

Neue Elemente für den RR Lyrae-Stern CI Andromedae

Herbert Achterberg

Abstract: In the last 13 years the times of maximum for the RR Lyrae star CI And calculated with the elements from the GCVS4 give (O-C)-values which has increased steadily to nearly two hours. Therefore new elements are derived from 12 observations between 1991 and 2004 with the result $E_0 = 2453059,3326$ [HJD] and $P = 0,4847256^d$. The new rather small (O-C)-values are discussed and the problems which arise by the determination of the times of maximum of RR Lyrae stars are described briefly.

Bei meinen Beobachtungen des RR Lyrae-Sterns CI Andromedae in den Jahren 2000 bis 2004 stellte ich fest, dass die mit den Elementen

$$E_0 = 2435718,448 \text{ [HJD]}, \quad P = 0,4847185^d \quad (1)$$

aus dem GCVS (4. Edition) [1] berechneten ($B-R$)-Werte der Maximumzeiten groß sind und ständig noch weiter ansteigen. Diese Feststellung wurde durch fremde Beobachtungen, die ich in der GEOS-Datenbank [2] fand, bestätigt. Die 75 beobachteten Maximumzeiten von CI And, die z.Zt. in der GEOS-Datenbank enthaltenen sind, teilen sich in zwei Bereiche auf: Im Zeitbereich vom 5.9.1951 bis zum 10.7.1967 zeigen die Beobachtungen sehr große Streuungen (-72^m bis $+184^m$) der mit den Elementen aus dem GCVS4 berechneten ($B-R$)-Werte. Im zweiten Zeitbereich, der durch eine Beobachtungslücke von 24 Jahren vom ersten Bereich getrennt ist und der vom 31.8.1991 bis zum 24.2.2003 reicht, steigen die mit den Elementen aus dem GCVS4 berechneten ($B-R$)-Werte mit nur relativ geringen Streuungen fast linear von 17^m bis 111^m an. Das zeigt das Diagramm des Bildes 1, in dem noch zwei Messpunkte aus eigenen Beobachtungen hinzugefügt wurden, ganz deutlich.

Da der zweite Beobachtungsbereich bereits 13 Jahre lang ist und die ($B-R$)-Werte stetig auf fast zwei Stunden angestiegen sind, scheint es gerechtfertigt zu sein, neue lineare Elemente für CI And aus den vorliegenden 12 Beobachtungen abzuleiten. Die für die Ableitung verwendeten Daten, die aus einer lichtelektrischen Messung (Hipparcos) sowie aus visuellen und vor allem aus CCD-Beobachtungsergebnissen bestehen, sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die visuellen Beobachtungen sind mit dem Gewicht 1 beaufschlagt, während den CCD-Beobachtungen einschließlich der lichtelektrischen Beobachtung Gewichte zwischen 6 und 8 zugeordnet werden. Die Wahl der Gewichte hat aber, soweit sie in Grenzen bleibt, keinen großen Einfluss auf das Rechenergebnis. Die Ausgleichsrechnung ergab die folgenden neuen Elemente für eine lineare Ephemeridenformel $t_{\max} = E_0 + P \times E$, wobei E_0 die Ausgangsepoche, P die Periode und E die Epochenzahl ist,

$$E_0 = 2453059,3326 \text{ [HJD]}, \quad P = 0,4847256^d. \quad (2) \\ \pm 0,0014 \quad \pm 0,0000004^d$$

Es wurde eine Ausgangsepoche gewählt, die neueren Datums ist und hohe Epochenzahlen in der nahen Zukunft vermeidet.

