

Variable Sterne im Umfeld des Kugelsternhaufens Omega Centauri

Bernd Ehret und Michael Geffert

Abstract: *Thirty-three photographic V-plates from Omega Centauri taken at Boyden observatory in 1962 were analysed. During the investigation of about 2500 stars, we analyzed 12 variable stars for comparison with new data. The comparison is based on the evaluation with data of the All Sky Automated Survey-SN (ASAS-SN, Jayasinghe et al. 2018).*

Einleitung

Von den Aufnahmen des Kugelsternhaufens Omega Centauri des Boyden Observatoriums (ARMAGH-DUNSINK-HARVARD Teleskop, Abb. 1) in Südafrika erfolgte die Auswertung von 33 V-Platten aus dem Zeitraum 07. Mai bis 22. Juni 1962 (Geffert et. al. 2017). In dieser Arbeit wurden die Lichtkurven und Perioden von 12 Sternen ausgewertet, die im AAVSO als Variable geführt werden (Stand Sommer 2018). Die untersuchten Sterne befinden sich in einem Bereich mit einem Abstand R größer 35 arcmin vom Sternhaufenzentrum und gehören vermutlich nicht zu Omega Centauri. Die Ergebnisse unserer Periodenanalyse werden mit den Daten des All Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN, Shappee et al. 2014 and Kochanek et al. 2017) verglichen.

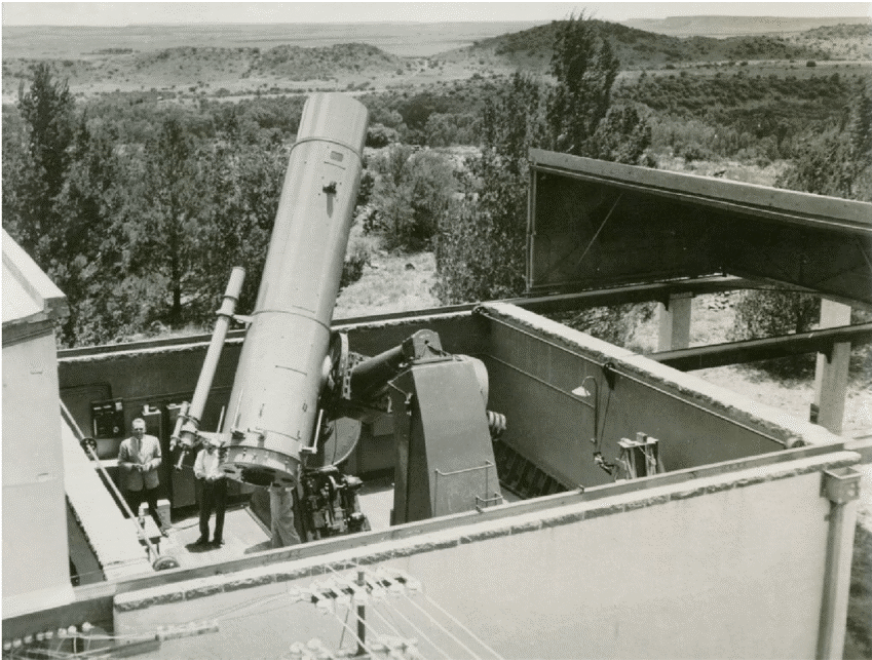


Abb. 1: Das ARMAGH-DUNSINK-HARVARD-Teleskop (C. J. BUTLER 2007)

Bearbeitung der Fotoplattendaten

Die Bearbeitung der Beobachtungen erfolgte in 4 Schritten (Geffert et al. 2017)

-Scannen der Fotoplatten mit einem Durchlichtscanner in vier Lagen

-Photometrische Auswertung mit ASTROART 4.0

-Bestimmung Sphärischer Koordinaten, Einzelhelligkeiten, mittlere Helligkeiten (V_{mit}) und der Helligkeitsstreuung (Standardabweichung σ_V) für jeden Stern mittels eigener Software und dem Katalog UCAC4 (Zacharias et al. 2013)

-Periodensuche mit den Programmen PerSea, PERIOD04, Starcurve

Die Standardabweichungen der V-Helligkeiten vom UCAC4 (APASS) Katalog betragen $\sigma_V = 0.14$ mag pro Fotoplatte für etwa 2500 Sterne.

Vergleich der Helligkeiten

Die Untersuchung der Sterne und der Vergleich der Auswertung zweier Beobachtungsepochen wurden 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.

