

„Drei auf einen Streich“: Lichtkurve und Periode der RR Lyrae Sterne HU Com, CY Com und CZ Com

Lightcurve and period of the RR Lyrae stars HU Com, CY Com and CZ Com

Rainer Gröbel

Abstract: Based on data from publicly available surveys and on recent observations, light curves and maxima timings of the little studied stars HU, CY and CZ Com could be derived. HU Com is an RRab star that varies regularly between 16.3 and 16.7 mag. The ephemeris is improved to

$$HJD (max.) = 2456771.5572 (12) + 0.6957968 (7) \times E$$

CY Com is also an RRab star varying regularly between 14.3 and 14.8 mag.. Since its discovery, the period has remained essentially constant. The ephemeris is updated to

$$HJD (max.) = 2457890.4126 (6) + 0.75787868 (15) \times E$$

From survey data and the CCD observations from 2014 to 2017, it could be shown that CZ Com is an RRc star which varies between 13.9 and 14.3 mag.. From ASAS-SN data and maxima timings derived from SWASP data, a 16.8(0.5) d Blazhko period was derived. The follow-up observations showed also strong variations in phase and amplitude of the light curve. The Blazhko cycle is still present, but it seems to be somewhat irregular. Furthermore, it could be shown that since the beginning of the CCD monitoring, the period has shortened significantly. The actual ephemeris is

$$HJD (max.) = 2457106.6027 (31) + 0.2949038 (27) \times E$$

Beim Abgleich der in GEOS [1] aufgelisteten RR Lyrae Sterne mit der SWASP Datenbank [2] sind mir die nahe beieinander liegenden Sterne CY und CZ Com aufgefallen. Eine Darstellung in Guide zeigte, dass beide knapp im Feld der Kamera enthalten sind.

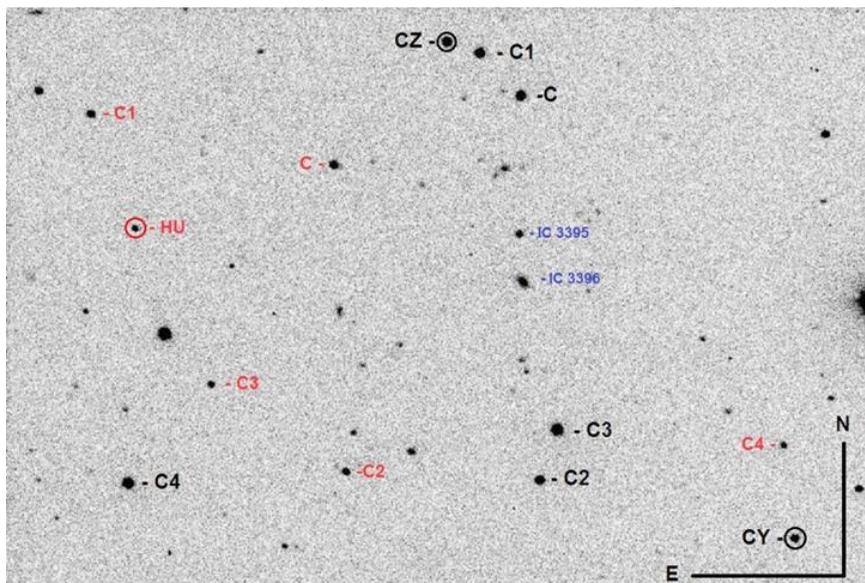


Abb. 1: Das 20x13' Feld der Kamera mit den drei RR Lyrae Sternen und ihre Vergleichssterne.

	3 UC	Alpha	Delta	mag.	J-K	~Sp. Kl.
CY Com	230-107457	12 28 20	24 57 19	14,72	0,34	G2
CZ Com	231-107980	12 28 52	25 06 41	14,31	0,18	F2
C	231-107975	12 28 45	25 05 42	14,38	0,62	K4
C1	231-107978	12 28 49	25 06 30	14,49	0,74	K7
C2	230-107465	12 28 42	24 58 14	14,40	0,80	K7
C3	230-107464	12 28 41	24 59 14	13,08	0,44	G8
C4	230-107479	12 29 18	24 57 50	13,26	0,58	K2

Tab. 1: Die Veränderlichen CY Com, CZ Com und ihre Vergleichssterne.
Die Spektralklasse wurde nach dem J-K Index geschätzt.

Mit einer geringen Verschiebung des Feldes konnte der schwache RR Lyr Stern HU Com auch noch erfasst werden (Abb. 1). Seit ihrer Entdeckung wurden diese Sterne nur wenig bearbeitet. Bei den RRab Sternen HU und CY Com konnten ganze Lichtkurven (Lk) gewonnen und die Ephemeriden aktualisiert werden. Starke Änderungen in Phase und Amplitude in den Lks des RRC Sterns CZ Com lassen auf einen Blazhkozyklus schließen. Darüber hinaus zeigt das (B-R) Diagramm seit dem Beginn der CCD Überwachung eine abrupte Verkürzung der Periode.

2. HU Com: (12 29 18.40 +25 02 46.9), GSC 01989.02480, 2MASS J12291831+2502477

Dieser Stern wurde 1979 von L.K. Erastova [3] als ein von 16,5 bis 17,5 mag. schwankender RR Lyr erkannt und im GCVS übernommen. Aus LINEAR Daten wurde von L. Palaversa et al. [4] die Ephemeride

$$\text{HJD (max.)} = 2452991,990 + 0,695797 \times E$$

abgeleitet und im VSX übernommen.

