

## Ueber Messung von Doppelsternen durch Interferenzen.

Von Karl Schwarzschild.

Herr Michelson hat in den Memoirs of the National Academy of Science, Washington 1891, den Vorschlag gemacht, vor dem Objectiv eines Fernrohrs eine Scheibe mit zwei parallelen gegeneinander beweglichen Spalten anzubringen und die hierbei entstehenden Interferenzerscheinungen zur Messung kleiner Durchmesser und Distanzen anzuwenden. Auch hat er selbst diese Methode mit Erfolg zur Ausmessung der Jupitertrabanten benutzt. Bei Gelegenheit eines Referates über Herrn Michelson's Verfahren, zu dem der Verfasser von Herrn Prof. Seeliger veranlasst wurde, entstand der Gedanke, Michelson's zwei Spalten durch eine grössere Anzahl aequidistanter Spalten zu ersetzen und, statt das Verschwinden und Wiedererscheinen von Interferenzstreifen beobachten zu müssen, die einfache Vorrichtung in ein wirkliches Doppelbild- oder genauer Vielbildmikrometer zu verwandeln.

Ein auf Glas eingeritztes, aus parallelen Strichen bestehendes Gitter, wie es in Spectralapparaten verwandt wird, erzeugt bekanntlich von einer punktförmigen homogenen Lichtquelle eine Reihe von Bildern, deren Winkelabstand von dem ungebogenen Mittelbild für die Wellenlänge  $\lambda$  und den Abstand der einzelnen Striche  $d$  durch die Gleichung:

$$\sin \alpha = \frac{\lambda \cdot n}{d} \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (1)$$

bestimmt wird. Benutzt man Tageslicht, so bleibt nur das Mittelbild scharf und weiss, während die seitlichen Bilder in mehr und mehr gedehnte Spectren übergehen. Wenn man sich nun ein Gitter in viel grösserem Maassstabe herstellt, indem man etwa aus einem Carton in 10 mm Abstand 3 mm breite parallele Spalten ausschneidet, so erhält man für die Wellenlänge  $\lambda = 570 \mu\mu$ , welche der hellsten Stelle des Spectrums entspricht, die Winkelabstände

$$\alpha = 11''8; 23''5; 35''3 \dots$$

sodass das unbewaffnete Auge die Bilder nicht trennen kann. Befestigt man aber das Gitter vor einem Fernrohr und richtet dieses auf einen Stern, so erscheinen im Gesichtsfeld rechts und links von einem farblosen Mittelbild lauter kleine Spectren, wie es Fig. 2 andeutet. Die Dispersion der ersten Spectren neben dem Mittelbild ist aber nicht merklich, vielmehr erhält man den Eindruck von drei scharfen aequidistanten Sternbildern, an die sich erst weiterhin mehr und mehr gefärbte anschliessen.

Es handelt sich darum, diese drei Sternbilder gegeneinander beweglich zu machen, was offenbar erreicht wäre, wenn man die Distanz  $d$  der einzelnen Spalten in dem vor dem Objectiv angebrachten Gitter ändern könnte. Durch eine Schraubvorrichtung liesse sich dies kaum bewerkstelligen, weil die Distanzen der verschiedenen Spalten sich gleichzeitig im selben Verhältniss ändern müssen; doch giebt es einen einfachen Ausweg. Hält man nämlich das Gitter schräg vor das Objectiv, sodass seine Ebene einen Winkel  $\beta$  mit der Fernrohraxe macht, so erscheint der Abstand der Spalten, wenn man aus sehr grosser Entfernung längs der Fernrohraxe auf das Gitter blickt, durch die perspectivische Verkürzung auf die Grösse  $d' = d \sin \beta$  reducirt, und, wie man sich leicht überzeugt, bildet sich die ganze Interferenzerscheinung so aus, als ob sich die Spalten im Abstand  $d'$  befänden. Man hat also nur das Gitter auf ein Gestell aufzusetzen, welches dasselbe schräg zur Fernrohraxe

