Beobachtungen von Epsilon Aurigae außerhalb der Bedeckung

Abstract Die Beobachtung von Epsilon Aurigae ist auch außerhalb der Bedeckung von Interesse, um Einflüsse des Begleiters auf den Hauptstern zu untersuchen. Im Rahmen eines AAVSO-Aufrufes wurden daher von Dezember 2014 bis März 2015 insgesamt 39 V- und B-Helligkeiten bestimmt.

Verwendet wurde die DSLR-Kamera Canon EOS 60Da mit einen Standardzoom-Objektiv bei f = 15 mm und Blende 3.5–5.6, ISO 800 und 5 Sekunden Belichtungszeit. Jeweils zehn Einzelaufnahmen wurden addiert sowie Dark- und Flatkorrigiert. Die Photometrie wurde mit Fitswork nach dem PSF-Verfahren durchgeführt, extinkstionsbereinigt, farbkalibriert und nach Johnson transformiert.

Der mittlere Fehler liegt in V bei 0.04 mag und in B bei 0.12 mag. Die Helligkeit schwankt in V mit einer Halbperiode von 57 ±8 Tagen um $\Delta V = 0.16 \pm 0.01$ mag und in B mit einer Halbperiode von 64 ±14 Tagen um $\Delta B = 0.26 \pm 0.03$ mag.

Eine ausführliche Behandlung der Themen Veränderliche und Photometrie finden Sie im Buch *›Astronomie in Theorie und Praxis‹*, 6. Auflage (ISBN 978-3-00-040524-2).

Dr. Erik Wischnewski
Heinrich-Heine-Weg 13 • D-24568 Kaltenkirchen
E-Mail: proab@t-online.de • Internet: http://www.astronomie-buch.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Alle Rechte vorbehalten.
© Dr. Erik Wischnewski, Kaltenkirchen 2015

Version: 27.03.2015 18:42:41

Inhaltsverzeichnis

1 Beobachtungsparameter 3
2 Parameter der Sterne 3
  2.1 Epsilon Aurigae 3
  2.2 Referenzsterne 3
3 Verfahren der Photometrie 4
4 Optimierung des Extinktionsausgleichs 5
5 Lichtkurven 7
  5.1 Messungen mit Fehlerbalken 7
  5.2 Regressionspolynom 8
6 Interpretation 9
7 Diskussion 9

1 Beobachtungsparameter

Beobachter:	Dr. Erik Wischnewski
Beobachtungsort:	24568 Kaltenkirchen, Deutschland
Beobachtungszeitraum:	Dez. 2014 - März 2015
Objekt:	Epsilon Aurigae (Aur)
Art des Objektes:	Bedeckungsveränderlicher
Kamera:	Canon EOS 60Da
Brennweite:	15 mm
Empfindlichkeit:	ISO 800
Belichtungszeit:	5.0 s
Anzahl der Aufnahmen:	10 pro Messung
Anzahl der Messungen:	39
Photometrie:	Fitswork 4.39 (PSF)

2 Parameter der Sterne

2.1 Epsilon Aurigae

BD +43°1166, HD 31964, SAO 39955, HIP 23416

Rektaszension:	$\alpha = 05^h\ 01^m\ 58^s$	(J2000.0)
Deklination:	$\delta = 43°\ 49'\ 24''$	(J2000.0)
Helligkeit:	2.92 – 3.83 mag	
Spektralklasse:	A8–F2 Ia	
Lichtwechselelemente:	HJD 2435629 + 9892 · E	

2.2 Referenzsterne

		Tycho-Helligkeiten		Johnson-Helligkeiten	
Stern	**Spektrum**	B_T	V_T	B_J	V_J
Eta Aur	B3V	2.971	3.143	3.012	3.158
Ny Aur	K0III	5.427	4.098	5.108	3.978
58 Per	G8II	5.762	4.378	5.430	4.253
Lambda Aur	G0V	5.453	4.757	5.286	4.694

3 Verfahren der Photometrie

Pro Beobachtung wurden zehn Aufnahmen gemacht (bei schlechtem Wetter bis zu 20) und addiert. Gleichzeitig wurde ein gemitteltes Dunkelbild subtrahiert und durch ein gemitteltes Weißbild (Flat) dividiert. Letzteres zur Reduzierung der Vignettierung.

