

CP Ori – eine Re-Analyse

Stephan Bakan

Abstract: *The unusually big scatter of historic minimum dates of the eclipsing binary CP Ori in the LKDB of the BAV - especially of results from photographic plates - has been substantially decrease by reanalyzing the original publications. Together with new observations this improved time series of minima hints at a continuous reduction of the eclipsing period. New elements with a quadratic term are proposed, that represent the reanalyzed historic minimum observations now within about ± 1 hour.*

1. Einleitung

Im BAV Rundbrief 2/2008 habe ich über meine neuen Beobachtungen von CP Ori berichtet und deren Einordnung in die wenigen anderen Messungen der letzten Jahrzehnte. Wie Abb. 1 zeigt, enthält die LKDB relativ viele Ergebnisse aus der Zeit vor 1960, wobei aber die z. T. ungewöhnlich starke Streuung die Ableitung schlüssiger Elemente behindert. Da meine Neugierde geweckt war, habe ich nach den Ursachen für diese Abweichungen durch das Studium möglichst vieler Originalquellen gesucht. Dabei haben sich interessante Einsichten und eine weitgehende Klärung der bisherigen Unsicherheiten ergeben. Werner Braune möchte ich hier für seine Anregungen und die geduldige Unterstützung meines kleinen Projektes danken.

Der Schlüssel zum Verständnis der großen Streuung liegt vor allem in der langen Minimumszeit von fast 7 Stunden. Dadurch ist es sehr unwahrscheinlich, in einer Nacht Ab- und Anstieg der LK zu erfassen. So muss aus einzelnen Teilstücken die LK verschiedener Beobachtungsabende reduziert werden. Oder man versucht aus einer guten Schätzung von Anfang oder Ende des Minimumlichts mit Hilfe der halben Minimallichtdauer „d“ auf den Zeitpunkt des Minimums zu schließen. Wie ich aber im letzten Beitrag schon geschrieben habe, ist das aus meinen Beobachtungen abgeschätzte d deutlich größer als der Wert im BAV Circular 2008 und führt damit zur Frage nach der Ursache für diesen Unterschied und nach dem wirklich gültigen Wert.

2. Die Datenquellen

Wie man aus Tab. 1 der in der LKDB archivierten Minima sieht, sind es im Wesentlichen einige wenige Beobachter, die jeweils mehrere der Datenpunkte beitragen. Dabei streuen unter den Angaben aus den 50er-Jahren vor allem die Beobachtungen von Häußler und Ahnert auffallend. Deren Originalpublikationen im Harthaer Beobachtungszirkular und den Mitteilungen über veränderliche Sterne der Sternwarte Sonneberg konnte mir Werner Braune aus BAV-Beständen kopieren.

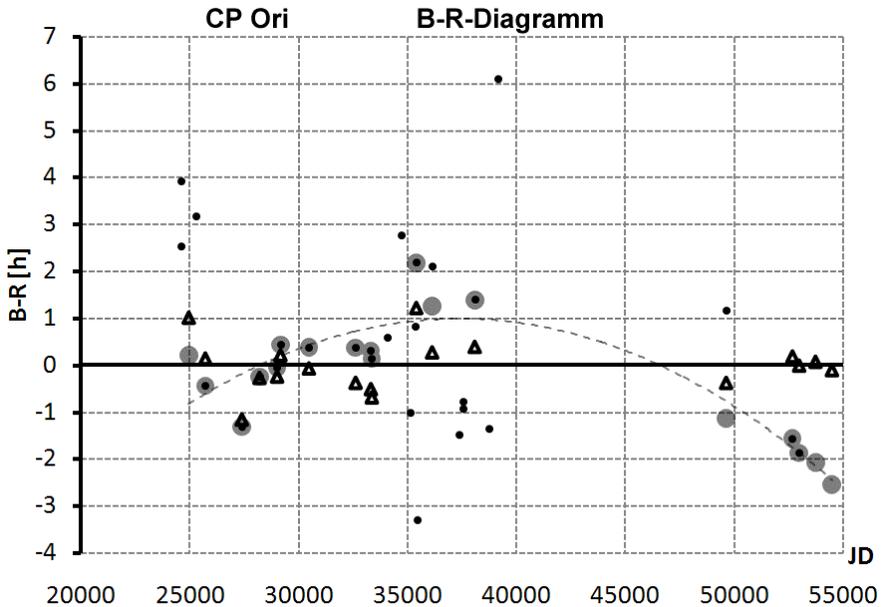


Abb. 1: B-R-Diagramm für CP Ori. Die schwarzen Punkte stehen für die Einträge in der LKDB und die großen grauen Punkte (mit der zugehörigen gestrichelten Ausgleichskurve) für die korrigierten Daten nach Tab. 1, Spalte 5. Die Dreiecke geben die Abweichung dieser korrigierten Minima von der Rechnung mit den neu vorgeschlagenen Elementen mit quadratischem Term an (vgl. Kap. 5).

