

# A chemically peculiar Be-shell star in a sub-solar metallicity solution for the post-mass-transfer eclipsing binary V658 Car

Norbert Hauck

Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV),  
Munsterdamm 90, 12169 Berlin, Germany; hnhauck@yahoo.com

**Abstract:** *V658 Car (HD 92406) is a newborn resp. rejuvenated shell star binary system at the age of only 1 Myr after the end of mass transfer. In this renewed study the peculiarities of the Be star are at first by-passed by the determination of the properties of the contracting hot subdwarf precursor, but finally resolved by combining photometric data and radial velocity results with existing stellar models. For the effective temperatures, radii and masses we get about 12900 K, 1.92/2.20  $R_{\text{sun}}$  and 4.49  $M_{\text{sun}}$  for the Be star, and about 18400 K, 1.87  $R_{\text{sun}}$  and 0.56  $M_{\text{sun}}$  for its companion star. The Be star has a rotational velocity of 336 km/s and is surrounded and dimmed in our view by a large and luminous equatorial decretion disk having a radius of  $\sim 42 R_{\text{sun}}$ . According to stellar models these results fit to a surprisingly low metallicity  $Z$  of 0.003 and a  $T_{\text{eff}} \sim 5400$  K higher than observational expectations for the Be star, which hence should belong to the chemically peculiar stars, in spite of its rapid rotation.*

V658 Car (HD 92406) is the first found example of an eclipsing shell star binary system and has been studied already twice by the author [1,2]. In the meantime we have received new data from the TESS mission as well as results from other sources. Moreover, we are now using a revised approach to this complicated system comprising three different sources of light, i.e. a significantly dimmed and peculiar shell star, a luminous decretion disk and a post-mass-transfer remnant of the former donor star. Instead of trying to fit the primary Be star to known *peculiar* spectral types (e.g. A0p or (B5V)p shell), we this time avoid any confusion by the variable composite spectra of the binary system and investigate first of all the light of the secondary star.

A detailed light curve of V658 Car from TESS data is shown in Fig. 1. The stellar partial eclipses in phases 0 and 0.50 are embedded in larger funnel-shaped dimming effects of the decretion disk. The disk and primary stellar eclipses around phase 0 both are attributed *exclusively* to the loss of light of the **secondary star**, when it is dimmed by the large disk and partially eclipsed by the primary star.

Our photometric *UBV*-band data obtained by a remotely controlled CDK 20-inch telescope in Siding Spring, Australia, have been used for the light curve modeling with the *Binary maker 3* (BM3) software tool. The geometrical stellar parameters values have been derived mainly from the best primary minimum fit in the *U*-band, which achieved a  $\sigma_{\text{FIT}}$  of 3.9 mmag, and could remain nearly unchanged against those published and depicted in Fig. 5 of our last V658 Car paper [2]. The primary stellar eclipse has been transformed with the BM3 tool from a 52.8 % partial into a total one, and the depths obtained have been added to those we have observed for the disk

eclipse between maximum light and first/last contact of the primary stellar eclipse in order to get the total light of the secondary star in the *UBV*-bands (see Table 2). The apparent magnitudes of V658 Car at maximum light have been taken from the literature, i.e. 9.13 *V*mag from Fernie [3], and 9.10 *B*mag (via  $B - V = -0.03$ ) as well as 8.57 *U*mag from Deutschman et al. [4]. These *UBV*-Magnitudes appear to be correct, and avoid an unacceptable final result for the interstellar extinction  $A_V$  of  $< 0$ . From Table 3 of Wang & Chen [5] the coefficients  $A_U = 1.584 A_V$  and  $A_B = 1.317 A_V$  for normal interstellar extinction have been used. The obtained color indexes of  $(U - B)_0$  and  $(B - V)_0$  in combination with table 5 of Pecaut & Mamajek [6] finally give an effective temperature  $T_{\text{eff}}$  of  $18360 \pm 500$  K for the secondary star as well as an interstellar extinction  $A_V$  of 0.01 mag.

This secondary star then has been fitted to the evolutionary tracks of post-mass-transfer remnants of  $0.378 M_{\odot}$  and  $0.523 M_{\odot}$  depicted in the Hertzsprung-Russell (HR) diagram of Iben & Tutukov [7] in their Fig. 24. The mass-luminosity function derived therefrom has been corrected for our sub-solar metallicity  $Z \approx 0.003$  (see here below) using the metallicity-dependent HR-diagrams of Istrate et al. [8] (see their Fig. 9 for a post-mass-transfer remnant of  $0.28 M_{\odot}$ ). The incomplete radial velocity (RV) data of Giesekeing [9] used and shown in Fig. 6 of our V658 Car paper [2] have been replaced by the much better determined secondary star's RV semi-amplitude  $K_2 = 102.1 \pm 0.2$  km s<sup>-1</sup>, which has been selected from a recent publication of de Amorim et al. [10].

Herewith a secondary mass of  $0.558 M_{\odot}$  fits to a bolometric luminosity  $L_2$  of  $356 L_{\odot}$  and a radius  $R_2$  of  $1.87 R_{\odot}$ . The  $R_2/a$  ratio known from our geometrical fit gives a separation  $a \approx 73.0 R_{\odot}$  and (via Kepler III) the total mass. The resulting primary mass  $M_1 = 4.49 M_{\odot}$  and  $M_2$  then simultaneously comply with the mass function calculated with this  $K_2$ . Detailed results are given in Tables 1 and 2.

