

Zur Variabilität der Periode von RZ Cephei

Dr. Peter Deeskow

Abstract: *A variability of the period of RZ Cep is known. Here this effect is analysed using data from the BAV database as well as own observations. Indications are given that a major component of the variability is a transistion between two different modes of oscillation.*

RZ Cep ist ein RR-Lyrae-Stern vom Typ RRC [1]. Eigene Beobachtungen vom 9.9.2021, 11.09.2023 und 24.09.2023 zeigen das entsprechende Doppelmaximum (Abbildung 1). Die Lichtkurven wurden mit einem 140-mm-Refraktor (f6) und einer ASI1600MM mit 10 s Belichtungszeit gewonnen. In 2021 wurde ein Grünfilter verwendet, in 2023 ein Johnson V-Filter. Die sich daraus ergebenden Zeitpunkte des zweiten, höheren Maximums sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die (O-C)-Werte für diese Maxima für die von AAVSO, GCVS und BAV [1,2,3] veröffentlichten Elemente, sind in Tabelle 2 dargestellt. Sie zeigen deutliche Unterschiede nicht nur in den absoluten Werten, sondern auch in der Veränderung über den Zeitraum von 2 Jahren. Der auf der Basis der BAV-Elemente berechnete (O-C)-Wert hat zwar den größten Betrag, ist aber im Rahmen der Messgenauigkeit nahezu unverändert. Die (O-C)-Werte auf der Basis von AAVSO bzw. GCVS ändern sich dagegen deutlich.

Für RZ Cep ist eine Variabilität der Periode bekannt [1,3]. Um zu untersuchen, wie die oben bemerkten Unterschiede sich in Trends über längere Zeiträume ausdrücken, wurden auch die (O-C)-Werte für alle von der BAV veröffentlichten Maxima [4] ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass sich die angegebenen Zeitpunkte jeweils auf das zweite, höhere Maximum beziehen. Das ist nicht gesichert und kann für einzelne Werte einen Fehler von ca. 0.03 d bedeuten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 darstellt.

Tabelle 1: Beobachtete Minima/Maxima von RZ Cep

	08.09.2021	11.09.2023	24.09.2023
Maximum (HJD)	59466.5451	60198.6022	60212.4901
Minimum (HJD)	59466.4045	60198.4644	60212.3611

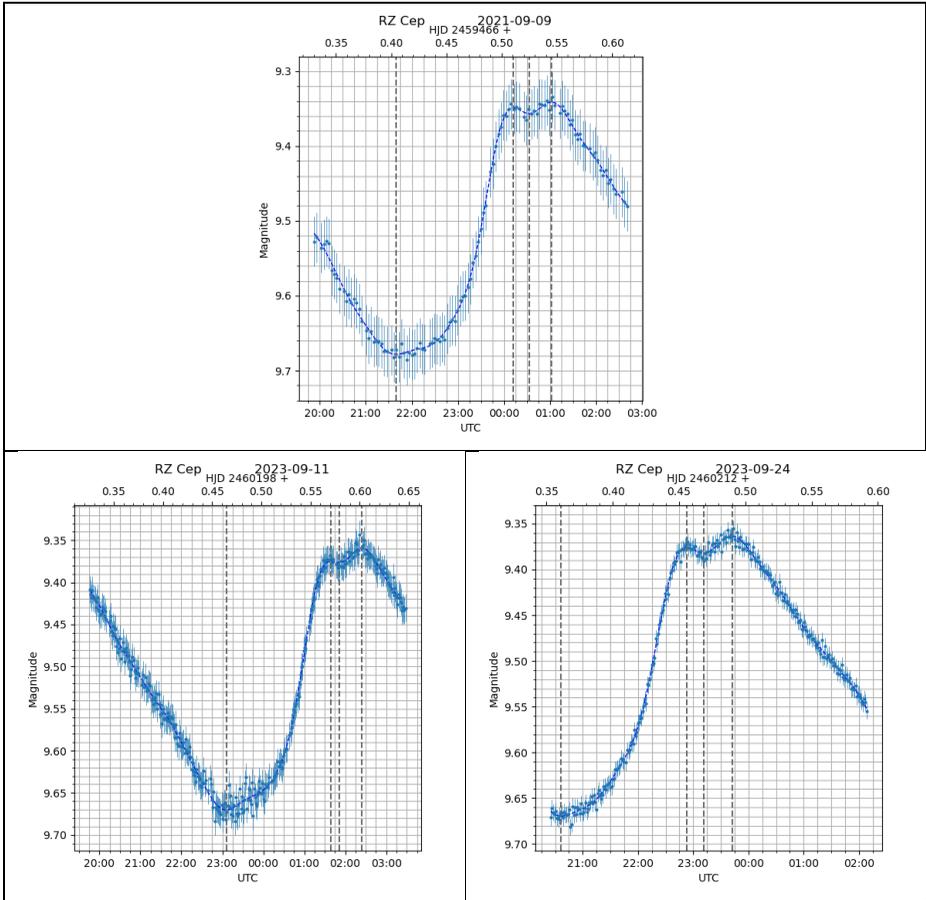


Abb.1: Lichtkurven von RZ Cep vom 9.9.2021, 11.9.2023, 24.09.2023

Tabelle 2: (O-C) für RZ Cep

	Epoche	Periode	O-C 08.09.2021	O-C 11.09.2023	O-C 24.09.2023
AAVSO	42635.374	0.30864291	-0.05271	-0.096602	-0.097656
GCVS	48500.0334	0.3086876	0.076023	-0.073873	-0.076938
BAV	54388.5221	0.30862684	-0.123025	-0.128798	-0.129129

