

# DSLR-Fotometrie von $\beta$ Lyrae 2018-2019

Wolfgang Quester

**Abstract:** *Using a DSLR the field of  $\beta$  Lyrae was photographed in 71 nights from May 2018 till November 2019. Photometry of the G and B channels was used to obtain light curves of  $\beta$  Lyr (TG and TB magnitudes). For this purpose the star was compared with five stars with  $(B-V) \sim 0$ . Two times of minimum were derived from the light curves. During primary minima  $\beta$  Lyr is slightly redder than otherwise. The period of the star is still increasing linearly with epoch.*

## Was wissen wir über das System $\beta$ Lyrae ?

$\beta$  Lyrae steht an der SW-Ecke des Sternbilds Leier (Lyra). Seine Koordinaten sind (2000) 18:50:04.8 +33:21:46. Er ist auch bekannt unter dem Namen SHELIAK. Sucht man ihn in SIMBAD [1] auf, so ist man überrascht über die vielen Bezeichnungen, mit denen er in Katalogen aufgeführt wird; es sind 54!  $\beta$  Lyrae ist ein rätselhafter Stern. Entdeckt wurde sein Lichtwechsel schon 1784 von dem jungen Engländer John Goodricke. Die visuelle Lichtkurve unterscheidet sich von der des schon vorher entdeckten Algol und so wurde er zum Typsystem der  $\beta$ -Lyrae-Bedeckungsveränderlichen. D. Terrell (2005) hat das Sternsystem  $\beta$  Lyrae und seine mögliche Entwicklung beschrieben [2].

Der Bedeckungsveränderliche ist die hellste Komponente A des visuellen Mehrfachsterns ADS 11745 = HD 174638. Dessen zweithellste Komponente B steht südöstlich in 46" Abstand und ist 7,2 mag hell. Mehrfach wurde versucht zu klären, ob A und B als Komponenten eines Dreifachsystems umeinander kreisen und ob noch andere Sterne dazugehören (Abt et al. 1962) [3], Abt & Levy (1976) [4], Mourard et al (2018) [5]). 2019 hat U. Bastian [6]  $\beta$  Lyrae als Mitglied eines Sternhaufens erkannt, der rund 300 pc entfernt ist.

Mit einer Helligkeit von 3,4 ist  $\beta$  Lyr fürs bloße Auge sichtbar. Ungefähr alle 13 Tage fällt die Helligkeit auf 4,3 mag. Mittig dazwischen sinkt sie auf 3,7. Bemerkenswert ist, dass sich die Periode in den vergangenen zwei Jahrhunderten um gut 1 Stunde verlängert hat.

Das Spektrum des Bedeckungssystems ist sehr komplex mit Absorptions- und Emissionslinien. Nicht nur zwei Sterne sind am Lichtwechsel beteiligt. Gasmassen fließen von der helleren und masseärmeren Komponente. Die Absorptionslinien deuten auf einen 12000 K heißen Riesenstern vom Typ B6 II – B8 II hin. Die Materie sammelt sich in einer Akkretionsscheibe um den anderen, kleineren und massereicheren Stern und umhüllt ihn so stark, dass er selbst kaum zu sehen ist. Vermutlich ist es ein Stern mit frühem B-Spektrum. Er versteckt sich in der Scheibe und tritt im Hauptminimum vor den Riesen. Zusätzlich zum Gasfluss wurden Jets nachgewiesen, die das System senkrecht zur Bahnebene verlassen (HOFMANN et al.: AJ 115, 1576-1591 (1998)) [7].

ZHAO et al.: ApJ 684, L95-98 (2008) [8] haben aufgelöste Bilder des Bedeckungssystems im H-Band (Wellenlänge 1,5–1,8 Mikrometer) erhalten. Ihr Modell

besteht aus einem Stern mit 2,8 Sonnenmassen, der seine Roche-Fläche ausfüllt und Gas auf einen Stern mit 12,8 Sonnenmassen bläst. Pro Jahr werden  $2 \cdot 10^{10}$  Sonnenmassen übertragen. Dies Gas bildet die Akkretionsscheibe um die massereiche Komponente. Mit der Bahnneigung  $i=92^\circ$  sehen wir praktisch entlang der Bahnebene.