Tabelle 1. Daten zur Berechnung neuer Elemente für CI And

Datum	JD heliozentrisch	Gewicht	Methode der Beob.	Beobachter bzw. Projekt	$(B - R)_2$	
					[d]	[m]
31.08.91	2448500,0022	6	lichtelektr.	Hipparcos	-0,0018	-2,6
27.07.98	2451021,541	1	visuell	J. Vandenbroere	-0,0054	-7,7
30.09.98	2451087,459	1	visuell	J. Vandenbroere	-0,0100	-14,5
07.06.99	2451336,622	8	CCD	Rotse	0,0040	5,8
19.01.00	2451562,5002	8	CCD	H. Achterberg	0,0001	0,2
01.12.00	2451879,5134	8	CCD	H. Achterberg	0,0028	4,0
13.10.01	2452195,5525	8	CCD	A. Paschke	0,0008	1,2
22.02.03	2452693,3587	6	CCD	G. Maintz	-0,0061	-8,8
22.02.03	2452693,3662	8	CCD	H. Achterberg	0,0014	2,0
23.02.03	2452694,334	1	visuell	J. Vandenbroere	-0,0002	-0,4
24.02.03	2452695,306	1	visuell	J. Vandenbroere	0,0023	3,3
23.02.04	2453059,3310	8	CCD	H. Achterberg	-0,0016	-2,3

Die mit den neuen Elementen berechneten $(B-R)$ -Werte der zur Ableitung verwendeten Maximumzeiten sind in Tabelle 1 angegeben und außerdem deren Zeitabhängigkeit im Diagramm des Bildes 2 dargestellt. Man beachte die unterschiedlichen Ordinatenmaßstäbe in Bild 1 und Bild 2. Sieht man von einem Ausreißer (-14,5^m) einer visuellen Beobachtung ab, streuen die neuen $(B-R)$ -Werte zwischen -8,8^m und +5,8^m. Dieser immer noch ziemlich große Streubereich kann verschiedene Ursachen haben. Es ist denkbar, dass die Streuungen der $(B-R)$ -Werte wenigstens zum Teil real sind und durch Schwankungen der Pulsationsperiode verursacht werden, wie das z.B. bei Sternen mit Blazhko-Effekt der Fall ist. Erheblich wahrscheinlicher dürfte es aber sein, dass die relativ großen $(B-R)$ -Schwankungen im Wesentlichen durch die Toleranzen der ermittelten Maximumzeiten zu Stande kommen. Das zeigen ganz deutlich die beiden unabhängig voneinander durchgeführten CCD-Beobachtungen des Maximums am 22.2.2003, deren ermittelte Maximumzeiten um 10,8^m differieren! Die Toleranzen der ermittelten Maximumzeiten spielen also auch bei CCD-Beobachtungen eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Es ist seit langem bekannt, dass die Ermittlung der Maximumzeiten bei RR Lyrae-Sternen, von denen die $(B-R)$ -Werte unmittelbar abhängen, wegen der unsymmetrischen Lichtkurven dieser Veränderlichen problematisch ist. Das gilt besonders für flach verlaufende Lichtkurven, die nicht selten vorkommen, insbesondere bei Blazhko-Sternen zur Zeit des minimalen Helligkeitshubes. Leider sind in der GEOS-Datenbank keine Toleranzen der Maximumzeiten angegeben, so dass man auf Schätzungen angewiesen ist. Nach meinen Erfahrungen, muss man bei CCD-Beobachtungen von RR Lyrae-Sternen damit rechnen, dass die Toleranzen der ermittelten Maximumzeiten unter normalen Bedingungen und an Standorten, die bei Amateuren üblich sind, zwischen etwa $\pm 2^m$ und $\pm 5^m$ liegen. Bei flachen Lichtkurven und/oder ungünstigen atmosphärischen Verhältnissen können aber auch noch erheblich größere Toleranzen auftreten. Nur wenn die Lichtkurve im Maximum einen nicht flachen Verlauf hat, die atmosphärischen Bedingungen besonders günstig sind und die Periode nicht zu lang ist,

