Photographisch effektive Wellenlängen für einige Spiralnebel und Sternhaufen.

Von K. Lundmark und B. Lindblad.

Die vor allem in den Arbeiten von *Hertzsprung*¹⁾ und *Bergstrand*²⁾ dargelegte Farbenbestimmungsmethode, welche in der Ausmessung der photographisch effektiven Wellenlängen in Gitterspektren besteht, ist, soweit uns bekannt, bisher nur auf punktförmige Objekte, Fixsterne und Planeten-
trabanten, angewandt worden. Es steht jedoch nichts im Wege, diese Methode auch auf cölestische Gegenstände anzuwenden, welche eine deutliche Fläche zeigen, vorausgesetzt, daß diese genügend klein ist, damit die Spektren erster Ordnung und das Zentralbild einander nicht verdecken. Die Spektren erster Ordnung werden bei genügender Expositionszeit mit dem Zentralbild nahezu kongruent, bei zunehmender Bildstärke aber etwas verlängert. Die effektive Wellenlänge wird durch Ausmessung des Abstandes zwischen den beiden Spektren berechnet, wobei man bei der Einstellung das Prinzip verfolgt, die geschwärzte Fläche zu halbieren.

In dieser Untersuchung haben wir uns hauptsächlich den Spiralnebeln zugewendet. Da es mit bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft sein dürfte, für diese Objekte den Farbenindex in üblicher Weise abzuleiten, scheint es, als würde hier die Methode der effektiven Wellenlängen eine relativ große Bedeutung bekommen können. Selbstverständlich sind für verschiedene Objekte verschiedene Instrumente erforderlich. Die Bilder dürfen nicht zu groß und diffus sein; in dieser Untersuchung unterscheiden sie sich in einigen Fällen nicht viel von Bildern von gewöhnlichen Sternen, während einige eine bedeutende Fläche aufweisen, wie z. B. M 5 und M 82. Das benutzte Instrument ist ein mit 2 Zeißschen Triplet-Objektiven versehener Astrograph des Observatoriums zu Upsala (Öffnung 15 cm, Brennweite 150 cm). Ein Drahtgitter, dessen Drähte in Richtung der Rektaszension gezogen sind, wird vor dem einen Objektiv (Nr. I) angebracht (Gitterkonstante $c = 1.3422$ mm), mit dem anderen Objektiv wurde eine Platte ohne Gitter aufgenommen. Plattensorte Imperial S. S., Emulsion 9220 A, Speed N. 275. Die Platten wurden in 3-4 % Rodinal entwickelt. Die Messungen wurden von uns beiden unter Benutzung des Repsoldschen Meßapparates ausgeführt.³⁾

Die Verwendbarkeit des Astrographen zur Bestimmung der effektiven Wellenlängen wurde von *Bergstrand* und *Lindblad*⁴⁾ untersucht, und der Versuch fiel im großen und ganzen ermutigend aus. Es blieb zwar noch ein Zweifel über die Zweckdienlichkeit des Instrumentes für sehr schwache Bilder bestehen. Inzwischen wurden aber die Objektive durch Korrektur in der Stellung ihrer mittleren Linse etwas geändert, um die bestmöglichen Bilder über einen möglichst großen

Teil des Feldes zustande zu bringen. Es scheint, als ob diese Veränderung auch zum Vorteil für die Verwendbarkeit des Instrumentes zur Bestimmung der effektiven Wellenlänge gewesen sei. Da es sich hier um sehr schwache Bilder handelt, ist das sogen. photographische Purkinje-Phänomen, d. h. die Abhängigkeit der effektiven Wellenlänge von der Bildstärke, von großer Bedeutung. Für die Refraktoren spielt hier die Achromasie eine große Rolle. Bei der verwendeten Fokaleinstellung werden die Wellenlängen $400 \mu\mu$ und $443 \mu\mu$ vereinigt, während die effektive mittlere Wellenlänge ungefähr bei $\lambda = 424 \mu\mu$ liegt, demnach ziemlich zentral. Das Spektrum, das man von einem Stern bei kurzer Expositionszeit erhält, ist anfangs nahezu rektangulär, um bei längerer Belichtung in eine mehr und mehr elliptische, bisweilen eine mehr unregelmäßig ovale Form überzugehen. Dieser Effekt äußert sich in einer allgemeinen Tendenz zu einer Zunahme in der effektiven Wellenlänge mit der Bildstärke, welche für gelbe Sterne stärker ist als für weiße. Um den Effekt für einen cölestischen Gegenstand mit deutlicher Fläche zu kontrollieren, haben wir den Saturn mit verschiedener Belichtung photographiert und die effektive Wellenlänge gemessen. Wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist, ändern sich die λ -Werte anfangs ganz unmerklich, erst bei einer Expositionszeit von 32^s tritt eine ziemlich starke Steigung ein. Die Schwärzungsintensitäten, welche bei den übrigen in dieser Untersuchung behandelten Objekten vorkommen, sind sämtlich bedeutend geringer als diese kritische Bildstärke. Im übrigen zeigen die beiden Messungsreihen, daß keine nachweisbare persönliche Gleichung für die beiden Beobachter existiert.