### Beobachtungen mit DSLR

Von Mai 20018 bis November 2019 habe ich  $\beta$  Lyr mit einer EOS 700D mit Objektiv 85 mm in 71 Nächten fotografiert und die Helligkeiten in Blau und Grün gemessen. Die Kamera war huckepack auf einem der Himmelsdrehung nachgeführten 80-mm-Refraktor montiert. Das Objektiv wurde so defokussiert und die Belichtung auf 200 ASA, Bl.4, 10 Sekunden eingestellt, dass sich gut fotometrierbare RAW-Bilder des Veränderlichen und der Vergleichssterne ergeben, die im linearen Empfindlichkeitsbereich der Kamera liegen. Der Stern B überlagert sich auf meinen Bildern mit dem defokussierten Bild des Bedeckungssterns. Sein Licht trägt nur zum allgegenwärtigen Rauschen bei. In jeder Nacht wurden Serien von 10 bis 15 Bildern gewonnen, die einzeln fotometriert wurden. Dazu wurden die Bilder der B-, G-Kanäle in FITS-Bilder umgewandelt. Diese wurden mit FITSMAG 38 von O. Nickel [9] fotometriert und der Mittelwert der fotometrischen Rohhelligkeiten gebildet.

Als Vergleichssterne dienen	Vglst:	V	B	B-V
	ny2	5,245	5,33	0,085
	gamma	3,24	3,19	-0,05
	lambda	4,93	6,40	1,47
	delta2	4,30	5,98	1,68
	iota	5,28	5,17	-0,11
	(54)	5,42	5,32	-0,10
	(55)	5,55	5,84	0,29

Quelle ihrer Helligkeiten ist die AAVSO-Sequenz X229841. Zur Transformation wurde für  $\beta$  Lyr (B-V) = 0 angenommen [1]. Nur die blauen Vergleichssterne (B-V < 1) wurden für die Auswertung benutzt. Deshalb werden die Helligkeiten von  $\beta$  Lyrae entsprechend der AAVSO-Konvention mit TG und TB bezeichnet. Bezieht man die beiden roten Sterne ein und transformiert auf V und B des UBV-Systems sind TV und V sowie TB und B mit einer Streuung von  $\sim 0,01$  mag gleich. Abbildung 1 zeigt die TG- und TB-Lichtkurven.

Alle Messungen wurden mit den Elementen des BAV Circulars 2018 reduziert:

$$\text{Min I} = \text{JDhel } 24\,52510,37 + 12,9408 \cdot E$$

Das Hauptminimum fällt auf die Phase 1,036. Die angenommene Umlaufzeit der beiden beteiligten Sterne ist also etwas zu kurz. Das überrascht nicht, wenn man bedenkt, dass sich seit über 150 Jahren die Periode verlängert. Aus allen Beobachtungen wurden zwei Hauptminima bestimmt:

$$\begin{aligned} \text{JDhel} &= 24\,58437,726 \pm 0,04 \\ &24\,58722,447 \pm 0,04. \end{aligned}$$

