

BAV MITTEILUNGEN Nr. 161
(Kurzfassung in IBVS 5600 vom 30.4.2004)

MULTIPERIODISCHE δ SCUTI PULSATIONEN IN GSC 4004-0249

HUSAR, D.^{1,2}

¹ Himmelsmoor Private Observatory, Himmelsmoor 18, D-22397 Hamburg, Germany, email: husar.d@gmx.de

² Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft f. Veränderliche Sterne e.V. (BAV), Munsterdamm 90, D-12169 Berlin

Abstract

The variability of the star GSC 4004-0249 was discovered while using it as check star for the observation of the eclipsing binary V361 Cas. The total brightness variation of some 0.06 mag and a dominant period of 0.13867 days makes the star a candidate δ Scuti variable. The analysis of the brightness variations shows some evidence for complex multiperiodic pulsations.

Die Veränderlichkeit des Sterns GSC 4004-0249 ($\alpha_{2000} = 23^{\text{h}}42^{\text{m}}33^{\text{s}}.8$; $\delta_{2000} = +56^{\circ}11'20''$) wurde entdeckt, als dieser als Vergleichsstern bei der Beobachtung des Bedeckungsveränderlichen V361 Cas verwendet wurde. Die Entdeckung wurde bereits im IBVS veröffentlicht [Husar, 2004]. Im Folgenden sollen die vorliegenden Messergebnisse einer eingehenderen Analyse unterzogen werden.

Es existieren nicht viele Informationen zu diesem Stern. Der Stern ist in den Tycho Katalogen 1 und 2 enthalten (TYC 4004-249-1) mit einer Johnson V Helligkeit von 10.84 mag und einem berechneten Johnson B-V Farbindex von 0.423 mag. Diesem B-V Farbindex entspricht (nach Hoffmeister) ein Spektraltyp dF5, was etwas zu rötlich ist für einen typischen δ Scuti Veränderlichen. Die Abweichung könnte jedoch durch die interstellare Rötung erklärbar sein; weiterhin ist der Fehler der Angaben zu berücksichtigen, so dass noch kein klarer Widerspruch zur Klassifizierung als δ Scuti Veränderlicher erkennbar ist. Dagegen sind die galaktischen Koordinaten $\lambda = 113.41$ deg and $\beta = -5.40$ deg (J2000) typisch für δ Scuti Sterne, die meist der Population I angehören. Zu diesen Schlussfolgerungen siehe: [Hoffmeister, C. et al., 1990, pp. 19 and 54-57].

Der Stern wurde am Himmelsmoor Private Observatory in Hamburg während fünf Nächten zwischen August 2000 und Dezember 2003 beobachtet. Insgesamt wurden über 17.5 Stunden 921 photometrische Messwerte (ungefiltert und in V) aufgenommen. Die sehr geringe Helligkeitsvariabilität wurde mit einem 0.20-m SCT entdeckt, das mit einer SBIG ST7 CCD-Kamera ausgerüstet war. Für weitere Beobachtungen wurde ein 0.40-m Schmidt-Cassegrain Teleskop verwendet. Dieses Instrument war mit einer SBIG ST8E CCD-Kamera mit V-Filter (nach Bessel Spezifikationen) ausgerüstet. Die Belichtungszeiten variierten zwischen 30 and 60 Sekunden. Die CCD-Aufnahmen wurden mit Dunkelbild und Faltfeld korrigiert und mittels der Aperturphotometrie-Methode des CCD-Auswerteprogramms MIRA AP6 ausgewertet [†].

Um die Präzision der photometrischen Messdaten zu erhöhen, wurde die Helligkeit des Veränderlichen in Relation zum Mittelwert der Helligkeiten der Vergleichssterne $Ref1 = \text{GSC } 4004-0438$ (12.0 mag) und $Ref2 = \text{GSC } 4004-0803$ (12.1 mag) gemessen, während der Stern $Check = \text{GSC } 4004-0414$ (12.4 mag) als Kontrollstern verwendet wurde.

[†]Die Mira AP6 Software wird von Axiom Research Inc. angeboten.

