

## Ist N1CB002289 ein SW-Sextantis-Stern?

### Über die Enträtselung eines seltsamen „neuen“ veränderlichen Sterns

Rainer Gröbel

Bei der Verfolgung eines eher „vernachlässigten“ Veränderlichen kommt es nicht selten vor, dass neben dem anvisierten Objekt sich im Feld bislang noch nicht als veränderlich bekannte Sterne verraten. Dadurch wird der Ehrgeiz geweckt, von diesen „Neuen“ nach Möglichkeit vollständige Lichtkurven zu erhalten, um deren eventuelle Periode und die Art der Veränderlichkeit zu bestimmen. Auch wenn es sich meistens um relativ schwache Sterne handelt, ist dies in einigen Fällen gelungen, was allemal eine Meldung im VSX wert ist. Aber ausgerechnet mein erster „Findling“ ganz am Anfang der Beobachtung mit dem „Halbautomaten“ im Jahr 2008 entzog sich trotz einer leicht zu bestimmenden Periode hartnäckig der Einordnung in eine der üblichen Klassen von Veränderlichen.

#### **GSC103997-00231, kein „einfacher“ kurzperiodischer Bedeckungsveränderlicher**

Mit der neuen Ausrüstung [1] lag es nahe, zunächst einen unerledigten Fall aus den Jahren 1991/92 wieder aufzunehmen [2]. Nach einem in einem Katalog von Sternen „früher“ Spektralklassen enthaltenen indirekten Hinweis auf dessen mögliche Veränderlichkeit, hatte ich damals HD 240121, den hellsten Stern im unauffälligen Offenen Sternhaufen NGC 7429 an der Grenze zwischen Kepheus und Kassiopeia beobachtet. Er konnte als möglicher sogenannter „Ap magnetic variable“ geringer Amplitude mit einer Periode nahe bei 2 d identifiziert werden. Die vorgelegten Daten reichten aber nicht zur Vergabe einer endgültigen Bezeichnung als Veränderlicher aus, so dass er im GCVS nur als „New Suspected Variable“ NSV 25977 aufgenommen wurde.

Nach einigen Beobachtungsreihen hat mich das Auswertungsprogramm „Muniwin“ wiederholt auf den nahe gelegenen 13-mag-Stern GSC 103997-00231 aufmerksam gemacht. Dieser Stern zeigte mehrmals 0,4 bis 0,5 mag tiefe, knapp eine Stunde dauernde Absenkungen. In einer längeren Reihe wurden sogar zwei fast gleiche Absenkungen in einem Abstand von 5,5 h registriert. Dies führte zunächst zur Annahme eines aus zwei annähernd gleichgroßen Zwergsternen bestehenden Bedeckungssystems mit einer Periode nahe bei 11 h.

Dennoch kamen bald Zweifel auf, denn ich hatte keine Erklärung für die fortwährend registrierten Änderungen in Form und Tiefe der Minima und für die Schwankungen in der Höhe der „Schultern“ der Lichtkurve (LK), die zudem von unregelmäßig auftretenden, schnellen Helligkeitsschwankungen überlagert waren (Abb. 1). Eine genauere Untersuchung der LKs zeigte, dass die Bedeckungen deutlich asymmetrisch ausfielen und dass deren Ausgang in unterschiedlicher Weise verschliffen erscheint. Diese Erscheinungen sind mit den rein geometrischen Ursachen der Helligkeitsänderungen bei den deutlich getrennten Komponenten eines Bedeckungssystems nicht zu erklären.

Schon bald wurde das ursprüngliche Ziel zu Gunsten des „Neuen“ aufgegeben. Eine gleichzeitige Beobachtung war bei einem Helligkeitsunterschied von ca. 4 mag nicht möglich. Wegen dessen relativer Schwäche musste von nun an ohne Filter beobachtet werden und als Kompromiss zwischen einer möglichst dichten Messfolge und der Genauigkeit der Messpunkte wurde die Belichtungszeit auf 60 s festgelegt. Längere Belichtungszeiten erhöhen zwar das Signal/Rausch-Verhältnis und somit die

Genauigkeit, würden aber die festgestellten schnellen Helligkeitsänderungen zu sehr „glätten“.