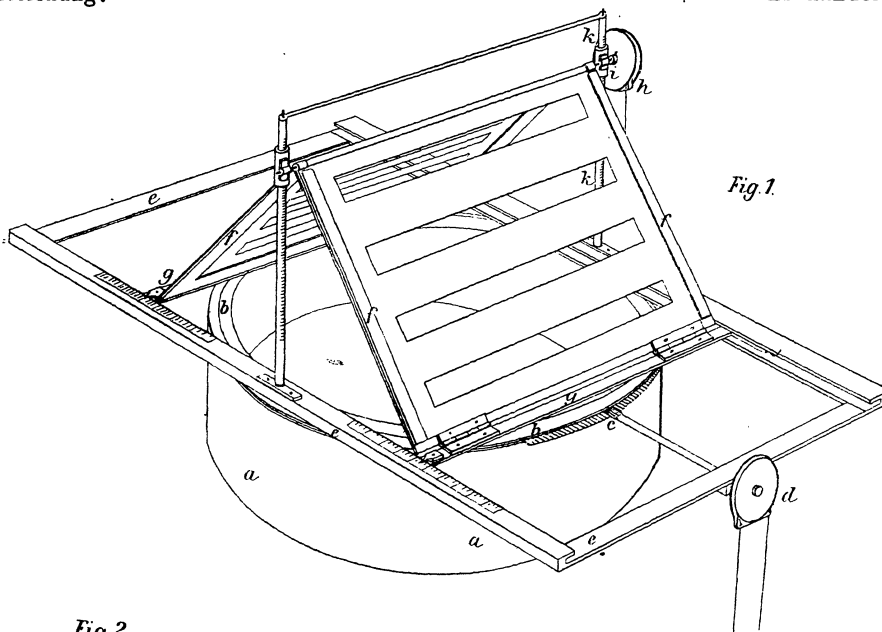


Fig. 1.

Fig. 2.



zu stellen und zugleich den Winkel  $\beta$  oder die verkürzte Distanz  $d'$  zu messen gestattet, um im Fernrohr eine Reihe gegen einander verschiebbarer Bilder zu erhalten, mit denen man auf dieselbe Art, wie bei andern Doppelbildmikrometern, Messungen ausführen kann.

Herr Prof. Seeliger hatte die Güte, mir zu einem Versuch dieser Methode die Benützung des 10-Zöllers der hiesigen Sternwarte zu gestatten und durch Herrn Mechaniker Sendtner die nöthige Einrichtung anfertigen zu lassen, wofür ich ihm meinen wärmsten Dank ausspreche.

Nachdem die Mündungskappe von dem Instrument abgenommen war, wurde um die Objectivfassung ein eiserner Ring  $a$  (Fig. 1) festgeklemmt, dessen vorderer Rand gezahnt war. Auf diesen festen Ring wurde ein beweglicher Ring  $b$  aufgesetzt, der mittelst des Triebs  $c$ , der in der Zahnung des festen Rings lief, und des Schnurlaufs  $d$  vom Ocular aus im Positionswinkel gedreht werden konnte. Auf dem drehbaren Ring befand sich ein 55 cm langer, 30 cm breiter Stahlrahmen  $e$ . Statt nun auf diesen ein einfaches Gitter aufzulegen, das dann rechts oder links hätte in die Höhe gehoben werden müssen, wurden zwei kleinere Rahmen  $f$ , 28 cm hoch, 25 cm lang angefertigt, die in der Mitte durch Scharniere verbunden waren und von denen jeder ein besonderes Gitter aufnahm. An der äusseren Seite waren diese Rahmen durch Scharniere an die Schlitten  $g$  befestigt, die sich auf dem grossen Rahmen in der Längsrichtung verschieben konnten. Fasste man nun die kleinen Rahmen da, wo sie miteinander vereinigt waren, und hob sie hier vom Objectiv weg in die Höhe, so mussten ihre äusseren Seiten, die durch die Schlittenführung auf dem Rahmen  $e$  liegen zu bleiben gezwungen waren, näher aneinanderrücken und die kleinen Rahmen, die die Gitter trugen, sich schief stellen, womit die gewünschte perspectivische Verkürzung erreicht war. Die Hebung der Rahmen wurde, gleichfalls vom Ocular aus, mittelst des Schnurlaufs  $h$  und des Triebs  $i$ , der an der Zahnstange  $k$  wirkte, bewerkstelligt. Das ganze Instrument war so leicht, dass es zur Balancirung noch eines Zusatzgewichtes am Objectiv bedurfte.

An den Langseiten des grossen Rahmens befanden sich Millimetertheilungen, auf welchen man die Entfernung  $q$  des Punktes, wo einer der kleinen Rahmen auf den grossen auftraf, also die verkürzte Länge dieser Rahmen ablesen konnte. Nennt man die wahre Länge eines kleinen Rahmens  $Q$ , so ist eine Verkürzung im Verhältniss  $\frac{q}{Q}$  eingetreten. Die gleiche Verkürzung erfährt aber auch der Spaltabstand  $d$ , er wird auf die Grösse  $d \cdot \frac{q}{Q}$  reducirt, und man erhält für den Winkel zwischen zwei benachbarten Sternbildern im Fernrohr:

