

NSV 15236 (TYC 3668-1121-1) ist ein neuer Ap/CP2-Stern

Stefan Hümmerich und Klaus Bernhard

Abstract: *By inspection of a LAMOST spectrum, NSV 15236 (=TYC 3668-1121-1, $V \sim 11.6$ mag) has been identified as a new magnetic chemically peculiar (Ap/CP2) star of the SiCrSrEu type (kA0 hB8 IVp SiCrSrEu). It is also a photometric variable showing rotationally modulated light variations with the ephemeris: $HJD(Max) = 2456289.0 (2) + 18.78 (1) *E$.*

Ap/CP2-Sterne gehören zu den chemisch pekulären (CP) Sternen, für deren Entstehung das Vorhandensein einer radiativen Außenzone in Verbindung mit langsamer Rotation eine wichtige Voraussetzung ist. CP-Sterne machen etwa 10% der frühen (Spektralklasse B bis F) Hauptreihensterne aus. Es gibt viele verschiedene Gruppen von CP-Sternen; allen gemein sind atmosphärische Zusammensetzungen, die signifikant vom solaren Muster abweichen.

Im besonderen Falle der CP2-Sterne führen starke und organisierte Magnetfelder in Verbindung mit Strahlungsdruck und selektiver Diffusion zu einer oberflächlich ungleichmäßigen Verteilung von Elementen wie z.B. Helium, Silizium, Chrom, Europium und Strontium. Die dadurch entstehenden sog. „chemischen Flecken“ („chemical spots“) bewirken eine optische Variabilität, deren Periode mit der Rotationsperiode übereinstimmt (vgl. Zusammenfassung in Bernhard et al., 2015).

Diese chemischen Flecken sind jedoch nicht, wie die Flecken auf unserer Sonne, durch eine unterschiedliche Temperatur zur Umgebung definiert, also keine Sternflecken im klassischen Sinne. Die photometrische Veränderlichkeit entsteht vielmehr durch eine spektrale Umverteilung des Flusses (insbesondere vom ultravioletten in den visuellen Bereich) in den mit pekulären Elementen angereicherten Flecken. Photometrisch variable CP2-Sterne bezeichnet man nach ihrem hellen Prototypen traditionellerweise als α^2 CVn (ACV)-Veränderliche.

Der „New Catalogue of Suspected Variable Stars“ (NSV; Samus et al., 2017) führt als Referenz für NSV 15236 (TYC 3668-1121-1; 2MASS J02435601+5359249; LAMOST J010507.43+535912.1; RA 02:43:56.0188, DEC +53:59:24.9271, J2000) das AAVSO Circular No. 303 aus dem Jahre 1996 an. Leider liegt diese Publikation nicht in digitaler Form vor, sie konnte jedoch unter Mithilfe von Sebastián Otero vom VSX-Team (dem an dieser Stelle für die gewohnt unkomplizierte Hilfe herzlich gedankt sei!) eingesehen werden. Viele Informationen gibt es hier allerdings nicht: Allein auf einer Karte für Nova Cas 1995 (V723 Cas) ist der Vergleichssterne „116“ (= visuelle Helligkeit von 11,6 mag) als „var?“ markiert – offenbar die Grundlage für die Aufnahme in den NSV.

Ein weiterer Nachweis der Veränderlichkeit findet sich bei Goranskij et al. (2007), die NSV 15236 als Vergleichssterne für die im Jahre 1997 gewonnenen CCD-Beobachtungen der Nova Cas 1995 benutzten, ihn aber danach wieder aus der Liste der Vergleichssterne entfernten, da sie Lichtwechsel in den Grenzen von 11.49–11.60 mag (V) mit einer Periode von 18.9 d feststellten. Aufgrund der sinusförmigen

Lichtkurve vermuteten die Autoren, dass der Stern ggf. ein ellipsoider Veränderlicher (Typ ELL) mit der doppelten Periode von 37.8 d sein könnte.

Diese Information aus der Arbeit von Goranskij et al. (2007) hat es nicht in den International Variable Star Index der AAVSO (VSX; Watson et al., 2016) geschafft. Hier liegt der nächste Eintrag aus dem Jahre 2012 vor, als aus den Daten des „Northern Sky Variability Survey“ (NSVS; Wozniak et al., 2004) eine Periode von 18.72 d gewonnen werden konnte, die im Jahre 2020 von Sebastián Otero nach einer Reanalyse der NSVS-Daten zu 18.8 d revidiert wurde. Otero vermutete aufgrund des typischen Lichtwechsels bereits den Typ ACV (ACV:).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die chemische Pekuliarität des Sterns durch eine Auswertung eines vorhandenen Spektrums zu untersuchen sowie die auf nur wenigen NSVS-Datenpunkten im VSX beruhende Periode zu verbessern.

