

Der Delta-Scuti-Stern GSC 1442-1358

Edgar Wunder

Abstract: *GSC 01442-01358 in the constellation of Coma Berenices is confirmed to be a monoperoiodic Delta Scuti-star, varying between $V=12.027$ in maximum and $V=12.307$ in minimum ($M-m=0.35$). Based on 32 times of maxima the following elements are valid at least since 1999:*

*HJD (Max) = 24 56072.4213 * E + 0.082112489.*

Forschungsstand

GSC 1442-1358 (= ASAS 121341+1714.6) im Sternbild Coma Berenices, ein Objekt der 12. Größenklasse, wurde erstmals von Pojmanski et al. (2005) als Veränderlicher angezeigt und als Delta-Scuti-Stern mit einer Periode von etwa 0.082112 Tagen klassifiziert. Weitere Beobachtungen sind seitdem nicht bekannt.

Methoden

Im Mai 2012 wurde GSC 1442-1358 in insgesamt vier Nächten mit einem 35.5cm-Reflektor und einer DSI Pro III - CCD-Kamera am Standort Neckarhausen bei Heidelberg vermessen. Insgesamt wurden $N=772$ Messungen mit V-Filter mit in der Regel jeweils 40 Sekunden Belichtungszeit realisiert. Als Vergleichssterne dienten der nahe SAO 99999 ($V=7.732$), GSC 1442-715 ($V=13.22$) und GSC 1442-1510 ($V=13.90$; alle Helligkeitsangaben nach GSC 2.3.2). Aufgrund der Nähe zum galaktischen Nordpol ist die Umgebung des Veränderlichen relativ arm an geeigneten Vergleichssterne, so dass hier keine große Auswahl bleibt.

Zur genaueren Bestimmung der Pulsationsperiode über einen längeren Zeitraum wurden weiterhin die Datenarchive des NSVS (Wozniak et al. 2004), des Catalina Sky Survey (<http://nessi.cacr.cattech.edu/DataRelease/>) und des ASAS3-Programms (Pojmanski et al. 2005) ausgewertet. Von der SuperWASP-Himmelsüberwachung wurde das Objekt bis jetzt nicht erfasst. Alle Auswertungen der Daten erfolgten mit der Software Peranso 2.0.

Maxima und Pulsationsperiode

Aus den genannten Datenquellen wurden die in Tabelle 1 zusammengestellten Maxima abgeleitet.

Die größte Genauigkeit haben dabei die von mir selbst vermessenen letzten fünf Maxima (jeweils etwa ± 0.0015 Tage). Die drei NSVS-Maxima gehen auf reduzierte Gesamtlichtkurven für einen Zeitraum von jeweils etwa 35-85 Tagen zurück und haben eine Genauigkeit von jeweils etwa ± 0.002 Tagen. Im Vergleich dazu sind die Catalina-Maxima deutlich ungenauer (in einer Größenordnung von ± 0.005 Tagen), weil diese Maxima nicht aus Lichtkurven abgeleitet wurden, sondern es sich dabei lediglich um die Zeitpunkte besonders heller Einzelmessungen handelt. Ein derartiges Vorgehen bei der Verwertung der Catalina-Daten war in diesem speziellen Fall notwendig, um eine sichere Zuordnung der Epochen aller Maxima zu gewährleisten, was angesichts der sehr kurzen Periode des Sterns (unter 2 Stunden) zunächst durchaus schwierig war. Dazu dürfen keine größeren zeitlichen Lücken zwischen den Maxima entstehen. Wären die Catalina-Daten zu reduzierten Gesamtlichtkurven für deutlich längere Zeiträume zusammengefasst und daraus eine – wesentlich geringere – Zahl an

Maxima ermittelt worden, wären die zeitlichen Lücken zwischen den Maxima teilweise schon zu groß geworden, um eine sichere Zuordnung der Epochen zu garantieren.

Tabelle 1: Maximazeiten für GSC 1442-1358.

