

# BAV Rundbrief

2023 | Nr. 1 | 72. Jahrgang | ISSN 0405-5497



Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV)



## Inhaltsverzeichnis

### Beobachtungen

M. Geffert / B. Ehret H. Weiland	Veränderliche Sterne in der Umgebung von $\omega$ Centauri (NGC 5739)	1
J. Spelda	Cepheiden-Lichtkurven ohne Faltung 1: TX Cygni	6
J. Spelda	Cepheiden-Lichtkurven ohne Faltung 2: TU Cassiopeiae	16
S. Uttenthaler	Die Erforschung Roter Riesensterne: Ein Joint Venture zwischen Profis und Amateuren	28
K. Wenzel	Flare im Zentrum von NGC 1275	39
K. Wenzel	Die seltsame Lichtkurve der Supernova SN 2022xxf in NGC 3705	41

M. Ennes	Helligkeitsmessungen mit verschiedenen FITS-Dateien und Programmen - Korrektur	45
----------	--	----

### Aus der Literatur

A. Sturm	Rezension: „Observer’s Guide to Variable Stars“, Martin Griffiths, 2018, Springer Nature AG Switzerland	47
E. Wischnewski	Die 10. Auflage von „Astronomie in Theorie und Praxis“	48

### Aus der BAV

L. Pagel	Einladung zum BAV-Veränderlichenbeobachter-Treffen am 9. und 10. Juni 2023 in Hartha	49
A. Barchfeld	Einladung zur BAV-Mitgliederversammlung am Sonntag, dem 11. Juni 2023 in Waldheim	50
BAV-Vorstand	Mögliche Umstellung des Rundbriefdrucks	50

### Aus den Sektionen

L. Pagel	Auswertung: 10-12/2022	51
L. Pagel	Auswertung: 1-12/2022	53
A. Barchfeld	Publikation: Veröffentlichungen unserer Mitglieder ohne BAV Mitteilungen-Nummer	55

## Veränderliche Sterne in der Umgebung von $\omega$ Centauri (NGC 5139)

Michael Geffert, Bernd Ehret und Heinrich Weiland

**Abstract:** Light curves of the six variable stars, V1182 Cen, V1387 Cen, V1782 Cen, V1807 Cen, SSS\_J133001.6-482029 and ASASSN-V J132804.83-474504.1 are presented. We determined B magnitudes from 29 photographic plates of the Armagh Dunsink Harvard (ADH) telescope of Boyden observatory from 1962. Moreover, photometric data for 32 additional stars are measured and partially discussed.

### Einleitung

Fotografische Aufnahmen enthalten neben den Zielobjekten der geplanten Untersuchungen auch noch eine Fülle von Informationen über andere Sterne. Bei veränderlichen Sternen können Beobachtungen aus früherer Zeit möglicherweise noch wichtige Informationen über das Langzeitverhalten der Objekte liefern. Aus diesem Grunde erscheint es sinnvoll zu sein, solche Platten umfangreicher auszuwerten.

Das Plattenarchiv des inzwischen 2012 geschlossenen Observatoriums Hoher List enthielt auch Aufnahmeserien von Teleskopen anderer Observatorien. So fanden sich bei der Schließung 80 Platten des Kugelsternhaufens  $\omega$  Centauri (NGC 5139) vom Boyden-Observatorium aus dem Sommer 1962. Ergebnisse der Untersuchung von den RR-Lyrae-Sternen dieses Feldes haben Geyer & Szeidl (1970) veröffentlicht.

Jurcsik et al. (2001) untersuchten das Langzeitverhalten von RR-Lyrae-Sternen und verwendeten dabei historische Aufnahmeserien verschiedener Teleskope, unter anderem auch die Boyden-Platten. Allerdings wurde in dieser Arbeit auch bemerkt, dass Einzelmessungen der Boyden-Platten bisher noch nicht veröffentlicht waren. Um diese Messungen der Allgemeinheit zugänglich zu machen, haben wir eine Neuauswertung des Plattenmaterials - zunächst der B-Platten - begonnen.

### Einzelheiten zu den Aufnahmen und zur Auswertung

Das Plattenmaterial zu dieser Arbeit bestand aus 29 Aufnahmen des Armagh-Dunsink Harvard-(ADH)-Teleskops aus 13 Nächten im Juni/Juli 1962, die ein Zeitintervall von 46 Tagen umfassten. Es handelte sich um ein Baker-Schmidt-System mit 95 cm Spiegeldurchmesser und 80 cm Korrekionsplatte. Zur besseren Übersicht teilten wir die Aufnahmen in vier Unterfelder mit dem Format 70'x70' auf. Das in dieser Arbeit bearbeitete Feld (Zentrum bei  $\alpha_{2000} = 13^{\text{h}}30^{\text{m}}00^{\text{s}}$ ,  $\delta_{2000} = -48^{\circ}01'30''$ ) liegt südöstlich des Kugelsternhaufens. Nach dem Scan der Platten auf einem EPSON 4550 Scanner erfolgte die astrometrische Kalibrierung der Messungen über das Programm Astroart 5.0. Für die Fotometrie kam der APASS-9-Katalog zur Anwendung. Nach einer ersten vorläufigen Reduktion wurden für jedes Objekt Referenzsterne in der Umgebung mit einem Radius von 12'-15' und in einem Intervall von  $\pm 1$  mag der Helligkeit des Veränderlichen ausgewählt. Mit diesen Referenzsternen gestalteten wir die endgültige fotometrische Reduktion mit eigenen Programmen. Die Periodensuche erfolgte mit Persea (Maciejewski & Niedzielski, 2005).

Die Auswahl der Objekte beinhaltete alle bei der AAVSO (VSX) angegebenen Sterne, die auf mindestens 25 unserer Platten zu finden waren. Es ergab sich eine Arbeitsliste von 38 Sternen mit 18 langperiodischen oder halbregelmäßigen Veränderlichen, mit 9 RR-Lyrae-Sternen, mit 7 Bedeckungsveränderlichen und 4 übrigen Veränderlichen.

### Langperiodische Veränderliche

In einer ersten Auswertung konnten in dem Feld im Rahmen eines Schülerpraktikums drei neue veränderliche Sterne (ASASSN-V J133136.01-475111.4, V1419 Cen und V1420 Cen) entdeckt werden (Geffert et al. 2017). Diese werden in dieser Darstellung nicht weiter berücksichtigt. Unser Katalog der Einzelhelligkeiten enthält allerdings auch die Messwerte dieser Sterne.

Bei den langperiodischen Sternen ist es in unserem Zeitintervall meistens nur möglich, Teile der ganzen Periode zu beobachten. Zunächst gibt es Kandidaten, deren Periode so lang ist oder die eine so kleine Amplitude haben, dass sie in unserem Zeitintervall keine (für uns) messbare Variation zeigen. Diese sind in Tabelle 1 mit ihrer mittleren Helligkeit und dem mittleren Fehler des Mittelwertes angegeben.

Tab. 1: Sterne mit konstanter Helligkeit innerhalb unseres Beobachtungszeitraums. Der angegebene Fehler ist der mittlere Fehler des Mittelwertes unserer Messungen.

<b>Sternbezeichnung</b>	<b>B-Helligkeit</b>	<b>Fehler B</b>
ASASSN-V J132722.03-475928.4	14.73	0.01
ASASSN-V J132736.63-481745.7	15.61	0.02
ASASSN-V J132833.81-473205.7	13.30	0.02
ASASSN-V J132907.60-482423.6	16.02	0.02
ASASSN-V J132920.71-480541.9	16.00	0.01
ASASSN-V J133016.65-480330.7	14.10	0.01
ASASSN-V J133107.64-480524.2	12.72	0.01
ASASSN-V J133115.80-480240.0	15.93	0.02
ASASSN-V J133201.51-474510.5	14.97	0.01
ASASSN-V J133233.34-480854.5	16.54	0.03
ASASSN-V J133242.67-482410.6	16.58	0.03

Für die anderen spielen das Fehlen einzelner Beobachtungsnächte oder die nur kurzen Beobachtungsintervalle innerhalb einer Nacht keine entscheidende Rolle, weil man den generellen Verlauf der Lichtkurve wenigstens in einem Teil überblicken kann. Beispiele für entsprechende Lichtkurven sind in unseren Abbildungen 1 und 2 zu sehen. Ähnliche Lichtkurven ergaben sich für ASASSN-V J132817.34-473411.4 und ASAS J132837-4737.3. Beim Vergleich mit den Daten aus dem ASAS-Projekt kann man - soweit das bei so kurzen Ausschnitten der Lichtkurven überhaupt möglich ist - eine befriedigende Übereinstimmung feststellen.

### Kurzperiodisch veränderliche Sterne

Bei kurzperiodisch veränderlichen Sternen, deren Perioden klein gegenüber dem Beobachtungszeitraum sind, ist die Qualität einer Phasenkurve neben den Messgenauigkeiten auch noch von der Belegung der Periode durch die Messpunkte abhängig. Hinzu kommen zeitlich veränderliche Effekte wie z.B. der Blazhko-Effekt, die die Periodenbestimmung erschweren. So finden sich in den Periodogrammen von Persea bei der Analyse dieser Daten oft mehrere nahezu gleichwertige Lösungen. Hier zeigt sich die Unvollständigkeit unserer Daten, wenn sie alleine verwendet werden. Die

hier dargestellten Phasendiagramme sind deswegen nur optimale Beispiele unserer Untersuchungen. Aus diesem Grunde wurde auch das Suchintervall für die Periode jeweils auf ein Intervall von 0.4 Tagen um den AAVSO-Wert beschränkt. Die Perioden aus der Zeit um 1970 sollten nicht außerhalb eines solchen Intervalls liegen.

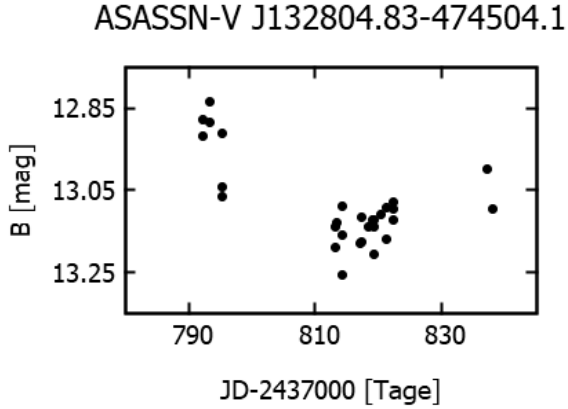


Abb. 1: Lichtkurve des langperiodischen Sterns ASASSN-V J132804.83-474504.1

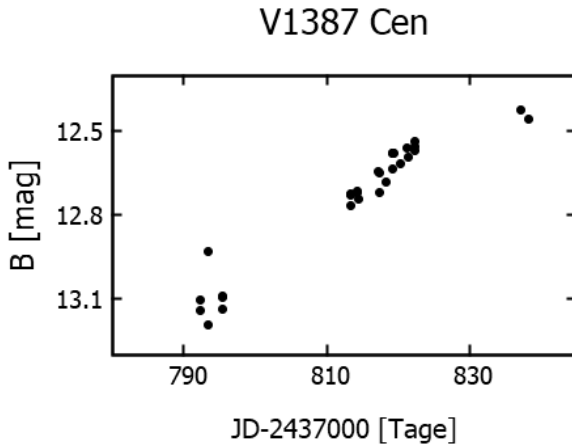


Abb. 2: Lichtkurve des langperiodischen Sterns V1387 Cen

### Bedeckungsveränderliche

Der Stern V1182 Cen ist nach unseren Daten ein Bedeckungsveränderlicher mit getrennten Komponenten (EA-Typ), während Stern SSS\_J133001.76-482029 das typische Verhalten eines W-UMa-Sternes zeigt. In Abbildung 3 und 4 sind die Phasendiagramme aus unseren Beobachtungen zu sehen.

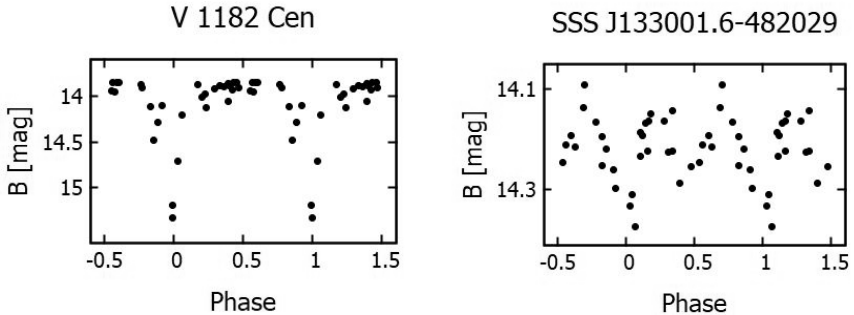


Abb. 3 und 4: Phasendiagramme der Sterne V1182 Cen und SSS\_J133001.6-482029

Für den Stern V1182 Cen ergab sich eine Periode von 0.906090 Tagen (AAVSO: 0.949090 Tage) und für den Stern SSS\_J133001.16-482029 eine Periode von 0.413242 Tagen (AAVSO: 0.520731 Tage). Bei SSS\_J133001.16-482029 liegt die kleine Amplitude in der Größenordnung unserer Messgenauigkeit, was auch die größeren Abweichungen der Periode erklären kann. Unsere Messungen umfassten außerdem noch die Sterne, V1822 Cen, V1825 Cen, ASASSN-V J13301.96-475937.6, SSS\_J133051.2-475217 und ASASSN-V J133141.90-474934.0.

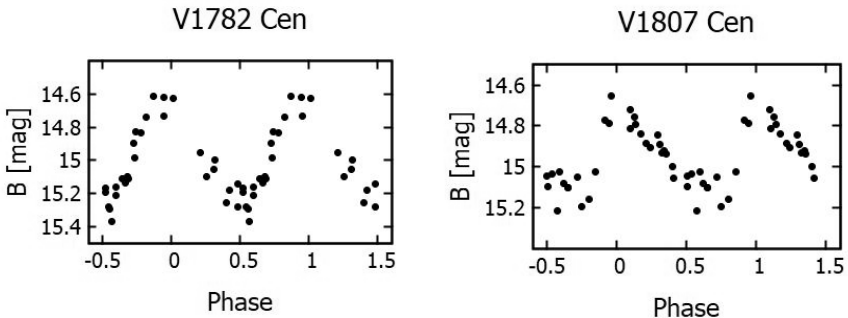


Abb. 5 und 6: Phasendiagramme der RR-Lyrae-Sterne V1782 Cen und V1807 Cen

### RR-Lyrae-Sterne

Diese Untersuchung beinhaltet auch fotometrische Messungen der RR-Lyrae-Sterne V1706 Cen, V1782 Cen, V1784 Cen, V1786 Cen, V1792 Cen, V1794 Cen, V1807 Cen, V1829 Cen und V1836 Cen. Für alle RR-Lyrae-Sterne ermittelten wir über

das Programm Persea Perioden und Phasendiagramme aus den Messungen unserer Sterne. Vergleiche unserer Perioden mit den Werten von Jurcsik et al. (2001, 6 Sterne) und mit Braga et al. (2016, 8 Sterne) ergaben nur in 3 Fällen gute Übereinstimmungen. Die Phasendiagramme für die Sterne V1782 Cen und V1807 aus unseren Daten sind als Beispiele in Abbildung 5 und Abbildung 6 zu sehen.

Der Katalog der Messungen enthält auch Daten von vier weiteren Sternen, die in dieser Arbeit aber nicht diskutiert werden.

### **Zusammenfassung**

Ziel dieser Arbeit war die Bestimmung der Helligkeiten aller bekannter veränderlichen Sterne auf den historischen Fotoplatten, um sie der Nachwelt zu erhalten. Dabei spielt es für den Katalog der Messwerte keine Rolle, ob die Daten dieser Untersuchung alleine schon aussagekräftige Ergebnisse von Perioden oder Phasendiagrammen liefern. Den eigentlichen Nutzen unserer Daten wird man erst im Zusammenhang mit anderem Beobachtungsmaterial erreichen können. Die fotometrischen Daten der 39 Sterne werden den Archiven der BAV und der AAVSO nach Erscheinen des Artikels im Rundbrief zur Verfügung gestellt werden.

### **Danksagung**

This research was made possible through the use of the AAVSO Photometric All-Sky Survey (APASS), funded by the Robert Martin Ayers Sciences Fund and NSF AST-1412587.

This research has made use of the VizieR catalogue access tool, CDS, Strasbourg, France (DOI : 10.26093/cds/vizieR). The original description of the VizieR service was published in 2000, A&AS 143, 23.

### **Literatur**

- Braga V.F., et al., 2016, AJ 152, 170  
 Geffert M., et al., 2017, BAVSR 66, 56  
 Geyer E.H., 1967, Zeitschrift für Astrophysik 66, 16  
 Geyer E.H., Szeidl B., 1970, A&A 4, 40  
 Jurcsik J. et al., 2001, AJ 121, 951  
 Maciejewski, G. & Niedzielski, A., 2005, Baltic Astronomy, 14, 205

Michael Geffert  
 Birtzberg Observatorium  
 Siefenfeldchen 104  
 53332 Bornheim  
 email: birtzberg\_obs@posteo.de

Bernd Ehret  
 Hauptstraße 48  
 53639 Königswinter  
 email: bme42@web.de

Heinrich Weiland  
 Emanuel-Leutze-Str. 22  
 53125 Bonn  
 email: heinrich.weiland@gmx.de

## Cepheiden-Lichtkurven ohne Faltung 1: TX Cygni

Jörg Spelda

Zu Beginn meiner Mitgliedschaft in der BAV (2020) gehörte die Beobachtung der Cepheiden (Delta-Cephei- und W-Virginis-Sterne) zu den besonders vernachlässigten Arbeitsgebieten. Dies nahm ich zum Anlass, mich näher mit ihnen zu beschäftigen. Inzwischen hat sich die Situation gewandelt. Vollmann (2022) hat eine gute Übersicht publiziert und Meyer (2023a, 2023b, 2023c) ein Grundlagenwerk geschaffen, so dass nun auch die Cepheiden in die LcDB der BAV (BAV, <https://www.bav-astro.eu/index.php/lkdb>, zuletzt geprüft am 25.01.2023) Einzug halten können. Umso wichtiger ist es aktuell die Beobachtungen fortzuführen und die (B-R)-Diagramme zu ergänzen.

Schon 2019 hatte ich, wie bei Meyer (2004) beschrieben, begonnen Cepheiden-Daten zusammenzutragen. Dies geschah nach der fotografischen Methode, indem ich zwischen 16.07.2019 und 02.03.2021 in jeder klaren Nacht möglichst viele Sternfelder mit BAV-Programmsternen fotografiert habe. Zum Einsatz kam eine Nikon D3300-Digitalkamera mit einem Tokina AT-X Pro Macro 100 F2.8D-Teleobjektiv (abgeblendet auf 5.6), nachgeführt mit einer Omegon Mintrack LX2, später mit dem Nachfolgemodell LX3. Die Ausrüstung ist bei Spelda & Wickert (2021a) näher beschrieben. Belichtet wurde je nach Objekt 1-10 Sekunden bei ISO 800 oder 6400. Dabei wurden mit der Serienbildfunktion der Kamera 9 Aufnahmen gewonnen, die wie bei Wischnewski (2021, S. 203-204, sowie AstronomieTelevision, Folge 80 - Photometrie verbessern, <https://www.youtube.com/watch?v=Hvm9s-YH8xA>, zuletzt geprüft am 09.02.2021) beschrieben, zur Erhöhung der Messgenauigkeit überlagert (gestackt) wurden. Die so gewonnenen RGB-Summenbilder wurden zur späteren Auswertung archiviert. Photometriert wurde anfangs mit Fitswork (Dierks, Fitswork Version 4.47, <http://www.fitswork.de/software/download.php?f=bin/Fitswork447.7z>, zuletzt geprüft am 25.01.2023), später mit MuniWin (Motl, MuniWin 2.1.34 (x64), <https://sourceforge.net/projects/c-munipack/files/C-Munipack%202.1%20Stable/2.1.34/C-Munipack-2.1.34-x64.exe/download>, zuletzt geprüft am 25.01.2023). Die Berechnung der kalibrierten Helligkeiten erfolgte über lineare Regression mit dem selbst geschriebenen Programm Magreg (Spelda 2021). Dadurch wurden die Daten vereinheitlicht, weil unterschiedliche Belichtungszeiten und ISO-Zahlen verwendet wurden. Die Darstellung der Lichtkurven (Phasendiagramme) erfolgte gleichfalls mit Magreg. Später wurde dafür auch Starcurve (Pagel, StarCurve (Period) V 6.21, <https://www.bav-astro.eu/phocadownload/download/StarCurve-Package20190201.zip>, zuletzt geprüft am 25.01.2023) verwendet.

Doch schon nach einigen Auswertungen erschien mir diese „klassische“ Vorgehensweise unzureichend. Ich sah vor allem zwei Probleme:

1. Bei den Punktwolken der Lichtkurven ließ sich die Schwankung der Messwerte nur schlecht abschätzen. Zwar erlaubten die Regressionsparameter formal eine Abschätzung, besser wäre es aber die Messungen mehrfach zu wiederholen.



2. Fanden sich u.a. auch in der Literatur Hinweise für Periodenänderungen bei Cepheiden (Braune 2013). Aktuell sind diese bei Meyer (2023a) zusammengefasst. Daher erschien es mir bedenklich, zu viele Lichtkurven zu falten. Besser wäre es, man könnte die Maxima direkt messen.