Auch die ersten Ergebnisse von Prager aus den 20er-Jahren weichen sehr stark von der von Kreiner (2004) angegebenen „Ausgleichsgeraden“ ab. Sie sind in den *Astronomischen Nachrichten* von 1928 veröffentlicht, die ebenso wie die *Acta Astronomica* von 1974 mit den Ergebnissen von Szafraniec nicht im BAV-Archiv vorhanden sind. Bei der Suche nach diesen Quellen im Internet bin ich auf der vom SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS) verlinkten Seite der ESO „http://esoads.eso.org/journals_service.html“ fündig geworden. Hier kann man für eine Reihe von interessanten und sonst nicht leicht zugänglichen astronomischen Zeitschriften die gescannten Artikel frei aufrufen und herunterladen.

Am schwierigsten schien mir die Literaturquelle für die Beobachtungen von Martynov zu sein, der seine Beobachtungen 1951 in den *Mitteilungen des Observatoriums Engelhardt der Universität von Kasan* in russischer Sprache veröffentlicht hat. Hier stellten sich aber die Bibliothek der Hamburger Sternwarte in Bergedorf als gut sortiert und großzügig zugänglich und meine Russischkenntnisse als ausreichend heraus.

Letztlich war es als doch keine so ganz große Kunst an die wesentlichen Datenquellen heran zu kommen.

Min. [HJD]	Fotom.	Beobachter	Quelle	Min. korr.[HJD]
2424590.3600	P	Guthnick&Prager	AN 233.35	
2424590.3020	F	Guthnick & Prager	AN 233.35	2424946.6800
2425271.3540	F	Prager [Kämper]	KVBB 6	
2425707.4860	V	M.Beyer	BZ 38	2425707.4860
2427383.4110	V	D.J.Martynoff	IKZ 26.53	2427383.4110
2428197.4940	V	D.J.Martynoff	IKZ 26.53	2428197.4940
2429006.2200	V	D.J.Martynoff	IKZ 26.53	2429006.2200
2429160.5350	V	D.J.Martynoff	IKZ 26.53	2429160.5350
2430469.3790	V	D.J.Martynoff	IKZ 26.53	2430469.3790
2432613.5450	V	R.Szafraniec	AAC 4.113	2432613.5450
2433315.8500	F	S.Kaho	BTOK 30.219	2433315.8500
2433358.4070	V	R.Szafraniec	AAC 5.7	2433358.4070
2434087.3360	P	P.Ahnert	MVS 643	
2434720.5680	P	P.Ahnert	MVS 643	
2435135.4100	P	P.Ahnert	MVS 643	
2435369.5890	P	P.Ahnert	MVS 643	
2435401.5690	P	P.Ahnert	MVS 643	2435401.5690
2435454.5460	P	P.Ahnert	MVS 643	
2436130.4760	V	R.Szafraniec	AA 8.191	2436130.4410
2437375.3270	P	P.Ahnert	MVS 643	
2437561.5680	P	P.Ahnert	MVS 643	
2437577.5350	P	P.Ahnert	MVS 643	
2438088.3950	P	K.Häussler	HABZ 95	2438088.3950
2438753.3450	P	K.Häussler	HABZ 95	
2439179.2960	P	K.Häussler	HABZ 95	
2449644.5388	E	W.Moschner	BAVM 90	2449644.4430
2452693.0790	V	R.Meyer	BAVM 157	2452693.0790
2453001.6560	V	R.Meyer	BAVM 171	2453001.6560
	V	R.Meyer	OEJV0028	2453751.8400
	C	S.Bakan		2454507.3330

Tab. 1: Angaben der LKDB (erste 4 Spalten) und korrigierte Minima (5. Spalte). Spalte Fotometrie: C-CCD, E-Fotometer, F-Fotoserie, P- Plattenschwächung, V-Visuell

3. Stabilität der Lichtkurve

Wegen der früher angemerkten Differenz zwischen meinem beobachteten und dem bei der BAV tabellierten Wert der Länge des Minimumlichtes d habe ich zunächst versucht, mir über die zeitliche Entwicklung der LK von CP Ori Klarheit zu verschaffen.

