

# Das räumliche Mischungsverhältnis der Zwerge und Riesen vom Spektraltyp G 5 und G 8

Von WERNER LOHMANN

Aus der Badischen Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl

(Z. Naturforsch. 3a, 253—258 [1948]; eingegangen am 5. April 1948)

Unter Berücksichtigung der interstellaren Absorption wird aus der Spektralklassifikation der BD-Sterne im Umkreis von  $5^{\circ}$  um den Nordpol das räumliche Mischungsverhältnis der Zwerge und Riesen vom Typ G5 und G8 bestimmt. Bei Annahme eines linearen Anstiegs der photovisuellen Gesamtabsorption auf 1"10 bei 450 pc ergeben sich die Verhältnisse der Sternanzahlen Zwerge : Riesen = 350 : 1 bzw. 50 : 1. Bei Annahme einer Absorptionsstufe vom gleichen Betrag in 270 pc entspr. 240:1 bzw. 38:1.

## 1. Zielsetzung

Die stellarististischen Untersuchungen der letzten 10 bis 20 Jahre haben zu der Erkenntnis geführt, daß die Zwergerne in Sonnenumgebung wesentlich häufiger sind als die Riesen. In allen älteren Hertzsprung-Russell-Diagrammen kam aber durch die bevorzugte Erfassung der Riesensterne infolge ihrer großen absoluten Helligkeit eher das Gegenteil zum Ausdruck. Auch das 1935 aufgestellte Diagramm von Adams u.a.<sup>1</sup>, dem Spektraltypen und spektroskopische absolute Helligkeiten von über 4100 Sternen zugrunde liegen, ist nicht frei von diesem Auswahlfehler. Beschränkt man sich aber auf die Sterne in dem vollständig erfaßbaren Raum von 5 pc Radius, so findet man nach v. Maanen<sup>2</sup> im Bereich der gelben und roten Sterne keinen einzigen Riesen mehr. Auch die Zahl der weißen Zwerge steigt prozentual an.

Der weiteren Klärung dieser Frage dient die folgende Untersuchung, die sich speziell mit dem räumlichen Mischungsverhältnis und der räumlichen Dichte der Zwerge und Riesen vom Spektraltyp G 5 und G 8 befaßt. Darunter ist das Verhältnis Anzahl der Zwerge : Anzahl der Riesen im gleichen Volumen zu verstehen und aus praktischen Gründen nicht wie beim scheinbaren Mischungsverhältnis der prozentuale Anteil der Zwerge von allen Sternen einer Spektralklasse. Die Grundlage dazu bilden die Spektren der BD-

Sterne im Umkreis von  $5^{\circ}$  um den Nordpol, die von Nassau und Seyfert<sup>3</sup> bestimmt worden sind. Da nun gerade in Richtung zum Nordpol interstellare Materie das sie durchsetzende Sternlicht rötet und schwächt, die photometrischen Entfernung und damit die räumlichen Sterndichten verfälscht, so muß zunächst die Wirkung dieser Polwolke untersucht und eliminiert werden.

## 2. Die Absorption der Polwolke

Die Diskussion des Beobachtungsmaterials geschieht am besten in zwei Schritten: a) Bestimmung der Gesamtabsorption der Polwolke im photovisuellen Spektralbereich und b) Zunahme der photovisuellen Absorption bis zu der Entfernung, in der die Gesamtwirkung erreicht wird.

a) Die einzige direkte Bestimmung der photographischen Gesamtabsorption unter Verwendung der Hubble'schen Nebelzählungen<sup>4</sup> ist von W. Becker<sup>5</sup> durchgeführt worden. In allen anderen Arbeiten wird oder muß sie aus der Rotverfärbung der Polsterne abgeleitet werden. Wenn die Verfärbung auch recht sicher bestimmt werden kann, so ist doch der Faktor, mit dem sie, d. h. der Farbenexzeß, in photovisuelle Absorption umgewandelt wird, nicht so sicher, wie es zu wünschen wäre. Der Grund hierfür ist in der Unsicherheit und evtl. lokalen Verschiedenheit des interstellaren Verfärbungsgesetzes zu suchen. Nach Miczaika<sup>6</sup> ist das  $\lambda^{-1}$ -Gesetz am wahrscheinlichsten. Abwei-

<sup>1</sup> W. S. Adams u. a., Astrophysic. J. 81, 187 [1935] = Contrib. Mt. Wilson Obs. Nr. 511.

