

LICHTELEKTRISCHE BEOBACHTUNGEN DES Ap STERNES HD 98088

H.M. MAITZEN

Astronomisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, Germany

Eingegangen am 27. Dezember 1972

PHOTOELECTRIC OBSERVATIONS OF THE Ap STAR HD 98088

Photoelectric observations of HD 98088 in 11 filters (*UBV*, *uvby*, H-Gamma-Broad, H-Beta-Broad and two intermediate band filters at 5030 and 5240 Å) revealed the following features of this Ap star:

- 1) A marked light variation is visible only in *U*, *v*, *B*.
- 2) In *B* there are two maxima and minima, the maxima being slightly different; the depth of the secondary minimum is less than half the primary.
- 3) The primary minimum is very close to superior conjunction of this binary where the variation of the Sr and Eu lines exhibits a primary maximum. The secondary minimum of the light curve is related to the secondary maximum of these line strengths.
- 4) The intensity distribution relative to the comparison star HD 98853 shows two depressions: a deep one (up to 25%) around 4120 Å, where the maximum light variation occurs, and a smaller one (10%) at 5240 Å. Both phenomena have already been found in the Eu-Cr-objects HD 221568 and HD 125248.
- 5) From the *b-y* value one can deduce a spectral type of about A4. This is in far better agreement with the H-Gamma spectral type of A2.6V derived by Abt *et al.* (1968) than the classification of gF0p by Wilson and Joy (1950).

Key words: Ap stars – multicolor variability – HD 98088

1. EINFÜHRUNG

Pekuliare A Sterne sind relativ schwach veränderlich in ihrer Helligkeit, innerhalb der Grenzen ihrer Variabilität (max. 20–30%) bietet sich aber bisweilen ein recht kompliziertes Bild der Helligkeitsamplitude in Abhängigkeit von der Wellenlänge dar, das von der traditionellen *UBV* Photometrie nur ungenügend erfaßt wurde. Ein schönes Beispiel dafür bietet die Beobachtung von HD 125248 in *UBV* durch Maitzen und Rakosch (1970) verglichen mit der Vielfarbenphotometrie desselben Sterns durch Maitzen und Moffat (1972). Ausgehend von dieser Erkenntnis wurde ein Vielfarbenphotometrie-Programm zur Beobachtung von Ap Sternen erstellt mit dem Ziel einen Zusammenhang von spektralen und photometrischen Eigenschaften dieser Sterne zu ermitteln. Dabei geht es nicht nur um den Phasenzusammenhang, der ja in Grundzügen schon seit längerem bekannt ist, sondern auch um die Bestimmung der Kontinuumsintensität (relativ zu einem normalen A Stern) bei verschiedenen Wellenlängen. HD 98088 wurde aus mehreren Gründen in dieses Programm aufgenommen: Er gehört zu den wenigen Ap Sternen, welche einen Begleiter besitzen. Darüber hinaus umläuft er diesen aber in gebundener Rotation. Seine Periode beträgt 5.90513 Tage mit der Epoche (Periastron) J.D. 2434419.13 nach Abt *et al.* (1968). Die Lage des Periastrons scheint sich nach dieser Arbeit schneller als üblich zu verändern. Nach Babcock (1958) variiert das Magnetfeld von HD 98088 zwischen +1000 und –1200 Gauss, wobei der positive Magnetpol mit dem Maximum der Sr Variation korreliert ist. Problematisch war die Spektralklassifikation gF0p von Wilson und Joy (1950). Abt *et al.* befaßten sich daher in der zitierten Arbeit (1968) ausführlich mit der Frage, ob es sich bei HD 98088 um keinen Hauptreihenstern handele. Aus Spektren hoher Dispersion erhielten sie aus den H-Gamma-Profilen A2.6V für diesen Ap Stern.