Saturn: Platte aufgenommen 25. April 1917.

Sternzeit: $12^h 14^m - 12^h 24^m$.

Exp.- Zeit	Beobachter		Diff. $L_k - L_d$
	Lundmark	Lindblad	
$\frac{1}{3}^s$	$432.5 \mu\mu$	$432.2 \mu\mu$	$+0.3 \mu\mu$
1	432.7	428.5	$+4.2$
1	433.0	433.7	-0.7
1	433.0	434.7	-1.7
3	432.7	431.9	$+0.8$
3	434.3	434.7	-0.4
10	432.5	431.2	$+1.3$
10	432.3	432.8	-0.5
32	439.6	439.0	$+0.6$
32	438.5	439.9	-1.4
100	443.8	443.8	0.0
100	443.3	443.8	-0.5

¹⁾ E. Hertzsprung. Sur la dispersion atmosphérique (B. A. XXV, 1908). — Über die Verwendung photographischer effektiver Wellenlängen zur Bestimmung von Farbenäquivalenten (Publ. d. astrophys. Obs. zu Potsdam. 22, Nr. 1, 1911). Außerdem mehrere Arbeiten im Aph. J.

²⁾ Ö. Bergstrand. Über die Abhängigkeit der atmosphärischen Dispersionswirkungen von den Sterngrößen (A. N. 177, 1908). — Recherches sur les couleurs des étoiles fixes (Nova Acta R. S. Scient. Upsal. Ser. IV, vol. 2, No. 4, 1909). Auch in C. R. 148, 1909.

³⁾ Ö. Bergstrand. Recherches S. 10.

⁴⁾ Ö. Bergstrand und B. Lindblad. Om bestämningen af de fotografiskt effektiva våglängderna i fixstjärnspektra (Ark. f. Mat. Astr. och Fys. 11, No. 17, 1916).

Mittel:	Exp.-Zeit	$\lambda_{\text{eff.}}$	Exp.-Zeit	$\lambda_{\text{eff.}}$
	$\frac{1}{3}s$	432.3 $\mu\mu$	10 ^s	432.2 $\mu\mu$
	1	432.6	32	439.2
	3	433.4	100	443.7

Da vorliegende Untersuchung in erster Linie bezweckt, zu erforschen, ob der von *Bergstrand*¹⁾ und *Hertzsprung*²⁾ gefundene Zusammenhang zwischen der effektiven Wellenlänge und der Spektralklasse der Sterne auch zwischen den entsprechenden Elementen bei den Spiralnebeln und kugelförmigen Sternhaufen vorhanden ist, wurden vorzugsweise solche Objekte untersucht, deren Spektralklasse bekannt ist.

Aus Platten, die *Lindblad* für eine von ihm in der Ausarbeitung befindliche größere Arbeit aufgenommen hat, fand er, wenn nur die schwächsten meßbaren Bilder benutzt werden, für die von uns verwendeten Instrumente folgenden Zusammenhang zwischen den effektiven Wellenlängen und der Spektralklasse der Sterne:

$$A = 415 \mu\mu \quad F = 420 \mu\mu \quad G = 427 \mu\mu \quad K = 433 \mu\mu.$$

Aus dieser Bestimmung geht hervor, daß für das benutzte Instrument das Spektralintervall A–K (ungefähr 1^m0 im Farbenindex) 18 $\mu\mu$ in der effektiven Wellenlänge entspricht. Daß der Upsala-Astrograph demnach für die Bestimmung der effektiven Wellenlängen besonders geeignet ist,

1917	Sternzeit	Exp.-Zeit	Objekt	Beobachter	Bemerkungen
Febr. 16	7 ^h 53 ^m 3–10 ^h 25 ^m 7	2 ^h 0 ^m	M 81, M 82, NGC 3077	Ld, Lk	Wolken gegen Ende der Exp.
22	6 18.8–10 54.8	4 34	dieselben Objekte	Lk	Wolken verhinderten weitere Exp.
März 15	11 56.9–13 41.9	1 45	M 94	Lk	Luft gut am Anf. d. Exp., gegen Ende Wolken
22	10 39.7–12 9.7	1 30	M 3	Ld, Lk	
27	11 15.6–14 15.6	3 0	M 51, H I 186	Ld, Lk	Luft sehr gut
April 19	12 16.8–16 31.0	1 40	M 64, H I 84	Ld, Lk	
		1 40			
25	13 22.6–15 0.6	1 30	M 57	Ld	
Mai 10	14 10.5–16 32.0	2 21	M 53	Ld, Lk	
11	14 36.5–16 36.5	2 0	M 5	Lk	
17	14 55.0–16 55.0	2 0	M 94	Ld, Lk	Etwas neblig

Ld = *Lindblad*, Lk = *Lundmark*.

