

Untersuchungen und Rechnungen über das Objectiv des grossen Refractors der Strassburger Sternwarte.

Von *Wilhelm Schur*.

Bei dem in den Astr. Nachr. Bd. 112 p. 173 von mir als dem damaligen stellvertretenden Director abgestatteten Bericht über die Thätigkeit der Strassburger Sternwarte habe ich eine ausführliche Darlegung einer Reihe von Untersuchungen und Rechnungen über das Objectiv des grossen Refractors in Aussicht gestellt. Wie bemerkt, wurde die vierfache Brennweite des Objectivs im Winter und im Sommer 1880 auf Anordnung des Herrn Professor Winnecke bestimmt, ferner hatte ich in den Jahren 1878 und 1879 die brechenden Winkel und die Brechungs-Exponenten zweier aus den Glasmassen der beiden Linsen hergestellter Prismen durch eine genaue Untersuchung am grossen Spectralapparat des physikalischen Instituts für die Fraunhofer'schen Linien *B* bis *H* für das Crownglas und für *B* bis *G* für das Flintglas ermittelt. Mit diesen Brechungsexponenten und den auf brieflicher Mittheilung von Herrn Director von Merz beruhenden Angaben über die Krümmungsradien und Dicken der beiden Linsen, nämlich

Crownglas:

$$r = +106.90 \text{ Pariser Zoll}$$

$$d = 1.4571 \text{ „}$$

$$\varrho = -107.19 \text{ „}$$

$$e = 0.00 \text{ „}$$

Flintglas:

$$r_1 = -109.45 \text{ Pariser Zoll}$$

$$d = 0.93 \text{ „}$$

$$\varrho_1 = -20396.5 \text{ „}$$

unternahm ich es im Frühjahr 1885, genau nach den Rechnungsvorschriften wie sie von Bessel in den Astronomischen Untersuchungen in ihrer Anwendung auf das Königsberger Heliometer gegeben sind, den Gang der Lichtstrahlen zu berechnen und die Brennweite abzuleiten und ferner diesen Rechnungen die Lage des optischen Mittelpunktes zu entnehmen und damit die directe Bestimmung der Brennweite zu reduciren und diese mit dem Ergebniss der berechneten Brennweite zu vergleichen. Zunächst rechnete ich die Vereinigungsweiten für die drei Linien *D*, *E* und *G* für parallele Strahlen, wobei sich herausstellte, dass dieselbe für die ersten beiden Linien bis auf einen Bruchtheil eines Millimeters dieselbe ist und in der Richtung nach *G* hin zunimmt, die beste Vereinigung also in der Gegend zwischen *D* und *C* stattfindet. Dies ist in Uebereinstimmung mit der Erscheinung des Auftretens eines violetten Halo's, der den Objectiven Fraunhofer'scher und Merz'scher Construction eigenthümlich ist und mit Anwendung einer Mittenzwey'schen Fluorescin-Zelle zum Verschwinden gebracht werden kann. (Siehe darüber meinen Bericht A. N. Bd. 109 p. 47, und Zeitschrift für Instrumentenkunde 1884 p. 317.) Sodann wurde für die *D*-Linie allein die Vereinigungsweite der Strahlen für vier verschiedene Abstände von der Axe und

die Brennweite für das ganze Objectiv sowie die Verbesserung der Vereinigungsweite für die Bestimmung der vierfachen Brennweite berechnet und letztere nach den Bessel'schen Vorschriften abgeleitet.