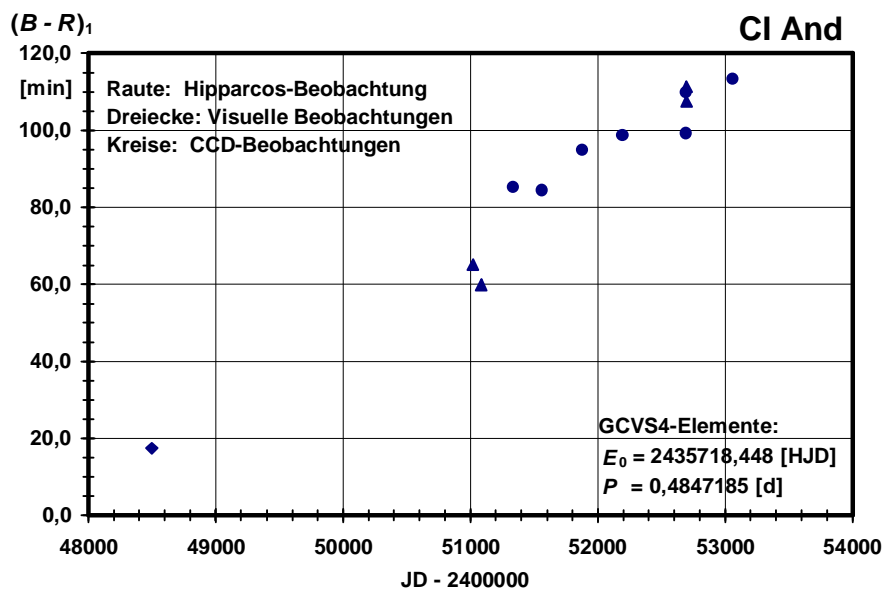


Bild 1. (B-R)-Diagramm von CI And-Maxima berechnet mit den GCVS4-Elementen (1)

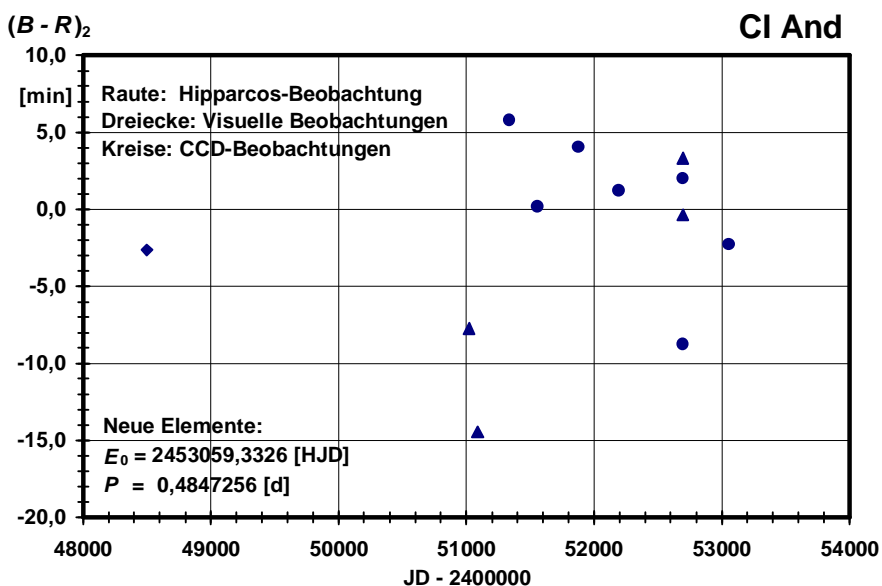


Bild 2. (B-R)-Diagramm von CI And-Maxima berechnet mit den neuen Elementen (2)

können Toleranzen merklich unter $\pm 2^m$ erreicht werden. Bei visuellen Beobachtungen sind unter den gleichen Bedingungen die Toleranzen der ermittelten Maximumzeiten naturgemäß deutlich größer als bei CCD-Beobachtungen.