Um aus den von 2014 bis 2017 erhaltenen Serien eine Lk erstellen zu können, wurden aus den Messreihen diejenigen mit der geringsten Streuung ausgesucht und aus jeweils fünf aufeinander folgenden Messpunkten wurde der Mittelwert gebildet. Dadurch konnte die Standardabweichung für jeden Punkt in der Lk in Abb. 3 eingezeichnet werden. Aus dem vorhandenen LINEAR normal Max. und den dreizehn von 2014 bis 2017 hinzugekommenen CCD Max. lässt sich die aktualisierte Ephemeride

$$\text{HJD (max.)} = 2456771,5572 (12) + 0,6957968 (7) \times E \quad (1)$$

ableiten.

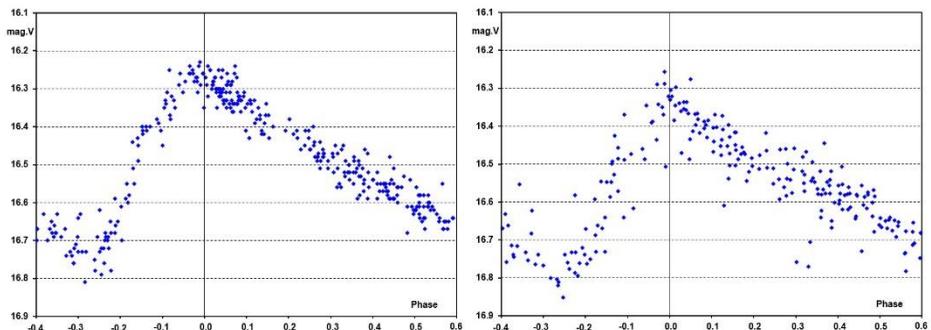


Abb. 2: Die aus CSS (links) und LINEAR (rechts) Daten gewonnenen LKs.

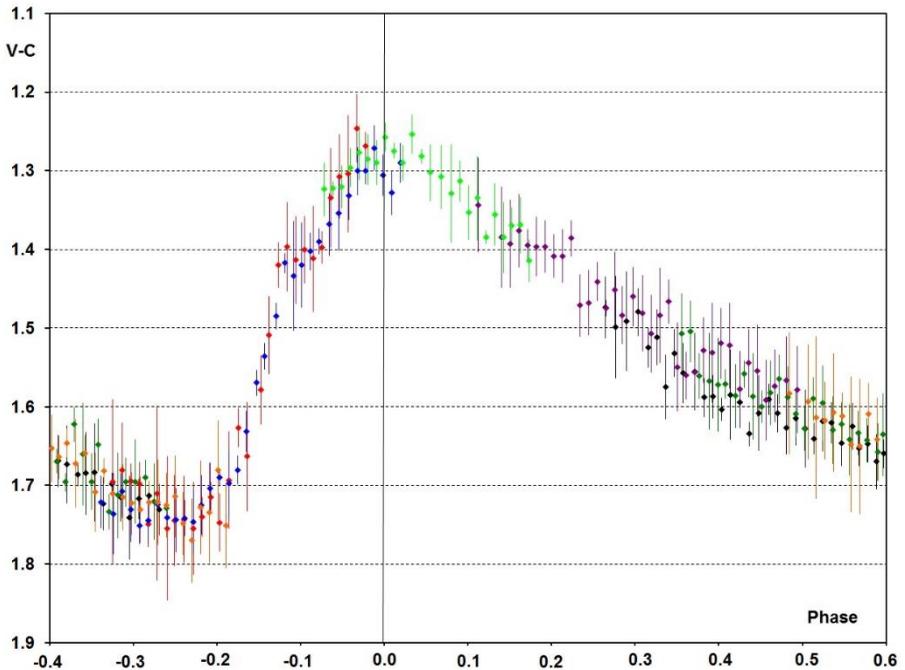


Abb. 3: Die 2014 erhaltene LK von HU Com reduziert mit Ephemeride (1).

Im Rahmen der Streuung stimmen die Formen der aktuellen und die der CSS Lk (Abb. 2 links) gut überein. Letztere wurde aus 336 im Zeitraum von 2005 bis 2013 gewonnenen Messpunkten erstellt. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Lk dieses Sterns konstant bleibt. Auch aus diesen Daten gewonnenen „ungefähren“ Max. ordnen sich gut im (B-R) Diagramm (Abb. 4) ein.

