

VZ Cnc – Beobachtungen des δ -Scuti-Sterns Februar/März 2021

Matthias Kolb

Abstract: *VZ Cnc is a high amplitude short term pulsating variable star with a visual magnitude between 7 mag and 8 mag. Based on 14 light curves taken between Feb 21 and March 31 2021, the two major pulsating frequencies were calculated and confirm literature data from 2009 and before. The star also shows a high variation of the amplitude of the pulsation. Mean value for 10 cycles is 5.0 mag with a standard deviation of 1.3 mag.*

VZ Cnc ist ein pulsierender variabler Stern der HADS-(B)-Klasse. Seine Amplitude ist groß (etwa 0,5 mag), aber auch stark schwankend. Diese Sterne pulsieren radial im ersten und zweiten Oberton, dementsprechend beträgt der Quotient dieser Schwingungsfrequenzen v_1 / v_2 etwa 0,8 (Variable Star Index VSI).

Zu VZ Cnc gibt es einige Aufsätze in der Literatur. Die letzten beiden von 1999 und 2009, die ich gefunden habe, sind unten aufgeführt. In diesen wird auf ältere Arbeiten, z.B. von Cox. et al. verwiesen.

Die Hauptschwingungsperiode beträgt etwa 0,178 Tage, also 4 Stunden und 16 Minuten. Durch die zweite Pulsation von etwa 0,142 Tagen sowie Kombinationen dieser Schwingungen (etwa die „Beatfrequenz“ $v_2 - v_1$) entsteht aber eine komplizierte Lichtkurve, so dass das Maximum um die Phase 0 (oder 1) herum variiert, die Perioden also etwas kürzer oder länger als die Hauptperiode sind. Ebenso variieren die Amplituden, also die Differenz Maximum zu Minimum eines Zyklus.

Ich habe zwischen dem 21.2. und 31.3.2021 insgesamt 14 Zyklen ganz oder zumeist teilweise beobachtet. In 11 davon habe ich das Maximum erwischt, bei 10 davon auch das Minimum. Bei den anderen 3 Zyklen ohne Maximum jeweils das Minimum. Diese Lichtkurven zeigt Abbildung 1. Für die Details der Aufnahmen siehe weiter unten. Ich habe die Phase 1 so gelegt, dass insgesamt genauso viele Maxima links wie rechts dieser Linie liegen (also den Median der Maxima-Zeitpunkte). Die Kurven zeigen die zeitliche Abfolge. Es ist also kein echtes Phasendiagramm, da dort ja alle Beobachtungen in das Intervall 0-1 gelegt werden und damit die zeitliche Reihenfolge auseinandergerissen wird. Ein solches Phasendiagramm aller Daten ist in Abbildung 4 gezeigt. Das Intervall 0-1 (oder auch 0,4-1,4 etc.) entspricht aber der Hauptperiode der Pulsation.

Wie man sieht, sind die Lichtkurven mit den kleineren Amplituden „geschmeidiger“, die mit den besonders hohen Werten etwas „eckiger“. Dazu kommen natürlich einige Ausreißer, die ich aber nicht entfernt habe. Einige Aufnahmen fehlen, weil gerade Wolken vorbeizogen. Insgesamt ähneln die Lichtkurven den typischen Cepheiden: auf einen steilen Anstieg erfolgt ein langsamerer Abfall der Helligkeit.