Dazu konnte man vor allem die visuellen Beobachtungen von Martynov(1951) nutzen. Der gibt in einem Tabellenanhang 582 einzelne Beobachtungen aus der Zeit von 1933 bis 1943 an. Diese weisen Helligkeiten zwischen etwa 10.1 und 11.1 mag auf, was übrigens um ca. 1mag heller als in den BAV-Elementen angegeben ist. Etwa 100

dieser Beobachtungen zeigen eine verminderte Helligkeit in der Nähe von Min I, woraus Martynov eine recht detaillierte LK erstellen konnte. Diese wurde in Abb. 2 (schwarze Punkte) so über meine LK geschoben, dass sie optimal zusammen passen. Dann habe ich von den angegebenen Helligkeitswerten 10.0 mag abgezogen, um im Minimum etwa mit dem von mir bestimmten Helligkeitsniveau überein zu stimmen.

Erwähnt werden sollte noch, dass sich bei den von Martynov angegebenen Datenpunkten offenbar ein Druckfehler bei einem Wert im ansteigenden Ast der LK eingeschlichen hat. Verschiebt man den betroffenen Wert etwas zu einer plausiblen Phase (von 0.1028 nach 0.1128 in den ursprünglichen Daten), so ergibt sich die durch die grauen Kreise gekennzeichnete LK, die nur an der erwähnten Stelle von den schwarzen Kreisen abweicht. Diese Kurve stimmt in ihrem Verlauf bemerkenswert gut mit meiner im Feb. 08 aufgenommenen LK überein.

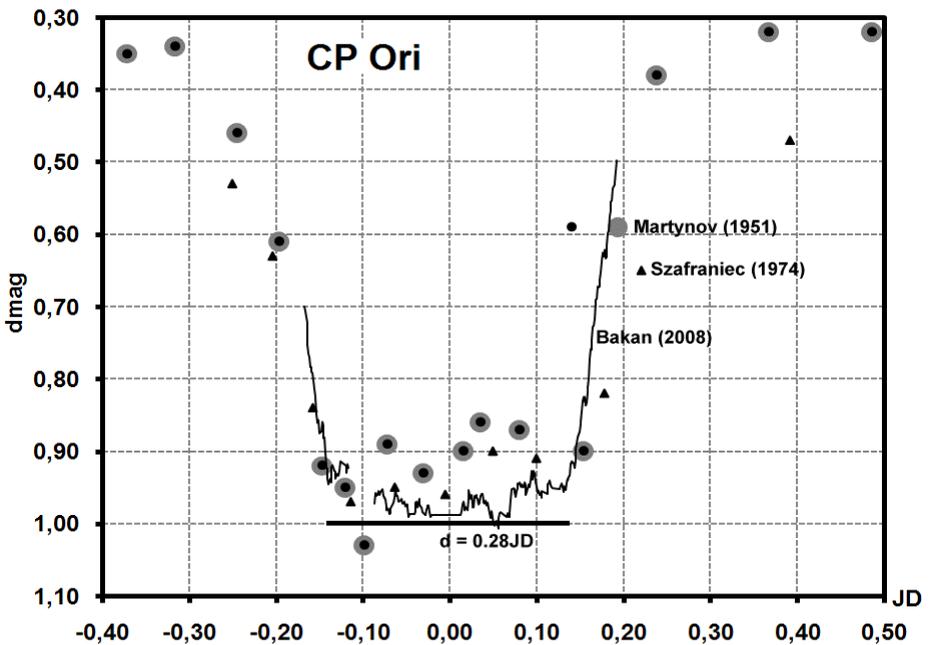


Abb. 2: LK von CP Ori aus verschiedenen Perioden. Die Daten von Bakan (2008) sind über jeweils 5 benachbarte Messpunkte gleitend gemittelt. Vgl. Text zu den beiden Werten von Martynov (1951) im Anstieg bei ca. 0,6 $d\text{mag}$.

Die Beobachtungen von Szafraniec aus den 50er-Jahren, die erst 1974 zusammenfassend veröffentlicht wurden, ergeben ebenfalls eine recht gut belegte LK für einen Vergleich. Auch er hat etwa 100 visuelle Helligkeitsschätzungen in der Nähe von Min I gemacht, die sich zu einer recht gut definierten LK zusammenfassen ließen (Dreiecke in Abb. 2). Die Helligkeiten zeigen hier einen etwas geringeren Hub und

liegen zwischen ca. 11.4 und 11.9 mag. Für den Vergleich habe ich einen Wert von 10.9 mag abgezogen.

