

Entdeckung des veränderlichen Sterns 000-BNG-512, dessen Klassifizierung als DQ-Herculis-Typ sowie die Bestimmung der Perioden

Erwin Schwab und Paul Breitenstein

Abstract: While trying to recover comet P/2012 K3 (Gibbs) a variable star was discovered and got the AAVSO Unique Identifier 000-BNG-512. The object was observed from 2019-07-26 to 2019-10-19 and classified as a Cataclysmic Variable (CV) of DQ Herculis type. It could be determined the mid-eclipse elements of the orbital period $HJD_{\min}(\text{orbit}) = 2458730.332 + 0.36950 * E$ and the elements of the sinusoidal secondary period $HJD_{\min}(\text{spin}) = 2458742.3222 + 0.045445 * E$, which is most likely the spin period of the white dwarf. The sinusoidal period has an unusual high amplitude of approximately 0.5 magnitude and shows fine structures, which could be caused by changings in the emission area on the surface of the white dwarf star. The ratio of spin period to orbital period was found to be 0.12, which is in the typical range of an intermediate polar CV. The shortest observed duration of eclipse was 30 minutes and furthermore a long-term occultation lasting at least three days was observed. Presumably, the white dwarf star was obscured across several orbital periods by an extraordinary event. A disc-fed typical hump in the light curve could not be observed. In summary, the results indicate that 000-BNG-512 is a stream-fed CV, maybe sometimes switching to disc-fed or to propeller-flow.

Beim Versuch, den Kometen P/2012 K3 (Gibbs) am 26.07.2019 im Sternbild Schütze wiederzuentdecken, hatte der Erstautor einen raschen Helligkeitsabfall des Sterns USNO-B1.0 0735-0599207 bzw Gaia DR2 4102856333775127296 (Ra 18h 32m 21.56s, Dec -16° 27' 24.2") festgestellt. Die Entdeckung wurde an den International Variable Star Index (VSX) der American Association of Variable Star Observers (AAVSO) übermittelt. Während der Überprüfung durch den Moderator des VSX wurde festgestellt, dass der Veränderliche Stern auch durch den PanStarrs1-3 π -survey mittels der „Machine-learned Identification“ als RR-Lyrae-Stern mit einer Periode von 0.512 Tagen erkannt wurde [1]. Die Daten des PanStarrs1-3 π -survey haben jedoch aufgrund der automatischen Identifikation ein Risiko der fehlerhaften Klassifizierung oder Periodenbestimmung. Das ist vermutlich der Grund, weshalb diese Durchmusterung noch nicht in die Datenbank des VSX pauschal übertragen wurde. Im vorliegenden Artikel wurde der Veränderliche als DQ-Herculis-Typ klassifiziert und eine Bedeckungsperiode von 0.36950 Tagen ermittelt, was sich erheblich unterscheidet von der PanStarrs1-3 π -survey Veröffentlichung von Sesar B. et al. 2017 [2]. Am 05.09.2019 wurde die Entdeckung anerkannt, der Veränderliche bekam den AAVSO Unique Identifier (AUID) 000-BNG-512 [3]. Des Weiteren konnte eine sinusähnliche sekundäre Periode, vermutlich die Rotationsperiode (Spinperiode) des Weißen Zwerges, von 0.045445 Tagen bestimmt werden, welche eine ungewöhnlich hohe Amplitude von ca. 0.5 Magnituden aufweist. Weiterhin zeigt die Rotationsperiode eine Feinstruktur, die durch Veränderungen im Gebiet der Strahlungsemission verursacht sein könnte. Das Verhältnis von Rotationsperiode zu Bedeckungsperiode beträgt 0.12, was im typischen Bereich eines intermediären polaren kataklysmischen Veränderlichen liegt. Die kürzeste beobachtete Bedeckungsdauer betrug 30 Minuten und es wurde zudem eine mindestens drei Tage andauernde Langzeitverfinsterung beobachtet. Vermutlich wurde der Weiße-Zwerg-Stern durch außergewöhnliche

Vorgänge in der Staubscheibe für diesen periodenübergreifenden Zeitraum verfinstert. Außerdem wurden feine periodische Schwankungen der Helligkeit im Bereich von 0.04 Magnituden und einer Periode von ca. 10 Minuten detektiert, die evtl. auf periodische Veränderungen der Oberfläche der Hauptemissionsquelle (Weißer Zwerg) des Systems zurückzuführen sind.

Beobachtungsdaten

Der Veränderliche konnte vom 26.7.2019 bis zum 19.10.2019 insgesamt 46.8 Stunden mittels verschiedener Teleskope beobachtet werden. Eine detaillierte Auflistung der Beobachtungszeitspannen ist in der Tabelle zu finden. Die verwendeten Teleskope sind folgende:

Kürzel: Teleskop, Standort, Land, Kamera, Filter,
Software zur Datenreduktion, Observatory code, Beobachter

- CAS: 0,8m-Schmidt, Calar Alto, Spanien, SBIG ST-10XME, Klarfilter, Muniwin/Astrometrica, Z84, Erwin Schwab
- FTS: 2,0m-RC, Faulkes-Süd, Siding Spring, Australien, Fairchild CCD 486, Klarfilter (teilweise rp), Muniwin, E10, Paul Breitenstein
- MDO: 1,0m-RC, McDonald Mt. Locke, USA, Fairchild CCD-486 BI, Klarfilter, Muniwin, V37, Paul Breitenstein
- MTS: 1,2m-RC, Monet-Süd, Sutherland, Südafrika, FLI ProLine 230, Klarfilter, Muniwin, NN, Paul Breitenstein & Tim-Oliver Husser
- SAO: 1,0m-RC, Sutherland, Südafrika, Fairchild CCD-486 BI, Klarfilter, Muniwin, K91, Paul Breitenstein