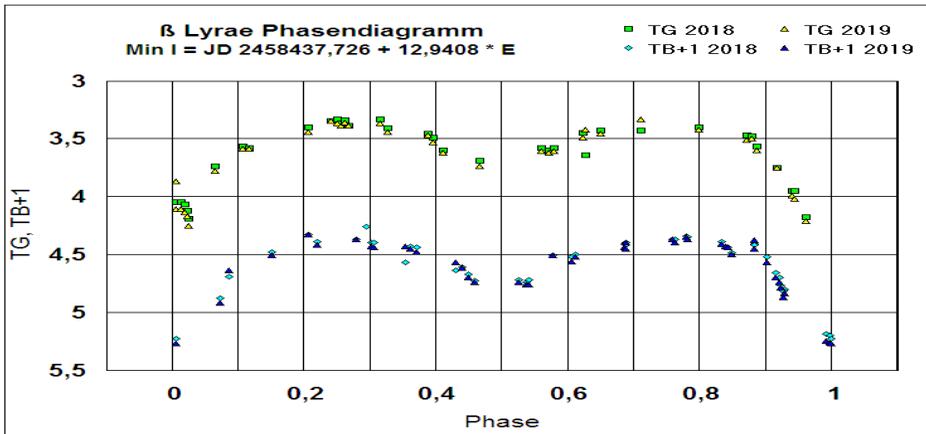


Abb. 1: Die TG- und TB-Lichtkurven von  $\beta$  Lyrae 2018/19; TB um 1 mag schwächer eingetragen.

Interessant ist die Darstellung des Farbindex TB-TV über der Phase (Abb. 2). Die Daten bilden einen „Bodensatz“ zwischen 0 und +0,05 und Höchstwerten von +0,07 während des Hauptminimums. Dass  $\beta$  Lyrae im Hauptminimum etwas röter erscheint als sonst, wird in mehreren Arbeiten erwähnt (Bruton et al.: IAPPP Comm. Nr 63 (1996) [10]; Aslan et al.: A&AS 71, 597-601 (1987) [11]; IGNACE R. et al.: AJ 156:97 (2018) [12]). Wir sehen da auf die Außenkante der Akkretionsscheibe, deren Temperatur geringer ist als die Oberfläche der Komponente, die im Hauptminimum bedeckt wird.

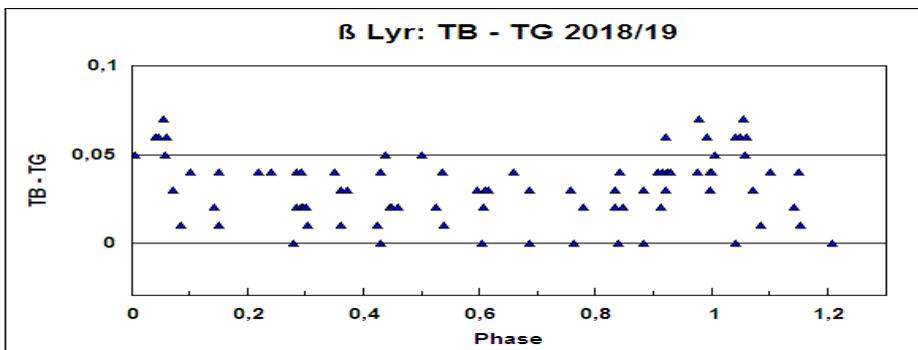


Abb. 2: Farbindex TB-TG

### Periodenbestimmung

Seit Beginn der Beobachtungen hat sich die Periode von 12,90 Tagen auf 12,94 Tage verlängert; das ist fast eine Stunde. Jedes Jahr verlängert sich die Periode um 19 Sekunden. Das erschwert die Epochenzählung besonders, wenn große Lücken zwischen den Zeiten der beobachteten Minima bestehen.

Für die Periodenbestimmung habe ich die Minima der BAV Lichtenknecker-Datenbank benutzt. Sie wurden ergänzt mit Minima von Gaposchkin: AJ 61 (1956) [14]; Bruton et al.: IAPPP Communications Nr. 63(1996) [6]; Aslan et al.: A&S 71 (1987) [11]; Bahyl: [BAC 32 (1981) [15] sowie den eigenen aus 2018/19. Zusammen waren das 322 Minimumzeiten aus den Jahren 1907 bis 2019. Eine gewichtete Ausgleichung ergibt als verbesserte lineare Elemente

$$\text{Min I} = \text{JD } 24\,55057,158 + 12,933136 * E \quad (1)$$

Die nach unten spitzten Dreiecke der Abb. 3 stellen die (B-R) gegen diese Elemente dar. Obwohl das Ausgangsdatum erst 11 Jahre zurückliegt, treten heute die Minima schon mehrere Tage später ein als berechnet. Die Periode hat sich inzwischen verlängert und die (B-R) werden sich in der Zukunft weiter vergrößern. Einigen Beobachtern ist das 2019 aufgefallen.