Messkampagne	Boyden	ASAS-SN
Zeitraum	07.05.1962 bis 22.06.1962	Januar 2001 bis März 2018
Analyse	PerSea, PERIOD04, Starcurve	
Parameter	Periode, Helligkeit	

Tabelle 1: Daten und Analysen aus den Beobachtungskampagnen

Daten Fotoplatten des Boyden-Observatoriums

In Tabelle 2 sind die Helligkeiten aus den Boyden-Aufnahmen zusammengefasst.

Interne Sternnummer	Anzahl Fotoplatten	V_{mit}	σ_V	Mag. Bereich
2677	30	13.20	0.118	12.5 - <17.4 V
3796	20	14.63	0.228	14.28 (0.39) CV
3946	30	13.27	0.143	13.10 - 13.57 V
4092	30	13.25	0.344	13.04 - 13.94 V
5146	30	14.26	0.222	13.87-14.20 V
6317	30	13.16	0.082	12.94-13.32 V
6435	30	12.26	0.069	11.66 (0.79) V
6959	30	13.01	0.060	12.77 (0.11) CV
8056	25	11.40	0.155	9.84 - 9.94 Hp
10997	30	13.43	0.065	13.37 - 13.76 V
11817	22	14.15	0.138	14.33 - 14.84 V

Tabelle 2: Sterne der Boyden Beobachtungen

Daten von AAVSO

Im AAVSO-Katalog/VSX fanden wir bei einem Suchradius von 10 Bogensekunden die in Tab. 3 aufgeführten Sterne.

Darunter befinden sich 3 kurzperiodische und 8 langperiodische Sterne.

AAVSO	Coords (J2000)	Unsere Nummer	Var. type	Period (d)	Mag. range
<u>Wilkens 14</u> ASASSN-V J132648.06-480822.7	13 21 07.23 -47 59 20.8	2677	M	253.4	12.5 - <17.4 V
<u>SSS J132214.6-472420</u> UCAC4 213-078278	132214.49- 472421.6	3796	RRC	0.38358	14.28 (0.39) CV
<u>NGC 5139 V175</u> Wilkens 5	13 22 22.87 - 48 19 04.4	3946	RRC	0.316141	13.10 - 13.57 V
<u>ASASSN-V J132231.45-480829.4</u> 2MASS J13223145-4808293	13 22 31.45 - 48 08 29.4	4092	SR	137	13.04 - 13.94 V
ASASSN-V J132332.98-483408.6 2MASS J13233298-4834085	13 23 32.98 - 48 34 08.5	5146	L	-	13.87-14.20 V
ASASSN-V J132434.91-481427.4 2MASS J13243491-4814273	13 24 34.91 - 48 14 27.4	6317	SR	73.4	12.94-13.32 V
ASAS J132441-4819.0	13 24 40.81 - 48 18 57.8	6435	MISC SR	49.6573	11.66 (0.79) V
ASAS J132453-4759.4 (*)	13 24 52.92 - 47 59 28.7	6717 6737	MISC	76.3	9.023 (0.228) lc
SSS_J132504.7-480213	13 25 04.66 - 48 02 15.2	6959	EW	0.438126	12.77 (0.11) CV
V0966 Cen	13 25 47.83 - 48 14 57.9	8056	RS	1.08875	9.84 - 9.94 Hp
ASASSN-V J132648.06-480822.7	13 26 48.06 - 48 08 22.7	10997	L	-	13.37 - 13.76 V
ASASSN-V J132702.87-483914.5	13 27 02.87 - 48 39 14.5	11817	L	-	14.33 - 14.84 V

Tabelle 3: Sternparameter aus AAVSO

Unter der Position des Boyden Stern 6717 (*) haben wir bei AAVSO innerhalb des Fensters von 10 Bogensekunden zwei Sterne gefunden. Die Helligkeitsvariation wird bei ASAS-SN mit 0.14 mag angegeben. Aus diesem Grund betrachten wir diesen Stern nicht weiter.

Die Analyse und der Vergleich der Boyden- und ASAS-SN-Beobachtungen ergaben die nachfolgenden Charakteristiken in den Helligkeitsvariationen der von uns untersuchten Sterne.

A) Ein Stern mit großen Helligkeitsänderungen

Bei einem Sterne wurden starke Helligkeitsänderungen bis zu 2 Größenklassen im Zeitraum 1962 bis 1991 festgestellt.