Kürzel	Datum (Start)	Zeitraum HJD 2458000 +	Messpunkte	Spanne [h]	Bemerkung
CAS	2019-07-26	691.42323 - 691.54236	114	2.9	Bedeckung
CAS	2019-07-27	692.42319 - 692.50064	73	1.9	Keine Bedeckung
CAS	2019-07-29	694.38143 - 694.50055	119	2.9	Bedeckung
CAS	2019-07-30	695.38138 - 695.50051	118	2.9	Keine Bedeckung
CAS	2019-07-31	696.38133 - 696.50046	119	2.9	Keine Bedeckung
CAS	2019-08-01	697.38127 - 697.50038	119	2.9	Bedeckung
CAS	2019-08-03	699.40330 - 699.53773	13	3.2	Langzeitfinsternis
CAS	2019-08-04	700.38442 - 700.52508	19	1.7	Langzeitfinsternis
FTS	2019-08-05	701.12511 - 701.13221	5	0.25	Langzeitfinsternis
FTS	2019-08-05	701.86783 - 701.87834	12	0.3	Langzeitfinsternis

FTS	2019-08-05	701.97733 - 701.97821	2	0.02	Langzeitfinsternis
CAS	2019-08-19	715.38909 - 715.49924	80	2.6	Keine Bedeckung
MD O	2019-08-25	720.62120 - 720.63958	7	0.4	Keine Bedeckung
FTS	2019-08-28	724.05531 - 724.07102	11	0.4	Bedeckung (Anstieg)
CAS	2019-08-28	724.33682 - 724.49806	98	3.8	Bedeckung
FTS	2019-09-01	727.98187 - 727.99914	12	0.5	Keine Bedeckung
MTS	2019-09-03	730.22742 - 730.37371	65	3.5	Bedeckung
SAO	2019-09-03	730.29556 - 730.31427	12	0.5	Keine Bedeckung
FTS	2019-09-04	731.03003 - 731.04598	32	0.4	Keine Bedeckung
FTS	2019-09-11	737.87796 - 737.89699	14	0.5	Keine Bedeckung
MTS	2019-09-15	742.25750 - 742.38380	115	3.0	Keine Bedeckung
MTS	2019-09-16	743.23786 - 743.33073	85	2.3	Bedeckung
FTS	2019-09-18	774.89028 - 774.90458	25	0.34	Keine Bedeckung
FTS	2019-09-19	745.87728 - 745.89676	26	0.47	Keine Bedeckung
CAS	2019-10-07	764.29140 - 764.37165	81	2.0	Bedeckung
CAS	2019-10-08	765.29412 - 765.37250	71	1.9	Keine Bedeckung
FTS	2019-10-09	765.88538 - 765.89502	16	0.23	Keine Bedeckung
MTS	2019-10-19	775.24686 - 775.33324	81	2.1	Keine Bedeckung

Tabelle der Beobachtungszeiträume

Das System 000-BNG-512 wurde entdeckt mit dem 0,8m Schmidt Teleskop auf dem Calar Alto, Spanien. Das Foto vom 26.07.2019 (Abb. 1), aufgenommen in der Entdeckungsnacht, wurde 60 Sekunden belichtet. Zum Zeitpunkt der Aufnahme betrug die Horizonthöhe des Objekts in Spanien 35 Grad, was eine Ursache des nicht besonders guten Seings sein dürfte. Erschwerend für die gesamte Auswertung wirkte sich die hohe Sternendichte mitten in der Milchstraße aus.

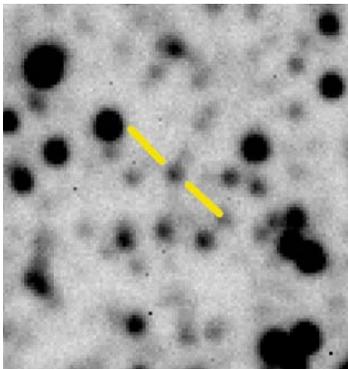


Abb. 1: Der Veränderliche in einem leuchtkräftigen Moment mit 17,4 Magnituden.
Bildausschnitt: 1'x 1'
0.8m Schmidt Teleskop, Calar Alto, Spanien.
2019-07-26, 23:13 UT. Erwin Schwab

Die beiden Fotos vom 28.8.2019 (Abb. 2), aufgenommen mit dem 2.0m Faulkes Teleskop Süd, verdeutlichen den Bereich der Veränderlichkeit jeweils mit maximaler und minimaler Helligkeit. Die Fotos wurden in einem Abstand von 4 Minuten mit 120 Sekunden belichtet. Die Horizonthöhe des Objekts betrug zum Zeitpunkt der Aufnahmen in Australien 44 Grad.