The properties of the secondary star are in line with a contracting hot subdwarf precursor. According to Fig. 24 of Iben & Tutukov [7] we can expect a binary age of not more than 1 Myr after the end of Roche lobe overflow, and an initial donor-star mass of  $\sim 4 M_{\odot}$ . Consequently, for the initial mass of the accretor star only  $\sim 1 M_{\odot}$  is left over. For such an extreme initial mass ratio and a post-mass-transfer age of only 1 Myr the newborn Be star should be located still very close to the zero-age main sequence (ZAMS) in the Hertzsprung-Russell diagrams of stellar models.

The size of the **decretion disk** has been derived from the duration of its secondary star eclipse. With a mean radius of  $\sim 42 R_{\odot}$  it fills out  $\sim 98$  % of the Roche limit, however, its eccentric position w.r.t. the primary star might have shifted it locally towards this limit. The disk is expected to be luminous in its central, pseudo-photospheric part, and should have at maximum light a flux fraction of 40.7 % in the *V*-band in order to equalize the calculated photometric distances ( $\sim 1021$  pc) for both stars.

In the light curves of all available TESS data of V658 Car a permanent oscillation having a peak-to-peak amplitude of  $\sim 3$  to 13 mmag is visible (see Fig. 1-4). The Lomb-

Scargle periodograms show only two prominent oscillation periods, mainly at 0.332(6) days (Fig. 2,3), and sometimes at half thereof at 0.163(2) days (Fig. 4). The dominant, longer period corresponding to a rotation rate factor  $F_1$  of 97 in V658 Car's 32-days orbit has successfully reproduced the best solution, e.g. a  $\sigma_{\text{FIT}}$  of 3.9 mmag for our photometric  $U$ -band data of the primary minimum, after only *minor* adjustments to the geometrical input ( $F_1$ ,  $i$ , et al.) of our last paper [2]. Therefore, this is considered to be the *rotational* period of a *chemically peculiar* Be star, and not a pulsational period. The shorter period is regarded as being caused by occasionally appearing additional chemical patches on the opposite side of the star, as a consequence of a dipolar magnetic field in the Be star, with the axis of the magnetic field being inclined to the axis of rotation, as known from the *oblique rotator* model.

For the **primary star** we then get a flattening ratio of 1.145. The equatorial/orbital rotational velocity ratio  $W$  of  $336/624 \approx 0.54$  is somewhat below the lower limit of  $\sim 0.60$  shown in Fig. 9 of Rivinius et al. [11], however, at a rotational/critical velocity ratio  $v_{\text{Rot}}/v_{\text{crit}}$  of 0.62 well inside the revised ranges from 0.3 to 0.95 for Be stars according to Zorec et al. [12]. The mean  $T_{\text{eff}}$  of the primary shell star in our equatorial view has been determined by comparison with its hotter companion in the light curve fit, and amounts from 11360 K in the secondary minimum, when it is assumed to be dimmed by a tidally locked densification in the decretion disk, to  $\sim 11625$  K at maximum light, when it is dimmed by the undensified disk. The dimming effect of the entire decretion disk has been measured at the disk eclipse of the secondary star, and then calculated for half of the disk size. This gives a mean  $T_{\text{eff}}$  of  $\sim 12470$  K for the Be star without disk in our view, and  $\sim 12890$  K over its total surface area according to the BM3 output for a comparable sphere. Finally, with help of Fig. 2, 4 and 5 of Ekström et al. [13], we get a theoretical  $T_{\text{eff}}$  of  $\sim 13550$  K for the non-rotating spherical star.

Our primary star's theoretical radius of  $1.944 R_{\odot}$  for a non-rotating star and its mass of  $4.49 M_{\odot}$  fit, as required, close to the ZAMS between non-rotating stellar models of Georgy et al. [14] at a surprisingly low sub-solar metallicity  $Z$  of 0.003 at a  $T_{\text{eff}}$  of  $\sim 19000$  K, i.e.  $\sim 5450$  K higher than our observationally based calculation, which confirms the *chemically peculiar* Be star finding here above.

According to the available literature (e.g. CDS catalogue J/MNRAS/468/2745 from Netopil et al. [15]) V658 Car's Be star showing rapid equatorial rotation of  $\approx 336 \text{ km s}^{-1}$  at a rotational period of only  $\approx 0.332$  days is among the chemically peculiar (CP) stars one of the fastest rotators found to date. In comparison with known CP stars, this Be star is compensating its increased centrifugal by a higher gravitational acceleration resp. mass/radius ratio. Thereby, the chemical patches at the stellar surface are *not* being erased by rotational mixing.

**Acknowledgements :** This research has made use of the Simbad and VizieR databases operated at the Centre de Données astronomique, Strasbourg, France. This paper also includes data collected with the TESS mission, obtained from the MAST data archive at the Space Telescope Science Institute (STScI).