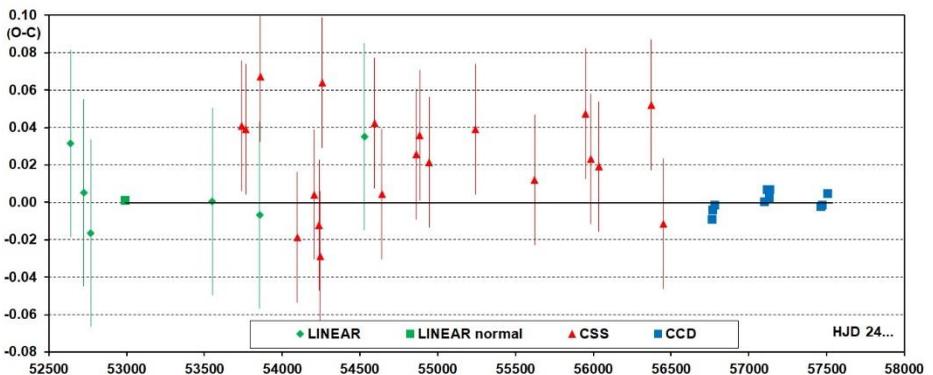


Abb. 4: Das (B-R) Diagramm mit allen vorhandenen Max..

2. CY Com: (12 28 20.01 +25 13 53.4), GSC 01989-00299, 2MASS J12281998+2457192

Dieser Stern wurde 1963 von C. Hoffmeister [5] auf Sonneberger Platten als kurz-periodischer Veränderlicher erkannt. L. Meinunger und W. Wenzel [6] konnten ihn als RRab klassifizieren. Schließlich wurde der Stern mit der Ephemeride von D. Hoffleit [7]

$$\text{HJD (max.)} = 2442561,570 + 0,757881 \times E$$

im GCVS aufgenommen.

2.1. Die aktuellen Messungen:

Von 2014 bis 2017 wurden Messreihen mit einem 10" SC und einer ST8XME Kamera im halbautomatischen Betrieb gewonnen. Für die vorhandene Öffnung ist dieser Stern relativ schwach, so dass auf Filtermessungen verzichtet werden musste, um ein ausreichendes S/N Verhältnis zu erreichen.

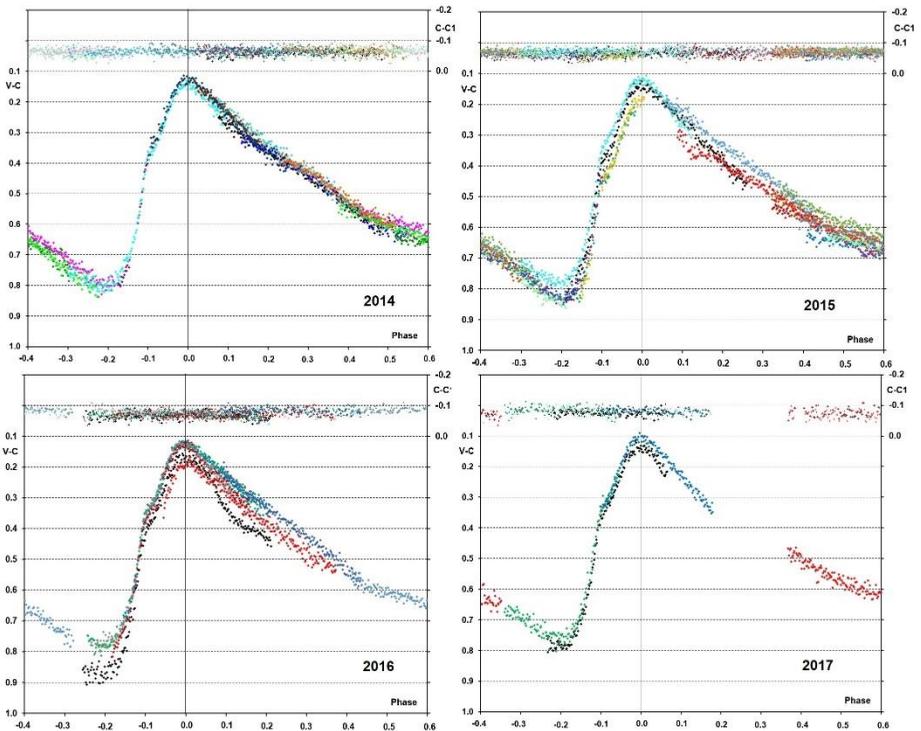


Abb. 5: Die von 2014 bis 2017 erhaltenen Lks von CY Com reduziert mit Ephemeride (2).

Auf den ersten Blick zeigen die von 1989 bis 1994 aus CCD Messungen von G. Clementini [8] (Abb. 6 rechts) und die aus über acht Jahren verteilten Messpunkte vom CSS gewonnenen Lks (Abb. 6 links) eine konstante Form. Kleinere Abweichungen von der „Normalform“ scheinen aber möglich zu sein. Besonders in den Jahren 2015 und 2016 wurden kurzfristig auftretende Unregelmäßigkeiten registriert (Abb. 5).

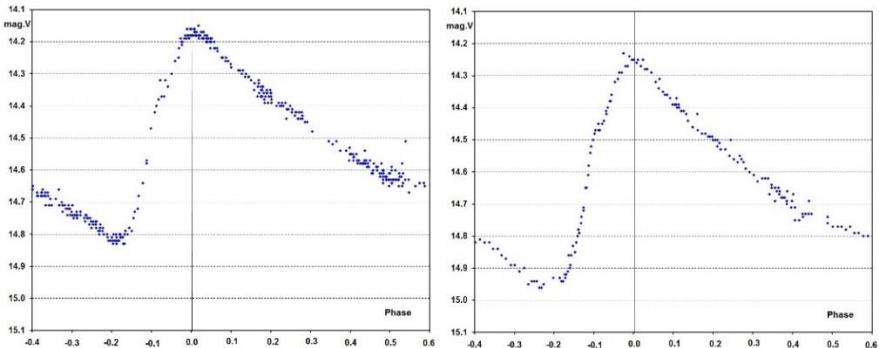


Abb. 6: Die CSS Lk (links) und die CCD Lk von G. Clementini im V-Bereich (rechts).