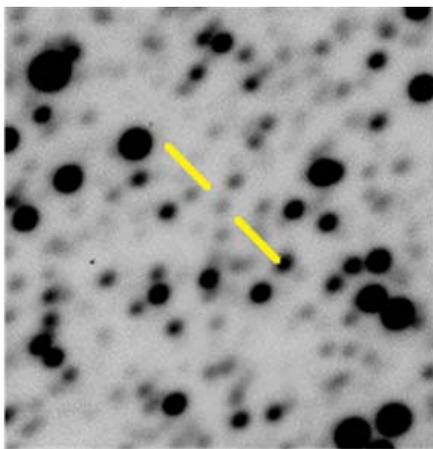
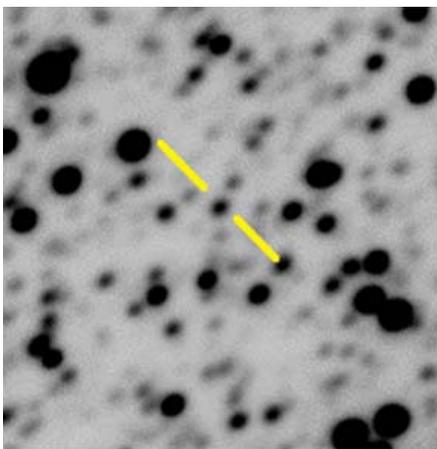


Abb. 2: Der Veränderliche in seinen Extremen mit 17.5 bzw. 20.5 Magnituden.
Bildausschnitt: 1'x 1'
2m Faulkes Süd Teleskop, Siding Spring, Australien.
2019-08-28, 13:27 UT bzw. 13:31 UT. Paul Breitenstein

Betrachtet man eine Serie der Fotos einer Nacht in der eine Bedeckung stattfand, dann findet innerhalb von nur 1-2 Minuten ein schneller Helligkeitsabfall um rund 2 Magnituden statt.

Bestimmung der Langzeitperiode (Orbital- oder Bedeckungsperiode)

Im Phasendiagramm der gesamten Bedeckungsperiode (Abb. 3) ist neben der Bedeckung auch eine sinusähnliche Veränderung mit kürzerer Periode auffällig. Des Weiteren gibt es Beobachtungen in denen das Objekt über einem längeren Zeitraum lichtschwächer als 19.5 Magnituden blieb, diese sind im Diagramm mit horizontalen Strichen symbolisiert. Auf beide Effekte wird weiter unten eingegangen.

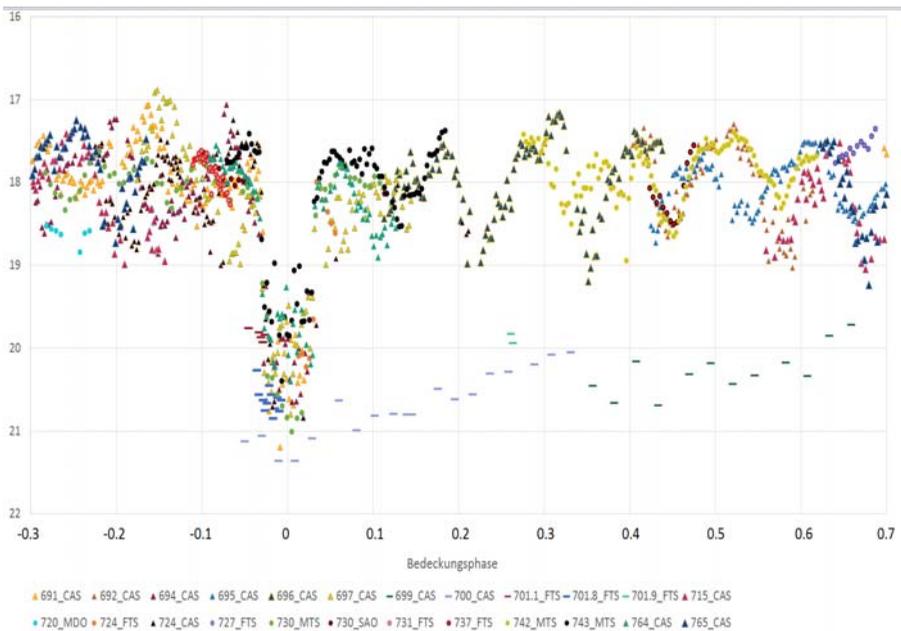


Abb. 3: Phasendiagramm der gesamten Bedeckungsperiode. Die Abkürzungen in der Legende sind eine Kombination aus den letzten drei Tagen des Julianischen Datums und das Kürzel des Teleskops.

Die Bedeckung der Hauptkomponente konnte in 8 Nächten beobachtet werden. Zur besseren Verdeutlichung wurde der Phasenwinkel des Bedeckungsereignisses von $\varphi = -0,1$ bis $\varphi = 0,1$ in Abbildung 4 vergrößert dargestellt.

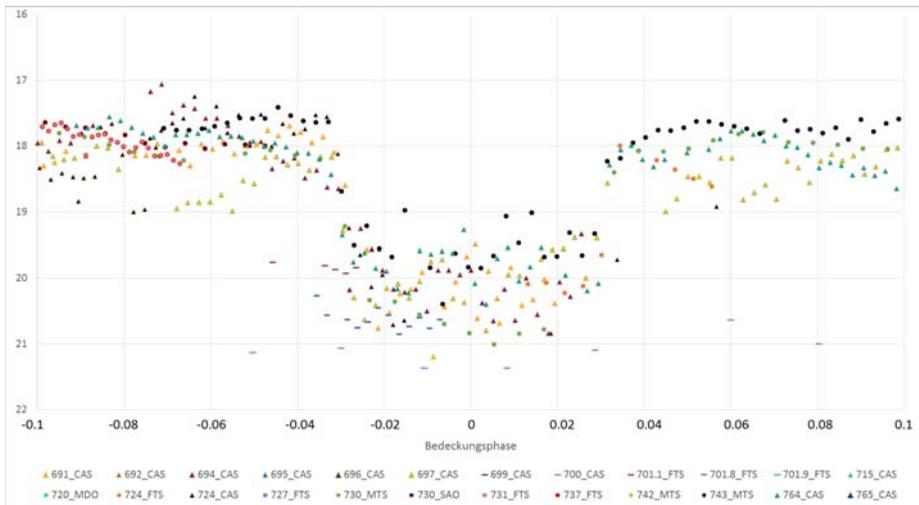


Abb. 4: Ausschnitt der Bedeckungsperiode. Dargestellt ist der Phasenwinkel des Bedeckungsereignisses im Bereich von $\varphi=-0,1$ bis $\varphi=0,1$. Die Abkürzungen in der Legende sind eine Kombination aus den letzten drei Tagen des Julianischen Datums und das Kürzel des Teleskops.

