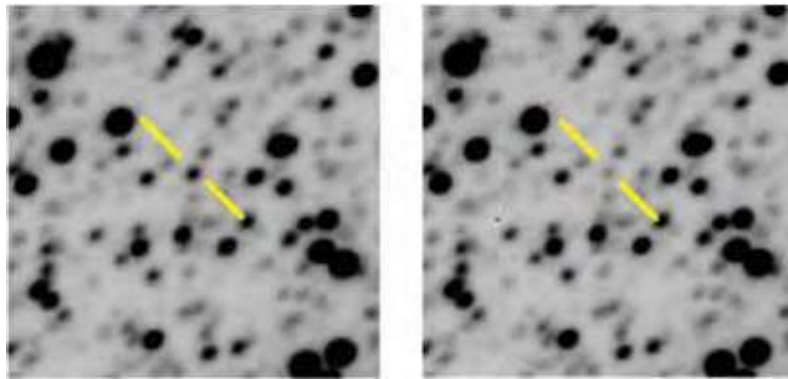


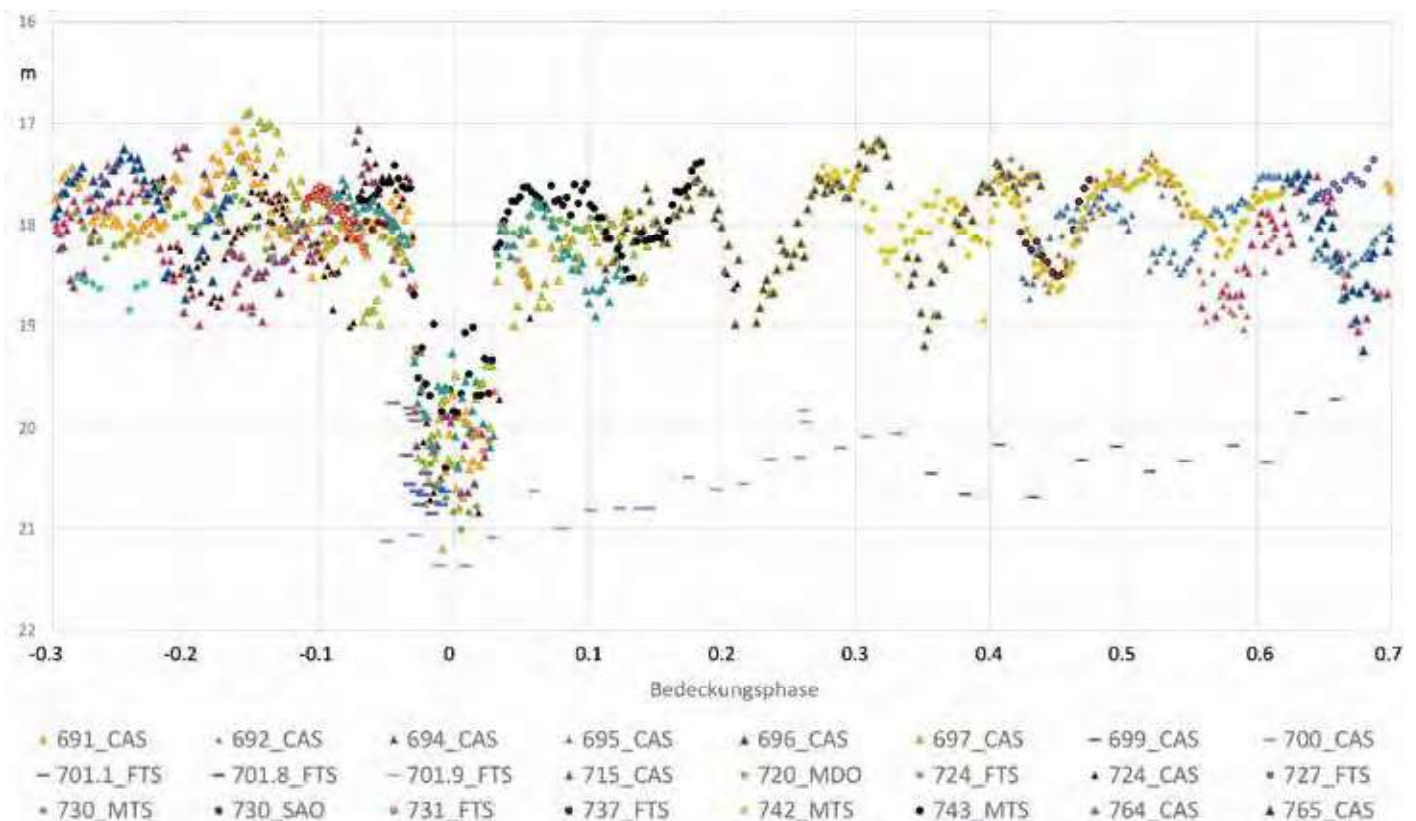
Entdeckung des Kataklysmischen Veränderlichen 000-BNG-512