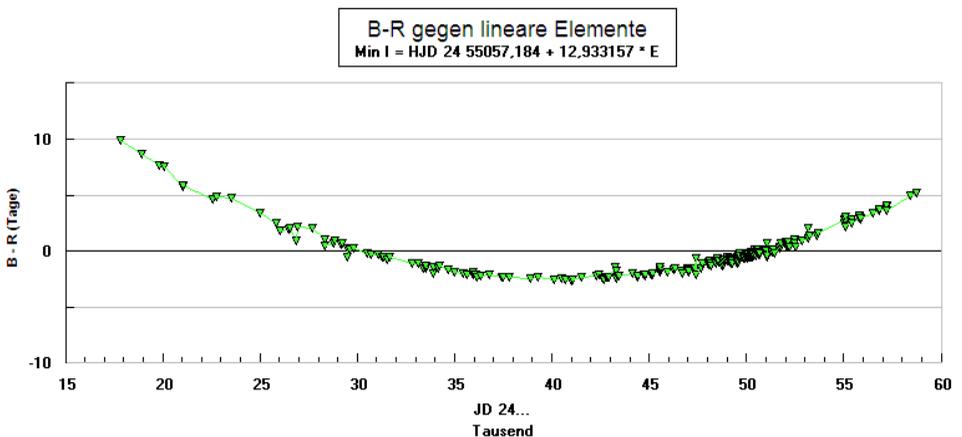


Abb. 3: (B-R) gegen die Elemente (1). E0 ist der 13. August 2009

Die Verlängerung der Periode offenbart sich durch die nach oben offene Parabel der (B-R). Sie kann durch eine quadratische Gleichung dargestellt werden. In neuerer Zeit haben Klimek und Kreiner: AcA 23 No. 4 (1973) [13] sowie Harmanec und Scholz: A&A 279,131-147 (1993) [14] Langzeituntersuchungen der Periode angestellt. Erstere verwenden 686 Minima der Jahre 1784 bis 1926 (die erste Beobachtung eines Minimums stammt von Goodricke aus dem Jahr 1784 (JD 23 72906,43). Harmanec und Scholz berechnen die Periode aus den Radialgeschwindigkeiten des Systems der Jahre 1892 bis 1991 und finden damit eine geringere Streuung der (B-R) als mit den Beobachtungen der Minima. Ihre Elemente werden häufig zitiert:

$$\text{Min I} = \text{HJD } 24\,08247,966 + 12,913780 * E + 3,87196\text{E-}06 * E^2 \quad (2)$$

Mit einem Ausgangsdatum im Jahr 2009 führt eine eigene Rechnung mit den oben benannten 322 Minima auf

$$\text{Min I} = \text{JD } 24\,55059,58 + 12,9419 * E + 3,89\text{E-}06 * E^2 \quad (3)$$

$$\text{+- } (0,44) \quad (0,0011) \quad (0,45)$$

Auf die Epochenzahl bezogen ist das quadratische Glied seit 250 Jahren konstant. Die (B-R) gegen diese Elemente streuen um die Nulllinie (Abb. 4).