2.2. Das Verhalten der Periode:

Bei der Untersuchung des Verhaltens der Periode eines RR Lyr Sterns zeigt sich allzu oft eine große zeitliche Lücke zwischen den ursprünglichen photographischen und den neueren, aus CCD Beobachtungen oder aus Daten verschiedener Surveys abgeleiteten Max.. In vielen Fällen ist deshalb eine Aussage über das langfristige Verhalten der Periode nicht möglich. Im vorliegenden Fall schließen die relativ frühen CCD Messungen von G. Clementini diese Lücke. Diese Messpunkte wurden zwar über einen langen Zeitraum gewonnen, dennoch dürfte das daraus abgeleitete „normal Max.“ verlässlich sein, besonders wenn sich herausstellt, dass die Periode des Sterns sich nicht zu sehr verändert. Mit diesem, einem von P. Frank [9] und den elf hinzugekommenen CCD Max. ergibt sich eine ausreichend lange Zeitbasis, um daraus die aktualisierte Ephemeride

$$\text{HJD (max.)} = 2457890,4126 (6) + 0,75787868 (15) \times E \quad (2)$$

abzuleiten.

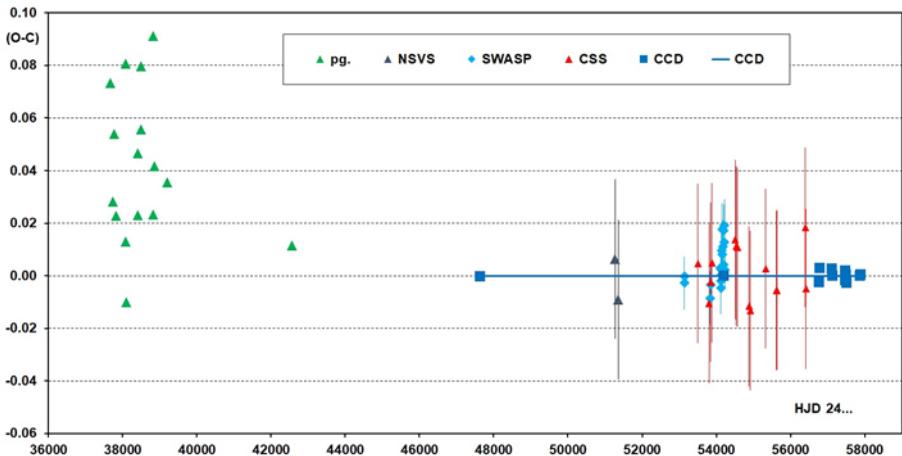


Abb. 7: Das (B-R) Diagramm aller vorhandenen Max. reduziert mit Ephemeride (2).

Im (B-R) Diagramm (Abb. 7) fügen sich die stark streuende erste Gruppe von pg. Max. von L. Meinunger und W. Wenzel und das von D. Hoffleit erhaltene normal Max. ohne größere Abweichungen ein. Auch wenn bei Sternen um 15 mag. herum die Grenzen der Möglichkeiten von SWASP erreicht sind, konnten aus den Daten 18 Max. abgeleitet werden, allerdings teilweise mit einer Streuung bis zu $\pm 0,01$ d. Die aus den Messpunkten vom CSS reduzierte Lk (Abb. 6 links) erscheint ausreichend gut definiert, um daraus ungefähre Zeitpunkte der Max. „in der Nähe“ der maximalen Helligkeit der LK abzuleiten. Die Streuung dürfte mit der früherer pg. Max. vergleichbar sein und in diesem Rahmen fügen sie sich auch gut im Diagramm ein. Daraus folgt, dass seit der Entdeckung der Variabilität die Periode des Sterns konstant geblieben ist.

3. CZ Com: (12 28 51.94 +25 06 41.31), GSC 01989-00542, 2MASS J12285193+2506413

Dieser Stern wurde 1963 von C. Hoffmeister [10] photographisch als veränderlich zwischen 14 und 14.5 mag. erkannt und als RR Lyrae Stern klassifiziert. Mit der Ephemeride von L. Meinunger und W. Wenzel [11]

$$\text{HJD (max.)} = 2437781,367 + 0,29484 \times E$$

wurde der Stern im GCVS aufgenommen.

3.1. Die Auswertung der Daten aus den Surveys:

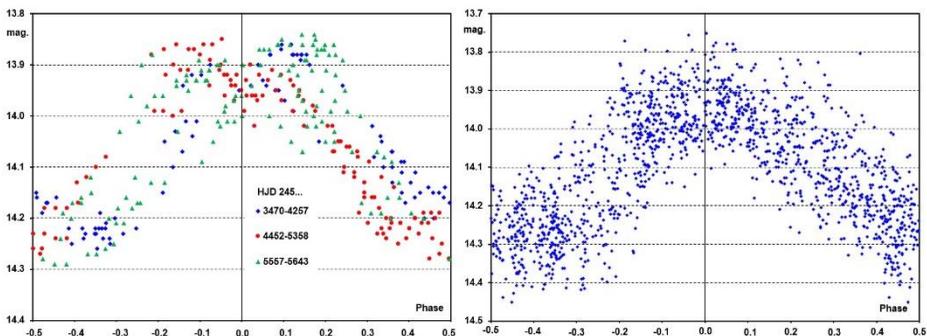


Abb. 8: Die aus CSS (links) und aus ASAS-SN (rechts) Daten erhaltenen Lks von CZ Com.

