

# Einige allgemeine Bemerkungen zum Blazhko-Effekt

Herbert Achterberg

Aus einigen in letzter Zeit im Rundbrief erschienenen Artikeln (z.B. [1], [2] und [3]) kann man entnehmen, dass das Interesse am Blazhko-Effekt in der BAV gestiegen ist. Das ist auch kein Wunder, denn von den 81 im Circular aufgeführten RR Lyrae-Sternen zeigen 19, also fast ein Viertel, nach Angaben in der Literatur einen Blazhko-Effekt. Es ist allerdings nicht klar, bei wie vielen von diesen 19 Veränderlichen zur Zeit ein deutlich erkennbarer Blazhko-Effekt auftritt. Da ich mich seit einigen Jahren intensiv mit UX Tri, einem Stern mit stark ausgeprägtem Blazhko-Effekt, beschäftige, möchte ich an dieser Stelle einige allgemeine Hinweise über dieses Phänomen geben.

## 1. Definition und Merkmale des Blazhko-Effektes

Bei der Mehrzahl der RR Lyrae-Sterne wiederholt sich die Lichtkurve genau oder wenigstens nahezu von Zyklus zu Zyklus. Bei anderen Sternen dieses Typs treten jedoch Änderungen der Lichtkurve auf, die schon nach einem oder wenigen Zyklen sichtbar werden. Diese Änderungen scheinen in einigen Fällen unregelmäßig zu sein, meistens sind diese Lichtkurvenänderungen jedoch periodisch. Bei diesen RR Lyrae-Sternen hat man zwischen zwei Gruppen zu unterscheiden. Bei der ersten Gruppe ist die Ursache der Lichtkurvenveränderungen bekannt: Es werden Sternpulsationen mit zwei verschiedenen in einem irrationalen Verhältnis zueinander stehenden Perioden gleichzeitig angefacht (meist handelt es sich um die Grund- und die erste Oberwelle), so dass es zu Schwebungen zwischen diesen beiden Schwingungen kommt. Solche Sterne werden doppelperiodische RR Lyrae-Sterne genannt und mit RRd bzw. im GCVS mit RR(B) bezeichnet (d von double, B von beat, Schwebung). Das Verhältnis der beiden Perioden liegt grob bei 0,745, so dass sich schon nach einem Zyklus deutliche Änderungen der Lichtkurve bemerkbar machen. Solche doppelperiodischen Pulsationen kommen übrigens auch bei den  $\delta$  Cephei-Sternen und häufig bei den  $\delta$  Scuti-Sternen vor. Zur zweiten Gruppe gehören die Sterne mit dem klassischen Blazhko-Effekt, der im Folgenden ausschließlich erörtert werden soll.

Beim klassischen Blazhko-Effekt, der von S. Blazhko 1907 entdeckt wurde [4], ist die Lichtkurve amplitudenmoduliert: Der während einem Pulsationszyklus auftretende Helligkeitshub  $m_{\min} - m_{\max}$  schwankt periodisch und die Periode dieser Schwankungen wird Blazhko-Periode  $P_B$  genannt. Die beobachteten Werte von  $P_B$  liegen zwischen  $10,9^d$  und  $533^d$ , so dass zwischen etwa 24 und 1400 Pulsationsperioden  $P$  in eine Blazhko-Periode  $P_B$  hineinpassen. Bei den Schwankungen des Helligkeitshubes ist bemerkenswert, dass sich in den meisten Fällen im Wesentlichen die Maximumhelligkeit verändert, während die Minimumhelligkeit fast konstant bleibt oder nur wenig schwankt. In vielen Fällen, aber nicht in allen, tritt außer der Amplitudenmodulation eine Phasenmodulation der Helligkeitsschwankungen auf. Die maximale Helligkeit tritt in diesen Fällen nicht immer genau nach einem ganzzahligen Vielfachen der (mittleren) Pulsationsperioden  $P$  auf, sondern verfrüht sich in einem Teil und verspätet sich im anderen Teil der Blazhko-Periode. Das macht sich durch eine periodische Schwankung der  $(B-R)$ -Werte der Maximumzeiten bemerkbar, wenn diese mit einer linearen Ephemeridenformel unter Verwendung der mittleren Pulsationsperiode berechnet wer-

