

# Ein variabler Stern im Umfeld des Kugelsternhaufens Omega Centauri

Bernd Ehret und Michael Geffert

**Abstract:** *From Omega Centauri 31 photographic B-plates taken at Boydon observatory in 1962 were analysed. During the analysis of about 6000 stars, we found a variable star with unusual features. The presented features are based on the evaluation and comparison with data of the Catalina Sky Survey (CSS, Drake et al 2017) and the All Sky Automated Survey (ASAS, Pojmanski, G., 2004).*

## Einleitung

Auf Grundlage der Fotoplattensammlung des Argelander-Instituts für Astronomie der Universität Bonn wurden auf Aufnahmen aus dem Jahre 1962 Sterne untersucht, die in aktuelleren Untersuchungskampagnen wie CSS und ASAS enthalten sind. Von den Aufnahmen des Kugelsternhaufens Omega Centauri des Boyden Observatoriums in Südafrika erfolgte die Auswertung von 31 B-Platten aus dem Zeitraum 07. Mai bis 22. Juni 1962 (Geffert et. al. 2017). In dieser Arbeit werden die Lichtkurven und Perioden eines Sterns mit außergewöhnlichem Helligkeitsverhalten aus den Daten dreier Beobertungskampagnen ausgewertet und verglichen.

Im Informationssystem SIMBAD ist unser Untersuchungsobjekt nicht enthalten. Angaben zum Stern finden sich u. a. in den Daten des Catalina Sky Survey (CSS) und des All Sky Automated Survey (ASAS). Im Vergleich unserer Untersuchungsergebnisse mit den Daten von CSS und ASAS zeigen sich Unterschiede und Besonderheiten hinsichtlich der Periodizität der Helligkeitsänderungen.

## Bearbeitung der Fotoplattendaten

Die Bearbeitung der Beobachtungen erfolgte in 4 Schritten:

- Scannen der Fotoplatten mit einem Durchlichtscanner in vier Lagen
- Photometrische Auswertung mit ASTROART 4.0
- Bestimmung Sphärischer Koordinaten, Einzelhelligkeiten, mittlere Helligkeiten ( $B_{mit}$ ) und der Helligkeitsstreuung ( $\sigma_B$ ) für jeden Stern mittels eigener Software und dem Katalog UCAC4 (Zacharias et al. 2013)
- Periodensuche mit PerSea (Maciejewski, G., Niedzielski, A., 2005, Maciejewski, G. 2017)

Bei der Periodensuche haben wir darauf geachtet, dass im Periodogramm eine bevorzugte Periode und im Phasendiagramm eine eindeutige Lichtkurve zu erkennen sind. Die mittleren Abweichungen der B-Helligkeiten vom UCAC4 (APASS) Katalog betragen  $\sigma_B = 0.13$  mag für mehr als 3000 Sterne. Über das  $\sigma_B/B_{mit}$  - Diagramm wurden Anwärter für veränderliche Sterne mit sehr großer Helligkeitsstreuung herausgesucht, darunter der Stern UCAC4 210-075140.

## Vergleich der Helligkeiten des Sterns in drei Beobachtungsdatensätzen

Die Untersuchung des Sterns und der Vergleich der Auswertung dreier Datensätze wurden vor allem hinsichtlich der Variation der Helligkeiten und der Helligkeitsperioden durchgeführt. Eine Übersicht zu den untersuchten Datensätzen ist in Tabelle 1 aufgeführt. Diese werden nachfolgend im Einzelnen diskutiert.



Abb. 1: Lage des Sterns zu Omega Centauri (Pfeil), Aladin im GSC 2.2

Survey	Boyden	ASAS	CSS	
Zeitraum	07.05.1962 bis 22.06.1962	15.05.2014 bis 29.01.2018/8.5.1 8	05.08.2005 bis 09.04.2013	
Analyse	PerSea	PerSea	Drake et al.	PerSea
Parameter	Periode, Helligkeit	Periode, Helligkeit	Periode, Helligkeit	Periode, Helligkeit

Tab.1: Datengrundlage aus 3 Beobachtungskampagnen

### Catalina Sky Survey (CSS)

In Drake et al. 2017 wurden die Daten aus 6 Jahren optischer Photometrie der Siding Spring Survey (SSS,  $-20^\circ < \delta < -75^\circ$ ) mit Hilfe automatischer statistischer Lernverfahren zur Stern-Klassifikation ausgewertet. Die SSS ist das an CSS angeschlossene und integrierte südliche Gegenstück.