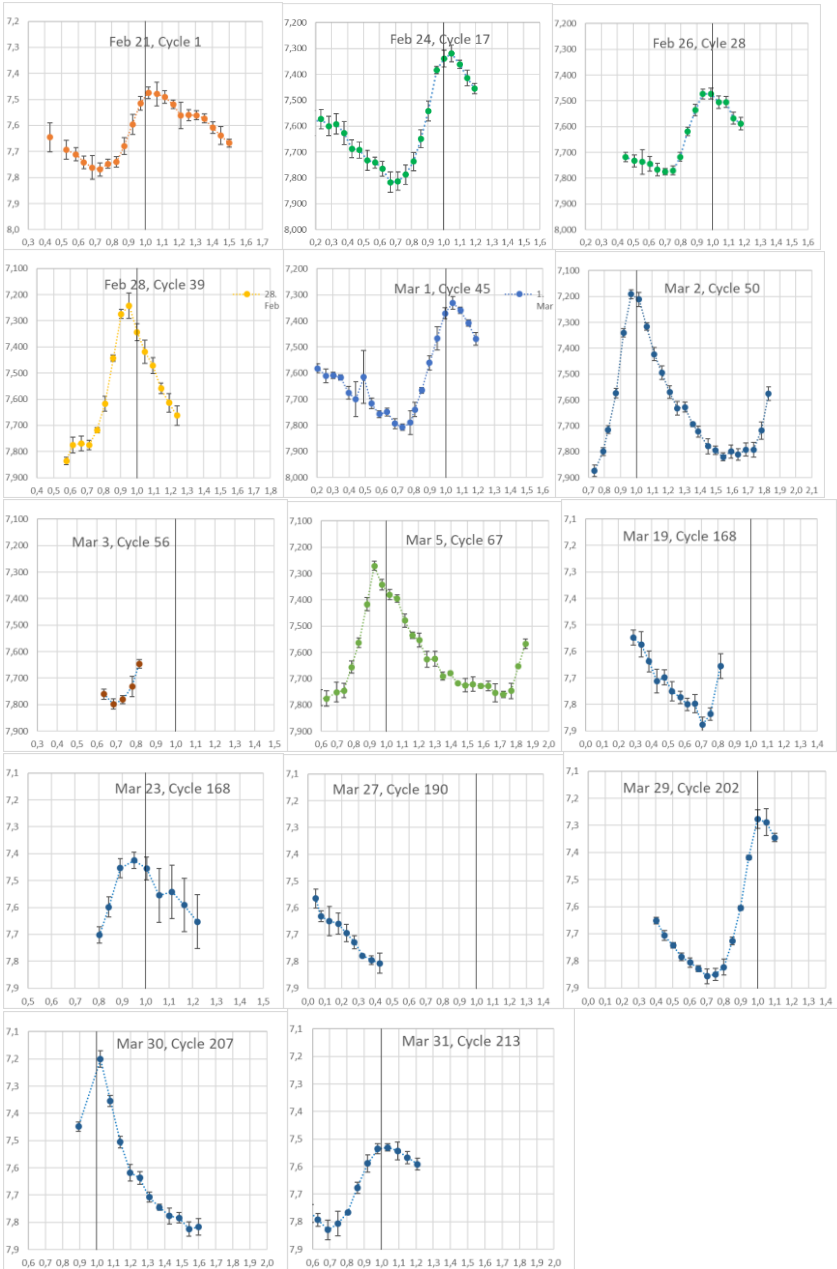


Abbildung 1: Lichtkurven VZ Cnc 21.2. – 31.3.2021

Die Minima sind alle sehr ähnlich zwischen 7,8 und 7,9 mag, daher lässt sich auch die Amplitude von Zyklus 168 noch abschätzen. Diese Amplituden zeigt Abbildung 2, Abbildung 3 das Histogramm. Die Werte tendieren zu einer Normalverteilung, natürlich noch sehr grob, da zehn Daten noch keine gute Statistik ergeben. Man sollte auch berücksichtigen, dass ich natürlich nie das echte Maximum bzw. Minimum getroffen habe, sondern sicher immer wenige Minuten daneben lag, also die wahren Maxima etwas geringere, die wahren Minima etwas höhere Magnituden haben, die Amplituden entsprechend etwas größer sein sollten.