von Erwin Schwab und Paul Breitenstein

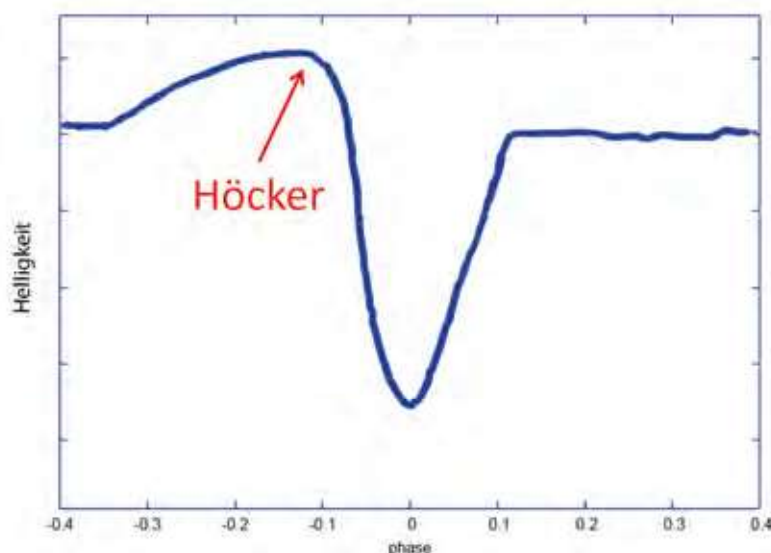
Im Rahmen des Space Situational Awareness Program der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) hat Erwin Schwab die Möglichkeit, am ehemaligen Hamburger 0,8-m-Schmidt-Teleskop, das sich seit 1979 in Spanien auf dem Calar Alto befindet, ferngesteuert zu beobachten [1, 2]. In der Nacht vom 26. auf den 27.07.2019 sollte damit der Komet P/2012 K3 (Gibbs) im Sternbild Schütze wiederentdeckt werden. Leider konnte der Komet nicht gefunden werden, stattdessen „verschwand“ ein Fixstern ganz plötzlich vom Firmament! Welches Ereignis könnte dafür verantwortlich sein? Vielleicht war es eine Sternbedeckung durch einen Kleinplaneten? Handelt es sich um einen veränderlichen Stern? Oder wurde das Objekt sogar von einem Schwarzen Loch verschluckt?



1 In der Entdeckungsnacht „verschwindet“ ein Stern von einer Aufnahme zur nächsten. Teleskop: 0,8-m-Schmidt, Calar Alto, Spanien. Bildausschnitt: 1' x 1'. Belichtungszeit: 60 s. Aufnahmezeitpunkte: 2019-07-27, 00:25 UT und 00:27 UT. Bild: Erwin Schwab



2 Phasendiagramm der Bedeckungsperiode. Die Abkürzungen in der Legende sind eine Kombination aus den letzten drei Tagen des Julianischen Datums und das Kürzel des verwendeten Teleskops.



3 Schematische Lichtkurve mit einem sichtbaren Höcker (hump) vor dem Bedeckungsminimum. Dieser Helligkeitsanstieg wird durch einen heißen Fleck auf der Akkretionsscheibe verursacht. Bild: Erwin Schwab