Es ergeben sich die folgenden Elemente der Bedeckungsperiode:

$$\text{HJD}_{\min}(\text{orbital}) = 2458730.331(9) + 0.36950 * E$$

Der Fehler in der Bestimmung der Periode beträgt +/- 0.00004 Tage und der Fehler in der Bestimmung des Bezugszeitpunktes in der Mitte der Bedeckung beträgt +/- 0.003 Tage. Damit ist eine gute Vorhersagbarkeit für die nächste Beobachtungsrunde ab Frühsommer 2020 gewährleistet.

Abgesehen von der Langzeitbedeckung betragen die Bedeckungszeiträume zwischen 30 und 36 Minuten. Auffallend war, dass der Eintritt sich stets relativ steil ereignete, der Austritt jedoch meist einen flacheren Verlauf hatte.

Beobachtung einer periodenübergreifenden lange andauernden Bedeckung

An drei aufeinander folgenden Nächten blieb die Helligkeit des Veränderlichen jenseits der 19.5 Magnitude. Die Datensätze dieser Nächte sind in den Phasendiagrammen der Bedeckungsperiode (Abb. 3 und 4) mit horizontalen Strichen symbolisiert. In der Absicht das Minimum der Bedeckung zu bestätigen, wurde am 3.8.2019 (699_CAS) und 4.8.2019 (700_CAS) über einem Zeitraum von 3.2h bzw 1.7h sowie am 5.8.2019 (701.1_FTS, 701.8_FTS, 701.9_FTS) über drei kurze Zeiträume von jeweils 0.25h, 0.3h und 0.02h, beobachtet. Nach dem 5.8.2019 gab es eine größere Lücke ohne Beobachtungen aufgrund des Vollmondes in Objektnähe. Am 19.08.2019 (715_CAS) befand sich der Veränderliche wieder in der normalen bedeckungsfreien Helligkeit.

Die Auswertung ergab, dass sich die Helligkeit des Veränderlichen in den drei genannten Nächten bereits vor Eintritt des berechneten Bedeckungsbeginns jenseits

der 19.5 Magnituden befand und auch nach dem prognostizierten Ende der Bedeckung weiterhin lichtschwach blieb. Die Vermutung liegt somit nahe, dass im gesamten Zeitraum vom 3.8.2019 bis 5.8.2019, höchstwahrscheinlich auch darüber hinaus in dem Zeitraum ohne Beobachtungen, der Veränderliche durch einen außergewöhnlichen Vorgang verdunkelt wurde. Als Ursache hierfür könnte eine Verdichtung der Materie in der Staubscheibe und dadurch eine geringere Durchlässigkeit derselben stattgefunden haben. Ebenso wäre eine Abschattung durch weiter außen um das System kreisende Dunkelwolken möglich.

Bestimmung der Kurzzeitperiode (Rotations- oder Spinperiode)

Die Kurzzeitperiode hat eine sinusähnliche Form. Die Amplitude betrug bis zu 0.5 Magnituden. Für die Bestimmung der Elemente und für das hier gezeigte Phasendiagramm der Kurzzeitperiode wurden ausschließlich Zeitspannen außerhalb der Bedeckung ausgewählt.

Es ergeben sich folgende Elemente der Rotationsperiode:

$$\text{HJD}_{\min}(\text{spin}) = 2458742.3222 + 0.045445 * E$$

Der Fehler in der Bestimmung der Periode beträgt +/- 0.000005 Tage

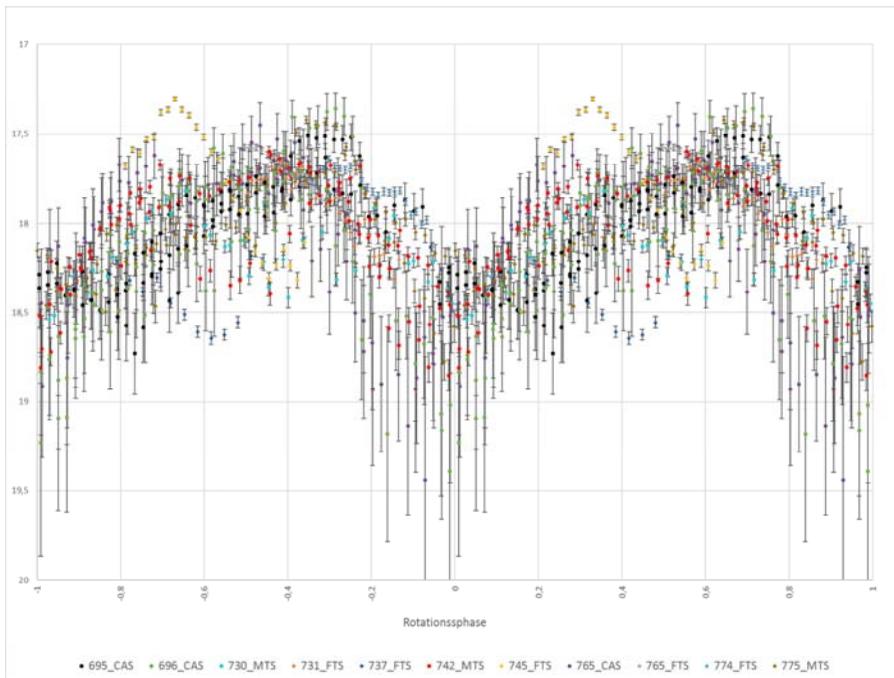


Abb. 5: Phasendiagramm der Rotationsperiode

Bei genauerer Betrachtung einzelner Beobachtungssequenzen ist auffällig, dass die Maxima eine Eindellung haben, welche sich mal symmetrisch, mal asymmetrisch zum Maximum befinden und eine Tiefe von immerhin 0.6 Magnituden bei 730_MTS und 1.0 Magnituden bei 745_FTS haben können, so dass zwischenzeitlich eine Rotationsperiode von 0.023d diskutiert wurde. Außerdem gibt es im Phasendiagramm weitere extreme Ausreißer, wie 737_FTS und 742_MTS.

Untersuchung der Feinstruktur der Helligkeitskurve

Schon früh wurde festgestellt, dass es unabhängig von den oben beschriebenen Eindellungen Schwankungen in der Helligkeitskurve mit einer Periode von ca. 10 Minuten gibt. Um dieses Phänomen genauer zu untersuchen, wurden mehrere Beobachtungssequenzen mit dem 2m Faulkes Teleskop mit kurzen Belichtungszeit von 15s bzw. 20s aufgenommen, um eine gute zeitliche Auflösung zu erreichen. Da hierzu außerdem ein gutes Seeing erforderlich ist, sind uns nur wenige auswertbare Beobachtungssequenzen gelungen.

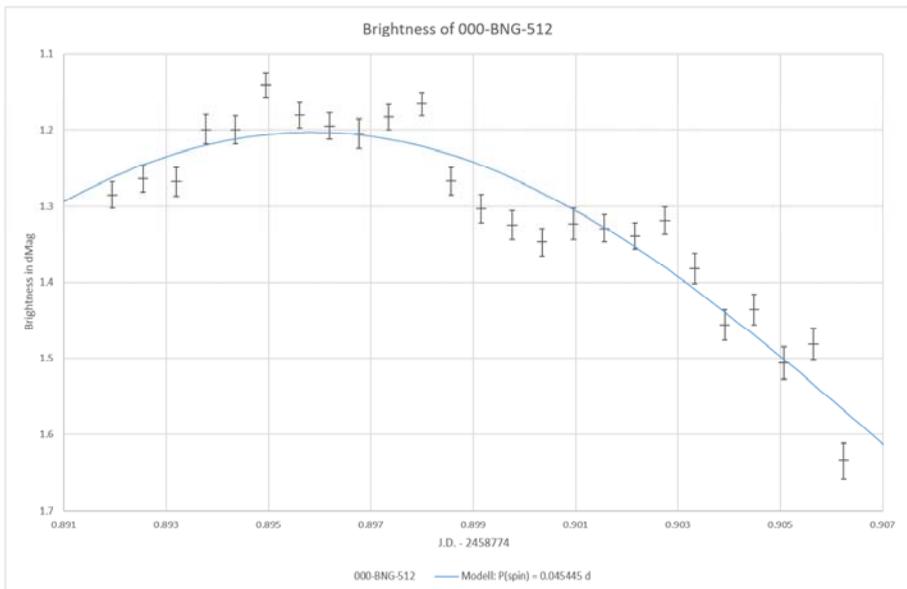


Abb. 6: Am 18.09.2019 konnten mit dem 2m Faulkes Teleskope in Siding Springs/Australien 25 relativ klare Bilder in 21 Minuten aufgenommen werden. Belichtungszeit: 15s; Filter: rp; Alt: 49 Grad; Seeing: 1.4"

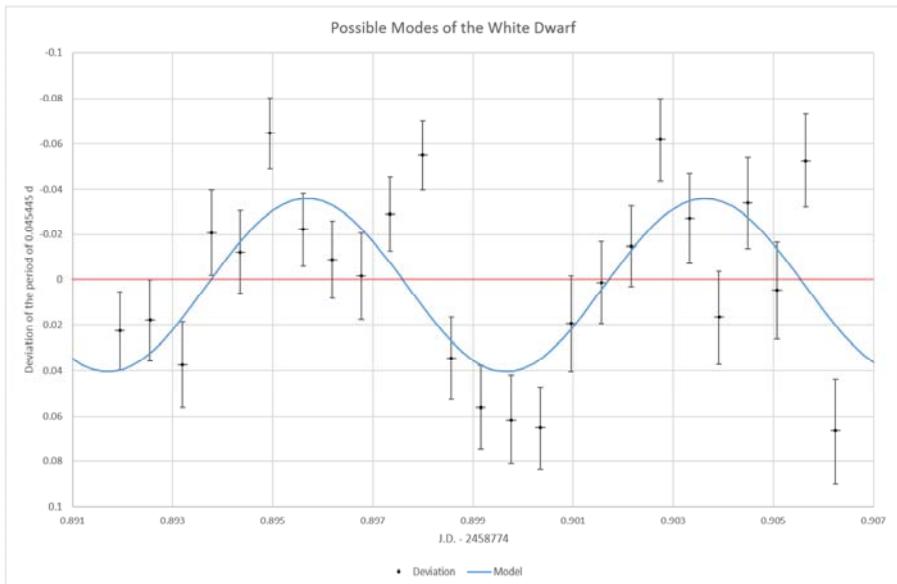


Abb. 7: Abweichungen von der Kurzzeitperiode $P = 0.045445d$

Bei allen auswertbaren Diagrammen erhält man für die beste Sinuskurve Perioden zwischen 8 und 12 Minuten mit einer Amplitude von 0.02 bis 0.04 Magnituden. Allerdings sind die Fehlerbalken und Abweichungen der Modellkurve von den Fehlerbalken wie in Abbildung 7 so groß, dass man den Verdacht nicht als bestätigt ansehen kann. Hier sind längere Beobachtungszeiten und bessere Messmethoden und -bedingungen gefragt.

