

Lichtkurve und Periode des RR Lyrae Sterns HO Her und GSC 02589-00332, ein W UMa Veränderlicher im Feld

Lightcurve and period of the RR Lyrae star HO Her and GSC 02589-00332, a W Uma type variable in the field

Rainer Gröbel

Abstract: *Based on data from the SWASP database and on recent observations 110 maxima and 78 minima timings of the little studied star HO Her could be derived. During the reduction of SWASP data, discrepancies between magnitudes given by series taken simultaneously through different cameras appeared, so that in the present case the reliability of the TAMFLUX correction must be questioned. From the variations in amplitude, a regular secondary cycle could not be derived, but the variations in phase revealed a 17.4 d Blazhko period. Since the discovery, the period remains essentially constant. The ephemeris is improved to*

$$HJD (max.) = 2456802.4954(9) + 0.47269795(16) \times E$$

One of the comparison stars, GSC 02589-00332 (16:56:31.98 +30:22:22.5) revealed itself as a variable of the W UMa type presenting 0.6 mag. deep total eclipses at primary and 0.5 mag. partial eclipse at secondary minimum. As a variable, it is already known as ROTSE1 J165631.98+302222.0. From SWASP data, 138 minima spreading over 4 years could be derived. The 2014 minima showed positive (O-C) values, indicating a progressive lengthening of the period. The minima timings could be best represented by the quadratic ephemeris

$$HJD (max.) = 2456797.5267 + 0.41111232 \times E + 2.625 \times 10^{-10} \times E^2$$

Bei diesem seit seiner Entdeckung wenig bearbeiteten Stern wurde durch die Gewinnung weiterer Maxima (Max.) bei der Auswertung von SWASP Daten die Periode genauer bestimmt. Von einem Beobachtungsabschnitt zum anderen wurden kurzfristige Schwankungen bei der Ankunftszeit der Maxima (Max.) und deutliche Änderungen in Form und Amplitude der Lichtkurve (Lk.) festgestellt. Aus den Variationen der Maximalhelligkeit konnte ein regelmäßiger Blazhkozyklus nicht abgeleitet werden, dagegen ergibt sich aus den Variationen in Phase eine Blazhkoperiode von 17,4 d.

Darüber hinaus entpuppte sich einer der gewählten Vergleichssterne als „klassischer“ Veränderlicher vom W UMa Typ. Dieser Stern wurde allerdings durch Auswertung der Daten des Automaten ROTSE entdeckt und unter der Bezeichnung ROTSE1 J165631.98 +302222.0 gemeldet. Gegenüber den zahlreichen aus SWASP Daten gewonnenen Minima (Min.) zeigen die neueren Min. eine deutliche Verspätung. Dies weist auf eine stetige Verlängerung der Periode hin.

1. HO Her: (16 57 20.8 +30 21 27.4), GSC 02590-00839, 2MASS J16572080+3021274

Dieser Stern wurde 1936 von C. Hoffmeister [1] photographisch als veränderlich entdeckt und 1939 nach einer intensiven visuellen Verfolgung als RRAb Stern erkannt (Abb. 1). Mit der Ephemeride

$$HJD (max.) = 2427545,380 + 0,472694 \times E \quad (1)$$

wurde der Stern im GCVS aufgenommen.

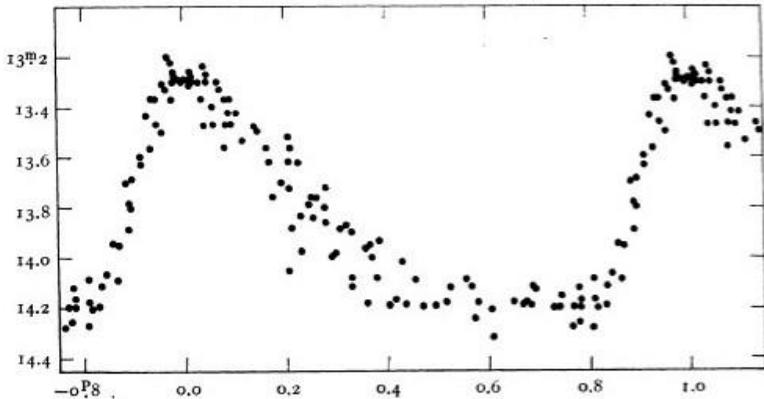


Abb.1: Die visuellen Beobachtungen von C. Hoffmeister.

1.1. Auswertung der SWASP Daten:

Der Stern wurde von fünf Kameras erfasst mit insgesamt 31629 Messpunkten. Es fiel auf, dass die Messpunkte der Kamera 1.47 eine viel größere Streuung zeigten als die gleichzeitig aufgenommenen Punkte der Kamera 1.46. Die Darstellung der Messpunkte eines Vergleichsterns (Stern C in Tab. 2 und Abb. 9) in der unmittelbaren Umgebung bestätigte, dass zu diesem Zeitpunkt die Kamera 1.47 eine Störung aufwies. Nach Aussortieren der „Ausreißer“ und der Punkte mit einem TAMFLUX err. größer als 0,1 mag. wurden nur die Reihen der Kameras 1.02, 1.43 und 1.46 mit insgesamt 29516 Punkten ausgewertet.

Die erste dichte Reihe der Kamera 1.02 zeigt eine konstante Amplitude von ~1 mag. (Abb. 2 links). Im darauf folgenden Abschnitt steigt die Amplitude teilweise auf 1,4 mag. (Abb. 2 Mitte), um im letzten Beobachtungsabschnitt der Kamera 1.46 auf 1,2 mag. - mit einem kurzzeitigen Einbruch auf 1 mag. - zurückzufallen (Abb. 2 links).