<sup>2</sup> A. v. Maanen, Publ. Astronom. Soc. Pacific 45, 247 [1933].

<sup>3</sup> J. J. Nassau u. C. K. Seyfert, Astrophysic. J. 103, 117 [1946].

<sup>4</sup> E. Hubble, Astrophysic. J. 79, 8 [1934] = Contrib. Mt. Wilson Obs. Nr. 485.

<sup>5</sup> W. Becker, Z. Astrophysik 17, 285 [1939].

<sup>6</sup> G. R. Miczaika, Veröff. Bad. Landessternw. Heidelberg 14, Nr. 14 [1947].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

chend hiervon hat Greenstein<sup>7</sup> auf Grund der Sechs-Farben-Photometrie von Stebbins und Whitford<sup>8</sup> ein  $\lambda^{-0.56}$ -Gesetz aufgestellt.

Bezeichnet man mit  $E$  den Farbenexzess, mit  $A_{pg}$  bzw.  $A_v$  die photographische bzw. photovisuelle Absorption, so ist das Umrechnungsverhältnis im Falle des  $\lambda^{-1}$ -Gesetzes durch

$$\frac{E}{A_v} = \frac{A_{pg}}{A_v} - 1 = \frac{\lambda_v}{\lambda_{pg}} - 1$$

und

$$\frac{E}{A_{pg}} = 1 - \frac{A_v}{A_{pg}} = 1 - \frac{\lambda_{pg}}{\lambda_v}$$

gegeben<sup>6,9</sup>.  $\lambda_{pg}$  und  $\lambda_v$  sind die isophoten Wellenlängen. Mit  $\lambda_{pg} = 4400 \text{ Å}$  und  $\lambda_v = 5500 \text{ Å}$  ergibt sich dann

$$A_v = 4E \quad \text{bzw.} \quad A_{pg} = 5E.$$

Nach Greenstein gilt aber, wenn der bequemeren Rechnung halber das  $\lambda^{-0.56}$ -Gesetz durch ein  $\lambda^{-0.5}$ -Gesetz approximiert wird,

$$A_v = \frac{5500^{-0.5}}{4400^{-0.5} - 5500^{-0.5}} E = 8.3 E,$$

$$A_{pg} = \frac{4400^{-0.5}}{4400^{-0.5} - 5500^{-0.5}} E = 9.4 E.$$

Da nach Seares und Joyner<sup>10</sup> der Farbenexzess der Polwolke  $0.^m27$  beträgt, so ergibt sich daraus  $A_v = 1.^m08$  ( $\lambda^{-1}$ -Gesetz) bzw.  $A_v = 2.^m24$  ( $\lambda^{-0.5}$ -Gesetz). Seares und Joyner geben als Faktor bei  $E$  3,77 an, so daß dann  $A_v = 1.^m02$  ist. Ein etwas niedrigerer Wert für die photovisuelle Absorption am Pol errechnet sich nach Stebbins, Huffer und Whitford<sup>9</sup> zu  $0.^m075 \cdot 7 = 0.^m52$ . Wird schließlich die photographische Absorption Beckers von  $0.^m80$  in photovisuelle umgerechnet ( $\lambda^{-1}$ -Gesetz), dann hat man noch  $A_v = 0.^m64$ . Das Mittel der nochmals zusammengestellten Bestimmungen für  $A_v$

<sup>10</sup> 08 ( $\lambda^{-1}$ -Gesetz, 4E, Seares, Joyner),  
2,24 ( $\lambda^{-0.5}$ -Gesetz, 8,3E, Greenstein),  
1,02 ( $\lambda^{-1}$ -Gesetz, 3,77E, Seares, Joyner),

<sup>7</sup> J. L. Greenstein, Astrophysic. J. **104**, 403 [1946].