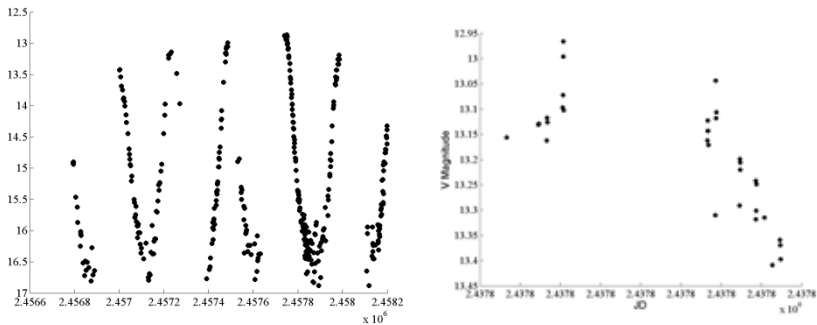
1962: Boyden 8056: $V = 11.5$

1991 V966Cen, Hipparcos 65517: $V = 9.7, \Delta M = 1.8$

Es liegt demzufolge eine Magnitudenerhöhung von 1.8 vor. In den Boyden-Daten sind keine regelmäßigen Helligkeitsvariationen vorhanden.

B) Der Stern Wilkens 14 mit stabilem periodischen Verhalten

Der Stern Wilkens 14 (Boyden 2677) zeigt auf den ersten Blick über 4 Beobachtungsjahre bei ASAS-SN ein stabiles Verhalten mit einer Periode von ca. 250 Tagen. In Abb. 3 und 4 sind die Lichtkurven zu sehen.



Die Daten des Boyden-Observatoriums überdecken nur einen kleinen Teil der gesamten Periode des Sterns.

Abb. 5 enthält das Phasendiagramm der zusammengesetzten Daten aus Boyden und ASAS-SN, das die gute Übereinstimmung beider Datensätze mit kleinen Phasenverschiebungen zeigt.

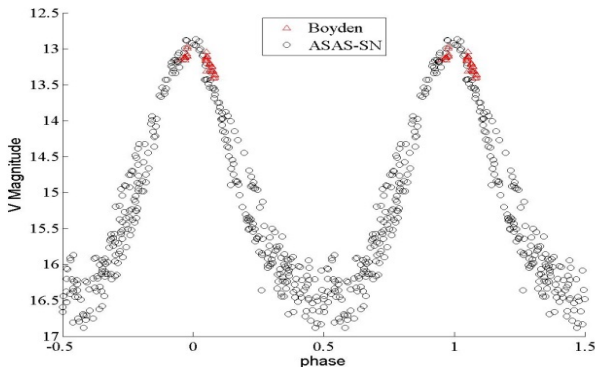


Abb. 5: Phasendiagramm 2677, ASAS- und Boyden-Daten, $P=252.52$ d

Zur Sicherung der Plausibilität der Periodenbestimmung wurden drei Analyseprogramme PerSea, Period04 und Starcurve eingesetzt. Die damit ermittelten Perioden zeigt Tabelle 5.

Beobachtung	Programm	Periode [Tage]
ASAS + Boyden	Persea	252.52
	Period 04	252.21
	Starcurve	252.20

Tabelle 3: Vergleich der Periodenberechnung für Stern 2677

Die Periodenbestimmung in Tabelle 5 ergibt, dass die Ergebnisse bei Berücksichtigung beider Beobachtungsepochen konvergieren. Ohne die Boyden-Daten ist ebenfalls eine hinreichende Übereinstimmung vorhanden, jedoch mit einer Periode von 249 Tagen.

Die Verschiebung der Boyden-Daten um ganzzahlige Vielfache der Periode müsste zur Deckung mit den ASAS-Daten führen. Das wurde dahingehend überprüft. In Abb. 6 ist diese Verschiebung der Boyden-Daten beispielhaft um 76- bis 80-mal der Periode von 252.52 Tagen dargestellt. Hierin zeigt sich zum einen die korrekte Periodenbestimmung und zum anderen die Stabilität der Periode über den betrachteten Zeitraum.