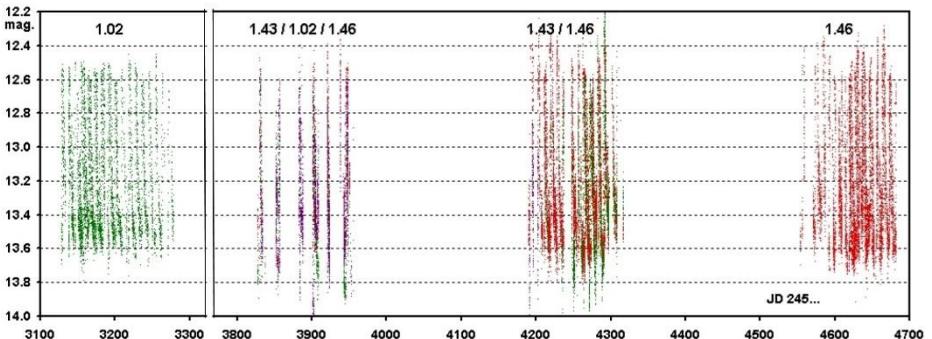


Abb.2: Die Messpunkte von SWASP. Teilweise wurde der Stern von mehreren Kameras gleichzeitig erfasst.

Um sicher zu gehen, dass die „Unruhe“ der Lks in Abb. 3 nicht auf instrumentelle Effekte zurückzuführen ist, wurde ein zweiter Vergleichstern (Stern Csw in Tab. 2 und Abb. 9) herangezogen. In den drei zur Auswertung verbliebenen Messreihen ergibt sich übereinstimmend für Stern C eine Helligkeit von 12,88 +/- 0,03 und für Csw eine

Helligkeit von $12,95 \pm 0,03$ mag.. Auf den ersten Blick scheint die TAMFLUX Korrektur zum Ausgleich der unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Kameras gelungen.

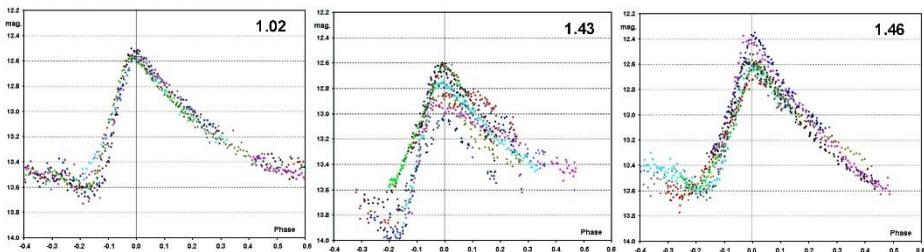


Abb.3: Eine Auswahl Lks aus drei zeitlich aufeinander folgenden Beobachtungsabschnitten, reduziert mit Ephemeride (2).

Für den Veränderlichen zeigt die Reihe der Kamera 1.43 (Abb. 3 Mitte) eine gegenüber der ersten Reihe der Kamera 1.02 (Abb. 3 links) sehr „unruhige“ Lk und die Helligkeit der Minima (Min.) liegt um 0,1 bis 0,2 mag. tiefer. In den Reihen der Kamera 1.46 (Abb. 3 rechts) zeigen sich zwar auch deutliche Variationen in der Höhe der Max., die Min. kehren aber zur anfänglichen Tiefe zurück, so dass Zweifel an der Realität der allgemeinen Abschwächung der 1.43er Lks aufkam.

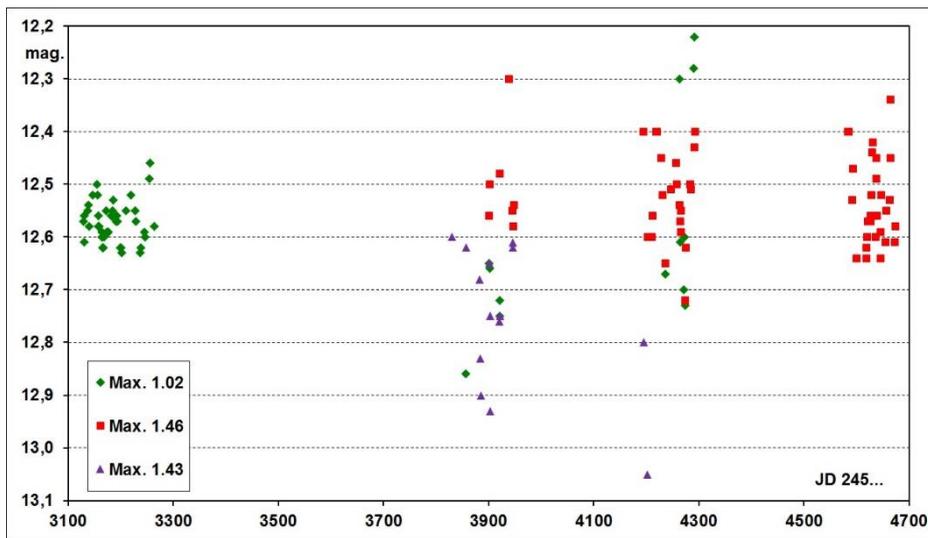


Abb.4: Änderungen der Helligkeit der Max. bei den Messreihen der verbliebenen Kameras.

Darüber hinaus fällt auf, dass die aus dieser Messreihe erhaltenen Helligkeiten der Max. im Mittel um 0,2 mag. geringer ausfallen als die zum Teil gleichzeitig mit der Kamera 1.46 gewonnenen Max. (Abb. 4 Mitte). Auch in der darauf folgenden Reihe der Kamera 1.02 differieren die Werte um 0,4 mag. und scheinen nun erratisch zu sein. In Tab. 1 sind Zeitpunkte und Helligkeiten der durch mehrere Kameras gleichzeitig erhaltenen Max. dargestellt. Im Rahmen der Streuung stimmen die Zeitpunkte überein, dagegen kommt es bei den Helligkeiten zu teilweise starken Abweichungen.

Kamera	HJD Max. 245...	Abweichung	mag. Max.	Abweichung
1,02	3902,483		12,66	
1,46	3902,489	-0,006	12,50	0,16
1,43	3902,489	-0,006	12,75	-0,09
1,02	3920,457		12,72	
1,46	3920,457	0,000	12,48	0,24
1,43	3920,457	0,000	12,76	-0,04
1,02	4236,698		12,67	
1,46	4236,700	-0,002	12,65	0,02
1,02	4264,574		12,61	
1,46	4264,574	0,000	12,57	0,04
1,02	4273,573		12,73	
1,46	4273,567	0,006	12,72	0,01
1,02	4291,527		12,22	
1,46	4291,528	-0,001	12,43	-0,21

Tab. 1: Vergleich von Zeitpunkt und Helligkeit einiger gleichzeitig durch verschiedene Kameras erhaltenen Max.. Die Abweichungen sind gegenüber den Werten der Kamera 1.02 angegeben.