<sup>8</sup> J. Stebbins u. E. Whitford, Astrophysic. J. **98**, 20 [1943] = Contrib. Mt. Wilson Obs. Nr. 680; Astrophysic. J. **102**, 318 [1945] = Contrib. Mt. Wilson Obs. Nr. 712.

<sup>9</sup> J. Stebbins, C. M. Huffer u. A. E. Whitford, Astrophysic. J. **90**, 209 [1939] = Contrib. Mt. Wilson Obs. Nr. 617.

0,52 ( $\lambda^{-1}$ -Gesetz, Stebbins, Huffer, Whitford),  
0,64 (Nebelzählungen, Becker).

ist  $1.^m10$ . Dieser Wert ist als photovisuelle Absorption der Polwolke den weiteren Rechnungen zugrunde gelegt worden.

b) Die Untersuchungen über den Gang der Verfärbungen — und damit wohl auch der photovisuellen Absorption —, bis der Farbenexzess von  $0.^m27$  erreicht wird, lassen sich in zwei Gruppen teilen. Einmal solche, die bis etwa 250 pc keine, dann aber eine relativ sprunghafte Zunahme der Verfärbung bis zu ihrem Maximum postulieren (Stufe), und zweitens solche, bei denen die Verfärbung bis etwa 450 pc linear ansteigt. Dann erfolgt höchstwahrscheinlich keine weitere Verfärbung und Absorption mehr.

Zur ersten Gruppe gehört die bereits zitierte Arbeit von W. Becker. Die Stufe setzt bei 270 pc ein und endet bei 280 pc. Eine zweite Stufe bei 600 pc ist unsicher. Zwei Jahre später stellten Keenan und Babcock<sup>11</sup> aus lichtelektrischen Farbenindizes von 80 B8-A0-Sternen nördlich von  $80^\circ$  Deklination das Einsetzen der Verfärbung bei etwa 200 pc fest. Sie erreicht bei 300 pc fast ihren Maximalwert. Schließlich haben neuerdings Morgan und Bidelman<sup>12</sup> aus lichtelektrischen Farbenindizes der weißen Sterne der Polsequenz (NPS) das Ergebnis von Keenan und Babcock bestätigt. Auch hier setzt die Verfärbung bei 200 pc ein.

Zur zweiten Gruppe gehört vor allem die bereits zitierte Arbeit von Seares und Joyner, in der die Farbenindizes von etwa 1350 Sternen aller Spektraltypen nördlich von  $80^\circ$  Deklination nach Seares, Ross und Joyner<sup>13</sup> diskutiert und von systematischen Fehlern befreit worden sind. Die Verfärbung wächst hiernach linear auf  $0.^m27$  bei 450 pc an und bleibt dann konstant. Ein solcher linearer Anstieg hatte bereits 1941 die lichtelektrischen Beobachtungen von Stebbins, Huffer und Whitford<sup>14</sup> gut dargestellt (75 B8-A0-

<sup>10</sup> F. H. Seares u. M. C. Joyner, Astrophysic. J. **98**, 261 [1943] = Contrib. Mt. Wilson Obs. Nr. 684.

<sup>11</sup> P. C. Keenan u. H. W. Babcock, Astrophysic. J. **93**, 64 [1941].

<sup>12</sup> W. W. Morgan u. W. P. Bidelman, Astrophysic. J. **104**, 245 [1946].

<sup>13</sup> F. H. Seares, Ross u. M. C. Joyner, Carnegie Inst. Publ. Nr. **532** [1941].

<sup>14</sup> J. Stebbins, C. M. Huffer u. A. E. Whitford, Astrophysic. J. **94**, 215 [1941] = Contrib. Mt. Wilson Obs. Nr. 650.