Die Cepheiden haben gegenüber manchen anderen Veränderlichen einen Vorteil: ihre verhältnismäßig große Lichtwechselamplitude sollte es erlauben, ein Maximum direkt zu messen, zumindest im Anstiegsbereich, vorausgesetzt die Periode ist nicht zu lang und die Messgenauigkeit lässt sich auf das notwendige Maß bringen.

Meine Überlegungen führten zu einer neuen Vorgehensweise. Statt eine oder wenige (2-4) Messungen in einer Nacht, sollten Langzeitmessungen erfolgen. Daraus sollte zum einen die Schwankung der Messwerte (die Messgenauigkeit) besser ersichtlich sein, zum anderen sollte sich, je nach Periodenlänge, bei ausreichend langen mehrstündigen Messungen ein Trend (Anstieg, Abstieg, Maximums- oder Minimumsbereich) erkennen lassen.

Ein erster Versuch erfolgte 16.07.-22.09.2022 mit den Cepheiden in der Umgebung des Nordamerikanebels (NGC7000). Dieses Projekt bot sich an, da sich hier Astrofotografie mit der Messung von veränderlichen Sternen kombinieren ließ. Zum einen erhielt ich eine tief belichtete Aufnahme des Nordamerikanebels, zum anderen Messwerte des Cepheiden TX Cygni, bei denen auch die Messgenauigkeit ermittelbar ist. Zudem lag bereits eine Auswertung von TX Cygni aus der oben genannten Messreihe vor.

Es wurde 2022 je nach den wetterbedingten Möglichkeiten möglichst mindestens 1-2 Stunden, maximal sogar 6,5 Stunden pro Nacht fotografiert. Die Aufnahmen wurden mit unterschiedlichen Kameras (der DSLR Nikon D3300 und der DSLM Nikon Z50) bei unterschiedlichen ISO-Zahlen (800 und 6400), Belichtungszeiten (10 und 30 Sekunden) und verschiedenen Optiken (Tokina AT-X Pro Macro 100 F2.8D und Canon FD 200mm 1:4, beide abgeblendet auf 5,6) angefertigt. Zur Vereinheitlichung wurden die Aufnahmen, wie bei Spelda & Wickert (2022a, 2022b) beschrieben in MuniWin zu Summenbilder von 270 bzw. 810 Sekunden Gesamtbelichtungszeit überlagert. Als Vergleichssterne fanden die in Tab. 1 aufgeführten Sterne Verwendung, deren Helligkeiten dem VSP (AAVSO, Variable Star Plotter, <https://app.aavso.org/vsp/>, zuletzt geprüft am 25.01.2023) entnommen wurden. Dabei wurden überwiegend die 5 helleren Sterne genutzt. Da aber BD+41 3993 etwas ferner von NGC7000 steht, war er nicht auf den bei 200 mm Brennweite gewonnenen Aufnahmen messbar, weshalb das Ensemble als Ersatz um 000-BLS-298 ergänzt wurde.

Da sich aufgrund der unterschiedlichen Brennweiten und ISO-Zahlen Unterschiede in den instrumentellen Magnituden ergaben, wurde die kalibrierten Helligkeiten von TX Cyg über lineare Regression mit dem Programm Magreg (Spelda 2021) errechnet, im Übrigen eine Methode, die sich auch eignet, um kalibrierte Helligkeiten für Gemeinschaftslichtkurven zu berechnen. Die zugleich ermittelten Messgenauigkeiten sollten helfen, eine optimale Kombination der Aufnahmeparameter zu finden. Tatsächlich stellte sich heraus, dass die Wetterbedingungen einen weit höheren Einfluss auf die Messgenauigkeiten hatten, als Kameratyp, Brennweite oder Aufnahmeparameter, was durchaus nicht zu erwarten gewesen war. Lediglich eine

höhere Gesamtbelichtungszeit führte zu einer deutlichen Verbesserung der Messgenauigkeit. Daher wurden für die folgenden Untersuchungen die Summenbilder mit 810 Sekunden Gesamtbelichtungszeit verwendet. Die Regressionsrechnung der 201 Summenbilder lieferte dabei eine Messgenauigkeit zwischen 30 und 109 mmag. Sieben Aufnahmen lagen deutlich über diesem Bereich. Sie wurden als Ausreisserwerte, bedingt durch Wolkendurchzug, erkannt und von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Dadurch ergab sich dann eine mittlere Messgenauigkeit von 74 mmag. Nimmt man jedoch die Schwankung der Vergleichssterne als Maß, lagen deren Messgenauigkeiten in den einzelnen Nächten zwischen 4 und 66 mmag. Diese große Schwankung ist allerdings wohl auf die geringe Anzahl von Messwerten zurückzuführen, wenn man nur jeweils eine Nacht betrachtet. Denn die mittleren Messgenauigkeiten über alle Nächte lagen in einem engeren Bereich, nämlich zwischen 17 und 22 mmag.

Gaia DR2-Bezeichnung	AUID	weitere Bezeichnung	Verwendung bei Serie	Helligkeit V (mag)	Genauigkeit V (mag)
Gaia DR2 2161855196994058112	-	HD2000423	alle	8.060	0.010
Gaia DR2 1969701486910408320	-	BD+41 3993	100mm	8.380	0.010
Gaia DR2 2161800805527284992	000-BLS-295	BD+41 3954	alle	8.970	0.034
Gaia DR2 2161794169793151872	000-BLS-296	BD+42 3937	alle	9.415	0.035
Gaia DR2 2161825235301381120	000-BLS-297	BD+42 3926	alle	9.908	0.040
Gaia DR2 2161802416130348416	000-BLS-298	BD+41 3952	200mm	10.062	0.041

Tab. 1: Für TX Cyg genutzte Vergleichssterne: AAVSO und Gaia DR2-Bezeichnungen, deren Helligkeiten und Genauigkeiten der Helligkeitsangaben.

Abbildung 1 zeigt die gefaltete Lichtkurve nach den Einzelmessungen der Sommer 2019 und 2020, im Vergleich dazu zeigt Abbildung 2 die gefaltete Lichtkurve nach den Messreihen des Sommers 2022. Auffällig ist die recht hohe Schwankung der Messwerte, speziell im Bereich des Minimums, was bei Abbildung 2 deutlicher herauskommt. Man sieht zudem an beiden Abbildungen, dass sich die Lichtkurven nicht ganz zur Deckung bringen lassen. Auch versuchsweise Variation der Periode änderte daran nichts. Offensichtlich unterliegt die Form der Lichtkurve leichten Schwankungen. Dazu wird nun die ungefaltete Lichtkurve betrachtet (Abbildung 3).

## Cyg TX

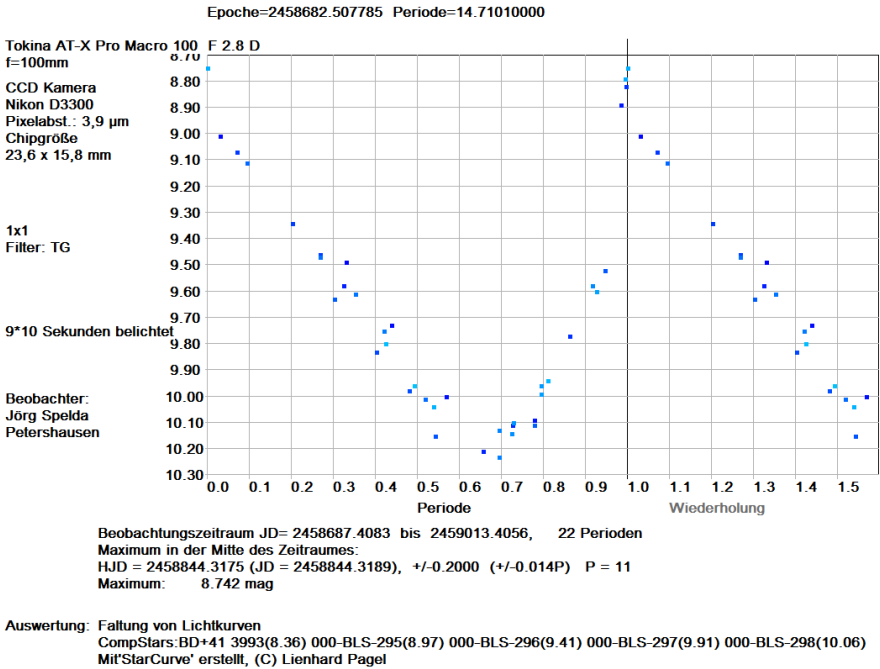
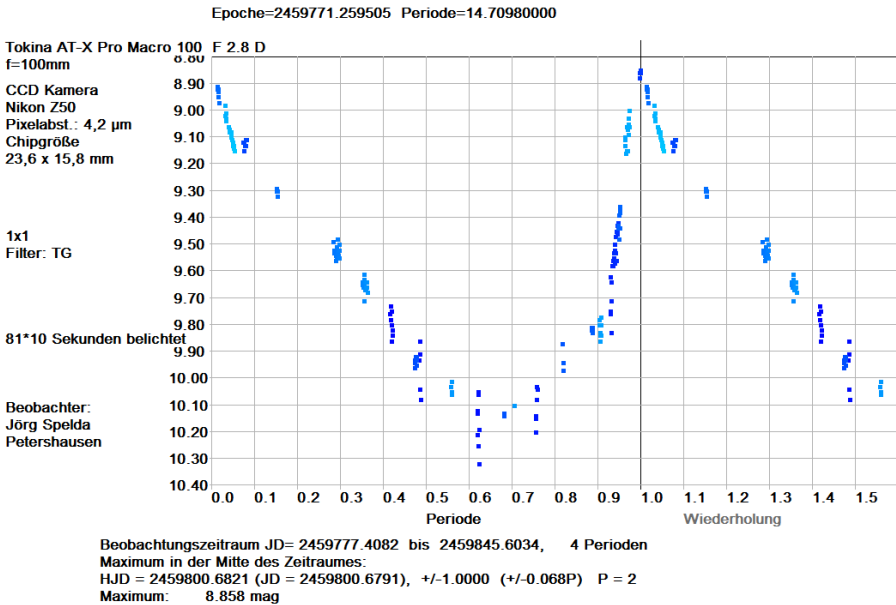


Abb. 1: Gefaltete Lichtkurve von TX Cyg nach 40 Aufnahmen zwischen dem 22.07.2019 und 12.06.2020, vermessen mit Fitswork und ausgewertet (gefaltet) mit Starcurve.

## Cyg TX



Auswertung: Faltung von Lichtkurven

CompStars:HD200042(8.06) BD+41 3993(8.38) 000-BLS-295(8.97) 000-BLS-296(9.41) 000-BLS-297(9.91)  
Mit'StarCurve' erstellt, (C) Lienhard Pagel

Abb. 2: Gefaltete Lichtkurve von TX Cyg nach 194 Aufnahmen zwischen dem 16.07.2022 und 22.09.2022, vermessen mit Muniwin, ausgewertet mit Magreg und gefaltet mit Starcurve.

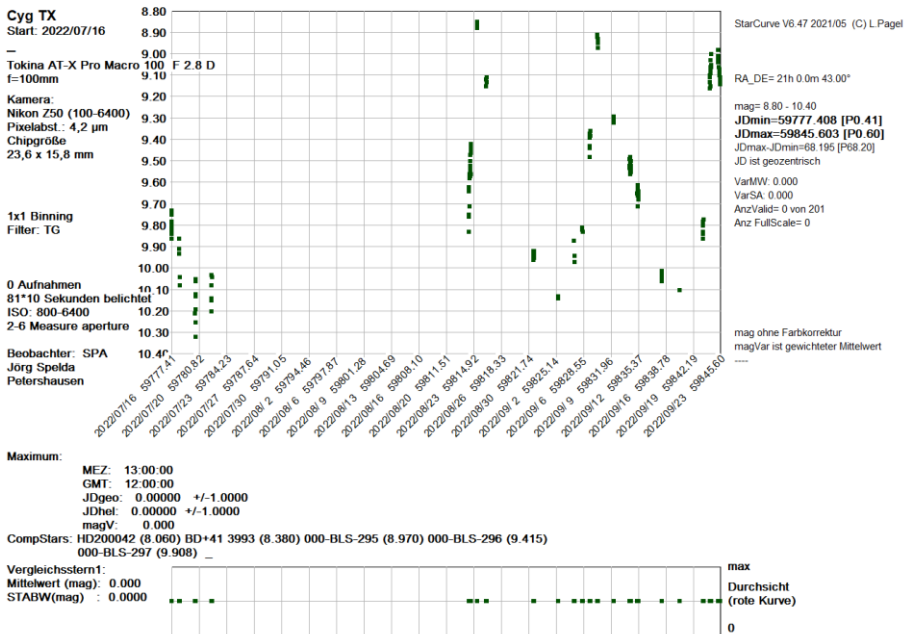


Abb. 3: Ungefaltete Lichtkurve von TX Cyg nach 194 Aufnahmen zwischen dem 16.07.2022 und 22.09.2022, vermessen mit Muniwin, ausgewertet mit Magreg und dargestellt in Starcurve.

Unter Kenntnis der Form der Lichtkurve (aus Abb. 2) lässt sich nun abschätzen, ob auch eine direkte Messung von Maxima möglich ist. Lichtkurven von Cepheiden sind zwar asymmetrisch und daher weniger für die Anpassung einer Sinuskurve geeignet, dafür verlaufen An- und Abstieg jedoch über weite Bereiche (Minimums- und Maximumsbereich ausgenommen) oft nahezu linear. Daher lässt sich durch Anpassung zweier Ausgleichsgeraden (Regressionsgeraden) über deren Schnittpunkt das Maximum bestimmen. Voraussetzung dafür ist, dass sowohl An- wie auch Abstieg im linearen Bereich mit ausreichend vielen Messpunkten repräsentiert sind. Tatsächlich war dies bei drei, sogar noch aufeinander folgenden Maxima der Fall. Betrachten wir zunächst den eindeutigsten Fall. Die beiden Messungen von 21. und 22.09.2022 lagen offensichtlich unmittelbar vor bzw. nach dem Maximum. Beide Messungen weisen eine ausreichende Länge (3,90 bzw. 4,58 h) auf, um eine verlässliche Ausgleichsgerade zu generieren. Dies führt man am besten in einer Tabellenkalkulation wie Excel (Microsoft, <https://www.microsoft.com/de-de/microsoft-365/excel>, zuletzt geprüft am 27.01.2023) durch. Dabei kann man sich auch die Geradengleichungen, die Bestimmtheitsmaße und Fehlerindikatoren anzeigen lassen. Wichtig ist zu beachten, dass nicht mit dem vollen Julianischen Datum, sondern nur mit der letzten Vorkommastelle gerechnet wird, weil Excel andernfalls die Trendlinien falsch berechnet und darstellt. Das Ergebnis kann man auf zweierlei Art ermitteln. Entweder streng mathematisch durch Gleichsetzen der Geradengleichungen oder visuell durch Ablesen des Wertes, indem man ein

entsprechend feines Koordinatengitter einblendet. Der visuelle Ansatz ist sogar der empfehlenswertere, weil auch die Messgenauigkeit abgelesen werden kann. Damit ergibt sich ein Maximum bei JD = 2459744.478 ± 0.12, also einer Messgenauigkeit von etwa 3 Stunden. Hier spielt dann die heliozentrische Korrektur, die in diesem Falle bei +0.003 Tagen (4,5 Minuten) liegen würde, nur noch eine vernachlässigbare Rolle.

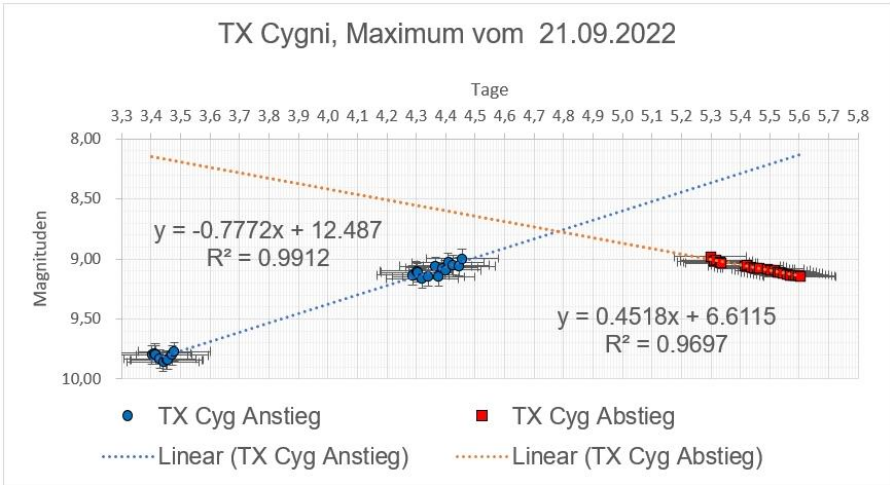


Abb. 4: Bestimmung des Maximums vom 22.09.2022 mit Excel: JD = 2459744.478 ± 0.12

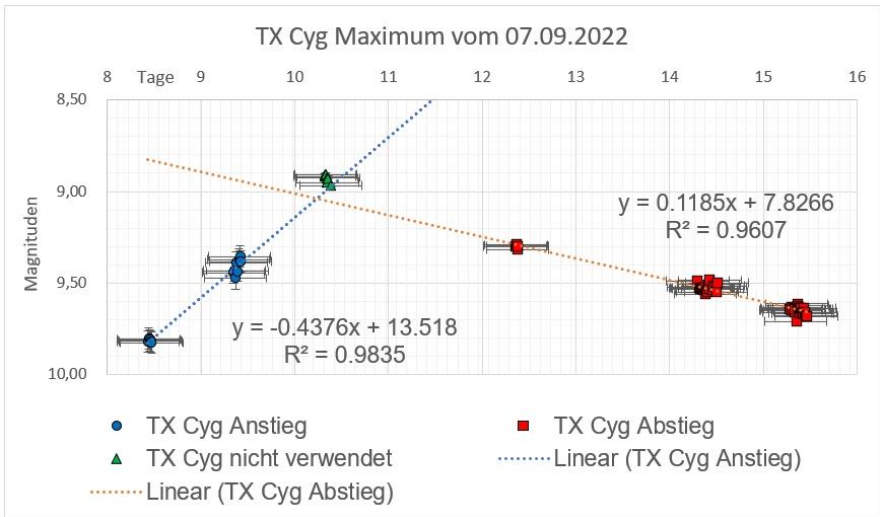


Abb. 5: Bestimmung des Maximums vom 07.09.2022 mit Excel: JD = 245980,2345 ± 0,3

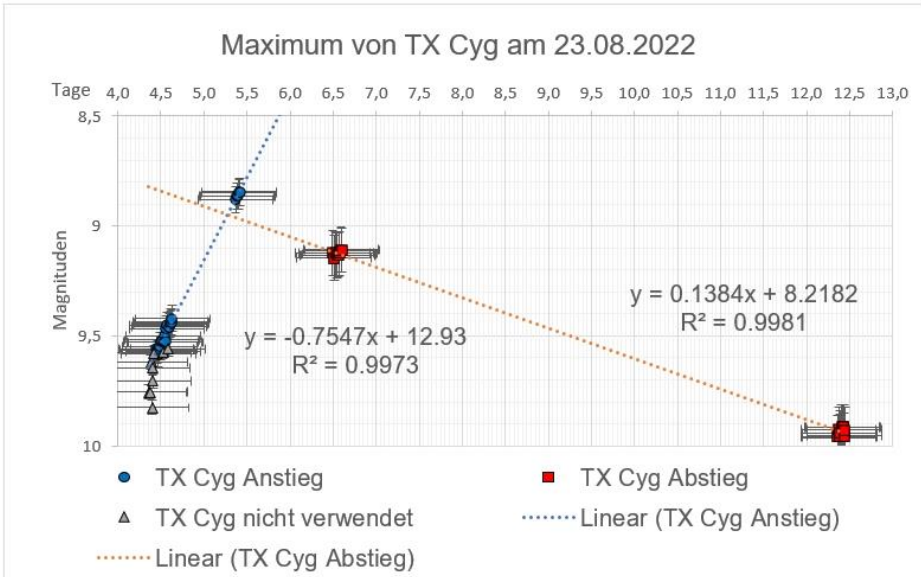


Abb. 6: Bestimmung des Maximums vom 23.08.2022 durch Vergleich mit der gefalteten Lichtkurve in Abb. 2: JD=2459815,4119  $\pm$  0,45