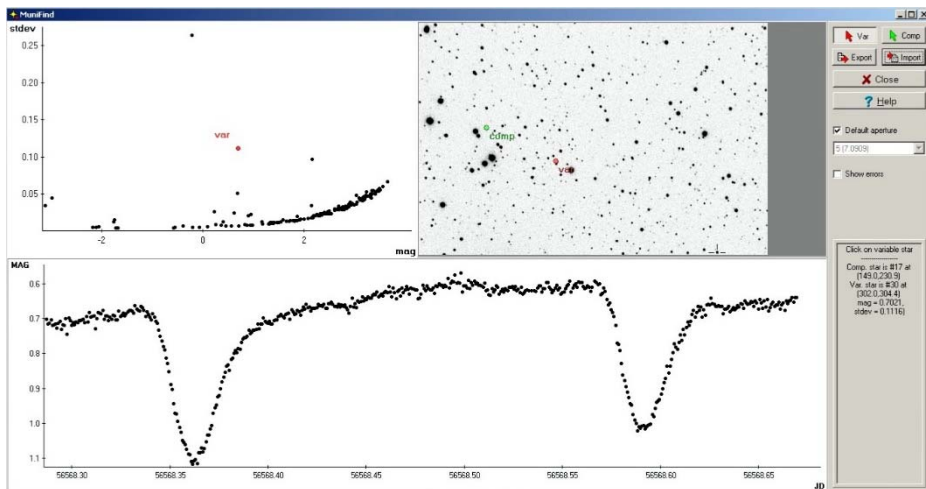


Abb. 1: Das Auswertungsprogramm zeigt quasi automatisch an, wenn die Helligkeit eines Sterns im Feld der Kamera sich im Zeitraum der Beobachtung ändert (links oben) und braucht nur angeklickt zu werden, um dessen Lichtkurve zu erhalten (unten).

In den CCD-Bildern erscheint der Stern deutlich „unrund“, was zur Annahme eines engen, nicht aufgelösten Doppelsterns führte. Dies wurde zunächst von einer Palomar-Aufnahme (POSS, Abb. 2 unten links) und später von einer tiefer gehenden Aufnahme vom digitalen SDSS bestätigt (Abb. 2 rechts).

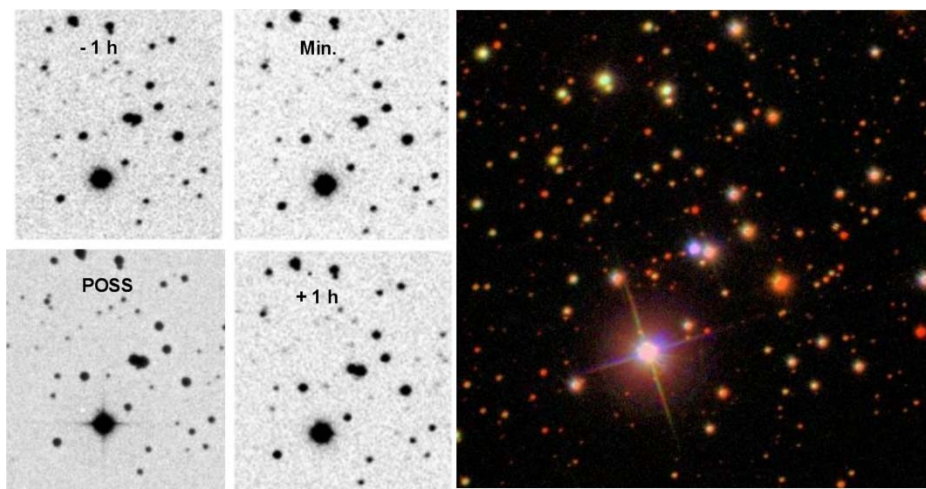


Abb. 2: Von oben links im Uhrzeigersinn, ein Ausschnitt aus dem Feld der Kamera. Der SDSS-Ausschnitt rechts überzeugte mich davon, dass die Annahme von sich bedeckenden Roten Zwergen nicht stimmen konnte.

In der gegenüber dem Sternkatalog GSC 1 wesentlich erweiterten Ausgabe GSC2.3 sind die Sterne getrennt aufgeführt und zwar als N1CB000021 und einen etwas schwächeren „Begleiter“, N1CB002289. Deren Abstand wurde auf 6 Bogensekunden geschätzt, so dass diese Sterne mit der üblichen Blendenmethode und trotz 2,5 m Brennweite nicht getrennt gemessen werden können. Welcher Stern ist nun der Veränderliche?

Diese Bestimmung gelang überraschend leicht, denn bei einem angesagten Minimum konnte ich unmittelbar am Bildschirm verfolgen, wie die Helligkeit des etwas schwächeren N1CB002289 in kürzester Zeit bis fast zum Verschwinden abnahm, um darauf ebenso schnell wieder aus der Versenkung herauszukommen (vgl. Abb.2 links oben im Uhrzeigersinn und Abb. 3). Ein unvergesslicher Anblick und die Beobachtung dieses Ereignisses sollten sich noch oft wiederholen.

Die nun beobachtete „wirkliche“ Tiefe der Bedeckung dürfte mehrere Größenklassen betragen und übertrifft das von einem üblichen Bedeckungssystem zu Erwartende. Es sei denn, eine Komponente ist ungewöhnlich hell und „unruhig“ und versteckt sich nur kurz hinter einem kaum leuchtenden Begleiter. Die geringe Tiefe der Bedeckungen in den CCD-LKs erklärt sich durch den um ca. 0,3 mag helleren, ständig mitgemessenen N1CB000021. In der Vergangenheit habe ich oft mit dieser „Störung“ gehadert. Im Nachhinein war es für mich ein glücklicher Umstand, denn als Einzelstern wäre dieser blinkende Leuchtturm schon viel früher aufgefallen.