Absorptionsstufe bei 270 pc			Linearer Anstieg der Absorption bis 405 pc		
$r$ (parsec)	$m_v$	Anzahl	$r$ (parsec)	$m_v$	Anzahl
0	< 9,89	22	0	< 9,79	
79	9,89	19	70	9,79	21
100	10,40	34	88	10,35	16
114	10,69	18	101	10,67	38
126	10,90	6	111	10,90	18
> 126	> 10,90		> 111	> 10,90	6
Summe bis $10^{m,90}$		93	Summe bis $10^{m,90}$		93

Tab. 1. Die Verteilung der G5-Zwerge ( $M_v = 5,40$ ).

Sterne nördlich von  $80^\circ$  Deklination), doch hat es den Anschein, als ob bei 220 pc eine Stufe angedeutet ist. Für die weiteren Rechnungen wäre es wünschenswert, zu wissen, welchen von beiden Ergebnissen der Vorrang gebührt, oder ob man vorteilhafterweise einen Kompromiß schließen soll. Wie schwer es ist, hierüber eine Entscheidung zu fällen, geht schon aus der älteren Arbeit von Stebbins, Huffer und Whitford hervor. Nur von der Lage zweier Sterne im Verfärbungs-Entfernungsdiagramm hängt es ab, ob auf einen linearen Anstieg von Anfang an oder eine Stufe zwischen 200 und 300 pc geschlossen werden kann. Es wurden deshalb in der vorliegenden Arbeit beide Fälle als Arbeitshypothesen berücksichtigt. Im Fall „Stufe“ springt die Verfärbung bzw. die photovisuelle Absorption bei 270 pc von  $0^m0$  auf  $0^m27$  bzw.  $1^m10$ . Im Fall „Linearer Anstieg“ ist das Anwachsen bis 450 pc durch  $0,27/450$  (Verfärbung) bzw.  $1,10/450 = 0,00245$  Größenklassen pro pc (photovisuelle Absorption) gegeben.

### 3. Das Beobachtungsmaterial und seine statistische Behandlung

Bei den G5-Sternen sind 19 als unsicher und ohne Zwerp(d)- bzw. Riesenmerkmal (g) von Nassau und Seyfert klassifiziert worden. Davon wurden 6 mit Farbenindizes kleiner als  $0^m96$  den Zwergen und 6 mit Farbenindizes größer als  $0^m96$  den Riesen zugeteilt. 7 als G5: klassifizierte Sterne wurden gestrichen, ebenso 5 ohne Helligkeitsangabe (schwächste BD-Sterne). Von den 97 dG5-Sternen sind 4 ohne Helligkeitsangabe — es handelt sich wieder um sehr schwache BD-Sterne — gestrichen worden. Von den dann übrig bleibenden 93 sind 20, d. h. 22%, als unsicher gekennzeichnet. Bei den gG5-Sternen mußten 13 aus demselben

Grund gestrichen werden, der Rest von 53 Sternen enthält 10, d. h. 19%, mit dem Merkmal der Unsicherheit. So stehen also 99 Zwerge 59 Riesen bei etwa gleicher prozentualer Unsicherheit gegenüber.

Bei den G8-Sternen sind 15 als unsicher und ohne Zwerp- bzw. Riesenmerkmal klassifiziert worden. Davon wurden 2 mangels Helligkeitsangaben und 3 mit G 8: Klassifizierung gestrichen. Von den restlichen 10 Sternen wurden 4 den Zwergen und 6 den Riesen zugeteilt, wobei der Farbenindex  $1^m08$  die Grenze bildete. Die Zahl der dG8-Sterne beträgt 22, unsicher sind 7, also 32%. Die Zahl der gG8-Sterne beträgt 142, von denen 6 mangels Helligkeitsangaben gestrichen wurden. Unsicher sind 30 Sterne, d. h. 22%. Insgesamt stehen sich also unter Berücksichtigung der 4 bzw. 6 zugeteilten Sterne 26 Zwerge und 142 Riesen gegenüber.