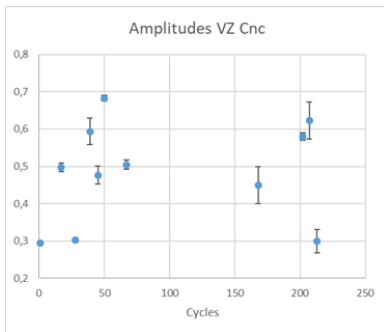


Abbildung 2: Amplituden der Zyklen

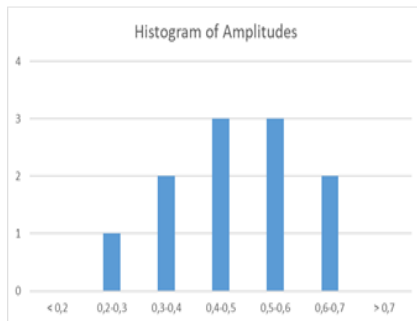


Abbildung 3: Verteilung der Amplituden

Als Mittelwert der zehn Amplituden ergibt sich 0,50 mag mit einer Standardabweichung von 0,13 mag. Maximum ist 0,68 im Zyklus 50 und das Minimum ist 0,30 in den Zyklen 1, 28 und 213. Es ergibt sich also ein Wert von 2,2 für den Quotienten Maximum/Minimum der Amplituden. Boonyarak et. al. beobachteten Variationen zwischen 0,35 und 0,69 Magnituden.

Haben nun aufeinanderfolgende Zyklen ähnliche Amplituden? So sicher kann man das auf Basis meiner Daten nicht sagen, da ich keinen Beobachtungszeitraum mit zwei Maxima habe. Aber in den Zyklen 50 und 68 sieht man, dass die aufsteigende Kurve des zweiten Maximums fast identisch der zum ersten Maximum ist, also auch die Magnitude vermutlich nicht zu unterschiedlich sein wird. Andere Beobachtungen aus der AAVSO Datenbank stützen dies

Im nächsten Schritt habe ich die Perioden mit Hilfe des Programmes VSTAR untersucht (kann bei der AAVSO runtergeladen werden. Es gibt auch Trainings dazu). Die Analyse erfolgt mittels Fouriertransformation der Beobachtungsdaten. Dabei wird ein sog. Powerspektrum erzeugt, das die Frequenzen oder Perioden dieser Zerlegung und ihren Anteil an der Gesamtschwingung anzeigt. Die Einheit der Perioden ist „Tage“, die der Frequenzen entsprechend „pro Tag“. Dieses Powerspektrum ist kompliziert, insbesondere bei geringen Datensätzen, Beobachtungslücken etc. und nicht einfach zu interpretieren. Was sich aber zeigt, ist,

dass die Frequenz / Periode mit dem stärksten Anteil der ersten Oberschwingung entspricht, die in den Literaturdaten angegeben ist (etwa 5,607 pro Tag / 0,178 Tage).

Im zweiten Schritt habe ich ein Model erstellt (ebenfalls in VSTAR), welches diese Frequenz und 2 Vielfache davon („Harmonics“) beinhaltet. Die freien Koeffizienten des Models werden so ermittelt, dass die geringste Gesamtabweichung von den Beobachtungsdaten (insgesamt 224) besteht. Natürlich ist dieses Model grob und es bleiben erhebliche Residuen (also Abweichungen der Beobachtung vom Modell). Diese Residuen kann man jetzt wieder einer Fourieranalyse unterwerfen und erhält dann wieder ein Powerspektrum. Die stärkste Komponente ist die zweite Oberschwingung der Pulsation mit etwa 7,00 pro Tag oder 0,142 Tagen für die Periode.

Mit dieser Frequenz lässt sich ein neues Modell berechnen, dass natürlich wiederum Residuen bringt. Die erneute Fourieranalyse zeigt hier aber einen Wald von Frequenzen. Hier wird hauptsächlich das Rauschen abgebildet und es wurde nicht genauer untersucht.

Frequenz	Fu, Jiang	Cox et. al. zitiert in Lit.	Diese Arbeit	Periode
ν_1	5,606520069	5,6066	5,606953	0,17835
ν_2	7,002600065	7,0022	7,003292	0,14279
ν_1 / ν_2	0,80	0,80	0,80	

Tabelle 1: Frequenzen / Perioden im Vergleich zur Literatur.

Die Übereinstimmung ist sehr gut, wenn man die geringe Anzahl der Zyklen berücksichtigt sowie die Tatsache, dass in keiner Beobachtungsnacht zwei aufeinanderfolgende Maxima (also die Periode selbst) zu sehen ist.

Mit dem „endgültigen“ Näherungsmodell, bestehend aus den beiden Frequenzen und deren Harmonics (Zwei- bzw. Dreifache), kann man nun ein Phasendiagramm erstellen, welches Beobachtungen und Modellberechnungen zeigt. Man beachte, dass jetzt die zeitliche Abfolge der Punkte nicht gegeben ist: Alle Messwerte werden ihrer Phase nach geordnet. Man sieht also mehrere Messpunkte / Berechnungen für ein Phasenintervall. Diese stammen aus verschiedenen Zyklen.

