

## Über den Zusammenhang von Helligkeit und Spektraltypus in den Plejaden.

Von *Hans Rosenberg*.

Auf Anregung von Herrn K. Schwarzschild habe ich hier mit der Zeißschen UV-Prismenkamera und dem zugehörigen Prisma kleinerer Dispersion (1.9 mm von  $H_{\gamma}$ - $H_{\zeta}$ ) einige Daueraufnahmen der Plejaden gemacht, zum Zweck einer möglichst scharfen Bestimmung des Spektraltypus der einzelnen Plejadensterne. Da das Auftreten, resp. die Stärke

der Kalziumlinien  $H$  und  $K$  im Vergleich mit den Wasserstofflinien ein äußerst feines Reagenz für die fortschreitende Entwicklung der Spektraltypen darstellt, so habe ich für die Klassifizierung die Linie  $K$  mit den beiden Wasserstofflinien  $H_2$  und  $H_2$  nach einer, der bei Helligkeitsschätzungen veränderlicher Sterne angewandten Dezimalmethode<sup>1)</sup> verwandten Methode verglichen. Die Linie  $H$  war für diese Untersuchung nicht gut verwendbar, weil sie mit  $H_2$  zusammenfällt. Was verglichen wurde, war weder die Schwärzung, noch die Breite der Linien, sondern eine physiologische Vermengung beider Effekte, die ich mit »Auffälligkeit« bezeichnen möchte.

War die eine Linie im Spektrum überhaupt nicht vorhanden, während die andere deutlich erkennbar war, so bezeichnete ich die Auffälligkeitsdifferenz beider Linien mit 10; war die Auffälligkeit zweier Linien einander gleich, so wurde die Differenz mit 0 bezeichnet. Alle dazwischen liegenden Werte sind in Zehnteln dieser Skala geschätzt und nach Art der Argelanderschen Stufenschätzungsmethode niedergeschrieben, so daß z. B.  $H_2$  4  $K$  bedeuten würde, daß für den betreffenden Stern die Auffälligkeit von  $H_2$  um vier Skalenteile größer geschätzt worden ist als diejenige von  $K$ . Die häufiger vorkommende Schätzung 9.5 bedeutet, daß der Beobachter bei wiederholtem Hinschauen unsicher blieb, ob die schwächere der beiden Linien überhaupt vorhanden war, oder nicht.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate von Platte Nr. 688 zusammengestellt, da diese Platte die schärfsten Spektren zeigt und bei einer Expositionszeit von 90<sup>m</sup> die

Spektraltypen bis herab zur 10. Größenklasse (photogr.) erkennen läßt. Im ganzen ist die Auffälligkeitsdifferenz zwischen  $K$  und den beiden Wasserstofflinien für jeden Stern zu drei verschiedenen Malen unter dem Mikroskop geschätzt worden; und zwar wurden die Sterne in willkürlich veränderter Reihenfolge eingestellt und die Schätzung ausgeführt, ohne daß der Beobachter wußte, welchen Stern er unter dem Mikroskop hatte. Auf diese Weise dürfte die Unabhängigkeit der einzelnen Schätzungsreihen voneinander gesichert sein. Aus je drei zusammengehörigen Schätzungen ist dann das Mittel gebildet worden. Die Abweichungen der Einzelschätzungen von ihrem Mittel ergeben den inneren zufälligen mittl. Fehler einer Schätzung zu 0.41 Skalenteilen, doch scheint die Größe des mittl. Fehlers auch noch von der Größe der geschätzten Auffälligkeitsdifferenz selbst abzuhängen.

Die folgende Tabelle enthält der Reihe nach: 1) Die Bezeichnung des Sternes nach Bessel, 2) die Nummer nach der Bonner Durchmusterung, 3) und 4) die photographische<sup>2)</sup> und die optische<sup>3)</sup> Helligkeit, 5) und 6) die drei Vergleichungen von  $H_2$  und  $K$  und das Mittel daraus, 7) und 8) die drei Vergleichungen von  $H_2$  und  $K$  und das Mittel daraus. Angeordnet sind die Sterne nach abnehmender photographischer Lichtstärke.