Für alle diese zu diskutierenden G5- und G8-Sterne wurden nun nicht einzeln die photometrischen Entfernung bestimmt, sondern gleich die Anzahl der Sterne in bestimmten definierten Entfernungsgruppen. Deren Zahl schwankt, je nach der Anzahl der Sterne, zwischen 2 und 5. Ihre Grenzen wurden so definiert, daß die dadurch entstehenden konzentrischen Kugelschalen gleiches Volumen besitzen sollen. So sind z. B. die Radien der 4 Schalen bei den dG5-Sternen (Tab. 1) in Einheiten des äußersten Radius (Grenzradius)  $r_4$

durch  $r_1 = \sqrt[3]{1/4} \cdot r_4$ ,  $r_2 = \sqrt[3]{2/4} \cdot r_4$ ,  $r_3 = \sqrt[3]{3/4} \cdot r_4$  gegeben. Dann ist  $r_4^3 - r_3^3 = r_3^3 - r_2^3 = r_2^3 - r_1^3 = r_1^3$ .

Nach den Formeln

$$5 \log r + 0,00245 r = m - M + 5 \quad (1)$$

$$5 \log r = m - M + 5 \quad (2)$$

$$5 \log r + 1,10 = m - M + 5 \quad (3)$$

wurden dann bei bekannter absoluter visueller Helligkeit  $M$  aus den scheinbaren visuellen Helligkeiten  $m$  die Radien  $r$  bestimmt. Für die Grenzhelligkeiten ergaben sich so die Grenzradien und umgekehrt dann aus den Schalenradien die entsprechenden scheinbaren Helligkeiten. Welche der drei obigen Formeln angewandt wurde, geht aus folgendem hervor:

- (1) für G5- und G8-Zwerge bei linearem Anstieg der Absorption,
- (2) für dieselben Sterne bei Absorptionsstufe, da sie noch vor dieser liegen,
- (3) für G5- und G8-Riesen in beiden Fällen, da sie mit einer einzigen Ausnahme weiter als 450 pc entfernt sind und daher um den festen Betrag 1,10 geschwächt werden.

Die absoluten photovisuellen Größen sind dem Buch von W. Becker<sup>15</sup> entnommen, also 5",40 bzw. 5",90 für die dG5- bzw. dG8-Sterne und 0",50 für die Riesen beider Unterklassen.

Für jede einzelne Schale konnte nun die Anzahl der in sie fallenden Sterne bestimmt werden, die damit der räumlichen Dichte proportional ist. Bei Berechnung der räumlichen Dichten selbst mußte natürlich noch Rücksicht darauf genommen werden, daß es sich nicht um den ganzen Raum, sondern nur um einen kegelförmigen bzw. kegelstumpfförmigen Ausschnitt mit der Spitze im Sonnensystem handelt. Als Grenzhelligkeiten der einzelnen Spektralunterklassen wurden 10",90 für dG5, 10",80 für gG5 und 10",70 sowohl für dG8 als auch für gG8 abgeschätzt. Es kann bei diesen Werten, die etwa um 0",3 bis 0",4 heller sind als die schwächsten katalogisierten Sterne, mit ziemlicher Vollständigkeit des Beobachtungsmaterials gerechnet werden.

#### 4. Die Ergebnisse

Die Ergebnisse sind mit ihren Rechenunterlagen in den Tabellen 1—4 zusammengestellt. Bei den Zwergen trat eine Aufspaltung je nach der Arbeitshypothese ein, bei den Riesen mit ihren größeren Entfernung tauchte diese Frage nur bei der ersten Schalengrenze  $r = 387$  pc der G8-Sterne auf. Indessen unterscheiden sich die Sternanzahlen innerhalb der G5- und G8-Zwergen nur unwesentlich voneinander. Es ist daher auch nicht möglich, der einen oder der anderen Arbeitshypo-

<sup>15</sup> W. Becker, Sterne und Sternsysteme, Stein-kopff, Dresden und Leipzig, 1942, S. 45.

$r$ (parsec)	$m_v$	Anzahl
0	< 10,00	19
480	10,00	24
605	10,51	12
692	10,80	4
> 692	> 10,80	
Summe bis 10",51		43

Tab. 2. Die Verteilung der G5-Riesen ( $M_v = 0,50$ ).

these den Vorrang zu geben. Damit ist natürlich auch keine Entscheidung zugunsten der „Stufe“ oder dem „linearen Anstieg“ mit diesem Material möglich. Von Bedeutung ist vielmehr praktisch nur der volle Betrag der photovisuellen Absorption.