Beim Maximum vom 23.08.2022 (Abb. 6) zeigte die Analyse der Daten, dass am Anfang der Messung vom 22.08. eine hohe Varianz bestand. Diese Messungen wurden daher bei der Berechnung der Trendlinie ausgeschlossen. Es betraf zum einen alle Messungen mit 100 mm Brennweite sowie Messungen mit 200 mm Brennweite, die deutlich von dem ansonsten perl schnurartigen Verlauf der Helligkeitswerte abwichen. Die Messungen vom 23.08. wurden hingegen einbezogen, weil bei ihnen noch deutlich eine Anstiegstendenz zu erkennen ist. Unglücklicherweise war der Abstieg nur durch zwei Messstage (25.08. und 30.08.) repräsentiert, die eine hohe Varianz aufwiesen und zudem noch weit auseinander lagen. Dies war vermutlich die Ursache dafür, dass der Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden zeitlich vor der maximalen Helligkeit lag. Somit ist in diesem Fall eine Berechnung des Maximums über Ausgleichsgeraden nicht möglich. Da jedoch der Verlauf der Helligkeitswerte vom 22. und 23.08.2022 zum einen perfekt einer Geraden folgt, zum anderen die Messung vom 23.08. bei der gefalteten Lichtkurve perfekt die Position des Maximums einnimmt, kann der letzte Messwert dieses Tages (JD=2459815.4119  $\pm$  0.45) genähert als Zeitpunkt des Maximums angesprochen werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es durchaus möglich ist, selbst bei Cepheiden längerer Periode, Maxima direkt zu messen. Die eingesetzte Methodik ähnelt jener bei langperiodischen Bedeckungsveränderlichen, bei denen die Extremwerte (dort: Minima) gleichfalls teils direkt, teils über Faltung gemessen werden. Gegenüber diesen Sternen besteht sogar der Vorteil, dass auch während des Maximumszeitpunktes der Cepheiden verwertbare Messungen erfolgen können,

während bei den langperiodischen Bedeckungsveränderlichen die Phase der kompletten Bedeckung keine Information für die Minimumsbestimmung liefert. Die Berechnung erfolgt näherungsweise durch Ausgleichsgeraden. Diese auch bei Meyer (2004) beschriebene Methode, dort allerdings bezogen auf gefaltete Lichtkurven, liefert zwar einen Zeitpunkt des Maximums, logischerweise aber nicht die Helligkeit des Veränderlichen zu demselben. Die besten Resultate lassen sich erzielen, wenn die Messungen möglichst lange (über 4 Stunden je Messungstag) und möglichst kurz vor und nach dem Maximumtermin erfolgen. Die Verwendung von Messungen, welche zeitlich weiter entfernt vom Maximum liegen, ist zwar möglich, aber mit deutlich höherer Messungenauigkeit behaftet, selbst wenn der Kurvenverlauf der Lichtkurve bekannt ist und man ungeeignete Kurvenbereiche (Buckel) bei der Auswertung ausschließt. Zum einen sind Messungen bei geringerer Sternhelligkeit grundsätzlich mit einer höheren Ungenauigkeit verbunden, zum anderen wirken sich ungünstige Messbedingungen fern vom Maximumtermin stärker auf die Lage der Ausgleichsgeraden aus. Als dritte und letzte Möglichkeit bietet es sich an, ein direkt zu messendes Maximum mit einer gefalteten Lichtkurve zu Deckung zu bringen und daraus dessen Wert abzuleiten. Bei den Ausgleichsgeraden ist die Messgenauigkeit schwer abzuschätzen. Prinzipiell könnte der gesamte unbekannte Bereich zwischen den Anstiegs- und Abstiegsmessungen als Messungenauigkeit angesehen werden. Dies dürfte aber definitiv zu viel sein. Die unterschiedlichen Streuungen der Messwerte in den einzelnen Nächten oder sogar kürzeren Abschnitten innerhalb einer Nacht lassen keine exakten Berechnungen zu: Bei den gefalteten Lichtkurven entsprach die mit Hilfe von Starcurve ermittelte Messgenauigkeit in vielen Fällen 5-10% der Periode. Im Falle von TX Cyg wären das bei 10% 1,5 Tage, was als zu hoch erscheint. Als Kompromiss bietet sich der auch mit Excel darstellbare Standardfehler an, der, bezogen auf die nächstgelegenen Messwerte, hier verwendet wurde. Visuell gibt es mit Starcurve eine noch einfachere Näherungslösung: Man klickt zuerst den geschätzten Maximumszeitpunkt an und notiert den angezeigten Wert. Nun klickt man auf eine Stelle, an der das Maximum gerade noch möglich erscheint und bildet die Differenz beider Werte. Dies ist dann die geschätzte Messgenauigkeit, die im Settingsmenü von Starcurve eingetragen werden kann.

### **Beifänge**

Im Umfeld von NGC7000 sind noch weitere Cepheiden und andere Veränderliche zu finden. Die Maxima und Anstiege der drei weiteren Cepheiden (SZ, VX, BZ) waren jedoch nur spärlich durch Messungen abgedeckt. Daher wurden deren Maxima anhand von Faltungen bestimmt. Die Maxima (HJD) weisen zudem geringere Messgenauigkeiten auf:

SZ Cyg: 2459807,2506  $\pm$  1,6

Von SZ Cygni konnten aufgrund seiner randlichen Lage nur wenige (54) Summenbilder verwendet werden.

VX Cyg: 2459792,1526  $\pm$  1,15

Bei VX Cygni konnte ein Maximum auch direkt durch Vergleich mit der Lichtkurvenform ermittelt werden: 2459831,6668  $\pm$  1,15

BZ Cyg: 2459808,2936  $\pm$  0,7



## Danksagung

Lienhard Pagel hat mir bei viele Fragen zu den veränderlichen Sternen und der Auswertung mit Starcurve geholfen, insbesondere bei der Faltung von Lichtkurven. Weitere Anregung zu den Cepheiden verdanke ich Wolfgang Kriebel und Werner Braune. Ralf Meyer hat mir schließlich geholfen, letzte noch offene Fragen bei der Auswertung der Cepheiden zu klären.

Ihnen allen, sowie weiteren, ungenannten Forumsmitgliedern, mit denen ich verschiedentlich tangierende Themen diskutiert habe, sei ganz herzlich gedankt.

## Literatur

Braune, W. (2013): Beobachtungs-Aufruf zu Cepheiden mit hohen (B-R)-Werten. BAV Rundbrief: 2-2013, S. 132

Meyer, R. (2004): Cepheidenbeobachtung in der BAV: Rückblick und Ausblick. BAV Rundbrief: 4-2004, S. 229-234.

Meyer, R. (2023a): Period variations of 99 cepheid variables. BAV Journal 72: 1-6.

Meyer, R. (2023b): Maximum times of 99 cepheids. BAV Journal 73: 1-81.

Meyer, R. (2023c): O-V curves of 99 cepheids. BAV Journal 74: 1-81.

Spelda, J. (2021): Magreg – ein EXCL-VBA-Programmpaket zur Berechnung kalibrierter Helligkeiten. – BAV Rundbrief: 2-2021, S. 92-106.

Spelda, J.; Wickert, V. (2021a): DSLR/DSLM-Photometrie von Veränderlichen mit Fotoobjektiven – ein Update [Teil 1]. – BAV Rundbrief: 3-2021, S. 164-179.

Spelda, J.; Wickert, V. (2022a): SDSL/DSLM-Photometrie von Veränderlichen mit Fotoobjektiven – ein Update [Teil 3]. – BAV Rundbrief: 1-2022, S. 54-63.

Spelda, J.; Wickert, V. (2022b): SDSL/DSLM-Photometrie von Veränderlichen mit Fotoobjektiven – ein Update [Teil 4]. – BAV Rundbrief: 2-2022, S. 115-129.

Vollmann, W. (2022): Delta Cephei und die Cepheiden-Veränderlichen. BAV Rundbrief: 4-2022, S. 198-205.

Wischnewski, E. (2021): Astronomie in Theorie und Praxis Kompendium und Nachschlagewerk mit Formeln, Fakten Hintergründen. 9. Aufl. 3 Bände. Kaltenkirchen: Selbstverlag.

## Cepheiden-Lichtkurven ohne Faltung 2: TU Cassiopeiae

Jörg Spelda

In Teil 1 meiner Abhandlung über eine direkte Messung von Lichtkurven bei Cepheiden wurde dies am Beispiel von TX Cygni, einem Cepheiden mit mittlerer Periodenlänge vorgeführt, bei welchem Messungen von mehreren Tage verwendet werden mussten. Als nächstes Objekt wurde TU Cassiopeiae gewählt. Dieser BAV-Programmstern weist zum einen eine besonders kurze publizierte Periode (2.139 Tage) auf, zu anderen handelt es sich um einen doppelt periodischen Cepheiden (Richter & Wenzel, 1984; Malatesta 2005). Hinzu kommt die nördliche Stellung (zirkumpolar), welche eine lange Beobachtungszeit erlaubt.

### Cas TU

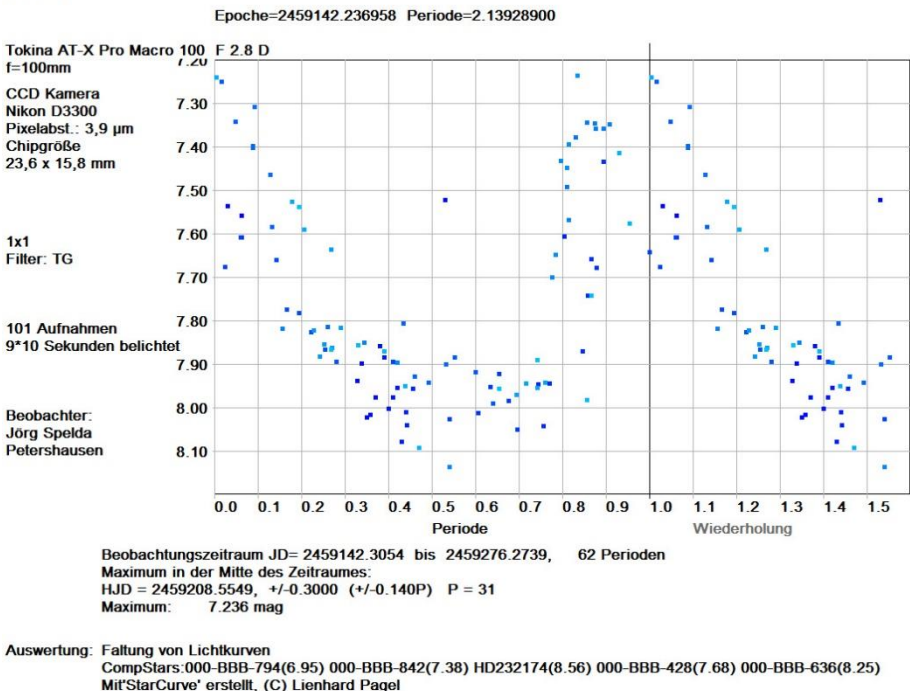


Abb. 1: Mit Starcurve gefaltete Lichtkurve von TU Cas anhand von Messwerten zwischen dem 19.10.2020 und dem 02.03.2021.

Das abnorme Verhalten von TU Cas ist an der gefaltete Lichtkurve (Abb. 1) der Jahre 2020/2021 gut zu erkennen. Eine solche Punktewolke ist sicher nicht als Folge einer ungewöhnlichen Lichtkurve zu interpretieren, sondern offensichtlich auf innerhalb kurzer Zeit erfolgte Periodenänderungen zurückzuführen. Wenn also bei einem Cepheiden

eine direkte und komplette Messung des Maximums an nur einem Tag besonders sinnvoll ist und auch Erfolg verspricht, dann sicher bei TU Cas.

Die fünf Vergleichssterne (Tab. 1) wurden anhand der Vorschläge des Variable Star Plotters (AAVSO, Variable Star Plotter, <https://app.aavso.org/vsp/>, zuletzt geprüft am 29.01.2023) ausgewählt und die dort angegebenen Helligkeiten verwendet. Es ergab sich die Problematik, dass die von den Helligkeiten am besten passenden Vergleichssterne bei einer 200-mm-Optik und APS-C-Sensor nur dann in das Gesichtsfeld passten, wenn TU Cas zentral positioniert wurde, was leider nicht bei allen Aufnahmen der Fall war. Alternativ wurde daher ein zweiter Satz Vergleichssterne geprüft, von denen zwei eine größere Helligkeitsdifferenz als eine Magnitude zu TU Cas aufwiesen, was für Vergleichssterne allerdings eher nicht empfehlenswert ist (Wischniewski 2021, S. 259).

Gaia DR2-Bezeichnung	AUID	weitere Bezeichnung	Set	Helligkeit V (mag)	Genauigkeit V (mag)
Gaia DR2 415901238262557696	000-BBB-794	HD2873	1	6.954	0.100
Gaia DR2 415735624324946816	000-BBB-842	HD3149	1	7.375	0.032
Gaia DR2 395113493474533760	000-BBB-428	HD1458	1	7.676	0.025
Gaia DR2 394693583107248256	000-BBB-636	HD2055	1 und 2	8.248	0.042
Gaia DR2 394852359457920128	000-BBB-557	HD232174	1 und 2	8.610	0.055
Gaia DR2 394809890821645824	000-BBB-661		2	9.004	0.038
Gaia DR2 418837758943061760	000-BBB-678	HD232190	2	9.165	0.028
Gaia DR2 394811746247479808	000-BBB-658		2	10.358	0.001

Tab. 1: Für TU Cas genutzte Vergleichssterne: AAVSO und Gaia DR2-Bezeichnungen, deren Helligkeiten und Genauigkeiten der Helligkeitsangaben.

Die Aufnahmen, welche bei 10 oder 30 Sekunden Einzelbelichtungszeit gewonnen wurden, wurden wie bei Spelda & Wickert (2022a, 2022b) beschrieben, in MuniWin (Motl, MuniWin 2.1.34 (x64), <https://sourceforge.net/projects/c-munipack/files/C-Munipack%202.1%20Stable/2.1.34/C-Munipack-2.1.34-x64.exe/download>, zuletzt geprüft am 25.01.2023) zu Summenbilder von 270 Sekunden Gesamtbelichtungszeit überlagert. Die Helligkeiten von TU Cas wurden zum einen, in Starcurve (Pagel, StarCurve (Period) V 6.21, <https://www.bav-astro.eu/phocadownload/download/StarCurve-Package20190201.zip>, zuletzt geprüft am 25.01.2023) über gewichtete Mittelwerte zum anderen mit dem Programm Magreg (Spelda 2021) über lineare Regression errechnet. Für die Auswertung wurden offensichtliche, extreme Ausreisserwerte eliminiert.

Einem Tipp von Volker Wickert folgend, wurde die ISO-Zahl zur weiteren Steigerung der Messgenauigkeit auf 100 gesenkt. Der potenzielle Bereich der Lage des Maximums bei der eigenen gefalteten Lichtkurve wurde herangezogen, um die Lage der künftigen Maxima abzuschätzen. Dabei wurde zunächst weiterhin die Periode des BAV-Circulars genutzt.

Nun begann das Warten auf günstige Nächte. Vom 29.10.-01.11.2022 ergab sich ein erfolgversprechendes Fenster. In dieser Zeit wurden zwei Veränderliche (TU Cas, V0383 Cep) parallel evaluiert, indem im Wechsel für jeden der beiden Sterne ca. 3/4stündige (Laufzeit der LX3 Minitrack) Aufnahmeserien erstellt wurden. Die spätere Auswertung zeigte auch tatsächlich die erhofften Kurvenabschnitte und in zwei der Nächte getroffene, aber nicht komplett mit Messungen abgedeckte Maxima (Abb. 2).

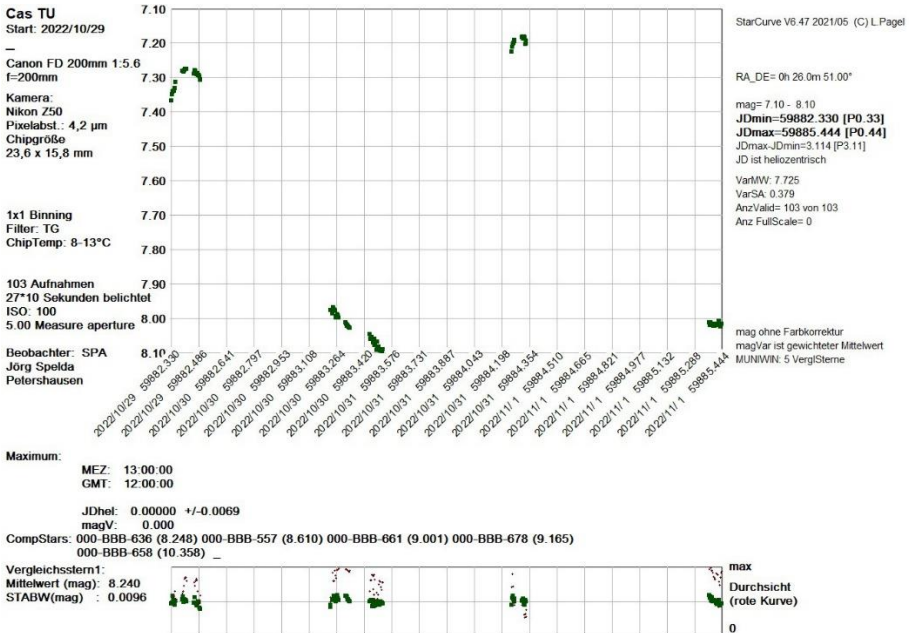


Abb. 2: Evaluationsmessung vom 29.10.-01.11.2022. Zur Auswertung wurde das nähere, dunklere Vergleichsstellenset herangezogen, da nicht alle Aufnahmen TU Cas zentral im Bildfeld hatten.

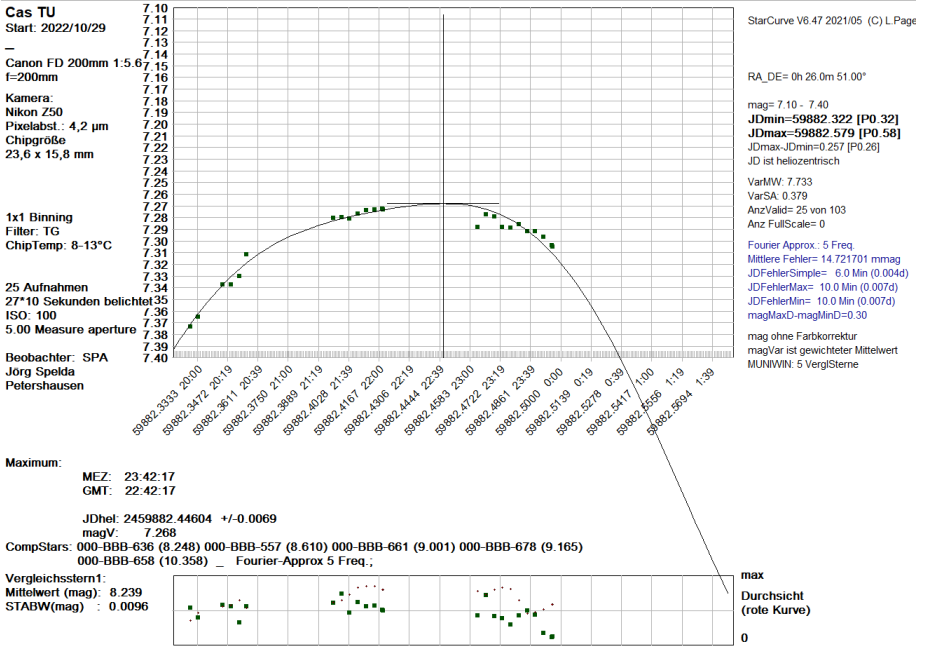


Abb. 3: Messung des Maximums von TU Cas vom 29.10.2022

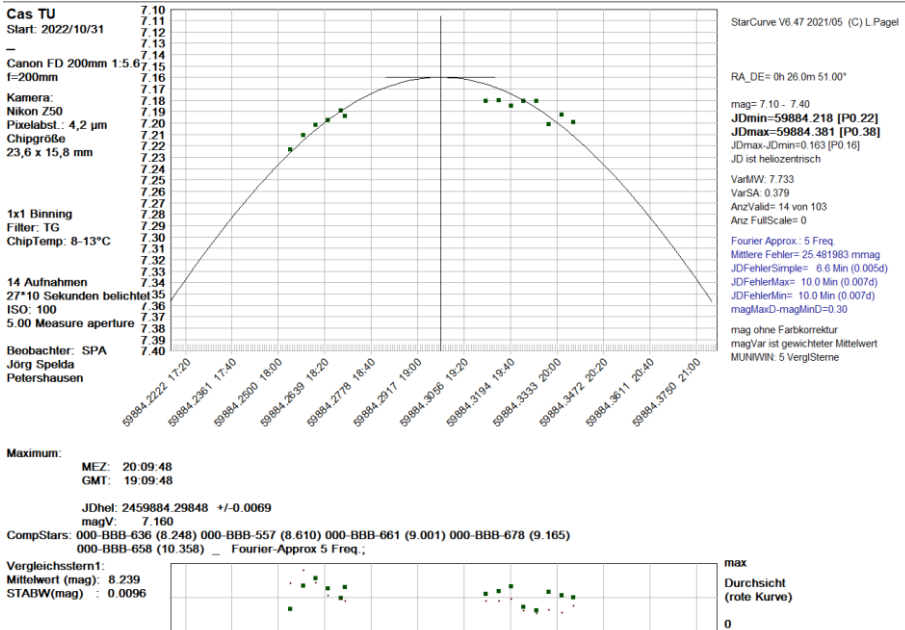


Abb. 4: Messung des Maximums von TU Cas vom 31.10.2022

Bei der Messung mit Muniwin zeigte dieses Programm im Auswahlmenu eine wesentlich kleinere optimale Blende (2.00) an als jene, die mit dem Quick-Photometry-Tool ermittelt wurde (5.00). Mit dieser letztgenannten Blende ergaben sich so saubere Kurvenverläufe, dass die beiden Maxima trotz der jeweiligen Lücken mit Starcurve ermittelt werden konnten (Abb. 3, 4). Möglicherweise ist die angegebene Messgenauigkeit aber aufgrund des engen Messbereiches zu hoch ausgefallen. Es ist gut erkennbar, dass beide Maxima unterschiedliche Maximalhelligkeiten zeigen.

Da genau zwei aufeinanderfolgende Maxima gemessen werden konnten ließ sich auch die aktuelle Periodenlänge bestimmen. Diese betrug rechnerisch 1,852 Tage, was deutlich von dem publizierten Wert von 2,139298 Tagen abweicht. Eine automatische Periodensuche mit Starcurve war mit diesem Datensatz nicht möglich, da die Maxima sehr unterschiedliche Formen aufwiesen. Manuell war es jedoch möglich, beide untereinander zu positionieren (Abb. 5). Dabei ergab sich ein ähnlicher Wert (1,885 Tage), wie der rechnerisch ermittelte. Vergleicht man das durch Faltung ermittelte Maximum (Abb. 1) mit den direkt gemessenen (Abb. 3, 4), so ist die deutlich höhere Messgenauigkeit der Direktmessung (10 min gegenüber 7,2 h) offensichtlich. Eine Direktmessung ist somit im Fall von TU Cas einer Faltung vorzuziehen.