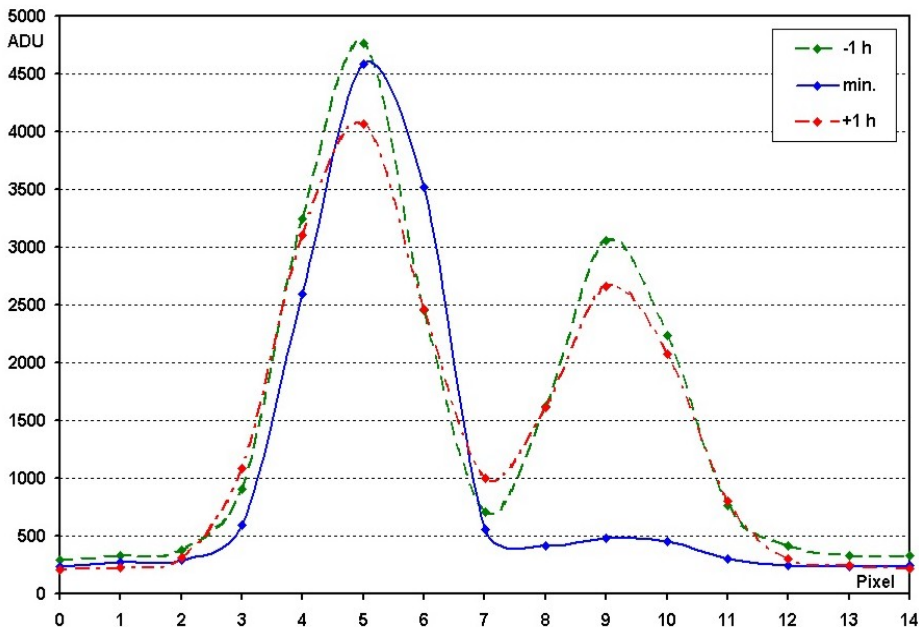


Abb. 3: Ein „Schnitt“ durch den „Doppelstern“ in drei in einem Abstand von zwei Stunden aufgenommenen CCD-Bildern zeigt den starken Helligkeitsabfall und Wiederaufstieg von N1CB002289 (rechts), während N1CB000021 bis auf die in der Zwischenzeit eingetretenen Änderungen der Durchsicht konstant bleibt.

Die Verfolgung wird aufgenommen.