Data Source	HJD (Max)	Data Source	HJD (Max)
NSVS	24 51315.9736	Catalina	24 55276.8340
NSVS	24 51543.9968	Catalina	24 55290.7106
NSVS	24 51617.9821	Catalina	24 55336.6942
ASAS	24 52638.0710	Catalina	24 55358.7005
Catalina	24 53740.0178	Catalina	24 55576.9530
Catalina	24 53763.9838	Catalina	24 55615.9575
Catalina	24 53803.7527	Catalina	24 55681.8179
Catalina	24 53819.7656	Catalina	24 55959.8484
Catalina	24 53858.7429	Catalina	24 55975.9468
Catalina	24 54204.8604	Catalina	24 55988.8347
Catalina	24 54867.8317	Catalina	24 56035.7996
Catalina	24 54878.0105	Wunder	24 56072.4203
Catalina	24 54886.8852	Wunder	24 56073.4062
Catalina	24 55185.0275	Wunder	24 56075.3756
Catalina	24 55209.0082	Wunder	24 56075.4602
Catalina	24 55268.8637	Wunder	24 56076.4441

Die ASAS-Daten sind für diesen nördlichen Deklinationsbereich deutlich ungenauer und spärlicher als die Catalina-Daten, so dass auf eine Auswertung der ASAS-Daten verzichtet wurde. Mit einer Ausnahme: Um die größere zeitliche Lücke zwischen den NSVS- und den Catalina-Daten zu schließen wurde für diesen Zeitraum ein einziges ASAS-Maximum auf der Basis einer reduzierten Gesamtlichtkurve ermittelt. Dessen Genauigkeit dürfte der der Catalina-Maxima entsprechen.

Mit der Methode der kleinsten Quadrate ergeben sich aus den in Tabelle 1 aufgelisteten Maxima folgende lineare Elemente, wobei die Maxima aufgrund der unterschiedlichen Genauigkeit bei den Catalina- und ASAS-Daten 1-fach, bei den NSVS-Daten 5-fach und bei den Daten von Wunder 10-fach gewichtet wurden:

$$\text{HJD (Max)} = 24\,56072.4213 * E + 0.082112489$$

$$(l) \qquad \qquad \qquad \pm 4 \qquad \qquad \qquad \pm 2$$

Die Periode ist damit mit einer Genauigkeit von fast einer Zehntausendstel Sekunde bestimmt, sie beträgt rund 1 Stunde und 58 Minuten.

Zur Klärung der Frage, ob der Stern strikt monoperiodisch ist oder ob weitere Perioden überlagert sind, wurden – jeweils gesondert – die NSVS-, ASAS- und Catalina-Daten sowie die eigenen CCD-Messungen einer ANOVA-Periodensuchanalyse mittels der Prewhitening-Methode unterzogen. In allen vier Datensätzen fanden sich keine weiteren Perioden. Somit kann als gesichert gelten, dass GSC 1442-1358 strikt monoperiodisch pulsiert.

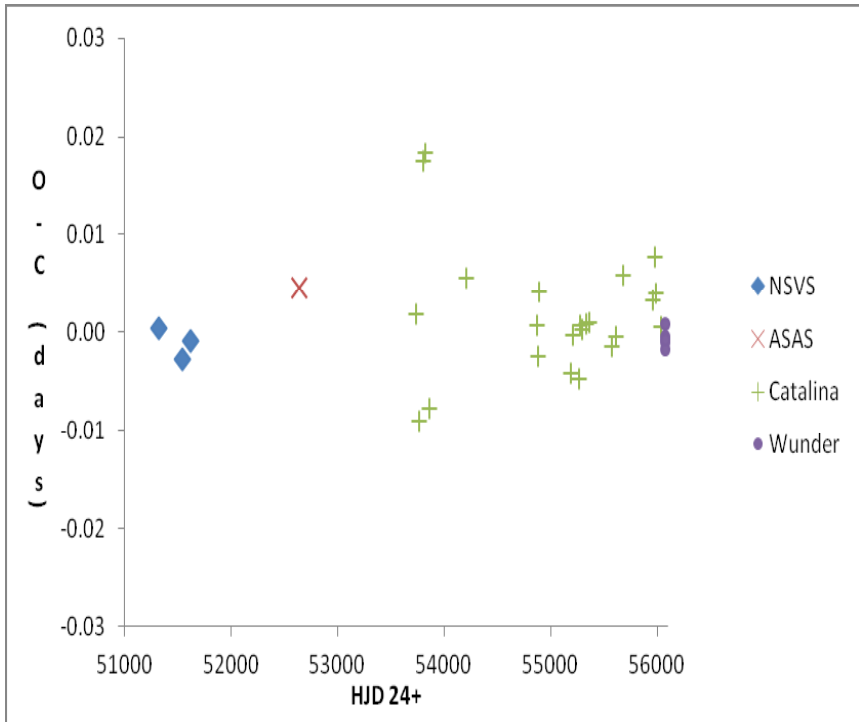


Abb. 1: (B-R)-Diagramm von GSC 1442-1358, gerechnet mit Elementen (I)

Anhand der Maxima in Tabelle 1 und den ermittelten Elementen (I) ergibt sich das in Abbildung 1 dargestellte (B-R)-Diagramm. Es zeigt sich, dass die Periode von GSC 1442-1358 in den letzten 15 Jahren als konstant angenommen werden kann.