## Cas TU

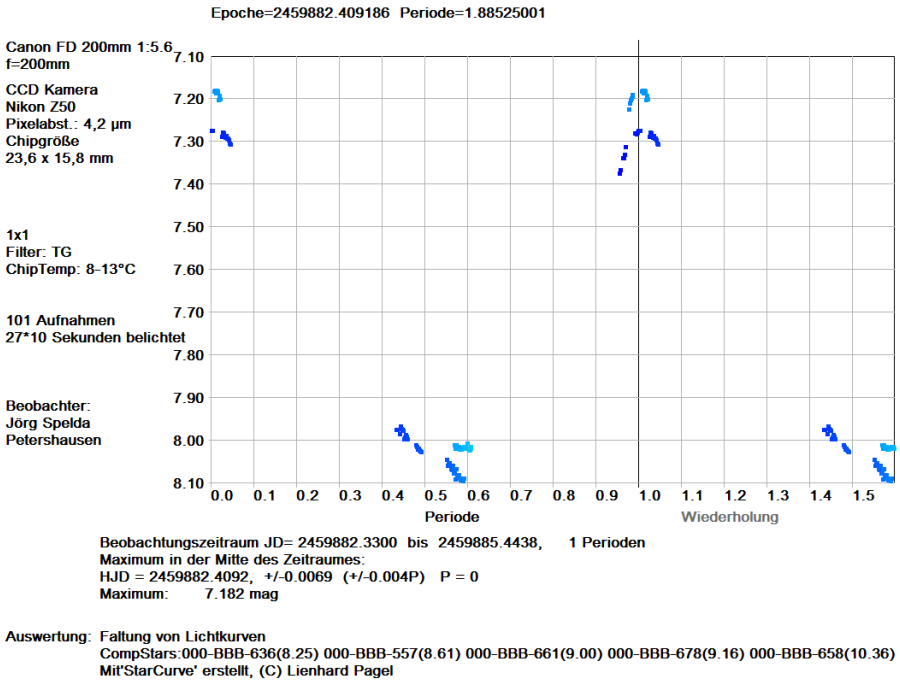


Abb. 5: Manuell gefaltete Lichtkurve von TU Cas anhand der Messungen zwischen dem 29.10.2022 und dem 01.11.2022.

Mit den aus der Messung vom 29.10.2022 abgeleiteten neuen Schätzwerten ließ sich nun eine verbesserte Vorhersage berechnen. Erneut wurde die Geduld auf die Probe gestellt. Erst am 28.12.2022 ergab sich wieder eine einigermaßen klare Nacht um ein potenzielles Maximum. Aufgrund der ungünstigen Wetterlage wurde nur die LX2-Minitrack eingesetzt, was eine Reduzierung der Einzelbelichtungen auf 10 Sekunden erforderte. Die Messung war auch nur über 4,5 Stunden möglich. In der resultierenden Lichtkurve (Abb. 6), kann man zwar einen deutlichen Abstieg registrieren, ein Maximum ist aber nicht klar erkennbar, obwohl die Abschätzung nach der vorherigen Messreihe vermuten ließ, dass die Messung vom 28.12. zum Zeitpunkt des Maximums begann.

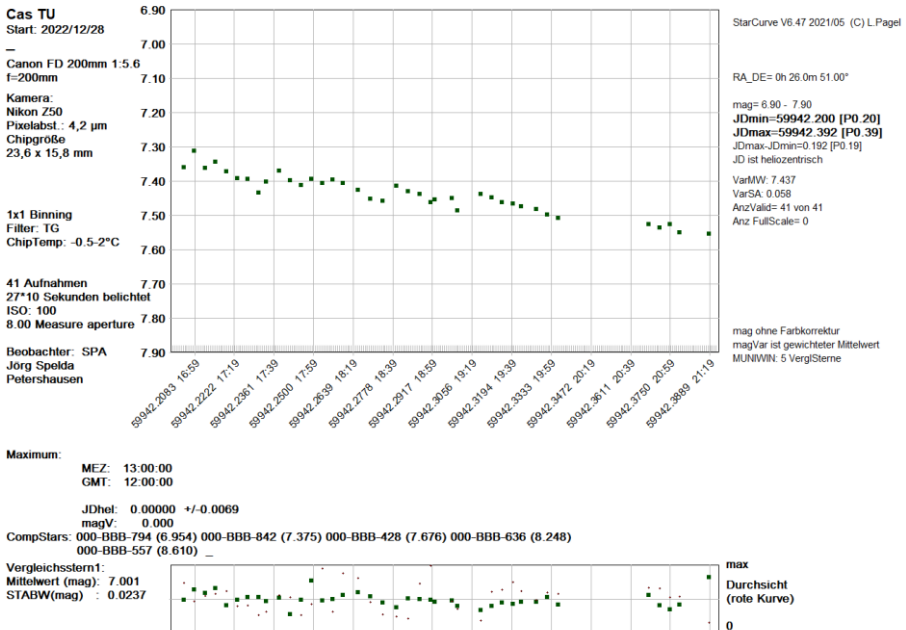


Abb. 6: Lichtkurve der Messung vom 28.12.2022. Es ist ein Abstieg, aber kein Maximum erkennbar. Zum besseren Vergleich wurden die Helligkeiten wie bei der Messung vom 01.01.2023 skaliert.

Vier Tage später, am 01.01.2023 war es endlich so weit. Die Nacht war klar genug, um über knapp 7 Stunden eine gute Lichtkurve messen zu können. Diese ist lediglich durch zwei Phasen von Wolkendurchzügen mit kurzfristiger Bedeckung unterbrochen. Diese Bereiche sind durch die Lücken und stärker schwankenden Messwerte gut erkennbar (Abb. 7). Nach 2,42 h erlaubte die Lage des Beobachtungsortes, aufgrund der umliegenden Gebäude, keine Fortführung der Messungen mehr.



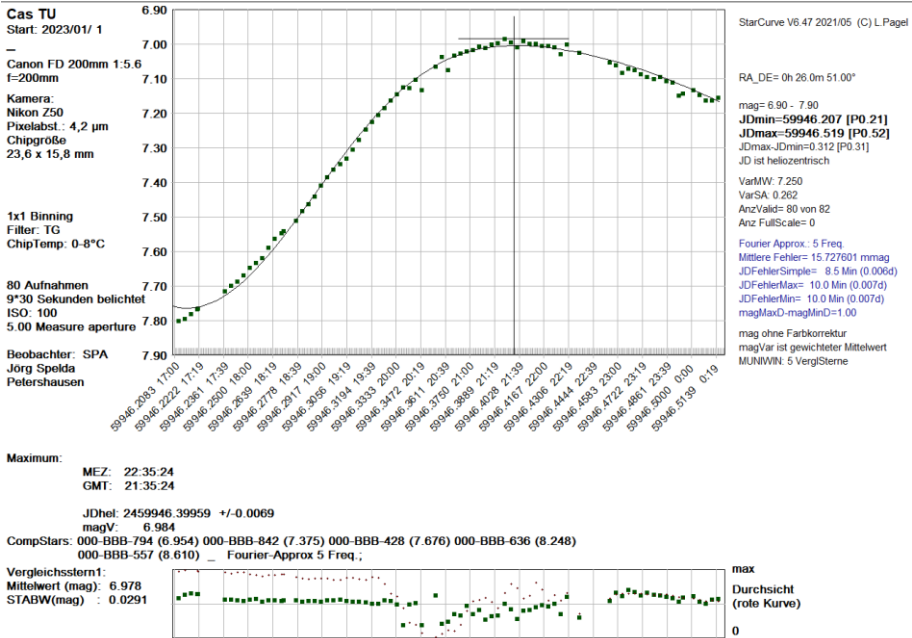


Abb. 7: Auswertung der Lichtkurve von TU Cas vom 01.01. 2023 mit Starcurve anhand einer direkt mit MuniWin erstellten Datei. Die Messung wurde mit Set1 (hellere Vergleichssterne) durchgeführt.

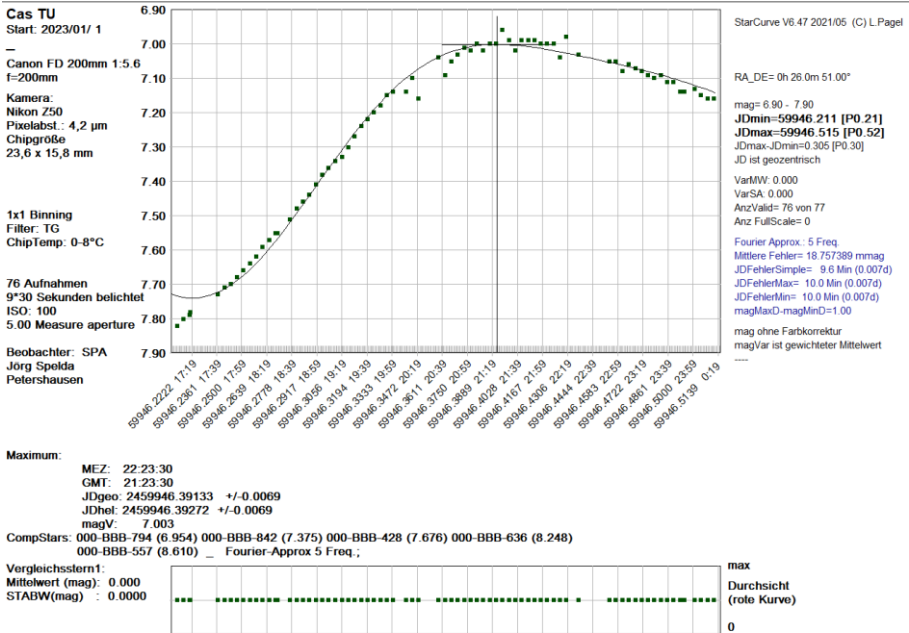


Abb. 8: Auswertung der Lichtkurve von TU Cas mit Starcurve wie bei Abb. 7, aber anhand von JD-mag-Daten, die mit Magreg aus den Muniwin-Daten errechnet wurden.

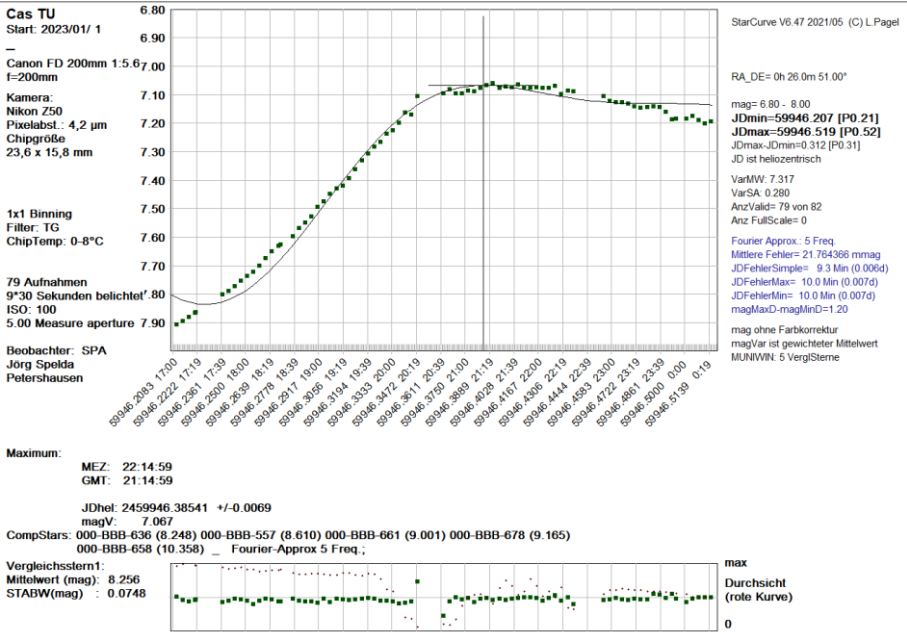


Abb. 9: Wie Abb. 7, jedoch wurde die Messung mit Set2 (dunklere Vergleichssterne) durchgeführt.

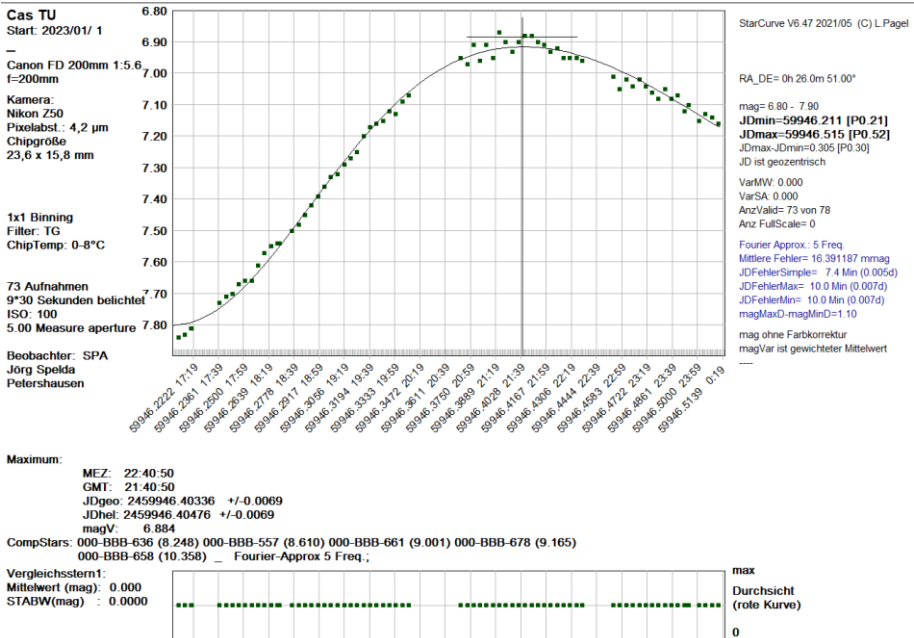


Abb. 10: Wie Abb. 8, jedoch wurde die Messung mit Set2 (dunklere Vergleichssterne) durchgeführt.

Ein Vergleich der Auswertungen mit unterschiedlichen Sets von Vergleichssterne zeigte, dass die Zeitpunkte der gefundenen Maxima bei den mit linearer Regression ermittelten kalibrierten Helligkeiten und der Auswertung mit Starcurve, mit dem hellen Vergleichssterne ein konsistentes Resultat lieferten (HJD=2459946.4013 +/- 0.0069). Bei der Auswertung des dunkleren Vergleichssterne mit Starcurve ergab sich hingegen eine Abweichung (HJD=2459946.3854 +/- 0.0069), die knapp außerhalb der Standardabweichung lag. Dies zeigt, dass es vorteilhafter ist, die Helligkeiten über lineare Regression zu berechnen, wenn eine größere Helligkeitsdifferenz des Veränderlichen zu den Vergleichssterne besteht. Visuell kann man erkennen, dass das Maximum bei dunklerem Vergleichssterne bei linearer Regression besser erkennbar ist, aber auch, dass die Werte dabei mehr streuen. Die Starcurve-Auswertungen zeigten in beiden Fällen einen etwas geringeren mittleren Fehler. Letztlich sind die Unterschiede beider Methoden zur Helligkeitsbestimmung allerdings gering. Vor allem, wenn optimale Vergleichssterne (nach den Kriterien von Wischnewski 2021, S. 259) gewählt wurden, ist kaum ein Unterschied feststellbar.

Die lineare Regressionsrechnung weist jedoch einen weiteren Vorteil auf: es lässt sich für jede vermessene Aufnahme eine Messgenauigkeit ermitteln. Dies erlaubt es auf einfachem Wege einzelne Aufnahmen von der Auswertung auszuschließen, wenn deren Messgenauigkeit auffällig abweicht (z.B. größer als dreimal die mittlere Messgenauigkeit). Allerdings kann man solche Ausreißer bei einer kontinuierlichen Lichtkurve auch visuell leicht erkennen und bei Muniwin und Starcurve per Mausclick

ausschließen. Auch bei Muniwin wird die Messgenauigkeit der einzelnen Messungen angezeigt. Daher stellt sich die Frage, ob die mathematisch exaktere Berechnung den Mehraufwand der Regressionsrechnung rechtfertigt.

Anhand des am 01.01.2023 ermittelten Maximums zeigte sich auch, dass die Messung vom 28.12.2022 nach dem Maximum erfolgt sein musste (errechnet: 2459942.1291 mit  $E_0 = 2459946.4013$ ). Eine Rückrechnung der Ende Oktober gemessenen Maxima anhand des zuletzt gemessenen Maximums ergab weder mit der publizierten noch mit der neu ermittelten Periode passende Vorhersagen. Letztlich muss man TU Cas wohl „auf gut Glück“ messen, wann immer lange Beobachtungszeiten möglich sind.

Hiermit ist bewiesen, dass sich auch die Maxima von Cepheiden in einer Nacht direkt messen lassen. Voraussetzung ist allerdings eine vergleichsweise kurze Periode und lange Nächte, wie sie vor allem im Winter gegeben sind. Dabei gilt für den Bearbeiter die 3-G-Regel: Geschick (bei der Wahl der Methodik), Glück (ein günstiges Maximum zu erwischen) und Geduld (lange genug warten zu können bis sich die Gelegenheit für eine erfolgversprechende Messung ergibt).

Es bleibt nun zu klären, wo die Grenzen der hier beschriebenen Methodik liegen. Cepheiden mit Periodenlängen von 2-4 Tagen sind damit sicher auch messbar, doch wo die Grenze liegt, wäre noch herauszufinden. Auch der Verlauf des Maximums dürfte den Erfolg beeinflussen. Spitze Maxima wie bei TX Cyg dürften leichter zu messen sein als flache, wie sie bei DCEPS-Sternen auftreten.

Bei Sternen mit rascher oder unregelmäßiger Periodenänderung bzw. mehren Schwingungen, wie bei TU Cas unter den BAV-Programmsternen, dürfte die Direktmessung sogar die einzige zulässige Messmethode darstellen. Daher bleibt zu hoffen, dass künftig weitere Messungen dieser Art erfolgen. Die offenbar ständig wechselnde Periode macht Vorhersagen jedoch schwierig, wenn nicht gar unmöglich.

### **Danksagung**

Ohne die Diskussionen mit Volker Wickert wäre die eingesetzte Messmethodik nicht auf dem heutigen Stand. Ihm sowie weiteren, ungenannten Forumsgliedern, mit denen ich verschiedentlich tangierende Themen diskutiert habe, sei ganz herzlich gedankt.

### **Literaturverzeichnis**

- Malatesta, K (2005): TU Cassiopeiae. Online verfügbar unter [https://www.aavso.org/vsots\\_tucas](https://www.aavso.org/vsots_tucas), zuletzt geprüft am 25.01.2023
- Richter, G.; Wenzel, W. (1984): Cuno Hofmeister. Veränderliche Sterne. 2. Auflage. 335 S.
- Spelda, J. (2021): Magreg – ein EXCL-VBA-Programmpaket zur Berechnung kalibrierter Helligkeiten. – BAV Rundbrief: 2-2021, S. 92-106.
- Spelda, J.; Wickert, V. (2022a): SDSL/DSL/Photometrie von Veränderlichen mit Fotoobjektiven – ein Update [Teil 3]. – BAV Rundbrief: 1-2022, S. 54-63.
- Spelda, J.; Wickert, V. (2022b): SDSL/DSL/Photometrie von Veränderlichen mit Fotoobjektiven – ein Update [Teil 4]. – BAV Rundbrief: 2-2022, S. 115-129.
- Wischnewski, E. (2021): Astronomie in Theorie und Praxis Kompendium und Nachschlagewerk mit Formeln, Fakten Hintergründen. 9. Aufl. 3 Bände. Kaltenkirchen: Selbstverlag.

## Die Erforschung Roter Riesensterne: Ein Joint Venture zwischen Profis und Amateuren

Stefan Uttenthaler

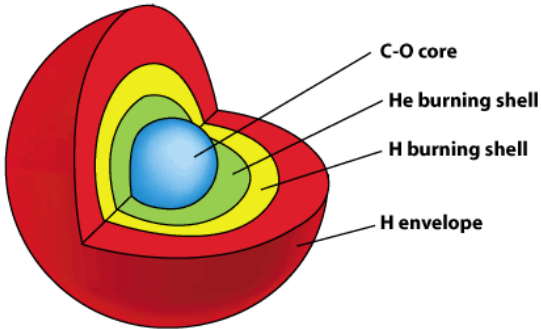
**Abstract:** Rote Riesen und Überriesen sind Spätstadien der Entwicklung von Sternen mit Massen von  $1-8 M_{\odot}$  bzw.  $8-35 M_{\odot}$ . Praktisch alle Sterne dieser Entwicklungsstufen sind Pulsationsveränderliche. Schon alleine deshalb gehören sie zu den lohnenden Objekten für Veränderlichenbeobachter. Manche Rote (Über-)Riesen zeigen über die meist regelmäßige Veränderlichkeit hinausgehende Phänomene, die dramatisch ausfallen können und vermutlich mit der Entwicklung im Sterninneren zusammenhängen. Während eines (astronomisch kurzen) Menschenlebens ansonsten kaum möglich, geben uns diese Phänomene die faszinierende Möglichkeit, Sternentwicklung in Echtzeit zu verfolgen. Daraus ergeben sich spannende Kooperationen zwischen Profi- und Amateur-Astronomen in der Erforschung dieser Entwicklungsstadien.