Es können in den O-C Kurven deutlich verschiedene Phasen identifiziert werden, in den Diagrammen mit A, B, C, D markiert. Eine Arbeitshypothese, die konsistent mit den Beobachtungen ist, wäre das Vorhandensein zweier Modi mit unterschiedlicher Periode. Die Phasen A, C entsprechen dann einer Oszillation mit einer Periode, die etwas kürzer als die in den Elementen des GCVS angegebene ist. Phasen B, D können als Oszillation mit einer Periode interpretiert werden, die etwa der der BAV-Elemente entspricht. Leider ist die Datenbasis der jüngeren Vergangenheit in Phase D recht klein, die entsprechende Einschätzung also unsicher.

Auf der Basis der Hypothese zweier diskreter Oszillationsmodi können Elemente bestimmt werden, die konsistent mit den Beobachtungen sind. Dazu wird die Summe

$$\sum ((OC(i+1) - OC(i))^2 + OC(i)^2)$$

als Funktion von Epoche und Periode betrachtet und diejenigen Werte von Epoche und Periode bestimmt, die diese Summe für die Phasen A, C bzw. B, D minimieren. Summiert wird dabei über die Differenz aufeinanderfolgender (O-C)-Werte bzw. über die (O-C)-Werte selbst. Dabei entspricht der erste Term in der Summe der Forderung, dass die Änderung der (O-C)-Werte von Beobachtung zu Beobachtung möglichst klein sein soll. Der zweite Term besagt, dass (O-C) im Mittel möglichst um die Nulllinie liegt. Die Suche des globalen Minimums der Funktion von den Epochen für die Phasen A, B, C, D und den Perioden für die Phasen A, C bzw. B, D erfolgte mit dem Differential Evolution Algorithmus der SciPy Bibliothek [5]. Es ergeben sich die folgenden optimalen Elemente, vgl. Tabelle 3.