den. Die Periode dieser Schwankungen ist mit der Blazhko-Periode  $P_B$  identisch. Die Lichtkurve ist in Maximumnähe beim minimalen Helligkeitshub im Allgemeinen deutlich flacher als beim maximalen Hub, wo sie manchmal eine fast spitze Form annimmt. Bei den meisten Sternen mit klassischem Blazhko-Effekt handelt es sich um RRab-Sterne, nur einige wenige gehören zum Untertyp der RRC-Sterne.

Der Blazhko-Effekt ist ein Phänomen, das sich vielfach durch seine Inkonstanz auszeichnet. Man muss damit rechnen, dass die Helligkeitsschwankungen sich nicht von Blazhko-Periode zu Blazhko-Periode genau wiederholen. Das kann so weit gehen, dass der Blazhko-Effekt in der Amplitude der Helligkeitsmodulation und der  $(B-R)$ -Werte der Maximumzeiten stark schwankt. In einigen Fällen ist auch beobachtet worden, dass die Helligkeitsmodulation ganz aufhört und später u.U. wieder einsetzt (siehe weiter unten bei RR Lyr und RR Gem).

## 2. Einige Beispiele für Sterne mit Blazhko-Effekt

### RR Lyr

Nach diesem Stern ist die ganze Gruppe benannt. Den Blazhko-Effekt stellte bei diesem Stern Harlow Shapley 1916 fest [5] und ermittelte eine Blazhko-Periode von rund  $40^d$  (heutiger Wert  $40,8^d$ ). 1949 schwankte seine Maximumhelligkeit infolge des Blazhko-Effektes um fast 0,3 mag [6]. Bei RR Lyr wurden auch  $(B-R)$ -Schwankungen der Maximumzeiten im Verlauf der Blazhko-Periode beobachtet [7, p.134]. Außerdem wurde eine 4-jährige Variation der Amplitude des Blazhko-Effektes gefunden. Wie bei vielen Blazhko-Sternen treten auch bei diesem Stern Unregelmäßigkeiten auf: So stellten Preston, Smak und Paczynski fest, dass der Blazhko-Effekt mit der 41-tägigen Periode 1962 und 1964 stark und 1963 nur ganz schwach ausgeprägt war [8].

### UX Tri

Der Blazhko-Effekt bei UX Tri wurde erst 1999 von mir entdeckt und in den folgenden Jahren von D. Husar und mir genauer untersucht [9], [10]. Dieser Stern zeigt einen stark ausgeprägten Blazhko-Effekt, so dass es innerhalb von zwei Jahren gelang, die Blazhko-Periode  $P_B$  und die zeitlichen Verläufe der Maximumhelligkeit und des  $(B-R)$ -Wertes der Maximumzeit während der Blazhko-Periode zu ermitteln (siehe unten). Der Gesamthelligkeitshub schwankt bei diesem Stern zwischen rund 0,6 mag und 1,2 mag (CCD-Beobachtungen ohne Filter, also Rothelligkeiten) und die  $(B-R)$ -Werte der Maximumzeiten liegen in einem Bereich von fast  $\pm 60^m$ . UX Tri ist ein sehr schönes Beispiel für einen Blazhko-Stern, bei dem allerdings auch Unregelmäßigkeiten auftreten und der daher ständig überwacht werden muss.