### Einleitung: Rote Riesen und Überriesen

Die meiste Zeit ihres Daseins verbringen Sterne wie unsere Sonne (Masse  $1-8 M_{\odot}$ ) damit, in ihrem Zentrum Wasserstoff zu Helium zu fusionieren. In dieser Phase befinden sie sich im Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD), in dem die Leuchtkraft gegen die Oberflächentemperatur aufgetragen ist, auf der sogenannten Hauptreihe. Der weitere Entwicklungsweg im HRD spiegelt die Veränderungen im Sterninneren wieder: Wenn nach hunderten Millionen oder Milliarden Jahren der Brennstoffvorrat im Zentrum zur Neige geht, beginnt der Stern sich aufzublähen. Seine Leuchtkraft nimmt zu, die Temperatur ab, und er bewegt sich das erste Mal auf den Roten Riesenast. An der Spitze des Roten Riesenastes zündet im Zentrum die Fusion von Helium.

Der Stern verbringt wiederum für einige hundert Millionen Jahr eine relativ „ruhige“ Zeit am Horizontalast. Wenn auch das Helium im Zentrum weniger wird, bläht sich der Stern ein weiteres Mal zum Roten Riesen auf; dann spricht man vom sogenannten asymptotischen Riesenast (AGB, vom englischen *asymptotic giant branch*). Die Leuchtkraft von AGB-Sternen erreicht einige tausend bis gut zehntausend Sonnenleuchtkräfte. Der innere Aufbau der Sterne in dieser Phase ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Praktisch alle Sterne in der AGB-Phase sind pulsationsveränderlich. Sie sind halbregelmäßige Veränderliche oder Mira-Sterne und somit Objekte von hohem Interesse für Veränderlichenbeobachter. Bekannte Objekte dieser Klasse sind z.B.  $\alpha$  Ceti – der Prototyp der Mira-Klasse – und  $\chi$  Cygni.

In diesem Artikel werden die Begriffe Rote Riesen und AGB-Sterne der Einfachheit halber synonym verwendet, obwohl AGB-Sterne nur eine Teilmenge der Roten Riesen sind. (Andere bekannte Sterne wie Arkturus oder Aldebaran gehören zur anderen Teilmenge am ersten Roten Riesenast.) Es soll aber als Abgrenzung von den Roten Überriesen dienen, die im Folgenden beschrieben werden.

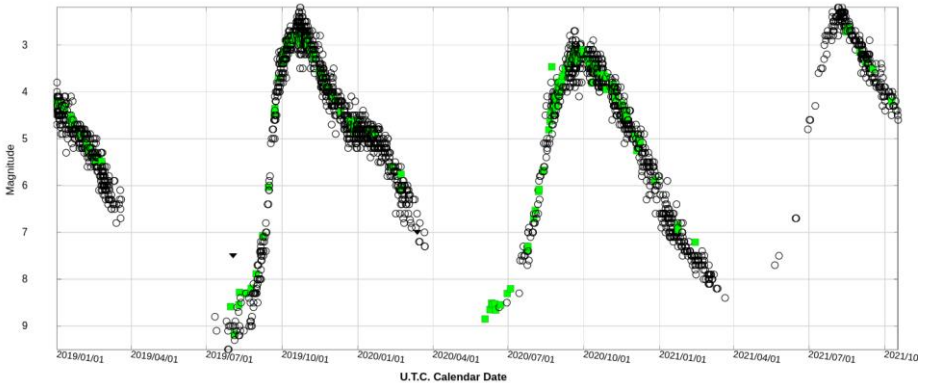


**Abb. 1:** Nicht maßstabsgetreuer Schnitt durch einen AGB-Stern: Im Zentrum sitzt der Kern aus Kohlenstoff und Sauerstoff, der Vorläufer des späteren Weißen Zwergs. Darüber befinden sich die Helium-Brennschale, die Wasserstoff-Brennschale und die H-reiche Hülle. Während der Kern etwas größer als die Erde ist, hat die Hülle einen Durchmesser so groß wie die Erdumlaufbahn um die Sonne (Quelle: NAOJ).

Noch schwerere Sterne von  $8-35 M_{\odot}$  beginnen ihr Dasein ebenfalls auf der Hauptreihe mit dem Brennen von Wasserstoff zu Helium. Da sie ihren Brennstoffvorrat sehr rasch aufbrauchen, halten sie sich dort nur kurz auf, einige zehn Millionen Jahre, bevor sie sich zum Roten Überriesen entwickeln. Sie leuchten auch auf der Hauptreihe schon sehr hell, sodass sich ihre Leuchtkraft auf dem Entwicklungsweg im HRD zu niedrigeren Temperaturen nicht so stark ändert wie bei den masseärmeren Sternen. In der Phase des Roten Überriesen haben die Sterne ca. 100.000 Sonnenleuchtkräfte, also etwa einen Faktor 10 heller als AGB-Sterne. Da die Fusion in ihrem Zentrum nicht beim Kohlenstoff zum Erliegen kommt, sondern weiter bis zum Eisen geht, ist ein weiterer Unterschied zu AGB-Sternen, dass sie ihr Dasein nicht gemächlich, sondern sehr spektakulär in einer Supernova-Explosion beenden. Bevor es soweit kommt, sind auch Rote Überriesen pulsationsveränderlich, hauptsächlich halbregelmäßig. Bekannte und leicht zu beobachtende Vertreter der Roten Überriesen sind Beteigeuze ( $\alpha$  Orionis) und Antares ( $\alpha$  Scorpii).

Folgende vier Charakteristika bzw. Prozesse zeichnen Rote Riesen und Überriesen aus: 1. Veränderlichkeit, 2. Elemententstehung (auch Nukleosynthese genannt), 3. interne Mischprozesse, und 4. Massenverlust in Form von Sternwinden.

Durch ihre **Veränderlichkeit** sind AGB-Sterne und Rote Überriesen auch über große Distanzen in unserer Galaxis und darüber hinaus leicht zu identifizieren. Halbregelmäßige Veränderliche haben Perioden von einigen zehn bis wenige hundert Tage. Definitionsgemäß bleibt ihre Amplitude im V-Band unter 2,5 mag. Veränderliche, die diese Amplitude (oft deutlich) überschreiten, gehören laut Definition der Mira-Klasse an. Sie haben Perioden von gut 100 bis 600 Tagen, in extremen Fällen auch über 1000 Tagen. Die Veränderlichkeit geht auf Schwingungen (Pulsationen) der äußeren Sternschichten zurück, die Temperatur- und Radiusänderungen hervorrufen. Eine typische Lichtkurve eines Mira-Veränderlichen ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Die Amplitude von Miras ist so groß, dass visuelle Helligkeitsschätzungen eine völlig ausreichende Genauigkeit haben, um die Periode präzise zu bestimmen.



**Abb. 2:** Lichtkurve von o Ceti, dem Prototyp der Mira-Klasse, zwischen Januar 2019 und Oktober 2021. Grüne Symbole repräsentieren photometrische Messungen im V-Band, offene Kreise stehen für visuelle Schätzungen. Der Stern hat eine Amplitude von 6 mag und eine Periode von  $\sim 330$  Tagen – ganz typische Werte (Quelle: AAVSO).

Die **Nukleosynthese** geschieht in Roten Riesen und Überriesen nicht nur durch die Kernfusion, die die primäre Energiequelle der Sterne darstellt, sondern auch durch weitere Kernprozesse. Dazu gehören v.a. sogenannte Neutroneneinfangprozesse, durch die auch Elemente schwerer als Eisen, also z.B. Gold, Blei und Technetium, erzeugt werden können. Für diese Prozesse benötigt es ganz spezielle Bedingungen, die zur Freisetzung einzelner Neutronen führen. In AGB-Sternen sind diese Bedingungen durch die quasi-periodischen, explosiven Brennphasen der Helium-Schale, die sogenannten He-Shell-Flashes oder Thermische Pulse, gegeben. In diesem Fall werden die schweren Elemente sehr langsam über Jahrtausende aufgebaut (Stichwort: *slow neutron-capture process* oder s-Prozess). Ein Beispiel, wie Sterne in dieser Phase spektroskopisch identifiziert werden können, ist in Abbildung 5 gezeigt. In Roten Überriesen hingegen laufen Neutroneneinfangprozesse sehr rasch innerhalb von Sekunden im Zuge der Supernova-Explosion ab (Stichwort: *rapid neutron-capture process* oder r-Prozess).

Damit die Produkte der Nukleosynthese vom Inneren an die Oberfläche der AGB-Sterne kommen und dort überhaupt sichtbar werden, müssen noch **Mischprozesse** ablaufen. Auch diese Mischprozesse hängen mit den He-Shell-Flashes zusammen. Computermodelle von Shell-Flashes zeigen, dass zuerst die starke Energiefreisetzung des He-Brennens zu einer Zone im Inneren führt, in der die Energie durch Konvektion transportiert wird und nicht durch Strahlung. Konvektion ist auch die Ursache für die Granulation auf der Sonnenoberfläche: heißes Material steigt auf, kühlt ab und sinkt danach wieder nach unten. Einige Jahrhunderte nachdem diese Konvektionszone in AGB-Sternen wieder zum Erliegen kommt, nimmt die Tiefe der ebenfalls konvektiven Hülle so weit zu, dass sie Regionen im Inneren erreicht, die zuvor durch die flashbedingte Konvektionszone durchmischt wurden. Somit erfasst sie die dort hinterlassenen Produkte der Nukleosynthese und bringt sie bis an die Oberfläche. Es sind also zwei zeitlich getrennte, aber räumlich (in den Massenschichten) ineinandergreifende Konvektionszonen, die zu diesem Mischprozess führen. In der



Fachliteratur wird er als der *dritte Dredge-up* bezeichnet. Nicht nur die Produkte des schon erwähnten s-Prozesses werden an die Oberfläche gebracht, sondern sehr prominent auch der Kohlenstoff, das Produkt des Helium-Brennens. Durch wiederholte Beimengung von Kohlenstoff in die Sternatmosphäre wird aus einem ursprünglich sauerstoffreichen Stern (Spektraltyp M) im Lauf der Zeit ein kohlenstoffreicher Stern (Spektraltyp C). Sterne vom Spektraltyp S haben nahezu ausgeglichene Verhältnisse von Kohlenstoff und Sauerstoff.

In weiterer Folge verlieren Rote Riesen und Überriesen einen beträchtlichen Teil ihrer Masse wieder an das sie umgebende Weltall. Bei den Supernova-Explosionen der Roten Überriesen geschieht dies sehr spektakulär und offensichtlich. Auch AGB-Sterne erleiden einen **Massenverlust** in Form eines Sternwindes, der jedoch wesentlich gemächlicher und über längere Zeiträume abläuft. Mit Geschwindigkeiten von 10-20 km/s wird das mit neuen Elementen angereicherte Material abgeblasen. Dabei spielen feinste Staubkörnchen, die bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen auskondensieren, eine wesentliche Rolle: Sie nehmen den Strahlungsdruck vom Sternlicht auf, werden dadurch vom Stern weg beschleunigt, kollidieren mit Gasteilchen und „ziehen“ so das Gas mit. Die genauen, mikrophysikalischen und chemischen Details der Staubbildung und des Massenverlustprozesses insgesamt sind jedoch noch wenig verstanden und Gegenstand aktueller, intensiver Forschung. Aufnahmen z.B. mit dem Radioteleskop ALMA zeigen, wie die Staub- und Gashüllen um AGB-Sterne aussehen (<https://www.eso.org/public/news/eso1239/>). Die Massenverlustrate durch den Sternwind übersteigt bald die Rate, mit der nukleares Material innen abgebrannt wird. Der Stern „erodiert“ letztlich also vielmehr von außen als von innen. Wenn die äußere, wasserstoffreiche Hülle ganz abgetragen ist, bleibt als Rest der Weiße Zwergstern über, der keine Energie mehr durch Kernfusion umsetzt und in der Folge langsam auskühlt.

Aufgrund des Massenverlusts sind Rote Riesen und Überriesen auch wichtig für die chemische Entwicklung der Galaxis bzw. des Universums als Ganzes. Die neu gebildeten Elemente gelangen dadurch in die interstellare Materie, aus der sich neue Generationen von Sternen und Planetensystemen bilden.

### **Der Beitrag von Amateurastronomen zur Erforschung Roter Riesen**

Wie können Amateurastronomen heutzutage mit bescheidenen Mitteln zur Erforschung Roter Riesen und Überriesen beitragen? Angesichts von immer größeren, technisch ausgereifteren und teureren astronomischen Observatorien auf dem Erdboden und im Weltall erscheint das beinahe unmöglich. Aber diese Großobservatorien haben ihre Schwächen bzw. blinden Flecken. Viele der naheliegenden und daher in der Vergangenheit bestuntersuchten Objekte dieser Klassen sind für Großobservatorien wie das James-Webb-Teleskop schlicht zu hell. Außerdem ist die Zeit an Großobservatorien viel zu kostbar, um Objekte regelmäßig zu beobachten. Durch Helligkeitsbestimmungen, wie sie von Veränderlichenbeobachtern routinemäßig gewonnen werden, können viel mehr veränderliche Sterne überwacht werden als durch die Arbeit von Profi-Astronomen alleine. So können interessante Objekte für eingehende Beobachtungen mit teuren Instrumenten identifiziert werden. Für viele Pulsationsveränderliche gibt es Lichtkurven, die v.a. aufgrund von Amateurbeobachtungen viele Jahrzehnte oder gar

über ein Jahrhundert zurückreichen. Diese extrem langen Lichtkurven öffnen ein komplett neues Fenster in die Erforschung der Roten Riesen und Überriesen. Das Aufrechterhalten der langen Lichtkurven durch anhaltende Beobachtungen und Meldung bei Organisationen wie der AAVSO und der BAV ist enorm wichtig, denn selbst nach Jahrzehnten mit regelmäßigen Helligkeitsveränderungen halten machen Objekte echte Überraschungen bereit.

Im Folgenden soll darauf eingegangen werden, welche faszinierende Phänomene der Sternentwicklung durch sehr lange Zeitreihen zugänglich werden und wie die Beobachtungsdaten in einem Joint Venture zwischen Profis und Amateuren in der Forschung genutzt werden.

### **Periodenänderung bei Roten Riesen**

Ein sehr schönes Beispiel für solche Überraschungen ist der Mira-Stern T Ursae Minoris (T UMi). Eigentlich sollte man vom *ehemaligen* Mira-Stern sprechen: Hatte der Stern für mehrere Jahrzehnte eine recht stabile Periode von rund 315 Tagen, so begann sie etwa um 1970 herum stark abzunehmen. In den 2000er-Jahren schließlich erreichte T UMi eine so kurze Periode und geringe Amplitude, dass er heutzutage als Halbregelmäßiger zu klassifizieren ist. Abbildung 3 zeigt die aus der AAVSO-Lichtkurve abgeleitete Periodenentwicklung von T UMi. Das Diagramm ist der Studie von Templeton et al. (2005) entnommen und umfasste bereits damals eine über 90 Jahre lange Lichtkurve; heute ist sie schon gut 110 Jahre lang.

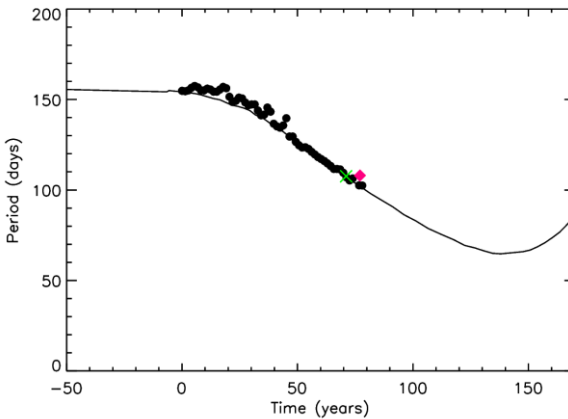
Auch Theoretiker interessieren sich für T UMi und die Helligkeitsbeobachtungen. Eine kürzlich erschienene Studie (Faddeyev 2022) kommt z.B. zum Schluss, dass die Anfangsmasse des Sterns bei ca. 1,3 bis 2,0  $M_{\odot}$  lag und er aktuell (nach Massenverlust) etwa 1,04 bis 1,48  $M_{\odot}$  hat. Es wird spannend sein zu sehen, wie sich der Stern in den nächsten Jahrzehnten entwickelt. Aus dem Zeitpunkt, wenn die Mira-Pulsation wiedereinsetzt, lässt sich mithilfe der theoretischen Modelle nämlich die Masse des Sterns noch besser eingrenzen.

Ein weiteres Beispiel eines Roten Riesen mit einer sich stark ändernden Periode ist RU Vulpeculae (RU Vul), ein Halbregelmäßiger im kleinen Sternbild Fuchs. Die einzelnen Symbole in Abbildung 4 sind Messungen der Periode der Veränderlichkeit, die seit den 1950er-Jahren abnimmt. Die farbigen Symbole sind Periodenbestimmungen aus einer Arbeit des Autors (Uttenhaler et al. 2016a). Die durchgezogene Linie stellt eine Modellrechnung dar, für die der zeitliche Ursprung so gewählt wurde, dass sie mit den Beobachtungen zusammenpasst.

Etwa ein bis zwei Prozent der Roten Riesen zeigen solche Veränderungen ihrer Perioden auf Zeitskalen von Jahrzehnten. Nur mit entsprechend langen Zeitreihen kann man diese Veränderungen tatsächlich feststellen, für welche die unermüdliche Arbeit zahlreicher Amateure unerlässlich ist. Umgekehrt ist es für Amateure spannend zu sehen, wenn sich bei „ihren“ Objekten etwas tut und es Überraschungen gibt.



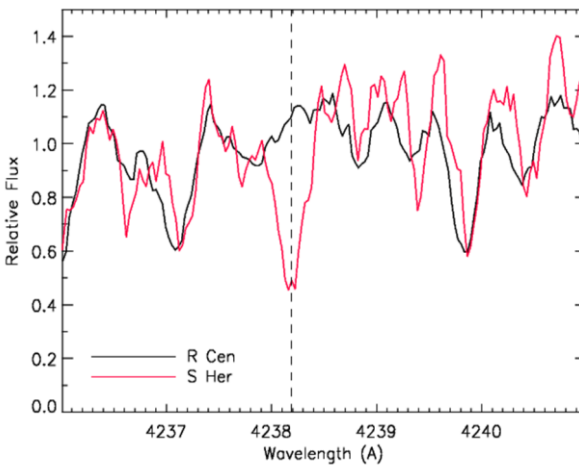
**Abb. 3:** Periodenentwicklung von T UMi zwischen ca. 1910 und 2000. Um etwa 1970 begann die zuvor stabile Periode sehr rasant abzunehmen. Der Stern ist heute ein halbregelmäßig Veränderlicher (Quelle: Templeton et al. 2005).



**Abb. 4:** Periodenentwicklung des Halbregelmäßigen RU Vul. Seit ca. 1950 nimmt seine Periode deutlich ab, ebenso die Amplitude der Veränderlichkeit (Quelle: Uttenthaler et al. 2016a).

Sterne mit sich verändernden Perioden sind von besonderem wissenschaftlichem Interesse. Es erhebt sich die Frage: Was ist die Ursache der Periodenänderung? Die verbreitete Hypothese zu deren Erklärung ist, dass in diesen Sternen ein He-Shell-Flash eingesetzt hat, der zu großen Änderungen in Radius und Leuchtkraft und somit der Periode führen sollte. Der Sternradius kann nur sehr schwer direkt gemessen werden, und selbst die Leuchtkraft (oder ihre Änderung) ist bei Roten Riesen nicht so leicht zu bestimmen, da sie ohnehin sehr stark veränderlich sind und sie das meiste Licht im Infraroten abstrahlen. Eine Helligkeitsänderung im sichtbaren Bereich ist daher nicht sehr aussagekräftig. Der Pulsationsperiode verändert sich jedoch auch mit dem Radius, da sie umgekehrt proportional zur Wurzel aus der mittleren Dichte des Sterns ist, die wiederum mit dessen Volumen, also dem Radius, zusammenhängt. Und die Periode ist leicht und genau zu messen.

Falls die Periodenänderung tatsächlich mit einem He-Shell-Flash zusammenhängt, könnte man annehmen, dass diese Sterne auch Produkte der Nukleosynthese an der Oberfläche zeigen, denn auf einen He-Shell-Flash sollte auch eine tiefe Durchmischung (dritter Dredge-up) folgen. Ein besonderes Produkt der Nukleosynthese ist das Element Technetium (Tc), welches die Ordnungszahl 43 trägt und ausschließlich radioaktiv instabile Isotope hat. Für uns Menschen ist dieses Element vor allem aufgrund seiner Anwendung in der Nuklearmedizin wichtig, z.B. für die Bilderstellung von schwer zugänglichen Tumoren. Das langlebigste Technetium-Isotop, das durch den s-Prozess in Roten Riesen aufgebaut werden kann, ist  $^{99}\text{Tc}$  mit einer Halbwertszeit von ca. 200.000 Jahren. Das ist lange genug, um in einem AGB-Stern im Laufe der Zeit durch mehrfache Dredge-up-Ereignisse angereichert zu werden, aber kurz genug, dass es nicht seit Anbeginn des Sterns vorhanden sein kann; längst wäre alles zerfallen, was an Tc bei der Geburt des Sterns da war. Wenn es in einem Stern vorgefunden wird, ist es ein sicheres Zeichen, dass in seinem Inneren aktuell Nukleosynthese abläuft und ihre Produkte durch den Dredge-up an die Oberfläche kommen. Die Entdeckung von Tc-reichen Roten Riesen durch Paul Merrill (1952) war wissenschaftsgeschichtlich bedeutsam, da sie ein Nachweis dafür war, dass die Nukleosynthese nicht ausschließlich kurz nach dem Urknall passiert ist. Beispiele für je einen Tc-armen und einen Tc-reichen Stern sind in Abbildung 5 gezeigt.