Ueber das Resultat dieser weitläufigen Rechnungen will ich nichts Weiteres mittheilen, als dass die aus den angewandten Constructionselementen des Objectivs berechnete Brennweite von etwa 6.9 Meter mit der beobachteten auf 0.6 Millimeter übereinstimmt. Ungeachtet dieses sehr befriedigenden Ergebnisses fand ich jedoch in den Vereinigungsweiten für die drei Strahlen *D*, *E* und *G* sowohl als auch in den Vereinigungsweiten für die Linie *D* allein bei Central- und Randstrahlen Unterschiede, die mir im Vergleich mit den Rechnungen von Bessel über das Objectiv des Königsberger Heliometers, natürlich mit Berücksichtigung der sehr verschiedenen Brennweiten dieser beiden Instrumente, etwas gross erschienen, während doch über die vorzügliche Qualität des Strassburger Objectivs nicht der geringste Zweifel obwaltet. Als ich Herrn Director von Merz eine Mittheilung über meine Rechnungen machte und ihn um seine Ansicht darüber bat, machte ich die betrübende Erfahrung, dass der grösste Theil meiner Arbeit vergeblich gewesen war. Director von Merz theilte mir nämlich freundlichst mit, dass erst als das Objectiv bereits nach Strassburg abgesandt worden war, Prof. Winnecke das Ersuchen um Mittheilung der Radien stellte, dass aber deren Constaturung nur mehr aus den vorhandenen theilweise selbst schon defecten Schleifschalen möglich war und dass die von mir gefundenen Abweichungen sich aus dem Umstande erklären, dass die Linsen des Objectivs zum Oeftern den Process der Ramollirung durchmachen mussten, wobei ein Feuer von mindestens 600° R zweifellos eine constante Verschiebung zur Folge hatte. Ferner hatte sich bei der Mittheilung eines der Radien wahrscheinlich ein Fehler eingeschlichen, indem für das Flintglas —108.156 anstatt —109.45 zu nehmen sei, indess brachte der abgeänderte Werth so grosse Fehler in die Rechnung und in den Unterschied der berechneten und der beobachteten Brennweite, dass ich doch glaube, an dem Werthe, mit welchem ich die erstere Rechnung durchgeführt habe, festhalten zu müssen.

Wenn nun auch durch den Umstand, dass die Radien nicht dem fertigen Objectiv entnommen sind, meine Rechnungen gegenstandslos geworden sind, so haben sich doch bei diesen Untersuchungen Resultate ergeben, deren Mittheilung einiges Interesse haben möchte, z. B. die Bestimmung der Brechungs-Exponenten der beiden Prismen und deren Darstellung durch die Formel von Cauchy mit Anwendung der neuesten Bestimmung der Wellenlängen nach Müller und Kempf (Publ. des Astrophysikal. Observ. Potsdam Bd. V pag. 147.)

Für das Crownglas betrug der brechende Winkel nach meinen Messungen 59° 49' 56".9 und für das Flintglas 60° 2' 59".9 und die Grundlagen der Rechnung sind:

	Crownglas mittlere Temp. +10° C	Flintglas mittlere Temp. +6° C	Wellenlängen nach Müller u. Kempf	Nr. des Verzeichnisses
B	$N = 1.514980$	$N = 1.630018$	0.686853	1
C	1.515960	1.631926	0.656314	10
D	1.518575	1.637159	0.589324	72,73
E	1.521922	1.644095	0.527023	143,144
F	1.524837	1.650370	0.486164	202
G	1.530239	1.662553	0.430825	268
H	1.534905	—	0.395152	295,297

Die Ausgleichung nach der Formel von Cauchy $N^2 = x + y\lambda^{-2} + z\lambda^{-4}$ ergab für das Crownglas

$$N^2 = +2.265206 + 0.01417312\lambda^{-2}$$

denn der Coefficient von λ^{-4} lässt sich in der siebenstelligen Rechnung nicht mehr verbürgen und ist daher vernachlässigt. Die Darstellung der Werthe für N in Einheiten der sechsten Decimale ist

	B	C	D	E	F	G	H
B—R	—28	+8	+18	+4	—14	+18	—14

während der aus den Messungen der Winkel folgende wahrscheinliche Fehler eines der Exponenten im Durchschnitt 8 Einheiten beträgt.

Für das Flintglas giebt die Ausgleichung

$$N^2 = +2.598308 + 0.02575211\lambda^{-2} + 0.00092876\lambda^{-4}$$

und die Darstellung in den Werthen von N

	B	C	D	E	F	G
B—R	—33	+22	+41	—4	—51	+22

während der wahrscheinliche Fehler eines N im Durchschnitt 10 Einheiten beträgt.