### RR Gem

Laut Detre [11] und Szeidl [7, p.133] ist der vermutlich vorher deutliche Blazhko-Effekt bei RR Gem um 1940 erloschen. Wie eigene Beobachtungen zwischen 2002 bis 2004 zeigen und wie aus Bild 1 hervorgeht, ist ein schwacher Blazhko-Effekt wieder nachweisbar. Die Schwankung der Maximumhelligkeit liegt bei etwas über 0,1 mag. Man sieht auch hier, wie oben schon erwähnt, dass die Lichtkurve in Maximumnähe bei kleinem Helligkeitshub flach und breit, bei großem Helligkeitshub dagegen deutlich spitzer verläuft. Zur Sicherung dieses Ergebnisses und vor allem zur neuen Ermittlung

der Blazhko-Periode  $P_B$  sind aber noch zahlreiche weitere Beobachtungen erforderlich. Die Bestimmung von  $P_B$  ist bei einer so kleinen Variation der Maximumhelligkeit besonders schwierig, weil Messfehler, insbesondere durch atmosphärische Störungen, die Beobachtung des Blazhko-Effektes schon stark beeinträchtigen können.

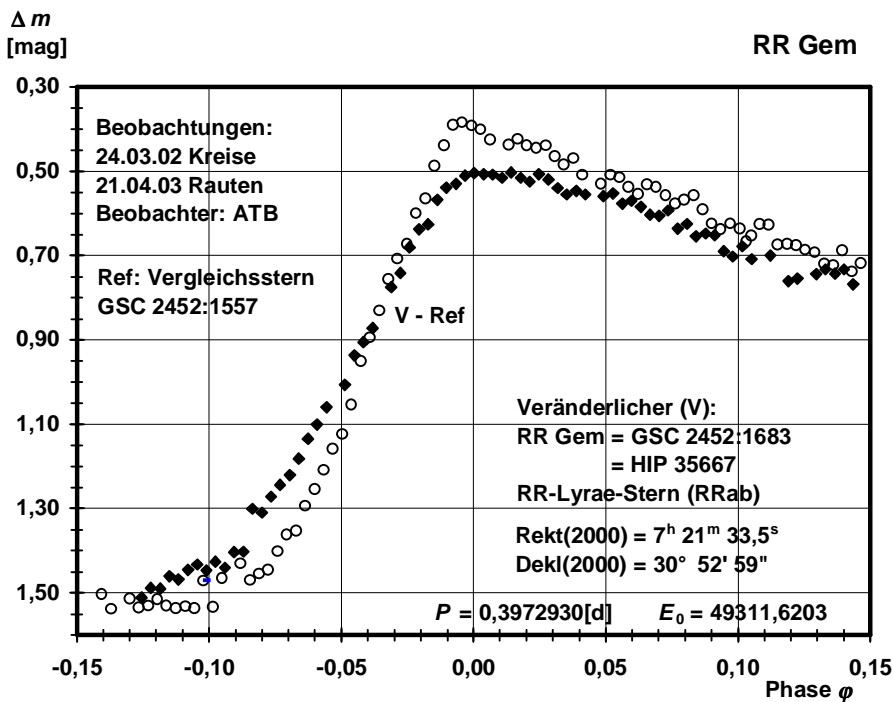


Bild 1. Zwei Lichtkurven von RR Geminorum mit unterschiedlichem Verlauf

### XZ Cyg

XZ Cyg ist ein RR Lyrae-Stern mit Blazhko-Effekt, der seit rund einem Jahrhundert ziemlich intensiv beobachtet wird und über den zahlreiche Untersuchungen gemacht und Publikationen geschrieben worden sind. Insbesondere eine neuere Arbeit [12] gibt einen guten historischen Überblick und eine sorgfältige Analyse älterer und neuerer Daten. Dieser Stern ist auch Hauptthema einer Veröffentlichung der AAVSO in der Serie »Variable Star of the Month« von August 2002 [13], der auch für Anfänger geeignet ist, da er auf einige Grundlagen, wie den Veränderlichkeitstyp der RR Lyrae-Sterne, eingeht.