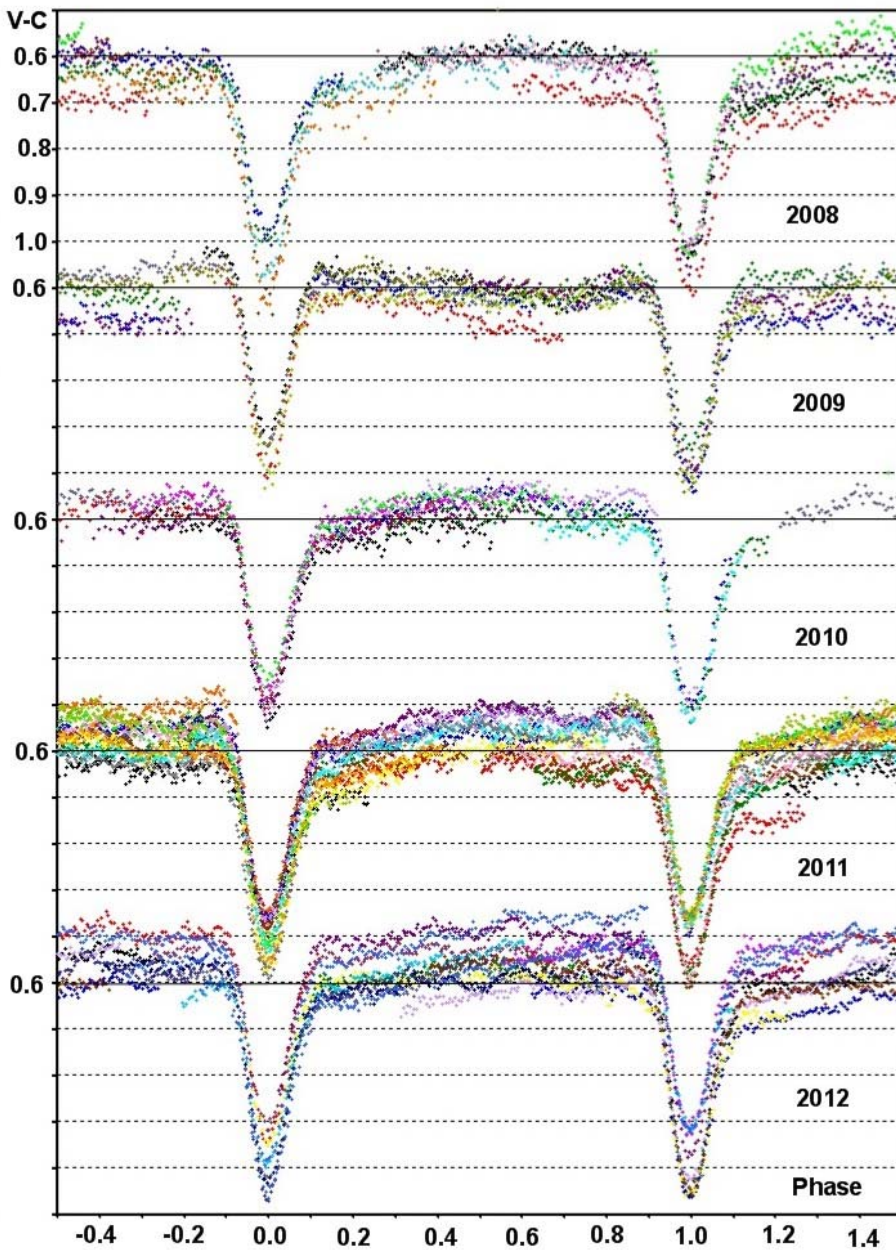


Abb. 4: Die fortlaufende Beobachtung zeigt die starke Variabilität der LK. Zur Verdeutlichung sind die jährlichen Beobachtungsreihen jeweils um 0,5 mag versetzt.

Von nun an nimmt dieser Stern den obersten Platz in meiner „Prioritätenliste“ ein. Abb. 4 zeigt eine Übersicht der jährlichen Beobachtungsreihen. Ab 2011 sind mir mit einer verbesserten Ausrüstung und wetterbegünstigt besonders dichte Reihen gelungen. Diese zeigen starke Nacht-für-Nacht-Änderungen in der mittleren Höhe der Schultern bezogen auf die durchgehend eingezeichnete 0,6 mag Linie der relativen Helligkeit zum Vergleichssterne. In den schnellen Schwankungen ist ein Muster oder eine quasi-Periodizität nicht zu erkennen. Auch die Tiefe der Minima schwankt relativ stark von einer Bedeckung zur anderen. Bei einer der Einfachheit halber angenommenen Abnahme der Helligkeit des Veränderlichen um 2,5 mag geht dessen Einfluss auf die Gesamthelligkeit auf 1/10 zurück und würde die Schwankungen in der Tiefe „verwischen“. Sie sind dennoch deutlich und zeigen, dass die wirkliche Tiefe der Minima stark unterschiedlich ausfallen kann.

Mit der im Laufe der Jahre zunehmenden Anzahl registrierter Minima konnte eine genaue Ephemeride der Form

$$\text{Min. (HJD)} = 2456955,39471(7) + 0,228605667(13) \text{ d} \times \text{E}$$

erstellt werden und es ist immer wieder erstaunlich festzustellen, mit welcher Genauigkeit die Minima trotz aller „Unruhe“ eintreffen. Der Einordnung in einer bestimmten Klasse von Veränderlichen kam ich aber zunächst nicht näher.

### Auf dem Weg zur Lösung des Rätsels

Zunächst habe ich im Forum die LKs mit Bitte um Aufklärung gezeigt und nur Kopfschütteln geerntet. Nun kamen mir allmählich Zweifel an der Genauigkeit der Messungen. Schließlich kam ich darauf, einen befreundeten Astrophotographen zu bitten, eine Parallelmessung mit seinem 40 cm und einer ST10-Kamera durchzuführen.

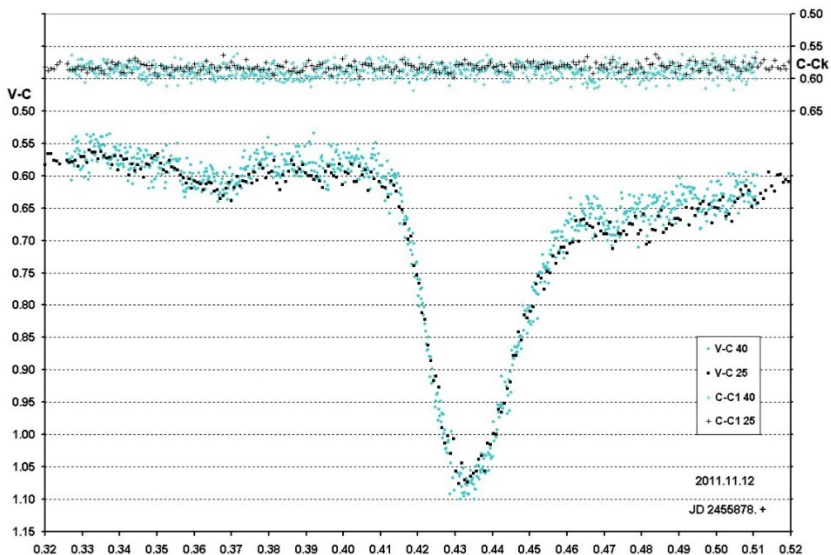


Abb. 5: Am 12. November 2011 konnte die Bedeckung simultan mit einem 40er (hell) und einem 25er Teleskop (dunkel) verfolgt werden. Die obere Reihe zeigt die Streuung der Messwerte des Vergleichs- gegenüber einem der Kontrollsterne.