Die Fotos haben eine Belichtungszeit von jeweils einer Minute. Betrachtet man sie genauer, dann stellt man fest, dass von einer Aufnahme zur nächsten ein schneller Helligkeitsabfall um ca. 2 Magnituden stattfindet (Abb. 1). Außerdem blieb der Stern in der Entdeckungsnacht „unsichtbar“ für die restlichen 20 Minuten der Beobachtungszeit. Einen bekannten Kleinplaneten gibt es an dieser Stelle nicht. Vielleicht wurde die Bedeckung durch einen unbekanntem Kleinplaneten verursacht? Jedoch ergab eine grobe Abschätzung, dass man eine Sternbedeckung durch einen Kleinplaneten ausschließen kann. Denn die mindestens 20 Minuten andauernde Bedeckung bedeutet bei einem Transneptunischen Objekt, dass dieses ungefähr die Größe der Erde hätte haben müssen – sicher eine Sensation, aber eine unwahrscheinliche. In der nächsten Nacht war die Wetterlage in Spanien gut und siehe da, der Stern war wieder in voller Pracht sichtbar – also nicht von einem Schwarzen Loch verschluckt.

Im Variable Star Index (VSX) [3] der American Association of Variable Star Observers (AAVSO) war kein bekannter Veränderlicher registriert. Bei den betreffenden Koordinaten (Rektasz. $18^{\text{h}} 32^{\text{m}} 21,56^{\text{s}}$, Dekl. $-16^{\circ} 27' 04,2''$) befindet sich ein Stern, der von Gaia vermessen wurde und die Katalognummer 4102856333775127296 bekam. Laut Gaia hat er eine Entfernung von 4.200 Lichtjahren. Ist dieser Stern nun ein unbekannter Veränderlicher? Wenn ja, ändert sich die Helligkeit periodisch und mit welcher Periode? Um welchen Veränderlertyp handelt es sich?

Zur Klärung dieser Fragen waren weitere Beobachtungen nötig. In der dritten Nacht konnte dann endlich wieder eine Verfinsternung beobachtet werden! Diese Bedeckung fand rund eine Stunde früher statt als drei

Nächte zuvor. Es konnte somit eine maximal mögliche Periode bestimmt werden von ca. 2,96 Tagen. Möglich wären aber auch ganzzahlige Teiler dieser Maximalperiode, z. B. 1,48 Tage, 0,74 Tage, 0,37 Tage, usw. Um nun diese Bedeckungsperioden nachzuweisen oder auszuschließen, hatte man von Spanien aus ein Problem: Zum Zeitpunkt der Bedeckung, verursacht durch eine 1,48-Tage-Periode, war in Spanien heller Tag. Der Zeitpunkt der Bedeckung verschiebt sich zwar alle drei Tage um eine Stunde, wäre somit nach rund einem Monat am spanischen Nachthimmel beobachtbar. So lange wollte der Entdecker aber nicht warten. Hier kam Unterstützung von Paul Breitenstein, der im Rahmen von Schulprojekten Zugang zu Teleskopen in Australien, USA und Südafrika hat. Er hat die Möglichkeit der Nutzung des Las Cumbres Observatory (LCO) und des 1,2-m-MONET-Teleskops in Sutherland, welches durch das Institut für Astrophysik / IAG der Georg-August-Universität Göttingen betrieben wird. Somit war die Möglichkeit der 24-Stunden-Abdeckung gegeben.

Durch diese Zusammenarbeit konnte der Veränderliche vom 26.7.2019 bis zum 19.10.2019 insgesamt 46,8 Stunden beobachtet werden. Eine detaillierte Auflistung der Beobachtungszeitspannen ist im BAV-Rundbrief zu finden [4]. Die verwendeten Teleskope sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Bestimmung der Perioden

Nach einer Weile kristallisierte sich heraus, dass die richtige Periode 1/8 der zunächst vermuteten 2,96 Tage war, nämlich 0,3695 Tage (8,868 h). Die Dauer der 8 beobachteten Bedeckungen betrug zwischen 30 und 36 Minuten. In unserem Phasendiagramm (Abb. 2) ist neben der Bedeckung auch eine sinusähnliche Veränderung mit kürzerer Periode auffällig. Die ermittelte Kurzzeitperiode beträgt 0,045445 Tage (1,1 h) und hat eine Amplitude von über 0,5 Magnituden mit einer sichtbaren Feinstruktur, deren mögliche Ursachen im BAV-Rundbrief [4] näher erläutert werden.