Die Veränderlichkeit von XZ Cyg wurde 1905 von Lydia Ceraski (Tseraski) entdeckt (damalige Pulsationsperiode  $P = 0,466588^d$ ) und Blazhko stellte 1922 fest, dass bei diesem Stern ein Blazhko-Effekt mit einer Periode  $P_B$  von etwa  $57,4^d$  auftritt. Genauere Untersuchungen zeigten später, dass außer der von Blazhko ermittelten Periode noch

eine weitere Modulationsperiode von  $41,6^d$  vorhanden sein könnte, die schließlich auch bestätigt wurde. 1965 traten dann Unregelmäßigkeiten auf: Die Blazhko-Grundperiode verlängerte sich plötzlich auf  $58,4^d$  und gleichzeitig verkleinerte sich die Pulsationsperiode in mehreren Schritten. In den 80er-Jahren konnte keine eindeutige Blazhko-Periode abgeleitet werden und ab 1991 traten wieder Werte der Pulsations- und Blazhko-Periode auf ( $P = 0,466599^d$ ,  $P_B = 57,5^d$ ), wie sie etwa vor 1965 beobachtet worden waren. Während der Unregelmäßigkeiten der 60er- und 70er-Jahre waren die Amplituden der durch den Blazhko-Effekt verursachten ( $B-R$ )-Schwankungen der Maximumzeiten und der Schwankungen der Maximumhelligkeit nicht konstant. Im Zeitintervall von 1991 bis 2002 betrug die Amplitude des Blazhko-Effektes in der Maximumhelligkeit etwa  $0,3$  mag. In der angegebenen Literatur findet man weitere Einzelheiten über diesen Blazhko-Stern. XZ Cyg stellt ein geeignetes Beispiel dar, an dem man den Blazhko-Effekt und seine Irregularitäten studieren kann.

### RZ CVn

Ralf Meyer [MYR] hat nach den Angaben in [3] festgestellt, dass der relativ helle Stern RZ CVn einen Blazhko-Effekt zeigt. Dieser muss neueren Datums sein, denn weder im GCVS noch in der Tabelle von Smith [14] oder in einer anderen Veröffentlichung wird dieses erwähnt. Außerdem ist in der reduzierten Hipparcos-Lichtkurve dieses Sterns, in der Messwerte zwischen dem 7.1.1990 und dem 15.1.1993 eingetragen sind und die auch in der GEOS-Datenbank gezeigt wird, nicht die Spur eines Blazhko-Effektes erkennbar. Zur Bestätigung dieses Effektes sind deshalb unbedingt weitere Beobachtungen erforderlich.

### 3. Charakteristika von RR Lyrae-Sternen mit Blazhko-Effekt

Es ist verhältnismäßig leicht festzustellen, ob bei einem RR Lyrae-Stern ein Blazhko-Effekt auftritt: Wenn zwei Lichtkurven eines solchen Sternes in der Umgebung des Helligkeitsmaximums deutliche Unterschiede in Form und Maximumhelligkeit aufweisen, dann ist es fast sicher, dass ein Blazhko-Effekt vorliegt. Das reicht jedoch zur Charakterisierung dieses Effektes bei weitem nicht aus, sondern dazu müssen einige Parameter und Diagramme bzw. Tabellen oder mathematische Funktionen ermittelt werden. Die wichtigsten Charakteristika zur Beschreibung des Blazhko-Effektes eines RR Lyrae-Sterns sind im Folgenden aufgeführt:

- Blazhko-Periode  $P_B$  einschließlich einer Bezugsepoche  $E_{B0}$
- Amplitude des Blazhko-Effektes hinsichtlich der Maximumhelligkeit  $\Delta m_{\max}$  oder hinsichtlich des Gesamthelligkeitshubes  $\Delta m_{(\min-\max)}$
- Amplitude des Blazhko-Effektes hinsichtlich der ( $B-R$ )-Werte der Maximumzeiten, wenn diese mit einer linearen Formel berechnet werden
- Verlauf der Maximumhelligkeit in Abhängigkeit von der Blazhko-Phase  $\Phi_B$
- Verlauf der ( $B-R$ )-Werte der Maximumzeiten in Abhängigkeit von der Blazhko-Phase  $\Phi_B$