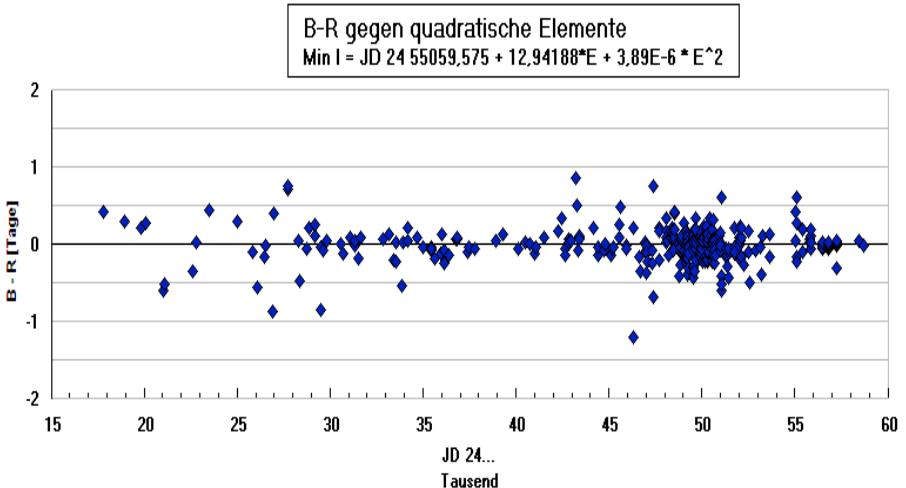


Abb. 4: (B-R) gegen quadratische Elemente

Die Berechnung instantaner Elemente, die jeweils nur für einen begrenzten Zeitraum gelten, ist hilfreich für die einfache Berechnung künftiger Minima. Für die nächsten Jahre eignen sich dazu die Elemente

$$\text{Min I} = \text{JD } 24\,58593,034 + 12,94294 * E \quad (4)$$

### Schlussbemerkung

Sowohl für meine Messungen an VV Cephei als auch bei  $\beta$  Lyrae hat sich die DSLR als vorteilhaft für die Beobachtung heller Veränderlicher erwiesen. Sie ist schnell einsatzbereit und es lassen sich Wolkenlücken ausnutzen. BVR-Fotometrie mit Genauigkeit von wenigen hundertstel Magnitude ist möglich.

Mein Dank gilt Wolfgang Vollmann, dessen Arbeiten meine Beobachtungen angeregt haben. Ferner danke ich Frank Walter, dem Hüter der Lichtenknecker-Datenbank der BAV. Ihre vielen Minimumzeiten von  $\beta$  Lyr haben meine Periodenrechnung angestoßen. Schließlich danke ich der SIMBAD-Datenbank, deren unzählige Informationen meine Beschäftigung mit  $\beta$  Lyr immer wieder angetrieben haben.

## Literatur:

- [1] [simbad.u-strasbg.fr/simbad](http://simbad.u-strasbg.fr/simbad)
- [2] Terrell D.: AAVSO Variable Star of the Season, Sommer 2005
- [3] Abt H. A. et al.: 1962: ApJ 135 S.429-438 (1962)
- [4] Abt H. A., Levy S. 1976: AJ 81,8 S. 659-660 (1976)
- [5] Mourard D, et al: 2018,: A&A 618, A112 (2018)
- [6] Bastian U.: [arxiv.org/archive/astro-ph](https://arxiv.org/archive/astro-ph) 1909.04612v1 und A&A 630,L8 (Okt. 2019)
- [7] Hofman J. L. et al.: AJ 115, 1576-1591 (1998)
- [ 8] Zhao M. et al.: ApJ 684, L95-98 (2008) [8 ??]
- [9] Nickel O.: [www.staff.uni-mainz/nickel/fitsmag.html](http://www.staff.uni-mainz/nickel/fitsmag.html)
- [10] Bruton D. et al.: IAPPP Comm. Nr 63 (1996)
- [11] Aslan Z. et al.: A&AS 71, 597-601 (1987)
- [12] Ignace R.: et al.: AJ 156:97 (2018)
- [12] Klimek Z., Kreiner J. M.: AcA 23 No. 4 (1973)
- [13] Harmanec P., Scholz G.: A&A 279,131-147 (1993)
- [14] Gaposchkin S.: AJ 61 (1956), 397
- [15] Bahýl V.: BAIC 32 (1981), 81