Nach einigen Vorversuchen kam es zur ersehnten Beobachtung (Abb. 5). In der Hoffnung sehr kurzzeitige Helligkeitsschwankungen (flickering) nachweisen zu können, hatte ich für den 40er nur 10 s Belichtungszeit veranschlagt, wobei ich dessen Möglichkeiten etwas überschätzt habe. Dennoch waren die Zweifel an der Messgenauigkeit meiner Apparatur beseitigt.

Anlässlich einer im Forum aufkommenden Diskussion über die Durchführung von Simultanbeobachtungen habe ich dieses Ergebnis gezeigt. Nun mit dem Unterschied, dass U. Bastian die LK sah und mir umgehend riet, mich mit der weit verzweigten Gruppe der „Kataklysmischen Veränderlichen“ zu beschäftigen. Es könnte sich um einen der seltenen „Novaähnlichen Kataklysmischen mit Bedeckungen“ handeln und noch dazu einer der Hellsten. Endlich eine Spur!

Auf meine Nachgefrage hin, ob der störende Begleiter aus den LKs herausgerechnet werden könnte, riet er mir davon ab. Die Korrektur würde bei fast gleicher Helligkeit der Sterne im Maximum relativ gut funktionieren, aber die Fehlerbalken würden im Minimum der Bedeckung untragbar werden.

Nach einer nun gezielteren Recherche bin ich auf eine recht aktuell erscheinende Übersichtsliste [2] gestoßen. Die wichtigsten Merkmale der Mitglieder einer erst vor relativ kurzer Zeit etablierten Untergruppe der Kataklysmischen, die sog. „SW-Sextantis-Sterne“, sind mit den entsprechenden Referenzen aufgeführt. Von den 31 aufgelisteten Sternen wurden nur 16 als „sicher“ eingestuft. Beim Namensgeber und bei einigen der bekanntesten Mitglieder dieser Gruppe ergab sich eine überzeugende Ähnlichkeit der LKs mit dem Verhalten meines „Kandidaten“. Allerdings, bei den als „sicher“ eingestuften Sternen zeigt ein Diagramm eine als charakteristisch bezeichnete Häufung der Perioden zwischen 0,3 und 0,4 d. Nur einer als „möglich“ eingestuft Stern zeigt eine ähnlich „lange“ Periode von 5,5 h.

Alle Sterne dieser Gruppe zeigen in ihren Spektren Wasserstoffemissionslinien mit stark schwankender Intensität. Bei der weiteren Suche bin ich beim CDS auf eine umfassende Liste solcher Objekte gestoßen: Der IPHAS-Katalog [3] enthält ausschließlich Sterne mit H-Alpha-Emissionslinien und der Kandidat ist darin aufgeführt unter der Bezeichnung IPHAS J225608.45+595430.0.

Nun war ich mir meiner Sache ziemlich sicher. Es blieb „nur“ noch übrig, jemanden mit Zugang zu größeren Instrumenten zur Mehrfarbenphotometrie und Spektroskopie von der „Dringlichkeit“ der Beobachtung zu überzeugen. Ein zunächst aussichtslos erscheinendes Unterfangen, aber der Zufall kam mir zur Hilfe.

### **Der SW-Sex-„Kandidat“ kann übergeben werden**

Im unserem geschätzten täglichen Astro-ph fiel mir eines Morgens der Artikel einer Dame am Lomonossow-Institut in Moskau auf, in dem ein neu entdeckter SW-Sex-Stern an der Grenze zwischen Kassiopeia und Pegasus nach allen Regeln der Kunst beobachtet und anschließend modelliert wurde [4]. Den Feinheiten der Modellierung konnte ich zwar nicht folgen, aber die Gestalt der LK und weitere Merkmale des Systems kamen mir vertraut vor. Das könnte es sein...

Meinen Mut zusammennehmend, habe ich eine Art „Bewerbungsschreiben“ verfasst, in dem die bisherigen Erkenntnisse zusammengefasst waren mit der Frage, ob es möglich wäre, einen Blick auf den Kandidaten zu werfen. Postwendend kam die Antwort der Koautorin, Frau Prof. Kjurkchieva an der Shumen-Universität, Bulgarien: wir machen das und zwar am Rhozen National Observatory mit seinen 60 cm für die Photometrie und den 2 m für die Spektroskopie. Was will man mehr?