Da HD 98088 auch veränderliche Eu Linien aufweist und bislang keine Photometrie dafür durchgeführt wurde, war es interessant zu testen, ob man eine Analogie zum photometrischen Verhalten der Eu veränderlichen Ap Sterne HD 221568 und HD 125248 finden könne (vgl. Maitzen und Moffat 1972). Zu erwähnen ist noch, daß bei Abt *et al.* (1968) eine kurze *UBV* Photometrie von HD 98088 erwähnt wird, deren Ziel es war, eine eventuelle Bedeckungsveränderlichkeit des Doppelsystems festzustellen. Da die Helligkeitsschwankungen aber im Bereich einiger Prozente blieben, wurde diese Möglichkeit verworfen. Ziel dieser vorliegenden Arbeit war die Beobachtung von HD 98088 in mehreren Farben zur Feststellung von Amplitude und Kontinuumshelligkeit in verschiedenen Wellenlängenbereichen.

2. DIE BEOBACHTUNGEN

Diese wurden zunächst, 1969, nur im *UBV* System durchgeführt, und zwar mit dem 60-cm-Cassegrain-Reflektor des Astronomischen Institutes der Ruhr-Universität Bochum auf La Silla, Chile. Dieser ist samt Photometer von Schmidt-Kaler und Dachs (1969) beschrieben. 1970 und 1971 erfolgten ergänzende *UBV* Beobachtungen am selben Ort. Diese wurden zunächst um die 4 Filter des Strömgrens systems und Ende 1971 um vier weitere Filter erweitert: H-Beta-Breit, g1 (5030 Å), g2 (5240 Å) und H-Gamma-Breit. Bis auf das letztere Filter sind die übrigen in Tabelle 1 bei Maitzen und Moffat (1972) samt den zugehörigen Extinktionskoeffizienten beschrieben. Die Werte für H-Gamma-Breit finden sich bei Schmidt-Kaler und Dachs (1969), der dafür benutzte Extinktionskoeffizient beträgt 0^m29 .

Als Vergleichssterne diente für den überwiegenden Teil der Messungen HD 97037 (GO), der wegen seiner Helligkeitsdifferenz und seinem Abstand zu HD 98088 als Notlösung bezeichnet werden muß. Da sein Spektraltyp auch ziemlich verschieden ist, mußten für *B* und *U* Farbextinktionskorrekturen durchgeführt werden (-0^m025 bzw. 0^m025). Erst in der Meßserie Ende 1971 wurde ein zweiter Vergleichssterne benützt: HD 98853, dessen Spektraltyp (A2) wesentlich günstiger liegt.

Zwischen beiden Vergleichssternen ergaben sich folgende Helligkeitsdifferenzen:

HD 98853 – HD 97037: u : $-0^{\text{m}}178$; v : $-0^{\text{m}}520$; b : $-0^{\text{m}}210$
 γ : $0^{\text{m}}121$

Eine Messung bestand aus jeweils 1–3 Serien: Vergleichsstern-Stern-Vergleichsstern.

Da aus der vorliegenden Beobachtungsreihe keine genauere Periodenbestimmung möglich ist, wurde mit der bekannten Periode $P = 5.905$ Tage und der Epoche J.D. 2434419.13 Tage gerechnet. Die Ergebnisse findet man in Tabelle 1, die Lichtkurven (HD 98088 – HD 97037) in Abb. 1. Darin sind auch nach einer Umrechnung die Messungen mit dem zweiten Vergleichssterne enthalten. Zum Vergleich wurden in die *UBV* Lichtkurven die Messungen von Golson (in: Abt *et al.* 1968) als offene Kreise eingepaßt.

Die *UBV* Lichtkurven sind sehr gut belegt, während sich aus zeitlichen Gründen die Messungen in den anderen Filtern auf das Notwendigste beschränken mußten. Da die Zahl der Meßpunkte in H-Gamma-Breit, H-Beta-Breit, g1 und g2 zu gering ist, wurde dafür keine graphische Darstellung vorgesehen.