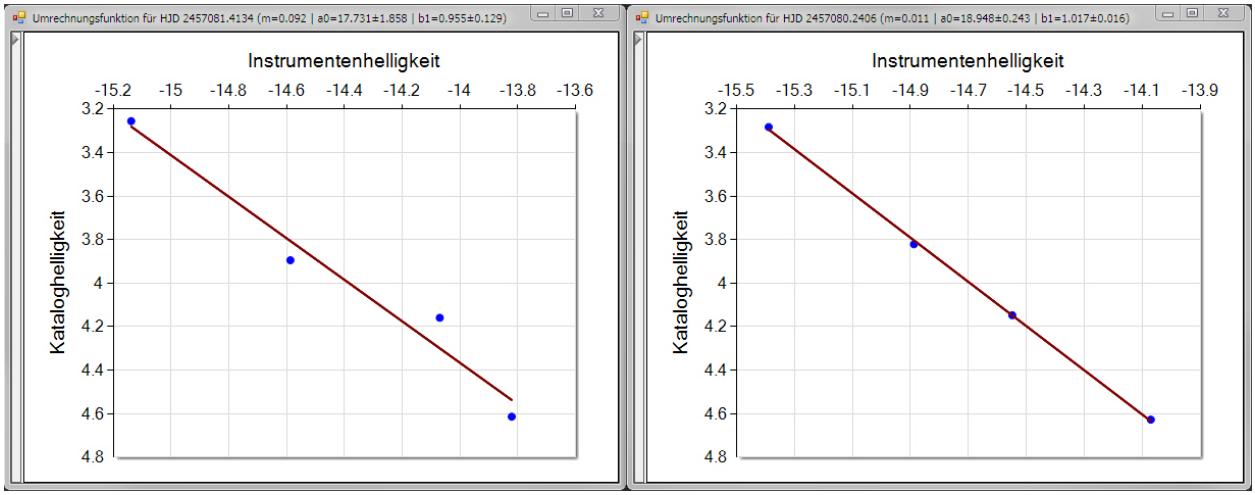
Zur Reduzierung von **Abbildungsfehlern** wurde auf Blende 5.0 oder 5.6 abgeblendet. Bei schlechtem Wetter musste mit voller Öffnung (Blende 3.5) belichtet werden, da die ISO-Zahl und die Belichtungsdauer nicht verändert werden sollten. Bei gutem Wetter durchgeführte Vergleichstests zeigten jedoch, dass hierdurch keine Beeinflussung der Messergebnisse gegeben war.

Da die verwendeten Referenzsterne unterschiedliche Höhen besaßen und teilweise auch weniger als 30° über dem Horizont standen, wurden die Messungen extinktionsbereinigt (→ Abschnitt 4).

Anhand der vier Referenzsterne wurde eine **Umrechnungsfunktion** ermittelt, deren mittlerer Fehler als Einzelfehler σ der Messungen verwendet wurde. Für die gesamte Messreihe von 39 Messungen ergibt sich ein mittlerer Einzelfehler von

σ = 0.043 ±0.024 mag für V
σ = 0.123 ±0.074 mag für B

Die ± Angabe gibt die Streuung der Einzelfehler an. Für V lagen diese im Bereich 0.01–0.14 mag und für B im Bereich 0.03–0.33 mag. Ferner konnte anhand der berechneten Steigung, die theoretisch 1 sein sollte, die Qualität der Beobachtung beurteilt werden. Nachfolgend je ein Beispiel einer schlechten und einer guten Beobachtung:



Die große **Ungenauigkeit der B-Messungen** lag an der kurzen Brennweite, bei der die Sterne nur auf wenige Pixel abgebildet wurden. Infolge der Bayer-Matrix, wo nur jedes vierte Pixel pro Zeile blauempfindlich ist, würde dies zu einem Zufallsergebnis führen. Daher wurde die Aufnahme etwas defokussiert, sodass sich letztlich das Licht über genügend Pixel verteilt. Jedoch wurde zu Beginn der Serie die Defokussierung zu gering vorgenommen und erst später erhöht, möglicherweise immer noch zu wenig für den Blaukanal.

