

BK Del – Lichtkurve und neue Lichtwechselelemente

Hans-Mereyntje Steinbach

Abstract: *For this long time neglected variable new light-change-elements have been derived on basis of CCD-observations. A complete light curve is presented, which confirms the the type as RRab, and its Fourier-coefficients are determined.*

BK Del	RA _{J2000} : 20h29m24.22s	P: 0 ^d .36041383	RRAB	Max: 12.77	Min: 13.88	V
	DC _{J2000} : +11°53'41".1	E0: JD2455480.310	M-m: 24%	(All data: this papaer)		

Auf BK Del wurde ich durch eine Recherche in der GEOS-Datenbank für RR-Lyr-Sterne aufmerksam [1]. Dort sind 34 ältere photographische Beobachtungen aus dem Zeitraum von Oktober 1928 bis Juni 1960 aufgeführt, deren (B-R)-Werte in einem Band von ca. -0.07 bis +0.04 Tagen streuen, wobei insgesamt ein Trend zu wachsenden (B-R)-Werten feststellbar ist. Dies deutet auf eine etwas zu kurze Periode hin. Neben diesen Beobachtungen gab es nur eine einzige moderne aus dem August 2006, angefertigt von unserem Mitglied Franz Agerer. Sie hebt sich mit einem (B-R) von +0.11 Tagen deutlich vom Ensemble der älteren Beobachtungen ab und stützt die Vermutung der zu kurzen Periode.

Basis für die obige (B-R)-Betrachtung sind die von Hoffmeister [2] 1943 abgeleiteten und heute noch im GCVS [3] als gültig ausgewiesenen Elemente

$$T_{\text{Max,GCVS}} = \text{JD}24\ 25527.300 + 0^{\text{d}}.3604045 * E \quad (1)$$

Aus Abb.1, in der auch meine neuen Beobachtungen eingetragen sind, geht deutlich hervor, dass diese Elemente nicht mehr stimmen und hier Handlungsbedarf angesagt ist. Aufgrund dieser Sachlage beschäftigte ich mich diesen Sommer etwas näher mit BK Del.

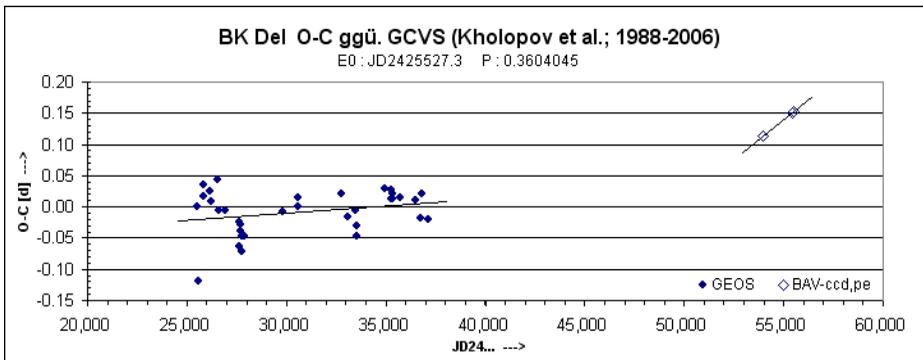


Abb. 1: (B-R)-Diagramm BK Del mit allen vorliegenden Beobachtungen.

Geschichtliches

BK Del wurde 1930 von C. Hoffmeister im Rahmen einer Durchmusterung ausgewählt, mit Triplet-Platten aufgenommener, Felder bei β Del entdeckt. Er erhielt die vorläufige Bezeichnung AN156.1930 und wurde als kurzperiodischer Veränderlicher mit den Grenzen 13^m - 14^m ph klassifiziert [4]. 1939 erhielt der Stern seine endgültige Bezeichnung "BK Del", jetzt allerdings mit den Lichtwechselgrenzen von $11.7^m(1)$ - 13.46^m ph und der Anmerkung, dass es sich nach Auffassung eines Herrn Jensch um einen Bedeckungsveränderlichen handelt [5]. 1941 vermerkt Prager [6] in einem an die "Geschichte und Literatur der veränderlichen Sterne" angelehnten Werk der Harvard University, dass BK Del von Beljawsky unabhängig entdeckt und als "Cluster-type-variable" klassifiziert wurde. Beljawsky veröffentlichte 4 Lichtmaxima, Jensch hingegen 6 Lichtminima.