Die mit der Grundperiode reduzierten CSS und ASAS-SN [12] Lks (Abb. 8) zeigen, dass CZ Com ein Stern vom RRc Typ ist, wobei eine ausgeprägte „Unschärfe“ in beiden Darstellungen als sicheres Anzeichen für einen übergeordneten Zyklus auffällt. In Abb. 8 links, scheint die Lk zwischen $+0,2$ und $-0,2$ Phase zu pendeln. In der ASAS-SN Lk in Abb. 8 rechts erscheint diese Frequenzmodulation nicht so ausgeprägt und in beiden Darstellungen bleibt unklar, ob nicht auch gleichzeitig eine Amplitudenmodulation stattfindet. Aus beiden Datensätzen wurde mit dem Programm Period 04 [13] versucht die Länge der sekundären Periode zu bestimmen. Mit den 342 von 2005 bis 2013 gewonnenen Messpunkten vom CSS wurde die Grundperiode zwar gut getroffen, eine weitere Periodizität zeigte sich aber nicht. Die 1422 Messpunkte von ASAS-SN wurden von 2012 bis 2017 gewonnenen. Neben der Grundfrequenz erscheint nun eine weitere Frequenz, die auf eine Blazhkoperiode von 16,8 d hinweist. Abb. 9 zeigt, dass die Lks sowohl frequenz- als auch amplitudenmoduliert sind.

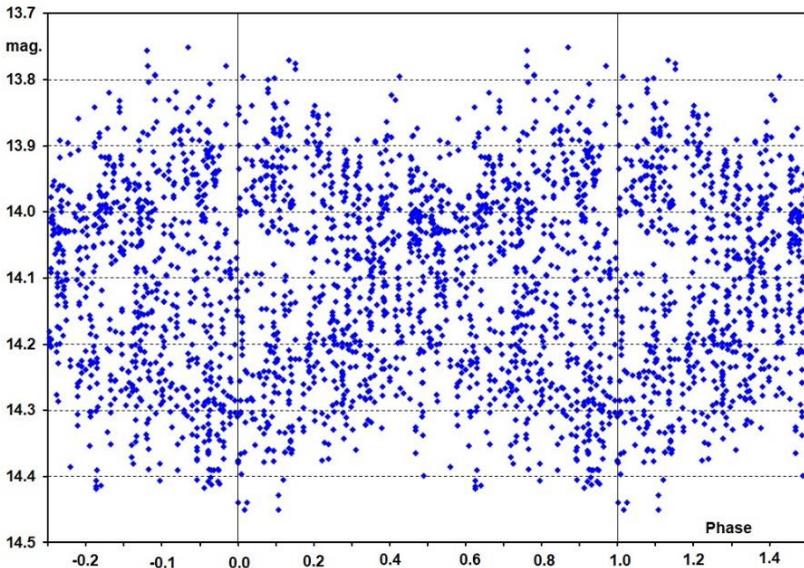


Abb. 9: Die mit der 16,8 d Blazhkperiode reduzierte ASAS-SN Daten.

In der SuperWASP Datenbank wurde der Stern von vier Kameras mit insgesamt 14 000 Messpunkten erfasst. Die Daten streuen aber so stark, dass nur etwas weniger als die Hälfte der Punkte ausgewertet wurden. Dennoch konnten die Zeitpunkte von 46 Max. gewonnen und auf durchschnittlich ± 0.005 d genau bestimmt werden. In Abb. 9 scheinen die aus der dichtesten Reihe gewonnenen Max. regelmäßig um knapp 30 Min gegenüber der Rechnung in einen geschätzten 17,2 d Rhythmus vor- oder nachzugehen. Im Rahmen der Streuung wird somit die sich aus ASAS-SN Daten ergebende Blazhkperiode bestätigt.

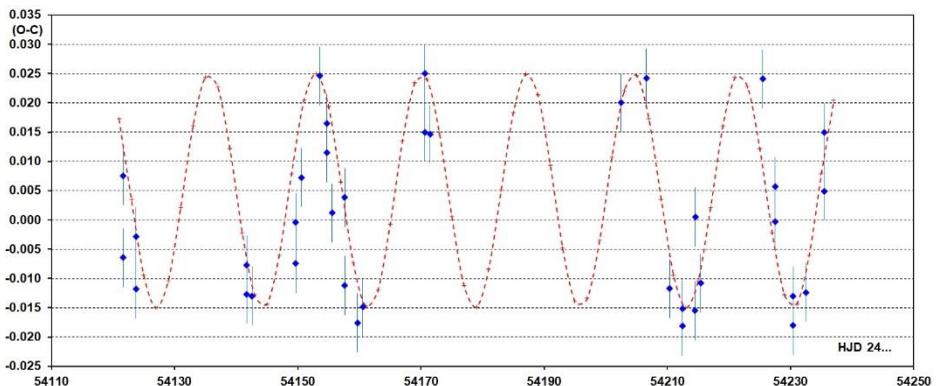


Abb. 10: Das aus der dichtesten Messreihe von SWASP gewonnene (B-R) Diagramm.