Infolge der verschiedenen Beschaffenheit des Materiales werden wir die untersuchten Objekte hier einzeln behandeln.

$$M 81 = NGC 3031.$$

Infolge eines Mißgeschicks sind die Bilder auf der länger belichteten der beiden Platten, welche diesen und die zwei folgenden Nebel enthalten, doppelt vorhanden. Da aber die Verschiebung glücklicherweise nahezu senkrecht zur Längsrichtung der Gitterspektren stattgefunden hat, konnten die beiden einander nahe liegenden Bilder als Ganzes betrachtet gemessen werden. Mit Hilfe des horizontalen Doppelfadens im Meßmikroskop war es auch möglich, auf das stärkere der beiden Bilder einzustellen. Die Messungen, welche in beiden Fällen gut übereinstimmen, ergaben $\lambda_{\text{eff.}} = 435.7 \mu\mu$. Die Platte vom 16. Februar zeigte recht schwache Bilder, die sich

zeigt der Umstand, daß für den großen, von *Bergstrand* früher benutzten Meudonreflektor das entsprechende Intervall 21 $\mu\mu$ beträgt.¹⁾

Die Messungen sind wegen der Wirkung der Extinktion in der Atmosphäre korrigiert worden, wobei nach einer von *Lindblad* ausgeführten Bestimmung unter Verwendung von Sternen verschiedenen Spektraltypus' $\lambda_{\text{eff.}}/\lambda_{\text{Atm.}} = 2 \mu\mu$ angenommen wurde.

Hertzsprung hat in seiner bereits erwähnten Arbeit³⁾ für weiße Sterne (Plejaden) $\lambda_{\text{eff.}}/\lambda_{\text{Atm.}} = 3.5 \mu\mu$ angenommen. In einer Fußnote bemerkt er, daß diese Korrektur für gelbe Sterne geringer zu sein scheint als für weiße.

Die Gitterkonstante wurde aus mikrometrischen Messungen zu $c = 1.3422$ mm bestimmt, und aus der gemessenen Distanz von η und δ Plejadum erhielten wir unter Benutzung von *Elkins*⁴⁾ Messungen $f = 1485.5$ mm.

Wenn s die Distanz in Millimetern zwischen zwei konjugierten Gitterspektren erster Ordnung ist, kann in diesem Falle mit genügender Genauigkeit⁵⁾ gesetzt werden:

$$\lambda_{\text{eff.}} = \frac{1}{2} c \cdot s / f \quad \text{oder} \quad \lambda_{\text{eff.}} = 451.74 \cdot s \mu\mu.$$

Bevor wir über die Messungen und deren Resultate berichten, wollen wir zuerst eine Übersicht des Plattenmateriales geben, das wir für unsere Untersuchung verwenden konnten.

trotzdem ohne Schwierigkeit ausmessen ließen; hieraus wurde erhalten $\lambda_{\text{eff.}} = 435.8 \mu\mu$. — *Fath*⁶⁾ hat gefunden, daß das Spektrum dieses Nebels genau dem Spektrum eines zur Spektralklasse K gehörigen Sternes gleicht. Wenn wir hier, wie im folgenden, annehmen, daß der von *Lindblad* abgeleitete Zusammenhang zwischen der effektiven Wellenlänge und den Spektren der Sterne auch für die in unsere Untersuchung aufgenommenen Objekte gilt, finden wir, daß die von uns bestimmte effektive Wellenlänge für M 81 genau der Spektralklasse K entspricht.

$$M 82 = NGC 3034.$$

Kann nur auf der länger belichteten Platte gemessen werden. Hier konnten infolge der Ausdehnung des Objektes die beiden Bilder nicht unterschieden werden. Nur eine Ver-

¹⁾ *Bergstrand*. Recherches etc. S. 36.

²⁾ *Hertzsprung*. Effective wave-lengths of 184 stars in the cluster NGC 1647 (Contr. Mt. Wilson Solar Obs. No. 100, 1915 Aph. J. 42).

³⁾ *Hertzsprung*. Über die Verwendung effektiver Wellenlängen etc. S. 24–25.

⁴⁾ *W. Elkin*. Revision of the first Yale triangulation of the principal stars in the group of the Pleiades (Trans. of the Astr. Obs. of Yale Univ. I. 1887–1904).

⁵⁾ *Bergstrand*. Recherches, S. 17–18.