Die Darstellung des Feldes in Abb. 9 zeigt, dass Fehlmessungen durch Verschmelzen mit einem Nachbarstern bei der kurzen Brennweite der SWASP Kameras (blending) ausgeschlossen werden können. Es muss angenommen werden, dass der Ausgleich der unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Kameras im vorliegenden Fall versagt. Die Warnung der Autoren [2], dass ihre Ausgleichsmethode nicht unfehlbar sei, trifft hier zu. Die daran anschließende Auswertung der Daten einer ganzen Reihe weiterer RR Lyrae Sterne hat eine Vielzahl ähnlicher Fälle hervorgebracht, so dass nun von einem systematischen Fehler ausgegangen werden kann.

Unter den auf die Auswertung von SWASP Daten basierenden Arbeiten ist mir nur ein Artikel bekannt, in dem ähnliche Zweifel laut wurden. Zu dieser Zeit stand dem Autor [3] das umfangreiche ursprüngliche Material der SWASP Datenbank zur Verfügung und er hat versucht, die Abweichungen mit der Position der Sterne auf den CCD Chips zu korrelieren, jedoch ohne Erfolg. Aktuell sind die von der Universität Brno [4] zur Verfügung gestellten FITS und CSV Dateien auf die notwendigsten Daten reduziert. Dennoch lässt sich daraus der Korrekturfaktor ($T_{mag} - mag$) für jede Kamera berechnen und dessen Wert verfolgen. Entgegen den Erwartungen variiert dieser Faktor oft stark innerhalb einer Nacht und von einer Nacht zur anderen, ebenso von einer Beobachtungsreihe zur anderen. Bisweilen stößt man auf Nächte, in denen dieser Faktor nicht angebracht wurde ($T_{mag} - mag = 0$), um in der nächsten Nacht wieder aufzutauchen.

Es zeigt sich, dass bei konstanten Sternen oder bei nur geringer Variabilität der Ausgleich sehr gut gelingt, aber je größer die Amplitude und / oder die Periode, desto größer werden die Abweichungen, bis hin zur völligen Unbrauchbarkeit dieser Daten. Der Versuch mit SWASP Daten überzeugende Lks von Delta Cephei und Mirasternen zu bekommen ist stets gescheitert.

Schließlich wurde diese Anlage „nur“ konzipiert, um den sehr geringen Helligkeitsabfall nachzuweisen, der durch den Vorübergang eines Exoplaneten vor seinem Stern verursacht wird. Bekanntlich war das Projekt damit sehr erfolgreich.

Aus alledem folgt, dass bei der Auswertung der Helligkeitsdaten „echter“ Veränderlicher der Korrekturfaktor auf Konsistenz überprüft werden sollte. Notfalls muss die Helligkeitsinformation ganzer Serien herausgenommen werden, um einer Überinterpretation der Daten vorzubeugen.

1.2. Die aktuellen Messungen:

Vom 18.5. bis zum 15.07. 2014 konnten in 11 Nächten bei uneinheitlichen, aber überwiegend guten Bedingungen längere Messreihen mit einem 10" SC und einer ST8XME Kamera im halbautomatischen Betrieb gewonnen werden. Bei 120 s Belichtungszeit und ohne Filter wurden 1182 Messpunkte mit relativ geringer Streuung gewonnen (Abb. 5). Daraus konnten drei Max. und 4 Min. abgeleitet werden. Mit diesen und den aus der Auswertung der SWASP Daten gewonnenen Max. ergibt sich die Ephemeride

$$\text{HJD (max.)} = 2456802,4954(9) + 0,47269795(16) \times E \quad (2)$$

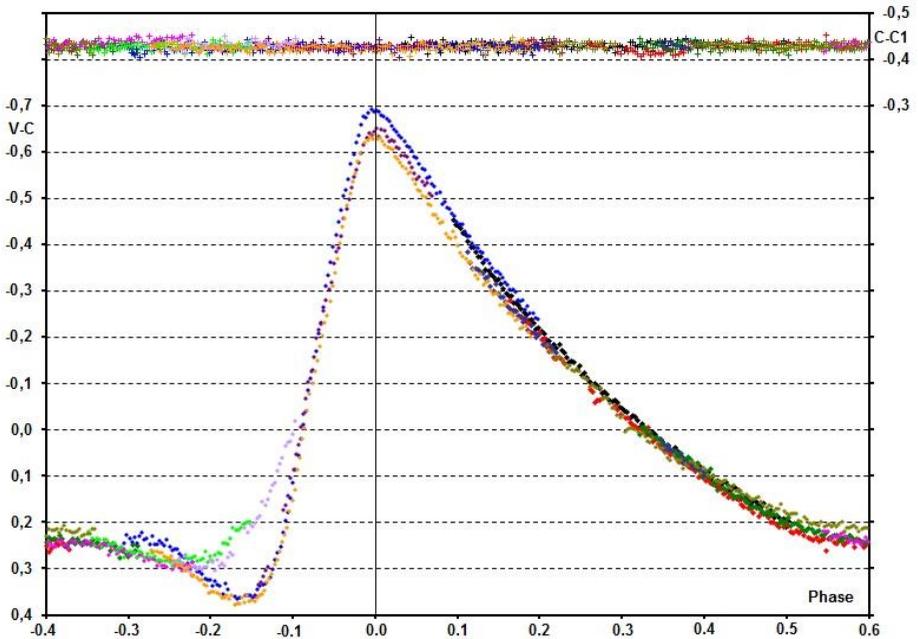


Abb.5: Die 2014 gewonnenen LKs reduziert mit Ephemeride (2)

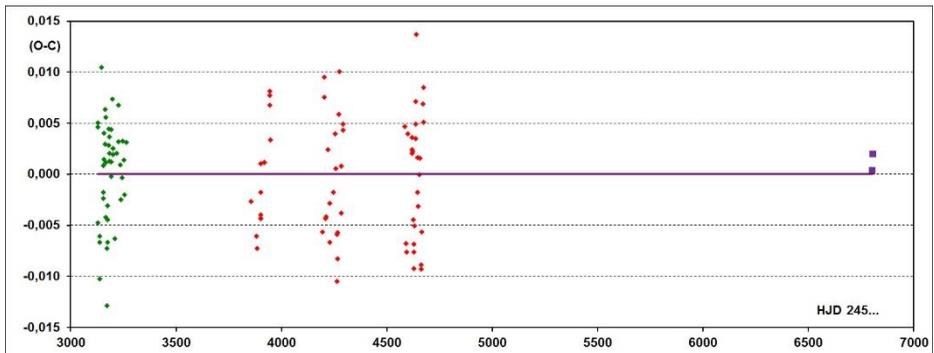


Abb.6: Das (B-R) Diagramm der neueren Max., reduziert mit Ephemeride (2).

