schon aus der geringen Variation der Werthe von C für den grössten Theil des Spectrums, dass es sich nicht lohnt, die Constante C mit den seit meiner ersten Berechnung neu und wohl auch sicherer bestimmten Werthen der Brechungsindices der ordinären und extraordinären Strahlen durch Mascart¹⁾ und durch van der Willigen²⁾ nochmals zu berechnen. Die Differenzen von Rudberg's Bestimmungen und denen der letzteren Forscher erreichen im Maximum eine Einheit in der 4. Decimale.

Es gibt noch eine zweite Benutzungsweise unseres so abgeänderten Apparates zu spectrophotometrischen Messungen, welche bei schwachen oder discontinuirlichen, resp. durch Absorption stark modificirten Spectren mit Vorthail angewendet werden kann. Man ersetzt in diesem Falle den Schieber links (σ_1) beim Prismenapparat durch einen solchen, der in der Entfernung $\alpha\beta$, resp. 00 (Fig. 1 u. 2 p. 457 oben) von seinem Rande einen gleich breiten Längsschlitz besitzt, und schiebt ihn mit seinem Rande bis B (Fig. 1) nämlich bis zur Axe des Apparates vor. Alsdann werden wir beim Austritt aus dem Rhomboëder von J^2 und J_1^2 her nicht mehr zwei über einander fallende gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochene, sondern zwei einander in β berührende getrennte Strahlenbündel dieser Art erhalten, deren Intensitätsverhältniss ganz in der bisherigen Weise durch Drehen des Polarisators verändert werden kann. Ersetzt man dann auch das

1) Mascart, Ann. scient. de l'école norm. supér. à Paris. 1. p. 237. 1864.

2) Van der Willigen, Archiv. du Musée Teyler. 2. p. 181. 1869. et 3. p. 53. 1870.

Polariskopfernrohr durch ein gewöhnliches ohne Savart'sche Platte und ohne Nicol (oder entfernt diese respective), so sieht man zwei einander tangirende, den Lichtquellen J^2 und J_1^2 angehörige Spectren. Hat man wieder an irgend einer Stelle, jetzt nach blosser Schätzung mit dem Auge, die Intensitätsgleichheit der benachbarten Theile durch Drehen des Polarisators PP erzielt, so ist das gesuchte Intensitätsverhältniss nach derselben Formel (1) aus dem gemessenen Winkel v abzuleiten.

Für diesen letzteren Gebrauch des Instrumentes, sowie denjenigen als Polarimeter, ist ferner noch auf einen Umstand besonders aufmerksam zu machen. Die Figur 1 p. 457 oben zeigt, dass beim Gebrauch als Photometer das Polariskopfernrohr nicht centrirt, sondern um die halbe Breite $\alpha\beta$ excentrisch nach A hin anzubringen ist, wenn die Trennungslinie B nämlich die Berührungskante der beiden Prismen in G , wie angenommen, centrirt zur Axe des ganzen Apparates eingerichtet ist. Für das Polarimeter behält das Polariskop dieselbe Lage bei, wenn, wie dies in Fig. 2 vorausgesetzt ist, das Licht von J^2 her auf seinen Polarisationszustand zu untersuchen ist, dagegen muss es um die volle Breite $\alpha\beta$ zugleich mit der Schirmöffnung 00 — durch Versetzen der beiden Schieber σ und σ_1 — nach C hin verschoben werden, wenn im Licht von J_1^2 her der polarisirte Antheil gemessen werden soll. Bei der oben erwähnten zweiten Modification der Benutzung als Spectrophotometer endlich muss das Polariskopfernrohr offenbar centrirt placirt werden. Aus dem allen folgt, dass die zur Aufnahme des Polariskopes bestimmte Röhre O nicht fest, sondern horizontal verschiebbar am Ständer 1 anzubringen ist.

Die Fig. 50 lässt nun in der That erkennen, dass zu dem Ende die Röhre O bei H an einer Messingplatte mit abgeschrägten Rändern befestigt ist, welche auf dem Ständer 1 zwischen aufgeschraubten Lamellen verschiebbar, ist und deren Lage dabei durch zwei seitliche Schrauben in vorspringenden Nasen fixirt wird. Eine Millimetertheilung auf der oberen Lamelle und ein Index an der Platte lassen je weilen die Grösse der Verschiebung bestimmen. Solche

Theilungen befinden sich auch zur leichteren Einstellung bei den Schiebern σ und σ_1 des Prismenapparates.

In Betreff der Justirung der verschiedenen Theile des Instrumentes auf ihre richtige, durch die Theorie geforderte Stellung, welche ebenfalls durch die jetzige Construction wesentlich erleichtert und vervollkommenet wird, ist kurz Folgendes zu bemerken.