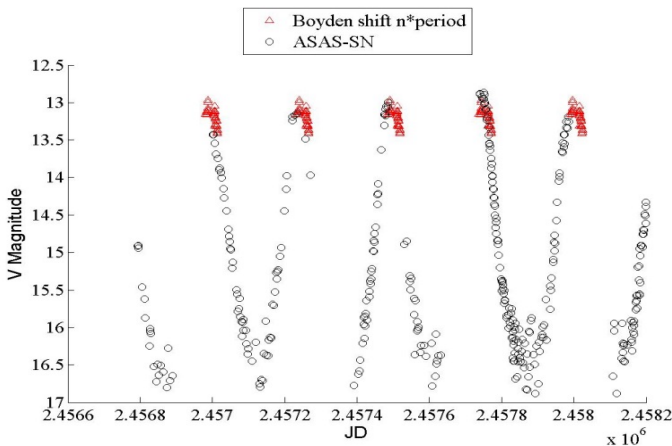


Abb. 6: Verschiebung der Boyden-Daten um je $n \cdot \text{Perioden}$, $n=76 \dots 80$

C) Variable Sterne mit Periodenänderungen in Zeitabschnitten

Zwei Sterne zeigen in einzelnen Zeitabschnitten regelmäßiges periodisches Verhalten.

UCAC2 10868039, 11817, $T_{\text{eff}} = 3594\text{K}$, roter Stern, $B - V = 1.52$, $P = 50\text{d} \dots 60\text{d}$

UCAC2 11095606, 4092, $T_{\text{eff}} = 3298\text{K}$, roter Stern, 5 Perioden

Die Perioden des Sterns 4092 variieren von 66 bis 119 Tagen. In Tab. 6 sind die

einzelnen Abschnitts-Perioden aufgelistet. Der Periodenmittelwert beträgt 95.4 Tage und die Streuung 23 Tage.

Zeitabschnitt	Per 4092
1	119
2	66
3	78
4	115
5	99

Tabelle 4: Perioden einzelner Zeitabschnitte des Sterns 4092

Die Variabilität der Sternhelligkeit mit unterschiedlichen Perioden in einzelnen Zeitabschnitten charakterisiert ein quasiperiodisches Verhalten, Dabei ist die Länge der Perioden verschieden und ändert sich anscheinend sprunghaft.

In den folgenden Abbildungen sind die Lichtkurve (Abb. 7) mit 5 deutlich unterscheidbaren Beobachtungsabschnitten sowie zur Illustration die Phasendiagramme der gesamten Lichtkurve (Abb. 8) und des 5. Beobachtungsabschnittes (Abb. 9) dargestellt. Im Gesamt-Phasendiagramm der Abb.8 sind bereits mehrere Helligkeitsperioden erkennbar.

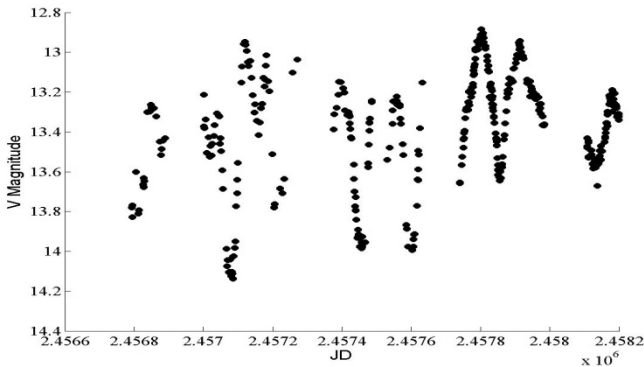


Abb.7: Lichtkurve des Sterns 4092 aus ASAS-SN

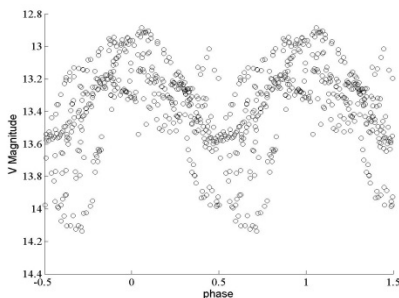


Abb.8: Phasendiagramm 4092 gesamt

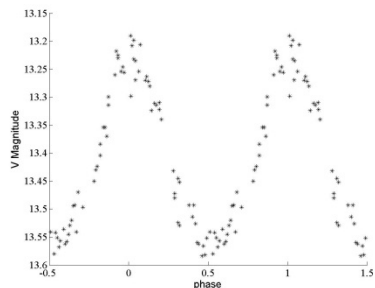


Abb.9: Phasendiagramm 5. Abschnitt

D) Langperiodische variable Sterne

Bei den langperiodischen Sternen 4092, 5146, 6317, 6717, 10997, 11817 zeigen die Boyden-Daten kleine Ausschnitte über einen Zeitraum von etwa 34 Tagen. In diesen verkürzten Lichtkurven ist lediglich eine Zu- oder Abnahme der Helligkeit zu verzeichnen.