**Table 1 : Parameters of the binary system V658 Car**

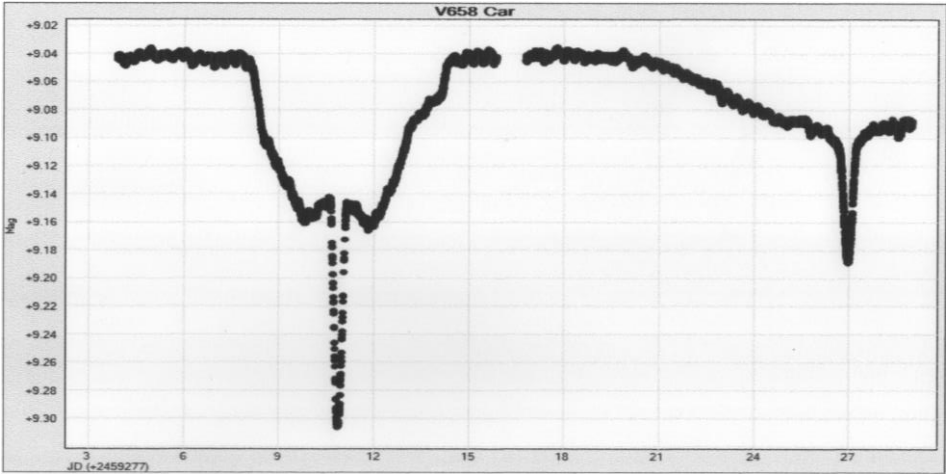
Epoch [HJD]	2452786.438(2)	mid primary minimum (phase 0)
Orbital period [days]	32.18537(2)	including TESS data
Apparent <i>V</i> magnitude	9.13	from Fernie [3]
Apparent <i>B</i> magnitude	9.10	from [3] + [4]
Apparent <i>U</i> magnitude	8.57	from Deutschman et al. [4]
Eclipse duration [hours]	12.36	stellar eclipses
Eclipse duration [days]	6.495(10)	disk eclipse
Orbital inclination <i>i</i> [deg]	88.75 ± 0.10	and circular orbit adopted
Semi-major axis <i>a</i> [ <i>R</i> <sub>⊙</sub> ]	72.97 ± 0.15	for <i>R</i> <sub>⊙</sub> = 696342 km
Distance [pc]	1021 ± 22	photometrical
Extinction <i>A<sub>V</sub></i> [mag]	0.01	interstellar

**Table 2 : Parameters of the components of V658 Car**

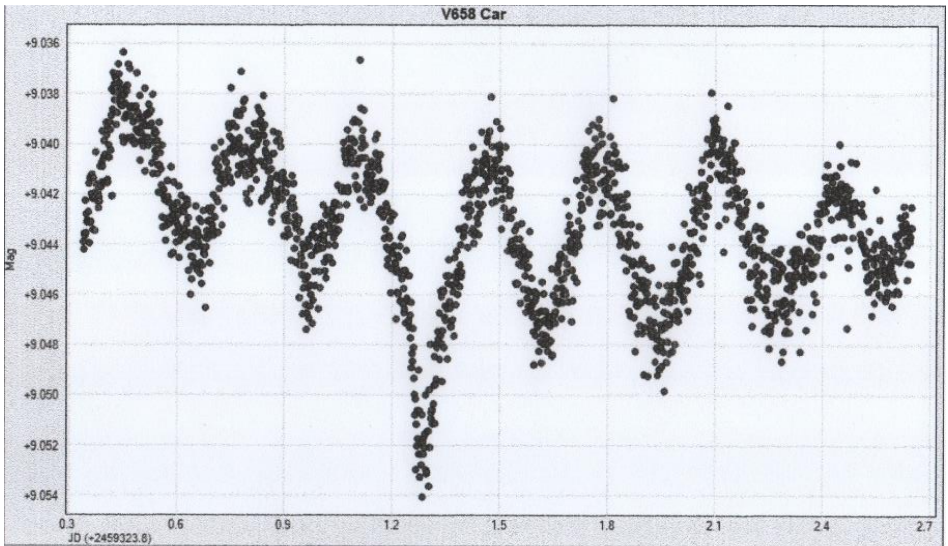
Parameter	primary star	secondary star	disk
Radius (mean) [ <i>R</i> <sub>⊙</sub> ]	2.11 ± 0.03	1.87 ± 0.03	42
Radius (pole/equator) [ <i>R</i> <sub>⊙</sub> ]	1.923 / 2.202		
Rotational velocity [km s <sup>-1</sup> ]	336 ± 6		
Temperature mean <i>T</i> <sub>eff</sub> [K]	12890 ± 350	18360 ± 500	
<i>V</i> -flux fraction at max. light	0.207	0.386	0.407
<i>B</i> -flux fraction at max. light		0.449	
<i>U</i> -flux fraction at max. light		0.536	
Apparent <i>V</i> magnitude	10.841	10.163	
Apparent <i>B</i> magnitude		9.970	
Apparent <i>U</i> magnitude		9.246	
Luminosity (bolometric) [ <i>L</i> <sub>⊙</sub> ]	109 ± 13	356 ± 41	
Mass [ <i>M</i> <sub>⊙</sub> ]	4.49 ± 0.03	0.558 ± 0.005	