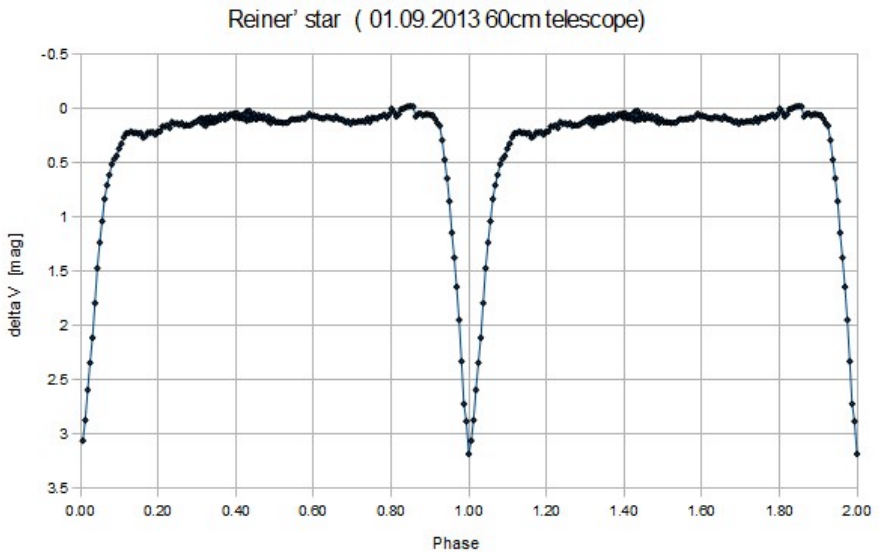


Abb. 6: Eine der ersten am Rhozen Observatory aufgenommenen LKs.

Und tatsächlich, kurz nach Beginn der Beobachtungssaison 2013 bekam ich erste Kostproben der Messungen (Abb. 6). Der Stern kann nun problemlos isoliert gemessen werden und die „wahre“ Amplitude der Bedeckung beträgt 3 mag im V-Bereich. Abb. 7 zeigt zwei weitere LKs, diesmal im B-Bereich. Die Amplitude beträgt nun 4 mag. Wenn man die obere LK vom 60er verfolgt, zeigt sich, dass im Minimum auch dieses Gerät an seine Grenzen kommt. Da muss der 2 m ran (untere LK).

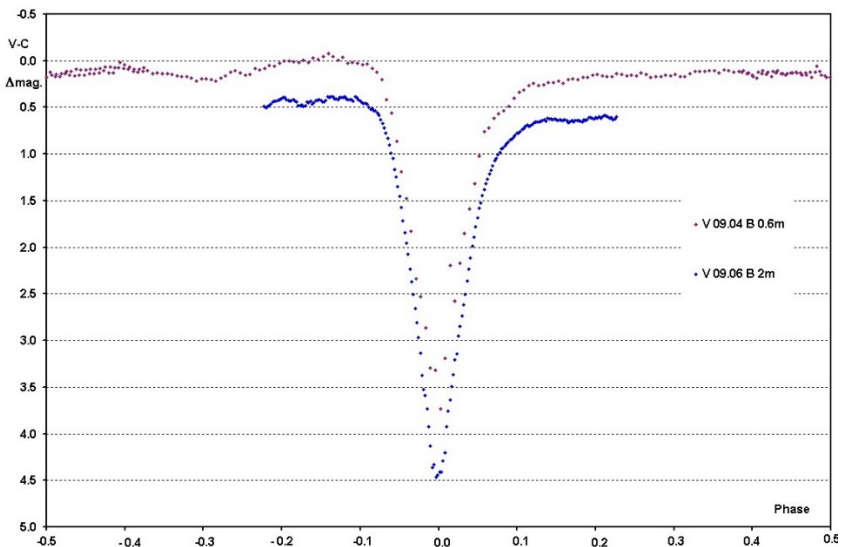


Abb. 7: Rhozen LKs im B-Bereich. Zur Verdeutlichung ist die LK vom 2 m um 0,5 mag versetzt.

Parallel dazu habe ich es mir nicht nehmen lassen, den Stern zu verfolgen in der stillen Hoffnung, dass das System vielleicht einen der bei anderen Arten von Kataklysmischen üblichen, plötzlichen u.U. mehrere Magnituden betragenden Ausbruch zeigen könnte. Ich wurde zwar enttäuscht, aber so etwas wurde bei den Sternen dieser Gruppe in dieser Heftigkeit bislang auch noch nicht beobachtet.