⁶⁾ *E. A. Fath*. The spectra of some Spiral Nebulae and Globular Star Clusters. Lick Bull. 149 (First paper). — The spectra of Spiral Nebulae and Globular Star Clusters. Second paper. (Contr. Mt. Wilson Obs. 49). — Third paper. (Contr. Mt. Wilson Obs. 67).

verdichtung in der Nähe des Zentrums war ausmeßbar. Genannte Verdichtung befindet sich auf dem Bilde von *Roberts*¹⁾ rechts vom Mittelpunkt des Nebels. Unsere Messungen, welche jedoch unsicher waren, ergaben $\lambda_{\text{eff.}} = 415 \mu\mu$, was unter derselben Voraussetzung wie oben einer Wellenlänge vom Spektraltypus A entsprechen würde. Es ist zu hoffen, daß eine lange Belichtung darüber wird Aufklärung geben können, ob in der effektiven Wellenlänge, bezw. im Spektraltypus, zwischen dem Kern und den äußeren Teilen dieses Nebels irgend ein Unterschied vorliegt. — Soweit uns bekannt, existieren keine Bestimmungen über das Spektrum dieses Nebels.

HI 286 = NGC 3077.

Die effektive Wellenlänge wurde nach der am 22. Febr. aufgenommenen Platte bestimmt und dürfte, trotzdem die Bilder der Gitterspektren etwas schwach waren, ziemlich sicher bestimmt sein. Im Mittel wurde $\lambda_{\text{eff.}} = 428.6 \mu\mu$ erhalten. Die Spektralklasse dieses Nebels ist unbekannt. Die erhaltene effektive Wellenlänge entspricht der Klasse G.

M 94 = NGC 4736.

Da dieser Nebel auf unseren Platten eine geringe Ausdehnung hat (1 mm entspricht $2'28''$) und sein Licht in den zentralen Teilen stark konzentriert ist²⁾, konnte die effektive Wellenlänge mit sehr großer Genauigkeit ausgemessen werden. Wenn bei den Messungen nur der sternähnliche Kern (Zentralverdichtung) berücksichtigt wurde, erhielt man einen bedeutend größeren Wert für die effektive Wellenlänge als unter Rücksichtnahme auf das ganze Bild des Nebels, welches auf der Gitterplatte ungefähr $30''$ im Durchmesser maß und so wenigstens einen Teil der dem Kerne am nächsten liegenden Spiralarme enthielt. Aus mehreren Messungsreihen, welche unter sich eine große Übereinstimmung aufwiesen, wurde für den ganzen Nebel $\lambda_{\text{eff.}} = 426.7 \mu\mu$ und für den Kern $\lambda_{\text{eff.}} = 432.9 \mu\mu$ erhalten. — Die drei Spektrogramme von *Fath*³⁾ stimmen nicht miteinander überein, aber aus seinen späteren Untersuchungen scheint hervorzugehen, daß das Spektrum des Nebels zum G-Typus gehören muß. Die von uns gefundene effektive Wellenlänge für den ganzen Nebel entspricht genau demselben Spektraltypus. *Seares*⁴⁾ hat neulich nachgewiesen, daß der Kern mehr »gelbes Licht« enthält als die Spiralarme und deren Verdichtungen, welche »intensiv blau« sind, ein Resultat, das in guter Übereinstimmung damit steht, daß der Kern eine größere effektive Wellenlänge besitzt, bezw. einer mehr vorgerückten Spektralklasse als der ganze Nebel angehört.

Die am 17. Mai von diesem Objekt genommene Platte war so stark verschleiert und die Gitterspektren infolgedessen so schwer zu unterscheiden, daß wir es für das Beste hielten, diese der früheren entschieden unterlegene Platte nicht zu einer $\lambda_{\text{eff.}}$ -Bestimmung zu verwenden. Die von uns an der später aufgenommenen Platte gemachten Messungen ergeben eine effektive Wellenlänge, welche dem Mittel der beiden

oben angeführten entspricht, was somit das Resultat von *Fath* bestätigt, daß das Spektrum zum Sonnentypus gehört.

HI 84 = NGC 4725.

Die Platte, auf welcher sich dieses und das folgende Objekt befinden, wurde für stellarstatistische Zwecke aufgenommen, weshalb die Gitterspektren nicht genügend exponiert sind. Die Messungen sind ziemlich unsicher, dürften aber doch Vertrauen verdienen. Wir erhielten im Mittel $\lambda_{\text{eff.}} = 430.4 \mu\mu$. Nach *Fath*⁵⁾ gehört das Spektrum zum Sonnentypus (Go). Unser $\lambda_{\text{eff.}}$ -Wert entspricht einem zwischen G und K gelegenen Spektraltypus.

M 64 = NGC 4826.

Die Messungen der Gitterspektren für diesen Nebel zeigen untereinander eine größere Übereinstimmung als die der Spektren des vorhergehenden Objektes. Wir erhielten $\lambda_{\text{eff.}} = 433.8 \mu\mu$. *Fath*⁶⁾ findet, daß die Energieverteilung im Spektrum dieses Nebels gleich der eines Sternes vom Sonnentypus ist, seine Platte enthält aber ein sehr schwaches Spektrum. *Wolf*⁷⁾ fand, daß das Spektrum ein ausgeprägter G-Typus ist (identisch mit dem des Andromedanebels). Inwieweit der Widerspruch zwischen diesen Untersuchungen und unserer Bestimmung des $\lambda_{\text{eff.}}$ entsprechenden K-Typus aus der Unsicherheit erklärt werden kann, mit der unsere Messungen behaftet sind, hoffen wir später entscheiden zu können, wenn wir Gelegenheit gehabt haben, dieses Objekt bei längerer Belichtungszeit aufzunehmen als die hier benutzte.