**References :**

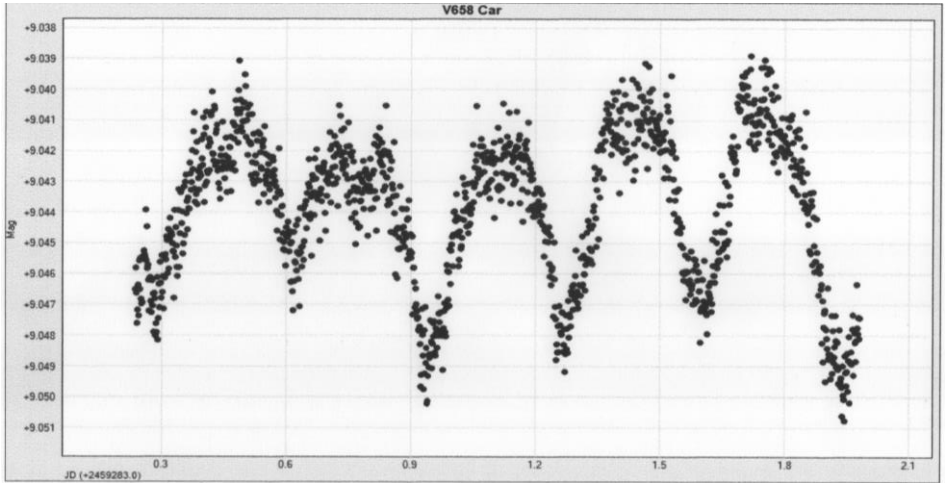
- [1] Hauck, N., 2016, BAV Rundbrief, 65, no. 4, 1; [www.bav-astro.eu/rb/rb2016-4/1.html](http://www.bav-astro.eu/rb/rb2016-4/1.html)
- [2] Hauck, N., 2018, BAV Rundbrief, 67, no. 2, 41; arXiv :1805.04318
- [3] Fernie, J. D., 1983, ApJS, 52, 7
- [4] Deutschman, W.A., et al., 1976, ApJS, 30, 97
- [5] Wang, S., & Chen, X., 2019, ApJ, 877,116
- [6] Pecaut, M. J., & Mamajek, E., 2013, ApJ, 208, 9
- [7] Iben, I., & Tutukov, A.V., 1985, ApJS, 58, 661
- [8] Istrate, A.G., et al., 2016, A&A, 595, A35
- [9] Giesecking, F., 1981, A&AS, 43, 33
- [10] de Amorim, T.H., et al., 2025, ApJ, 995, 87
- [11] Rivinius, T., et al., 2013, A&A Review, 21, 69 ; arXiv :1310.3962
- [12] Zorec, J., et al., 2016, A&A, 595, A132
- [13] Ekström, S., et al., 2008, A&A, 478, 467
- [14] Georgy, C., et al., 2013, A&A, 553, A24
- [15] Netopil, M., et al., 2017, MNRAS, 468, 2745



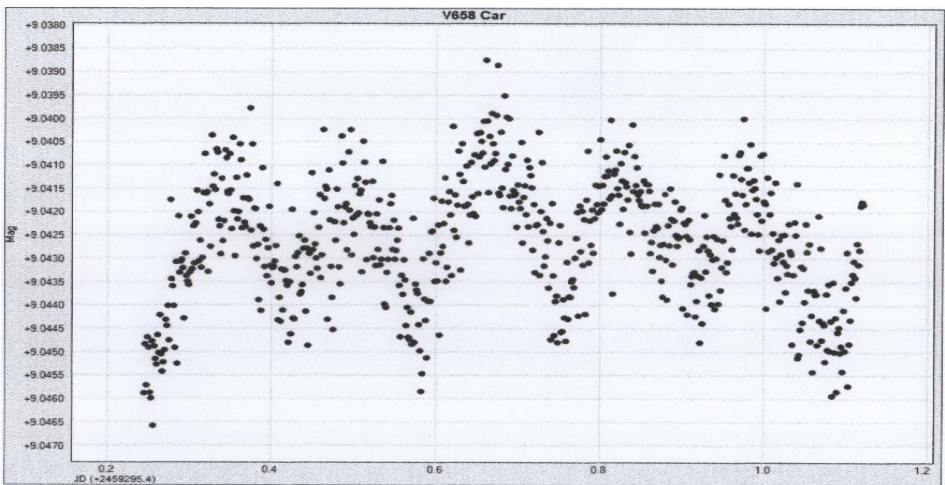
**Fig. 1:** TESS light curve of V658 Car (march 2021) from phase 0.775 to 0.565 of the 32-days orbit. Note the dimming effects of the disk, stellar eclipses and the oscillations.



**Fig. 2:** TESS light curve of V658 Car (april 2021) from phase 0.126 to 0.198 showing a rotational period of 0.330 days for an obviously large (hemispherical) chemical patch around one of the magnetic poles.



**Fig. 3:** TESS light curve of V658 Car (march 2021) from phase 0.856 to 0.910 showing a rotational period of 0.328 days for an apparently smaller chemical patch around one of the magnetic poles. The shape of the maxima is flattened, when this patch is not visible for us.



**Fig. 4:** TESS light curve of V658 Car (march 2021) from phase 0.241 to 0.268 showing a rotational period of 0.163/0.164 days for smaller chemical patches around both of the magnetic poles on opposite sides of the Be star.

# Ein chemisch peculiärer Be-Hüllenstern in einer Lösung untersolarer Metallizität für das Postmassetransfer-Bedeckungssystem V658 Car

## A chemically peculiar Be-shell star in a sub-solar metallicity solution for the post-mass-transfer eclipsing binary V658 Car

Norbert Hauck

**Abstract:** *V658 Car (HD 92406) is a newborn resp. rejuvenated shell star binary system at the age of only 1 Myr after the end of mass transfer. In this renewed study the peculiarities of the Be star are at first by-passed by the determination of the properties of the contracting hot subdwarf precursor, but finally resolved by combining photometric data and radial velocity results with existing stellar models. For the effective temperatures, radii and masses we get about 12900 K, 1.92/2.20 R<sub>sun</sub> and 4.49 M<sub>sun</sub> for the Be star, and about 18400 K, 1.87 R<sub>sun</sub> and 0.56 M<sub>sun</sub> for its companion star. The Be star has a rotational velocity of 336 km/s and is surrounded and dimmed in our view by a large and luminous equatorial decretion disk having a radius of ~ 42 R<sub>sun</sub>. According to stellar models these results fit to a surprisingly low metallicity  $Z$  of 0.003 and a  $T_{\text{eff}} \sim 5400$  K higher than observational expectations for the Be star, which hence should belong to the chemically peculiar stars, in spite of its rapid rotation. [English version: [www.bav-astro.eu/rb/rb2026-1/1.html](http://www.bav-astro.eu/rb/rb2026-1/1.html) and [arXiv:2602.01430](https://arxiv.org/abs/2602.01430)]*

V658 Car (HD 92406) ist das erste gefundene Hüllenstern-Bedeckungssystem und wurde bereits zweimal vom Autor bearbeitet [1,2]. Inzwischen gibt es neue Daten von der TESS-Mission und anderen Quellen. Zudem gehen wir diesmal das komplexe System aus drei Lichtquellen, d.h. einem gedimmten und peculiären Hüllenstern, einer leuchtenden Dekretionsscheibe und einem Postmassetransferrest des Spendersterns, auf einem neuen Weg an. Anstelle des Versuchs, den Be-Primärstern den bekannten *peculiären* Spektraltypen (z.B. A0p oder (B5V)p shell) anzupassen, vermeiden wir nun jede Konfusion durch die variablen Kompositspektren des Systems und untersuchen zuerst das Licht des Sekundärsterns.