Die ermittelten Maximumzeiten hängen auch von dem Verfahren ab, mit dem sie bestimmt werden. Zwischen den Ergebnissen des Polynomverfahrens, bei dem das Maximum eines Ausgleichspolynoms (oder einer anderen Ausgleichsfunktion) zur Ermittlung des Helligkeitsmaximums herangezogen wird, und den Werten, die die altbekannte Pogson-Methode liefert, kann es systematische Unterschiede geben. Die Anwendung der Pogson-Methode ist bei asymmetrischen Lichtkurven, die für RR Lyrae-Sterne typisch sind, problematisch. Diese Methode liefert aber einigermaßen zuverlässige Werte der Maximumzeit, wenn die Sekantenmittelpunkte nahezu auf einer Geraden liegen. Bei beiden Methoden ist eine Abhängigkeit vom Polynomgrad vorhanden. Schließlich hängt die Maximumzeit auch vom Spektralbereich ab, in dem beobachtet wird, weil der Spektraltyp von RR Lyrae-Sternen sich mit der Pulsationsperiode periodisch verändert. Diese Betrachtungen zeigen, dass die Ermittlung der Maximumzeiten und deren Toleranzen bei RR-Lyrae-Sternen eine komplexe Aufgabe darstellt.

Es gibt Computerprogramme, die die Maximumzeit und deren Toleranz ermitteln. Man sollte sich aber nicht blind auf die angegebenen Toleranzwerte verlassen, denn diese Programme können immer nur über eine statistische Analyse die intern zur Verfügung stehenden Daten, z.B. das Rauschen der Signale, in Betracht ziehen, während die externen Einflüsse, wie die atmosphärischen Störungen oder systematische Fehler dem Programm unbekannt sind und daher unberücksichtigt bleiben müssen.

Nach dieser kurzen Diskussion über die Probleme, die bei der Ermittlung der Maximumzeiten von RR Lyrae-Sternen und deren Toleranzen auftreten, scheint die Streuung der mit den neuen Elementen berechneten ($B-R$)-Werte von CI And nicht mehr unangemessen groß zu sein, sondern in einem Bereich zu liegen, mit dem man von vornherein rechnen muss.

Die angegebenen neuen Elemente gelten selbstverständlich erst ab der ersten, zu ihrer Ableitung verwendeten Beobachtung, also ab JD 2448500. Wie lange sie in der Zukunft gültig sein werden, können nur regelmäßige weitere Beobachtungen zeigen. Was in der großen zeitlichen Lücke zwischen den oben erwähnten beiden Beobachtungsbereichen geschah, ist unbekannt. Sicher ist nur, dass die neuen Elemente nicht im Zeitintervall des ersten Beobachtungsbereiches (1951 bis 1967) gelten. Es muss also mindestens eine größere Periodenänderung aufgetreten sein, die bei RR Lyrae-Sternen aber nicht ungewöhnlich ist. Ob die sehr große Streuung der ($B-R$)-Werte im ersten Beobachtungsbereich durch Ungenauigkeiten der vorwiegend photographischen Beobachtungen oder eventuell durch einen Blazhko-Effekt hervorgerufen wird, lässt sich nur durch weitere genauere Untersuchungen klären.

Literatur:

[1] GCVS4: <http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/>

[2] GEOS RR Lyrae stars database: <http://webast.ast.obs-mip.fr/people/leborgne/dbRR>

Herbert Achterberg, Liegnitzer Str.12, 22850 Norderstedt

Abstract: In the last 13 years the times of maximum for the RR Lyrae star CI And calculated with the elements from the GCVS4 yield (O-C)-values which increase steadily to nearly two hours. Therefore new elements are derived from observations between 1991 and 2004 with the result $E_0 = 2453059,3326$ [HJD] and $P = 0,4847256^d$. The new (O-C)-values and the problems which arise by the determination of the times of maximum by RR Lyrae stars are discussed.

Abstract: In the last 13 years the times of maximum for the RR Lyrae star CI And calculated with the elements from the GCVS4 give (O-C)-values which has increased steadily to nearly two hours. Therefore new elements are derived from 12 observations between 1991 and 2004 with the result $E_0 = 2453059,3326$ [HJD] and $P = 0,4847256^d$. The new rather small (O-C)-values are discussed and the problems which arise by the determination of the times of maximum of RR Lyrae stars are described briefly.