1.3. Eine Blazhkoperiode in Phase bei HO Her:

Das (B-R) Diagramm in Abb. 6 zeigt, dass die Ankunftszeiten der SWASP Max. möglicherweise regelmäßig innerhalb von $\pm 0,01$ d variieren, während, wie weiter oben dargestellt, sich aus den Variationen in Amplitude eine sekundäre Periode nicht ableiten ließ. Bei einer Periode von 17,4 d zeigte das Periodensuchprogramm einen deutlichen Ausschlag. Daraus und mit der Anfangsepoche JD 2453162 der Blazhkoperiode wurde das Diagramm in Abb. 7 erstellt.

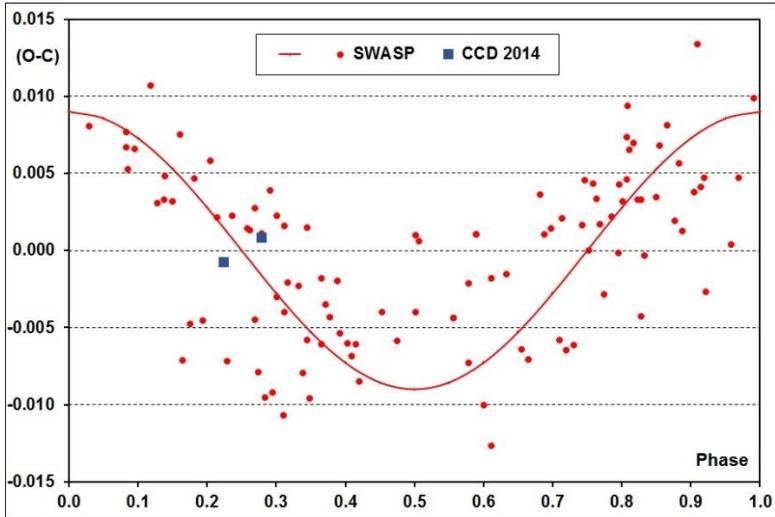


Abb.7: Die mit der Blazhkoperiode reduzierten Zeitpunkte der Max.

1.4. Das langfristige Verhalten der Periode:

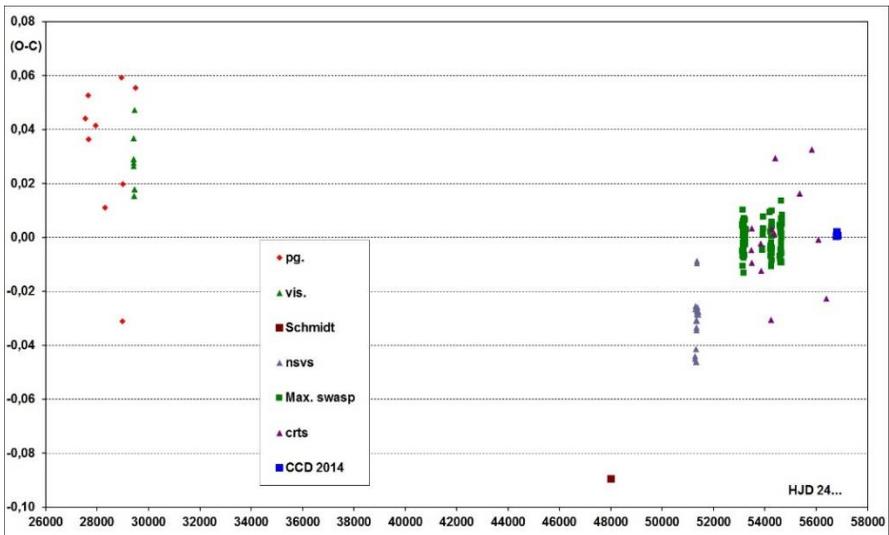


Abb.8: Das (B-R.) Diagramm aller vorhandenen Max., reduziert mit Ephemeride (2).

Im (B-R) Diagramm in Abb. (8) fügen sich die photographischen und visuellen Max. von Hoffmeister zwanglos ein und suggerieren, dass seit der Entdeckung die Periode konstant geblieben ist. Dagegen zeigt das isolierte CCD Max. von E.G. Schmidt [5] eine größere Abweichung. Die darauf folgenden, aus NSVS Daten abgeleiteten ungefähren Max. scheinen eine geringe kurzfristige Änderung der Periode zu bestätigen. Wegen der Lückenhaftigkeit der Beobachtungen können aber keine weitergehenden Schlüsse gezogen werden.

	3 UC 241-	Alpha	Delta	mag.	J-K	~Sp. Kl.
HO Her	122888	16 57 20.80	30 21 27.00	13,69	0,20	F5
C	122853	16 57 03.05	30 23 09.34	13,41	0,32	G5
C1	122839	16 56 55.34	30 28 49.26	13,47	0,28	F8
C2	122848	16 57 00.92	30 23 39.38	13,96	0,26	F5
C3	122793	16 56 31.16	30 23 45.88	13,48	0,34	G5
Csw	122877	16 57 13.23	30 23 37.80	12,77	0,36	G5
Vx	122798	16 56 31.36	30 22 22.33	13,98	0,42	G8

Tab. 2: Die Veränderlichen im Feld und ihre Vergleichssterne.
Die Spektralklasse wurde nach dem J-K Index geschätzt.