Zur Klassifikation benutzten Drake et al. die Lernmethode der multivariaten Kerndichteschätzung (Scott 2015) auf Grundlage des CSS-N ( $\delta > -20^\circ$ ) Datensatzes (Drake et al. 2014). Ausgegangen wird hierbei von ähnlichen Merkmalen bekannter und unbekannter Untersuchungsobjekte (hier Sterne) und deren Vergleich mittels eines Lernverfahrens. Da man periodisch variable Sterntypen verlässlich in Gruppen mit klar definierten Periodenbereichen trennen kann, ist der stärkste Diskriminator für einen gegebenen Variabilitätstyp die Periode. Als Merkmale für die Klassifikation wählte man deshalb die Periode (P) sowie die Farbe und weitere 5 Merkmale. Die größte Klasse variabler Kandidaten in den CSS-Daten sind jene ohne eine eindeutige

Periode. Wenn das Signal-Rausch Verhältnis klein ist, ist die automatische Klassifikation nicht eindeutig. Bei Drake et al. 2017 wurde eine niedrige Schranke für Variabilität und Periodizität gewählt, um die Vollständigkeit der Detektion zu maximieren. Weiterhin wird auf die Bedeutung der visuellen Untersuchung in Fällen hingewiesen, wo die automatische Klassifikation nicht eindeutig ist. Das heißt im Umkehrschluss für uns, dass eine eingehende Periodenanalyse in solchen Fällen sinnvoll ist und die Mehrdeutigkeit einschränken kann. In Drake et al. 2017 wurde für unseren Stern eine Periode von 0.31845 Tagen berechnet und der kombinierten Gruppe Kontaktsysteme plus halbgetrennte Systeme zugeordnet.

Die CSS-Daten haben wir ebenfalls untersucht. In Abb. 1 sind die Helligkeitswerte des Sterns über den gesamten Beobachtungszeitraum dargestellt. Messwerte mit deutlichen Abweichungen wurden nicht berücksichtigt.

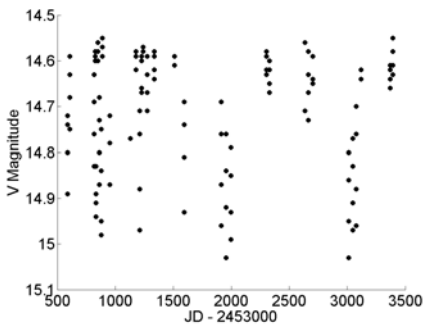


Abb. 1: Lichtkurve CSS

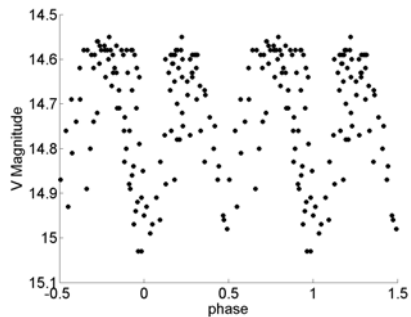


Abb.2: Phasendiagramm

Zunächst wurde das Phasendiagramm in Abb. 2 für alle Beobachtungswerte bestimmt. Hier sind Sprünge in der Phasenlage ersichtlich. Eine Analyse der Daten in kürzeren Zeitabschnitten lag deshalb nahe. Die Daten lassen sich grob in 9 Zeitabschnitte unterteilen. Es erfolgte die Zusammenfassung der Zeitabschnitte in Drittel sowie eine Halbierung der Gesamtzeit. Für die angegebenen Zeitabschnitte haben wir mit dem Periodensuchprogramm PerSea die Perioden bestimmt (Tab. 2).

Zeitabschnitt	Datenpunkte	Zeitraum [d]	Periode [d]
1-3	65	748,918	0.189480
4-6	28	818,896	0.189480
7-9	32	756,943	0.189473
1-4	73	1007,097	0.189476
5-9	52	1478,947	0.189476
1-9	125	2804,144	0.189478

Tab.2: Perioden in Zeitabschnitten der CSS-Daten des Sterns UCAC4 210-075140

## All Sky Automated Survey (ASAS)

In den ASAS-Daten ist der Stern ebenfalls verzeichnet (ID132023-4802.7). Hier fanden wir im ASAS All Star Catalogue bei einem Suchradius von 5 Bogensekunden das Objekt mit  $V_{\text{mag}}=15.748$  und 764 Beobachtungen. In Abb. 5 ist die entsprechende Lichtkurve dargestellt und Abb. 6 zeigt die mit PerSea bestimmten Phasenlagen.