Abb. 1 zeigt eine detaillierte Lichtkurve von V658 Car. Die partiellen Sterneklipsen in Phase 0 und 0.50 sind in breitere, trichterförmige Dimmungseffekte der Dekretionsscheibe eingebettet. Die Scheiben- und Primärsterneklipsen um Phase 0 herum werden beide *exklusiv* dem Lichtverlust des **Sekundärsterns** zugeschrieben, wenn dieser von der grossen Scheibe gedimmt und vom Primärstern partiell bedeckt wird.

Unsere mit einem ferngesteuerten 20-Zoll CDK-Teleskop in Siding Spring, Australien, erhaltenen photometrischen *UBV*-Daten wurden zur Lichtkurvenmodellierung mit der *Binary maker 3* (BM3)-Software verwendet. Die insbesondere vom besten Hauptminimumfit im *U*-Band ( $\sigma_{\text{FIT}}=3.9$  mmag) erhaltenen geometrischen Sternparameterwerte konnten nahezu unverändert bleiben gegenüber unserer letzten Arbeit zu V658 Car (s. Abb. 5 in [2]). Die Primärsterneklipse wurde im BM3 von einer 52.8 %igen partiellen in eine totale umgewandelt. Die erhaltenen Lichtverluste wurden den für die Scheibeneklipse zwischen Maximum und erstem/letztem Kontakt dieser Sterneklipse

gemessenen Tiefen hinzuaddiert und ergaben so den *UBV*-Gesamtlichtanteil des Sekundärsterns (s. Tab. 2). Die scheinbaren Magnituden von V658 Car im Maximum wurden der Literatur entnommen, d.h. 9.13 *V*<sub>mag</sub> from Fernie [3], und 9.10 *B*<sub>mag</sub> (via  $B - V = -0.03$ ) sowie 8.57 *U*<sub>mag</sub> von Deutschman et al. [4]. Diese Werte scheinen korrekt zu sein, und vermeiden eine inakzeptable interstellare Extinktion  $A_V$  von  $< 0$ . Die Koeffizienten für normale Extinktion von  $A_U = 1.584 A_V$  und  $A_B = 1.317 A_V$  wurden Tabelle 3 von Wang & Chen [5] entnommen. Die erhaltenen Farbindices  $(U - B)_0$  und  $(B - V)_0$  in Kombination mit Tabelle 5 von Pecaut & Mamajek [6] ergaben schliesslich die effektive Temperatur  $T_{\text{eff}}$  von  $18360 \pm 500$  K für den Sekundärstern sowie die interstellare Extinktion  $A_V$  von 0.01 mag.

Dieser Sekundärstern wurde dann in die Abb. 24 von Iben & Tutukov [7] eingefügt, die ein Hertzsprung-Russell (HR)-Diagramm mit den Entwicklungswegen von Postmassestransferresten von 0.378  $M_{\odot}$  and 0.523  $M_{\odot}$  zeigt. Die daraus entnommene Masse-Leuchtkraft-Funktion wurde für unsere untersolare Metallizität  $Z \approx 0.003$  (s. u.) korrigiert, mit Hilfe der von  $Z$  abhängigen HR-Diagramme von Istrate et al. [8] (s. Abb.9 für Postmassestransferreste von 0.28  $M_{\odot}$ ). Die unvollständigen Radialgeschwindigkeits- bzw. RV-Daten von Giesecking [9] (s. a. Abb. 6 in [2]) wurden durch die viel besser bestimmte RV-Halbamplitude des Sekundärsterns  $K_2 = 102.1 \pm 0.2$  km s<sup>-1</sup> ersetzt, die einer neuen Publikation von de Amorim et al. [10] entnommen wurde.

Eine Sekundärsternmasse  $M_2 = 0.558 M_{\odot}$  führt damit zur bolometrischen Leuchtkraft von 356  $L_{\odot}$  und Radius  $R_2 = 1.87 R_{\odot}$ . Das aus unserem geometrischen Fit bekannte  $R_2/a$ -Verhältnis ergibt einen Kreisbahnradius  $a \approx 73.0 R_{\odot}$  und (nach Kepler III) die Gesamtmasse. Die resultierende Primärsternmasse  $M_1 = 4.49 M_{\odot}$  und  $M_2$  passen so ebenfalls in die mit o.g.  $K_2$  erstellte Massenfunktion. Detaillierte Resultate: s. Tab. 1,2.

Diese Sekundärsterneigenschaften passen zu einem kontrahierenden Vorläufer eines heissen Unterzwergs. Nach Abb. 24 von Iben & Tutukov [7] erwarten wir ein Alter von nur 1 Myr nach Ende vom Roche-Volumen-Überlauf sowie  $\sim 4 M_{\odot}$  Spendersternanfangsmasse. Für die Startmasse des Akkretors bleibt somit nur  $\sim 1 M_{\odot}$  übrig. Bei so einem extremen Anfangsmassenverhältnis und geringem Postmassestransferalter sollte der neugeborene Be-Stern im HR-Diagramm der Sternmodelle noch sehr nahe am Alter Null auf der Hauptreihe (ZAMS) liegen.