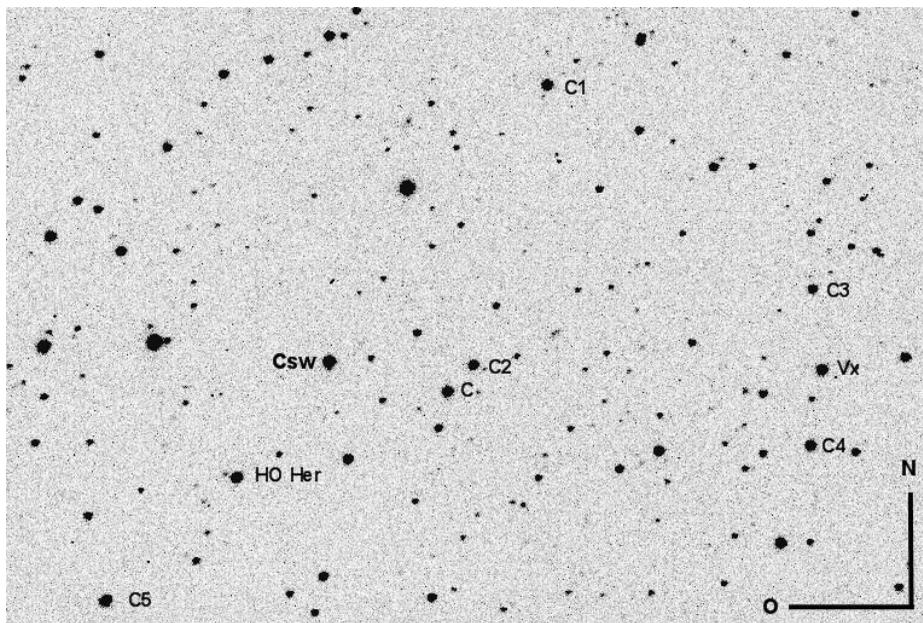


Abb. 9: Das 20 x 13' Feld der Kamera mit den Veränderlichen und ihre Vergleichssterne.

2. Vx: (16 56 31.98 +30 22 22.5), GSC 2589-00332, 2MASS J16563197+3022224

Wieder einmal hat mich das Auswertungsprogramm Muniwin [6] darauf hingewiesen, dass einer der gewählten Vergleichssterne starke Helligkeitsänderungen zeigt. Schon nach wenigen Serien wurde klar, dass es sich um einen Bedeckungsveränderlichen vom W UMa Typ handeln dürfte.

Eine Nachfrage nach Koordinaten beim VSX [7] zeigte aber, dass mir ROTSE [8] zuvor gekommen ist und der Stern unter der Bezeichnung ROTSE1 J165631.98 +302222.0 als vom EW Typ mit einer Periode von 0,411071 d gemeldet wurde [9].

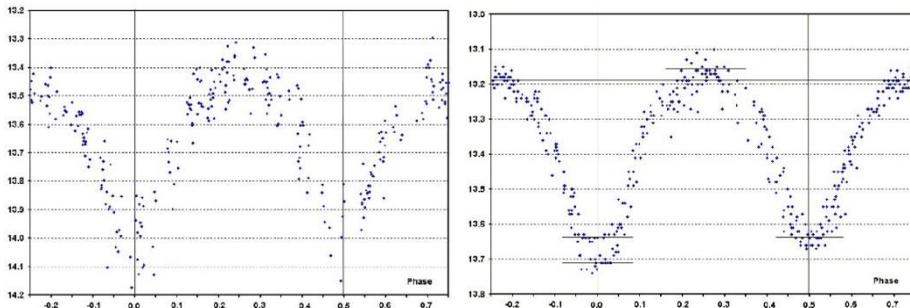


Abb. 10: Die aus Daten von ROTSE (links) und vom CRTS(rechts) gewonnenen Lks.

Diese Zuordnung wird durch die aus CRTS Daten gewonnene Lk (Abb. 10 rechts) bestätigt. Die etwas besser definierte Lk zeigt eine konstante Phase im Hauptminimum (HM) dessen Tiefe sich möglicherweise ändert.

Die aus den 2014er Messungen gewonnenen Lks (Abb. 11) bestätigen die konstante Phase im HM und dessen Dominanz gegenüber dem Nebenminimum (NM). Zukünftige Messreihen an diesen interessanten Veränderlichen könnten zeigen ob die Lk so variabel ist wie von CRTS angedeutet.

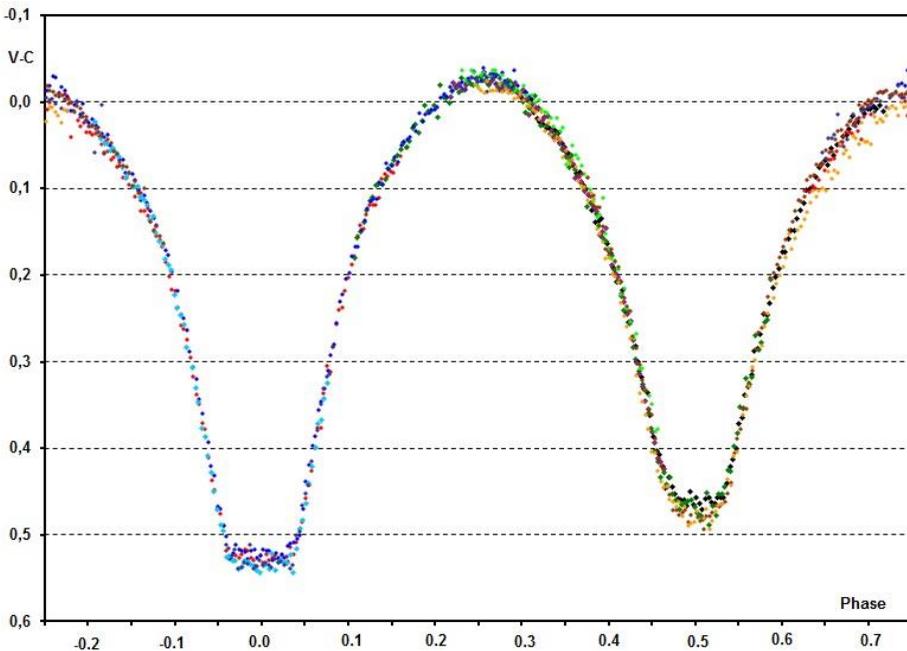


Abb. 11: Die aus den 2014er Messungen gewonnene Lk.