Wie man nun an Abb. 2 sieht, verhalten sich alle drei Lichtkurven bzgl. des Helligkeitsabfalls und -anstiegs bemerkenswert ähnlich. Ob die Unterschiede im Verlauf des Minimumlichtes signifikant sind konnte ich im Rahmen dieser Untersuchung nicht klären. Wie man aber aus Abb. 2 deutlich erkennt, kann man den Bereich des Minimumlichtes in allen Fällen mit 0.28d sehr gut beschreiben. Trotz einer gewissen Unsicherheit bei den etwas älteren Daten (bei denen jeder einzelne Datenpunkt das Mittel aus etwa 5-10 Einzelbeobachtungen darstellt) scheint mir der Wert im BAV Circular von 0,24d doch deutlich zu klein. Aber wichtiger als diese Korrektur ist der Schluss, dass sich die LK in den letzten 60 Jahren außer evtl. in Details des Minimumlichtes praktisch nicht verändert hat. Damit lassen sich andere Ergebnisse, die aus einer kleineren Anzahl von Einzelbeobachtungen gewonnen wurden, nun zuverlässig einordnen.

4. Neubewertung vorliegender Beobachtungen

In diesem Abschnitt will ich nun zeigen, welche Korrekturen an den in der LKDB gelisteten Minimumzeiten notwendig werden. Dazu gehe ich die einzelnen Angaben der Tab. 1 von den neueren zu den älteren Daten durch und gebe die korrigierten Werte in der 5. Spalte an.

Wie schon im BAV Rundbrief 2/2008 gezeigt, gibt es einen neueren Wert von Meyer aus dem Jahr 2007 nachzutragen und es muss der Wert von Moschner um mehrere Stunden korrigiert werden. Die Minimumzeiten von Beyer, Kaho und Martynov habe ich nicht weiter hinterfragt, da sie im B-R-Diagramm vergleichsweise unspektakulär erscheinen. Ähnliches gilt für die Daten von Szafraniec, bei denen es nur beim letzten Minimum offenbar einen kleineren Übertragungsfehler gegeben hat, der im neuen Eintrag in Tab. 1 korrigiert ist.

Es verbleiben die von Fotoplattenserien gewonnenen Ergebnisse, die offenbar anfällig für Fehlinterpretationen sind:

a. Häußler (1991)

Klaus Häußler hat Fotoplatten der Harthaer Himmelsüberwachung ausgewertet und 1991 im Harthaer Beobachtungszirkular drei Zeitangaben veröffentlicht. Während die erste Angabe ohne weitere Kommentare ist, steht hinter der 2. Angabe „Abstieg n=3“ und hinter der 3. „Anstieg n=3“. Da nicht wirklich klar ist, auf welchen Teil des An- oder Abstiegs sich die angegebenen Hinweise beziehen, sollte man diese beiden Einträge wohl besser ignorieren. Leider wird aus den Angaben aber auch nicht klar, mit welcher Sicherheit der erste genannte Termin das Min I repräsentiert, so dass man auch hier mit einer relativ großen Unsicherheit von einigen Stunden rechnen kann.

b. Ahnert (1962)

Paul Ahnert berichtet in den MVS 643 über die Untersuchung von 158 Fotoplatten aus den Jahren 1950-62, auf denen er in neun Fällen CP Ori mit geringerer Helligkeit gefunden und in einer Tabelle zusammengefasst hat. In der LKDB finden sich nun genau diese neun Einträge ohne Berücksichtigung der individuellen Phase als Minima wieder, was die weite Streuung der B-R-Werte um viele Stunden einfach erklärt. Ahnert gibt selbst eine Reduktion der Datenpunkte mit der damals üblichen Periode von 5.32053d zu einer Normal-LK an. Die Interpretation war für ihn aber wegen der sehr starken Streuung der Helligkeiten im Minimumbereich nicht einfach. Benutzt man die in Abb. 2 angegebene LK als Vergleich, so zeigt sich, dass die von Ahnert reduzierten Datenpunkte nur den Abstieg und etwa die erste Hälfte des Minimumlichtes darstellen. Daraus wurde nun ein einzelner Wert für das Minimum bei 2435401.569 geschätzt.

c. Guthnick und Prager (1928)

Diese beiden Autoren haben erstmals die veränderliche Natur von CP Ori aus der Analyse einer Fotoplattenserie erkannt und eine Minimumzeit angegeben. Sie berichten: „Beobachtet sind die drei Minima 2424946.43 - .50 (Helligkeit abnehmend), 4590.34 - .38, 5271.34 - .48 (zunehmend).“ Leider ist die Anzahl der benutzten Platten nicht klar genug angegeben, um die Genauigkeit dieser Auswertung gut einschätzen zu können. Auf jeden Fall scheint sich ihre Zeitangabe ähnlich wie bei Häußler nicht auf den Wert des Minimums selbst zu beziehen, sondern nur den Zeitraum vorliegender Daten anzugeben.