M 3 = NGC 5272.

Eine Bestimmung der totalen effektiven Wellenlänge war für dieses Objekt nicht möglich, weil durch seine bedeutende Ausdehnung das Zentralbild und die Gitterspektren nicht völlig deutlich getrennt waren. Die Bilder lösten sich außerdem in eine Anzahl Verdichtungen auf. Die stärkste befand sich in der Nähe des Kernes dieses Sternhaufens. Da die Gitterspektren dieser Verdichtung identifiziert werden konnten, wurde deren effektive Wellenlänge gemessen und zu $\lambda_{\text{eff.}} = 425.1 \mu\mu$ bestimmt. Eine Anzahl kleinerer Verdichtungen und Anhäufungen von Sternen in diesem Objekt wurden ebenfalls gemessen und ergaben effektive Wellenlängen zwischen $424-436 \mu\mu$. Da jedoch eine gewisse Unsicherheit bezüglich der Identifizierung der Gitterspektren der genannten Verdichtungen herrschte, wollen wir dieser letzteren Messung keinerlei Bedeutung zumessen. — *Fath*⁵⁾ hat gefunden, daß das Totalpektrum von M 3 zwischen A und G liegt, und *Hertzsprung*⁸⁾ hat durch spektralphotometrische Messungen gezeigt, daß die Energieverteilung im Spektrum desselben nahezu der in einem typischen F-Stern gleicht. Der von uns gefundene Wert für die effektive Wellenlänge der stärksten Verdichtung entspricht mehr dem G- als dem F-Typus. Allem Anschein nach sollte doch die effektive Wellenlänge für den ganzen Sternhaufen etwas geringer ausfallen.

¹⁾ *I. Roberts*. Celestial Photographs. Vol. I. London 1893. Plate 26.

²⁾ Publications of the Lick Observatory. Vol. VIII. 1908.

³⁾ *Fath*. The Spectra of Spiral Nebulae etc. First, second and third paper.

⁴⁾ *F. H. Seares*. Preliminary results on the color of Nebulae (Comm. fr. Mt. Wilson Obs. to the Nat. Acad. No. 36; 1916).

Siehe auch: Ann. Rep. of the Dir. of Mt. Wilson Solar Obs. 1916. S. 248-49.

⁵⁾ *Fath*. The Spectra of Spiral Nebulae etc. Second paper. ⁶⁾ *Fath*. Ibid. Third paper.

⁷⁾ *M. Wolf*. Über die Spektren einiger Spiralnebel. (Heidelberger Ber. 1912. 15. Abh.)

⁸⁾ *E. Hertzsprung*. Comparison between the distribution of energy in the spectrum of the integrated light of the Globular Cluster Messier 3 and of neighboring stars. (Astrophys. Journal. Vol. 41. 1915.)

M 51 = NGC 5194.

Trotzdem die Gitterspektren sehr gut exponiert waren, machte die Ausmessung dennoch Schwierigkeiten, weil das eine derselben sich in unmittelbarer Nähe des Zentralbildes einer Verdichtung in den Spiralarmen befand, von welchem es aber doch bei einiger Übung unterschieden werden konnte. Unsere Messungen dürften ziemlich sicher sein und gaben im Mittel $\lambda_{\text{eff.}} = 430.7 \mu\mu$. *Fath*¹⁾ konnte nur mit größter Schwierigkeit die Spektralklasse für diesen Nebel bestimmen. Eine Platte von nahezu 30-stündiger Belichtung zeigte ein Spektrum, dessen Intensitätsverteilung der in einem Sterne vom K-Typus ähnlich ist. *Wolf*²⁾ bekam dagegen auf einer 31 Stunden belichteten Platte ein Spektrum, das im wesentlichen mit dem des Andromedanebels oder dem G-Typus identisch ist. Unser Wert für die effektive Wellenlänge entspricht einem zwischen G u. K gelegenen Typus. Ein im Nebel eingehüllter (Nebel?) Stern ($\alpha = 13^h 25^m 6^s$, $\delta = +47^\circ 42'$)³⁾ mit deutlichen Gitterspektren wurde gemessen und ergab $\lambda_{\text{eff.}} = 418.0 \mu\mu$ (Typus A 5).

HI 186 = NGC 5195.