Die Blazhko-Periode  $P_B$  ist ein besonders wichtiger Parameter. Methoden zur deren Bestimmung findet man z.B. in den Publikationen [10] und [12]. Um eine Phasenlage

innerhalb der Blazhko-Periode angeben zu können, ist es erforderlich, noch eine (beliebige) Bezugsepoche  $E_{B0}$  festzulegen, die in die Definitionsgleichung der Blazhko-Phase  $\Phi_B$  eingeht,

$$\Phi_B = \text{Frac}((t - E_{B0}) / P_B).$$

Dabei ist  $t$  die Beobachtungszeit und unter  $\text{Frac}(x)$  werden die Nachkommastellen von  $x$  verstanden.

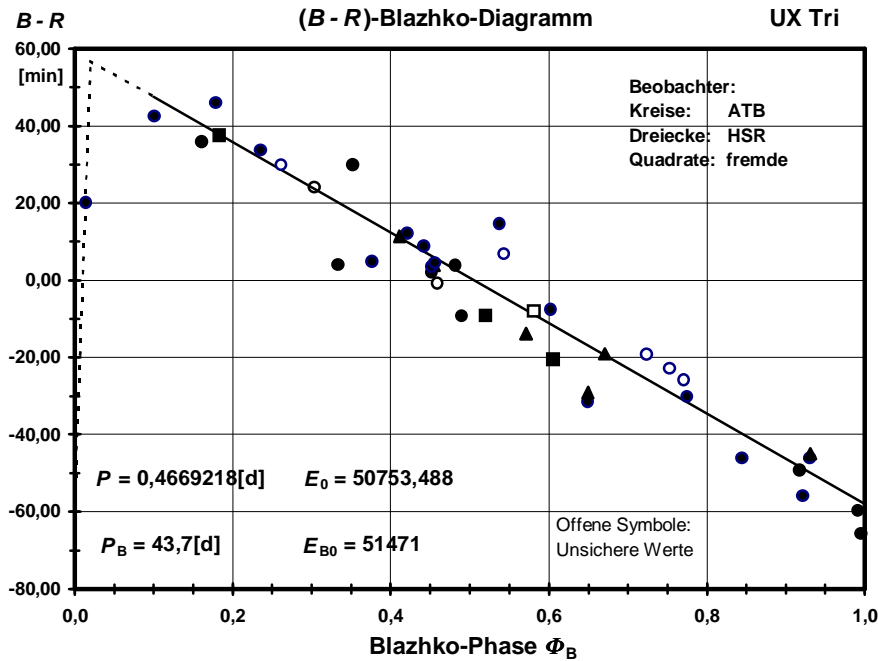


Bild 2. Beispiel für ein (B-R)-Blazhko-Diagramm: (B-R)-Werte der Maximumzeiten von UX Tri im Zeitbereich vom 1.2.1997 bis 16.8.2002 (JD 50481 bis JD 52502) über der Blazhko-Phase  $\Phi_B$  dargestellt

Die Amplitude des Blazhko-Effektes hinsichtlich der Maximumhelligkeit als auch hinsichtlich der (B-R)-Werte kann in einem großen Bereich liegen. Je kleiner die Amplituden sind, um so schwieriger ist es, den Blazhko-Effekt nachzuweisen und die erforderlichen Charakteristika zu ermitteln, und um so genauere Messungen sind zum Nachweis erforderlich. Vermutlich ist der Blazhko-Effekt bei vielen RR Lyrae-Sternen mit kleinen Blazhko-Amplituden noch gar nicht entdeckt. Beispiele für die Abhängigkeit der (B-R)-Werte der Maximumzeiten und der Maximumhelligkeit von der Blazhko-Phase  $\Phi_B$  zeigen die Bilder 2 und 3. Es handelt sich um eigene Ergebnisse von UX Tri-Beobachtungen [9], [10]. Solche grafisch dargestellten Abhängigkeiten über der Blazhko-

Phase werden Blazhko-Diagramme genannt. Bei UX Tri ist der nahezu lineare Verlauf der  $(B-R)$ -Werte der Maximumzeiten in großen Bereichen der Blazhko-Phase  $\Phi_B$  bemerkenswert. Der steile Übergang der  $(B-R)$ -Werte von negativen zu positiven Werten ist wegen Mangels an Beobachtungen noch nicht vollständig geklärt.