3. DISKUSSION DER RESULTATE

Sehr auffällig ist die Form der B und v Kurve mit einer Doppelwelle, die durch ein tiefes Primärminimum und ein deutlich kleineres Sekundärminimum bei den Phasen 0.4 und 0.9 erzeugt wird. Diese Phasen stimmen nach Abt *et al.* (1968) aber fast genau mit der Lage des Primärmaximums der Sr II und Eu II Linien überein, bzw. mit dem Sekundärmaximum dieser Linien. Die Phase 0.35 entspricht der Oberen Konjunktion, die Phase 0.89 der Unteren Konjunktion des Systems. Die beiden Maxima sind ungleich hell, das Primärmaximum liegt ungefähr 0.1 Phasen hinter dem Periastron. Dessen Lage hingegen ist nicht ganz unproblematisch, weil

sich nach Abt *et al.* (1968) eine um den Faktor 2 erhöhte Apsidenbewegung für HD 98088 ergab, die aber noch durch weitere Beobachtungen gestützt werden mußte. Diese Beobachtungen wurden vom Verfasser durchgeführt (Maitzen 1973).

Die *U* Lichtkurve ist von einer sehr starken Streuung gekennzeichnet, die eine Ähnlichkeit mit den vorhin diskutierten Lichtkurven nur erahnen läßt. Diese Streuung läßt sich trotz ungünstiger Beobachtungsbedingungen nur teilweise durch Beobachtungseinflüsse erklären. Jedenfalls ist die Amplitude des *U* Lichtwechsels schon deutlich geringer und beträgt bei *u* nur mehr rund 1%. Dasselbe Bild ergibt sich, wenn man zum roten Spektralbereich übergeht, wo die Intensitätsunterschiede auch nur 1% betragen. Durch die gute Belegung der *V* Lichtkurve kann man erkennen, daß dort nur mehr ein Minimum und ein Maximum auftritt, die in ihrer Phasenlage etwas gegen die Extrema der *B* Kurve verschoben sind. Auch die nicht graphisch dargestellten Messungen in den übrigen Filtern bestätigen den Befund, daß im betrachteten Bereich ein deutlich ausgeprägter Lichtwechsel nur bei 4000–4250 Å festgestellt werden kann. Da H-Gamma-Breit nur um ca. 1.5% variiert, kann man schließen, daß der Lichtwechsel in *B* hauptsächlich von der blauen Flanke des Filters stammt.

In Abb. 2 ist der Verlauf der Kontinuumshelligkeit von HD 98088 im bezug auf HD 98853 dargestellt. Da die *UBV* Messungen nicht mit diesem Vergleichssterne durchgeführt wurden und die Breitbandmessungen das Bild nicht klarer machen würden, sind nur die Helligkeitswerte für Filter mittlerer Bandbreite eingezeichnet.

Deutlich fällt die tiefe Einsenkung bei *v* (20%) ins Auge. In dieser Farbe tritt auch die größte beobachtete Amplitude des Lichtwechsels auf. Eine zweite, kleinere Einsenkung findet man bei *g*₂ (5240 Å). Beide Erscheinungen wurden auch bei den Eu-Cr-Objekten HD 221568 und HD 125248 gefunden (vgl. Maitzen und Moffat 1972) und weisen vor allem auf Eu als Opazitätsquelle hin. Durch Spektrum-Scannermessungen sollte die Frage untersucht werden, welchen Beitrag auch die bei diesem kühleren Ap Stern typischerweise herausragenden Sr Linien dazu leisten.

Zur Frage nach dem Spektraltyp von HD 98088 kann man die Ergebnisse dieser Photometrie ebenfalls heranziehen. Wenn man von A2 für den Vergleichssterne HD 98853 ausgeht, so erhält man aus den differentiellen *b–y* Werten ungefähr A4, wobei noch der Einfluß des um den Faktor 3 schwächeren A8 Begleiters (Abt *et al.* 1968) zu berücksichtigen war. Es ist aus Abb. 2 leicht erkennbar, daß *B–V* Werte durch die tiefe Einsenkung bei 4200 Å einen verfälschten photometrischen Spektraltyp liefern.