Aus den im Zeitraum vom 3.5.2004 bis zum 30.7.2008 gewonnenen Messreihen von SWASP konnten 138 Min. auf geschätzt +/- 0.001 d abgeleitet werden. Gegenüber der aus diesen Min. erhaltenen linearen Ephemeride, zeigen die aus den 2014er Daten gewonnenen drei HM und vier NM eine deutliche positive Abweichung. Erst die Einführung eines quadratischen Gliedes und somit die Annahme einer stetigen Verlängerung der Periode, führte zu einer überzeugenden Darstellung im (B-R) Diagramm (Abb. 12) auf Basis der Ephemeride

$$\text{HJD (min.)} = 2456797.5267 + 0.41111232 \times E + 2.625 \cdot 10^{-10} \times E^2 \quad (3)$$

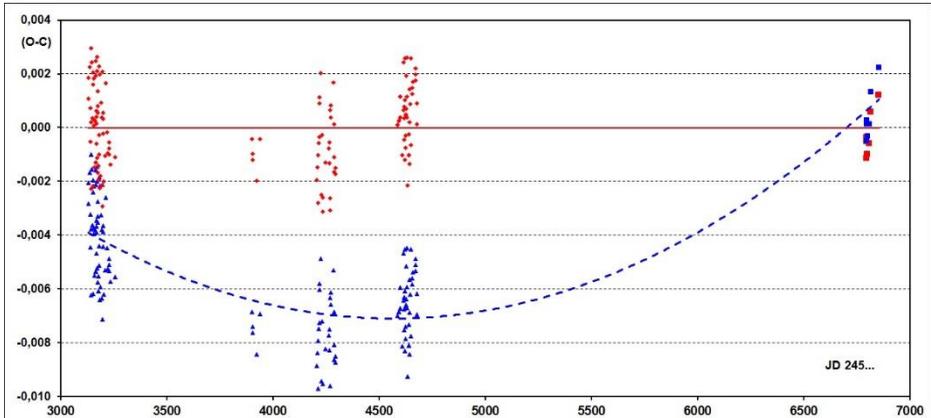


Abb. 12: Das (B-R) Diagramm aller Min. reduziert mit Ephemeride (3).

Eine Liste der Extrema von HO Her und ROTSE1 J165631.98 +302222.0 befindet sich im Anhang der PDF Version dieses Artikels auf der Homepage der BAV.

Literatur:

- [1] C. Hoffmeister et al., KVBB N24,1941
- [2] Collier Cameron et al., MNRAS, 373, Issue 2, pp. 799-810, arXiv:astro-ph/0609418
- [3] SKARKA M., Bright Blazhko RRab Lyrae stars observed by ASAS and the SuperWASP surveys, Astron. Astrophys., 562A, 90-90 (2014)
- [4] SuperWASP Public archive, <http://wasp.cerit-sc.cz/form>
- [5] SCHMIDT E.G., The Behlen observatory variable star survey: first results, AJ, 102, 1766-1776 (1991)
- [6] Motl, D., 2012, <http://c-munipack.sourceforge.net/>
- [7] VSX, <http://www.aavso.org/vsx/?view=search.top>
- [8] NSVS, <http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>
- [9] AKERLOF C et al., ROTSE all-sky surveys for variable stars. I. Test fields, AJ 119, 1901-1913 (2000)

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

Appendix 1: HO Her HJD (max.) = 2456802,4954(9) + 0,47269795(16) x E

Max. HJD	Epoch	weight	(O- C)	Obs.	camera
2453128.692	-7772	1	0.005	swasp	1.02
2453129.637	-7770	1	0.005	swasp	1.02
2453130.573	-7768	1	-0.005	swasp	1.02
2453137.658	-7753	1	-0.010	swasp	1.02
2453138.607	-7751	1	-0.007	swasp	1.02
2453139.553	-7749	1	-0.006	swasp	1.02
2453146.660	-7734	1	0.011	swasp	1.02
2453154.683	-7717	1	-0.002	swasp	1.02
2453155.629	-7715	1	-0.002	swasp	1.02
2453156.577	-7713	1	0.001	swasp	1.02
2453157.523	-7711	1	0.002	swasp	1.02
2453158.471	-7709	1	0.004	swasp	1.02
2453163.673	-7698	1	0.006	swasp	1.02
2453164.615	-7696	1	0.003	swasp	1.02
2453165.563	-7694	1	0.006	swasp	1.02
2453166.504	-7692	1	0.001	swasp	1.02
2453167.444	-7690	1	-0.004	swasp	1.02
2453172.635	-7679	1	-0.013	swasp	1.02
2453173.586	-7677	1	-0.007	swasp	1.02
2453174.532	-7675	1	-0.007	swasp	1.02
2453175.481	-7673	1	-0.003	swasp	1.02
2453176.425	-7671	1	-0.004	swasp	1.02
2453181.632	-7660	1	0.003	swasp	1.02
2453182.579	-7658	1	0.005	swasp	1.02
2453183.522	-7656	1	0.002	swasp	1.02
2453184.469	-7654	1	0.004	swasp	1.02
2453185.412	-7652	1	0.001	swasp	1.02
2453191.557	-7639	1	0.001	swasp	1.02
2453192.501	-7637	1	0.000	swasp	1.02
2453193.451	-7635	1	0.005	swasp	1.02
2453199.599	-7622	1	0.007	swasp	1.02
2453200.539	-7620	1	0.002	swasp	1.02
2453201.485	-7618	1	0.003	swasp	1.02
2453209.512	-7601	1	-0.006	swasp	1.02
2453219.447	-7580	1	0.002	swasp	1.02
2453227.484	-7563	1	0.003	swasp	1.02
2453228.433	-7561	1	0.007	swasp	1.02
2453236.463	-7544	1	0.001	swasp	1.02
2453237.405	-7542	1	-0.002	swasp	1.02
2453245.443	-7525	1	0.000	swasp	1.02
2453246.392	-7523	1	0.003	swasp	1.02
2453254.426	-7506	1	0.001	swasp	1.02
2453255.368	-7504	1	-0.002	swasp	1.02
2453263.409	-7487	1	0.003	swasp	1.02
2453856.639	-6232	1	-0.003	swasp	1.43
2453882.634	-6177	1	-0.006	swasp	1.43
2453885.469	-6171	1	-0.007	swasp	1.43
2453901.544	-6137	1	-0.004	swasp	1.46
2453901.549	-6137	1	0.001	swasp	1.43
2453902.489	-6135	1	-0.004	swasp	1.46
2453902.489	-6135	1	-0.004	swasp	1.43
2453903.437	-6133	1	-0.002	swasp	1.43
2453920.457	-6097	1	0.001	swasp	1.46
2453920.457	-6097	1	0.001	swasp	1.43
2453945.517	-6044	1	0.008	swasp	1.43
2453946.461	-6042	1	0.007	swasp	1.43
2453946.462	-6042	1	0.008	swasp	1.46
2453947.403	-6040	1	0.003	swasp	1.46
2454194.615	-5517	1	-0.006	swasp	1.43
2454202.664	-5500	1	0.007	swasp	1.43
2454202.666	-5500	1	0.009	swasp	1.46