Anhand dieser Entwicklung kann sehr schön nachvollzogen werden, wie schwierig eine Klassifikation kurzperiodischer, lichtschwacher Veränderlicher damals auf Basis photographischer Beobachtungen war. Eine durchgehende Beobachtung eines Lichtextremums war aufgrund der langen Belichtungszeiten nicht möglich. Stattdessen war man auf wiederholte Beobachtungen im Verlauf mehrerer Tage, Monate oder sogar Jahre angewiesen, um auf die Natur des Lichtwechsels schließen zu können.

In [2] letztendlich veröffentlicht Hoffmeister erstmals die oben unter (1) angegebenen Lichtwechselelemente und gibt als Typ "RRa" an, mit einem M-m von 0.052 Tagen, entsprechend ca. 14% der Periode, und Lichtwechselgrenzen von 13.0^m - 14.6^m .

Eigene Beobachtungen

Im August und Oktober 2010 konnte ich BK Del an insgesamt 5 Abenden mit meinem azimutal betriebenen 8"-SC-Teleskop (ohne Fokalreduktor) und einer Sigma 402ME-CCD-Kamera beobachten. Die Messungen erfolgten mit Johnson-V-Filter, ohne Binning bei auf -15°C gekühlter CCD-Kamera. Die Belichtungszeit betrug meist 40s+20s Pause. Aus diesen Beobachtungen konnten zwei neue Maximumzeiten abgeleitet werden. Tabelle 1 gibt die Eckdaten wider:

Nr.	Datum	MESZ	Bel. + Pause	Anz.
1	2010-08-20/21	21:56-23:17	40s + 20s	55
2	2010-08-21/22	21:47-03:50	40s + 20s	244
3	2010-10-10/11	19:51-22:52	40s + 20s	137
4	2010-10-11/12	19:35-23:06	40s + 20s	157
5	2010-10-12/13	19:40-22:41	50s + 10s	125
Gesamt:				718

Tab. 1: Zusammenstellung der Beobachtungsdaten BK Del 2010

Neue Lichtwechselelemente

Wie Abb. 1 verdeutlicht, lassen sich alle bisher publizierten Beobachtungen in zwei deutlich getrennte Gruppen zusammenfassen. Da sind zum Einen die älteren photographischen Beobachtungen aus dem Zeitraum 1928-1960, und zum Anderen die neuen CCD-Beobachtungen aus 2006-2010. Des weiteren lässt sich aus dem (B-

Die photometrische Auswertung erfolgte mit dem ausgezeichneten Programm "MuniWin" von David Motl (Freeware) [8]. In dem vorliegenden Datenformat liegen allerdings nur Helligkeitsdifferenzen zu dem "Comparison-Star" vor. Für den photometrischen Anschluss wurden deshalb für alle Nächte getrennt aus den beobachteten