LITERATUR

- Abt, H. A., Conti, P. S., Deutsch, A. J. und Wallerstein, G.: 1968, *Astrophys. J.* **153**, 117.
 Babcock, H. W.: 1958, *Astrophys. J. Suppl.* **3**, Nr. 30.
 Maitzen, H. M. und Moffat, A. F. J.: 1972, *Astron. Astrophys.* **16**, 385.
 Maitzen, H. M. und Rakosch, K. D.: 1970, *Astron. Astrophys.* **7**, 10.
 Maitzen, H. M.: 1973 (in Vorbereitung).
 Schmidt-Kaler, Th. und Dachs, J.: 1969, *ESO Bull.* Nr. 5, 15.
 Wilson, R. E. und Joy, A. H.: 1950, *Astrophys. J.* **111**, 221.

H. M. Maitzen

Astronomisches Institut der Ruhr-Universität,
 D-4630 Bochum,
 Postfach 2148, Germany

Tabelle 1 Lichtkurve von HD 98088

F.s. U:			F.s. B:		
1) u:			1.111		
a) mit Vergleichssterne HD 97037:			1.089		
J.D. (2440000+) Phase Δm			1.085:		
963.85	.335	-.329	1.115		
964.84	.503	-.530	1.114		
968.84	.180	-.332	1.103		
969.84	.347	-.528	1.101		
970.82	.516	-.518	1.115		
971.79	.679	-.525	1.105		
972.78	.848	-.527	1.107		
978.80	.866	-.942	1.105		
1043.69	.856	-.928:	1.112		
b) mit Vergleichssterne HD 98853:			1.118		
1285.85	.854	-.749	1.111		
1287.84	.202	-.751	1.107		
1288.84	.570	-.750	1.104		
1289.85	.542	-.752	1.103		
1291.84	.879	-.757	1.102		
1292.84	.049	-.760	1.115		
2) U: mit Vergleichssterne HD 97037			1.108		
361.54	.335	-.581	1.107		
368.52	.517	-.585	1.105		
369.48	.679	-.589	1.107		
371.48	.019	-.990	1.107		
373.48	.353	-.981	1.104		
375.48	.697	-.985	1.103		
376.55	.714	-.996	1.102		
381.51	.717	-.996	1.105		
386.50	.562	-.992	1.104		
387.49	.729	-.994	1.099		
388.47	.897	-.993	1.099		
389.49	.069	-.995	1.099		
390.49	.238	-.996	1.092		
392.49	.577	-.995	1.094		
393.47	.742	-.995	1.111		
395.49	.085	-.998	1.100		
396.48	.252	-.991	1.102		
401.46	.096	-.998	1.116		
402.47	.267	-.993	1.105		
403.47	.437	-.985	1.117		
404.47	.605	-.998	1.084		
406.47	.944	-.1.000	1.099		
713.53	.944	-.998	1.099		
714.53	.114	-.1.003	1.094		
715.52	.281	-.999	1.111		
717.51	.619	-.1.006	1.100		
718.60	.802	-.1.006	1.116		
720.61	.143	-.1.003	1.105		
721.49	.292	-.1.002	1.117		
724.49	.800	-.999	1.084		