Die Spektren einiger Sterne, die nach ihrer Lichtstärke auf der Platte vorhanden sein müßten, (z. B. Bessel 30, 18, 15, 8) sind durch die Spektren anderer Sterne überdeckt, so daß an ihnen eine Schätzung nicht vorgenommen werden konnte.

Bessel	BD	Größe (phot.)	Größe (opt.)	Schätzungen	Mittel	Schätzungen	Mittel
$\eta$	23°541	3 <sup>m</sup> 41	3 <sup>m</sup> 19	$H_2$ 9.5, 10, 9 $K$	9.50	$H_2$ 10, 10, 9 $K$	9.67
$f$	23 557	4.05	3.92	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50
$b$	23 507	4.07	3.96	» 9, 9.5, 9 »	9.17	» 9, 9.5, 9 »	9.17
$c$	23 516	4.28	4.21	» 10, 10, 10 »	10	» 10, 10, 10 »	10
$d$	23 522	4.53	4.48	» 9.5, 10, 9.5 »	9.67	» 9.5, 10, 9.5 »	9.67
$e$	24 547	4.55	4.57	» 8, 8.5, 7.5 »	8.00	» 8, 8.5, 8 »	8.17
$h$	23 558	5.33	5.38	» 9.5, 10, 9.5 »	9.67	» 9.5, 10, 9.5 »	9.67
28	22 563	5.72	5.84	» 10, 10, 9.5 »	9.83	» 10, 10, 9.5 »	9.83
$g$	23 505	5.74	5.82	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50
$k$	24 553	6.04	6.17	» 9.5, 10, 9.5 »	9.67	» 9.5, 9.5, 10 »	9.67
34	23 563	6.33	6.51	» 9.5, 9.5, 8 »	9.00	» 9.5, 9.5, 7 »	8.67
$p$	23 536	6.59	6.68	» 9, 9.5, 9 »	9.17	» 9, 9.5, 9 »	9.17
$l$	24 556	6.61	6.75	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50
32	23 561	6.76	7.01	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50
38	23 569	6.97	7.10	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50
12	24 562	7.02	7.15	» 9.5, 10, 9.5 »	9.67	» 9.5, 10, 9.5 »	9.67
24	23 540	7.06	7.18	» 10, 10, 10 »	10	» 10, 10, 10 »	10
*) $s$	23 556	7.11	6.72	$K$ 7, 8, 8 $H_2$	7.67	$K$ 5, 6, 6 $H_2$	5.67
19	23 537	7.20	7.31	$H_2$ 9, 9, 8.5 $K$	8.83	$H_2$ 9, 9, 8.5 $K$	8.83
29	23 553	7.27	7.23	» 7, 9, 7.5 »	7.83	» 7, 9, 7.5 »	7.83
4	23 512	7.45	7.53	» 9.5, 9, 9 »	9.17	» 9.5, 9, 9 »	9.17
22	23 538	7.45	7.53	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50	» 9.5, 9.5, 9.5 »	9.50
10	23 523	7.61	7.63	» 9, 9, 9 »	9.00	» 9, 9, 9 »	9.00

<sup>1)</sup> Vergl. J. G. Hagen: Observations of variable stars. Part. I pg. 4. (Washington 1901).

<sup>2)</sup> K. Schwarzschild: Beiträge zur photographischen Photometrie der Gestirne. Publ. d. v. Kuffnerschen Sternwarte. Bd. V p. 62-63. 1900.

<sup>3)</sup> Müller und Kempf: Helligkeit von 96 Plejadensternen. A. N. 3587-88.