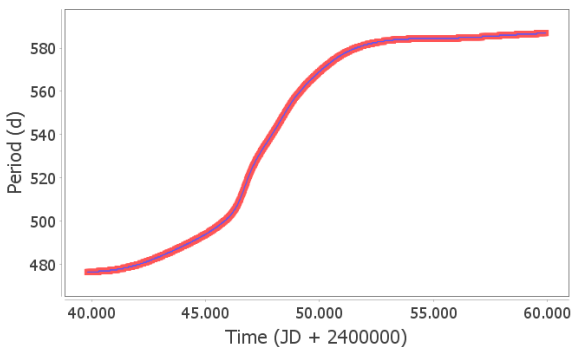


**Abb. 5:** Spektren der beiden Miras R Cen und S Her um eine Absorptionslinie von Tc. Die Laborwellenlänge der Linie ist durch die vertikale, gestrichelte Linie angedeutet. Die ansonsten recht ähnlichen Spektren unterscheiden sich an dieser Stelle klar: Während S Her eine Absorption hat (Tc-reich), fehlt sie in R Cen (Tc-arm; Quelle: García-Hernández et al. 2013).

Zeigen nun die beiden genannten Roten Riesen T UMi und RU Vul Anzeichen von Nukleosynthese? Sind sie Tc-reich und ist die Periodenabnahme eine Folge eines Flashs der Heliumbrennschale bzw. eines Dredge-ups? Dieser Frage wurde in Uttenthaler et al. (2011) nachgegangen. Die etwas überraschende Antwort ist, dass diese beiden Sterne keine Spur von Tc zeigen. Für T UMi wurde das mit einer erneuten Beobachtung im Jahr 2022 bestätigt. Das bedeutet zwar nicht, dass ein He-Shell-Flash als Ursache ausgeschlossen werden kann, da Entwicklungsmodelle vorhersagen, dass die ersten Shell-Flashes am AGB noch zu schwach ausfallen, um

einen Dredge-up zur Folge zu haben. Die in Abbildung 4 gezeigte Modellrechnung eines He-Shell-Flashes gibt die beobachtete Periodenentwicklung von RU Vul dennoch erstaunlich gut wieder. Vermutlich ist genau das der Fall: Ein Shell-Flash ist der Auslöser für die beobachtete Periodenabnahme, aber diese beiden Sterne sind noch in einer vergleichsweise frühen Phase am AGB, wo die Shell-Flashes noch nicht so stark ausfallen. Oder wir müssen einfach noch ein paar hundert Jahre warten, bis auch der anschließende Dredge-up einsetzt und sichtbar wird.

Es gibt auch Rote Riesen, die in der Vergangenheit einen sehr starken Anstieg ihrer Periode gezeigt haben. Ein Beispiel dafür ist der Mira LX Cygni. Von den späten 1970er-Jahren bis Mitte der 1990er-Jahre hat seine Periode von etwa 470 auf 590 Tage stattlich zugenommen. Seine Periodenentwicklung ist in Abbildung 6 gezeigt.

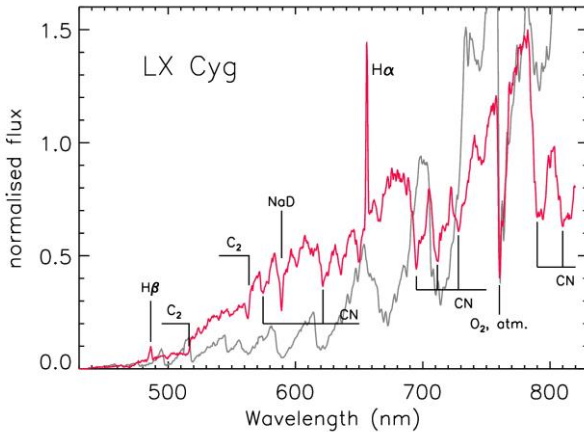


**Abb. 6:** Periodenentwicklung von LX Cygni seit ca. 1968, während des starken Anstiegs über die letzten Jahrzehnte (Quelle: P. Merchan-Benitez, persönliche Mitteilung).

Die Literatur und eigene spektroskopische Aufnahmen zeigen, dass LX Cyg parallel zur Periodenverlängerung auch eine starke spektrale Veränderung durchgemacht hat: Wurde er zwischen den 1950er- und 1970er-Jahren durchwegs als Typ S klassifiziert (d.h., er hatte ein ausgeglichenes Verhältnis von Kohlenstoff zu Sauerstoff), so hat er zumindest seit 2011 das Spektrum eines Kohlenstoffsterns (Typ C). Er zeigt also an seiner Oberfläche sehr deutliche Spuren der Nukleosynthese. Ein Spektrum von LX Cyg, aufgenommen 2012 an der Wiener Universitätssternwarte, ist in Abbildung 7 gezeigt. Die Positionen von Banden kohlenstofftragender Moleküle sind eingezeichnet, ebenso die  $H\alpha$ - und  $H\beta$ -Linie. Zum Vergleich zeigt die graue Kurve dahinter ein Spektrum eines sauerstoffreichen Roten Riesen: Die Molekülbanden in dessen Spektrum sind bei ganz anderen Wellenlängen und haben ganz andere Formen!

Die wahrscheinlichste Hypothese zur Erklärung sowohl des Periodenanstiegs als auch der spektralen Veränderung ist ein kürzlich stattgefundenes Dredge-up-Ereignis, das so viel Kohlenstoff in die Atmosphäre von LX Cyg gemischt hat, dass er soeben erst zum kohlenstoffreichen Stern wurde. Das neue Molekülgleichgewicht in der Atmosphäre könnte einen Feedback-Effekt ausgelöst haben, sodass der Sternradius und somit die Periode zugenommen haben. Das nachgewiesene Vorhandensein von Tc in diesem Stern wie auch in einem ganz ähnlich gelagerten Fall (BH Crucis) belegt, dass Dredge-up stattgefunden haben muss. In diesen seltenen Objekten können wir vermutlich Sternentwicklung quasi in Echtzeit verfolgen. Kohlenstoff ist ein für Leben

wie wir es kennen essentielles Element und Sterne wie LX Cyg erzeugen es aktuell in großen Mengen.



**Abb. 7:** Spektrum von LX Cyg, aufgenommen an der Wiener Universitätssternwarte (rot). Wellenlängen von Banden kohlenstoffreicher Moleküle sind markiert. In Grau eingezeichnet ist zum Vergleich das Spektrum eines sauerstoffreichen Sterns (Quelle: Utenthaler et al. 2016b).

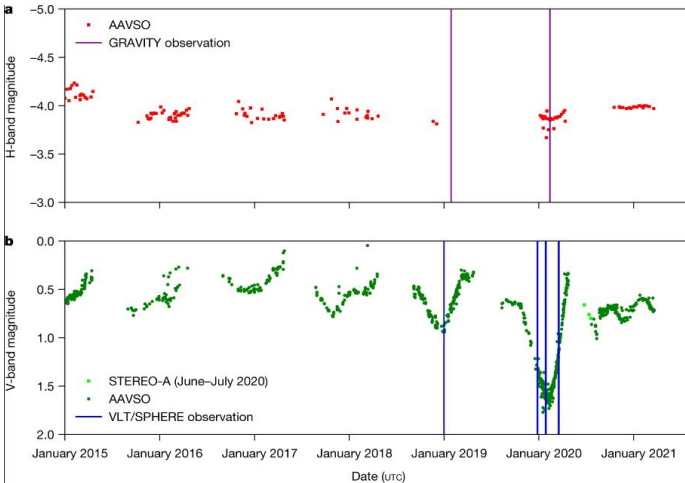
Neben Miras, die eine Periodenänderung in nur eine Richtung zeigen (Abnahme oder Zunahme), gibt es auch Exemplare, deren Periode abwechselnd um etliche Prozent zu- und wieder abnimmt. Hier spricht man von mäandrierenden Perioden. In einer kürzlich bei *Astronomy & Astrophysics* eingereichten Arbeit haben wir uns diese Klasse genauer angesehen (Merchan-Benitez et al. 2023). Interessanterweise sind viele Miras mit mäandrierenden Perioden Tc-reich. Wir konnten Hinweise finden, dass dieses Phänomen eventuell ebenfalls mit He-Shell-Flashes zusammenhängen könnte. Miras überraschen also nicht nur mit plötzlich abfallenden oder ansteigenden Perioden, sondern auch durch ein sanftes Auf und Ab.

### Beteigeuzes „Great Dimming“

Faszinierende Phänomene zeigen auch Rote Überriesen, und Amateure können zu deren Erforschung essentiell beitragen. Das Paradebeispiel dafür ist das *Great Dimming* unseres liebsten Roten Überriesen, dem Beteigeuze. Mit einer Entfernung von gut 700 Lichtjahren ist Beteigeuze der uns zweitmächtigste Rote Überriese. Als er Anfang des Jahres 2020 überraschend stark an Helligkeit abnahm, machten schnell Spekulationen die Runde, dass es Vorboten einer bevorstehenden Supernova-Explosion sein könnten. Profi- wie Amateurastronomen richteten ihre Instrumente und Augen auf den Stern. Beteigeuze kehrte bald wieder zur ursprünglichen Helligkeit zurück, auf die Supernova müssen wir (wahrscheinlich noch lange) warten.

Um das *Great Dimming* zu untersuchen und besser zu verstehen, greifen Profi-Astronomen auch in diesem Fall auf Helligkeitsschätzungen zurück, wie sie von Amateuren gewonnen werden. Montargès et al. (2021) berichten über ihre hochaufgelösten Beobachtungen mit unterschiedlichen Instrumenten am *Very Large Telescope* der Europäischen Südsternwarte in Chile. Die Abbildung 8 ist dieser Arbeit

entnommen und zeigt anhand von (vorwiegend) AAVSO-Daten, zu welcher Phase des *Great Dimmings* die VLT-Beobachtungen gemacht wurden. Ohne das praktisch durchgehende Monitoring durch Amateure wäre eine solche Einordnung so gut wie unmöglich und sogar Publikationen im Journal *Nature* kommen nicht ohne sie aus.



**Abb. 8:** Lichtkurve von Beteigeuze im H-Band (oben) und im V-Band (unten) rund um das Great Dimming. Die Daten stammen vorwiegend von der AAVSO. Die Zeitpunkte der VLT-Beobachtungen sind durch vertikale Linien markiert (Quelle: Montargès et al. 2021).

Damit ist aber mit Amateurdaten noch nicht Schluss in dieser Arbeit: Anhand einer 100 Jahre langen visuellen Lichtkurve von Beteigeuze wird gezeigt, dass es sich bei diesem *Great Dimming* tatsächlich um ein Jahrhundertereignis handeln dürfte. Ohne regelmäßige Beobachtungen ließe sich nicht sagen, wie häufig solche Helligkeitseinbrüche sind.

Die Arbeit der Berufsastronomen zielt darauf ab, zu klären, welche Hypothese für die Helligkeitsabnahme die zutreffende ist. Die beiden wichtigsten Hypothesen sind eine Temperaturabnahme und die Bildung einer Staubwolke vor Beteigeuze. Montargès et al. (2021) kommen zum Schluss, dass sogar beides der Fall sein könnte: Temperaturabnahme in einer großen Region der Photosphäre, gefolgt von dadurch begünstigter Staubbildung in der zirkumstellaren Hülle. In jedem Fall hat sich die Oberfläche von Beteigeuze nicht gleichmäßig abgedunkelt, die südliche Hemisphäre war viel stärker von der Helligkeitsabnahme betroffen als die Nordhemisphäre. Das *Great Dimming* könnte eine Phase mit besonders hohem und auch inhomogenem Massenverlust gewesen sein.

## Fazit

Die Faszination für pulsationsveränderliche Rote Riesen und Überriesen konnte hoffentlich in den vorangegangenen Abschnitten vermittelt werden. Sie geben uns in einigen Fällen die seltene Möglichkeit, im Laufe eines (astronomisch kurzen) Menschenlebens Sternentwicklung in Echtzeit zu verfolgen. Entscheidende Beiträge

für die Erforschung der Phänomene werden trotz modernster Großobservatorien nach wie vor von Amateurastronomen geliefert. Es ist also ein Joint Venture zwischen Amateuren und Profis, wie es sonst selten zu finden ist.

Wer sich selbst an der Beobachtung von Roten Riesen und Überriesen beteiligen möchte, findet in der unten angegebenen Literaturliste reichlich Objekte zur Auswahl, insbesondere in Templeton et al. (2005), Uttenthaler et al. (2011) und Merchan-Benitez et al. (2023). Wer aber lieber eine Überraschung erleben und weniger ausgetrampelte Pfade gehen will, findet auch in jedem anderen Roten Riesen und Überriesen lohnende Objekte.

Der vorliegende Artikel basiert auf einem Vortrag im Rahmen des Monatstreffens der Wiener Arbeitsgemeinschaft für Astronomie, der auf YouTube nachgesehen werden kann: <https://www.youtube.com/watch?v=V8OMkMQnYYU&t=17s>.

## Literatur

Y. A. Fadeyev, 2022, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 514, 5996

D. A. García-Hernández, O. Zamora, A. Yagüe, S. Uttenthaler, et al., 2013, Astronomy & Astrophysics, 555, L3

P. Merchan-Benitez, S. Uttenthaler, M. Jurado-Vargas, 2023, Astronomy & Astrophysics, eingereicht

P. W. Merrill, 1952, Astrophysical Journal, 116, 21

M. Montargès, E. Cannon, E. Lagadec, et al., 2021, Nature, 594, 365

M. R. Templeton, J. A. Mattei, L. A. Willson, 2005, The Astronomical Journal, 130, 776

S. Uttenthaler, K. van Stiphout, K. Voet, et al., 2011, Astronomy & Astrophysics, 531, A88

S. Uttenthaler, R. Greimel, M. Templeton, 2016a, Astronomische Nachrichten, 337, 293

S. Uttenthaler, S. Meingast, T. Lebzelter, et al., 2016b, Astronomy & Astrophysics, 585, A145

Stefan Uttenthaler, Institut für Angewandte Physik, TU Wien, Wiedner Hauptstraße 8  
10, 1040 Wien, stefan.uttenthaler@gmail.com



## Flare im Zentrum von NGC 1275

Klaus Wenzel

NGC 1275 ist die dominierende Galaxie im Perseus Galaxienhaufen Abell 426. In ihrem Zentrum befindet sich ein so genannter Active Galactic Nuklei (AGN), bei dem sich Aktivitäten optisch beobachten lassen, wenn auch die Helligkeitsveränderungen nicht ganz so ausgeprägt sind wie bei einigen Quasaren.

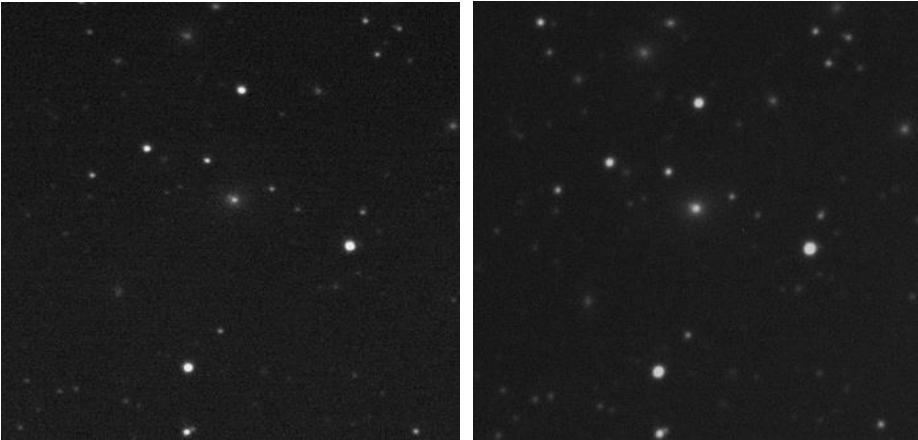


Abb. 1: NGC 1275 (Bildmitte) aufgenommen am 8"3 f 3,9 Newton. Links: 20.08.2022; Rechts: 29.01.2023 - der Kern ist deutlich heller.

### Entdeckung und Klassifizierung

Am 17. Oktober 1786 richtete Wilhelm Herschel in Slough, nahe London, sein 18-zölliges Newton-Teleskop auf eine Stelle im Perseus, nahe Algol und erkannte einen kleinen Nebel, den er folgendermaßen in seinem Beobachtungsbuch beschrieb: *„pretty bright, stellar, or preceding considerabl star, with small very faint chevelure“*.

In Dreyers Original NGC von 1888 erschien fälschlicherweise NGC 1278 als das von Herschel damals beobachtete Objekt. NGC 1278 bildet jedoch gemeinsam mit NGC 1277 unmittelbar nördlich von NGC 1275 eine deutlich schwächere Doppelgalaxie und es wäre doch sehr verwunderlich gewesen, wenn Herschel die wesentlich schwächere Galaxie gesehen und das eigentlich dominierende Objekt in unmittelbarer Nachbarschaft übersehen hätte.

1943 veröffentlichte Carl K. Seyfert im *Astropysical Journal* seine wegweisende Arbeit „Nuclear Emission in Spiral Nebulae“ [1]. In dieser Arbeit wurden 6 Galaxien mit spektralen Besonderheiten vorgestellt, die später als so genannte Seyfert-Galaxien oder Active Galactic Nuclei (AGN) bezeichnet wurden. Eine dieser 6 Galaxien war NGC 1275, die allerdings hier bereits aus dem Rahmen fiel, da sie die einzige

elliptische Galaxie der ersten 6 Objekte darstellte, während die anderen 5 Galaxien allesamt Spiralnebel waren.

Bei optischen Beobachtungen konnte eine Variabilität des stellaren Kerngebietes (Seyfertkern) nachgewiesen werden, ähnlich wie bei einigen der Anfang der 1960-er Jahre entdeckten quasistellaren Objekten (QSO) wie 3C 273 oder 3C 48, bei denen es sich ja auch um weit entfernte AGN handelt.

### Beobachtungen visuell und digital

Seit 2010 beobachte ich NGC 1275 regelmäßig visuell mit meinen beiden großen Newton-Teleskopen (12,5 und 16 Zoll) und ab 2018 auch digital (6-Zoll- und 8,3-Zoll-Newton) in meiner Dachsternwarte in Wenigumstadt. Dabei konnte ich Helligkeitsschwankungen der nahezu stellaren Zentralregion zwischen 12,9 und 13,2 mag beobachten. Zum Jahresanfang 2023 registrierte ich dann aber überraschend einen deutlichen Helligkeitsausbruch. Am 29.01.2023 konnte ich den Kern der Galaxie auf einer CCD-Aufnahme deutlich heller beobachten. Auch bei einer danach durchgeführten visuellen Beobachtung war der Kern der Galaxie auf Anhieb deutlich heller als normal erkennbar. In den folgenden Tagen fiel die Helligkeit dann wieder auf Normalniveau ab. Ob jetzt eine Phase mit erhöhter Aktivität einsetzt, oder es sich hier nur um eine kurze Aktivität gehandelt hat, werden weitere Beobachtungen zeigen.

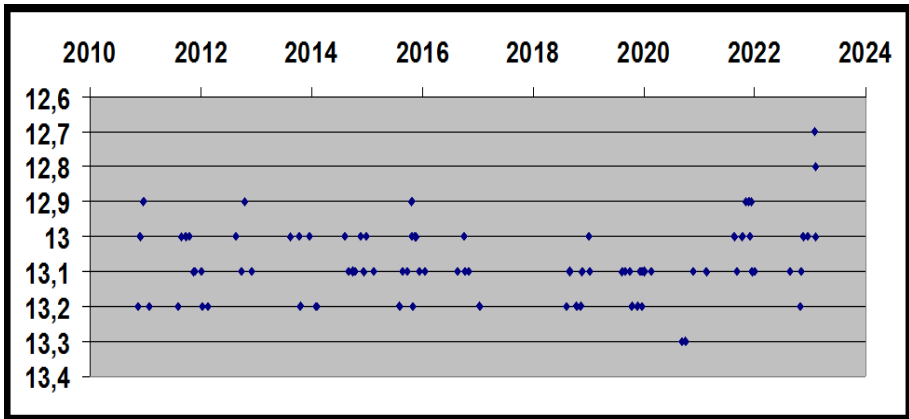


Abb. 2: Lichtkurve von NGC 1275 nach visuellen und digitalen Beobachtungen. Am rechten Ende der Lichtkurve ist deutlich die Helligkeitsspitze erkennbar.

[1] C. Seyfert (1943) - Nuclear Emission in Spiral Nebulae, ApJ 97, 28

## Die seltsame Lichtkurve der Supernova SN 2022xxf in NGC 3705

Klaus Wenzel

**Abstract:** *In this report I would like to present observations of the extraordinary supernova SN 2022xxf in NGC 3705. The lightcurve is based on observations I received in my Roof Observatory in Wenigumstadt and remote at COAST telescope in tenerife. The similarity of this light curve with the exotic supernova iPTF14his is pointed out.*

Es war wie so oft, am 17.10.2022 entdeckte der Japaner Koichi Itagaki mit dem 0,5-m-Teleskop seines Observatoriums bei Yamagata ein 15,5 mag helles Objekt, etwa 30" nordwestlich des Kerns der Galaxie NGC 3705. Zwei Tage später, am 19.10.2022, wurde dieses stellare Objekt von dem Italiener Claudio Balcon als Supernova des relativ seltenen Typs Ic-BL (BL steht für Broad Line) klassifiziert. Bei Supernovae des Typs Ic handelt es sich um den Kollaps eines massenreichen Sterns mit mehr als 8 Sonnenmassen. Im Spektrum ist, wie bei allen Supernovae vom Typ I, kein Wasserstoff nachweisbar.