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{Q}{q} \quad \alpha = \left( \frac{\lambda \cdot Q}{d \sin 1''} \right) \cdot \frac{1}{q} \quad (2)$$

In dieser Formel könnte man höchstens über den anzuwendenden Werth von  $\lambda$  ungewiss sein. Wahrscheinlich ist es von vornherein, dass man als Mittelpunkt eines wenig spectralen Sternbildes die physiologisch hellste Stelle des Spectrums im Gelben ( $\lambda = 570 \mu\mu$ ) auffassen wird. Zur

Prüfung haben Herr Villiger, der so freundlich war, an den Beobachtungen Theil zu nehmen, und ich für bestimmte Stellungen der Rahmen und verschiedene Sterne die Distanzen der Sternbilder mit dem Fadennikrometer des Instruments ausgemessen und aus je 100 Einstellungen die Werthe:

$$\begin{array}{ll} \text{Villiger: } \lambda = 570.1 \mu\mu & \text{Wahrsch. F.} = \pm 3.3 \mu\mu \\ \text{Schwarzschild: } \lambda = 569.5 \mu\mu & \text{» } \text{»} = \pm 1.8 \mu\mu \end{array}$$

erhalten, denen ich die Berechtigung entnehme, den Werth  $\lambda = 570 \mu\mu$  zur Reduction der Beobachtungen zu verwenden. Die Beobachtung sehr tief stehender oder auffällig gefärbter Objecte wird man freilich vermeiden müssen, weil man für diese über die Wahl von  $\lambda$  im Zweifel bleibt.

Die kleinen Rahmen konnten so schräg gestellt werden, dass  $q = \frac{1}{3} Q$  wurde. Um aber die bei sehr schiefer Stellung hervortretenden Einflüsse kleiner Verbiegungen in den aus Carton ausgeschnittenen und durch aufgeleimte Holzleisten gefestigten Gittern zu vermeiden, wurde bei den Beobachtungen nur bis  $q = \frac{1}{2} Q$  gegangen. Die Spaltabstände und die nach dieser Einschränkung herstellbaren Abstände der Sternbilder für die drei verwendeten Gitter waren folgende:

Gitter	Spaltabstand	$\alpha$
I	70 mm	1"7—3"4
II	40 »	2.9—5.9
III	24 »	4.9—9.8.

Bei der Anfertigung der Gitter galt es noch, die Breite der einzelnen Spalten im richtigen Verhältniss zu ihrem gegenseitigen Abstand zu wählen. Wenn die Spalten unendlich schmal sind, so wird von einer homogenen Lichtquelle eine unendliche Reihe gleichmässig heller Bilder erzeugt. Macht man die Spalten breiter, so wird nicht nur die Gesamtmasse des ins Fernrohr gelangenden Lichts grösser, sondern die Lichtmasse concentrirt sich auch mehr auf die mittleren, der Beobachtung zu unterwerfenden Bilder, wie ja im Grenzfall, wenn die Spaltbreite gleich dem (von Spaltmitte zu Spaltmitte gerechneten) Spaltabstand wird und das Gitter in eine zusammenhängende Oeffnung übergeht, die seitlichen Bilder ganz verschwinden und das eine ungebeugte Mittelbild alles Licht in sich vereinigt. Man wird also praktisch die Spaltbreite so lange vergrössern, bis die ersten Bilder rechts und links vom Mittelbild merklich schwächer als dieses selbst zu werden anfangen, sodass weitere Schwächung die Beobachtung erschweren würde oder systematische Fehler befürchten liesse. Versuche ergaben als beste Spaltbreite ein Drittel des Spaltabstandes.

Die Beobachtungen selbst gingen folgendermaassen von statten. Wenn die geeigneten Gitter in die zu diesem Zweck mit Führungsleisten versehenen kleinen Rahmen eingesetzt und ein Doppelstern ins Gesichtsfeld gebracht war, sah man zwei parallele Reihen von Sternbildern, die eine vom Hauptstern, die andere vom Begleiter herrührend. Durch Drehen des ganzen Gittersystems im Positionswinkel konnten die Reihen in eine einzige punktirte Lichtlinie verwandelt werden; dieser Linie wurde dann ein Faden des Ocularmikrometers parallel gestellt, was sich bei der Länge der Linie sehr scharf ausführen liess, und der Positionskreis des

Mikrometers abgelesen. Hierauf wurden die kleinen Rahmen solange gehoben, bis ein Bild des Begleiters genau in der Mitte zweier Bilder des Hauptsterns erschien, dann das Objectiv heruntergeführt und am Apparat der Betrag der Grösse  $g$  abgelesen. Nun liess sich nach (2) der Abstand  $\alpha$  zweier Bilder des Hauptsterns berechnen, welcher die doppelte Distanz des Paares darstellte.