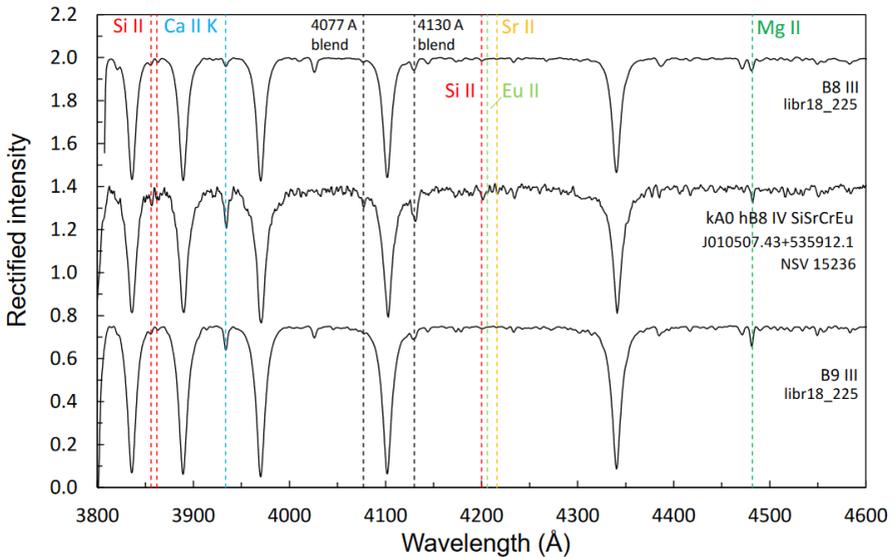


Abbildung 1: Vergleich des LAMOST DR4-Spektrum von NSV 15236 mit den B8 III und B9 III Standardspektren aus der Bibliothek *libr18_225*.

Spektralklassifikation

Erfreulicherweise existiert ein LAMOST-Spektrum aus dem Data Release 4 (Luo et al., 2018), das NSV 15236 eindeutig als CP2-Stern bestätigt. Hierbei fällt zunächst die starke 5200 Å Flussdepression auf, die ein Charakteristikum der CP2-Sterne ist (vgl. Khan & Shulyak, 2007; Hümmelich & Bernhard, 2019). Des Weiteren zeigt das

Spektrum Überhäufigkeiten von einfach ionisiertem Silizium (Si II), Chrom (Cr II), Strontium (Sr II) und Europium (Eu II).

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt des LAMOST-Spektrums (klassischer „blauvioletter“ Klassifikationsbereich von 3800–4600 Å) im Vergleich zu den Spektren zweier MK-Standardsterne aus der Bibliothek *libr18_225* von Richard O. Gray (Informationen zur *libr18* Bibliothek unter <http://www.appstate.edu/~grayro/mkclass/mkclassdoc.pdf>). Einige interessante Linien/Blends sind hierbei markiert.

Bei chemisch normalen A-Sternen erhält man über die drei klassischen Klassifikationskriterien Ca II K Linie („**K**-line type“), Wasserstofflinienprofil („**h**ydrogen-line type“) und das generelle Metallinienpektrum („**m**etallic-line type“) einen konsistenten Spektraltyp (z.B. A0-Stern => kA0 hA0 mA0; vgl. Gray & Corbally, 2009).

Bei CP2-Sternen ist es jedoch i.d.R. so, dass die Ca II K Linie als auch das generelle Metallinienpektrum peculiär und somit als Grundlage für die Klassifikation wenig geeignet sind. Das Wasserstofflinienprofil liefert hier die zuverlässigsten Resultate (Gray & Corbally, 2009). Des Weiteren ist Vorsicht geboten bei der Interpretation der für CP2-Sterne typischen Blends bei 4077 Å und 4130 Å. Der „4077 Å Blend“ enthält die nahe beieinanderliegenden Linien Si II 4076 Å, Cr II 4077 Å und Sr II 4077 Å; der „4130 Å Blend“ umfasst Si II 4128/30 Å sowie Eu II 4130 Å.

Dem verfeinerten MK-Klassifikationssystem folgend (z.B. Garrison & Gray, 1994) wurde der Spektraltyp zu **kA0 hB8 IVp SiCrSrEu** bestimmt.

An der Klassifikation von chemisch peculiären Sternen der oberen Hauptreihe interessierte Leser möchten wir an dieser Stelle auf den „Atlas of LAMOST Low-Resolution Spectra of Chemically Peculiar Stars“ (Hümmerich, 2021) hinweisen, der detaillierte Beschreibungen und Abbildungen der Spektren der einzelnen CP Sternklassen sowie generelle Anmerkungen zu deren Klassifikation enthält. Der Atlas steht über den Link in den Referenzen zum Download bereit.

Periodenverfeinerung – KWS Survey

Für relativ helle und nördlich gelegene Objekte ist das KWS (=Kamogata/Kiso/Kyoto Wide-field) Survey optimal (Maehara, 2014), das seit 2012 NSV 15236 durchgehend in den Spektralbändern *V* und *I_c* beobachtet (derzeit verfügbar: 2404 Datenpunkte). Da die Qualität der *V*-Band-Beobachtungen wesentlich besser ist, wurde die Auswertung auf diese Beobachtungen beschränkt (1434 Datenpunkte).