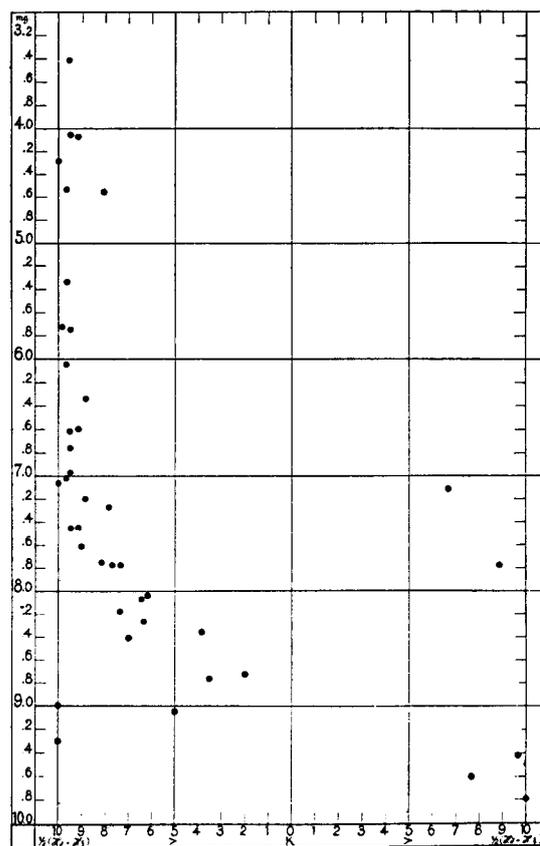
Bessel	BD	Größe phot.	Größe (opt.)	Schätzungen	Mittel	Schätzungen	Mittel
39	24° 578	7 <sup>m</sup> 75	7 <sup>m</sup> 78	H <sub>2</sub> 8, 8, 8.5 K	8.17	H <sub>2</sub> 8, 8, 8.5 K	8.17
*) 17	23 535	7.77	7.24	K 9.5, 9, 9.5 H <sub>2</sub>	9.33	K 8, 8, 9 H <sub>2</sub>	8.33
37	23 567	7.77	7.84	H <sub>2</sub> 7, 8, 8 K	7.67	H <sub>2</sub> 7, 8, 8 K	7.67
31	23 560	7.77	7.82	» 7, 7.5, 7 »	7.17	» 7, 7.5, 8 »	7.50
20	24 566	8.04	7.99	» 6, 6, 6 »	6.00	» 6, 7, 6 »	6.33
23	23 539	8.07	8.05	» 6.5, 6, 7 »	6.50	» 6, 7, 6 »	6.33
7	23 517	8.18	8.12	» 7, 7, 7 »	7.00	» 8, 7, 8 »	7.67
33	23 562	8.27	8.31	» 6, 6, 6 »	6.00	» 6, 7, 7 »	6.67
9	23 520	8.36	8.29	» 4, 4, 3 »	3.67	» 5, 3, 4 »	4.00
1	23 510	8.41	8.33	» 7, 8, 6 »	7.00	» 7, 8, 6 »	7.00
13	23 528	8.73	8.65	» 3, 2, 2 »	2.33	» 2, 2, 1 »	1.67
27	23 549	8.77	8.53	» 5, 3, 3 »	3.67	» 4, 4, 2 »	3.33
*) 21	24 567	9.00	9.05	» 10, 10, 10 »	10	» 10, 10, 10 »	10
2	24 550	9.05	8.85	» 4, 7, 4 »	5.00	» 4, 6, 5 »	5.00
*) 36	23 565	9.30	9.44	» 10, 10, 10 »	10	» 10, 10, 10 »	10
*) 25 <sup>1)</sup>	23 542	9.42	8.03	K 10, 9.5, 9.5 H <sub>2</sub>	9.67	K 10, 9.5, 9.5 H <sub>2</sub>	9.67
11 <sup>2)</sup>	23 526	9.60	9.65	» 7, 8, 8 »	7.67	» 8, 7, 8 »	7.67
*) 26 <sup>3)</sup>	23 544	(9.8)		» 10, 10, 10 »	10	» 10, 10, 10 »	10

\*) Nach W. L. Elkins E.B. gehören diese Sterne nicht zu den physischen Plejaden. (Transactions of the Astronomical Observatory of Yale University. Vol. I pg. 356-357.