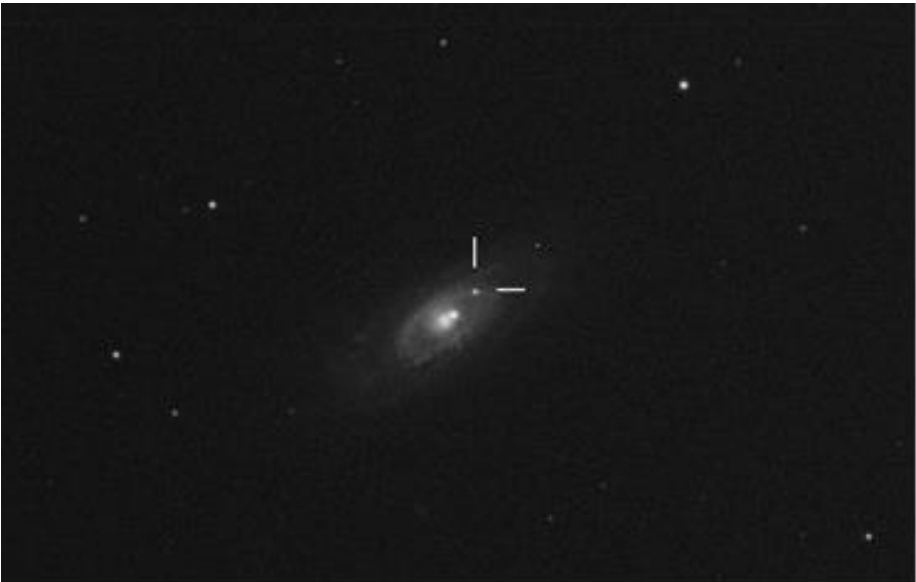


Abb. 1: NGC 3705 mit der Supernova SN 2022xxf. Unmittelbar nordwestlich des Kerns ist der Eigenbewegungsstern deutlich getrennt von der Zentralregion erkennbar. CCD-Aufnahme (remote) vom 27.11.2022 (17-Zoll-COAST-Teleskop Teneriffa) SN-Helligkeit 15,8 mag; Bildgröße ca. 11' x 7'

### Die Muttergalaxie NGC 3705

NGC 3705 ist eine Spiralgalaxie im Sternbild Löwe, am Rande des Virgo-Clusters. Die Entfernung liegt bei etwa 20 Mpc. Allan Sandage beschrieb die Galaxie im Hubble Atlas of Galaxies, nach einer Aufnahme, die Edwin Hubble am 7. März 1948 am 100-Zöller des Mount Wilson Observatoriums aufgenommen hatte. Sandage verglich die Galaxie aufgrund eines markanten Rings, der den hellen Kern umschließt, mit der prominenteren Galaxie NGC 4274. Er klassifizierte sie aber trotz dieser Besonderheit als Typ Sb und erklärte den Ring mit zwei sich aufgrund des Blickwinkels überlappenden Spiralarme [1]. Heute geht man davon aus, dass es sich um eine Balkenspirale handelt.

Eine weitere Besonderheit ist ein etwa 13-14mag heller Vordergrundstern, der zurzeit etwa 8" nordwestlich der Zentralregion postiert ist. Dieser Stern weist eine deutliche Eigenbewegung auf, die den Stern zu Zeiten der historischen visuellen Beobachter (Herschel, Lord Rosse) fast genau vor die Zentralregion projizierte und damit einen sehr hellen Kern vortäuschte. Diese Eigenbewegung konnte BAV-Mitglied Uli Bastian anhand von Daten des Satelliten Gaia nachweisen. Hierüber wurde an dieser Stelle schon ausführlich berichtet [2].

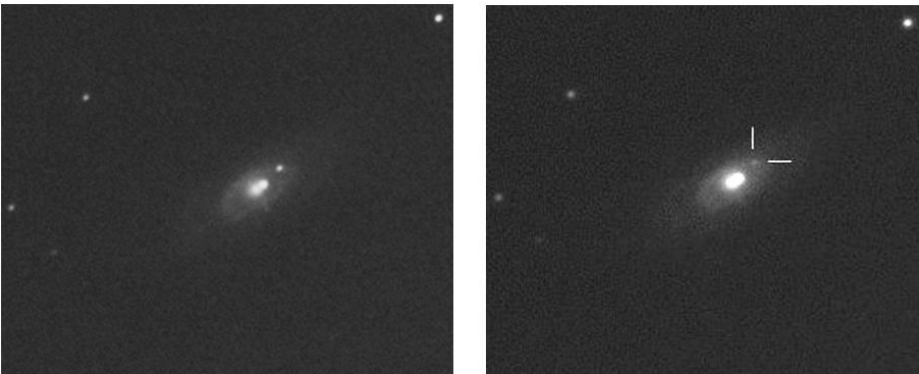


Abb. 2: Zwei CCD-Aufnahmen (8,3-Zoll-Newton f/3,9) der Galaxie NGC 3705 mit SN 2022xxf, Links: 25.10.2022 14,9 mag Rechts: 21.01.2023 15,9 mag

### Beobachtungen und Lichtkurve der Supernova

Kurz nach der Entdeckung durch Itagaki am 17.10.2022, konnte die Supernova noch vor der Morgendämmerung tief im Osten beobachtet werden. So musste ich mich bis zum 25.10. gedulden, bis die Bedingungen möglich es machte, eine erste Aufnahme der Supernova zu erhalten. Bei dieser ersten Beobachtung lag die Helligkeit von SN 2022xxf bei 14,8 mag noch kurz vor dem Maximum. Ende Oktober stand die Supernova im Maximum bei 14,6 mag, und ab dem 03.11. 2022 konnte ich dann den zu erwartenden Helligkeitsrückgang registrieren. Bis Ende November lag die Helligkeit von SN 2022xxf nur noch bei 15,8 mag, also etwa 1 Größenklasse schwächer als im Maximum.

Dann geschah etwas Erstaunliches: Am 13.12.2022 war die Helligkeit der Supernova wieder bei 15,2 mag. Sie war also in etwa 2 Wochen wieder um eine halbe Größenklasse heller geworden. Es folgte eine kurze Phase mit kleinen, schnellen Schwankungen, doch ab dem 23.12.2022 stieg die Helligkeit weiter an. Zum Jahreswechsel am 01.01.2023 beobachtete ich SN 2022xxf wieder mit 14,6 mag, der Ende Oktober erreichten Maximalhelligkeit. Bei dieser Helligkeit verharrete die Supernova bis zum 11.01.2023 und dann brach die Helligkeit abrupt ein, so dass sie bis Mitte Februar nur noch bei etwa 18 mag lag. Die Helligkeit fiel also innerhalb von etwa 4 Wochen um etwa 3,5 Magnituden. So ein Verhalten hatte ich bis dato noch nicht bei einer Supernova beobachtet.

Alle hier beschriebenen Beobachtungen wurden an den beiden Newton-Teleskopen (6 Zoll f/6 und 8,3 Zoll f/3,9) in meiner Dachsternwarte in Wenigumstadt durchgeführt. Einige Beobachtungen insbesondere um Schlechtwetterlücken zu überbrücken, wurden remote vom COAST-Teleskop in Teneriffa erhalten.

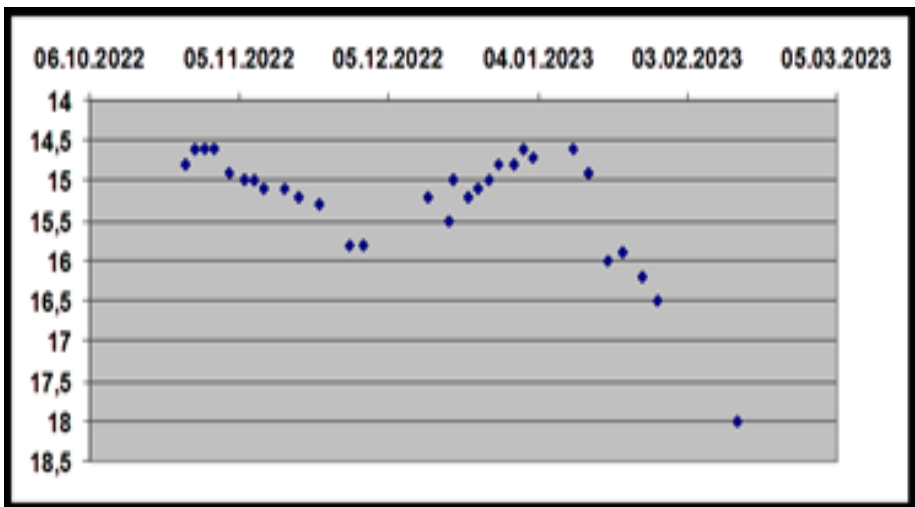


Abb. 3: Die außergewöhnliche Lichtkurve von SN 2022xxf nach CCD-Beobachtungen (CV) in meiner Dachsternwarte sowie einigen Remote-Beobachtungen (CV) am COAST-Teleskop in Teneriffa.

### Ähnlichkeit mit der exotischen Supernova iPTF14his

BAV-Mitglied Uli Bastian wies mich auf die Supernova iPTF14his hin, die ebenfalls mehrere Helligkeitsanstiege durchlebte und mehr als 2 Jahre zu beobachten war [3]. Diese Supernova wurde im September 2014 durch die intermediate Palomar Transient Factory (iPTF) auf dem Mount Palomar in einer anonymen Galaxie in Ursa Major unweit von NGC 2841 entdeckt und aufgrund des Spektrums als Typ II-P klassifiziert [4]. Doch die Lichtkurve und der lange Ausbruch ließ sich nicht mit diesem Typ in Übereinstimmung bringen. Noch kurioser wird die Geschichte, als bei der Durchsicht alter Aufnahmen auf der gleichen Position ein weiterer Ausbruch im Jahre 1954 erkennbar ist.

Die Supernova iPTF14his verblieb etwa 400 Tage nach Ausbruch auf hohem Niveau, bis ein kontinuierlicher Abstieg einsetzte. Zuvor konnten drei markante und mehrere kleine Anstiege beobachtet werden. Ein abrupter Helligkeitsrückgang setzte dann 1000 Tage nach dem Ausbruch ein, bis die SN schließlich verschwand.

Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass ein besonders massenreicher Stern mehrere Kontraktionsphasen durchlebt und dabei immer wieder Masse verliert, bis er schließlich endgültig zu einem Neutronenstern oder schwarzem Loch zusammenbricht [5].

Bei SN 2022xxf dauerte der Ausbruch etwa 80 Tage, bis die Helligkeit markant einbrach, zuvor konnten zwei größere Anstiege und einige schnelle, kleinere Helligkeitsschwankungen registriert werden. Etwa 80 Tage nach dem Ausbruch brach die Helligkeit (auf Maximalniveau) von SN 2022xxf dann drastisch ein.

Beide SN gehen auf den Kollaps eines massenreichen Sterns ( $>8 M_{\odot}$ ) zurück, jedoch wurde SN 2022xxf als Typ Ic (kein Wasserstoff im Spektrum) und iPTF14his als Typ II-P (Wasserstoff im Spektrum vorhanden) klassifiziert.

Die Lichtkurven beider Supernovae zeigten durchaus gewisse Ähnlichkeiten, doch die Länge des Ausbruchs war bei SN 2022xxf deutlich kürzer als der Ausbruch von iPTF14his. Möglicherweise war bei iPTF14his deutlich mehr Masse im Spiel.

### **Literatur:**

[1] Carnegie Institution of Washington (1961) Allan Sandage - The Hubble Atlas of Galaxies (Seite 21);

[2] BAV Rundbrief 4/2022 212; U. Bastian, K. Wenzel; "Blick über den Tellerrand" bei der Supernova SN 2022xxf in NGC 3705;

[3] A&A 621 (2019) 30; J. Sollerman et. al. - Late-time observations of the extraordinary Typ II supernova iPTF14his

[4] The Astronomers Telegramm #6898 (11.01.2015) Wenxiong Li et. al. - Spectroscopic Classification of CSS141118:092034+504148 as a Type II-P Supernova

[5] Sterne und Weltraum 7/2022 7; H. Pfister, W. Hillebrandt - Die Supernova, die nicht sterben wollte

## Helligkeitsmessung mit verschiedenen FITS-Dateien und Programmen Korrektur

Mario Ennes

Bei genauerer Kontrolle der dargestellten Werte für Fitswork stellte Erik Wischnewski eine nicht unerhebliche Diskrepanz zu den Werten fest, die er mit den zur Verfügung gestellten Dateien erhielt. Nach dem Abgleich unserer Meßmethoden lassen sich diese und auch Abweichungen zu AAVSO-Werten im Bereich von 0,2 mag erklären. Die beiden Grafiken mit den geänderten Meßwerten sind hier dargestellt.

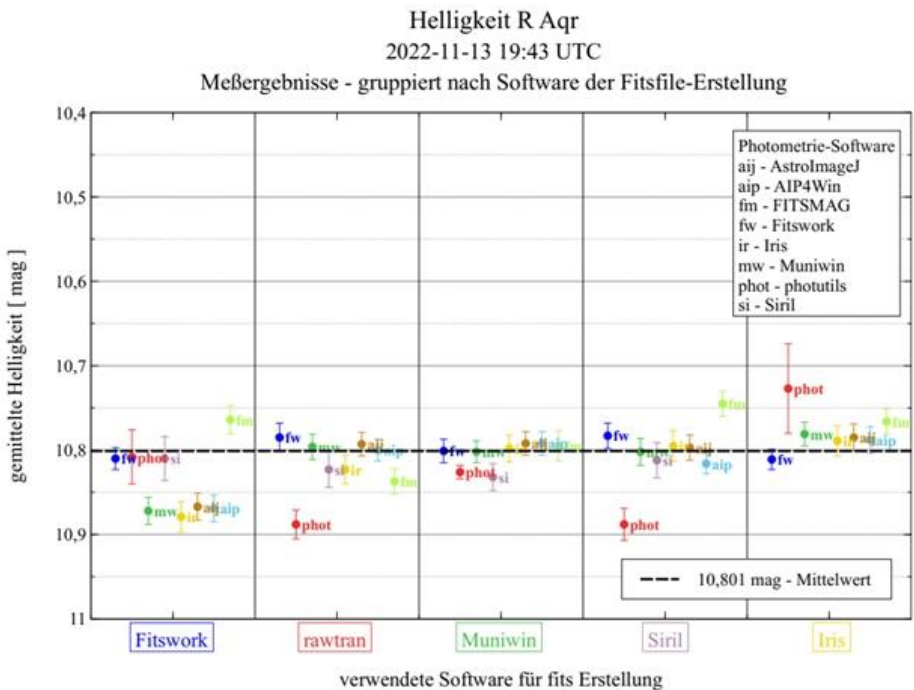


Abb. 1: Korrigierte Darstellung der Meßergebnisse (siehe dazu auch BAV Rundbrief 4/2022, S. 215 ff)

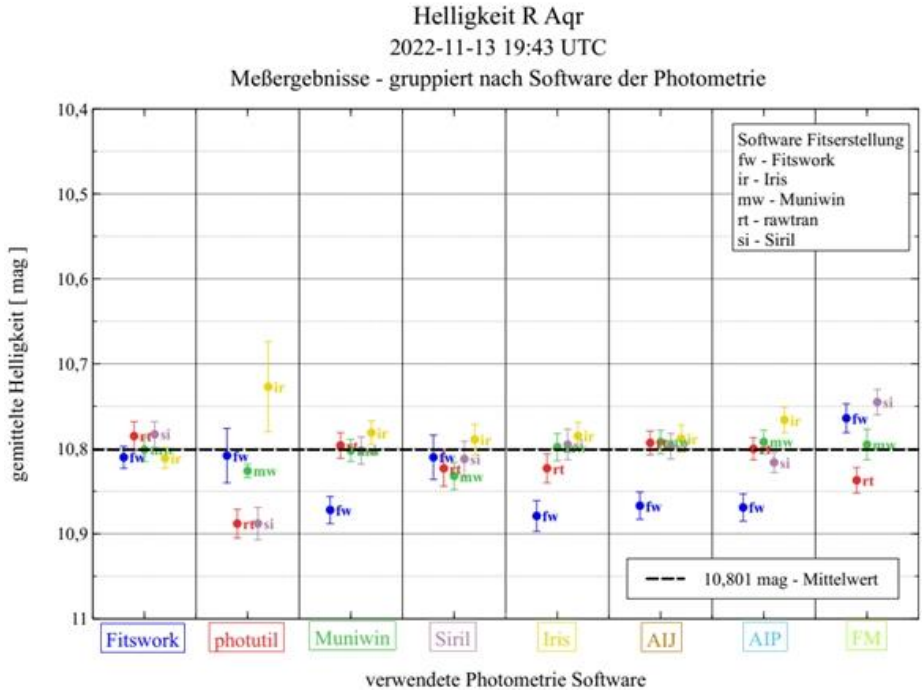


Abb. 2: Korrigierte Darstellung der Meßergebnisse (siehe dazu auch BAV Rundbrief 4/2022, S. 215 ff)

Dr. Erik Wischnewski, Heinrich-Heine-Weg 13, 24568 Kaltenkirchen, erik@astronomiebuch.de

Mario Ennes, Richard-Wagner-Str. 30, 96472 Rödental, Mario.Ennes@t-online.de



## Rezension: „Observer's Guide to Variable Stars“, Martin Griffiths, 2018, Springer Nature AG Switzerland

Arthur Sturm

Rezensionen von Büchern sind nicht meine Sache, da ich in der Regel nicht tief genug mit der Materie vertraut bin, aber das oben genannte Buch hatte mich sehr enttäuscht.

Die letzte mir bekannte Monographie über veränderliche Sterne ist die von John R. Percy, *Understanding Variable Stars*, Cambridge University Press, 2007 bzw. 2011. Monographien über dieses Gebiet sind so selten, also kaufte ich auch das Buch von Martin Griffiths.

Mir ist so einiges aufgefallen, deshalb wandte ich mich an den Verlag, um Unklarheiten im Buch und offensichtliche Fehler zu berichten. Leider konnte ich bisher (seit 3 Monaten) noch keinen Verantwortlichen wirklich finden, ich werde immer wieder zwischen diesem und jenem Referat/Ansprechpartner hin- und hergereicht.

Ich wiederhole hier nur diejenigen Punkte, die ich in meinem Schreiben an den Springer-Verlag beispielhaft herausgegriffen hatte:

- Der Aufbau des Buchs. In Kapitel 7 und 8 werden verschiedene Veränderlichen-Typen ohne Sinnbezug zweimal besprochen. Die Cepheiden werden in Kapitel 8 sogar zum dritten Mal unter dem Typ L besprochen, ohne dass dafür ein Grund genannt wird. Die Cepheiden sollen ideal für Anfänger sein (da bin ich etwas anderer Meinung).
- Es gibt ein Kapitel „Irreguläre“, dort tauchen die SRAs, SRBs und SRDs auf. Die SRC-Sterne fehlen ganz, dafür mittendrin die SRS (?) ohne Erläuterung.
- In der Tabelle „Sterne für das Fernglas“ tauchen reihenweise abenteuerliche Koordinaten auf. T Cen auf 45 Grad Süd, dafür steht AG Car für uns „bequem in Äquatornähe“, VY CMa auf 58 Grad Süd usw., der Autor wohnt in Wales ...
- In der o.g. Tabelle ist T Cen ein RV-Tauri-Stern mit einer Periode von 181 Tagen. In der folgenden Tabelle „Long Period Variables“ taucht der Stern dann als SRa-Typ mit 90 Tagen auf.

So geht es in Einem fort. Das macht keinen Spaß und man legt das Buch zur Seite, Schade eigentlich. Das Buch kann ich, zu meinem Leidwesen, nicht empfehlen.

Zusätzlich muss ich leider auch feststellen, dass viele Sachbücher der Verlage Springer und auch Cambridge University Press mitunter nur noch Print-on-Demand-Qualität aufweisen (Softcover und Druckerpapier). „Richtige“ Bücher mit Hardcover und gutem Papier sind selten geworden. Neben dem Lesegefühl leiden vor allem die Abbildungen darunter. Das mag den geringen Auflagen von Sparten-Sachbüchern geschuldet sein, aber andere Verlage wie z.B. Kosmos verfahren in der Regel nicht so.

Vielleicht haben Sie ähnliche Erfahrungen gemacht, oder ganz andere?

Arthur Sturm, sturm.saarburg@kabelmail.de

## Die 10. Auflage von „Astronomie in Theorie und Praxis“

Erik Wischnewski

Meine Rückkehr zur Astronomie nach einem Ausflug in den Bereich der Mikroskopie liegt bereits ein paar Jahre zurück.

Mittlerweile gibt es die 9. Auflage von „Astronomie in Theorie und Praxis“ schon längere Zeit.

Eigentlich wollte ich mit der 10. Auflage des Buches noch warten, allerdings gibt es ab dem Jahr 2024 weitere, neue Pläne, die mich wieder eine Zeitlang von der Astronomie fortführen werden.

Es war immer mein Traum, der nun erfüllt werden soll, das Werk in Leinen mit Buchrücken und Schutzumschlag zu binden, ich glaube, das Buch hat es verdient.