Lichtkurve

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Lichtkurve anhand der in der Nacht vom 27./28. Mai 2012 gewonnenen Daten. Die Helligkeit schwankt zwischen $V=12.027$ im Maximum und $V=12.307$ im Minimum, die Amplitude beträgt somit 0.28 mag. Die Asymmetrie der Lichtkurve wird durch $M-m=0.35$ beschrieben. Diese Werte sind in guter Übereinstimmung mit Ergebnissen, wie sie sich auch aus den – allerdings weniger präzisen – NSVS- und Catalina-Daten ableiten lassen. Geringfügige Variationen der Lichtkurve von Zyklus zu Zyklus sind vorhanden, aber nicht besonders auffällig.

Delta-Scuti- oder SX-Phe-Stern?

Angeht die sehr hohen galaktischen Breite des Objekts ($b=76.8^\circ$) stellt sich die Frage, ob es sich wirklich um einen Delta-Scuti-Stern handelt oder nicht vielmehr um einen SX-Phe-Stern. Erstere gehören der Scheibenpopulation der Milchstraße an (Population I), letztere der älteren Halopopulation (Population II). Die Frage der Populationszugehörigkeit lässt sich nicht anhand der Lichtkurve entscheiden.

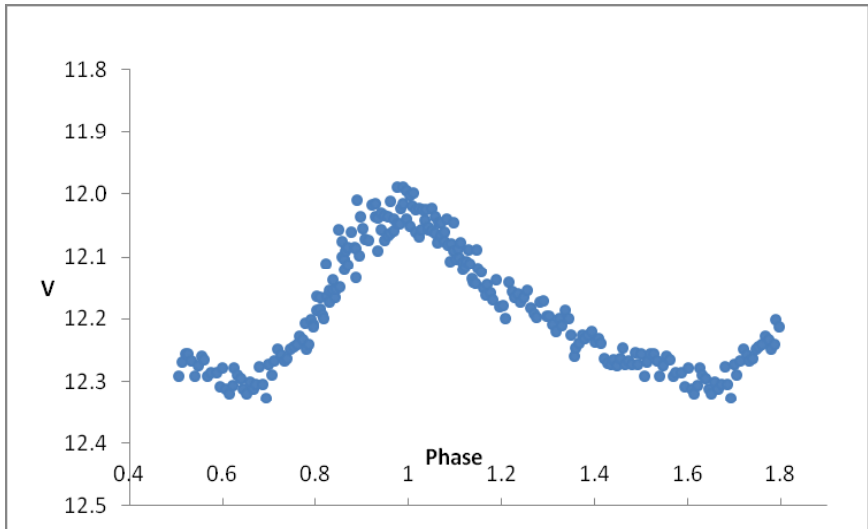


Abb. 2: Die Lichtkurve von GSC 1442-1358 (V-Filter Phasendiagramm) mit allen Beobachtungen aus der Nacht vom 27./28. Mai 2012

Indikatoren für eine Zugehörigkeit zur Population II sind eine hohe Raumgeschwindigkeit relativ zur Sonne, ein geringer Metallgehalt sowie die räumliche Position außerhalb der galaktischen Scheibe im Halobereich unserer Milchstraße.

Die hohe galaktische Breite von GSC 1442-1358 könnte für letzteres sprechen. Nimmt man für einen SX-Phe-Stern eine absolute Helligkeit von $M=2.9$ an (vgl. Nemeč et al. 1993, p. 153), so ergibt sich angesichts der mittleren scheinbaren Helligkeit des Objekts von $m=12.2$ ein Entfernungsmodul von $m-M=9.3$, was einer Entfernung von 724 Parsec entspricht. Die interstellare Absorption dürfte in dieser hohen galaktischen Breite vernachlässigbar sein. Handelt es sich dagegen um einen Delta-Scuti-Stern, dann kann von einer etwa eine Größenklasse helleren absoluten Helligkeit ausgegangen werden (vgl. Frolov & Irkaev 1984). Für diesen Fall wäre somit ein Entfernungsmodul von $m-M=10.3$ anzusetzen, entsprechend einer Entfernung von 1148 Parsec.

Frolov & Irkaev (1984) gehen davon aus, dass eine Entfernung von mindestens 1000 Parsec über der galaktischen Ebene als ein Indiz für eine Zugehörigkeit zur Population II angesehen werden kann. Vergleichbar ist beispielsweise der SX-Phe-Stern BL Cam, der bei einer scheinbaren Helligkeit von $m=13.1$ (Kim et al. 2003) in einer Entfernung von etwa 1000 Parsec anzusiedeln ist.

Das Ergebnis dieser Überlegungen in Bezug auf GSC 1442-1358 ist nicht eindeutig. Seine Zugehörigkeit zur Population II ist aufgrund seiner Entfernung und Lage im Raum denkbar, aber nicht zwingend. Ohnehin ist dieses Kriterium als Indikator für die Populationszugehörigkeit eher schwach, weil auch die SX-Phe-Sterne SX Phe

(Landes et al. 2007), XX Cyg (Zhou et al. 2002) und CY Aqr (Fu & Sterken 2003) eine deutlich geringere Entfernung als 1000 Parsec zur galaktischen Ebene aufweisen.

Aussagekräftiger ist die Kinematik: Sterne der Population II zeichnen sich in der Regel durch eine relativ starke Eigenbewegung aus. So zeigt der hinsichtlich der mutmaßlichen Entfernung in etwa vergleichbare SX-Phe-Stern BL Cam nach dem Tycho-2-Katalog eine Bewegung von 120.87 mas/year in Rektaszension und 20.84 mas/year in Deklination. Im Vergleich dazu ist die Eigenbewegung von GSC 1442-1358 bescheiden: sie beträgt nach dem Tycho-2-Katalog nur 16.3 mas/year in Rektaszension und 0.8 mas/year in Deklination. Das spricht eher für eine Zugehörigkeit zur Population I und damit für einen Delta-Scuti-Stern.

Der stärkste Indikator der Populationszugehörigkeit ist der Metallgehalt [Fe/H]. Leider ist dazu bis jetzt kein Wert für GSC 1442-1358 bekannt. Solange diese Information noch aussteht, kann vorläufig davon ausgegangen werden, dass es sich um einen High-Amplitude-Delta-Scuti-Stern (HADS) handelt.

Sollte die noch ausstehende Bestimmung des Metallgehalts ein dem widersprechendes Ergebnis erbringen und für einen SX-Phe-Stern sprechen, wäre dies von hoher Relevanz, weil bis jetzt nur 14 SX-Phe-Feldsterne im galaktischen Halo bekannt sind (Fauvaud et al. 2010), alle anderen bekannten SX-Phe-Sterne gehören zu Kugelsternhaufen oder anderen Galaxien der Lokalen Gruppe.

Literatur

- Fauvaud, S. et al. (2010): The field high-amplitude SX Phoenicis variable BL Camelopardalis. *Astronomy and Astrophysics* 515, A39.
- Frolov, M.S., Irkaev, B.N. (1984); On the SX Phe-type stars. *Information Bulletin on Variable Stars* No. 2462.
- Fu, J.N., Sterken, C. (2003): Long-term variability of the SX Phoenicis star CY Aquarii. *Astronomy and Astrophysics* 405, 685-688.
- Kim, C. et al. (2003): Differential Time-Series CCD Photometry of BL Camelopardalis Revisited. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 11, 755-760.
- Landes, H. et al. (2007): Long-Term Changes in the Periods of SX Phe. *Publications of the Astronomical Society of Australia* 24, 41-45,
- Nemec, J.M. et al. (1993): The Pulsation Modes, Period-Luminosity-Metallicity Relations, and Absolute Magnitudes of SX Phe stars. *ASP Conference Series* 53, 145-154.
- Pojmanski, G., Pilecki, B., Szczygiel, D. (2005): The All Sky Automated Survey. *Catalog of Variable Stars. Declinations 0°-28° of the Northern Hemisphere. Acta Astronomica* 55,275.
- Wozniak, P R. et al. (2004). Northern Sky Variability Survey (NSVS): Public data release. *Astronomical Journal* 127, 2436.
- Zhou, A.-Y. et al. (2002): Amplitude and Period Changes in the SX Phoenicis star XX Cygni. *Astrophysics and Space Science* 281, 699-714.