

## HD 94111: ein $\alpha$ 2-CVn-Veränderlicher mit Antiphasenvariation

Klaus Bernhard und Stefan Hümmerich

**Abstract:** *Using multicolour time series photometry from the Bochum Survey of the Southern Galactic Disk (GDS), we have identified antiphase variations between the U light curve and the V, r' and i' light curves of the magnetic, chemically peculiar (Ap) star HD 94111. Further photometric and spectroscopic time series observations are encouraged.*

$\alpha$ 2-CVn-Veränderliche (ACV) sind chemisch peculiäre Sterne, für die eine wichtige Voraussetzung das Vorhandensein einer radiativen Außenzone in Verbindung mit langsamer Rotation ist. Wie in theoretischen Berechnungen nachvollzogen werden kann, müssen Objekte mit radiativen Außenzonen etwas heißer und massereicher als unsere Sonne (Spektralklasse B bis F) sein. Das heiße Ende wird durch starke Sternwinde und das kühle Ende durch das Einsetzen von signifikanter Konvektion in der Sternatmosphäre definiert.

Wenn bei derartigen Sternen zusätzlich starke Magnetfelder vorhanden sind, kann eine oberflächlich ungleichmäßig starke Konzentration der peculiären Elemente wie Helium, Silizium, Europium, Strontium u.a. auftreten. Diese Anreicherung bewirkt eine optische Variabilität, deren Periode mit der Rotationsperiode übereinstimmt (vgl. Zusammenfassung in Bernhard & Hümmerich, 2015). Diese sog. chemischen Flecken („chemical spots“) sind nicht, wie in der Sonne, durch eine unterschiedliche Temperatur zur Umgebung definiert, also keine Sternflecken im klassischen Sinne.

Die beobachtete photometrische Veränderlichkeit entsteht nach heutiger Auffassung durch eine spektrale Umverteilung des Flusses in den mit peculiären Elementen angereicherten Flecken. Dies bedeutet, dass – abhängig von dem jeweiligen chemischen Element – spezifische kurzwellige Strahlung (insbesondere im UV-Bereich) absorbiert und bei längeren Wellenlängen reemittiert wird (siehe z.B. Molnar, 1973; Krtićka et al., 2013; Krtićka et al., 2015). Es existiert ein Wellenlängenbereich dazwischen, in dem der Fluss über die Rotationsperiode quasi unverändert bleibt (die sog. „null wavelength“; Molnar, 1973).

Im Gegensatz zu fast allen anderen Veränderlichkeitstypen ist es daher bei  $\alpha$ 2-CVn-Veränderlichen möglich, dass z.B. im U- oder B-Band zu einer gewissen Zeit ein Minimum auftritt, aber zur selben Zeit ein Maximum im V-, R- und I-Band beobachtet wird. Dieses sehr interessante Verhalten wird als Antiphasenvariation bezeichnet.

Ein schönes Beispiel für eine (B-V)-Antiphasenvariation liefert der von Gröbel et al. (2017) im Detail untersuchte HD 240121, ein ACV-Veränderlicher mit Siliziumüberhäufigkeit und einer Periode von 2.0232 d. Die Lichtkurven im B-Band (Amplitude: 0.08 mag) und V-Band (Amplitude: 0.04 mag) zeigen bei einem Phasenunterschied von 0.5 praktisch perfekte Antiphasenvariation. Dies impliziert die Existenz einer „null wavelength“ im optischen Bereich, was selten beobachtet wird.

Leider nehmen viele der üblichen Surveys (z.B. SuperWASP, NSVS) i.d.R. Daten in einem einzigen Spektralband auf, sodass mögliche Antiphasenvariationen auf diese Weise nicht untersucht werden können. Alternativ wären umfangreiche Beobachtungen mit eigenen Teleskopen in verschiedenen Spektralbändern denkbar, wobei eine größere Anzahl an kompletten Lichtkurven in mehreren Filtern gefordert sind – ein beträchtlicher Aufwand. Bei Beobachtungen im U-Band ergibt sich zusätzlich das Problem, dass eigene und oftmals nicht sehr gebräuchliche U-Filter bzw. unter Umständen auch besonders für diesen Spektralbereich empfindliche CCD-Kameras erforderlich sind.