Die Herstellungskosten sind sehr hoch und eine normale Auflage lässt sich auch wahrscheinlich nicht mehr verkaufen.

Deshalb werde ich nur so viele drucken lassen, wie ich Vorbestellungen bis Mitte April 2023 hereinbekomme. Es müssen schon 150 Vorbestellungen getätigt werden, sonst kann ich den Druck nicht in Auftrag geben.

Die 10. Ausgabe soll wieder in 3 Bänden erscheinen, mit insgesamt 1868 Seiten. Sie kostet 129,- Euro, Versand und Porto müssen extra bezahlt werden. Es wird definitiv die letzte Druckausgabe sein.

Wie immer gibt es Informationen zu den Neuerungen und zum Inhaltsverzeichnis auf meiner Website <http://www.astronomie-buch.de> oder auf meinen YouTube-Kanälen „AstronomieTelevision“ und „ErkiSkyTalk“.

Bitte gebt diese Nachricht an befreundete Astronomen und Interessierte weiter, eine Anschaffung lohnt sich sicherlich auch für einen Verein oder eine Sternwarte.



Zum Schluss ein emotionales Wort: Mir hat das Vertrauen, das mir immer wieder geschenkt wurde, sehr viel bedeutet und Stütze gegeben. Ich danke allen Menschen, die daran beteiligt waren.

Erik Wischnewski, [proab@t-online.de](mailto:proab@t-online.de)

## **Einladung zum BAV-Veränderlichenbeobachter-Treffen am 9. und 10. Juni 2023 in Hartha**

Lienhard Pagel

Am 9. und 10. Juni 2023 kommen BAVer sowie alle an veränderlichen Sternen interessierte Sternfreunde zum alljährlichen Treffen in Hartha und Waldheim zusammen. Wir bieten Themen für Anfänger und Fortgeschrittene.

Veranstaltungsorte sind die Bruno-H.-Bürgel-Sternwarte in 04746 Hartha, Kreis Döbeln, Töpelstr. 49 und das Hotel „Goldener Löwe“ in Waldheim.

Freitagabend (8.6.) ab 20 Uhr sind Präsentationen oder Tutorials im Konferenzraum des Hotels "Goldener Löwe" in Waldheim vorgesehen.

Am Sonnabend (10.6.) ab 9:30 Uhr bis etwa 17 Uhr findet in der Sternwarte Hartha ein Vortragsprogramm statt. Der Schwerpunkt liegt in diesem Jahr bei der Spektroskopie.

Es besteht wieder die Möglichkeit, Daten auf den BAV-Festplatten zu sichern.

### **Übernachtung und nach Schluss des Treffens:**

Für Übernachtungen nutzen wir vorzugsweise das Hotel "Goldener Löwe" in 04736 Waldheim, Niedermarkt 42. Im Hotel sind Zimmer vorgemerkt. Bitte bei der Bestellung unbedingt auf die BAV beziehen.

Hotel-Tel. (034327) 666 000, E-Mail: info(at)goldener-loewe-waldheim.de.

Die Entfernung zur Sternwarte Hartha beträgt etwa 8 km. Auf Grund der diesmal begrenzten Anzahl von Zimmern im Goldenen Löwen sollten auch alternative Hotels und Pensionen in Waldheim genutzt werden.

Teilnehmer, die nicht gleich nach dem Treffen abreisen, nutzen üblicherweise das Restaurant des Hotels zu einem abendlichen Plausch.

### **Anmeldung zur Tagung:**

Die Anmeldung findet auf unserer Website <http://www.bav-astro.eu> im Service-Menü unter BAV-Veranstaltungen statt. Alternativ nehme ich Anmeldungen auch per E-Mail (lienhard.pagel@t-online.de) entgegen.

### **Vortragsanmeldungen:**

Die Vorträge sollten ca. 30 Minuten dauern. Ein Laptop und ein Beamer sind vorhanden. Das Vortragsprogramm möchte ich im April veröffentlichen. Deshalb bitte ich die Vorträge bis Ende März anzumelden (E-Mail: lienhard.pagel@t-online.de).

## **Einladung zur BAV-Mitgliederversammlung am Sonntag, dem 11. Juni 2023 in Waldheim**

Andreas Barchfeld

Die Mitgliederversammlung der Bundesdeutschen Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV) findet im Rahmen des BAV-Veränderlichenbeobachter-Treffens im Hotel zum Goldenen Löwen, Niedermarkt42, 04736 Waldheim, 034327 / 666 000 statt.

Beginn 09:00 Uhr

Die vorgeschlagene Tagesordnung umfasst folgende Punkte:

1. Eröffnung und Wahl eines Protokollführers für das Beschlussprotokoll
2. Bericht des Vorstandes
3. Bericht der Kassenprüfer
4. Wahl eines Versammlungsleiters zur Abstimmung über die Punkte 6. bis 7.
5. Entlastung des Vorstandes
6. Neuwahl des Vorstandes
7. Neuwahl der Kassenprüfer
8. Verschiedenes

Zurzeit sind keine Einschränkungen auf Grund der COVID-19 Situation bekannt.

### **Mögliche Umstellung des Rundbriefdrucks**

BAV-Vorstand

Wir überlegen schon längere Zeit, den Druck des Rundbriefes anders zu organisieren. Das bisherige Verfahren (Herstellung und Versand durch unseren langjährigen Drucker) ist mittlerweile sehr teuer. Dafür suchen wir allerdings einen BAVer, der den Versand kostenlos übernehmen kann (eine Anerkennung wird es geben).

Die Rundbriefe (bereits in Folie eingeschweißt) kämen in einem Paket, ebenso das Porto und die Adressaufkleber per Post. Der Versender müsste passend das Porto aufkleben (Deutschland 1,60 Euro, Ausland 3,70 Euro), ebenso die Adressaufkleber, danach die zurzeit 180 Exemplare zur Post bringen.

Der Versand wäre viermal im Jahr regelmäßig (nach Absprache) vorzunehmen.

Bei Interesse bitte melden unter: [zentrale@bav-astro.de](mailto:zentrale@bav-astro.de) (Dietmar Bannuscher)

**BAV-Publikationen und aktueller Beobachtungseingang**

Lienhard Pagel

**Posteingang der Sektion im Zeitraum 10 bis 12 2022**

Er werden jeweils der Monat des Eingangs, das BAV-Beobachterkürzel Anzahl der Lichtkurvenblätter angegeben.

Monat 10: FIR 1 MS 217 MZ 4 NMN 5 SG 3 SM 5 SPA 6  
 SPI 2 VOH 153 WNZ 13 WKT 4  
 Monat 11: MS 106 SCI 2 SM 12 SPA 1 WKT 9  
 Monat 12: BER 7 FIR 2 MS 267 MZ 4 SM 2 TH 11 VOH 1

Anzahl Lichtkurven-Dateien: 837  
 Anzahl MiniMax-Dateien: 91  
 Anzahl MiniMax-Datensätze: 855  
 Anzahl anderer Dateien: 18

Minima und Maxima im Zeitraum 10-12 2022 (Basis: MiniMax-Dateien)

Beobachter	Summe	vis	CoF	CmF	Exo
BER Berthold, T. Waldheim	7	0	0	7	0
BSH Bösch, G. Nagold	2	0	0	1	1
FIR Fischer, M. Emskirchen	3	0	3	0	0
MS Moschner, W. Lennestadt	596	0	12	584	0
MZ Maintz, G. Bonn	8	0	8	0	0
NMN Neumann, J. Leipzig	5	5	0	0	0
SCI Schmidt, U. Karlsruhe	2	0	2	0	0
SG Sterzinger, P. Wien	3	3	0	0	0
SM Sturm, A. Saarburg	19	19	0	0	0
SPA Spelda, J. Petershagen	7	0	0	7	0
SPI Spiess, W. Ertingen	2	2	0	0	0
TH Thomas, A. Nieder-Olm	13	0	0	13	0
VOH Vohla, F. Altenburg	151	151	0	0	0
WNZ Wenzel, B. Wien	25	0	2	11	12
WKT Wickert, V. Essen	25	0	4	21	0
015 Beobachter Summen	868	180	31	644	13
Summe photo-Maxima:	293				
Summe photo-Minima:	382				
Summe visueller Maxima:	121				
Summe visueller Minima:	59				
Gesamtanzahl Minima/Maxima:	855				

Davon:

Minima:	441
Maxima:	414
Anzahl E., GS, usw.:	329
Anzahl RR:	78
Anzahl DSCT:	31
Anzahl CEP:	0
Anzahl M:	35
Anzahl SR:	34
Anzahl Kataklys.:	7
Anzahl Exoplaneten:	13
und andere ...	

Wir bitten darum, in den MiniMax-Datensätzen dem mittleren Fehler für das Max/Min mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Manchmal fehlt er gänzlich, manchmal ist er viel zu gering angegeben; das betrifft hauptsächlich visuelle Beobachtungen.

*Hinweis: Ein Fehler von 0,0001d entspricht 8,6 Sekunden und sollte vorsichtig und begründet verwendet werden!*

Gelegentlich fehlen MiniMax-Datensätze zu den Lichtkurvendateien oder sie können nicht zugeordnet werden, weil die Daten in der MiniMax-Datei nicht mit den Daten im Dateinamen der Lichtkurve übereinstimmen. Das betrifft besonders den Namen des Sternes.

Zum Beispiel ist „HAT-P-16 b“ in der MiniMax nicht gleich „HAT-P-16b“ im Dateinamen und führt zu einem Fehler.

Bei Exoplaneten muss in der MiniMax-Datei an der Position „Photometrie“ das Wort „EXO“ eingetragen werden (nicht „C“).

**BAV-Publikationen und aktueller Beobachtungseingang**

Lienhard Pagel

**Posteingang der Sektion im Zeitraum 01 bis 12 2022**

Es werden jeweils der Monat des Eingangs, das BAV-Beobachterkürzel Anzahl der Lichtkurvenblätter angegeben.

Monat 01:	HOC 5	MS 116	MZ 4	SIR 2	SM 18	WNZ 3	
Monat 02:	FIR 1	FR 100	MS 261	MZ 9	WKT 4		
Monat 03:	BSH 5	FIR 1	MS 159	MZ 4	SCI 22	WNZ 2	WKT 3
Monat 04:	BSH 5 TH 2	MS 108 WNZ 3	RAT 94 WKT 4	RCR 5	SCI 14	SM 2	SPA 6
Monat 05:	BSH 2	FR 100	MS 37	MZ 8	SPA 17	WKT 3	
Monat 06:	MS 125 WKT 5	MZ 5	SCI 14	SM 4	SPA 4	TH 1	WNZ 5
Monat 07:	BSH 6	FIR 5	MS 83	SCI 20	SPA 1	WNZ 15	WKT 7
Monat 08:	BSH 2 NMN 12 WNZ 1	BR 4 SCI 25 WKT 6	DMT 11 SG 2	DOM 1 SM 8	FIR 3 SPA 2	MS 128 SPI 9	MZ 8 TH 4
Monat 09:	BSH 4 WKT 1	FIR 4	MS 569	MZ 8	SCI 17	SPA 1	VLM 1
Monat 10:	FIR 1 SPI 2	MS 217 VOH 153	MZ 4 WNZ 13	NMN 5 WKT 4	SG 3	SM 5	SPA 6
Monat 11:	MS 106	SCI 2	SM 12	SPA 1	WKT 9		
Monat 12:	BER 7	FIR 2	MS 267	MZ 4	SM 2	TH 11	VOH 1
Anzahl Lichtkurven-Dateien:			3097				
Anzahl MiniMax-Dateien:			356				
Anzahl MiniMax Datensätze:			3333				

## Minima und Maxima im Kalenderjahr 2022 (Basis: MiniMax-Dateien)

Beobachter			Summe	vis	CoF	CmF	Exo
BER	Berthold, T.	Waldheim	7	0	0	7	0
BSH	Bösch, G.	Nagold	32	0	29	1	2
BR	Braune, W.	Berlin	4	4	0	0	0
DMT	Dumont, M.	Bailleau l'Eveque	17	17	0	0	0
DOM	Domann, O.	München	1	0	0	1	0
FIR	Fischer, M.	Emskirchen	27	0	27	0	0
FR	Frank, P.	Velden	323	0	323	0	0
HOC	Hoecherl, M.	Roding	8	0	0	8	0
MS	Moschner, W.	LenneStadt	2227	0	87	2140	0
MZ	Maintz, G.	Bonn	54	0	44	10	0
NMN	Neumann, J.	Leipzig	17	17	0	0	0
RAT	Raetz, M.	Herges-Hallenberg	157	0	84	10	63
RCR	Raetz, K.	Herges-Hallenberg	5	5	0	0	0
SCI	Schmidt, U.	Karlsruhe	114	0	114	0	0
SG	Sterzinger, P.	Wien	5	5	0	0	0
SIR	Schirmer, J.	Harsefeld	2	0	2	0	0
SM	Sturm, A.	Saarburg	51	51	0	0	0
SPA	Spelda, J.	Petershagen	35	0	0	35	0
SPI	Spieß, W.	Ertingen	11	11	0	0	0
TH	Thomas, A.	Nieder-Olm	22	0	0	22	0
VLM	Vollmann, W.	Wien	1	0	0	1	0
VOH	Vohla, F.	Altenburg	151	151	0	0	0
WNZ	Wenzel, B.	Wien	58	0	2	44	12
WKT	Wickert, V.	Essen	81	0	22	59	0
024	Beobachter	Summen	3410	261	734	2338	77

Summe photo Maxima: 1415

Summe photo Minima: 1657

Summe visueller Maxima: 158

Summe visueller Minima: 103

Gesamtanzahl Minima/Maxima: 3333

Davon:

Minima: 1760

Maxima: 1573

Anzahl E., GS, usw.: 1190

Anzahl RR: 287

Anzahl DSCT: 237

Anzahl CEP: 0

Anzahl M: 80

Anzahl SR: 82

Anzahl Kataklys.: 7

Anzahl Exoplaneten: 77

und andere ...



**Veröffentlichungen unserer Mitglieder ohne BAV Mitteilungen-Nummer**

Andreas Barchfeld

Titel: VizieR Online Data Catalog: BVRI photometry of nova V5856 Sgr (Munari+, 2022)

Autoren: Munari, U., Masetti, N., Walter, F. M., Williams, R. E., Hamsch, F.-J., Frigo, A., and Valisa, P.

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022yCat..36670007M>

VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/667/A7. Originally published in: 2022A&A...667A...7M  
08/2022

Titel: VizieR Online Data Catalog: 1894-2020 opt-to-NIR photometry of HO Puppis (Lee+, 2021)

Autoren: Lee, C.-D., Ou, J.-Y., Yu, P.-C., Ngeow, C.-C., Huang, P.-C., Ip, W.-H., Hamsch, F.-J., und andere

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022yCat..19110051L>

VizieR On-line Data Catalog: J/ApJ/911/51. Originally published in: 2021ApJ...911...51L  
10/2022

Titel: Persistent nuclear burning in Nova Sgr 2016 N.4 (=V5856 Sgr = ASASSN-16ma) six years past its outburst

Autoren: Munari, U., Masetti, N., Walter, F. M., Williams, R. E., Hamsch, F.-J., Frigo, A., and Valisa, P.

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022A&A...667A...7M>

arXiv:2208.09630

Astronomy & Astrophysics, Volume 667, id.A7, 12 pp.  
11/2022

Titel: The 2019 Outburst of the 2005 Classical Nova V1047 Cen: A Record Breaking Dwarf Nova Outburst or a New Phenomenon?

Autoren: Aydi, E., Sokolovsky, K. V., Bright, J. S., Tremou, E., Nyamai, M. M., Evans, A., Strader, J., Chomiuk, L., Myers, G., Hamsch, F.-J. und andere

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022ApJ...939....6A>

arXiv:2108.07868

The Astrophysical Journal, Volume 939, Issue 1, id.6, 27 pp.  
11/2022

Titel: Evidence for neutrino emission from the nearby active galaxy NGC 1068

Autoren: IceCube Collaboration, Abbasi, R., Ackermann, M., Pollmann, E., und sehr viele andere mehr

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022Sci...378..538I>

arXiv:2211.09972

Science, Volume 378, Issue 6619, pp. 538-543 (2022).  
11/2022

Titel: HD 60431, the CP2 star with the shortest rotational period. Physical parameters and period analysis

Autoren: Mikulášek, Z., Semenko, E., Paunzen, E., Hümmerich, S., North, P. L., Bernhard, K., Krtička, J., and Janík, J.

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022A&A...668A.159M>  
arXiv:2209.12207

Astronomy & Astrophysics, Volume 668, id.A159, 13 pp.  
12/2022

Titel: The Periodic Signals of Nova V1674 Herculis (2021)

Autoren: Patterson, J., Enenstein, J., de Miguel, E., Epstein-Martin, M., Kemp, J., Sabo, R., Cooney, W., Vanmunster, T., Hamsch, F.-J und andere

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022ApJ...940L..56P>  
arXiv:2207.00181

The Astrophysical Journal Letters, Volume 940, Issue 2, id.L56, 6 pp.  
12/2022

Titel: Supplementary Intermediate Report (July 2022) to the Spectroscopic Monitoring of the 2017-2019 Eclipse of VV Cephei

Autoren: Pollmann, E.

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022JAVSO...50..264P>

The Journal of the American Association of Variable Star Observers, vol. 50, no. 2, p. 264

12/2022

Titel: Searching for shell stars in LAMOST DR4 by probing the Fe 42 multiplet lines

Autoren: Hümmerich, S., Paunzen, E., and Bernhard, K.

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022MNRAS.517.4229H>  
arXiv:2210.14656

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 517, Issue 3, pp.4229-4246

12/2022

Titel: PNV J00444033+4113068: Early superhumps with 0.7 mag amplitude and non-red color

Autoren: Tampo, Y., Isogai, K., Kojiguchi, N., Uemura, M., Kato, T., Tordai, T., Vanmunster, T., Itoh, H., Hamsch, F.-J. und andere

URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022PASJ...74.1287T>  
arXiv:2208.04251

Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 74, Issue 6, pp.1287-1294  
12/2022

Sollte ein Artikel nicht aufgeführt werden, bitte bei mir melden:  
[andreas.barchfeld@barchfeld.eu](mailto:andreas.barchfeld@barchfeld.eu)

## Abbildung auf der Titelseite

Fotografie des Nordamerikanebels (NGC 7000) und des Pelikannebels (IC5070) mit einer unmodifizierten DSLM-Kamera Nikon Z50, ISO 6400, 3 Stunden 42 Minuten Gesamtblendungszeit, Canon FD 200 mm 1:4, abgeblendet auf 5,6. Bearbeitet mit Siril 1.0.6 und Photoshop Elements 10.

Die Aufnahmeserie entstand am 22.08.2022 im Rahmen der Messungen des Cepheiden TX Cyg (roter Pfeil) von Jörg Spelda (siehe Artikel in diesem Heft)

## Wir freuen uns über Ihre Fragen und Wünsche

Schreiben sie uns:

per Post: Dietmar Bannuscher, Burgstr. 10, 56249 Herschbach  
(Rundbrief, visuelle Lichtkurven, Mitgliedsanträge, ...)

oder Andreas Barchfeld, Hummelsbüttler Hauptstr. 56, 22339 Hamburg  
(Unterlagen für die Geschäftsführung)

per E-Mail: zentrale@bav-astro.de

## BAV-Mitgliedschaft

Fordern Sie einfach bei den obigen Anschriften ein Aufnahmeformular an, oder laden es herunter: [http://www.bav-astro.de/vorstand/BAV\\_Aufnahmeantrag.pdf](http://www.bav-astro.de/vorstand/BAV_Aufnahmeantrag.pdf). Der Jahresbeitrag beträgt bis zum vollendeten 18. Lebensjahres 10 €, sonst 21 €. Wir freuen uns auf Ihre Anfrage.

## Redaktionsschluss

BAV Rundbrief	vierteljährlich	1. Februar, 1. Mai, 1. August, 1. November
Einsendung von Lichtkurvenblättern	CCD-Beobachtungen Visuelle Beobachtungen	Für die Veröffentlichung ist der Zeitpunkt der Einsendung/des Uploads maßgeblich

## Veranstaltungen (nicht nur der BAV)

ATT 2023	Essen	13. Mai 2023
EVS 5	Barcelona / Spanien	27.-28. Mai 2023
Hartha 2023 und BAV-MV	Hartha/Waldheim	9.-11. Juni 2023

### Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

Internet:

Registergericht:

Redakteur:

Beiträge bitte an:

Bezug:

Bankverbindung:

Hinweis:

Druck:

Redaktionsschluss:

### BAV Rundbrief

Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV)  
Munsterdamm 90 12169 Berlin Germany zentrale@bav-astro.de  
[www.bav-astro.de](http://www.bav-astro.de)

Amtsgericht Berlin-Charlottenburg in 14046 Berlin, Nummer: VR 3317 Nz

Dietmar Bannuscher (V.i.S.P.)

Dietmar Bannuscher Burgstr. 10 56249 Herschbach  
[dietmar.bannuscher@t-online.de](mailto:dietmar.bannuscher@t-online.de)

Der BAV Rundbrief erscheint viermal pro Jahr und ist für BAV-Mitglieder im Mitgliedsbeitrag enthalten. Er kann für 21 € pro Jahr abonniert werden.

Postbank Berlin, Konto 163750102, BLZ 10010010  
IBAN DE34 100100100163750102, BIC PBNKDEFF

Die abgedruckten Beiträge geben weder die Meinung des Redakteurs noch die der BAV wieder.

CopyKing Unter den Eichen 57 12203 Berlin

1. Februar 2023



[www.bav-astro.eu](http://www.bav-astro.eu)