Dieses Objekt, das einen sekundären Kern in M 51 bildet und am Ende eines seiner Spiralarme liegt, zeigte ein sternähnliches Zentralbild mit völlig deutlichen Gitterspektren, was die Bestimmung von $\lambda_{\text{eff.}}$ mit großer Genauigkeit ermöglichte. Wir bekamen $\lambda_{\text{eff.}} = 426.3 \mu\mu$. Das Spektrum dieses Objektes ist nicht untersucht. *Seares*⁴⁾ hat unter Zuhilfenahme eines Gelbfilters und isochromatischer Platten die Farbe von M 51 und NGC 5195 untersucht und gefunden, daß die zentraleren Teile dieser beiden Objekte im gelben Lichte viel stärker sind als im blauvioletten und demnach einem mehr vorgerückten Spektraltypus angehören als die äußeren, welche intensiv blau sind.

M 57 = NGC 6720.

Die Gitterspektren sind schwach und infolge der bedeutenden Ausdehnung des Objektes schwer zu messen. Die Messungen ergaben $\lambda_{\text{eff.}} = 394 \mu\mu$. Dieses Resultat dürfte

bedeuten, daß unsere Gitterspektren hauptsächlich aus den Liniengruppen λ 397, 389 und 387 gebildet sind, von denen besonders die erste und die dritte Linie eine große Intensität⁵⁾ aufweisen. Der Zentralstern im Ringnebel scheint eine bedeutend geringere effektive Wellenlänge zu besitzen⁶⁾, da aber seine Gitterspektren nicht mit voller Sicherheit identifiziert werden konnten, wollen wir hier das Resultat dieser Messungen nicht anführen.

M 53 = NGC 5024.

Die Platte ist unterexponiert. Die äußerst unsicheren Messungen, zu denen ein schwach vergrößerndes Okular am Meßmikroskop benutzt wurde, gaben im Mittel $\lambda_{\text{eff.}} = 420 \mu\mu$, einen Wert, den wir infolge seiner Unsicherheit in der unten gegebenen Übersicht unserer Resultate ausgeschlossen haben. *Fath*⁷⁾ hat gefunden, daß das Spektrum des Sternhaufens zwischen A und G liegt.

M 5 = NGC 5904.

Bei den Messungen wurde das vorerwähnte schwächere Okular verwendet. Die Gitterspektren waren deutlich vom Zentralbilde getrennt und bestanden aus einer gleichmäßig geschwärtzten, mit einiger Schwierigkeit meßbaren Fläche. Der hier gefundene Wert für die effektive Wellenlänge gilt für die Hauptmasse der Sterne, welche die Gitterspektren auf unserer Platte gebildet haben. Wir bekamen $\lambda_{\text{eff.}} = 419.1 \mu\mu$. *Fath*⁸⁾ fand im Spektrum von M 5 die Absorptionslinien *F*, *H_v*, *H*, *K* und ein Band bei 419. Sein Resultat muß sicherlich so gedeutet werden, daß die helleren Sterne in dem Sternhaufen zu den zwischen F und G gelegenen Spektraltypen gehören.

In der folgenden Tabelle haben wir die Resultate unserer Messungen zusammengestellt. Unter der Rubrik »berechnetes Spektrum« wurde die aus $\lambda_{\text{eff.}}$ berechnete Spektralklasse unter Zuhilfenahme der folgenden aus *Lindblads* vorerwähnten Messungen abgeleiteten Formel

$$\text{Spektralklasse} = A_0 + \frac{1}{6}(\lambda_{\text{eff.}} - 415)$$

angeführt.

Objekte	α 1900	δ 1900	Gal. Koord.		Helligk. Holt- scheke	Effektive Wellenlänge			ber. beob. Spektrum	Bemerkungen
			<i>l</i>	<i>b</i>		<i>Lindm.</i>	<i>Lindbl.</i>	Mittel		
NGC 6720 M 57	18 ^h 49 ^m 8 ^s	+32° 54'	30°	+13°	8 ^m 9	394 $\mu\mu$	394 $\mu\mu$	394 $\mu\mu$		Ringnebel in der Leier
3034 M 82	9 47.6	+70 10	109	+42	8.8	414	416	415	A0	Gasnebel?
5904 M 5	15 13.5	+ 2 27	333	+45	6.7	418.7	419.6	419.1	F	F-G Kugelförmiger Sternhaufen
5024 M 53	13 8.0	+18 42	307	+79	7.8	42...			F? F-G	» »
5272 M 3	13 37.6	+28 53	8	+77	6.6	425.3	425.0	425.1	F5 F	» »
5195 HI 186	13 25.8	+47 47	68	+71	8.6	426.3	426.3	426.3	G	
4736 M 94	12 46.2	+41 40	76	+76	7.7	427.3	426.1	426.7	G G	Spiralnebel. Der größere Wert für $\lambda_{\text{eff.}}$ gilt für den Kern des Nebels, der kleinere für den ganzen Nebel
						433.0	432.8	432.9	K	
3077 HI 286	9 55.3	+69 13	108	+42	10.2	427.4	429.7	428.6	G	Spiralneb.?
4725 HI 84	12 45.5	+26 3	154	+83	8.7	432.0	428.7	430.4	G5 G	Spiralnebel
5194 M 51	13 25.7	+47 43	68	+71	8.4	431.7	429.7	430.7	G5 G, K	»
4826 M 64	12 51.8	+22 13	295	+84	8.6	433.8	433.9	433.8	K G	»
3031 M 81	9 47.3	+69 32	109	+42	8.0	435.7	435.6	435.7	K	» Platte aufgen. 1917 Febr. 22
						436.3	435.4	435.8	K	» » » » 16

¹⁾ *Fath.* The Spectra of Spiral Nebulae etc. First and third paper.