3.2. Die aktuellen Messungen:

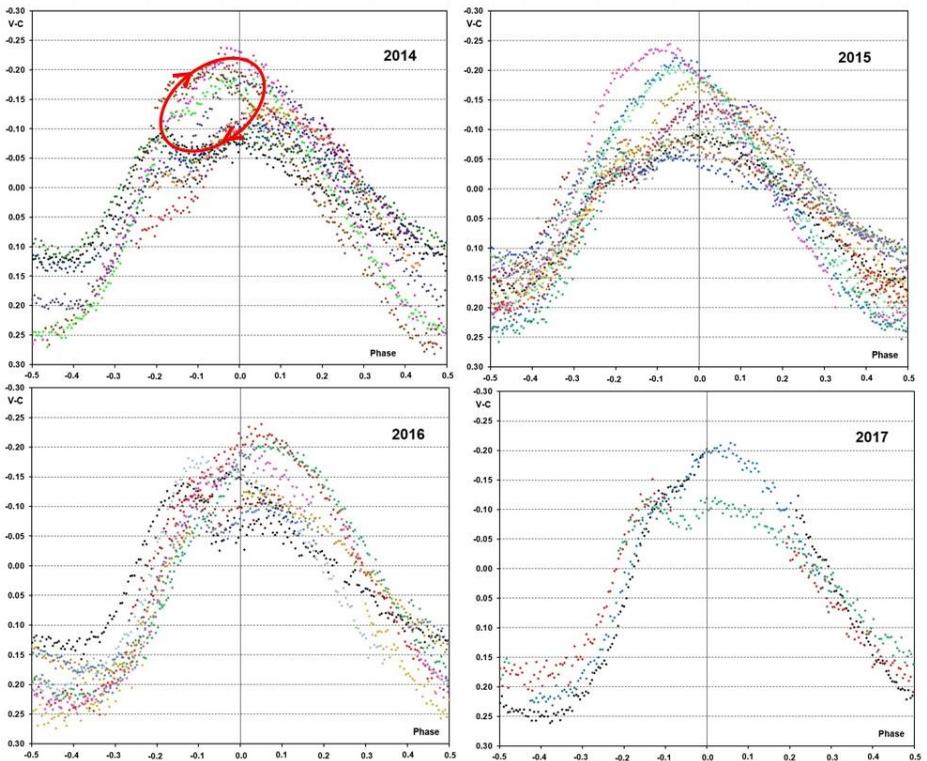


Abb. 11: Die 2014 bis 2017 erhaltenen Lks von CZ Com.

In den 2014 erhaltenen Lks (Abb. 10 oben links) läuft ein durch die eingezeichnete Ellipse vereinfacht nachgezeichneter Zyklus ab. Bei geringster Höhe und größter Verfrühung verdoppelt sich das Max.. Bei zunehmender Verspätung und steigender Höhe des Hauptmax. nimmt die Höhe des Nebenmax. ab, um schließlich zu verschwinden. Dieser Zyklusverlauf erinnerte mich an dem 2013 beobachteten RRc Stern GSC 03529-02286 -nun V726 Lyr- [14]. Der dort beobachtete Zyklus scheint sich regelmäßig zu wiederholen, während im vorliegenden Fall die Lks der beiden Folgejahre große Abweichungen in Phase und Amplitude zeigen, wobei im Prinzip der geschilderte Ablauf erhalten bleibt.

3.3. Das Verhalten der Periode:

Ein (B-R) Diagramm mit der aus allen verfügbaren CCD Max. berechneten mittleren Periode zeigte zunächst eine große Streuung. Diese ließ sich durch die Anpassung einer Sinuskurve mit 4420 d (~ 12 Jahre) Periode stark reduzieren. Sogar die aus LINEAR und CATALINA Daten gewonnenen, sehr ungenauen Max. schienen diese der Blazhkoperiode überlagerten Schwingung zu bestätigen. Die Freude über diese unerwartete Entwicklung währte aber nur bis 2016. Schon im Jahr darauf stimmten die Max. mit dieser Vorhersage nicht mehr überein. Letztendlich lässt sich das Verhalten der Periode am besten mit der Annahme einer abrupten Verlängerung um 4.8 s in den Jahren 2010 bis 2013 erklären (Abb. 12).