Tabelle 1. Mittlere Helligkeitsdifferenz $\Delta 1 = Ref1 - Ref2$ und $\Delta 2 = Check - Ref.$ im instrumentellen V jeweils mit den Fehlern der Mittelwerte err und Standardabweichungen s der jeweiligen Differenzen von $\Delta 1$ and $\Delta 2$

JD	$\Delta 1 \pm err$ [mag]	s von $\Delta 1$ [mag]	$\Delta 2 \pm err$ [mag]	s von $\Delta 2$ [mag]
2452278	-0.0270 ± 0.0010	± 0.011	0.2997 ± 0.0014	± 0.010
2452285	-0.0239 ± 0.0006	± 0.013	0.3082 ± 0.0014	± 0.017
2453005	-0.0243 ± 0.0004	± 0.006	0.3082 ± 0.0002	± 0.006
Mittelwert	-0.0250 ± 0.0010		0.3054 ± 0.0049	

Wie die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen, sind die mittleren Helligkeitsdifferenzen $\Delta 1$ und $\Delta 2$ im instrumentellen V zwischen den Vergleichssterne sehr stabil. Die abgeschätzten Standardabweichungen der Messwerte für den neuen Veränderlichen liegen im Bereich von 0.002 bis 0.008 mag. Aufgrund der instrumentellen Unterschiede zwischen V -Filter und ungefilterten Messungen wurde eine Korrektur von -0.30 mag bei den ungefilterten Messwerten aus dem Jahr 2000 eingerechnet. Helligkeitsanpassungen bei den verschiedenen Messreihen mit V -Filter waren nicht erforderlich.

Um die offenbar komplexen zeitlichen Helligkeitsänderungen zu untersuchen, wurden die Daten einer Fourieranalyse mit dem Programm Period98 (Sperl, 1998) unterzogen. Die Hauptfrequenzen und -amplituden der Helligkeitsänderungen wurden zunächst für jede Beobachtungsreihe separat analysiert. Um die Helligkeitsstreuung der Messdaten zu reduzieren, wurde die Fourieranalyse mit geglätteten Messwerten (gleitende 3-Punkt Mittelwertbildung) vorgenommen. Nach Elimination der Hauptfrequenz wurde dann in den Residuen nach der zweitstärksten Frequenz gesucht ("prewhitening procedure"). Um die drittstärkste Frequenz zu suchen wurde analog vorgegangen. Die Lichtkurven der verschiedenen Nächte zeigen deutlich einen multiperiodischen Charakter, wie er für δ Scuti Sterne typisch ist. Fig. 1 zeigt instrumentelle Helligkeiten für drei Nächte in den Jahren 2000, 2002 and 2003 (JD 2451783, 24512278 and 2453005) zusammen mit den Fitkurven, die unter Verwendung der Frequenzen und Halb-Amplituden aus Tabelle 2 berechnet wurden.

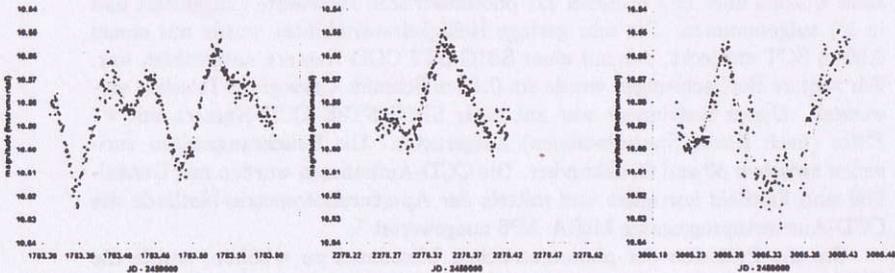


Figure 1. Data (gleitende 3-Punkt Mittelwertbildung) of GSC 04004-00249 von drei Beobachtungsreihen aus den Jahren 2000, 2002 and 2003 zusammen mit individuellen Fits unter Verwendung der Frequenzen aus Tabelle 2 (gleiche Skalierung).

Table 2. Frequenzen f_1, f_2, f_3 und Halb-Amplituden A_1, A_2, A_3 aus den Fourieranalysen der Helligkeitsänderungen die separat für jede Beobachtungsreihe durchgeführt wurden.

JD	f_1 [c/d]	A_1 [mmag]	f_2 [c/d]	A_2 [mmag]	f_3 [c/d]	A_3 [mmag]	weight
2451783	7.38	17	14.06	11	2.8	6	10
2452278	7.81	19	14.27	5	5.2	1	7
2453005	6.85	23	13.46	12			7

Es ist zunächst bemerkenswert, dass die Ergebnisse aus den drei Beobachtungsreihen weitgehend übereinstimmen.

Vergleicht man mit anderen δ Scuti Veränderlichen (z.B. [Breger, 2000]) kann man zunächst von der wahrscheinlichsten Annahme ausgehen, dass die Pulsationsfrequenzen und die Amplituden sich innerhalb von nur drei Jahren nicht signifikant ändern. Damit sollte eine gemeinsame Datenanalyse aller Messreihen zugleich möglich sein.