Auffällig ist, dass die hohen Amplituden durch das einfache Modell noch unzureichend wiedergegeben werden.

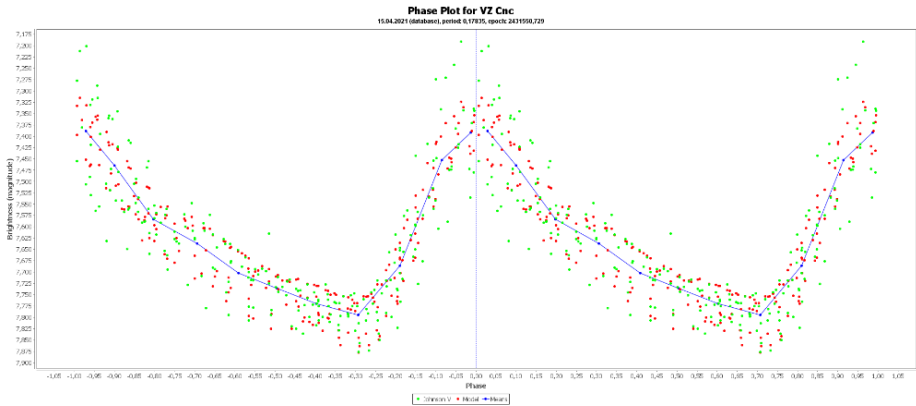


Abbildung 4: Phasendiagramm mit Zwei-Frequenz-Modell, Berechnet mit VSTAR. Durchgezogene Linie entspricht dem Mittelwert der Modelle (nahezu identisch zu dem Mittelwert der Messwerte), mit 0,1 Phasen gemittelt.

Ausblick:

Im Winter 2021/22 werde ich die Beobachtungen wiederaufnehmen, mit zwei Zielen:

- Beobachtung von mindestens zwei, besser drei aufeinanderfolgenden Maxima.
- Gewinnung von mehr Daten, um nach einigen Jahren die zeitliche Veränderung der Perioden zu bestimmen. Ältere Literaturdaten (Boonyarak et.al) geben einen Anstieg der Periode von etwa 1.4×10^{-8} pro Jahr an. Dies wurde auf Basis von Messungen, die einen Gesamtzeitraum von etwa 5000 Zyklen, also 5 Jahre, ermittelt. Dies liegt im normalen Rahmen für δ -Scuti-Sterne.

Technische Details:

Die Aufnahmen wurden mit einem 500 mm/F5.6-Refraktor und einer Canon 450D aufgenommen. Es wurden – von einigen Ausnahmen abgesehen – jeweils 10 Aufnahmen a 15 Sekunden mit ISO 100 gestackt und mittels IRIS ausgewertet. Die erhaltenen Rohdaten (instrumentelle Magnituden) wurden dann verwendet, um anhand von drei Vergleichssternen die mittlere absolute Magnitude der grünen Pixel zu berechnen. In einigen Fällen waren nicht alle drei Vergleichsterne auf der Aufnahme zu sehen. Die Fehlerbalken geben die Standardabweichung der ermittelten Magnituden auf Basis jeweils einen der drei Vergleichsterne wieder. Mittels der instrumentellen Magnituden der blauen Pixel wurden für die jeweilige Aufnahmeserie die sog. Transformationskorrekturen berechnet, die allerdings kaum ins Gewicht fallen. Insgesamt zeigen die Werte also etwa das, was man mit einem Johnson V Filter messen oder visuell sehen würde, wobei natürlich die Absolutwerte der Helligkeit nicht wirklich wichtig für diese Analyse sind.

Literatur

J.-N. Fu, S.-Y. Jiang, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 136, 285-292 (1999)

C. Boonyarak, P. Khokjuntod, S.-Y. Jiang, Astrophys. Space Sci (2009) 324: 5-11
VStar, www.aavso.org/vstar

VSI (Variable Star Index), www.aavso.org/vsx

Matthias Kolb, 42111 Wuppertal, mako1997a@gmail.com