²⁾ *Wolf.* Loc. cit. S. 6.

³⁾ Siehe *G. W. Ritchey.* On some methods and results in direct photography with the 60-inch reflector. Plate IV, wo der Stern in einer Entfernung von 22.5 mm vom Kern liegt. Contr. Mt. Wilson Obs. 47. Ap. J. 32.26.

⁴⁾ *Seares.* Loc. cit.

⁵⁾ Siehe *Wolf.* Der Ringnebel und der Dumbbellnebel. (Heidelberger Ber. 1915. 1. Abh.)

⁶⁾ Siehe: Ann. rep. of the Dir. Mt. Wilson Obs. 1916. S. 249.

⁷⁾ *Fath.* The Spectra of Spiral Nebulae. Second paper.

⁸⁾ *Fath.* Ibid. Third paper.

Aus den vorliegenden Untersuchungen, die wir, wie wir hoffen, zu ergänzen und zu erweitern später Gelegenheit bekommen werden, scheint hervorzugehen, daß der für die Fixsterne gefundene Zusammenhang zwischen Spektralklasse und effektiver Wellenlänge auch zwischen (Total)-Spektrum und effektiver Wellenlänge der Spiralnebel und der kugelförmigen Sternhaufen besteht. Unter Benutzung der von uns vorgeschlagenen Methode dürfte es demnach möglich sein, falls für diesen Zweck die größeren Instrumente in Anspruch genommen werden, die effektive Wellenlänge und damit die Spektralklasse oder den Farbenindex bzw. die Temperatur auch für eine bedeutende Anzahl kleiner, lichtschwacher Nebel und Sternhaufen, die mit unseren heutigen Spektralapparaten zur Untersuchung des Spektrums nicht erreichbar sind, ziemlich leicht zu bestimmen.

Unter der Voraussetzung, daß die Parallaxe der untersuchten Nebel und Sternhaufen innerhalb derselben Grenzen

Sternwarte Upsala, 1917 Juni 4.

liegt wie die für M_{13} von *Shapley*¹⁾ abgeleitete:

$$0^{\circ}00010 > \pi_{M_{13}} > 0^{\circ}00001$$

finden wir, daß, falls der von *van Rhijn*²⁾ abgeleitete Wert für c richtig ist, die infolge der selektiven Absorption im Weltraume verursachte Veränderung im Farbenindex I innerhalb der Grenzen $2^m \leq \Delta I \leq 19^m$ liegen muß.

Hieraus folgt, daß die von uns berechneten Spektraltypen im Durchschnitt sich von den in der gewöhnlichen Weise mittels des Auftretens der Spektrallinien bestimmten unterscheiden würden um ein Spektralintervall, das wenigstens doppelt so groß ist wie A-K. Da dies jedoch nicht der Fall ist, scheint unsere Untersuchung als eine Bestätigung des von *Shapley*³⁾, *Hertzsprung*⁴⁾ u. a. gefundenen Resultates angesehen werden zu können, daß im Weltraume keine merkbare Absorption vorhanden ist.

Knut Lundmark, Bertil Lindblad.

¹⁾ *H. Shapley*. Studies based on the colors and magnitudes in Stellar Clusters. Contr. Mt. Wilson Solar Obs. 115-117. 1915-16.

²⁾ *P. J. van Rhijn*. Derivation of the Change of colour with distance and apparent magnitude. Dissertation. Groningen. 1915.

³⁾ *Shapley*. Loc. cit. ⁴⁾ *Hertzsprung*. Loc. cit.

Comete osservate in Arcetri.

Equatoriale di Amici. Obiettivo 284 mm. Micrometro a lamina 19^u.45. Ingrandimento 124. $\pi = 8^{\circ}80$.