3) V:			1.170:		
a) mit Vergleichssterne HD 97037:			1.149		
963.85	.335	-.335	1.167		
964.84	.502	-.347	1.156		
969.82	.516	-.371	1.187		
970.82	.679	-.347	1.180		
971.79	.867	-.1.182	1.182		
972.78			1.182		
978.80			1.182		
b) mit Vergleichssterne HD 98853:			1.182		
1285.85	.854	-.666	1.182		
1287.84	.202	-.677	1.182		
1288.84	.370	-.643	1.182		
1289.85	.542	-.648	1.182		
1291.84	.879	-.655	1.182		
1292.84	.049	-.679	1.182		
4) H-Gamma-Breit: mit Vergleichssterne HD 96853			1.182		
1285.85	.854	-.666	1.182		
1287.84	.202	-.677	1.182		
1288.84	.370	-.643	1.182		
1289.85	.542	-.648	1.182		
1291.84	.879	-.655	1.182		
1292.84	.049	-.679	1.182		
5) U: mit Vergleichssterne HD 97037			1.182		
361.52	.332	-.1.097	1.182		
368.52	.517	-.1.094	1.182		
369.48	.679	-.1.103	1.182		
369.60	.701	-.1.111	1.182		
371.43	.019	-.1.111	1.182		

6) b:			1.182		
a) mit Vergleichssterne HD 97037			1.182		
963.85	.334	-.967	1.182		
964.84	.502	-.960	1.182		

Tabelle 1 (Fortsetzung)

[illegible]