Erfreulicherweise wurden im Rahmen des *Bochum Survey of the Southern Galactic Disk* (GDS; Haas et al., 2012; Hackstein et al., 2015), den wir im Rundbrief 2016/2 genauer beschrieben hatten (Hümmerich & Bernhard, 2016), weitere Chancen für die Suche nach Antiphasenvariationen in ACV-Veränderlichen eröffnet.

Im Rahmen des GDS der Universitätssternwarte Bochum wird ein 6 Grad breiter Streifen entlang der galaktischen Ebene beobachtet. Als Instrument kommt ein robotisches 15-cm-Zwillingsteleskop zum Einsatz, das nahe des Bergs Cerro Armazones in Chile installiert wurde. Diese Konstruktion erlaubt die simultane Aufnahme in den Sloan-Filtern  $r'$  und  $i'$ . Im weiteren Verlauf wurden auch noch alle Himmelsfelder mindestens einmal in Johnson U, B, V und Sloan  $z'$  aufgenommen (Hackstein et al., 2015). Die letzteren Daten sind nur teilweise öffentlich zugänglich und wurden uns dankenswerterweise von Moritz Hackstein auf Anfrage übermittelt.

Die Reduzierung dieser Datensätze mit den von uns in früheren Arbeiten bereits in der ASAS-Datenbank entdeckten Perioden von  $\alpha 2$ -CVn-Veränderlichen (Bernhard et al., 2015; Hümmerich et al., 2016) führte schon nach kurzer Suche zu einem Treffer.

**HD 94111** (RA 10 50 46.05, DEC -55 55 43.8, J2000.0) ist ein  $\alpha 2$ -CVn-Veränderlicher mit Spektraltyp A2, Überhäufigkeiten von Chrom, Strontium und Europium, und einer Periode von 1.22088(3) d (Bernhard et al., 2015).

Unter Berücksichtigung der GDS-Daten, womit nunmehr eine Zeitspanne von JD 2451885-2457533 umfasst wird, konnte die Ephemeride innerhalb des ursprünglichen Fehlerbereichs verfeinert werden:

$$(1) \text{HJD}(\text{Max}) = 2453129.73(4) + 1.22085(1) * E$$

Die mit der obigen Periode reduzierte ASAS V und GDS U, V,  $r'$ ,  $i'$  Photometrie ist in Abbildung 1 dargestellt. Ganz augenscheinlich ist zu sehen, dass sich die Helligkeit des Sterns im U-Band, in dem die Lichtschwankungen die größte Amplitude aufweisen, eindeutig in Antiphasen zu den anderen Bändern befindet. Offensichtlich wird Energie im U Band absorbiert und bei längere Wellenlängen (V,  $r'$ ,  $i'$  Band) reemittiert, wodurch die beobachtete Antiphasenvariation zustandekommt.

Weitere Untersuchungen von HD 94111 werden angeregt, um eine bessere Phasenabdeckung in den einzelnen Spektralbänder zu erreichen und – in Verbindung mit detaillierter Spektroskopie – die chemische Zusammensetzung der Flecken sowie

die Umverteilung an Lichtenergie genauer zu charakterisieren. Interessant wäre insbesondere die Beobachtung mit schmalbandigen Filtern, wie z.B. dem Strömgren System.