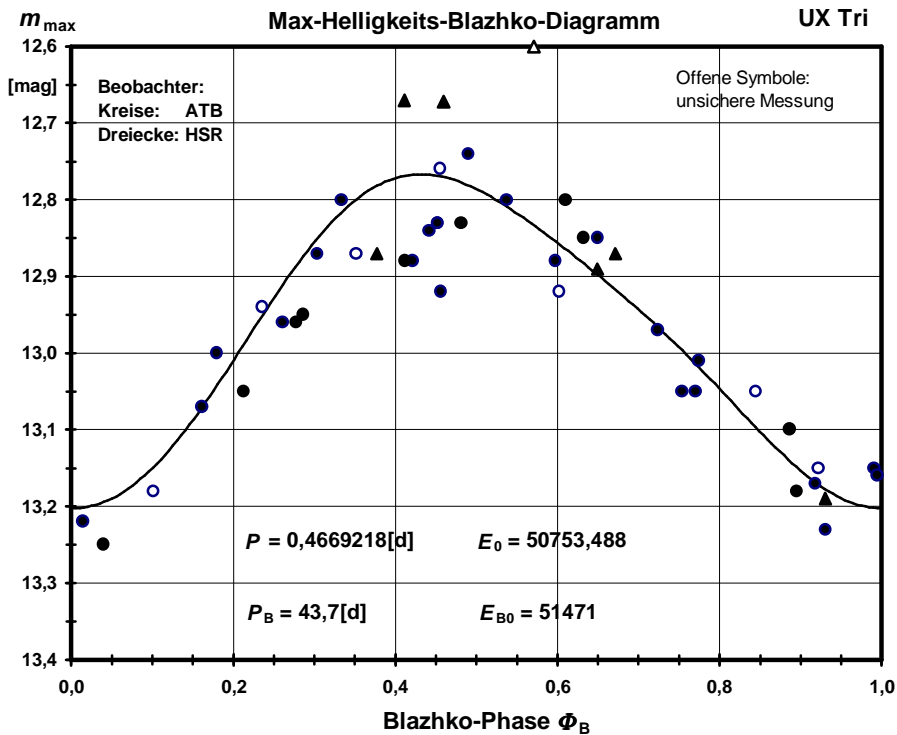


Bild 3. Beispiel für ein Helligkeits-Blazhko-Diagramm: Maximumhelligkeit von UX Tri im Zeitbereich vom 1.2.1997 bis 5.3.2004 (JD 50481 bis JD 53070) über der Blazhko-Phase  $\Phi_B$  aufgetragen

Es gibt außer den genannten Parametern natürlich noch weitere Charakteristika des Blazhko-Effektes. Man kann z.B. auch entsprechende Parameter bezüglich des Helligkeitsminimums ermitteln, die aber schwieriger abzuleiten sind. Weiterhin wären zusätzliche, gleichzeitig auftretende Blazhko-Perioden, wie sie teilweise beobachtet worden sind [12], [14], von Bedeutung. Schließlich sind zeitliche Veränderungen der Blazhko-Parameter von theoretischem und praktischem Interesse.