E) Messungen am kurzperiodischen Stern Wilkens 5

Der Stern Wilkens 5 (Boyden 3946) zeigt im Vergleich der Helligkeitsperioden zwischen ASAS-SN und Boyden einen deutlichen Unterschied, wobei die Boyden-Periode rund 25% geringer ist (Tab. 7).

Periode rund 25% geringer ist (Tab. 7).

Programm	ASAS-SN	Boyden	ASAS-SN+Boyden
Persea	0.316167	0.24021	0.316189

Tab. 7: Perioden in V des Sterns Wilkens 5 aus ASAS-SN und Boyden

In den Boyden-Daten besteht eine deutliche Diskrepanz zwischen den Perioden in V mit rund 0.24 Tagen und den Perioden in B mit rund 0.31 Tagen. Die Perioden aus ASAS-SN stimmen mit denen aus den B-Helligkeiten überein. Die ermittelten Periodenwerte sind insgesamt gesehen in sich nicht konsistent.

Die Abweichungen in den Perioden könnten u. a. auch durch die zeitliche Verteilung der Messdaten und durch die geringe Anzahl der Beobachtungen verursacht werden. Bei den Boyden-Beobachtungen wurden meist in aufeinander folgenden Nächten jeweils 3 bis 4 Aufnahmen im Abstand von etwa 40 min belichtet. Aus den ASAS-SN Daten lassen sich Aufnahmeintervalle zwischen ein bis fünf Tagen entnehmen.

F) Stern 1912, UCAC4 210-075140

Für den variablen Stern 1912 (UCAC4 210-075140, Ehret & Geffert 2018) wurde die V-Lichtkurve in Abb. 11 gefunden. Im Vergleich zu den B-Helligkeiten, die ein unregelmäßiges Verhalten zeigten, ist in den V-Helligkeiten ein periodisches Verhalten erkennbar (Abb.12). Die Helligkeiten streuen in V von 15.0 bis 15.5, in B von 15.7 bis 16.7.

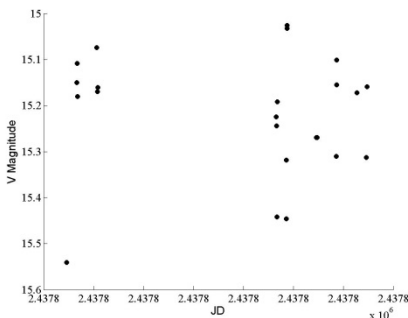


Abb. 11: Lichtkurve von Stern 1912 Boyden

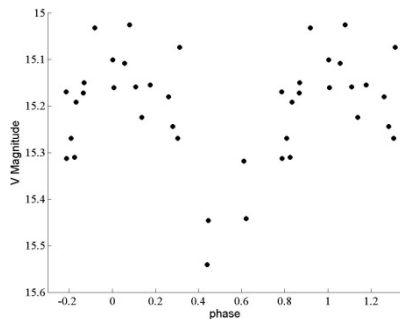


Abb. 12: Phasend. von 1912 Boyden

Mit den Periodensuchprogrammen wurden die V-Perioden in Tab. 8 bestimmt.

Programm	ASAS-SN	Boyden	ASAS-SN + Boyden
Persea	0.189476	0.159415	0.159425
Period04	0.189474	0.159317	0.1894758
Starcurve	0.189475	0.2383	0.189475

Tab. 8: Perioden des Sterns 1912/ UCAC4 210-075140

Die Abweichungen in den Helligkeitsperioden könnten, wie im Falle des Sterns Wilkens 5, auf die Unterschiede in der Messwertaufnahme zurückzuführen sein. Die Boyden-Daten wurden in sich aufeinander permanent ändernden Zeitabständen von 40 min bis 17 Tage aufgenommen, die ASAS-Daten im Mittel aller zwei Tage.

Weiterhin liegen mit nur 23 Messwerten bei Boyden deutlich weniger Daten vor, was die ermittelte V-Periode weniger zuverlässig macht.