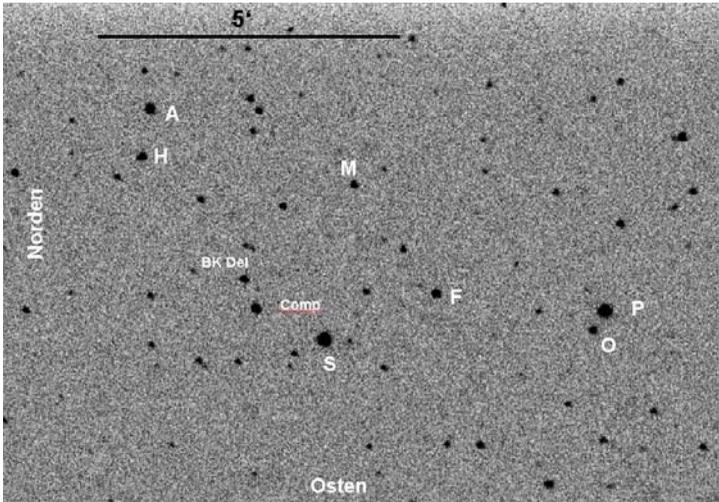


Abb. 2: Umgebungskarte BK Del mit Vergleichssterne

mittleren Helligkeitsdifferenzen der Transformationssterne zum "Comparison-star" eine Helligkeitssequenz aufgebaut, wobei "Comp" im instrumentellen System willkürlich die Helligkeit aus dem GSC 12.06 mag zugeordnet wurde. Mittels linearer Regression nach der Methode der kleinsten Quadrate wurden dann die instrumentellen Helligkeiten an die GSC-Helligkeiten angeschlossen. Abbildung 3 zeigt diesen Zusammenhang exemplarisch für die Daten der Nacht vom 12. auf den 13. Oktober.

Auffällig ist hier Stern H, der in allen Nächten konstant abseits der Regressionslinie lag. Die Ursache hierfür ist nicht klar. Der Stern H wurde deshalb auch nicht für die photometrische Transformation verwendet, sondern ist nur indikativ eingezeichnet.

Gesamtlichtkurve

Für die Erstellung einer Gesamtlichtkurve wurden alle Beobachtungen mit den unter [2] dargestellten Lichtwechselelementen in eine Phasendarstellung transformiert.

Einer übersichtlicheren Darstellung wegen wurde das Phasenintervall auf den Bereich $[-0.2; +1.2]$ ausgedehnt. Die Lichtkurve ist in Abb. 4 dargestellt. Deutlich ist die Lichtkurvenform eines RRab-Sternes erkennbar. Das Minimum tritt etwa bei der Phase 0.76 auf, womit sich das "M-m" zu etwas über zwei Stunden (24% der Periode) ergibt. Dies ist fast doppelt so lang wie der im GCVS verzeichnete Wert von ca. 14%, ist aber durch die vorliegenden Daten eindeutig belegt. Der Lichtwechsel verläuft in den Grenzen von 12^m77 - 13^m88 V.