Auf diese Weise sind folgende Beobachtungen entstanden. Unter der Bezeichnung des Sterns findet man der Reihe nach Beobachtungszeit, Positionswinkel, Distanz, Anzahl der Einzeleinstellungen, auf denen beide beruhen, und Name des Beobachters.

$\gamma$  Leonis.  $\Sigma 1424$ .

1895.409	25°4	3'65	6,5	S
.452	26.5	3.73	5,5	S
.430	25.9	3.69		
1895.409	25.0	3.59	4,4	V
.452	25.4	3.45	3,3	V
.430	25.2	3.52		

$\xi$  Urs. maj.  $\Sigma 1523$ .

1895.436	177.2	1.78	5,5	S
.487	175.4	1.82	5,5	S
.462	176.3	1.80		
1895.436	176.1	1.72	5,5	V
.487	174.9	1.84	5,5	V
.462	175.5	1.78		

$\varepsilon$  Bootis.  $\Sigma 1878$ .

1895.404	—	2.98	0,11	S
.487	325.4	2.87	5,5	S
.515	324.2	2.84	5,5	S
.537	327.9	2.94	4,4	S
.510	325.8	—		
.486	—	2.91		
1895.404	—	2.97	0,6	V
.487	328.0	2.79	5,5	V
.515	328.2	2.97	5,5	V
.537	325.8	2.97	4,4	V
.510	327.3	—		
.486	—	2.92		

Anon. Bootis.  $O\Sigma 288$ .

1895.487	193.6	1.63	2,1	S
.515	192.9	1.57	4,4	S
.630	195.4	1.63	3,2	S
.641	192.3	1.58	4,4	S
.568	193.5	1.60		
1895.487	193.1	1.48	3,3	V
.515	193.5	1.58	3,4	V
.501	193.3	1.53		

$\xi$  Scorpionis.  $\Sigma 1998$ .

1895.412	214°4	0'92	5,5	S
1895.412	213.5	0'91	4,4	V

$\iota$  Coronae.  $\Sigma 1932$ .

1895.515	320.6	0.90	2,2	S
.633	323.9	0.85	2,1	S
.574	322.2	0.88		
1895.515	321.7	0.86	2,2	V

$\sigma$  Coronae.  $\Sigma 2032$ .

1895.461	209.4	4.22	3,1	S
.622	209.9	4.25	4,4	S
.639	210.3	4.35	3,3	S
.655	210.1	4.19	3,3	S
.594	209.9	4.25		

$\lambda$  Ophiuchi.  $\Sigma 2055$ .

1895.412	50.7	1.35	1,2	S
.461	55.7	1.26	2,2	S
.630	51.5	1.35	3,3	S
.633	49.2	1.31	3,3	S
.534	51.8	1.32		

$\tau$  Ophiuchi.  $\Sigma 2262$ .

1895.409	254.4	1.86	5,5	S
.628	251.5	1.87	4,4	S
.633	252.2	1.95	3,2	S
.639	253.8	2.04	4,4	S
.641	255.0	2.00	4,4	S
.590	253.4	1.94		

$\rho$  Ophiuchi.  $\Sigma 2272$ .

1895.515	298.4	2.30	3,4	S
.622	295.2	2.36	4,4	S
.633	298.2	2.42	3,3	S
.639	296.3	2.32	5,4	S
.602	297.0	2.35		
1895.515	298.8	2.43	3,3	V

$\varepsilon^1$  Lyrae.  $\Sigma 2382$ .

1895.404	—	3.04	0,5	S
.461	15.0	3.06	5,5	S
.639	11.3	3.14	4,4	S
.641	12.6	3.21	2,2	S
.644	12.7	3.06	4,4	S
.558	—	3.10		
.596	12.9	—		
1895.461	16.7	2.96	5,5	V

$\epsilon^2$ Lyrae. $\Sigma 2383$ .				
1895.404	—	2.28	0, 10	S
.461	130.3	2.28	4, 3	S
.639	132.2	2.33	4, 4	S
.641	132.3	2.36	3, 3	S
<hr/>				
.536	—	2.31		
.580	131.6	—		
<hr/>				
1895.404	—	2.20	0, 5	V
.461	130.1	2.23	5, 1	V
<hr/>				
.432	130.1	2.22		
<hr/>				
$\mu$ Cygni. $\Sigma 2822$ .				
1895.639	123.4	2.76	4, 4	S
.645	123.3	2.88	3, 3	S
.656	121.5	2.71	3, 3	S
.674	121.4	2.83	4, 4	S
<hr/>				
.654	122.4	2.80		

Aus der Vergleichung der Einstellungen jedes Abends fand sich der wahrscheinliche Fehler einer Einstellung:

Villiger.		
Distanz	W. F. in Distanz	in Positionsw.
1"7	0"019	0"026
3.1	0.054	0.032
Schwarzschild.		
Distanz	W. F. in Distanz	in Positionsw.
1"7	0"033	0"041
3.1	0.076	0.050

München 1895 Nov. 17.