Durch Auswertung mit der Methode ANOVA in Peranso (Paunzen & Vanmunster, 2016) erhalten wir die folgende Ephemeride, die im Wesentlichen die von Sebastián Otero gefundene Periode bestätigt:

$$\mathbf{HJD(Max) = 2456289.0 (2) + 18.78 (1) *E.}$$

Die entsprechend reduzierte Lichtkurve ist in Abbildung 2 dargestellt.

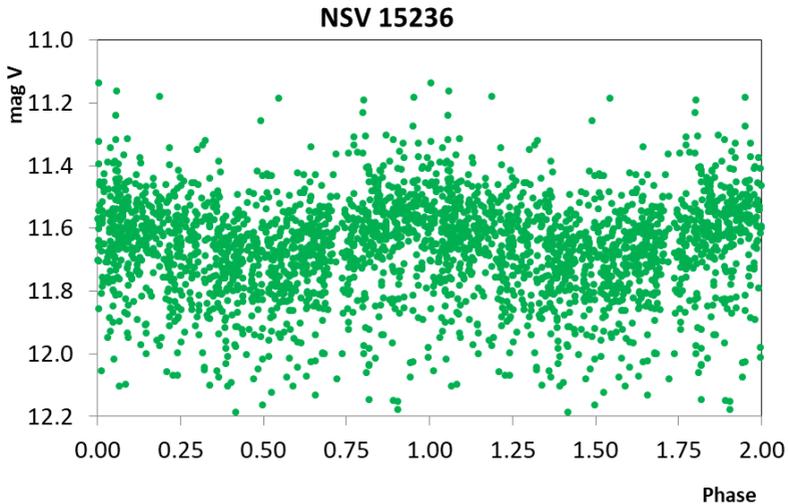


Abbildung 2: Auf die Periode von 18.78 d reduzierte KWS-Lichtkurve von NSV 15236.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es sich bei NSV 15236 um einen relativ hellen und für Beobachtungen aus Mitteleuropa günstig gelegenen CP2-Stern handelt, für dessen langfristige Untersuchung von möglichen Periodenänderungen weitere Beobachtungen angeregt werden.

Referenzen:

Bernhard, K.; Hümmerich, S.; Otero, S.; Paunzen, E., 2015, A&A, 581A, 138
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015A%26A...581A.138B>

Garrison, R. F.; Gray, R. O., 1994, AJ, 107, 1556
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1994AJ....107.1556G>

Goranskij, V. P.; Katysheva, N. A.; Kusakin, A. V. et al., 2007, Astrophysical Bulletin, 62, 125
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2007AstBu...62..125G>

Gray, R. O.; Corbally, C. J., 2009. "Stellar Spectral Classification". Princeton, N.J.; Woodstock: Princeton University Press. ISBN: 978-0-691-12510-7

Hümmerich, S.; Bernhard, K., 2019, BAV Rundbrief 2/2019, 69
<https://www.bav-astro.eu/Rundbriefe/RB2019-2/69.pdf>

Hümmerich, S., 2021, „An Atlas of LAMOST Low-Resolution Spectra of Chemically Peculiar Stars”

http://www.appstate.edu/~grayro/mkclass/LAMOST_CP_Atlas_v1.pdf

Khan, S. A., & Shulyak, D. V. 2007, A&A, 469, 1083

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2007A%26A...469.1083K>

Luo, A.-L., Zhao, Y.-H., Zhao, G. et al., "The fourth data release (DR4) of the LAMOST regular survey", VizieR Online Catalogue, 2018yCat.5153...0L

<http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/cat/V/153>

Maehara, H., 2014, Journal of Space Science Informatics Japan, 3, 119

<http://kws.cetus-net.org/~maehara/Vsdata.py>

Paunzen, E.; Vanmunster, T., 2016, AN, 337, 239

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016AN....337..239P>

Samus, N. N.; Kazarovets, E. V.; Durlevich, O. V. et al., 2017, ARep, 61, 80

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017ARep...61...80S>

Watson, C. L., 2006, Society for Astronomical Sciences Annual Symposium, 25, 47 (“AAVSO International Variable Star Index”; VSX)

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2006SASS...25...47W>

Wozniak, P. R.; et al., 2004, AJ, 127, 2436

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004AJ....127.2436W>

Danksagung: Für diese Arbeit wurde die Datenbank VIZIER und der International Variable Star Index (VSX) database der AAVSO verwendet. Diese Arbeit nutzt des Weiteren Daten der LAMOST-Durchmusterung (Guoshoujing Telescope (the Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope LAMOST) is a National Major Scientific Project built by the Chinese Academy of Sciences. Funding for the project has been provided by the National Development and Reform Commission. LAMOST is operated and managed by the National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences.)

Stefan Hümmerich
D-56338 Braubach
ernham@rz-online.de

Klaus Bernhard
A-4030 Linz
Klaus.Bernhard@liwest.at