Des Weiteren gibt es Beobachtungen, in denen das Objekt über einen längeren Zeitraum lichtschwächer als 19,5 Magnituden blieb. Diese drei aufeinander folgenden Nächte (699_CAS, 700_CAS, 701.1_FTS, 701.8_FTS, 701.9_FTS) sind im Phasendiagramm mit horizontalen Strichen symbolisiert. Die Vermutung liegt nahe, dass im Zeitraum vom 3.8. 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 Abschattung durch eine Staubscheibe oder Dunkelwolken stattgefunden haben.

Klassifizierung

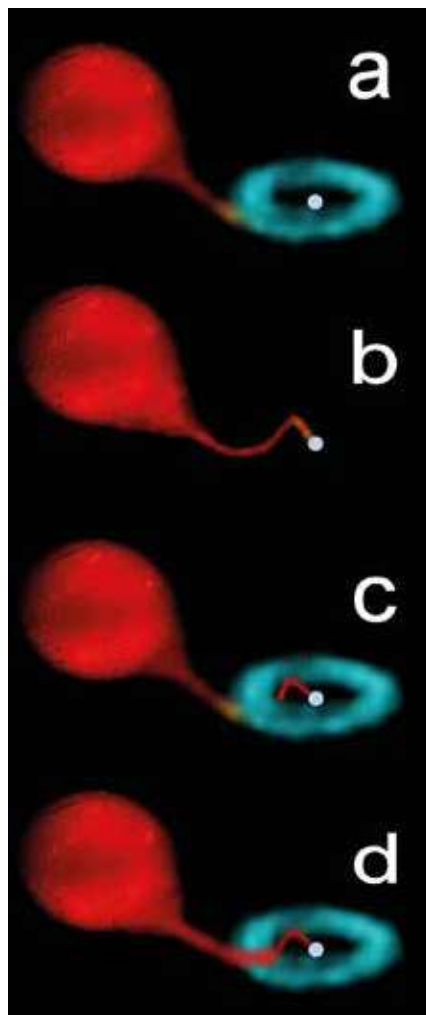
Auf Grundlage der hier gezeigten Beob-

achtungen ist eine Klassifizierung als kataklysmischer Veränderlicher (CV) am plausibelsten. Die lange Periode ist die Umlaufzeit des Doppelsternsystems. Während eines Umlaufs wird die hellere Komponente (Weißer Zwergstern) von der größeren, aber lichtschwächeren Komponente (Spenderstern oder Donator) bedeckt.

Der Spenderstern überschreitet die Größe der Roche-Grenze, weshalb Materie auf die Oberfläche des Weißen Zwerges gelangt und am Aufschlagort eine hohe Energieemission verursacht. Dieser starken lokalen Energieemissionsquelle ist es zu verdanken, dass letztendlich die Rotation des Weißen Zwergsterns durch eine sinusähnliche Periode in der Lichtkurve sichtbar wird.

Die Tatsache, dass die Rotationsperiode eine andere ist als die Bedeckungsperiode, führt uns zu den kataklysmischen Veränderlichen des Typs DQ Herculis, die auch als intermediäre Polare (IPs) bezeichnet werden. Bei den polaren kataklysmischen Veränderlichen 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 sich innerhalb oder außerhalb des Doppelsternsystems befinden könnte.

Die Amplitude der Rotationsperiode ist außergewöhnlich hoch und deutet auf einen hohen Materiestrom zur Oberflä-



che des Weißen Zwerges 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, siehe schematische Beispiellichtkurve in Abbildung 3. 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 dem Beobachter zugewandten Seite der Akkretionsscheibe befindet. Dieses Phänomen

4 Mögliche Varianten von kataklysmischen Veränderlichen.

Bild: Erwin Schwab

konnten wir nicht identifizieren. Deshalb gehen wir davon aus, dass es hier keine dichte, zusammenhängende Akkretionsscheibe, zumindest keinen Hot Spot auf einer eventuell vorhandenen Akkretionsscheibe gibt.

Gemäß Norton (1993) [5] gibt es mindestens vier unterschiedliche Varianten von kataklysmischen Veränderlichen, siehe Abbildung 4:

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

Tabelle 1

Auflistung der verwendeten Teleskope

Kürzel	Teleskop	Standort	Land	Beobachter
CAS	0,8m-Schmidt	Calar Alto	Spanien	Erwin Schwab
FTS	2,0m-RC	Faulkes-Süd (Siding Spring)	Australien	Paul Breitenstein
MDO	1,0m-RC	McDonald (Mt. Locke)	USA	Paul Breitenstein
MTS	1,2m-RC	Monet-Süd (Sutherland)	Südafrika	Paul Breitenstein & Tim-Oliver Husser
SAO	1,0m-RC	Sutherland	Südafrika	Paul Breitenstein

Bei unserem Objekt ist das letzte Szenario am wahrscheinlichsten. Somit könnte es sich um einen materiestromgespeisten kataklysmischen Veränderlichen des Typs DQ Herculis mit zumindest manchmal vorhandener Staubscheibe handeln.