4 Optimierung des Extinktionsausgleichs

Die Extinktion für die Zenitdistanz z wurde mit der Gleichung

$$E = \frac{E_0}{\cos z + 0.025 \cdot e^{-11 \cdot \cos z}}$$

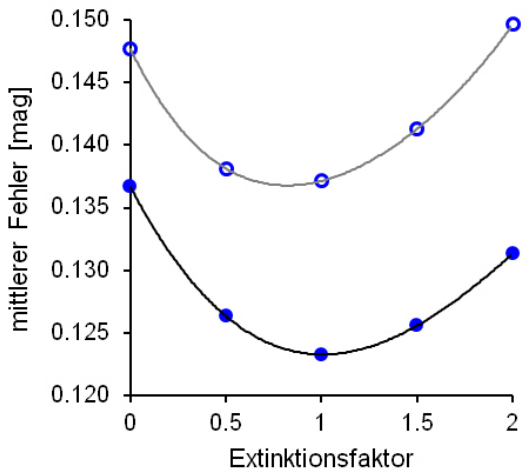
berechnet, wobei die Zenitextinktion E_0 als mittlere Werte aus der Literatur (u.a. Daniel Green: *Correcting for Atmospheric Extinction*, ICQ 14, 1992) entnommen wurde. Die Einzelbeobachtungen wurden mit einer Skala von 1 (sehr klare Luft) bis 5 (starke Trübung) bewertet. Während der Messreihe wurden folgende Schätzungen der Trübung gemacht:

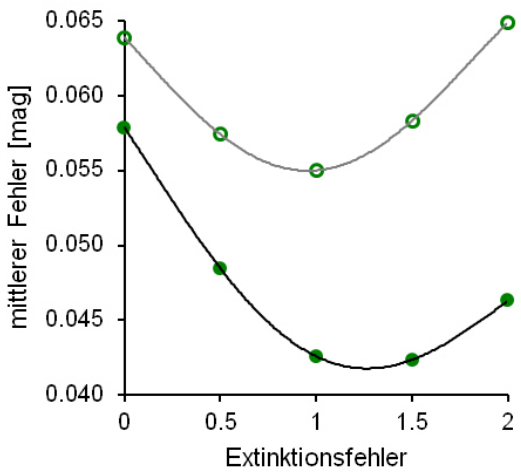
1 x klare Luft (2),
31 x typische Luft (3),
5 x trübe Luft (4),
2 x sehr trübe Luft (5).

Durch diese Kennzahlen werden die Beobachtungen untereinander in Relation gesetzt und folgende Zenitextinktionen verwendet:

Luft	E_0 für V	E_0 für B
1	0.22 mag	0.38 mag
2	0.28 mag	0.46 mag
3	0.34 mag	0.54 mag
4	0.45 mag	0.68 mag
5	0.57 mag	0.84 mag

Um herauszufinden, ob diese mittleren Literaturwerte den atmosphärischen Verhältnissen am Beobachtungsort gerecht werden, wurden Variationsrechnungen durchgeführt.





Bei der Variationsrechnung wurde die mittlere Zenitextinktion aus der obigen Tabelle mit 0, 0.5, 1.0, 1.5 und 2.0 multipliziert. Der Extinktionsfaktor 0 bedeutet, es wurde ohne Extinktionsausgleich gerechnet, und beim Extinktionsfaktor 1 wird der Literaturwert benutzt.