Diesen namentlich für Herrn Villiger sehr kleinen Fehlern entspricht allerdings keine so grosse Uebereinstimmung der verschiedenen Abendmittel. Die Vergleichung ergibt nämlich im Durchschnitt aus allen Beobachtungen für mich den wahrscheinlichen Fehler des Abendmittels:

Distanz	W. F. in Distanz	in Positionswinkel
2"3	0"050	0"052

Doch auch diese Genauigkeit würde sich mit dem Fadennikrometer am selben Instrument kaum erreichen lassen. Aus einer Vergleichung mit andern Beobachtungen konnte bei der raschen Bewegung der meisten Paare nur der Schluss gezogen werden, dass keine auffällig grossen systematischen Abweichungen vorhanden sind.

Dem Vortheil grösserer Genauigkeit steht als wesentlicher Nachtheil der Methode die geringe Anwendbarkeit gegenüber. Sobald die Distanz mehr als 5" betrug, machte sich schon die Färbung der ersten Bilder bemerklich. Da ferner die Gitter auch in der schrägsten benutzten Stellung das ganze Objectiv bedeckten, war zwar ein Drittel des Objectivs frei, doch da sich das Licht auf viele Bilder vertheilt, wurde die Schwächung so bedeutend, dass es sich als unmöglich herausstellte, Paare mit Begleiter unter 7.0 Grösse zu messen.

Vielleicht sehen sich Besitzer grösserer Instrumente, für die dieser Nachtheil zurücktritt, bei der Einfachheit der Einrichtung, die durchaus keiner sorgfältigen Ausführung bedarf, zu einem weiteren Versuch veranlasst.

Karl Schwarzschild.

## Ueber die am 15. Juli und am 30. September 1895 beobachteten Protuberanzerscheinungen.

Von F. Fényi, S. J.

Die Erscheinung vom 15. Juli ist bemerkenswerth durch die ungeheuer grosse Bewegung im Visionsradius; sie erreichte 858 km in der Secunde; die zweite Erscheinung ist ausgezeichnet durch die enorme Höhe, zu welcher sich die Protuberanz erhob und durch die grosse Geschwindigkeit des Ansteigens. Sie erreichte die Höhe von 11' 28" mit einer mittleren Geschwindigkeit von 448 km in der Secunde.

Am 15. Juli 7<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> m. Z. Gr. \*) stand unter der Position 272° 34' bis 261° 38' eine sehr zart geformte Protuberanz von 60" Höhe; dies ergibt die heliographische Breite —1° 14' bis —12° 10' am westlichen Rande der Sonne. Eine beträchtliche Gruppe von Sonnenflecken war gerade an dieser Stelle daran den Sonnenrand zu überschreiten (Fig. 1). Die den Eruptionsstellen eigenthümliche Linie 6677 war die



Fig. 1

ganze Basis entlang sehr hell sichtbar. Die lebhafteste Thätigkeit verrieth sich bei 266°, wo 7<sup>h</sup> 24<sup>m</sup> die Ha, nach älterer Bezeichnung die C-Linie, sehr verdickt erschien, entsprechend einer Bewegungsdifferenz von 138 km; daselbst war auch in der Linie 6677 eine kleine Protuberanz zu sehen. Um 7<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> verrieth sich in geringer Höhe sehr grosse Bewegung im Visionsradius, welche mit dem Fadennikrometer gemessen 324 km Geschwindigkeit von uns weg ergab; an der Basis zeigten sich zugleich zwei kegelförmige Verschiebungen der Ha, welche in 6677 nicht zu sehen waren. Während der eben ausgeführten Messungen der Verschiebungen des Spectrallichtes, änderte sich die Form der Protuberanz ausserordentlich schnell; Fig. 2 wurde um 7<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> gezeichnet; noch viel schneller änderten sich die durch Verschiebung sich darbietenden Formen, die, wenn die bewegten



Fig. 2

\*) Die Zeitangaben bedeuten überall mittlere Zeit von Greenwich, jedoch von Mitternacht an gerechnet. Der hier bezeichnete Moment wäre also astronomisch: 14. Juli 19<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> m. Z. Gr.