Die Grösse der **Dejektionsscheibe** wurde von der Dauer ihrer Sekundärsternbedeckung abgeleitet. Mit einem mittleren Radius von  $\sim 42 R_{\odot}$  füllt sie  $\sim 98$  % der Roche-Grenzfläche aus. Ihre bezüglich des Primärsterns exzentrische Position könnte sie jedoch lokal zu dieser Grenze hin verschoben haben. Die Scheibe leuchtet vermutlich insbesondere in ihrem zentralen, pseudo-photosphärischen Teil. Im Maximum sollte sie im *V*-Band einen Flussanteil von 40.7 % haben, um beide Sterne auf dieselbe berechnete photometrische Distanz von  $\sim 1021$  pc zu bringen.

In allen TESS-Lichtkurven von V658 Car ist eine permanente Schwingung mit einer Gesamtamplitude von  $\sim 3$  bis 13 mmag erkennbar (s. Abb. 1-4). Die Lomb-Scargle-Periodogramme zeigen nur zwei prominente Schwingungsperioden an, d.h. meistens



0.332(6) Tage (Abb. 2,3), zum Teil jedoch mit 0.163(2) Tagen (Abb. 4) nur den halben Wert davon. Die dominante, längere Periode entspricht in V658 Car's 32-Tage-Bahn einem Rotationsfaktor  $F_1$  von 97, mit dem unsere beste Lösung, d.h. ein  $\sigma_{\text{FIT}}$  von 3.9 mmag zu den  $U$ -Daten des Hauptminimums, reproduziert werden konnte, und zwar bei nur *kleinen* Nachjustierungen am geometrischen Input ( $F_1$ ,  $i$ , u.s.w.) unserer vorherigen Studie [2]. Daher sollte es sich hierbei um die *Rotationsperiode* eines *chemisch pekulären* Sterns handeln, und nicht um eine Pulsationsperiode. Die kürzere Periode entsteht vermutlich durch gelegentlich auf entgegengesetzten Seiten des Sterns auftretende chemische Flecken, die von einem dipolaren Magnetfeld im Be-Stern erzeugt werden. Die Magnetfeldachse ist dabei zur Rotationsachse verkippt, wie vom *oblique rotator* - Modell her bekannt.

Für den **Primärstern** erhalten wir dann ein Abplattungsverhältnis von 1.145. Das äquatoriale/orbitale Geschwindigkeitsverhältnis  $W$  von  $336/624 \approx 0.54$  ist etwas kleiner als die in Abb. 9 von Rivinius et al. [11] erkennbare Untergrenze von  $\sim 0.60$ , jedoch mit einem  $v_{\text{Rot}}/v_{\text{crit}}$  von 0.62 gut innerhalb des revidierten Bereiches von 0.3 bis 0.95 für Be-Sterne nach Zorec et al. [12]. Die mittlere  $T_{\text{eff}}$  des Be-Hüllensterns in unserer Äquatoransicht wurde durch Vergleich mit seinem heisseren Begleiter im Lichtkurvenfit ermittelt und beträgt 11360K im Nebenminimum, wenn er durch eine offenbar gezeitengebunden verdichtete Dekretionsscheibe gedimmt wird. Die unverdichtete Scheibe im Maximum dimmt ihn auf  $\sim 11625$  K. Der Dimmeffekt der ganzen Dekretionsscheibe wurde bei der Scheibenbedeckung des Sekundärsterns gemessen und dann auf die halbe Scheibe umgerechnet. Daraus ergibt sich eine mittlere  $T_{\text{eff}}$  von  $\sim 12470$  K für den Be-Stern ohne Scheibe in unserer Ansicht, und von  $\sim 12890$  K über seine gesamte Oberfläche aus dem BM3-Output für eine vergleichbare Kugel. Letztlich erhalten wir eine theoretische  $T_{\text{eff}}$  von  $\sim 13550$  K für den nicht rotierenden, sphärischen Stern mittels Abb. 2,4 und 5 von Ekström et al. [13].

Der theoretische Radius des nicht rotierenden Primärsterns von  $1.944 R_{\odot}$  und seine Masse von  $4.49 M_{\odot}$  passen, wie erforderlich, nah an der ZAMS zwischen die Sternmodelle von Georgy et al. [14] bei einer überraschend niedrigen untersolaren Metallizität  $Z$  von 0.003 und einer  $T_{\text{eff}}$  von  $\sim 19000$  K, d.h.  $\sim 5450$  K über unserem o.g. Resultat, womit der *chemisch pekuläre* Be-Stern bestätigt wird.

Nach der erhältlichen Literatur (z.B. CDS -Katalog J/MNRAS/468/2745 von Netopil et al. [15]) ist V658 Car's Be-Stern mit seiner äquatorialen Rotation von  $\approx 336 \text{ km s}^{-1}$  bei einer Rotationsperiode von nur  $\approx 0.332$  Tagen unter den chemisch pekulären Sternen einer der schnellsten bisher gefundenen Rotatoren. Dieser Be-Stern kompensiert dabei seine erhöhte zentrifugale durch eine höhere gravitationelle Beschleunigung bzw. Masse/Radius-Verhältnis. Dadurch werden die chemischen Flecken an seiner Sternoberfläche *nicht* durch rotationsbedingte Durchmischung ausgelöscht.

**Danksagungen** : This research has made use of the Simbad and VizieR databases operated at the Centre de Données astronomique, Strasbourg, France. This paper also includes data collected with the TESS mission, obtained from the MAST data archive at the Space Telescope Science Institute (STScI).