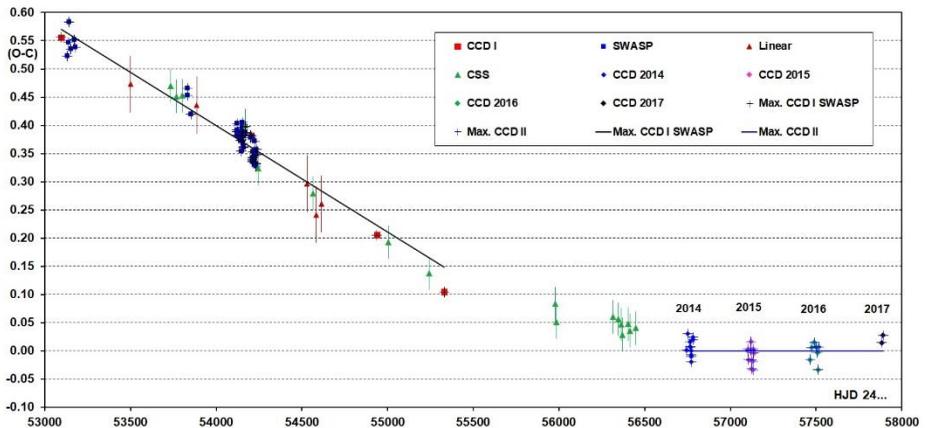


Abb. 12: Das (B-R) Diagramm von CZ Com reduziert mit Ephemeride (3).

Von den Jahren 2003 bis 2010 gilt die Ephemeride

$$\text{HJD (max.)} = 2453095,5961(69) + 0,2948482(19) \times E$$

Aktuell gelten die instantanen Elemente

$$\text{HJD (max.)} = 2457106,6027(31) + 0,2949038 (27) \times E \quad (3)$$

Literatur:

- [1] GEOS Datenbank, http://rr-lyr.ast.obs-mip.fr/dbrr/dbrr-V1.0_0.php
- [2] SuperWASP Public archive, <http://wasp.cerit-sc.cz/form>
- [3] Erastova , L.K., Astron. Tsirk. N1073, 1979.
- [4] Palaversa, L. et al., 2013, arXiv:1308.0357
- [5] Hoffmeister C., AN 287, 169 (1963)
- [6] Meinunger L., Wenzel, W., VSS Vol.7, H4, 389 (1968)
- [7] Hoffleit, D., IBVS N1016, 1075.
- [8] Clementini, G., et al., New pulsational properties of eight anomalous RR Lyrae variables, arXiv:astro-ph/9504034v1
- [9] Hübscher, J., IAU Inform. Bull. Var. Stars, 5802, 1 (2007)
- [10] Hoffmeister, C., AN 287, H.4, 169, 1963.
- [11] Meinunger, L., Wenzel, W., VSS 7, H.4, 389, 1968.
- [12] Kochanek, C. S.; The All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) Light Curve Server v1.0, <https://asas-sn.osu.edu/>
- [13] Lenz, P., <https://www.univie.ac.at/tops/Period04/>
- [14] Gröbel R., <https://www.bav-astro.eu/rb/rb2013-4/228.pdf>

Rainer Gröbel, Blütenstr. 19, 90542 Eckental, 09126 9701, rainer.groebel@tzboo.de

Appendix:

HU Com: (O-C) calculated with the linear ephemeris

$$\text{HJD (max.)} = 2456771.5572 (12) + 0.6957968 (7) \times E$$

Max. HJD	Error +/-	Epoch	(O- C)	camera	Obs.
2452991.990	0.010	-5432	0.001	ccd	LINEAR
2456764.590	0.005	-10	-0.009	ccd	present paper
2456771.553	0.005	0	-0.004	ccd	present paper
2456783.384	0.005	17	-0.002	ccd	present paper
2457101.365	0.005	474	0.000	ccd	present paper
2457119.462	0.005	500	0.007	ccd	present paper
2457133.374	0.005	520	0.002	ccd	present paper
2457137.553	0.005	526	0.007	ccd	present paper
2457464.568	0.005	996	-0.002	ccd	present paper
2457474.310	0.005	1010	-0.002	ccd	present paper
2457508.411	0.005	1059	0.004	ccd	present paper
2457874.396	0.005	1585	0.001	ccd	present paper
2457883.439	0.005	1598	-0.001	ccd	present paper
2457890.397	0.005	1608	-0.001	ccd	present paper

CY Com: (O-C) calculated with the linear ephemeris

$$\text{HJD (max.)} = 2457890.4126 (6) + 0.75787868 (15) \times E$$

Max. HJD	Error +/-	Epoch	(O- C)	camera	Obs.
2447632.524	0.004	13535	0.000	ccd V	Clementini, G.
2454202.575	0.003	-4866	0.000	ccd	Frank, P.
2456772.539	0.002	-1475	-0.003	ccd	present paper
2456782.397	0.004	-1462	0.003	ccd	present paper
2457101.464	0.002	-1041	0.003	ccd	present paper
2457132.534	0.003	-1000	0.000	ccd	present paper
2457464.483	0.003	-562	-0.002	ccd	present paper
2457474.339	0.002	-549	0.002	ccd	present paper
2457489.495	0.002	-529	0.000	ccd	present paper
2457508.440	0.003	-504	-0.002	ccd	present paper
2457511.471	0.003	-500	-0.002	ccd	present paper
2457874.497	0.002	-21	0.000	ccd	present paper
2457890.413	0.002	0	0.000	ccd	present paper

CZ Com: (O-C) calculated with the linear ephemeris

$$\text{HJD (max.)} = 2457106.6027(31) + 0.2949038 (27) \times E$$

Max. HJD	Error +/-	Epoch	(O- C)	camera	Obs.
2453095.582	0.003	-13603	0.556	CCD	Agerer, F.
2453132.412	0.005	-13478	0.523	1.01	SWASP
2453139.513	0.005	-13454	0.546	1.01	SWASP
2453142.499	0.005	-13444	0.583	1.01	SWASP
2453152.478	0.005	-13410	0.536	1.01	SWASP
2453173.433	0.005	-13339	0.553	1.01	SWASP
2453178.433	0.005	-13322	0.539	1.01	SWASP