Interpretation, Klassifizierung und Diskussion

Auf der Grundlage der hier gezeigten Beobachtungen ist eine Klassifizierung als kataklysmischer Veränderlicher (CV) am plausibelsten. Die lange Periode ist die Umlaufzeit der Komponenten (Donator und weißer Zwergstern) und die kurze Periode ist die Rotation des weißen Zwergsterns. Die Tatsache, dass die Rotationsperiode eine andere ist als die Bedeckungsperiode, führt uns zu den CVs des Typs DQ Herculis, die auch als intermediäre Polare (IPs) bezeichnet werden. Bei den polaren CVs des Typs AM-Herculis hingegen ist die Rotationsperiode des Weißen Zwerges aufgrund eines sehr starken Magnetfeldes synchron zur Orbitalperiode. Des Weiteren deutet die beobachtete Langzeitabdunkelung auf das Vorhandensein einer Staubscheibe hin, die bei den polaren nicht vorhanden ist. Allerdings ist die Lage der detektierten Staubwolke innerhalb oder außerhalb des Doppelsternsystems durch unsere Beobachtungen nicht eindeutig geklärt.

Die Amplitude der Rotationsperiode ist außergewöhnlich hoch und deutet auf einen hohen Materiestrom hin. Ein Hinweis auf einen Höcker (im Englischen „hump“) in der Lichtkurve ist nicht zu erkennen. Der Höcker ist typisch für viele DQ Herculis

Veränderliche. Dies ist ein sanftes Ansteigen der Helligkeit, wenn der heiße Fleck (Hot Spot), der durch das Aufprallen der Materie auf die Akkretionsscheibe verursacht wird, sich auf der zum Beobachter zugewandten Seite der Akkretionsscheibe befindet. Dieses Phänomen konnten wir in unserer Lichtkurve nicht identifizieren, so dass wir davon ausgehen, dass es hier keine dichte, zusammenhängende Akkretionsscheibe, zumindest keinen Hot Spot auf einer eventuell vorhandenen Akkretionsscheibe gibt.

Typisch für DQ Herculis Veränderliche ist auch eine starke Röntgenstrahlung, die durch den Aufprall der Materie auf die Akkretionsscheibe oder/und durch den Aufprall der Materie auf den Weißen Zwerg (WZ) hervorgerufen wird. Der Position des 000-BNG-512 konnte jedoch bislang keine Röntgenquelle zugeordnet werden.

Gemäß Norton (1993) [4] gibt es mindestens vier unterschiedliche Varianten von CVs, siehe Abbildung 8:

- Nicht magnetische CVs, ohne Materiestrom zum Weißen Zwerg (a).
- Materiestrom gespeiste (stream-fed) magnetische CVs, bei denen die Entstehung einer Akkretionsscheibe durch ein zu hohes Magnetfeld verhindert wird (b),
- Akkretionsscheiben gespeiste (disc-fed) magnetische CVs, bei denen die Akkretionsscheibe an der Magnetosphäregrenze unterbrochen ist und der Materiestrom von der inneren Scheibengrenze über die Magnetfelder auf den WZ gelangt (c) und
- magnetische CVs, die ebenso wie (c) eine zum WZ hin unterbrochene Akkretionsscheibe haben, aber der Materiestrom zum Teil über die Oberfläche der Scheibe gleitet und direkt zum WZ fließt (d).

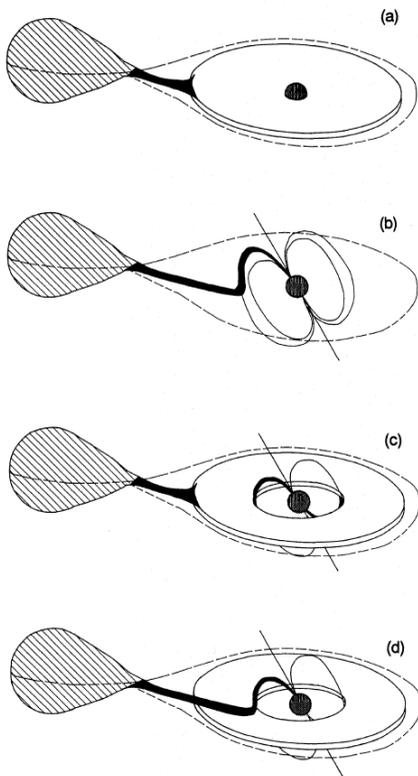


Abb. 8: Mögliche Varianten von Kataklysmischen Veränderlichen (CVs) gemäß Norton (1993)

Bei 000-BNG-512 ist das letzte Szenario am wahrscheinlichsten. Die beobachtete Langzeitbedeckung deutet auf das Vorhandensein einer Staubscheibe innerhalb oder außerhalb des Orbits hin. Der nicht beobachtete Höcker auf der Lichtkurve deutet auf wenig Materiefluss vom Donator zur eventuell vorhandenen Scheibe hin, so dass der Hauptfluss direkt zum WZ strömt. Somit handelt es sich bei 000-BNG-512 höchstwahrscheinlich um einen Materiestrom gespeisten CV (stream-fed CV).