Man entfernt aus dem Polariskop die Savart'sche Doppelplatte und ersetzt das Ocular mit Nicol'schem Prisma durch ein anderes, in der Nebenfigur mit *W* bezeichnetes, welches eine seitliche Oeffnung und dieser gegenüber im Inneren statt des Nicols ein unter 45° zur Axe geneigtes dünnes Glasplättchen besitzt. Nachdem man sodann auch die Kalkspathrhomboëder und den Polarisator entfernt hat, visirt man mit dem direct in die Röhre *O* eingeschobenen Fernrohre, die man mit dem Schieber centrirt gestellt hat, nach der centralen Lichtlinie am Prismenapparat, die man durch Zusammenschieben von σ und σ_1 bis fast zur Berührung hergestellt hat. Das Ocular soll sich soweit ausziehen lassen, dass man ein hinlänglich scharfes Bild der Spalte erhält, um zu erkennen, ob sie die Mitte des Gesichtsfeldes wie das Fadenkreuz einnimmt. Justirungen am Fadenkreuz, resp. am Ständer 1 lassen so den Parallelismus der optischen Axe des Fernrohres mit der Längsaxe des ganzen Instrumentes genügend genau erzielen. Schraubt man hierauf die Linse am Ständer 3 ein, und zeigt sie bei jeder Stellung jene Spalte in Uebereinstimmung mit dem Fadenkreuz des wieder auf die Unendlichkeit eingestellten Fernrohres, so ist man dieses Parallelismus noch besser für die Folge versichert und hat zugleich die richtige Stellung der Linse erkannt.

Nunmehr setzt man den Polarisator *P* ein und justirt ihn in seiner Fassung so, dass das von seiner Vorderfläche reflectirte Bild des beleuchteten Fadenkreuzes im Fernrohre — man stellt zu dem Ende vor der seitlichen Oeffnung des Oculares eine Kerzenflamme auf und bringt hinter dem Polarisator ein schwarzes Papier an — sich mit dem direct gesehenen Fadenkreuz deckt. Geschieht das auch bei einer Umdrehung des Polarisators zusammen mit seinem Kreise,

so ist auch diese Axe, wie verlangt, parallel der optischen Axe des Fernrohres; wenn nicht, muss der Ständer 2 corrigirt werden. Beim Hindurchsehen durch den Polarisator nach der centralen Lichtspalte soll jetzt auch, wenn dieser gut ist, keine erhebliche Verschiebung der letzteren durch Drehung des Polarisators um seine Axe erfolgen.

In gleicher Weise werden darauf auch die beiden Rhomboëder nach Auflegen auf ihre Träger in ihren Büchsen so justirt, dass ihre Endflächen auf der optischen Axe des Fernrohres, resp. der Sehaxe senkrecht stehen.

Das Rhomboëder *R* wird nun eingelegt, nachdem man die Linse bei 3 entfernt, die Schrauben seines vorderen Deckels etwas gelöst und auch den Zaum gelockert hat, und um seine Längsaxe solange gedreht, bis es von der etwas erweiterten Spalte zwei möglichst genau in der Senkrechten zu ihr resp. horizontal nebeneinander liegende Bilder gibt.¹⁾ Alsdann klemmt man Deckel und Zaum und kann so später das Rhomboëder immer wieder genau genug in dieselbe Lage beim Einlegen bringen, indem die eine der Deckelschrauben genau in eine Oeffnung der betreffenden Unterlage passt.

Bei geeigneter Stellung des Polarisators wird das Rhomboëder im Fernrohr zwei gleich helle neben einander liegende Bilder des verticalen Spaltes erzeugen, und man kann also dem Fernrohre die richtige Stellung für die Benutzung des Apparates als Photometer geben, wenn man es seitlich mit dem Schlitten *H* solange verschiebt, bis das Fadenkreuz auf die Mitte zwischen den beiden Bildern entsteht. Selbstverständlich muss man hierbei das Ocular wieder ausgezogen haben.

Man ersetzt hierauf das Spiegelocular durch dasjenige mit dem Nicol'schen Prisma und schiebt auch vor dem Objectiv die Savart'sche Doppelplatte mit ihrer Fassung - so ein, dass die Marken an dieser und am Rohre coincidiren. Der Verfertiger soll nämlich bereits das Polarisoskop so justirt haben, dass in diesem Falle die Polarisationssebene des Nicols,

1) Wenn man zugleich die horizontale Spectralspalte einschiebt, so lässt sich diese Justirung noch vollkommener erzielen. Dabei wird dann auch gleich die richtige Lage des Prismenapparates ein für alle mal durch Anbringung einer Marke zu fixiren sein.

welches durch einen seitlichen, in einem Schlitz sich bewegendem Stift in seiner Lage ebenfalls fixirt ist, unter 45° zum Hauptschnitte des Kalkspathes jener Doppelplatte geneigt ist.