1917	T.m. Arcetri	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	Cf.	α app.	$\log p \cdot \Delta$	δ app.	$\log p \cdot \Delta$	Red. ad l. app.	*
Cometa 1916 b (<i>Wolf</i>).										
Mag. 11	14 ^h 22 ^m 10 ^s	-0 ^m 24 ^s 47	- 3' 8 ^s 5	16,4	20 ^h 57 ^m 59 ^s 64	9.526n	+15° 22' 56 ^s 2	0.677	+2 ^s 05 - 2 ^s 3	1
11	14 22 10	-1 9.98	- 2 58.8	16,4	20 57 59.66	9.526n	+15 22 55.6	0.677	+2.05 - 2.3	2
11	15 7 13	-0 20.37	- 2 31.1	8,4	20 58 3.74	9.438n	+15 23 33.6	0.656	+2.05 - 2.3	1
11	15 7 13	-1 5.87	- 2 20.5	8,4	20 58 3.77	9.438n	+15 23 33.9	0.656	+2.05 - 2.3	2
12	14 43 44	+3 0.08	+ 6 0.0	8,8	21 0 26.63	9.486n	+15 39 22.4	0.661	+2.07 - 2.1	3
12	14 43 44	+1 30.29	+ 1 0.5	8,8	21 0 26.47	9.486n	+15 39 23.7	0.661	+2.07 - 2.1	4
13	13 47 18	+0 11.60	+ 2 23.3	8,4	21 2 45.49	9.572n	+15 54 46.0	0.689	+2.09 - 1.9	5
13	13 47 18	-0 33.46	- 2 32.9	8,4	21 2 45.48	9.572n	+15 54 44.4	0.689	+2.09 - 1.9	6
22	13 43 28	-0 9.84	-11 47.5	8,4	21 24 12.80	9.563n	+18 13 34.7	0.664	+2.23 - 0.1	7
22	13 43 28	-2 3.76	+ 0 40.2	8,4	21 24 13.00	9.563n	+18 13 32.6	0.664	+2.23 - 0.1	8
23	14 22 55	+2 15.37	+ 3 13.1	8,4	21 26 38.03	9.498n	+18 28 35.5	0.635	+2.25 + 0.1	7
23	14 22 55	+1 21.43	+ 2 12.8	8,4	21 26 38.15	9.498n	+18 28 37.4	0.635	+2.25 + 0.1	9
24	14 6 48	+0 59.35	- 2 4.6	8,8	21 28 57.45	9.525n	+18 42 43.6	0.641	+2.27 + 0.3	10
24	14 6 48	-1 33.20	-13 29.0	8,8	21 28 57.53	9.525n	+18 42 46.7	0.641	+2.27 + 0.3	11
25	13 59 6	+0 45.99	+ 0 41.0	12,8	21 31 16.74	9.536n	+18 56 56.9	0.643	+2.29 + 0.5	11
25	13 59 6	-0 6.41	- 3 34.5	12,8	21 31 16.80	9.536n	+18 56 58.0	0.643	+2.29 + 0.5	12
Cometa 1917 b (<i>Schaumasse</i>).										
Mag. 12	15 29 36	-0 46.41	- 3 23.3	8,4	23 44 42.03	9.664n	+28 19 25.3	0.651	+1.15 + 0.9	13
13	14 33 6	+2 27.28	+16 3.0	8,4	23 51 16.67	9.692n	+30 31 31.7	0.710	+1.15 + 0.7	14
13	14 33 6	+1 35.07	+12 57.9	8,4	23 51 17.01	9.692n	+30 31 31.0	0.710	+1.15 + 0.7	15
13	15 1 14	-0 27.30	- 2 53.9	8,4	23 51 25.27	9.688n	+30 34 12.6	0.674	+1.15 + 0.7	16
22	14 37 31	-2 9.94	+ 1 27.9	8,4	3 30 50.90	9.775n	+58 46 7.9	0.837	+0.74 + 4.9	17
22	14 37 31	-3 37.62	+11 18.5	8,4	3 30 50.96	9.775n	+58 46 7.2	0.837	+0.74 + 4.9	18
24	12 59 22	+1 34.89	-10 51.2	12,8	5 18 2.00	8.582	+58 40 56.4	0.934	+1.16 + 6.7	19
24	12 59 22	-0 30.67	- 9 33.8	12,8	5 18 2.17	8.582	+58 40 55.6	0.934	+1.16 + 6.7	20
25	12 57 59	-2 53.13	- 7 3.2	12,8	6 6 30.66	9.278	+56 38 43.1	0.929	+1.45 + 6.7	21
Giug. 6	9 18 20	+0 13.09	+ 9 59.4	4,2	9 4 9.53	9.669	+27 8 19.0	0.681	+1.93 - 3.6	22
6	9 18 20	+0 7.50	+ 8 35.7	4,2	9 4 9.22	9.669	+27 8 25.4	0.681	+1.93 - 3.6	23
7	9 41 46	+1 3.57	+ 1 28.7	12,8	9 7 50.37	9.671	+25 47 2.7	0.714	+1.92 - 4.0	24
7	9 41 46	-0 47.10	+ 0 13.7	12,8	9 7 50.24	9.671	+25 47 6.1	0.714	+1.92 - 4.0	25
8	9 47 7	+1 3.27	- 2 58.3	12,8	9 11 0.71	9.667	+24 34 20.6	0.722	+1.91 - 4.5	26