

# BAV Rundbrief

2021 | Nr. 1 | 70. Jahrgang | ISSN 0405-5497



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



## Table of Contents

E. Wunder	A 9-year Blazhko modulation period in V Equulei	1
G. Maintz	Revised elements of RR Lyrae star NX Lyrae	11

## Inhaltsverzeichnis

E. Wunder	Eine 9-jährige Blazhko-Modulationsperiode bei V Equulei	1
G. Maintz	Überarbeitete Elemente des RR-Lyrae-Sterns NX Lyrae	11

N. Dahlke / A. Hipp J. Hipp	ExTra – Nachweis ferner Gasriesen	14
--------------------------------	-----------------------------------	----

W. Spiess / W. Vollmann	Erfolgreiche Beobachtung von Algol (beta Persei)	37
B. Hassforther	V1319 Cyg, ein neuer langperiodischer Cepheide mit $P = 41,3$ d	39
J. Neumann	WY Geminorum – ein ungewöhnlicher Helligkeitseinbruch	42
K. Wenzel	Die Lichtkurve der Nova Cas 2020 (V1391 Cas)	44
K. Wenzel	Ausbruch von zwei alten Bekannten	46
M. Geffert	Auswertung historischer Fotoplatten des Observatoriums Hoher List	50

D. Bannuscher	Vorhersagen-Berechnung 2021	55
---------------	-----------------------------	----

## Aus der Literatur

P. B. Lehmann	Hitze, Staub und Mars-Wasser	57
---------------	------------------------------	----

## Aus der BAV

BAV-Vorstand	Einladung zur BAV-Mitgliederversammlung 2021	59
W. Braune	Moderne Arbeitsweisen sind leider nicht immer optimal	60

## Aus den Sektionen

L. Pagel	Auswertung 10-12/2020	61
L. Pagel	Auswertung 2020	63

## A 9-year Blazhko modulation period in V Equulei – the longest Blazhko period discovered yet in RR Lyrae stars

### Eine 9-jährige Blazhko-Modulationsperiode bei V Equulei – die bislang längste bekannte Blazhko-Periode bei RR-Lyrae-Sternen

Edgar Wunder

**Abstract:** *Based on data from 2003 to 2020 a 9.34-year (=3411 days) Blazhko modulation period in V Equulei is established. The alleged 320-day Blazhko period suspected by Greer et al. (2017) is an artefact. In the most extreme phases of the Blazhko cycle the magnitude of the star varies between  $V=14.40$  and  $15.70$  ( $\Delta m = 1.30$  mag), or  $V=14.95$  to  $15.35$  ( $\Delta m = 0.40$  mag) respectively. Therefore the amplitude of the Blazhko modulation in V Equulei is 0.9 mag in V-band. This is the longest Blazhko period and the highest Blazhko amplitude yet discovered in RR Lyrae stars. Additionally three sudden changes of the fundamental pulsation period of V Equulei are detected in 2007, 2012 and 2016. Currently valid are the following elements:  $HJD (Max) = 2458831.5930 + 0.5251688 * E$ .*

Der bereits 1907 von Sergey Blazhko entdeckte Blazhko-Effekt, eine quasi-periodische Modulation der Lichtkurve von RR Lyrae-Sternen (Blazhko 1907), gilt nach wie vor als „one of the most stubborn problems of stellar astrophysics“ (Smolec 2016), denn alle Versuche, ihn zu erklären, blieben bis jetzt nur bruchstückhaft (Buchler & Kollath 2011). