

# Untersuchung und Klassifikation des Sterns Gaia DR2 240404751377191552 als HADS-Stern (High Amplitude Delta Scuti) sowie die Bestimmung der Periode

Nicolas Andreas Schwarz und Abdulbaki Püsküllüo  
(Institut für Physik, TU Darmstadt)

**Abstract:** In an experimental laboratory course in November 2021 at Technical University Darmstadt a variable star was found, which has not been cataloged yet at the AAVSO Index of variable stars at the time of analyzing the measurement data in Dezember 2021. By Fourier-analyzing the lightcurve of the star, the elements could be computed with great precision, namely

$$T_{\max.} = \text{BJD } 2459531.37771 \quad +0.11191 \times E \\ \pm 0.01472 \quad \pm 0.00019$$

A discussion of the lightcurve leads to the identification of the star as a HADS variable star. Moreover the lightcurve will be compared with a later published lightcurve of Christy et al. Since the variation of the data points measured in the frame of this work, is less broad distributed, there are more than twice the number of recorded images and the uncertainties are reduced by a factor of about 2.5, it is sufficient to say that the elements calculated in this work describe the dynamics of the star more reliable.

Im Rahmen des Fortgeschrittenenpraktikums des Fachbereichs Physik der Technischen Universität Darmstadt wurden im Versuch "Photometrie in der Astrophysik" [1] Bedeckungsveränderliche und pulsierende Sterne untersucht, die Lichtkurven mit Helligkeitsschwankungen aufweisen. Dabei fiel bei der Datenanalyse eines Sterns im Sternenbild Perseus am 8.12.2021 im gleichen Bildausschnitt ein Veränderlicher auf, der zum Zeitpunkt der Beobachtung zwar im Katalog DR2 der Gaia Mission zu finden war [2], nicht jedoch in einem Katalog der veränderlichen Sterne. Dabei handelt es sich um den Stern Gaia DR2 240404751377191552.

Die Beobachtung fand am 12.11.2021 statt und die erste Messung begann um 20:28 Uhr MEZ. Bei dem benutzten Teleskop handelt es sich um die Installation TURMX, die sich aufgrund der besseren Beobachtungsvoraussetzungen in der Extremadura im Observationsmodul „Apollo VII“ des Astronomiekomplex e-Eye befindet. Die Koordinaten sind mit Latitude 38°13'10,89" N und Longitude 6°37'54,32" W bei einer Höhe von 560 m angegeben. Das Teleskop wird dabei über die Software Voyager ferngesteuert, welche die bewegliche Montierung 10 micron GM2000 HPS II bedient. Das Teleskop besteht weiter aus dem Fernrohr CFF Telescopes 160 mm Triplet APO Refraktor mit drei ölfügten Linsen zur Minimierung chromatischer Aberrationen und einer ZWO ASI 6200 mm Pro CMOS Kamera mit 62 Megapixeln, die monochromatisches Licht auffängt. Die Linsen sind beheizt und das zu beobachtende Objekt wird alle 30 Minuten nachfokussiert.

Weitere Einzelheiten sind auf der Homepage des TURMX und des e-Eye zu finden [3, 4]. Die Belichtungszeit der insgesamt 237 Aufnahmen beträgt je 120 Sekunden. Der benutzte Luminanzfilter lässt nur sichtbares Licht passieren. Zur Datenanalyse wurde das Programm Muniwin benutzt, um nach veränderlichen Sternen im gleichen Bildausschnitt zu filtern. Mit den Programmen XParallax und Stellarium wurden die Koordinaten bestimmt und damit der Stern identifiziert [5, 6, 7].

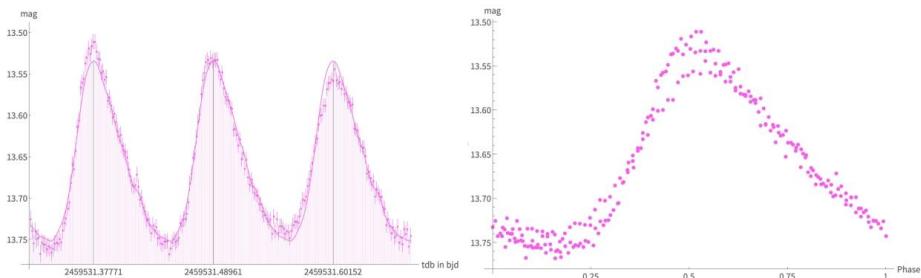


Abb. 1: links: Lichtkurve des Sterns in scheinbarer Helligkeit, die Maxima sind markiert mit baryzentrisch korrigiertem Julianischen Datum, rechts: normalisierte Phasen-Lichtkurve

### Stern: Gaia DR2 240404751377191552

Cross-ID

= ASASSN-VJ031042.79+421923.4

= TIC192647520

= WISEAJ031042.78+421923.4

= ATLASJ047.6782+42.3231

Gaia DR2 Katalog:

Rekt.: 03<sup>h</sup> 10<sup>m</sup> 42.79<sup>s</sup> bei Epoch = J2000

Dekl.: 42° 19' 23,40" bei Epoch = J2000

Magnitude: 13,697922 mag

Der Referenzstern, mit dem die Helligkeit verglichen wurde, ist Gaia DR2 240403441409643520 und kann im Gaia Katalog [2] eingesehen werden. Der Stern hat eine mittlere Helligkeit von 13,630675 mag und wurde nach den Empfehlungen der AAVSO ausgewählt [8].

### Ergebnisse

Die Daten der Lichtkurve von Muniwin wurden mit Wolfram Mathematica ausgewertet, indem die Lichtkurve mit einer Fouriersumme bis zur neunten Ordnung angepasst wurde. Dabei wurde die Anpassung mit den Unsicherheiten der Messwerte gewichtet, um Aussagen über die Unsicherheiten der Periode zuzulassen.

Durch Vergleichen mit Lichtkurven verschiedener Veränderlicher konnte der Typ des Sterns auf HADS (High-Amplitude-Delta-Scuti) festgelegt werden. Mit den Daten wurden die folgenden Elemente bestimmt:

$$\begin{aligned} T_{\max} &= \text{BJD } 2459531.37771 && +0.11191 \times E \\ & && \pm 0.01472 && \pm 0.00019 \end{aligned}$$

Anhand der Lichtkurve ist zu erkennen, dass die Amplitude über die drei aufgezeichneten Perioden leicht abnimmt, bevor sie zu Beginn des vierten Zyklus wieder größer wird, was auch in der phasennormierten Darstellung zu sehen ist. Während der Auswertung wurde die relative Lichtkurve probeweise mit

verschiedensten Sternen berechnet, um den Hintergrund als mögliche Ursache dieses Phänomens auszuschließen. Inwieweit eine regelmäßige Einhüllung die Schwankung der Amplitude beschreibt, muss mit Beobachtungen über einen längeren Zeitraum untersucht werden.

### Vergleich mit Lichtkurve von Christy et al.

Im Mai 2022 veröffentlichten Christy et al. ein Paper, das 116.000 mögliche Kandidaten für Veränderliche vorstellt, welche mittels Datamining gefunden wurden [9]. Unter anderem haben sie dabei auch den in diesem Artikel behandelten Stern gefunden. Die Lichtkurve ist dabei in Abbildung 2 einzusehen.

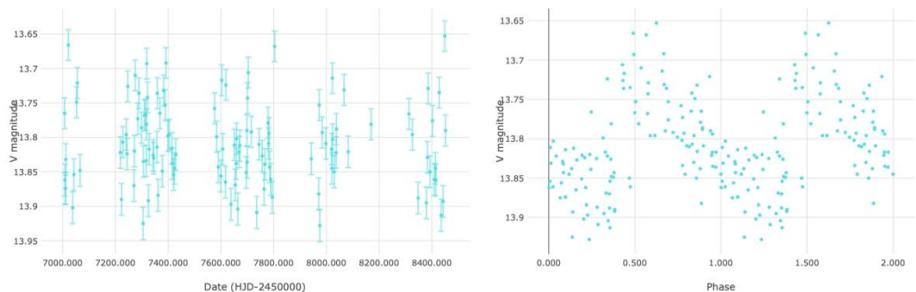


Abb. 2: links: Lichtkurve des Sterns von Christy et al. abgebildet über das HJD aller Messungen, rechts: normalisierte Phasen-Lichtkurve [10]

$$\begin{aligned} T_{\max} &= \text{HJD}2457803.73077 & +0.11041 \times E \\ &= \text{BJD}2457803.73160 & +0.11041 \times E \end{aligned}$$

Beim Vergleich beider Lichtkurven in der phasennormierten Darstellung fällt sofort die geringere Streuung aller Messpunkte der im Rahmen dieser Veröffentlichung durchgeführten Messung auf. Da die Messpunkte von Christy et al. allerdings in einem Zeitraum von über 1400 Tagen aufgenommen wurden, ist dies nicht weiter verwunderlich. Ebenso sind die Unsicherheiten der Magnitude der Daten in dieser Arbeit um den Faktor 2,52 reduziert und die Anzahl der Messungen beträgt mit 237 mehr als die 116 Messpunkte der Daten von Christy et al., daher lässt sich mit Sicherheit sagen, dass die im Rahmen dieser Arbeit gefunden Elemente den Zyklus des Sterns zuverlässiger beschreiben.

### Danksagung

Großer Dank geht an Dr. Robert Roth für seine besondere Rolle beim Bau des TURMX-Projekts und die Bereitstellung des Teleskops für das physikalische Fortgeschrittenenpraktikums sowie an Julius Müller und Marco Knoll für das Betreuen des Versuchs.

Maximilian Wiest und Yannik Atzbach sei gedankt für hilfreiche Diskussionen.

Besonderer Dank an Erwin Schwab für die Überprüfung der Daten, die Motivation, die Ergebnisse trotz einer schon vorliegenden Publikation zu veröffentlichen und die weitreichende Hilfestellung beim Schreiben dieses Artikels.

## Literatur

- [1] Photometrie in der Astrophysik. url: [https://www.iap.tudarmstadt.de/media/iap/f\\_praktikum\\_downloads\\_iap/FP-Photometrie-V1.6.pdf](https://www.iap.tudarmstadt.de/media/iap/f_praktikum_downloads_iap/FP-Photometrie-V1.6.pdf) (besucht am 24.03.2021).
- [2] Gaia Archive. url: <https://gea.esac.esa.int/archive/> (besucht am 07.12.2021).
- [3] TURMX Instrumentation. url: <https://turm.physik.tu-darmstadt.de/2019/12/turmx-instrumentation/> (besucht am 27.08.2022).
- [4] e-Eye. url: <https://www.e-eye.es/en/hosting/> (besucht am 27.08.2022).
- [5] Muniwin. url: <http://c-munipack.sourceforge.net> (besucht am 08.12.2021).
- [6] XParallax. url: <http://www.xparallax.com> (besucht am 08.12.2021).
- [7] Stellarium. url: <https://stellarium-web.org> (besucht am 08.12.2021).
- [8] Variable star finder. url: <https://app.aavso.org/vsp/> (besucht am 27.08.2022).
- [9] C. T. Christy u.a. "The ASAS-SN Catalog of Variable Stars X: Discovery of 116,000 New Variable Stars Using g-band Photometry". In: arXiv e-prints, arXiv:2205.02239 (Mai 2022), arXiv:2205.02239. arXiv: 2205.02239 [astro-ph.SR]. (Besucht am 27.08.2022).
- [10] Lichtkurve des Sterns von Christy, C. T. et al. url: <https://asas-sn.osu.edu/variables/e4d52c02-9f27-57a5-b4a9-3ddc446bce5a> (besucht am 29.08.2022).