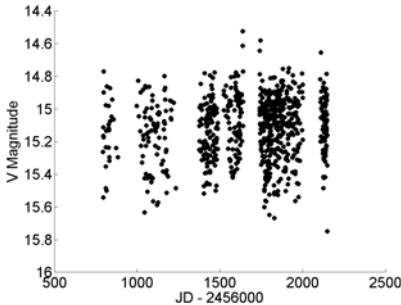


Abb. 5: Lichtkurve von ASAS

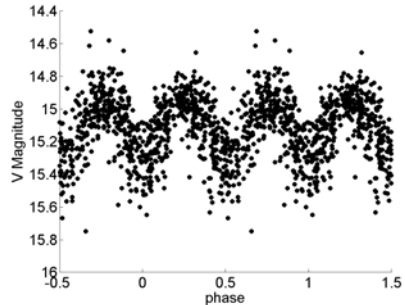


Abb. 6: Phasendiagramm

Hier wurden ebenfalls die Helligkeitsperioden einzelner deutlich abgrenzbarer 6 Zeitbereiche untersucht. Die Periode aus den ASAS-Daten ergab 0.189477 d und stimmt mit der Periode der CSS-Daten überein. Die Einzelperioden unterschieden sich hier allerdings in 4 von 6 Abschnitten von der Periode der Gesamtdaten.

Zeitabschnitt	Datenpunkte	Zeitraum [d]	Periode [d]
1	29	90	0.233749
2	87	235	0.189476
3	120	110	0.378931
4	87	116	0.233852
5	357	259	0.189473
6	286	139	0.159289
1-6	966	1453	0.189477

Tab.3: Perioden in Zeitabschnitten der ASAS-Daten des Sterns UCAC4 210-075140

## Fotoplatten des Boyden Observatoriums

Nach der photometrischen Auswertung und Herausfilterung der Sterne mit großen Helligkeitsvariationen wurde ein Stern gefunden, der ein außergewöhnliches Helligkeitsverhalten zeigte. In Abb.7 sind die B-Helligkeiten dargestellt. Die Helligkeiten streuen von 15.7 bis 16.7 was auf einen variablen Stern hinweist.

Mit dem Periodensuchprogramm PerSea konnte keine visuell erkennbare periodische Phasenlage bestimmt werden.

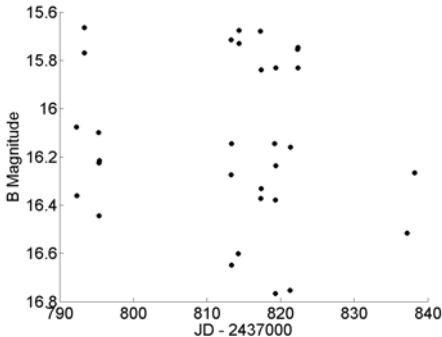


Abb.7: Lichtkurve Stern UCAC4 210-075140 Aufnahme des Boyden Observatorium.

### Zusammenfassung der ermittelten Daten

In Tabelle 4 sind die analysierten Daten der verglichenen Messungen von Boyden, CSS und ASAS zusammengefasst. Die bei Drake et al. 2017 automatisch ermittelte Periode von 0.31845 d konnte von uns nicht bestätigt werden.

	Boyden	ASAS	CSS	
Analyse	PerSea	PerSea	Drake et al. 2017	PerSea
Periode	-	0.189477	0.31845	0.189478
Helligkeit	16.77 Bmag	15.75 Vmag	14.73 Vmag	

Tab.4: Datenvergleich der untersuchten Beobachtungskampagnen

Aus den Daten der Fotoplatten ließ sich eine starke Variabilität, aber keine Periodizität ableiten. Mit den zusammengetragenen Daten und den eigenen Untersuchungen stellt sich die Charakteristik des Sterns UCAC4 210-075140 wie folgt dar:

Es handelt sich hierbei um einen veränderlichen Stern, bei dem wir eine Helligkeitsperiode von 0.18947 d aus den Daten von CSS und ASAS bestimmten. Diese Periode weicht deutlich von der bei Drake et al 2017 automatisch bestimmten Periode mit 0.31845d ab. Außerdem wurden in verschiedenen Beobachtungszeiträumen unterschiedliche Helligkeitsperioden nachgewiesen. Helligkeitsperioden einzelner Zeitbereiche ergaben sich bei den ASAS-Daten 2014-2018 von 0.159289 d bis 0.378931 d. Bei den CSS-Daten 2005-2013 traten hingegen keine Unterschiede zwischen Einzelzeitabschnitten und Gesamtdaten auf. Eine Ursache dieser deutlichen Unterschiede bei ASAS und CSS könnte eine Veränderung des Sterns nach 2013 sein und möglicherweise wieder zu dem nichtperiodischen Helligkeitsverhalten von 1962 führen (Sternphasen). Das sollte sich bei der weiteren Analyse des Sterns in den kommenden Jahren prüfen lassen. Zu berücksichtigen sind außerdem nicht hinreichend genaue Messwerte der ASAS-Daten und Fotoplatten hinsichtlich des Helligkeitslimits der Aufnahmen.