Die Resultate dieser Tabelle habe ich der besseren Übersicht wegen in der nebenstehenden Figur graphisch dargestellt, indem ich die für jeden Stern zu Mittelwerten vereinigten Vergleichen von K mit H<sub>2</sub> und H<sub>γ</sub> als Abszissen, die photographische Helligkeit als Ordinaten ansetzte.

Aus der Klassifizierung der Spektraltypen durch Miss Maury<sup>4)</sup> geht bereits hervor, daß die helleren Sterne der Plejaden bis zur 7. Größe eine progressive Änderung des Spektraltypus von der V. zur VII. Mauryschen Klasse aufweisen. Diese Änderung, die sich vor allem in der Stärke der feineren Heliumlinien ausspricht, ist bei der geringen Dispersion der Göttinger Aufnahmen nicht erkennbar. Hingegen zeigt die Betrachtung der Figur sofort, daß die progressive Änderung des Spektraltypus sich bis zu den Sternen 9. Größe fortsetzt. Von der 7. bis zur 9. Größe tritt die K-Linie immer stärker im Verhältnis zu den Wasserstofflinien hervor, dem Übergang vom 1. zum 2. Spektraltypus entsprechend. Aus der Reihe fallen nur die Sterne 5, 17, 21, 36, 25, 11 und 26 heraus, indem 21 und 36 einen früheren, die anderen einen späteren Typus zeigen, als nach ihrer Helligkeit zu erwarten wäre. Diese Sterne gehören aber sämtlich, mit Ausnahme von Nr. 11, der infolge seiner Lichtschwäche an der Grenze der Meßbarkeit steht, zu denjenigen, die nach den Untersuchungen von W. L. Elkin eine stärkere E.B. gegen die übrigen Plejadensterne aufweisen; sie gehören also nicht physisch zu den Plejaden. Es besteht demnach für die physischen Plejaden von der 3. bis zur 9. Größe ohne Ausnahme der enge gesetzmäßige Zusammenhang zwischen Helligkeit und Spektraltypus.

Es sei noch bemerkt, daß das deutlichere Hervortreten der K-Linie bei den schwächeren Sternen nicht etwa durch die mehr oder weniger reichliche Exposition der Spektren,



1) Spektrum bricht dicht hinter K ab.

2) Spektrum lichtschwächer als von 25, erstreckt sich aber viel weiter ins Ultraviolett.

3) Spektrum sehr lichtschwach, bricht dicht hinter K ab.

4) Vergl. Hertzprung: Zur Bestimmung der photographischen Sterngröße. A. N. 4204 Bd. 176 p. 55.

die von der Sternhelligkeit abhängt, vorgetäuscht sein kann. Es ist zwar eine kleine »Helligkeitsgleichung« in der Schätzung der Linien vorhanden, doch kommt dieselbe nach Versuchen mit verschieden lang exponierten Spektren, über die Herr Hertzsprung an anderer Stelle berichten wird, für das obige nicht in Betracht, wie man das übrigens auch bei unmittelbarer Betrachtung des Charakters der Spektren voraussehen kann.

Göttingen, 1910 Juni.

Die nach dem Vergleich der optischen und photographischen Helligkeitsmessungen plausiblen Farbenunterschiede der Plejadensterne — in dem Sinne, daß die schwächeren Sterne immer röter werden — finden in den spektralen Eigenschaften der Sterne ihre Bestätigung. Die Farbenänderung ist eine reine Funktion des Glühzustandes. Eine selektive Absorption im Raum als Erklärung für diese Erscheinung anzunehmen, ist offenbar unzulässig.

*Hans Rosenberg.*