Simulationen zeigen, dass auch eine Umschaltung von der einen Variante zur anderen möglich ist, falls sich das System an einem von Norton et al. (2007) [5] so genannten „Triple point“ befindet. Vielleicht hat bei 000-BNG-512 vor der beobachteten Langzeitverfinsternung solch eine Umschaltung kurzzeitig von der Variante stream-fed (d) nach disc-fed (c) stattgefunden, woraufhin der Weiße Zwerg, aufgrund einer plötzlich stattfindenden höheren Materiezufuhr auf die Scheibe, verfinstert wurde. In Norton et al. (2007) wird eine weitere theoretische Variante der Materiestromung

beschrieben. Die vom Donator kommende Materie strömt propellerähnlich (propeller-flow) zum weißen Zwergstern, der Materiestrom schafft keinen vollen Umlauf und entfernt sich vom System. Dadurch wird kein Höcker in der Lichtkurve sichtbar und auch kein Materiestrom zur Oberfläche des weißen Zwergsterns geleitet. Der weiße Zwergstern könnte also ebenso durch eine Umschaltung im „Triple point“ auf propellerähnlich über eine längere Zeitspanne unsichtbar geworden sein.

Simulationen von Norton (1993) zeigen auch, dass das Aussehen der Rotationslichtkurve von vielen Parametern abhängt wie zum Beispiel: die Neigung der Rotationsachse zur Sichtlinie des Beobachters (Inklination), der Winkel zwischen Rotationsachse des Weißen Zwerges und dessen magnetischer Achse sowie der Größe und Form des emittierenden Gebietes. Ist die Inklination genau 90 Grad, dann schaut man auf die Äquatorgegend. Dies führt dazu, dass man sowohl das Emissionsgebiet der Nordhemisphäre als auch der Südhemisphäre gleichermaßen sieht, was dann sogar zu einer scheinbaren Verdoppelung der Periodizität führt. Je kleiner die Inklination wird, umso geringer wird der Einfluss des Emissionsgebietes der abgewandten Hemisphäre, bis die Verdoppelung der Periode gänzlich verschwunden ist.

Zu einer asymmetrischen Form der Rotationslichtkurve kommt es, wenn das Emissionsgebiet auf dem WZ nicht symmetrisch (Kreisförmig) sondern asymmetrisch (Halbreisförmig) ist. Diese Asymmetrie wird aber nur dann in der Lichtkurve sichtbar, wenn die Inklination nicht exakt 90° oder 0° ist.

Ebenso kann ein Einfluss der Präzession der Rotationsachse des Weißen Zwerges nicht ausgeschlossen werden, da dadurch in der Regel die Inklination geändert wird. Untersuchungen von Tovmassian et al (2007) [6] zeigen, dass die Präzession eines Weißen Zwerges in sehr kurzen Zeiträumen stattfinden kann.

Bei der von uns beobachteten Rotationsperiode des 000-BNG-512 ist die Einfeldung im Maximum manchmal symmetrisch, manchmal asymmetrisch. Dies kann bedeuten, dass sich eventuell das Emissionsgebiet auf dem Weißen Zwerg verändert hat von symmetrisch zu asymmetrisch und umgekehrt. Die unterschiedliche Tiefe der Einfeldung könnte durch unterschiedliche Inklination durch Präzession des Weißen Zwerges kommen. Zur abschließenden Beurteilung wären ausgiebige Beobachtungen, insbesondere von Veränderungen im Spektrum möglich.

Das Verhältnis von Rotationsperiode P_{spin} zur Bedeckungsperiode P_{orb} im Vergleich zu bekannten, Magnetische Kataklysmischen Variablen (MCV) zeigt, dass 000-BNG-512 am rechten Rand des Hauptfeldes liegt (Abb.9), was das Objekt auch in dieser Hinsicht als besonders interessant erscheinen lässt. Es gibt offensichtlich wenige MCVs mit derart langen Bedeckungsperioden P_{orb} .

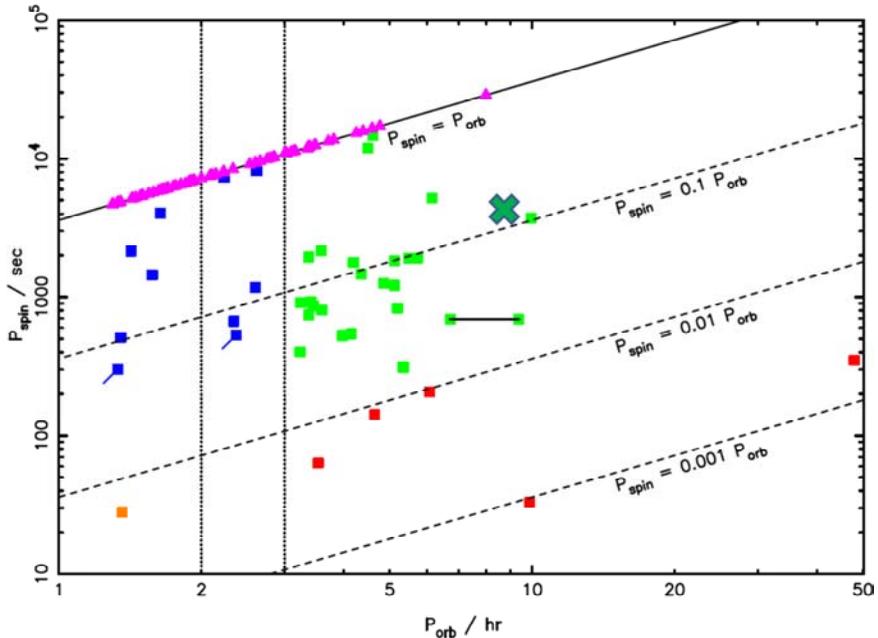


Abb. 9: Diagramm Spinperiode zur Orbitalperiode. Polare haben dreieckige Symbole und intermediäre Polare haben rechteckige. In das Diagramm von Norton et al. (2004) wurde die Position des 000-BNG-512 als grünes Kreuz hinzugefügt.

