

Kepler-Daten von V2367 Cygni

Lienhard Pagel

Abstract: *The highly successful Kepler Mission NASA provides the observer of variable stars extensive and very precise photometric data. On the basis of a BAV program star, the Delta Scuti star V2367 Cyg, it will be shown what lessons are included in the Kepler data.*

Acknowledgement: This paper makes use of data from the Kepler exoplanetarchive.

Die sehr erfolgreiche Kepler-Mission der NASA liefert dem Beobachter von veränderlichen Sternen umfangreiche und sehr präzise photometrische Daten. An Hand eines BAV-Programmsternes, dem Delta-Scuti-Stern V2367 Cyg, soll gezeigt werden, welche Erkenntnisse in den Kepler-Daten enthalten sind.

Analyse der Kepler-Daten

Die hier auszugsweise vorgestellten Daten wurden von der Kepler-Website [1] mit dem Programm „wget“ heruntergeladen. Im KIC (Kepler Input Catalogue) hat V2367 Cyg den Identifier kplr009408694. Die Daten umfassen den Zeitraum 2009 bis 2011. Es wurden 2450 Maxima und Minima bestimmt und ausgewertet.

Die eigene Auswertung ergab folgende Elemente:

Epoche: 56206,45397

Periode: 0.17664343 d fP = 5.660911 /d (BAV-Circular 0,17664400d)

Blazhko-Periode: 0.6721 d fB = 1.4878 /d (fB=f2-f1)

Sampling Rate slc: 0.0006812 d 1467.9976 /d

Sampling Rate llc: 0.0204342 d 48.937565 /d

Die Kepler-Daten sind durch Debosscher J. et al. [2] automatisch durchforstet und auch automatisch klassifiziert worden. Einige Resultate für V2367 Cyg lauten:

Class probability	BCEP	beta-Cephei stars	54,79%
	RRC	RR-Lyrae stars, subtype c	45,19%
	RVTAU	RV-Tauri stars	0,02%

f1 First (dominant) detected frequency 5.66154394 /d P1= 0.1766302 d

f2 Second detected frequency 7.14937976 /d P2= 0.1398722 d

f3 Third detected frequency 7.77678041 /d P3= 0.1285879 d

Amplituden:

f1 0.16486405 mag, 2*f1 0.04676132 mag, 3*f1 0.01275826 mag

f2 0.01676955 mag, 2*f2 0.00034461 mag, 3*f2 0.00029351 mag

f3 0.00921404 mag, 2*f3 0.00022920 mag, 3*f3 0.00015838 mag

Phasen ($-\pi \dots \pi$): f2 gegen f1: -1.25593023; f3 gegen f1: 1.40500097

Weitere Daten sind in [2] zu finden. Die durch eigene Analysen und die automatisch ermittelten Daten zeigen bezüglich Periode und Blazhko-Periode eine gute Übereinstimmung, auch mit den Daten im BAV-Circular Heft 1.

V2367 CYG

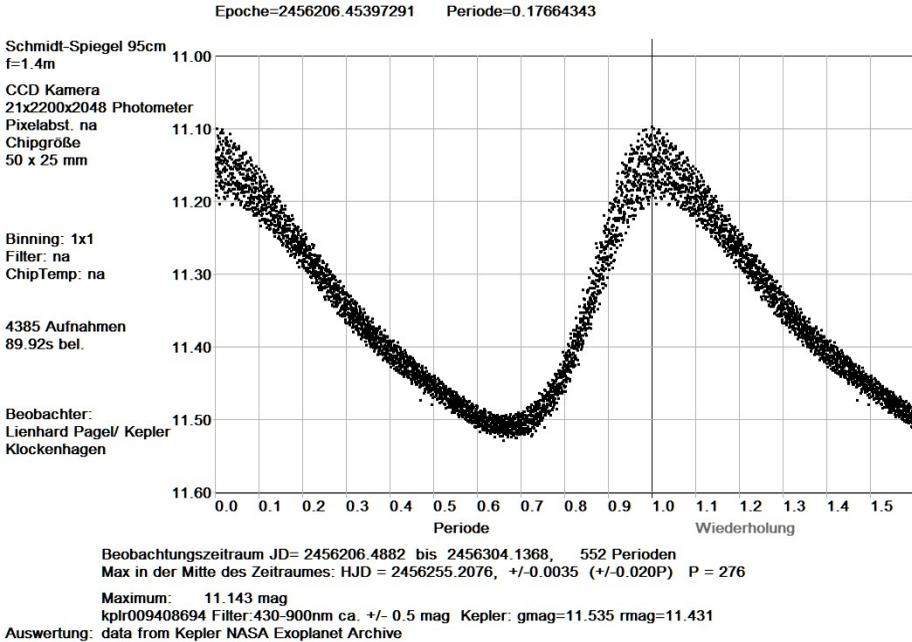


Bild 1: Faltungslichtkurve über 552 Perioden

Das Kepler-Fotometer nutzt ein Filter, das den Bereich von 430 – 900 nm passieren lässt. Die „Kepler-Helligkeiten“ passen also nicht unbedingt in bekannte fotometrische Systeme. Dennoch sind die relativen Genauigkeiten extrem hoch. In diesem Beitrag wird eine angepasste Helligkeit verwendet, die sehr grob der V-Magnitude entspricht und aus dem „Flux“ wie folgt berechnet wird: $\text{mag} = -2.5 \log_{10}(\text{Flux}) - 25.30$.