Bis zur Grenzgröße 10",90 gibt es 93 G5-Zwergen, die eine Häufung zwischen 100 und 114 pc zeigen. Unter der wahrscheinlich berechtigten Annahme, daß es sich hierbei um einen Zufall handelt, darf die räumliche Dichte bis 126 bzw. 111 pc als konstant betrachtet werden.

Bei den G8-Zwergen gibt es bis zur Grenzgröße 10",70 nur 21 Sterne, die auch räumlich als gleichmäßig verteilt angesehen werden können.

Von diesem Verhalten scheinen die Riesen, vor allem beim Typ G8 abzuweichen. Mit Ausnahme der Lücke zwischen 487 und 557 pc ist bei diesen eine Abnahme der Sternzahlen mit wachsender Entfernung festzustellen. Um deshalb den Verhältnissen in Sonnenumgebung einigermaßen gerecht zu werden, sind nur die 84 Sterne bis 487 pc als gleichverteilt in diesem Raum angenommen worden.

Die geringere Zahl der G5-Riesen läßt auf ein ähnliches Verhalten, allerdings mit geringerer Sicherheit, schließen. Es wurde deshalb auch hier konstante räumliche Dichte nur der 43 Sterne bis 605 pc angenommen.

Aus diesen Unterlagen berechnen sich die Mischungsverhältnisse  $v = \text{Zwergen} : \text{Riesen}$  zu

$$\text{G 5, lin. Abs. } v = \frac{93}{43} \cdot \frac{605^3}{111^3} = 350:1,$$

$$\text{G 5, Stufe } v = \frac{93}{43} \cdot \frac{605^3}{126^3} = 240:1,$$

$$\text{G 8, lin. Abs. } v = \frac{21}{84} \cdot \frac{487^3}{83^3} = 50:1,$$

$$\text{G 8, Stufe } v = \frac{21}{84} \cdot \frac{487^3}{91^3} = 38:1$$

Absorptionsstufe bei 270 pc			Linearer Anstieg der Absorption bis 450 pc		
$r$ (parsec)	$m_v$	Anzahl	$r$ (parsec)	$m_v$	Anzahl
0	< 10,19	12	0	< 10,16	12
72	10,19	9	66	10,16	9
91	10,70	5	83	10,70	5
> 91	> 10,70		> 83	> 10,70	
Summe bis 10,"70		21	Summe bis 10,"70		21

Tab. 3. Die Verteilung der G8-Zwerge ( $M_v = 5,90$ ).

und die räumlichen Dichten  $\rho$  (Anzahl der Sterne pro 1000 pc<sup>3</sup>) zu

G5-Zwerge, lin. Abs.	$\rho = 8,5$ ,
G5-Zwerge, Stufe	= 5,8,
G5-Riesen	= 0,024,
G8-Zwerge, lin. Abs.	= 4,6,
G8-Zwerge, Stufe	= 3,5,
G8-Riesen	= 0,092.

Größenordnungsmäßig liegen die mittleren Dichten der Zwerge dieser beiden Spektralunterklassen also bei 5,6 und die der Riesen bei 0,058. Dem entspricht wiederum ein Mischungsverhältnis von rund 100 : 1. Von diesem Durchschnittswert wird man aber zweckmäßig bei Vergleichen mit Ergebnissen von anderer Seite nur dann Gebrauch machen, wenn dort keine Trennung zwischen G5- und G8-Sternen vorgenommen ist. Hier weisen ja schon die zuerst erhaltenen Mischungsverhältnisse, die sich um einen Faktor 6 bis 7 in den beiden Unterklassen unterscheiden, darauf hin, daß die kosmischen Häufigkeiten in Sonnenumgebung sehr verschieden sind. Das fällt vor allem in der etwa 4-mal so kleinen Zahl der G5-Riesen im Verhältnis zu den G8-Riesen auf. Dieses Phänomen hebt sich auch schon aus den gewöhnlichen Russell-Diagrammen hervor und dürfte dort durch Auswahleffekte weniger verzerrt sein als das Mischungsverhältnis Zwerge : Riesen.