Die Position von 000-BNG-512 wurde mit einem grünen Kreuz in das Diagramm von Norton et al. (2004) [7] eingezeichnet. Bei Norton et al. (2004) werden die Objekte im Bereich $0.25 > P_{\text{spin}}/P_{\text{orb}} > 0.01$ und $P_{\text{orb}} > 3\text{hr}$ als Konventionelle intermediäre Polare (grüne Rechtecke) bezeichnet, wozu 000-BNG-512 mit $P_{\text{spin}}/P_{\text{orb}} = 0.12$ und $P_{\text{orb}} = 8.8\text{hr}$ gehört. Ebenso eingezeichnet sind die polaren CVs, bei denen die Spinperiode zur Orbitalperiode synchron ist (Magenta Dreiecke).

Zusammenfassung

Entdeckt wurde ein interessantes astronomisches Objekt, dessen Zuordnung zu bekannten Sternsystemen in dieser Arbeit nicht eindeutig und widerspruchsfrei möglich ist. Obwohl es starke Indizien gibt, dass es sich hier um einen „Konventionellen intermediären Polaren“ vom Typ HD Hercules handelt, fehlen klare Belege für eine dichte Akkretionsscheibe innerhalb des rotierenden Systems.

Die Orbitalperiode P_{orb} kann mit guter Genauigkeit bestimmt werden, so dass eine Fortsetzung der Beobachtungen in der kommenden Sichtbarkeitsperiode ohne große Probleme möglich sein sollte. Bei der Rotationsperiode P_{spin} des Weißen Zwergs bleiben allerdings viele Fragen offen, die nur bedingt mit den hier beschriebenen

Beobachtungsmethoden beantwortet werden können. Hier sind spektroskopische Analysen im sichtbaren Bereich und Röntgenbereich gefragt.

Des Weiteren könnte es sich lohnen, zu untersuchen, ob sich der Verdacht messbarer periodischer Änderungen auf der Oberfläche des Weißen Zwergs erhärten lässt.

Danksagung

Der Zugang zum 0.8-m-Schmidt-Teleskop, Calar Alto, Spanien, wurde von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) finanziert, contract number 4000116155/15/D/AH (P2-NEO-VIII), und ermöglicht von Detlef Koschny, Co-Manager des near Earth object segments des Space Situational Awareness Programs der ESA.

Die Beobachtungen mit dem 1.2-m-MONET-Teleskop, South African Astronomical Observatory/ Sutherland (Südafrika) wurde durch das Institut für Astrophysik/IAG der Georg-August-Universität Göttingen ermöglicht. Das MONET (MONitoring NETwork of robotic Telescopes) Projekt basiert auf einem Netzwerk von zwei 1.2m Teleskopen, welches durch Gelder der Alfred Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung sowohl für wissenschaftliche Forschung als auch für die Ausbildung von Schüler*innen finanziert wurde. Herrn Tim-Oliver Husser, Göttingen, sei gedankt für die Betreuung von vier wichtigen Langzeitbeobachtungen mit dem MONET-Süd-Teleskop.

Die Nutzung der LCO-Teleskope, insbesondere des 2m Faulkes Teleskops Süd, wurde durch das Faulkes Telescope Project, Cardiff/GB als Bildungspartner des Las Cumbres Observatory (LCO) ermöglicht. Hier sei besonders dem Projektdirektor Paul Roche und der Projektadministratorin Alison Tripp für die großzügige Unterstützung gedankt.

Herrn Ulrich Bastian, Heidelberg, sei gedankt für seine Unterstützung bei der Klassifizierung.

[1] <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-5?-ref=VIZ5d75f8484d29&-out.add=&-source=J/AJ/153/204/table5&recno=104932>

[2] Sesar B. et al. (2017), Machine-learned Identification of RR Lyrae Stars from Sparse, Multi-band Data: The PS1 Sample. ApJ 153 5; <https://arxiv.org/abs/1611.08596>

[3] <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=844744>

[4] Norton A.J. (1993), Simulation of X-ray light curves of intermediate polars, MNRAS, 265, 316.1993MNRAS.265..316N

[5] Norton, A. J.; Butters, O. W.; Parker, T. L. and Wynn, G. A. (2007). Magnetic Cataclysmic Variable Accretion Flows. In: The Multicoloured Landscape of Compact Objects and their Explosive Origins: Theoryvs. Observations, 18-24 June 2006, Cefalu, Sicily, Italy

[6] Tovmassian G.H., Zharikov S.V., Neustroev V.V., Evidence of Precession of the White Dwarf in Cataclysmic Variables (2007), 2007ASPC..372..541T

[7] Norton A.J., Somerscales R.V., Wynn G.A. The spin periods of magnetic cataclysmic variables (2004) 2004ASPC..315..216N