Die übrig bleibenden Fehler in den Brechungs-Exponenten sind bedeutend geringer als die Abweichungen gegen eine Bestimmung derselben Grössen durch Herrn Director von Merz.

Bei der Bestimmung der vierfachen Brennweite im Jahre

1880 waren im Meridiangebäude der Sternwarte, nahe der Ostwand des Meridiansaales und der Westwand des südlichen Arbeitszimmers Lothe an feinen Silberdrähten aufgehängt, deren Entfernung durch eine Basismessung auf dem Fussboden der drei neben einander liegenden und durch Flügelthüren mit einander verbundenen Räumlichkeiten, nämlich Meridiansaal, Passagensaal und Arbeitszimmer, ermittelt wurde. Zu diesem Zwecke wurde in der Richtung der beiden Lothe ein zum Hipp'schen Chronographen gehöriger Papierstreifen mit Heftstiften auf dem Fussboden befestigt, darauf mit einer feinen Nadel eine Reihe von Punkten bezeichnet und deren Abstand von nahezu einem Meter mit Hülfe eines Meter-Comparators des physikalischen Instituts wiederholt gemessen; die Projection der Lothfäden wurde mit Hülfe eines kleinen gebrochenen Passagen-Instruments ermittelt. Das Objectiv war auf einem eisernen vierrädrigen Wagen befestigt, der auf einem langen Tische im Passagensaal nach der einen und der anderen Seite der Mittellage hin und her gefahren werden konnte, damit dem Beobachter an einem der Lothe in einem auf letzteres gerichteten Ocular auch das Bild des anderen Lothes deutlich erschien. Diese Untersuchungen (Beobachter Winnecke, Schur und Hartwig) haben zu folgendem Ergebnisse geführt, wobei E die jedesmalige Entfernung der Lothe, e die Entfernung der beiden Stellungen des Objectivs, x die Entfernung der beiden optischen Mittelpunkte des Objectivs = 23.305 mm und

$$(E) = E - \frac{e^2}{E-x}$$

1880	E	Beob.	e	Temp. C	$\frac{e^2}{E-x}$	(E)	Mittel
Febr. 5	27698.99 mm	W	574.8 mm	— 2.9	11.94 mm	27687.1 mm	27687.5 mm
		S	534.2 »		10.31 »	88.7 »	
		H	583.3 »		12.29 »	86.7 »	
» 6	27694.26 »	W	541.0 »	— 3.0	10.58 »	27683.7 »	27685.0 »
		S	388.5 »		5.45 »	88.8 »	
		H	572.8 »		11.86 »	82.4 »	
» 7	27689.66 »	W	430.5 »	— 3.8	6.70 »	27683.0 »	27684.6 »
		S	346.5 »		4.34 »	85.3 »	
		H	336.0 »		4.09 »	85.6 »	
Juli 17	27765.60 »	W	983 »	+25.2	34.81 »	27730.8 »	27726.2 »
		S	1115 »		44.79 »	20.8 »	
		H	1034 »		38.52 »	27.1 »	
» 18	27762.88 »	W	983 »	+25.0	34.83 »	27728.1 »	27726.1 »
		S	1052 »		39.89 »	23.0 »	
		H	995 »		35.69 »	27.2 »	

1880	E	Beob.	e	Temp. C	$\frac{e^2}{E-\alpha}$	(E)	Mittel
Juli 19	27754.27 mm	W	904 mm	+24.6	29.46 mm	27724.8 mm	27722.8 mm
		S	982 „		34.77 „	19.5 „	
		H	913 „		30.06 „	24.2 „	
„ 20	27740.17 „	W	625 „	+23.4	14.09 „	27726.1 „	27724.8 „
		S	717 „		18.55 „	21.6 „	
		H	613 „		13.56 „	26.6 „	

Mittelwerthe: bei -3.2°C (E) = 27685.70 mm, bei $+24.6^\circ \text{C}$ (E) = 27725.00 mm