### 5. Vergleiche

Die vorliegenden Ergebnisse können mit anderen nur unter gewissen Konzessionen verglichen werden, da in dem kegelartigen Raum in Richtung zum Pol selbstverständlich auch von Natur aus Unterschiede hinsichtlich Dichteverlauf und Mischungsverhältnis gegenüber anderen Richtungen innerhalb des galaktischen Systems zu erwarten sind.

Aus den Zahlen der Tab. 2 und 4 geht hervor, daß die räumliche Dichte der G5- und G8-Rie-

$r$ (parsec)	$m_v$	Anzahl
0	< 9,39	38
387	9,39*)	46
487	10,04	15
557	10,33	23
614	10,54	14
661	10,70	6
> 661	> 10,70	
Summe bis 10,"04		84

\* Linearer Anstieg der Absorption.

Tab. 4. Die Verteilung der G8-Riesen ( $M_v = 0,50$ ).

sen etwa von der Entfernung 500 bis 600 pc abnimmt. Das stimmt qualitativ mit der Feststellung von Schwassmann und van Rhijn<sup>16</sup> überein, wonach senkrecht zur galaktischen Ebene die Dichte der G8-Sterne ziemlich gleichmäßig abnimmt. In Einheiten der Dichte in Sonnenumgebung beträgt diese in 200 pc Entfernung 0,58, in 400 pc Entfernung 0,31 und in 750 pc Entfernung schließlich nur noch 0,14. Unter Berücksichtigung der galaktischen Breite des Poles von  $+28^\circ$  (galaktische Länge  $90^\circ$ ) entsprechen die vorliegenden Ergebnisse konstanter Dichte bis etwa 250 pc Entfernung. Dann erst nimmt die Dichte ab. Ähnliches finden Bok und Rendall-Arons<sup>17</sup> innerhalb der galaktischen Ebene in Richtung Monoceros für gG0-gM-Sterne. Bis 200 pc ist die Sterndichte konstant und beginnt dann bis 500 pc abzufallen.

Die Konstanz der Dichte der hier betrachteten Riesen scheint durch ein kleines Maximum in etwa 400 bis 500 pc Entfernung gestört zu sein. Wenn die geringe Zahl der Sterne natürlich kei-

<sup>16</sup> A. Schwassmann u. P. J. van Rhijn, Z. Astrophysik **10**, 161 [1935].

<sup>17</sup> B. J. Bok u. J. M. Rendall-Arons, Astrophysic. J. **101**, 280 [1945].

nen endgültigen Schluß gestattet, so ist dieses Verhalten doch nichts Ungewöhnliches. Abgesehen davon, daß die Sonne nicht in einem galaktischen Raumteil homogener Beschaffenheit liegen muß, hat McCuskey<sup>18</sup> Ähnliches in Richtung zum Gegenzentrum der Galaxis zwischen den galaktischen Längen  $148^\circ$  und  $164^\circ$  für Sterne aller Spektralklassen festgestellt. Die Dichte fällt auch da erst nach Annahme eines Maximums bei etwa 200 pc ab. Da über Entfernungen von 600 bis 700 pc hinaus mangels Materials nichts ausgesagt werden kann, sind natürlich auch entsprechende Vergleiche unmöglich.

In Tab. 8 der Arbeit von Schwassmann und van Rhijn<sup>16</sup> findet man als Logarithmen der Anzahlen der G-Sterne für Zwerge bzw. Riesen  $7,15 - 10$  bzw.  $5,14 - 10$ . Der Differenz 2,01 entspricht genau das oben gefundene Durchschnitt-

<sup>18</sup> S. W. McCuskey, Astrophysic. J. **102**, 32 [1945].

liche Mischungsverhältnis 100:1. Man darf daraus schließen, daß die Klassifikation der Spektren von Nassau und Seyfert frei von stark entstellenden systematischen Fehlern ist.