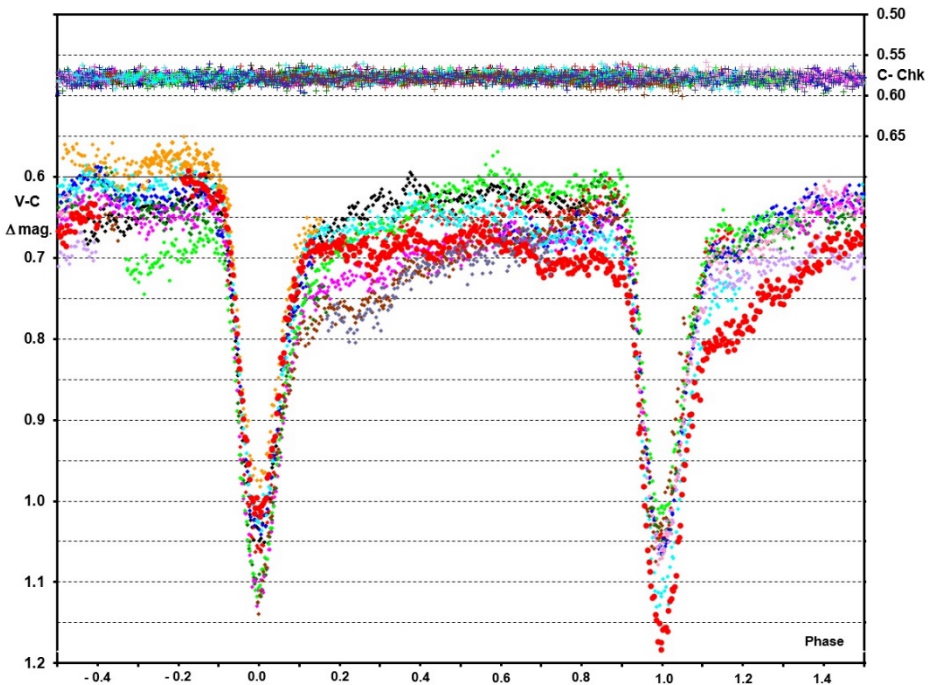


Abb. 8: Im oberen Teil dieses Überblicks über die 2013er-Messungen sind die relativen Messwerte des Vergleichs- zu einem der Kontrollsterne eingezeichnet. Die Streuung über die gesamte Beobachtungszeit beträgt  $\pm 0,015$  mag. Dies ist bei den oft unsteten Himmelsbedingungen am Standort und für ein 25 cm Teleskop ein sehr befriedigender Wert.

Immerhin konnte ich dem Beobacherteam melden, dass die Gesamthelligkeit des Systems im Vergleich zu den Vorjahren insgesamt deutlich abgenommen hat. Die Schultern der LKs erreichen nun im Vergleich zu Abb. 4 überwiegend kaum die Höhe der durchgezogenen 0,6-mag-Linie. Ansonsten zeigen sich die bekannten Erscheinungen bis auf die letzte in der Saison gewonnene LK vom 31.10.. Diese zeigt einen ungewöhnlich großen Unterschied in der Tiefe zweier aufeinander folgender Minima (Abb. 8, hervorgehoben). Hier zwar nur um ca. 0,35 mag, aber umgerechnet auf den alleinstehenden Stern, dürfte der Unterschied um die 1,5 mag betragen und das in einem Abstand von 5,5 h. Der Vergleich mit den LKs anderer SW-Sex-Sterne zeigt, dass dieses System in Punkto Tiefe der Bedeckungen und sonstiger „Aktivität“ diesen in nichts nachsteht.

Nach Abschluss der Beobachtungen ging es nun darum, aus den vorhandenen Daten und nach der gleichen Methode wie beim oben erwähnten Stern in der Kassiopeia, ein vollständiges Bild dieses Systems zu entwerfen. Die Federführung lag diesmal bei



Frau Kjurkchieva, die mich sogleich bat, alle meine Daten zu übermitteln. Diese Daten, die Dreifarbenphotometrie und die ausgewerteten Spektren von Rhozen gingen zunächst nach Moskau zu Frau Khruzina, die wiederum die Modellierung als den kniffligsten Teil der Auswertung übernahm.

Überraschend schnell erhielt ich -in Russisch- einen umfangreichen Entwurf des geplanten Artikels. Für mich nicht sehr erhellend, aber sehr zu meiner Freude mit vielen der oben gezeigten Abbildungen. Dies konnte nicht das letzte Wort sein, denn Kürzungen erschienen unumgänglich. Nach einer umfangreichen Korrespondenz zwischen allen Beteiligten und zwei Vorentwürfen konnte schließlich die Arbeit der Zeitschrift *Astronomy & Astrophysics* vorgelegt werden.

Die Mühlen des Gegenlesens mahlen langsam, aber unerbittlich. So wurde ich z. B. gebeten, mein Vorgehen bei der Photometrie in allen Einzelheiten zu erläutern. Dies schien den Gegenleser zufrieden zu stellen, auch wenn der Abschnitt den notwendigen Kürzungen zum Opfer fiel. Anfang dieses Jahres erhielt ich eine endgültige Version und schließlich die kürzest mögliche, aber erlösende Nachricht „accepted“. Der Artikel wurde angenommen, aber wann er erscheint steht wohl „in den Sternen“.

### Der nun enträtselte Veränderliche

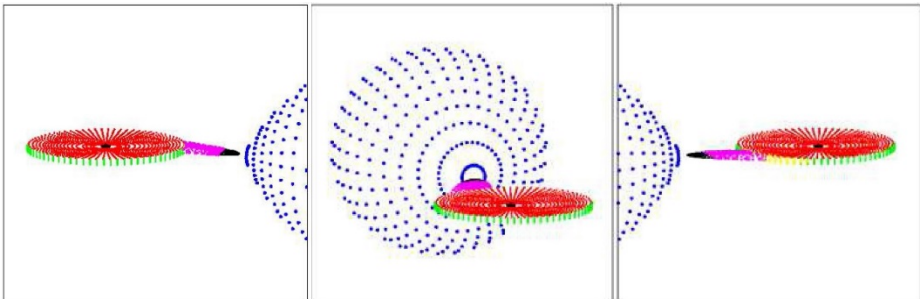


Abb. 9: 3 D Darstellung des Systems bei Phase 0,20 (links), 0,54 (Mitte) und 0,80 (rechts).