Gleichzeitig wurde mit (gefüllte Kreise) und ohne (offene Kreise) Farbkalibrierung gerechnet.

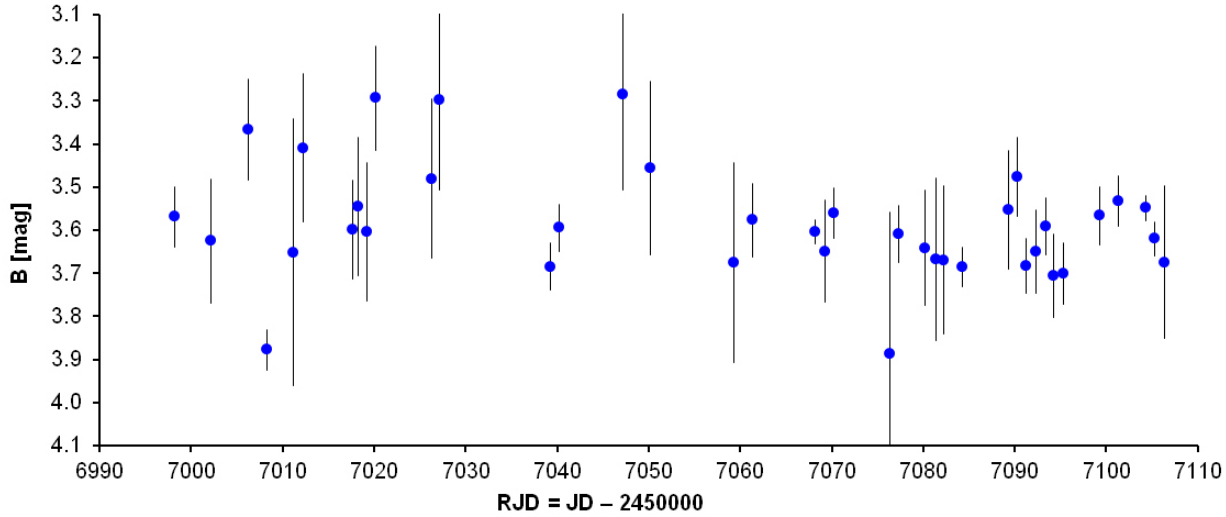
Zur Bewertung wurden die mittleren Einzelfehler der 39 Messungen der jeweiligen Rechenläufe gemittelt und auf der senkrechten Achse aufgetragen.

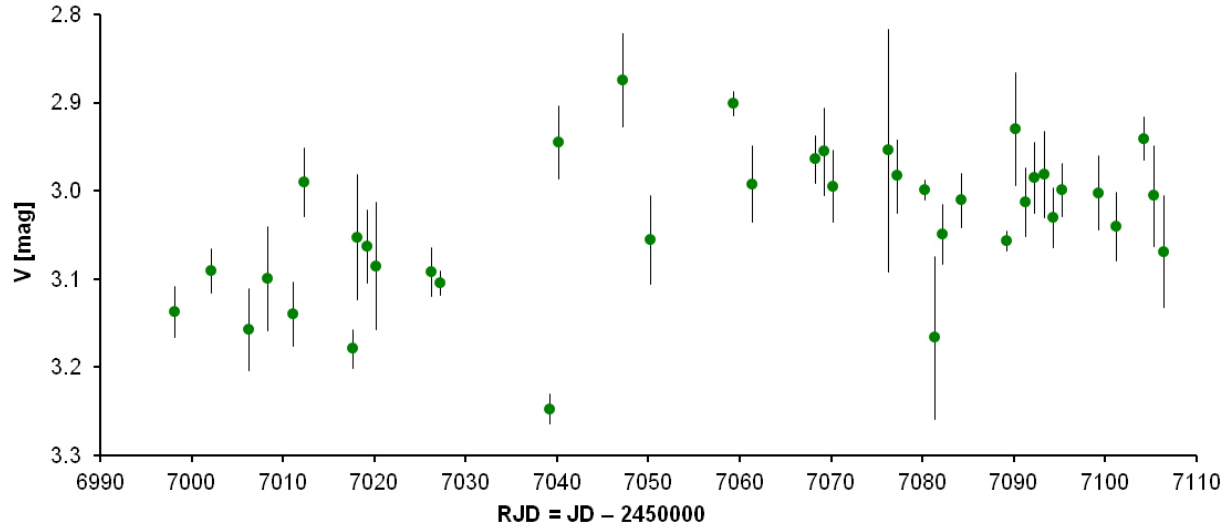
Das Ergebnis ist wie erwartet: Mit Farbkalibrierung sind die mittleren Fehler sowohl in B wie auch in V um ca. 0.15 mag kleiner. Ferner ist der Fehler am geringsten, wenn man die Literaturwerte für die Zenitextinktion verwendet. Im V-Bereich liegt das Minimum etwa bei dem 1.25fachen, ist hier aber höchstens um 0.001 mag besser, was in Hinsicht auf den Fehler insgesamt nicht ins Gewicht fällt.