## Klassifizierung des untersuchten Sterns

Aus dem System der Klassifikation von Variablen Sternen im Katalog GCVS lassen sich unserem untersuchten Stern formal nachfolgende Variablentypen zuordnen. Unter Berücksichtigung einer Helligkeitsperiode von (0.1 ... 0.3) Tagen, einer Helligkeitsamplitude von ca. 0.8 ... 1.0 mag und einer Spektralklasse von F bis G kommen gemäß GCVS folgende Variablentypen in Tab.5 in Frage.

Sterntyp	Spektraltyp	Lichtamplitude in mag V	Periode in Tage
DSCT	A0 - F5	0.003 - 0.9	0.01-0.2
RRLyrae	A - F	0.2 – 2	
RRAB		0.5 – 2 asymmetrisch	0.3 – 1.2
RRC (SX UMa)		< 0.8 symmetrisch	0.2 – 0.5
W-UMa	F - G	< 0.8	< 1

Tab. 5: Mögliche Sternklassifikation für den Stern UCAC4 210-075140

Der Sternkatalog AAVSO Photometric All Sky Survey (APASS) gibt für unseren Stern den Farbindex  $B-V=0.70$  an. Nach FitzGerald 1970 kann diesem Farbindex ein Spektraltyp von G5-G8 zugeordnet werden. Bei vorhandener Extinktion könnte der tatsächliche Spektraltyp eher im F-Bereich liegen. Angaben zur Extinktion in der Umgebung von Omega Centauri sind im Gaia-Katalog zu finden. Im Feld von 60 Bogensekunden um den Stern ist eine sehr geringe Extinktion vorhanden. Eine Korrektur des Farbindex ist demzufolge nicht unbedingt plausibel. Auf Grundlage der Charakterisierung der Variablentypen im GCVS ist der Stern nach Helligkeitsperiode, Magnitude, Spektraltyp sowie dem Vorhandensein eines Periodenminimum sowie der beobachteten Periodenänderungen (Percy, J. R.) am ehesten dem Typ Delta-Scuti-Veränderlicher zuzuordnen.

In dieser Untersuchung zeigte sich, dass es große Unterschiede in der Parameterbestimmung von veränderlichen Sternen bei der Auswertung von historischen Fotoplatten und aktuellen CCD-Aufnahmen gibt. Andererseits existieren auch deutliche Unterschiede zwischen neueren Beobachtungskampagnen wie CSS und ASAS, die beispielsweise in unterschiedlich bestimmten Helligkeitsperioden von Einzelsternen auftreten.

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass die Analyse von Sternhelligkeiten und deren Variation aus analogen und digitalen Daten jeweils andere Resultate liefern kann und kritisch untersucht werden muss. Automatisch bestimmte Perioden und Klassifizierungen bei niedrigem Signal-Rausch Verhältnis sollten durch visuelle Untersuchungen und manuelle Periodenanalysen ergänzt werden.

## Literatur

- Geffert et al. 2017, BAV RB 2017-4, S. 143  
Drake A. J. et al., 2014, ApJS, 213, 9 (DR14)  
Drake A.J. et al., 2017, MNRAS 469, 3688und

Scott D. W., 2015, *Multivariate Density Estimation: Theory, Practice, and Visualization*, Wiley, Hoboken, NJ

Zacharias N. et al., 2013, *AJ* 145, 44

FitzGerald, M. P., 1970, *Astron. & Astrophys.*, Vol. 4, S. 234

Maciejewski, G., 2017, *PerSea 2.7 - period search for Windows*

Maciejewski, G. & Niedzielski, A., 2005, *Baltic Astronomy*, 14, 205

Percy, J. R., 2007, *Understanding variable stars*, Cambridge University Press

Pojmanski, G., 2004, *Astron. Notes Vol. 325, No. 6–8*, 553–555

Bernd Ehret  
Hauptstraße 48  
53639 Königswinter  
bernd.ehret@t-online.de

Michael Geffert  
Argelander-Institut für Astronomie  
Auf dem Hügel 71  
53121 Bonn  
geffert@astro.uni-bonn.de