Dank Astro-ph, ist die Studie unter [5] dennoch zugänglich. In Anlehnung an die Schlussfolgerungen am Ende des Artikels, hier stichpunktartig einige der kennzeichnenden Merkmale des Systems:

1. Die ungewöhnliche Tiefe der Minima wird durch die Bedeckung einer heißen Akkretionsscheibe verursacht, dessen Helligkeit bei weitem die des akkretierenden Weißen Zwergs und die des akkretierten Roten Zwergs übertrifft.
2. Im Vergleich zum Roten Zwerg ist der Radius der Scheibe klein und die Bedeckung total. Der äußere Rand der Scheibe ist relativ dünn (Abb. 9).
3. Mit ca. 38.000 bis 41.000 °K ist die Temperatur der Scheibe ungewöhnlich hoch. Dies ist kennzeichnend für einen im Ausbruch befindlichen Kataklysmischen. Mit der damit einhergehenden hohen Akkretionsrate befindet sich das System gewissermaßen im ständigen Ausbruch.
4. Die sekundäre Komponente ist ein Roter Zwerg der Spektralklasse M.

5. In der Zone des Übergangs der Materie vom Roten Zwerg zur Akkretionsscheibe wurde eine ungleiche Helligkeitsverteilung zwischen dessen Vorder- und Rückseite festgestellt. Dies könnte ein Anzeichen für einen unsteady Materiefluss sein.

6. Im Spektrum sind drei Wasserstoffemissionslinien vorhanden, deren Profil keine Verdopplung erkennen lässt. Diese Linien zeigen einen für SW-Sex-Sterne charakteristischen S-förmigen Verlauf der Dopplerverschiebungen. Genau zum Zeitpunkt des Minimums nimmt die Intensität plötzlich stark zu bei gleichzeitiger Verschiebung zu kürzeren Wellenlängen hin.

Am Ende des Artikels werden Folgebeobachtungen im UV- und im Röntgenbereich empfohlen. Aber auch für die Amateurbearbeitung ergibt sich ein lohnendes Ziel:

Die Verlagerung der Materie vom Roten Zwerg zur Akkretionsscheibe und letztlich zum Weißen Zwerg hin verbunden mit dem Masseverlust des seine Roche-Grenze ausfüllenden Roten Zwerges muss einen Einfluss auf die Umlaufperiode haben. Fraglich ist, in welche Richtung und in welchem Zeitraum eine Veränderung feststellbar sein wird. Im (B-R)-Diagramm (Abb. 10) lässt sich zurzeit noch kein klarer Trend erkennen. Einige Argumente werden angeführt, die dafür sprechen, dass es letztendlich zu einer Verkürzung kommen wird. Man wird sehen...

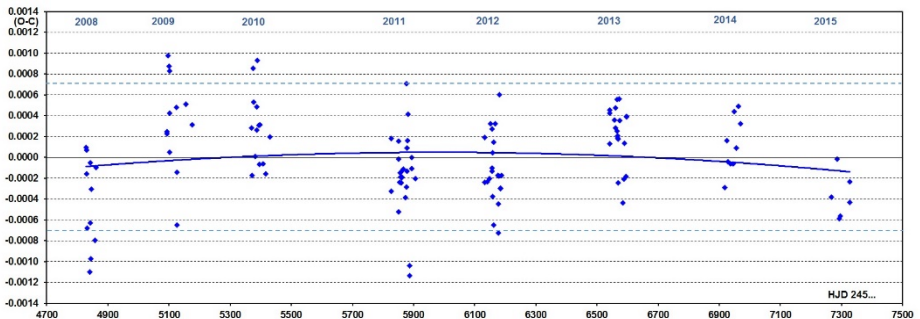


Abb. 10: Der vorläufig letzte Stand der Überwachung der Periode mit 118 registrierten Minima. Die auf +/- 1 Min. geschätzte Unsicherheit bei deren Bestimmung ist gestrichelt eingezeichnet.

## Literatur:

[1] Gröbel, R., <http://bav-astro.eu/rb/rb2009-2/80.pdf>

[2] Gröbel, R., BD +59°2602, ein ungewöhnlicher Veränderlicher, RB 1992,1, S.19

[3] H $\alpha$  emission line sources from IPHAS (Witham+, 2008), IPHAS DR2 Source Catalogue (Barentsen+, 2014), <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=II/321>

[4] Khruzina, T. et al., The SW Sex-type star 2MASS J01074282+4845188: an unusual bright accretion disk with non-steady emission and a hot white dwarf, <http://arxiv.org/abs/1303.1675>

[5] Kjurkchieva, D. et al., 2MASSJ22560844+5954299: the newly discovered cataclysmic star with the deepest eclipse, <http://arxiv.org/abs/1510.04094>

Empfehlenswert: <https://de.wikipedia.org/wiki/SW-Sextantis-Stern>

Rainer Gröbel, Blütenstr. 19, 90542 Eckental, 09126 9701, [rainer.groebel@tzboo.de](mailto:rainer.groebel@tzboo.de)