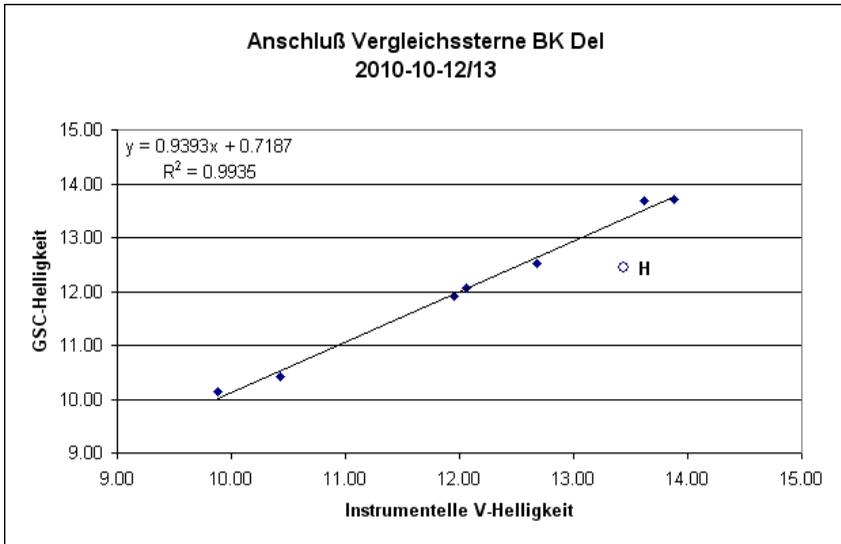


Abb. 3: Transformation instrumenteller V-Helligkeiten in das GSC-System

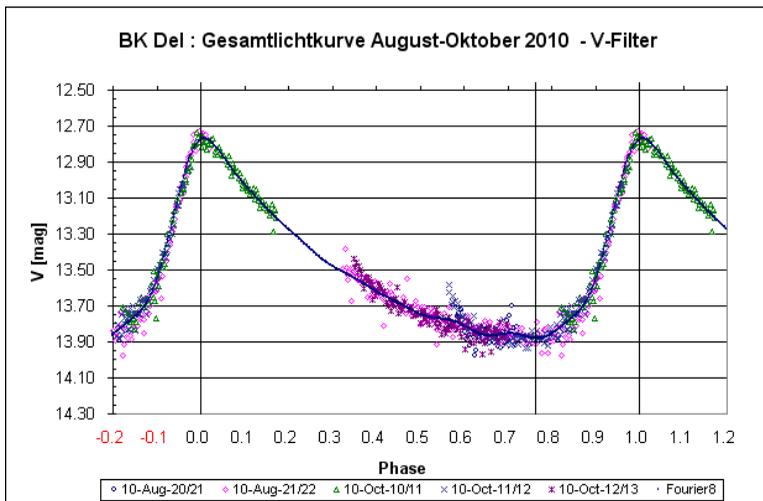


Abb. 4: Gesamtlichtkurve BK Del (Phasendarstellung)

Fourieranalyse

Seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde begonnen, die Lichtkurven von Pulsationsveränderlichen durch Fourierreihenanalyse zu beschreiben. Hierzu gibt es umfangreiche Veröffentlichungen, die u. a. in [9] gut referenziert sind. Bei der Fourier-

reihenanalyse wird die gegebene Funktion durch eine Folge trigonometrischer Terme beschrieben, welche auf Grund- und Oberschwingungen beruhen. Die hier gewählte Darstellung beruht allein auf Kosinustermen und Phasenverschiebungen:

$$m(x) = m_0 + \sum_{i=1}^n A_i \cos(2\pi i x + \phi_i)$$

m ist die zu berechnende, m₀ die mittlere Helligkeit, x der Phasenwert, i die Ordnung der Schwingung. Die Grundschwingung hat die Ordnung 1.

Die in Abb. 4 dargestellte Lichtkurve wurde mit einer Fourierreihe 8. Ordnung erstellt, deren Koeffizienten und Parameter in Tabelle 4 wiedergegeben sind:

i	A _i	φ _i	i	A _i	φ _i
1	0.4352	2.46863	5	0.0348	3.43825
2	0.1865	2.67780	6	0.0163	3.35949
3	0.0972	2.93373	7	0.0149	3.63431
4	0.0533	3.16960	8	0.0099	4.49271

Tab. 4: Fourierparameter der Lichtkurve von BK Del (Ordnung n=8)

Die mittlere Helligkeit beträgt m₀ =13.50, der mittlere Fehler der Lichtkurve 0^m.052. Höhere Ordnungen beschreiben zunehmend das Rauschen der Messungen.

Fazit

In dieser Arbeit wurden aktuelle Lichtwechselelemente sowie die wesentlichen photometrischen Parameter der Lichtkurve von BK Del beschrieben. Zukünftige Beobachtungen sollten auf eine weitere Untersuchung der Periodenänderung abzielen und auch die Konstanz der Lichtkurvenform überprüfen. Ein Hinweis auf einen Blazhko-Effekt ist aus meinen Daten nicht zu erkennen. Der Stern sollte vorläufig zur Kontrolle der Lichtwechselelemente 1-2 mal jährlich beobachtet werden. BK Del ist von Mai bis November beobachtbar.

Quellen:

- [1] GEOS-Datenbank, http://rr-lyr.ast.obs-mip.fr/dbrr/dbrr-V1.0_0.php
- [2] Hoffmeister, C.; MVS **21** (9. Januar 1943)
- [3] N.N. Samus, et al., General Catalogue of Variable Stars (Samus+ 2007-2009)
- [4] Hoffmeister, C., *Astronomische Nachrichten*, Nr. 5700, Bd. **238**, pp 189-196 (1930)
- [5] Guthnick, P. et. al., *Astronomische Nachrichten*, Nr. 6419-20, Bd. **268**, pp 165-190 (1939)
- [6] Prager, R., *Annals of the Harvard College Observatory*, **111**, pp 1-251 (1941)
- [7] Guide-Star-Catalogue, Online-Version der ESO, <http://archive.eso.org/gsc/gsc.html>
- [8] Motl., David: Programm "MuniWin", <http://c-munipack.sourceforge.net/>
- [9] Deb, S., Singh, H., *Astronomy & Astrophysics*, **507**, pp 1729-1739 (2009)