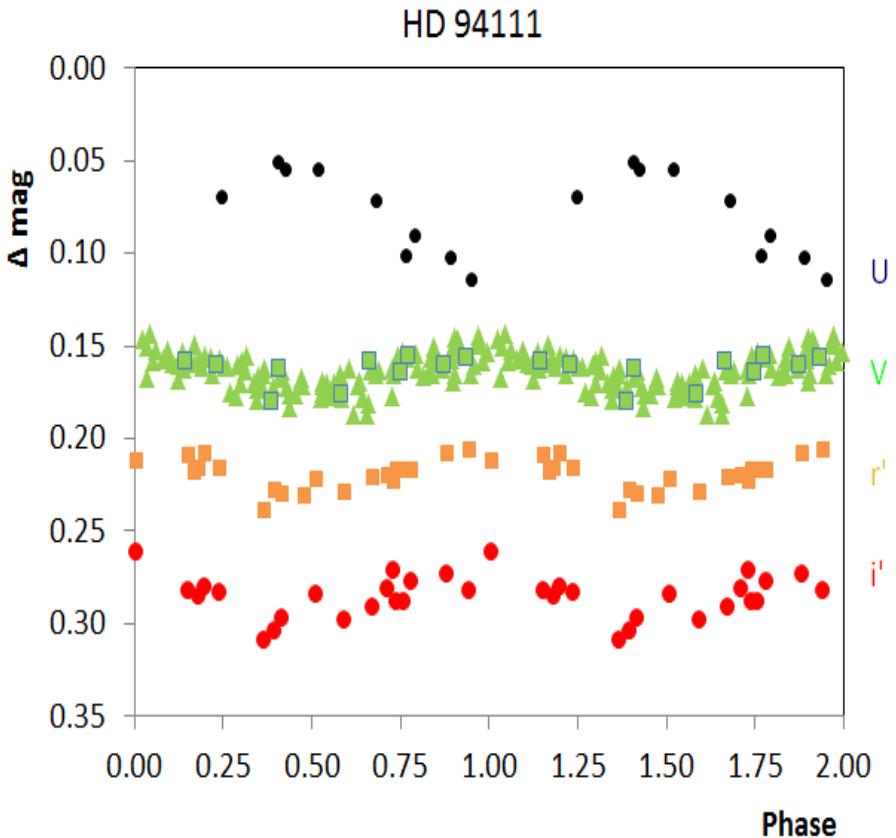


Abbildung 1: Mit der Ephemeride (1) reduzierte GDS U, V,  $r'$ ,  $i'$  und ASAS V Photometrie von HD 94111. (Für die Darstellung der ASAS-Daten wurden je 5 Datenpunkte gemittelt. GDS V Daten sind als Quadrate, ASAS V Daten als Dreiecke dargestellt.)

## Referenzen:

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

Bernhard, K.; Hümmerich, S., 2016, BAV Rundbrief 3/2016, 15  
<http://www.bav-astro.eu/rb/rb2016-3/15.pdf>

Hümmerich, S.; Bernhard, K., 2016, BAV Rundbrief 2/2016, 42  
<https://www.bav-astro.eu/rb/rb2016-2/42.pdf>

Hümmerich, S.; Paunzen, E.; Bernhard, K., 2016, AJ, 152, 104  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016AJ....152..104H>

Gröbel, R.; Hümmerich, S.; Paunzen, E.; Bernhard, K., 2017, NewA, 50, 104  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2017NewA...50..104G>

Haas, M.; Hackstein, M.; Ramolla, M.; Drass, H., et al., 2012, AN, 333, 706  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2012AN....333..706H>

Hackstein, M.; Fein, Ch.; Haas, M.; Ramolla, M., et al., 2015, AN, 336, 590  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015AN....336..590H>

Krtička, J.; Janík, J.; Marková, H.; Mikulášek, Z., et al., 2013, A&A, 556  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2013A%26A...556A..18K>

Krtička, J., Mikulášek, Z., Lüftinger, T., Jagelka, M., 2015, A&A, 576A, 82  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015A%26A...576A..82K>

Molnar, M. R., 1973, ApJ, 179, 527  
<http://adsabs.harvard.edu/abs/1973ApJ...179..527M>

**Danksagung:** Wir danken Moritz Hackstein (Ruhr-Universität, Bochum) herzlich für die Bereitstellung der GDS Daten, und Ernst Paunzen (Masaryk-Universität, Brünn, CZE) für die Durchsicht des Manuskripts. Für diese Arbeit wurden zudem ASAS Photometrie und die Datenbank VIZIER benutzt.

Klaus Bernhard  
A-4030 Linz  
[Klaus.Bernhard@liwest.at](mailto:Klaus.Bernhard@liwest.at)

Stefan Hümmerich  
D-56338 Braubach  
[ernham@rz-online.de](mailto:ernham@rz-online.de)