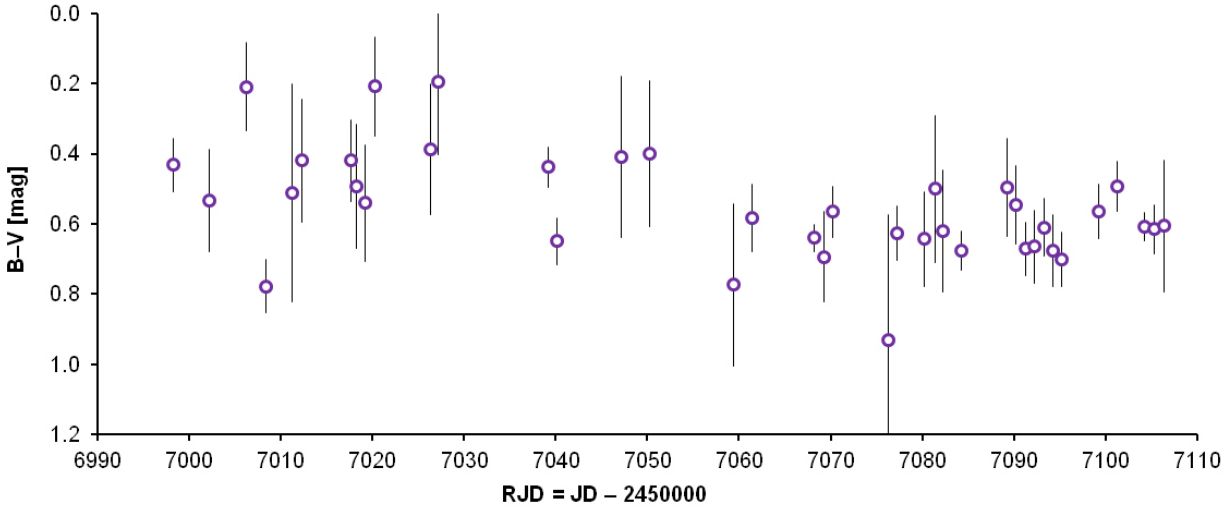
5 Lichtkurven

5.1 Messungen mit Fehlerbalken

Die drei ersten Diagramm beinhalten alle Messungen mit Fehlerbalken.