Bestimmung der Extrema

Bild 1 zeigt eine gefaltete Lichtkurve über 552 Perioden. Der Messfehler der Helligkeiten liegt unter einer mmag und ist deutlich kleiner als die sichtbare Streuung. Variationen in der Amplitude lassen deshalb einen Blazhko-Effekt erwarten. Bild 2 zeigt 4 Perioden und macht die Variationen sichtbar.

Die Bestimmung der Maxima und Minima wurde automatisch mit dem Programm „StarCurve“ durchgeführt. Dabei wurde die Lichtkurve durch eine Fourierapproximation angenähert und das Maximum dieser Approximationskurve bestimmt. Für die Belichtungsserien mit kurzer Belichtungszeit wurde der Bereich um die Extrema mit 10

Frequenzen angenähert. Bemerkenswert ist die Präzision der Näherung (Bild 3). Die mittlere Abweichung zwischen Messpunkt und Approximationskurve beträgt etwa 0,01 Milli-Magnituden.

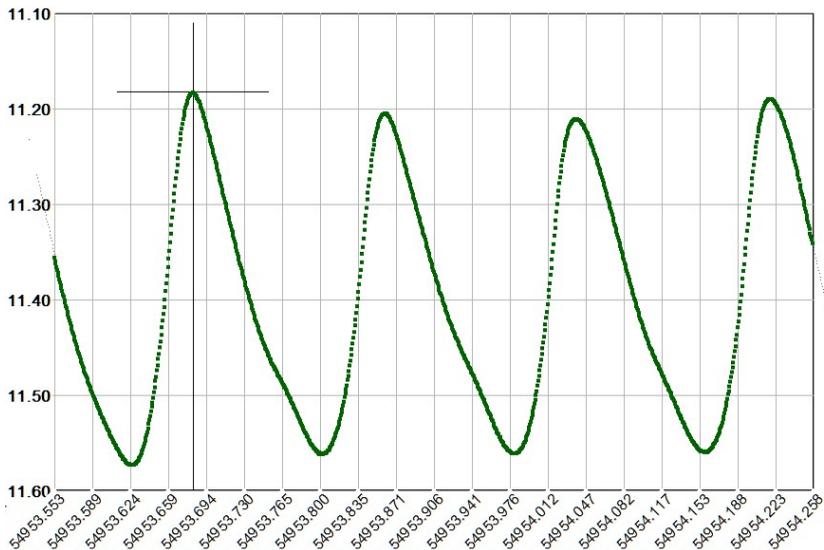


Bild 2: Übersicht über 4 Perioden, slc (short cadance)

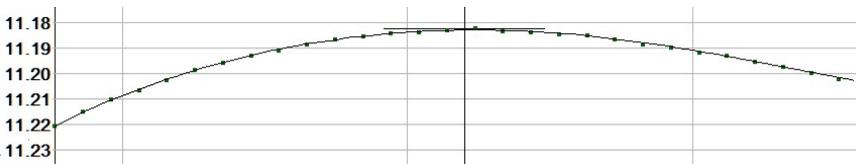


Bild 3: Maximum (slc) im Detail. Approximation mit 10 Frequenzen. Mittlere Abweichung: 0,01mmag. Die senkrechten Linien markieren einen Zeitabstand von 10 Minuten. In der Mitte ist der Zeitpunkt des Maximums gekennzeichnet.

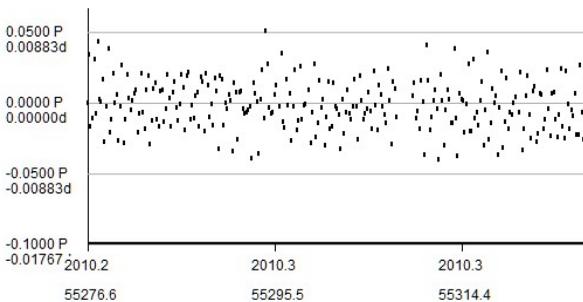


Bild 4: Ausschnitt aus der (B-R)-Kurve von V2367 Cyg

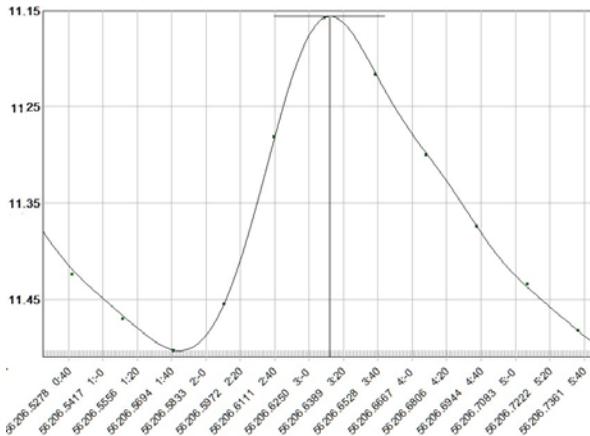


Bild 5: Approximation Ilc-Kurve mit 4 Frequenzen, mittlerer Fehler 0,1 mmag.