Für die D -Linie beträgt nach meinen Rechnungen die Reduction von (E) , d. i. der von dem Loth ausgehenden Strahlen auf parallele Strahlen $\Delta(E) = +57.80$ mm und die definitive Brennweite nach den Bessel'schen Rechnungsmethoden

$$F = \frac{f_2}{f + \frac{1}{4}\alpha} \frac{1}{4} [(E) + \Delta(E)] = \frac{6916.74}{6941.37} \frac{1}{4} [(E) + 57.80]$$

so ist demnach die Brennweite des Objectivs

$$F = 6911.27 \text{ mm bei } -3.2^\circ \text{C}$$

$$6921.05 \text{ „ „ } +24.6^\circ \text{C}$$

oder für eine mittlere Temperatur von $+10.7^\circ \text{C}$

$$F = 6916.16 \text{ mm.}$$

Die aus den Krümmungsradien und den Brechungs-Exponenten gerechnete Brennweite 6916.74 mm stimmt sehr

$$\left. \begin{array}{l} \text{aus Sternbeobachtungen bei } -1.2^\circ \text{C} = 22.5819, \text{ also für } +10^\circ \text{C } 22.5738 \\ \text{„ „ „ } +19.8^\circ \text{C} = 22.5645 \\ \text{aus linearen Messungen bei } -3.2^\circ \text{C} = 22.6299 \text{ „ „ „ } 22.6180 \\ \text{„ „ „ } +24.6^\circ \text{C} = 22.6048 \end{array} \right\} \text{Mittel } 22.596$$

und der Unterschied im Schraubenwerth ist für 1°C Temperaturerhöhung

nach Sternbeobachtungen -0.00083 , nach linearen Abmessungen -0.00090 .

Göttingen 1888 Mai.

Wilhelm Schur.

Notiz betreffend den Stern SD. -7.3887 .

Gelegentlich der Beobachtung des Planeten (53) Kalypso am hiesigen Refractor von $9\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung vermisste ich 1888 April 12 den Stern

$$\text{SD. } -7.3887 \text{ } 9^m.5 \text{ (1855.0): } \alpha = 14^h 33^m 41.6^s \text{ } \delta = -7.20.3.$$

Es war auch kein schwächerer Stern an der Stelle sichtbar.

Hamburg 1888 Mai 12.

W. Luther.

Zusatz. Herr Geh. Rath *Schönfeld* bemerkt zu diesem Sterne: Der von Herrn Dr. Luther vermisste Stern -7.3887 ist insofern etwas anrätlich, als er zu den wenigen gehört, die, in der Südlichen Durchmusterung nur einmal beobachtet, als durch eine ältere Beobachtung von Thormann, ohne Einzelrevision, constatirt betrachtet worden sind (Einleitung zu BB. 8, S. [15]). An sich scheinen aber die beiden Beobachtungen:

$$\begin{array}{llll} \text{Thormann Z. 141} & 1853 \text{ Mai 4} & 9^m.5 & 14^h 33^m 44.7^s - 7.20.1 \\ \text{Sch. SD. Z. 514} & 1880 \text{ März 22} & 9.5 & 41.6 \quad 20.3 \end{array}$$

sicher, und namentlich die letztere einer andern Deutung nicht fähig zu sein. Was Thormann's AR. anlangt, so ist seine Zone in dieser Gegend öfters mit positiven Fehlern von einigen Secunden behaftet. Der Theilstrich des Mikrometers, der bei der Berechnung $+5.4$ angenommen ist, hat einen etwas ungewöhnlichen Ansatz, als könne die Zahl auch $+5.9$ heissen (Decl. $-7.16.2$). Da aber zu den verschiedensten Zeiten Argelander, Deichmüller und ich unbefangen und unabhängig von einander $+5.4$ gelesen haben, und ich auch jetzt noch so lese, so ist mir die andere Lesart ganz unwahrscheinlich.

Die Zone, in welcher der Stern fehlt, ist SD. Z. 188 1877 Mai 19. Sein Fehlen in Z. 378 1879 Mai 22, wo er das Mikrometer ganz am Rande des Feldes, in -11.4 , passirt haben müsste, ist nicht auffällig.