Anerkennung der Entdeckung

Am 05.09.2019 wurde die Entdeckung schließlich anerkannt, der Veränderliche bekam den AAVSO Unique Identifier (AU-ID) 000-BNG-512. Während der Überprüfung durch den Moderator des Variable Star Index (VSX) wurde festgestellt, dass die Veränderlichkeit des Sterns auch bereits durch den PanStarrs1-3 π -survey mittels der „Machine-learned Identification“ detektiert wurde. Die Daten des PanStarrs1-3 π -survey haben jedoch aufgrund der automatischen Identifikation ein Risiko der fehlerhaften Klassifizierung und/oder Periodenbestimmung. Das ist vermutlich der Grund, weshalb diese Durchmusterung nicht in die Datenbank des VSX pauschal übertragen wurde.

In der Veröffentlichung des PanStarrs1-3 π -survey von Sesar et al. (2017) [6] ist der

Stern als RR-Lyrae-Typ mit einer Periode von 0,512 Tagen angegeben [7], was sich nicht mit unseren Ergebnissen vereinbaren lässt. Obwohl die Profis schneller waren mit ihrer Veröffentlichung, haben die hier gezeigten umfangreicheren und exakteren Ergebnisse letztendlich dazu geführt, dass in der Datenbank des VSX die Berufsastronomen lediglich zweitrangig als Entdecker eingetragen wurden [8].

Entdeckt wurde ein sehr interessanter Veränderlicher, der zudem zu einer seltenen Klasse gehört, denn bisher sind erst rund 100 davon bekannt. In Zukunft darf man gespannt sein, welche Rätsel mittels spektroskopischen Analysen im sichtbaren oder im Röntgenbereich noch gelöst werden können.

Literatur- und Internethinweise:

- [1] E. Schwab, 2018: „NEOs und Kometen mit dem Hamburger-Schmidt-Teleskop auf dem Calar Alto“, *VdS-Journal für Astronomie* 67, S. 76
- [2] E. Schwab, 2019: „Zerreißprobe des NEOs 2018 AM12 beobachtet mit

dem Calar-Alto-Schmidt“, *VdS-Journal für Astronomie* 68, S. 83

- [3] AAVSO, Variable Star Index: www.aavso.org/vsx/index.php?view=search.top
- [4] E. Schwab, P. Breitenstein, 2019: „Entdeckung des Veränderlichen Sterns 000-BNG-512, dessen Klassifizierung als DQ-Herculis-Typ sowie die Bestimmung der Perioden“, *BAV Rundbrief* 4 (2019), S. 187
- [5] A. J. Norton, 1993: „Simulation of X-ray light curves of intermediate polars“, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* 265, p. 316. 1993MNRAS.265..316N
- [6] B. Sesar et al., 2017: „Machine-learned Identification of RR Lyrae Stars from Sparse, Multi-band Data: The PS1 Sample“. *Astrophys. J.* 153, p. 5
- [7] VizieR, RR Lyrae Stars: <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-5?-ref=VIZ5d75f8484d29&-out.add=&-source=J/AJ/153/204/table5&recno=104932>
- [8] AAVSO, Variable Star Index: „USNO-B1.0 0735-0599207“, www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=844744



..... Impression

IC 1848 in der Cassiopeia

Dieser bekannte Emissionsnebel ist hier in Falschfarben gemäß der Hubble-Palette dargestellt. Die Zerstörung der Molekülwolkenränder wird sehr schön sichtbar. Andreas Rörig gelang das Bild remote in DeepSkyWest, New Mexico. Daten: Astro-Physics RH-305 mit einer SBIG STX-16803 und Astrodon-Filtern, [SII]: 40 x 900 s, H α : 25 x 900 s, [OIII]: 19 x 900 s, also 21 h Gesamtbelichtungszeit.