Über einen kleineren Zeitraum stehen Daten von länger belichteten Aufnahmen (Ilc, long cadance) zu Verfügung. Die Präzision des Messwerte ist höher, dafür sind deutlich weniger Messwerte vorhanden. Je Periode stehen nur etwa 7 bis 9 Helligkeiten zur Verfügung (Bild 5). Hier wurde die Lichtkurve mit 4 Frequenzen approximiert, immerhin mit einer mittleren Genauigkeit von 0,1 mmag.

Blazhko-Effekt

Durch Analyse der B-R-Kurve wurde mit dem Programm „StarCurve“ des Autors eine Blazhko-Periode von 0,6721d ermittelt (Bild 6), die auch als Differenz der Frequenzen f_1 und f_2 darstellbar ist. Die Faltungslichtkurve (Bild 1) über 552 Perioden zeigt die Bandbreite der Amplituden- und Phasen-Modulation.

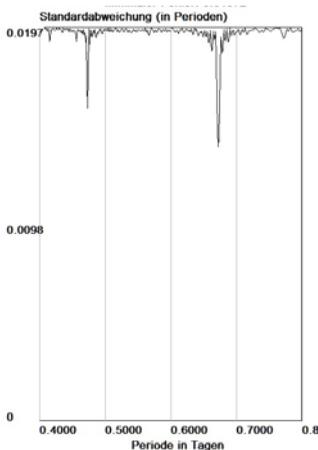


Bild 6: Ermittlung der Blazhko-Periode durch systematische Suche. Der Peak bei 0,6721d zeigt die geringste Abweichung und damit beste Blazhko-Periode.

Die (B-R)-Kurve sieht im Gegensatz dazu eher chaotisch aus. Sie ist in Bild 4 dargestellt. Die Blazhko-Periode ist kaum erkennbar und ohne eine automatische Periodenanalyse im (B-R)-Diagramm nicht bestimmbar.

Nicht nur die (B-R)-Werte zeigen eine Modulation mit der Blazhko-Periode. Auch die Helligkeiten der Maxima und der Minima sind systematisch von der Blazhko-Phase abhängig. Im Bild 2 ist die Amplitudenmodulation erkennbar.

Im Falle von V2367 Cyg ist die Amplitudenmodulation viel deutlicher ausgeprägt als die Modulation der Periode. Bild 7 zeigt die Helligkeiten der Maxima und Minima in Abhängigkeit von der Phase der Blazhko-Periode. Die möglichst präzise Erfassung der Maximum- und Minimum-Helligkeiten von pulsierenden Veränderlichen ist also eine wirksame Methode zur Untersuchung des Blazhko-Effektes. Beobachter, die die Helligkeiten nicht auswerten, verschenken wichtige Informationen.

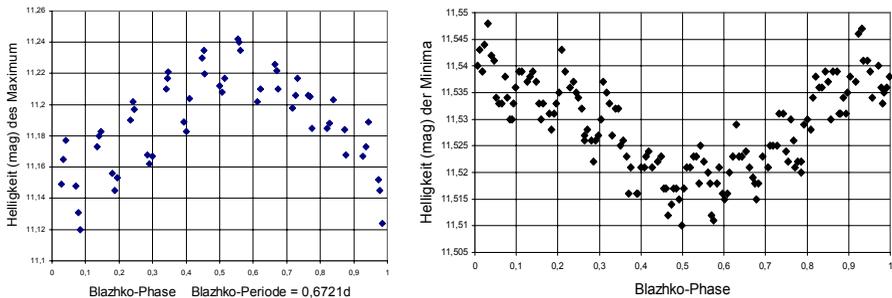


Bild 7: Modulation der Maxima und der Minima mit der Blazhko-Phase von 0,6721 d

Zusammenfassung

Das Beispiel V2367 Cyg zeigt, dass durch Dataming erfolgreich eine Periodenkontrolle durchgeführt werden kann und die Daten, die durch bereits durchgeführte Analysen publiziert wurden, direkt verwendet werden können. Damit ist V2367 Cyg wohl der am besten untersuchte Delta-Scuti-Stern aus dem BAV-Programm geworden, dank Dataming. Momentan läuft die zweite Phase der Kepler-Mission mit neuen Beobachtungsfeldern. Wir dürfen auf weitere Daten und Erkenntnisse hoffen.

Quellen:

- [1] http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/applications/ETSS/Kepler_index.html
- [2] Deboscher J., Blomme J., Aerts C., De Ridder J.; Global stellar variability study in the field-of-view of the Kepler satellite. *Astron. Astrophys.* 529, A89 (2011)