**Tabelle 1 : Parameter des Doppelsternsystems V658 Car**

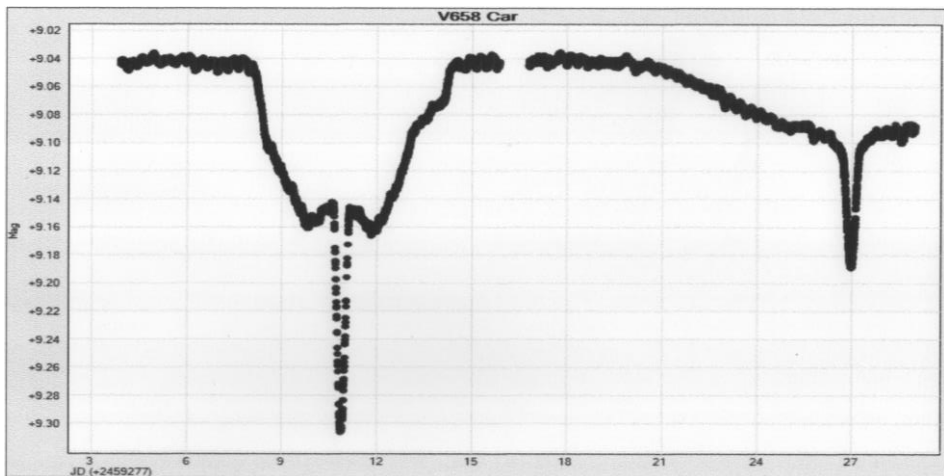
Epoche [HJD]	2452786.438(2)	Mitte Hauptminimum (Phase 0)
Bahnperiode [Tage]	32.18537(2)	inklusive TESS-Daten
Scheinbare <i>V</i> -Magnitude	9.13	von Fernie [3]
Scheinbare <i>B</i> -Magnitude	9.10	von [3] + [4]
Scheinbare <i>U</i> -Magnitude	8.57	von Deutschman et al. [4]
Bedeckungsdauer [Stunden]	12.36	stellare Eklipsen
Bedeckungsdauer [Tage]	6.495(10)	Scheibeneklipse
Bahnneigung <i>i</i> [Grad]	88.75 ± 0.10	und Kreisbahn angenommen
Bahnradius <i>a</i> [ $R_{\odot}$ ]	72.97 ± 0.15	für $R_{\odot} = 696342$ km
Entfernung [pc]	1021 ± 22	photometrisch
Extinktion $A_V$ [mag]	0.01	interstellar

**Tabelle 2 : Parameter der Komponenten von V658 Car**

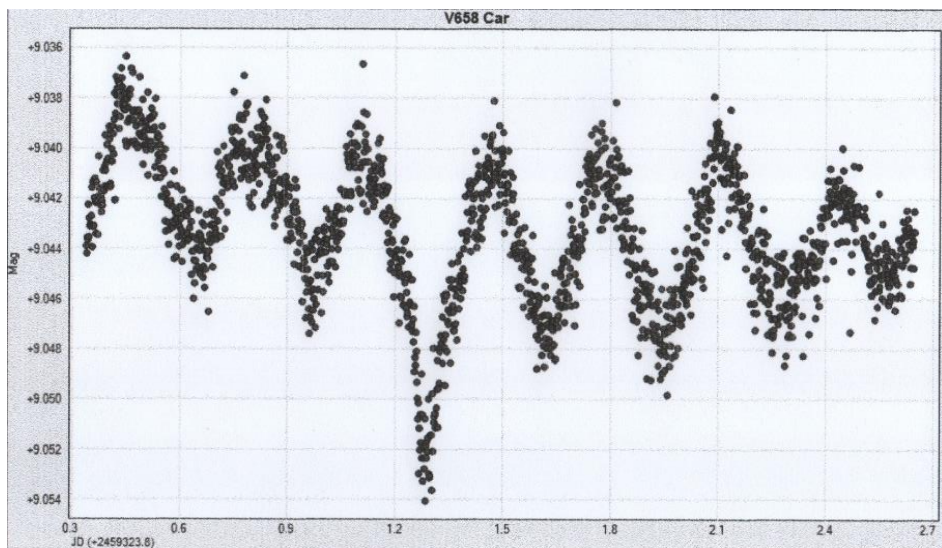
Parameter	Primärstern	Sekundärstern	Scheibe
Radius (gemittelt) [ $R_{\odot}$ ]	2.11 ± 0.03	1.87 ± 0.03	42
Radius (Pol/Äquator) [ $R_{\odot}$ ]	1.923 / 2.202		
Rotationsgeschwindigkeit [km s <sup>-1</sup> ]	336 ± 6		
Temperatur $T_{\text{eff}}$ (gemittelt) [K]	12890 ± 350	18360 ± 500	
<i>V</i> -Flussanteil im Maximum	0.207	0.386	0.407
<i>B</i> -Flussanteil im Maximum		0.449	
<i>U</i> -Flussanteil im Maximum		0.536	
Scheinbare <i>V</i> -Magnitude	10.841	10.163	
Scheinbare <i>B</i> -Magnitude		9.970	
Scheinbare <i>U</i> -Magnitude		9.246	
Leuchtkraft (bolometrisch) [ $L_{\odot}$ ]	109 ± 13	356 ± 41	
Masse [ $M_{\odot}$ ]	4.49 ± 0.03	0.558 ± 0.005	