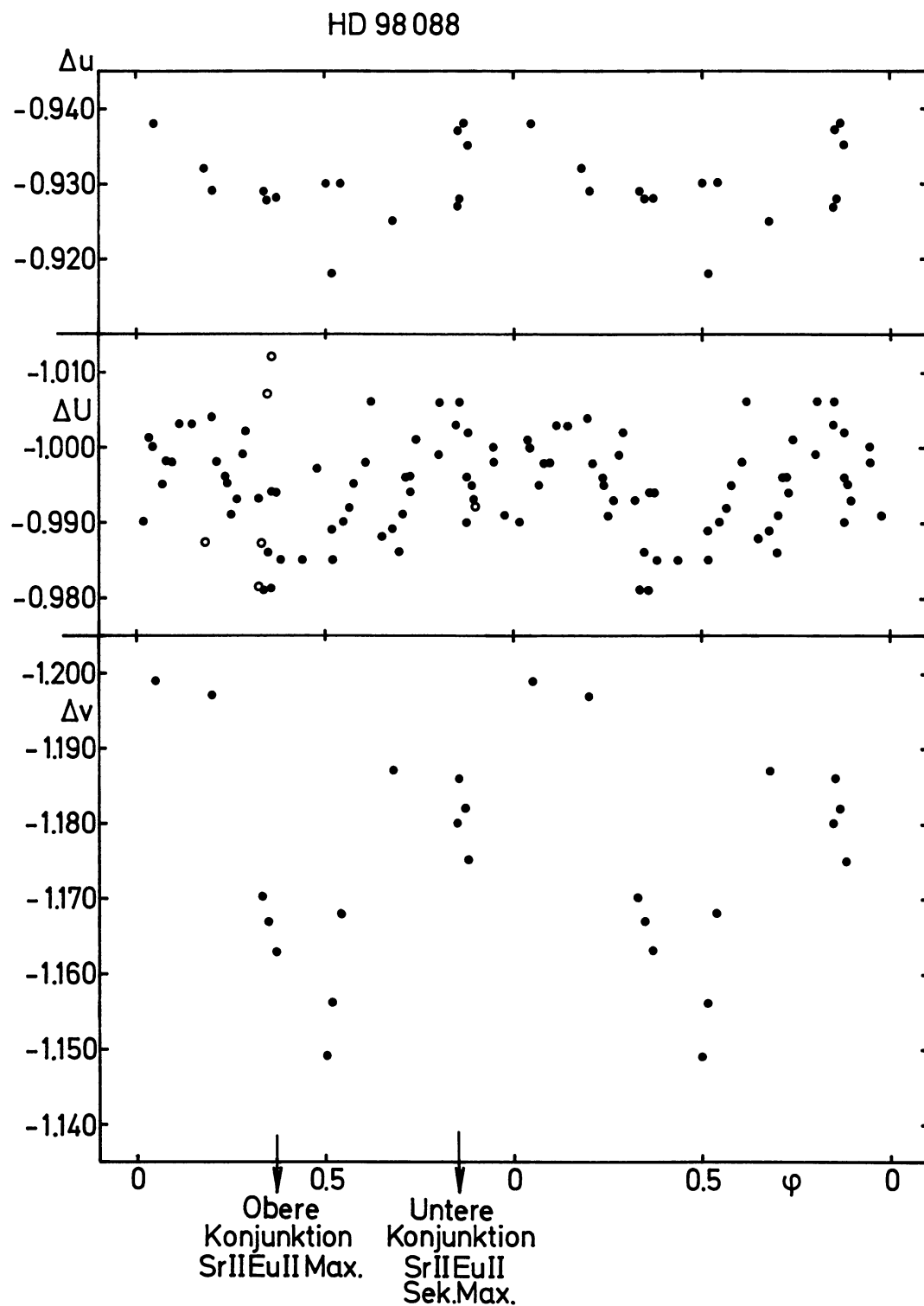
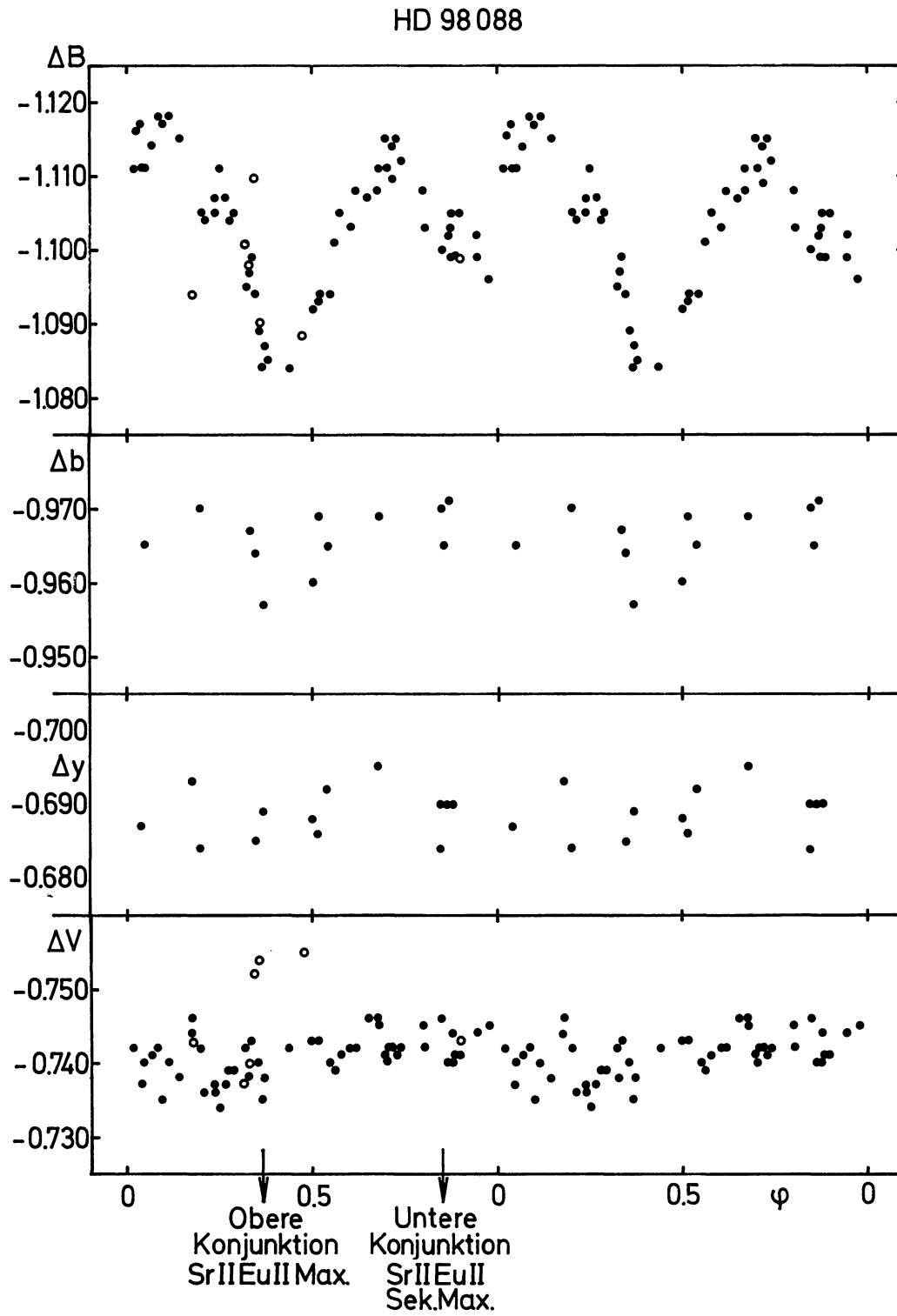