2454210.688	-5483	1	-0.004	swasp	1.46
2454212.579	-5479	1	-0.004	swasp	1.46
2454219.676	-5464	1	0.002	swasp	1.46
2454228.652	-5445	1	-0.003	swasp	1.46
2454230.539	-5441	1	-0.007	swasp	1.46
2454247.561	-5405	1	-0.002	swasp	1.46
2454256.548	-5386	1	0.004	swasp	1.46
2454257.490	-5384	1	0.000	swasp	1.46
2454263.624	-5371	1	-0.011	swasp	1.46
2454264.574	-5369	1	-0.006	swasp	1.46
2454265.517	-5367	1	-0.008	swasp	1.46
2454266.465	-5365	1	-0.006	swasp	1.46
2454273.567	-5350	1	0.006	swasp	1.46
2454275.462	-5346	1	0.010	swasp	1.46
2454283.484	-5329	1	-0.004	swasp	1.46
2454284.434	-5327	1	0.001	swasp	1.46
2454291.528	-5312	1	0.004	swasp	1.46
2454292.474	-5310	1	0.005	swasp	1.46
2454584.601	-4692	1	0.004	swasp	1.46
2454591.680	-4677	1	-0.007	swasp	1.46
2454593.570	-4673	1	-0.008	swasp	1.46
2454600.672	-4658	1	0.004	swasp	1.46
2454618.633	-4620	1	0.002	swasp	1.46
2454619.578	-4618	1	0.002	swasp	1.46
2454620.525	-4616	1	0.003	swasp	1.46
2454621.469	-4614	1	0.002	swasp	1.46
2454626.662	-4603	1	-0.005	swasp	1.46
2454627.605	-4601	1	-0.007	swasp	1.46
2454628.548	-4599	1	-0.009	swasp	1.46
2454629.495	-4597	1	-0.008	swasp	1.46
2454630.443	-4595	1	-0.005	swasp	1.46
2454636.598	-4582	1	0.005	swasp	1.46
2454637.542	-4580	1	0.003	swasp	1.46
2454638.491	-4578	1	0.007	swasp	1.46
2454639.443	-4576	1	0.013	swasp	1.46
2454645.576	-4563	1	0.001	swasp	1.46
2454646.518	-4561	1	-0.002	swasp	1.46
2454647.462	-4559	1	-0.003	swasp	1.46
2454655.501	-4542	1	0.000	swasp	1.46
2454656.448	-4540	1	0.001	swasp	1.46
2454663.528	-4525	1	-0.009	swasp	1.46
2454664.473	-4523	1	-0.010	swasp	1.46
2454665.422	-4521	1	-0.006	swasp	1.46
2454672.525	-4506	1	0.007	swasp	1.46
2454673.472	-4504	1	0.008	swasp	1.46
2454674.414	-4502	1	0.005	swasp	1.46
2456802.495	0	10	0.000	2014	CCD
2456803.442	2	10	0.001	2014	CCD
2456854.492	110	10	0.000	2014	CCD

Appendix 2: Min. ROTSE1 J165631.98 +302222.0

$$(O-C) \text{ I: HJD (min.)} = 2456797.5267 + 0.4111109465 \times E$$

$$(O-C) \text{ II: HJD (min.)} = 2456797.5267 + 0.411111232 \times E + 2.625 \times 10^{-10} \times E^2$$

Min. HJD	Epoch	Min.	(O- C) I	(O- C) II	Obs.	camera
2453129.606	-8922	Min I	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453130.633	-8920	Min II	-0.003	0.001	swasp	1.02
2453137.623	-8903	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453138.648	-8900	Min I	-0.004	-0.001	swasp	1.02
2453139.677	-8898	Min II	-0.003	0.001	swasp	1.02
2453141.524	-8893	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453142.557	-8891	Min II	-0.001	0.003	swasp	1.02
2453143.582	-8888	Min I	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453144.612	-8886	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453150.571	-8871	Min I	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453151.600	-8869	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453152.624	-8866	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453153.656	-8864	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453154.478	-8862	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453155.504	-8859	Min I	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453156.532	-8857	Min II	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453157.558	-8854	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453162.493	-8842	Min I	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453163.523	-8840	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453164.547	-8837	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453164.547	-8837	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.46 I
2453165.578	-8834.5	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453166.604	-8832	Min I	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453167.632	-8829.5	Min II	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453168.660	-8827	Min I	-0.003	0.001	swasp	1.02
2453169.481	-8825	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453170.512	-8822.5	Min II	-0.001	0.003	swasp	1.02
2453171.536	-8820	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453172.567	-8817.5	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453173.591	-8815	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453174.621	-8812.5	Min II	-0.004	0.001	swasp	1.02
2453175.444	-8810.5	Min II	-0.003	0.001	swasp	1.02
2453175.649	-8810	Min I	-0.003	0.001	swasp	1.02
2453176.469	-8808	Min I	-0.006	-0.001	swasp	1.02
2453178.524	-8803	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453179.556	-8800.5	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453180.581	-8798	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453181.609	-8795.5	Min II	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453183.457	-8791	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453184.489	-8788.5	Min II	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453185.513	-8786	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453190.449	-8774	Min I	-0.003	0.001	swasp	1.02
2453192.504	-8769	Min I	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453194.557	-8764	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453195.584	-8761.5	Min II	-0.007	-0.003	swasp	1.02
2453197.439	-8757	Min I	-0.002	0.002	swasp	1.02
2453198.465	-8754.5	Min II	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453199.493	-8752	Min I	-0.004	0.001	swasp	1.02
2453200.520	-8749.5	Min II	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453201.546	-8747	Min I	-0.006	-0.002	swasp	1.02
2453207.508	-8732.5	Min II	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453212.444	-8720.5	Min II	-0.003	0.002	swasp	1.02
2453219.431	-8703.5	Min II	-0.004	0.000	swasp	1.02
2453220.458	-8701	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453226.419	-8686.5	Min II	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453227.447	-8684	Min I	-0.005	-0.001	swasp	1.02