Weitere Periodenangaben für den Stern 1912 (Ehret, B. & Geffert, M., 2018) liegen noch vor von Catalina Sky Survey (CSS) mit 0.31845 Tagen, aus dem Vorgängerkatalog von ASAS-SN dem ASAS-3/4 V-Band mit 0.189477 Tagen und der in ASAS-SN intern angegebenen Periode von 0.378951 Tagen. Der CSS-Wert ist in guter Näherung das Zweifache unserer Boyden-Periode. Die ASAS-SN-Periode entspricht dem Doppelten der von uns ermittelten Periode. Ursache hierfür ist mit hoher Wahrscheinlichkeit die Anzahl der verwendeten Messdaten sowie die Auswahl der Randbedingungen bei der Periodenermittlung in den verwendeten Programmen (z. B. Anzahl der Harmonischen, zeitliche Auflösung).

Die Periodenbestimmung auf Basis der umfangreichen Daten der Sternkataloge erfolgt in der Regel automatisch mit vorher festgelegten Randparametern.

Wir gehen bei der Periodensuche a priori davon aus, die Grundschiwingung mit Vorgabe einer Harmonischen zu ermitteln.

Die hier dargelegte Problematik bei der Periodenbestimmung zeigt, dass es in Einzelfällen sinnvoll ist, die Periodenbestimmung per Hand mit mehreren Periodenbestimmungs-Programmen durchzuführen, um die Aussagesicherheit zu erhöhen und mögliche Fehler, die jeder numerische Algorithmus hat, auszugleichen.

Ergebnisse

In dieser Arbeit wurde das Helligkeitsverhalten von veränderlichen Sternen in der Umgebung des Sternhaufens Omega Centauri in einem Zeitraum von etwa 34 Tagen zu der Epoche von 1962 untersucht. Im Vergleich zu neueren CCD-Aufnahmen suchten wir nach ergänzenden Aussagen hinsichtlich kurz- und langperiodischer Helligkeitsänderungen.

Der Stern V966 Cen besaß 1962 eine um etwa 2 Größenklassen geringere Helligkeit als bei Messungen nach 2000.

Die Helligkeitsvariationen beim Stern Wilkens 14 erwiesen sich von 1962 bis heute als stabil.

Zwei variable Sterne (UCAC2 10868039, UCAC2 11095606) zeigten regelmäßiges periodisches Verhalten in einzelnen Zeitabschnitten.

Bei einigen langperiodischen Sternen zeigen die Boyden-Daten nur kleine Ausschnitte der gesamten Helligkeitsperiode mit Helligkeitszu- oder Abnahme.

Im Gegensatz zu den B-Daten des in 2018 von uns untersuchten Sterns 1912 zeigte sich in den V-Daten ein regelmäßiges periodisches Verhalten. Beim Vergleich der Periodenanalysen der Beobachtungen von Boyden, ASAS-SN und CSS zeigt sich, dass die Daten keine konsistenten Ergebnisse liefern.

Deutliche Unterschiede in den Helligkeitsvariationen konnten wir beim Stern Wilkens 5 ermitteln. Hier fanden wir Diskrepanzen sowohl zwischen den Daten von 1962 und nach 2000 (ASAS- und Boyden-Daten) als auch sogar zwischen den B- und V-Daten (Boyden) von 1962.

Die Ursachen dieser Unterschiede der automatischen Periodenbestimmung und der einzelnen ermittelten Perioden bei speziellen Sternen werden im Rahmen weiterer Analysen untersucht.

Literatur

Jayasinghe et al., 2018, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 477, Issue 3, p.3145-3163

Shappee et al. 2014, The Astrophysical Journal, 788:48 (13pp)

C. S. Kochanek, 2017, The All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) Light Curve Server v1.0, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 129:104502 (8pp)

Geffert et al. 2017, BAV RB 2017-4, S. 143

Ehret, B. & Geffert, M., 2018, BAV RB 2018-3, S. 100

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

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

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

Lenz, P.; Breger, M., 5005, Period 04, Communications in Asteroseismology, vol. 146, p.53-136

Pagel, L., 2015, Starcurve, <https://www.lpagel.de/index.php/astro-software>

Butler, John, 2007, The Armagh-Dunsink-Harvard Telescope: from dream to oblivion, Journal of Astronomical History and Heritage, November 2007

Bernd Ehret
Hauptstraße 47
53639 Königswinter
bme42@t-online.de

Michael Geffert
Birtzberg Observatorium
Siefenfeldchen 104
53332 Bornheim-Roisdorf
birtzberg_obs@posteo.de