Die zufälligen Fehler dürften sich aber auch in Grenzen halten, die den Unterschied der Mischungsverhältnisse der G5- und G8-Sterne nicht als unverbürgtinstellen. Nimmt man im Durchschnitt als Unsicherheit der Spektralklassifikation 25 % an, so ist das gleichzeitig die Unsicherheit der räumlichen Dichten. Für die Mischungsverhältnisse folgt dann nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz  $25 \cdot \sqrt{2} \% = 35\%$ . Damit liegen die unteren Grenzen der beiden Mischungsverhältnisse für G5 von 230:1 bzw. 160:1 noch deutlich über den oberen Grenzen 70:1 bzw. 50:1 für die G8-Sterne. Man darf also den Unterschied der Mischungsverhältnisse, der einem Faktor 6 bis 7 entspricht, für reell halten.

## ζ Ophiuchi, ein ungewöhnlicher B0-Stern

Von UDO BECKER

Aus der Badischen Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl  
(Z. Naturforsch. **3a**, 258—259 [1948]; eingegangen am 12. Juni 1948)

Im Spektrum von ζ Ophiuchi wurden Äquivalentbreiten gemessen und aus ihnen Elektronendichte, Elektromendruck und Schwerebeschleunigung sowie Häufigkeit von Wasserstoff und Helium bestimmt. Elektronendruck und effektive Schwerebeschleunigung sind für einen Hauptreihenstern ungewöhnlich hoch.

Das Spektrum des B0-Sterns ζ Ophiuchi fiel hier anlässlich einer Untersuchung über die Zahl der erkennbaren Balmer-Linien in Abhängigkeit von der absoluten Helligkeit auf<sup>1</sup>. Die Balmer-Serie endet bereits mit H14. Da die absolute Leuchtkraft des Sternes aus der spektroskopischen Parallaxe in Schlesinger's Katalog<sup>2</sup> —  $2.^m7$  und nach Williams<sup>3</sup> —  $4.^m3$  beträgt, sollte man die Balmer-Serie mindestens bis H17 verfolgen können. Aus dem frühen Verschwinden der Balmer-Serie wäre  $M \sim 0^m$  zu erwarten. Die H- und HeI-Linien sind ungewöhnlich stark verbreitert und diffus. Die Profile sind ganz flach. Von einem Linienkern ist nichts zu bemerken. Nur einige Metall-Linien sind schwach angedeutet.

<sup>1</sup> G. R. Miczaika, Z. Astrophysik = Heidelberg. Mitt. Nr. 61 [1948], im Druck.

<sup>2</sup> F. Schlesinger u. L. F. Jenkins, General Catalogue of Stellar Parallaxes, New Haven 1935.

Auch sie sind kräftig verbreitert. Die schwächeren Linien sind offenbar durch den Verbreiterungsmechanismus ausgelöscht. Daß der Stern ein Zwerg ist, muß aus dem Verhalten der HeI-Linien angenommen werden. Die Triplet-Linien der diffusen Nebenserien sind merklich verstärkt gegenüber Singulett-Linien.

ζ Ophiuchi scheint ein ungewöhnliches Objekt zu sein. Unsöld<sup>4</sup> berechnet aus den Totalabsorptionsn von Williams<sup>5</sup> für H $\gamma$  und H $\delta$  mit Hilfe der Holtsmarkschen Theorie  $\log N_e = 14,86$  und  $\log P_e = 3,33$ . Besonders  $\log g_{eff} = 5,49$  paßt schlecht zu der absoluten Helligkeit des Sternes. Unsöld hält die Werte für zweifelhaft; vor allen Dingen

<sup>3</sup> E. G. Williams, Astrophysic. J. **83**, 279 = Mt. Wilson Contrib. **540** [1936].

<sup>4</sup> A. Unsöld, Z. Astrophysik **23**, 100 [1944].

<sup>5</sup> E. G. Williams, Astrophysic. J. **83**, 306 = Mt. Wilson Contrib. **541** [1936].