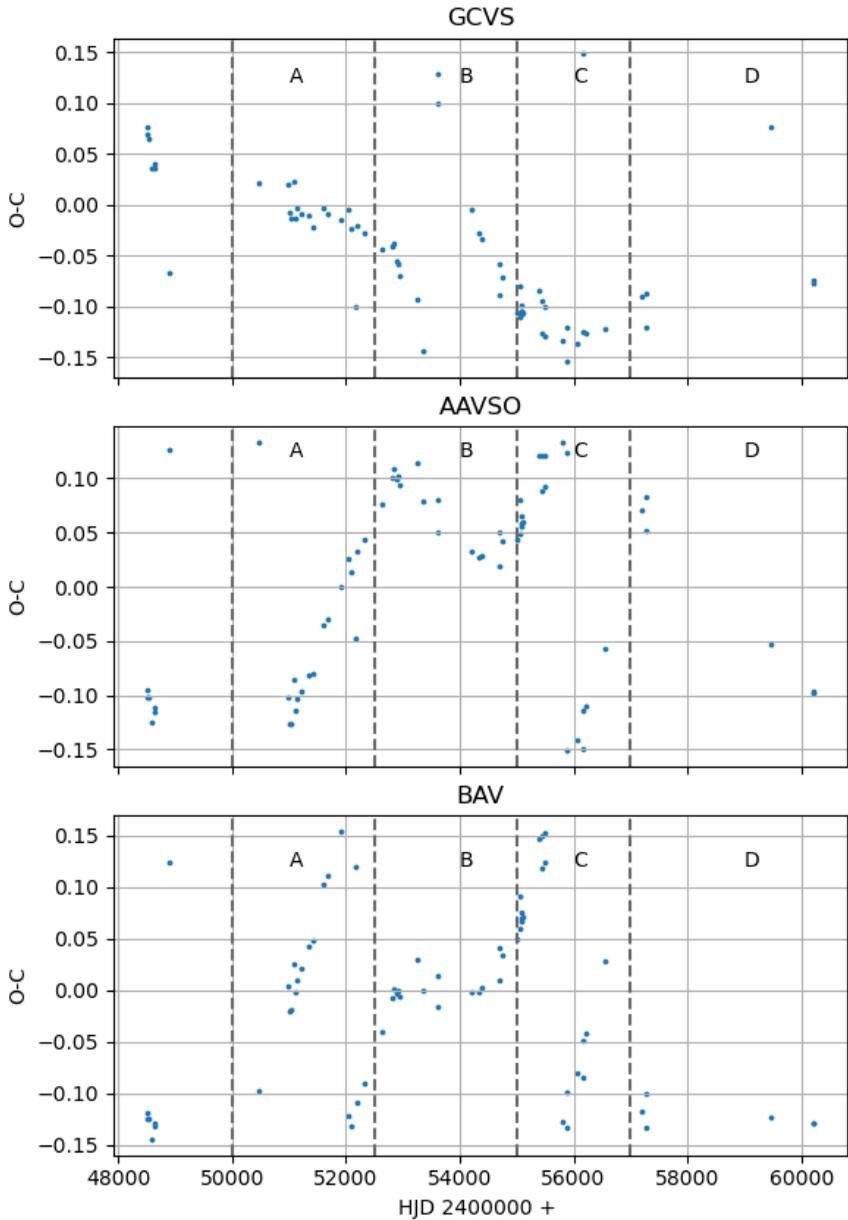


Abb. 2: (O-C)-Werte für die von der BAV veröffentlichten Maxima von RZ Cep

Tabelle 3: Optimierte Elemente für RZ Cep

	Epoche	Periode
A	50000.2935	0.30867842
B	52500.6565	0.30862741
C	55000.2764	0.30867842
D	54388.0832	0.30862741

Die gemäß Konstruktion identische Periode für Phase A und C liegt, gemäß der Vorüberlegungen wie erwartet, nahe bei der im GCVS angegebenen Periode. Die für Phase B und D bei der von der BAV angegebenen. Das mit den in den Phasen A–D unterschiedlichen Perioden berechnete (O-C)-Diagramm in Abbildung 3 zeigt keine Indikation für systematische Abweichungen und unterstützt damit die Hypothese zweier diskreter Oszillationsmodi.

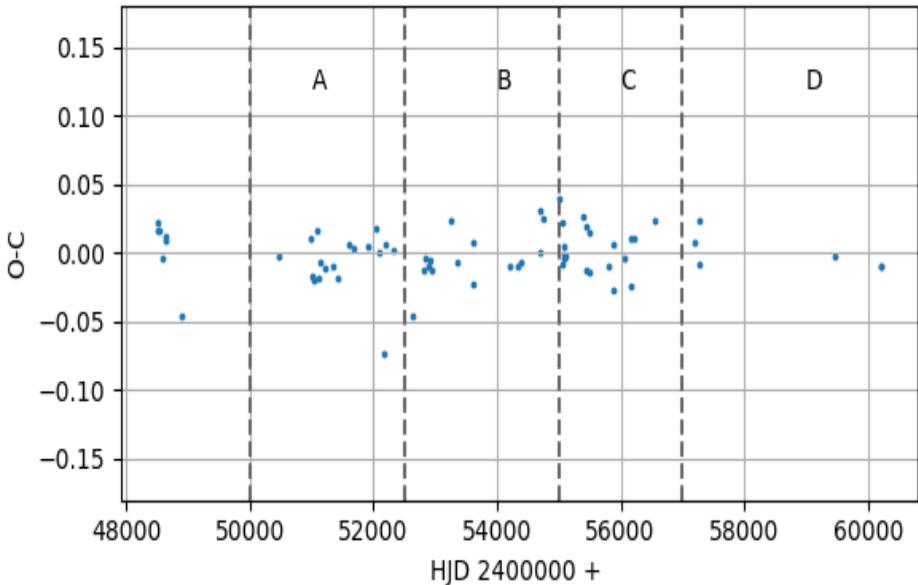


Abb. 3: (O-C)-Diagramm für RZ Cep mit den für Phase A-D optimierten Elementen gemäß Tabelle 2

Die Unterschiede in den Perioden der beiden vermuteten Modi sind klein, 0,000051 d oder 4.4 s. Die hier gezeigten (O-C)-Diagramme überdecken aber einen Zeitraum von ca. 30 Jahren und damit bei einer Periode von 0.30862684 d ca. 35.000 Zyklen. Dadurch werden solche kleinen Unterschiede nachweisbar.

Es wird spannend sein, RZ Cep in den nächsten Jahren weiter zu beobachten und die Entwicklung der Periode zu verfolgen. Für die Vorbereitung solcher Beobachtungen sind unter den von AAVSO, GCVS und BAV angegebenen Elementen die der BAV die beste Basis, eine Korrektur der Vorhersagen um ca. -0.129 d resp. -3h 5min beim aktuellen Verhalten von RZ Cep aber erforderlich.

[1] VSX Datenbank der AAVSO,
<https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=8370>

[2] General Catalog of Variable Stars, <http://www.sai.msu.su/gcvs/cgi-bin/search2.cgi?search=RZ+Cep>

[3] BAV Circular, 2020, Heft 1,
<https://www.bav-astro.eu/index.php/veroeffentlichungen/bav-circular>

[4] BAVD_MM_TOM_R14.xls
<https://www.bav-astro.eu/index.php/veroeffentlichungen/bav-daten>

[5] SciPy Bibliothek für Python:
https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.differential_evolution.html#scipy.optimize.differential_evolution

Dr. Peter Deeskow, pdeeskow@googlemail.com