2453831.559	0.005	-11107	0.453	1.41	SWASP
2453832.456	0.005	-11104	0.465	1.42	SWASP
2453854.528	0.005	-11029	0.420	1.42	SWASP
2454121.680	0.005	-10123	0.389	1.42	SWASP
2454121.694	0.005	-10123	0.403	1.41	SWASP
2454123.738	0.005	-10116	0.382	1.41	SWASP
2454123.747	0.005	-10116	0.391	1.42	SWASP
2454141.718	0.005	-10055	0.373	1.41	SWASP
2454141.723	0.005	-10055	0.378	1.42	SWASP
2454142.602	0.005	-10052	0.373	1.42	SWASP
2454146.712	0.005	-10038	0.354	1.41	SWASP
2454149.682	0.005	-10028	0.375	1.41	SWASP
2454149.689	0.005	-10028	0.382	1.42	SWASP
2454150.581	0.005	-10025	0.389	1.42	SWASP
2454153.546	0.005	-10015	0.405	1.42	SWASP
2454154.712	0.005	-10011	0.392	1.42	SWASP
2454154.717	0.005	-10011	0.397	1.41	SWASP
2454155.586	0.005	-10008	0.381	1.42	SWASP
2454157.637	0.005	-10001	0.368	1.41	SWASP
2454157.652	0.005	-10001	0.383	1.42	SWASP
2454159.694	0.005	-9994	0.360	1.41	SWASP
2454160.581	0.005	-9991	0.362	1.42	SWASP
2454170.633	0.005	-9957	0.388	1.41	SWASP
2454170.643	0.005	-9957	0.398	1.42	SWASP
2454171.517	0.005	-9954	0.387	1.42	SWASP
2454202.473	0.005	-9849	0.378	1.41	SWASP
2454202.477	0.002	-9849	0.382	CCD	Frank, P.
2454206.604	0.005	-9835	0.380	1.41	SWASP
2454210.400	0.005	-9822	0.343	1.42	SWASP
2454212.457	0.005	-9815	0.335	1.42	SWASP
2454212.460	0.005	-9815	0.338	1.41	SWASP
2454214.523	0.005	-9808	0.337	1.42	SWASP
2454214.539	0.005	-9808	0.353	1.41	SWASP
2454215.412	0.005	-9805	0.341	1.41	SWASP
2454225.469	0.005	-9771	0.372	1.41	SWASP
2454227.508	0.005	-9764	0.346	1.42	SWASP
2454227.514	0.005	-9764	0.352	1.41	SWASP
2454230.438	0.005	-9754	0.327	1.42	SWASP
2454230.443	0.005	-9754	0.332	1.41	SWASP
2454232.507	0.005	-9747	0.332	1.41	SWASP
2454235.472	0.005	-9737	0.348	1.42	SWASP
2454235.482	0.005	-9737	0.358	1.41	SWASP
2454937.496	0.005	-7356	0.206	CCD	Agerer, F.
2455329.617	0.006	-6026	0.105	CCD	Dvorak, S.
2456745.347	0.002	-1225	0.001	CCD	present paper
2456750.389	0.002	-1208	0.030	CCD	present paper
2456764.522	0.003	-1160	0.008	CCD	present paper
2456765.415	0.003	-1157	0.016	CCD	present paper
2456768.355	0.002	-1147	0.007	CCD	present paper
2456770.413	0.002	-1140	0.001	CCD	present paper
2456771.585	0.002	-1136	-0.007	CCD	present paper
2456772.467	0.003	-1133	-0.010	CCD	present paper

2456773.342	0.002	-1130	-0.019	CCD	present paper
2456782.523	0.002	-1099	0.020	CCD	present paper
2456783.412	0.003	-1096	0.024	CCD	present paper
2457101.590	0.003	-17	0.001	CCD	present paper
2457102.477	0.003	-14	0.003	CCD	present paper
2457106.587	0.003	0	-0.016	CCD	present paper
2457119.300	0.002	43	0.016	CCD	present paper
2457119.580	0.002	44	0.002	CCD	present paper
2457122.511	0.002	54	-0.017	CCD	present paper
2457125.445	0.003	64	-0.032	CCD	present paper
2457131.341	0.003	84	-0.034	CCD	present paper
2457132.536	0.003	88	-0.018	CCD	present paper
2457133.442	0.002	91	0.003	CCD	present paper
2457137.564	0.003	105	-0.004	CCD	present paper
2457464.601	0.002	1214	-0.015	CCD	present paper
2457474.354	0.002	1247	0.006	CCD	present paper
2457489.403	0.002	1298	0.015	CCD	present paper
2457499.422	0.003	1332	0.007	CCD	present paper
2457508.554	0.003	1363	-0.003	CCD	present paper
2457511.472	0.002	1373	-0.033	CCD	present paper
2457516.526	0.003	1390	0.007	CCD	present paper
2457883.394	0.002	2634	0.015	CCD	present paper
2457890.485	0.002	2658	0.027	CCD	present paper