**References :**

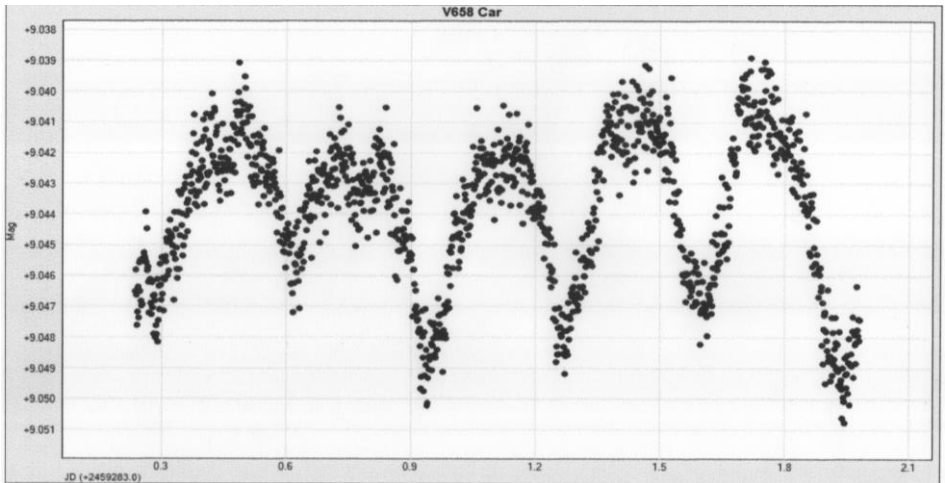
- [1] Hauck, N., 2016, BAV Rundbrief, 65, no. 4, 1; [www.bav-astro.eu/rb/rb2016-4/1.html](http://www.bav-astro.eu/rb/rb2016-4/1.html)
- [2] Hauck, N., 2018, BAV Rundbrief, 67, no. 2, 41; arXiv :1805.04318
- [3] Fernie, J. D., 1983, ApJS, 52, 7
- [4] Deutschman, W.A., et al., 1976, ApJS, 30, 97
- [5] Wang, S., & Chen, X., 2019, ApJ, 877, 116
- [6] Pecaut, M. J., & Mamajek, E., 2013, ApJ, 208, 9
- [7] Iben, I., & Tutukov, A.V., 1985, ApJS, 58, 661
- [8] Istrate, A.G., et al., 2016, A&A, 595, A35
- [9] Gieseck, F., 1981, A&AS, 43, 33
- [10] de Amorim, T.H., et al., 2025, ApJ, 995, 87
- [11] Rivinius, T., et al., 2013, A&A Review, 21, 69 ; arXiv :1310.3962
- [12] Zorec, J., et al., 2016, A&A, 595, A132
- [13] Ekström, S., et al., 2008, A&A, 478, 467
- [14] Georgy, C., et al., 2013, A&A, 553, A24
- [15] Netopil, M., et al., 2017, MNRAS, 468, 2745



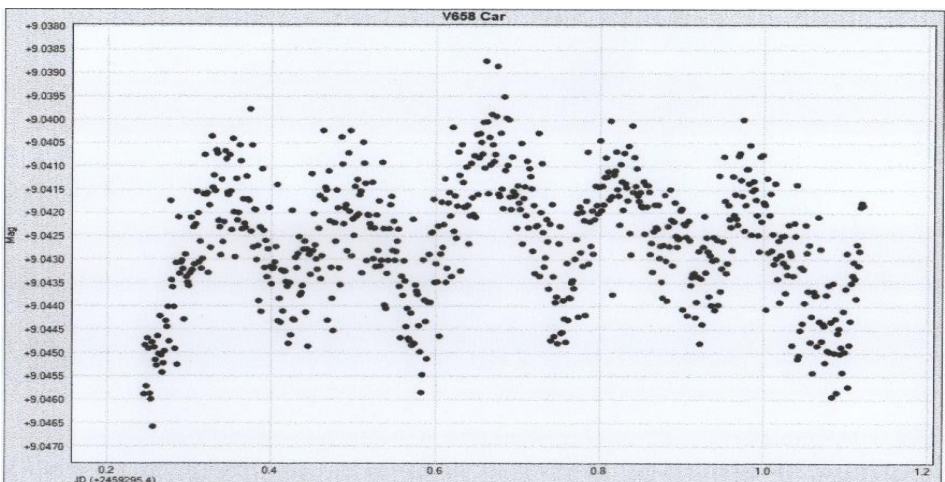
**Abb. 1:** TESS-Lichtkurve von V658 Car (März 2021) von Phase 0.775 bis 0.565 der 32-Tage-Bahn mit Dimmeffekten der Scheibe, Sterneklipsen und Schwingungen.



**Abb. 2:** TESS-Lichtkurve von V658 Car (April 2021) von Phase 0.126 bis 0.198 mit einer Rotationsperiode von 0.330 Tagen für einen offenbar grossen (hemisphärischen) chemischen Flecken um einen der beiden Magnetpole herum.



**Abb. 3:** TESS-Lichtkurve von V658 Car (März 2021) von Phase 0.856 bis 0.910 mit einer Rotationsperiode von 0.328 Tagen für einen anscheinend kleineren chemischen Fleck um einen der Magnetpole herum. Die Formen der Maxima sind abgeflacht, wenn dieser Fleck für uns nicht sichtbar ist.



**Abb. 4:** TESS-Lichtkurve von V658 Car (März 2021) von Phase 0.241 bis 0.268 mit einer Rotationsperiode von 0.163/0.164 Tagen für kleinere chemische Flecken um beide Magnetpole herum auf gegenüberliegenden Seiten des Be-Sterns.

**Autor :** Norbert Hauck, F-83400 Hyères, e-mail : [hnhauck@yahoo.com](mailto:hnhauck@yahoo.com)