Die Ermittlung der genannten Charakteristika ist ziemlich arbeitsintensiv, da viele Lichtkurven in Maximumnähe des zu untersuchenden Sternes ermittelt werden müssen. Im günstigsten Fall dürften etwa 10 Lichtkurven zur Ermittlung der Blazhko-Periode erforderlich sein, vorausgesetzt die Maximumzeiten dieser Lichtkurven verteilen

sich einigermaßen gleichmäßig über den ganzen Blazhko-Phasenbereich. In der Praxis dürfte das nur selten der Fall sein, so dass im Allgemeinen für die Ableitung der Blazhko-Periode  $P_B$  erheblich mehr Maximumbeobachtungen erforderlich sein werden. Im Übrigen wird die Ermittlung der Blazhko-Parameter um so genauer, um so mehr Messungen zur Verfügung stehen.

Sobald die genannten Blazhko-Charakteristika mit genügender Genauigkeit bekannt sind, lassen sich auch Vorhersagen über bestimmte Maxima hinsichtlich Zeit und Helligkeit machen. Die Methode ist in den Publikationen [9] und [10] angegeben. Der erforderliche Aufwand für solche Vorhersagen ist aus naheliegenden Gründen größer als bei Anwendung einer linearen Ephemeridenformel, jedoch lässt er sich ohne weiteres in der Praxis durchführen. Eine Voraussetzung für richtige Vorhersagen ist natürlich, dass sich die Parameter nicht zwischenzeitlich geändert haben, aber das gilt auch für alle anderen Vorhersagen.

Wegen des erforderlichen großen Beobachtungs- und Auswerteaufwandes bei der Ermittlung der Blazhko-Charakteristika ist es naheliegend, die Arbeit auf mehrere Schultern zu verteilen und die Aufgabe als Gemeinschaftsprojekt anzugehen. Man würde dann auch schneller ans Ziel kommen, weil bei Beobachtungen an verschiedenen Orten die Wahrscheinlichkeit steigt, mehr Maxima in kürzerer Zeit ermitteln zu können. Da bisher nur wenige Blazhko-Sterne genauer untersucht worden sind und allgemein noch ziemlich wenig über den Blazhko-Effekt bekannt ist, würde es der BAV gut anstehen, ein kleines Beobachtungsprogramm mit einigen sorgfältig ausgewählten Blazhko-Sternen ins Leben zu rufen. Ergebnisse einer solchen Kampagne wären auch in wissenschaftlicher Hinsicht von großem Interesse.

#### Literatur:

- [1] Husar, D.: BAV Rbf. 53 (2004) S.1
- [2] Meyer, R.: BAV Rbf. 53 (2004) S.14
- [3] Braune, W.: BAV Rbf. 53 (2004) S.129
- [4] Blazhko, S.: Astron. Nachr. 175 (1907) 325
- [5] Shapley, H.: ApJ 43 (1916) 217
- [6] Walraven, Th.: BAN, 11 (1949) 17
- [7] Szeidl, B.: In IAU Colloq. 29, »Multiple Periodic Variable Stars«, edit. W.S. Fitch, (1976) (Dordrecht: D. Reidel), p.134, p.133
- [8] Preston, G.W., Smak, J., Paczynski, B.: ApJS 12 (1965) 99
- [9] Achterberg, H., Husar, D.: IBVS 5210 = BAV Mitteilung Nr. 146, 2001
- [10] Achterberg, H.: BAV Mitteilungen Nr. 145, 2002
- [11] Detre, L.: In »Non-Periodic Phenomena in Variable Stars«, edit. L. Detre (1969) (Dordrecht: D. Reidel), p.3
- [12] LaCluyzé, A.; Smith, H. A.; Gill, E.-M.; Hedden, A.; Kinemuchi, K.; Rosas, A. M.; Pritzl, B. J.; Sharpee, B.; Wilkinson, C.; Robinson, K. W.; Baldwin, M. E.; Samolyk, G.: AJ 127 (2004) 1653; hier weitere Literaturangaben
- [13] <http://www.aavso.org/vstar/vsotm/index.stm>; hier weitere Literaturangaben
- [14] Smith, H. A.: RR Lyrae Stars, Cambridge Astrophysics Series, Cambridge University Press, 1995

Herbert Achterberg, Liegnitzer Str. 12, 22850 Norderstedt