In der LKDB ist der Mittelwert des als konstant gemeldeten Beobachtungsintervalls (2424590.36) als erstes Minimum angegeben. Da aber heute bekannt ist, dass die Minimumhelligkeit viele Stunden andauert, kann dieser Mittelwert keine zuverlässige Schätzung der Minimumzeit darstellen und wird auch von den Autoren nicht als solches angeben.

Dagegen wird in der Originalarbeit eine Reduktion aller Datenpunkte vorgenommen, wofür aber aufgrund der geringen Datenzahl eine falsche Periode von 3.49233 Tagen (Aliasing!) verwendet wurde. Damit finden die Autoren ein Minimum bei 2424590.3020, das in der LKDB als zweite Eintragung für diesen Tag angegeben ist. Martynov (1951) hat, offenbar auf Grund der Kenntnis der korrekten Periode und Breite der LK aus seinen eigenen Beobachtungen, einen Wert von 2424946.68 für das Normalminimum von Guthnick und Prager angegeben, der mit meiner eigenen Schätzung sehr gut überein stimmt.

Den dritten Eintrag konnte ich mangels der Originalliteratur nicht prüfen. Aufgrund des Wertes von 2425271.354 vermute ich aber sehr stark, dass es sich hierbei nur um eine weitere Bearbeitung der erwähnten Daten bei zunehmender Helligkeit handelt, die ebenfalls fehlerhaft ist und daher entfallen sollte.

5. Schlussfolgerungen

Beschränkt man die Auswahl der Minimumzeitpunkte entsprechend dieser Diskussion auf die in Spalte 5 von Tab.1 angegebenen, so erhält man in Abb. 1 eine erheblich reduzierte Streuung der B-R-Werte (große graue Punkte). Diese Verbesserung zeigt sich auch in der zugehörigen Standardabweichung, die sich von 2,1 auf 1,3 Stunden reduziert. Gleichzeitig deutet sich nun eine langfristige Periodenänderung an mit zunehmenden Werten bis in die 50er-Jahre und einer Abnahme seither. Eine solche Krümmung der B-R-Kurve weist auf eine ständig abnehmende Periodenlänge hin, was durch eine Apsidendrehung der Umlaufbahn des Begleitsterns verursacht sein könnte.

Daher habe ich neue Elemente mit einem quadratischen Term berechnet:

$$R = 52501,536 + E \cdot (5,320434 - E \cdot 1,38 \cdot 10^{-8})$$

Das B-R-Diagramm mit diesen neuen Elementen ist in Abb. 1 durch die schwarzen Dreiecke dargestellt. Man erkennt, dass damit das B-R der neueren Messungen sehr klein wird und sich auch die Streuung der Beobachtungen vor 1960 noch weiter verringert. Die Standardabweichung beträgt nur noch 0,56 Stunden.

Damit scheint mir das Rätsel der großen Streuung der Beobachtungswerte für CP Ori in der LKDB weitgehend geklärt und ich empfehle die Datenbankeinträge entsprechend zu ändern. Für mich haben sich bei der genaueren Beschäftigung mit den Daten aber auch zusätzliche Fragen aufgetan, die ich in der nächsten Zeit sicher weiter verfolgen werde. Vor allem der genaue Verlauf der Minimumhelligkeit scheint mir interessant, da sich meine Beobachtung deutlich von den Verläufen bei Martynov und Szafraniec unterscheidet. Außerdem deutet sich im älteren Teil des B-R-Diagramms eine ca. 15-jährige Periode an, die aber durch aktuelle Messungen bestätigt werden müsste. Daher werde ich CP Ori in den nächsten Jahren auf meiner Beobachtungsliste behalten und empfehle, ihn auch weiterhin in den winterlichen Beobachtungsaufrufen auf der BAV Homepage zu belassen.

Verwendete Literatur:

- Ahnert, P. (1962): MVS 643
BAV Circular 2008 (Daten unterschiedlicher Quellen)
Guthnick, P und R. Prager (1928): AN 233.35
Kreiner, J.M. (2004): AA 54, 207-210
Martynov, D. J. (1951): IKZ 26.53
Meyer, R.; 2006: New Minimum Times of Eclipsing Binaries. OEJV, 28
Szafraniec, R. (1974): The Light-Curves of 13 Eclipsing Variables. AA 24, 89-117
Häußler, K. (1991): HABZ 95