Es soll weiterhin dieser Hauptschnitt auch unter 45° zum Hauptschnitte des Kalkspathrhomboëders R orientirt werden. Man öffnet zu dem Ende die Schieber σ und σ_1 vorn, sodass das ganze Gesichtsfeld hell wird, oder nimmt noch besser den ganzen Prismenapparat ab und stellt den Polarisator so, dass sich lebhaft gefärbte Fransen zeigen. Durch Drehen des Polariskopfernrohres um seine Axe können diese zum Verschwinden gebracht werden; dies ist der Fall, wenn die fraglichen beiden Hauptschnitte parallel sind. Eine Theilung an dem Ansatz n_1 in 45° und ein über n bei dieser Stellung herüber zu ziehender Strich erlaubt, das Polariskop genau genug um 45° zurück zu drehen und ihm damit die gewünschte Stellung zu geben, auf welche man es dann auch zu jeder Zeit mittelst der Marke wieder einstellen kann.

Die Justirung endlich des zweiten Rhomboëders für den Gebrauch des Instrumentes als Polarimeter kann am genauesten in folgender Weise erfolgen. Nach Entfernung des Prismenapparates richtet man ohne zweites Rhomboëder das Instrument nach einer gleichförmig beleuchteten Fläche, die natürliches Licht ausstrahlt, und stellt den Polarisator auf das Verschwinden der Farbfransen ein. Legt man jetzt das zweite Rhomboëder mit losem Deckel auf sein Lager, setzt den Prismenapparat vor und verengt die Lichteinlassungsöffnung 00 in der Fig. 2 entsprechenden Weise, so werden im Gesichtsfeld keine Farbfransen auftreten, wenn die Hauptschnitte beider Rhomboëder 180° miteinander einschliessen. Man hat also eventuell das zweite Rhomboëder um seine Axe nur solange zu drehen, bis die wieder erschienenen Farbfransen ausgelöscht sind, und alsdann den Deckel durch Anziehen der Schrauben zu fixiren, um auch für diesen Theil die normale Lage ein für alle mal bestimmt zu haben. Damit diese Justirung die Lage des Rhomboëders in anderer Beziehung nicht wesentlich verändere, hat man dasselbe schon gleich zu Anfang bei Justirung der Stellung seiner End-

flächen entsprechend wie das erste Rhomboëder nach den Bildern der Spectralspalte angenähert in die richtige Lage gebracht.

Es bedarf schliesslich kaum noch der Erwähnung, dass die bei Aufstellung der Gleichung (1) gemachte Voraussetzung einer gleich starken Absorption, resp. Reflexion des Lichtes der beiderlei Lichtquellen beim Durchgang durch den Prismenapparat und durch eine durchscheinende Platte vor ihm, resp. beim Reflex von einer weissen Fläche an ihrer Stelle, in Wirklichkeit nur annäherungsweise als erfüllt zu betrachten ist, dass man sich aber bei genauen Untersuchungen einfach durch Vertauschen der beiden Lichtquellen im Resultat davon unabhängig machen kann. Wo dies nicht angeht, kann man die Constante C , welche in diesem Falle auch noch diese unbekannte Relation einschliesst, wenigstens für die Dauer der augenblicklichen Versuche genau genug durch Hinrichten des Apparates nach einer ganz gleichmässig erleuchteten Fläche ($J^2 = J_1^2$) empirisch bestimmen. — Stehen die beiden zu untersuchenden Lichtquellen einander gegenüber, sodass man den Prismenapparat ohne die beiden äusseren Prismen F benutzt, so kann auch durch blosses Umkehren desselben um 180° der betreffende Fehler annähernd eliminiert werden. Hat man z. B. mattgeschliffenes Glas zur gleichförmigen Erleuchtung des Gesichtsfeldes als durchscheinende Schirme unmittelbar an den Eintrittsöffnungen des Prismenapparates fest angebracht, so wird überhaupt die Umkehr des letzteren um 180° den fraglichen Fehler ganz beseitigen.

VI. Untersuchungen über erzwungene Schwingungen von Platten; von Adolf Elsas.

(Hierzu Taf. II Fig. 1–49.)

II. Theil. Schwingungen quadratischer Platten.

Bei kreisförmigen Platten konnten und mussten die erzwungenen mit den freien Schwingungen, welche von der mathematischen Theorie in vollständiger Weise beschrieben

Elsas Fig. 1-49. Wild Fig. 50-51.