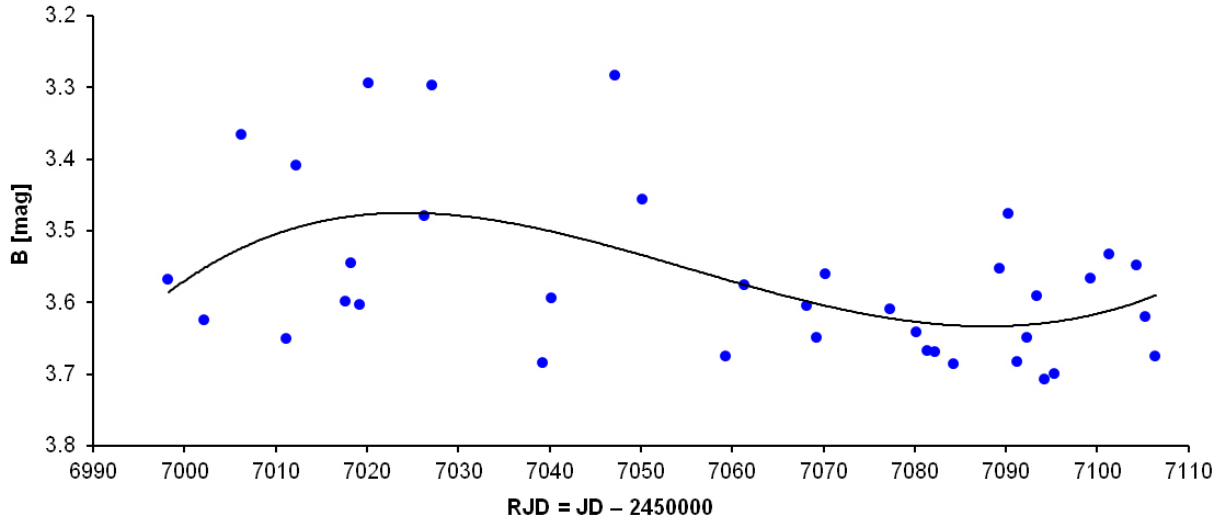


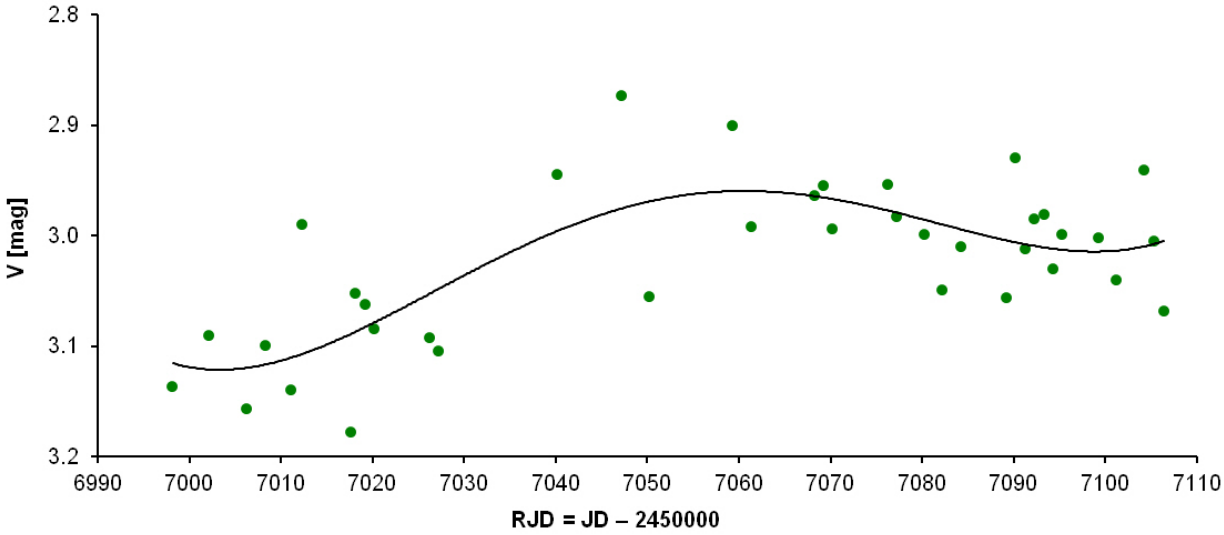


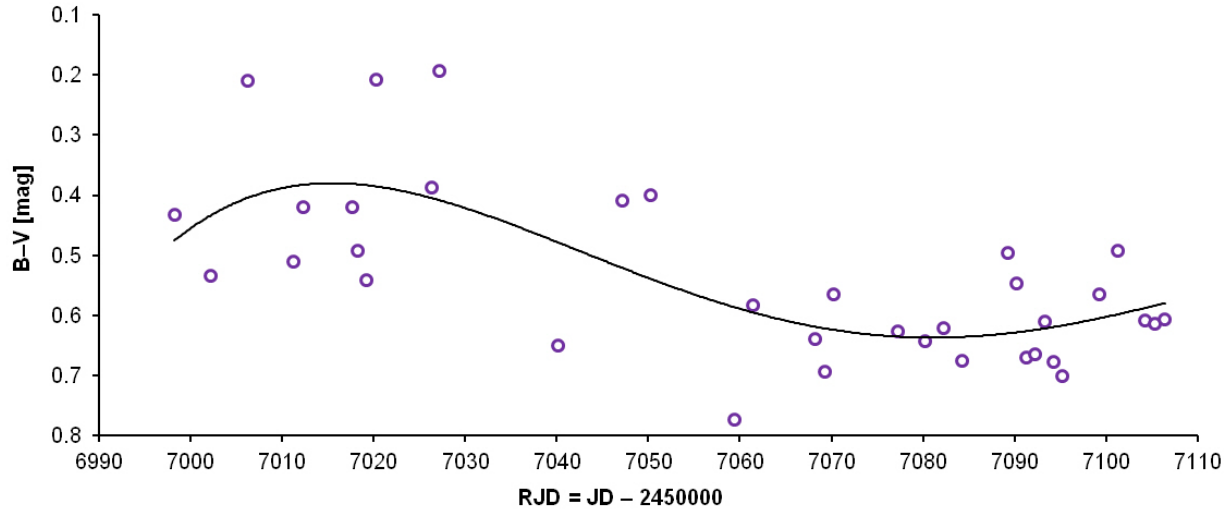


5.2 Regressionspolynom

Bei den drei nächsten Diagrammen wurden einige extreme Ausreißer beseitigt und ein Polynom 4. Grades gerechnet.







6 Interpretation

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass der Helligkeitsverlauf in B dem in V im Wesentlichen entgegengesetzt ist. Daraus resultiert letztendlich eine sehr große Amplitude im Farbindex B–V.

Die Auswertung der Regressionskurven ergibt:

Das Maximum in B liegt bei	J.D. 2 457 024 und 3.47 mag.
Das Minimum in B liegt bei	J.D. 2 457 088 und 3.63 mag.
Das Minimum in V liegt bei	J.D. 2 457 003 und 3.12 mag.
Das Maximum in V liegt bei	J.D. 2 457 060 und 2.96 mag.
Das Maximum in B–V liegt bei	J.D. 2 457 015 und 0.38 mag.
Das Minimum in B–V liegt bei	J.D. 2 457 081 und 0.64 mag.

Daraus ergeben sich folgende Halbperioden P/2 und Amplituden A:

in B:	P/2 = 64 ±14 Tage	A = 0.16 ±0.03 mag
in V:	P/2 = 57 ± 8 Tage	A = 0.16 ±0.01 mag
in B–V:	P/2 = 66 ±11 Tage	A = 0.26 ±0.03 mag

Ferner fällt auf, dass das Maximum von B etwa 21 Tage später als das Minimum von V liegt und das Minimum von B etwa 28 Tage später als das Maximum von V. Hier gibt es also eine Phasenverschiebung.

7 Diskussion

Der sehr große Fehler der Einzelmessungen in B und relativ große in V lassen die Ergebnisse der Regressionsrechnung fragwürdig erscheinen. So lassen sich zwar rein rechnerisch geringe Fehler bei der Amplitude ermitteln, aber übertragen auf die Zeitpunkte der Extrema bedeutet dies eine Ungenauigkeit von 1–2 Wochen (die Fehler bei der Halbperiode wurden nur grob ermittelt).