Die simultane Analyse führte dann zu folgendem Resultat:

$$f_1 = 7.211 \text{ [c/d]} \text{ (semi-amplitude: 19 mmag)}$$

$$f_2 = 13.898 \text{ [c/d]} \text{ (semi-amplitude: 6 mmag)}$$

$$f_3 = 4.16 \text{ [c/d]} \text{ (semi-amplitude: 4 mmag)}$$

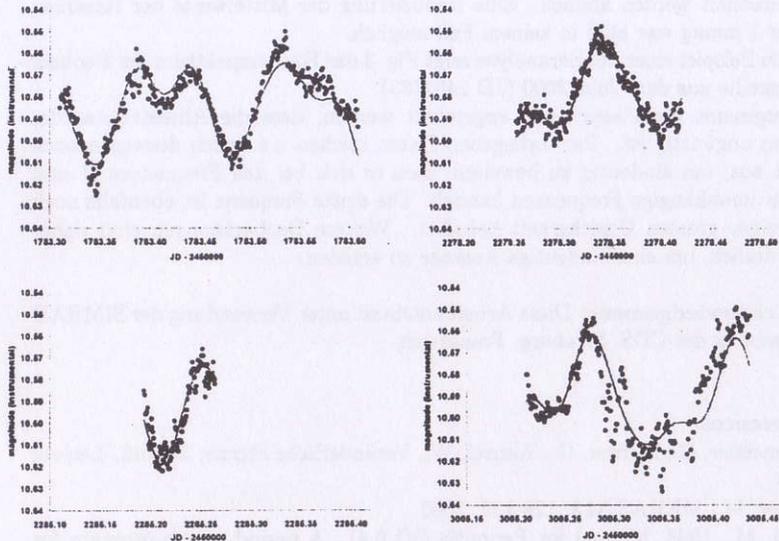


Figure 2. Helligkeitsänderungen (gleitende 3-Punkt Mittelwerte) von GSC 04004-00249 in vier Beobachtungsreihen in den Jahren 2000, 2002 and 2003 (JD 2451783, 24512278, 2452285 and 2453005) zusammen mit dem Simultanfit unter Verwendung der zuvor genannten Frequenzen und Halb-Amplituden (gleiche Skalierung).

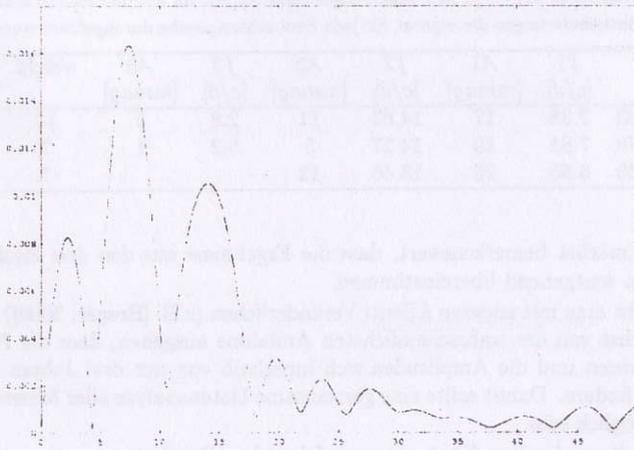


Figure 3. Fourierspektrum der Messwerte aus dem Jahr 2000 (JD 2451783).

Fig. 2 zeigt die Helligkeitsänderungen zusammen mit dem Simultanfit unter Verwendung der o.g. Frequenzen und Halb-Amplituden. Weitere Frequenzen konnten aus den Daten extrahiert werden, die jedoch bezüglich ihrer Signifikanz angezweifelt werden können. Eine Reduzierung der Mittelwerte der Residuen unter 1 mmag war aber in keinem Fall möglich.

Als Beispiel einer Fourieranalyse zeigt Fig. 3 das Fourierspektrum der Beobachtungsreihe aus dem Jahr 2000 (JD 2451783).

Insgesamt muss aber auch angemerkt werden, dass die Aliasstruktur der Daten ungünstig ist. Die vorliegenden Daten reichen u.a. auch deswegen noch nicht aus, um eindeutig zu beweisen, dass es sich bei den Frequenzen f_1 und f_2 um unabhängige Frequenzen handelt. Die dritte Frequenz ist ebenfalls noch mit einer grossen Unsicherheit behaftet. Weitere Beobachtungen sind daher erforderlich, um eine eindeutige Aussage zu erzielen.

Acknowledgement: Diese Arbeit entstand unter Verwendung der SIMBAD Datenbank des CDS, Straburg, Frankreich.

References:

- Hoffmeister, C., Richter, G., Wenzel, W., Veränderliche Sterne, 3. Aufl. Leipzig 1990
 Breger, M., MNRAS 313, 129-135, 2000
 Sperl, M., 1998, Manual for Period98 (V1.0.4). A period search-program for Windows and Unix, (<http://dsn.astro.univie.ac.at/period98>)
 Husar, D., 2004 in *IBVS*, No. 5600