Abbildung 1 Lichtkurven von HD 98088 bezogen auf den Vergleichssterne HD 97037. Ordinatenwerte in Größenklassen. Messungen von Golson (s. Text) sind als offene Kreise dargestellt.



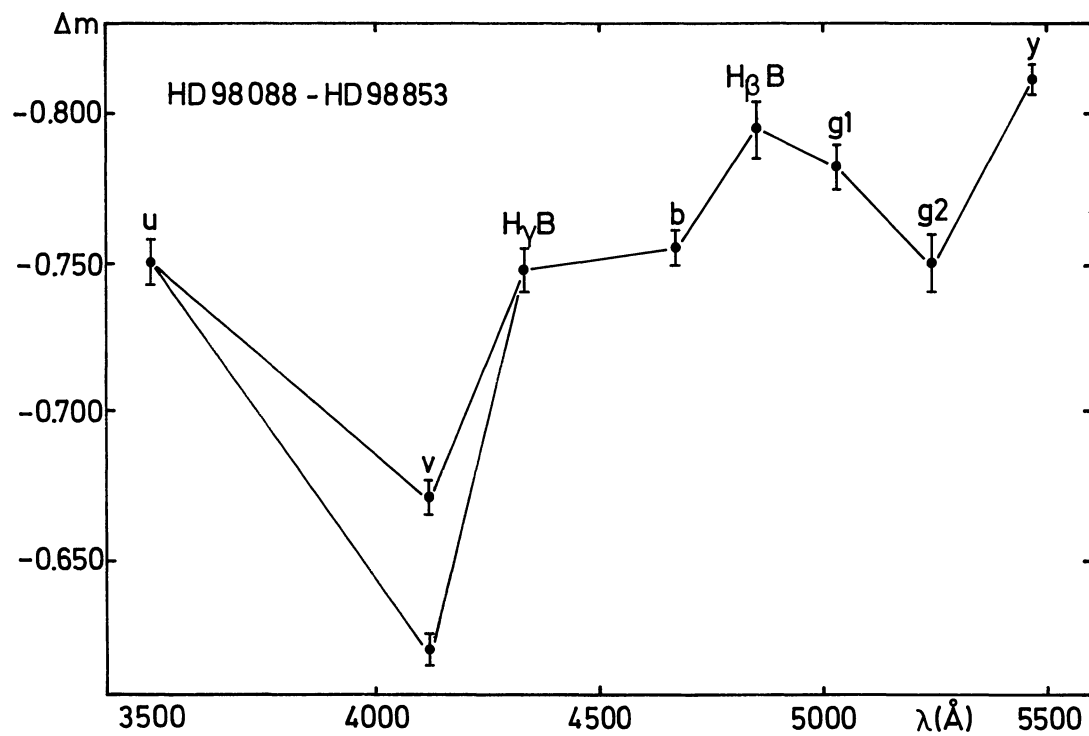


Abbildung 2 Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Wellenlänge für HD 98088 relativ zu HD 98853. In v ist der Linienzug einmal auf die Phase größter Helligkeit, dann auf jene der geringsten Helligkeit bezogen.