2453228.475	-8681.5	Min II	-0.005	-0.001	swasp	1.02
2453235.463	-8664.5	Min II	-0.006	-0.001	swasp	1.02
2453255.402	-8616	Min I	-0.006	-0.001	swasp	1.02
2453902.487	-7042	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 I
2453903.514	-7040	Min II	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2453904.542	-7037	Min I	-0.007	-0.001	swasp	1.46 I
2453923.452	-6991	Min I	-0.008	-0.002	swasp	1.46 I
2453938.459	-6955	Min II	-0.007	0.000	swasp	1.46 I
2454206.706	-6302	Min I	-0.009	-0.002	swasp	1.46 I
2454210.612	-6293	Min II	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2454212.668	-6288	Min II	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2454213.694	-6285	Min I	-0.010	-0.003	swasp	1.46 I
2454216.574	-6278	Min I	-0.007	-0.001	swasp	1.46 I
2454217.602	-6276	Min II	-0.007	0.000	swasp	1.46 I
2454218.631	-6273	Min I	-0.006	0.001	swasp	1.46 I
2454219.659	-6271	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 I
2454225.621	-6256	Min I	-0.005	0.002	swasp	1.46 I
2454227.672	-6251	Min I	-0.009	-0.003	swasp	1.46 I
2454230.552	-6244	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 I
2454233.633	-6237	Min II	-0.010	-0.003	swasp	1.46 I
2454235.688	-6232	Min II	-0.010	-0.003	swasp	1.46 I
2454247.612	-6203	Min II	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2454262.618	-6166	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2454265.496	-6159	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2454266.523	-6156.5	Min II	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2454267.549	-6154	Min I	-0.010	-0.003	swasp	1.46 I
2454268.581	-6151.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 I
2454269.605	-6149	Min I	-0.010	-0.003	swasp	1.46 I
2454271.458	-6144.5	Min II	-0.007	0.000	swasp	1.46 I
2454273.514	-6139.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 I
2454285.437	-6110.5	Min II	-0.005	0.002	swasp	1.46 I
2454286.462	-6108	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 I
2454287.491	-6105.5	Min II	-0.007	0.000	swasp	1.46 I
2454288.517	-6103	Min I	-0.009	-0.002	swasp	1.46 I
2454294.478	-6088.5	Min II	-0.009	-0.002	swasp	1.46 I
2454295.506	-6086	Min I	-0.008	-0.002	swasp	1.46 I
2454586.573	-5378	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454586.573	-5378	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454593.562	-5361	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454593.562	-5361	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454597.674	-5351	Min I	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454597.674	-5351	Min I	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454600.551	-5344	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454600.551	-5344	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454609.594	-5322	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 II
2454613.503	-5312.5	Min II	-0.005	0.002	swasp	1.46 II
2454614.529	-5310	Min I	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454618.639	-5300	Min I	-0.008	0.000	swasp	1.46 II
2454619.462	-5298	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454619.668	-5297.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454620.492	-5295.5	Min II	-0.005	0.003	swasp	1.46 II
2454621.516	-5293	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 II
2454622.546	-5290.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454623.572	-5288	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 II
2454624.601	-5285.5	Min II	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454625.628	-5283	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454626.451	-5281	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454627.479	-5278.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454628.508	-5276	Min I	-0.005	0.002	swasp	1.46 II
2454629.535	-5273.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454630.562	-5271	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454631.592	-5268.5	Min II	-0.004	0.003	swasp	1.46 II
2454632.615	-5266	Min I	-0.009	-0.002	swasp	1.46 II
2454639.605	-5249	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 II

2454640.428	-5247	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454641.455	-5244.5	Min II	-0.008	-0.001	swasp	1.46 II
2454642.484	-5242	Min I	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2454643.513	-5239.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454644.538	-5237	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 II
2454645.568	-5234.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454649.472	-5225	Min I	-0.008	-0.001	swasp	1.46 II
2454650.503	-5222.5	Min II	-0.005	0.003	swasp	1.46 II
2454655.435	-5210.5	Min II	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454656.463	-5208	Min I	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454657.491	-5205.5	Min II	-0.005	0.002	swasp	1.46 II
2454670.441	-5174	Min I	-0.005	0.002	swasp	1.46 II
2454671.469	-5171.5	Min II	-0.005	0.002	swasp	1.46 II
2454672.497	-5169	Min I	-0.005	0.002	swasp	1.46 II
2454677.429	-5157	Min I	-0.006	0.001	swasp	1.46 II
2454678.456	-5154.5	Min II	-0.007	0.000	swasp	1.46 II
2456796.4992	-2.5	Min II	0.0003	-0.0004	2014	CCD
2456797.5262	0	Min I	0.0005	-0.0011	2014	CCD
2456798.5546	2.5	Min II	0.0001	-0.0005	2014	CCD
2456802.4597	12	Min I	0.0003	-0.0010	2014	CCD
2456809.4490	29	Min I	0.0001	-0.0006	2014	CCD
2456815.4113	43.5	Min II	0.0013	0.0006	2014	CCD
2456854.4676	138.5	Min II	0.0022	0.0012	2014	CCD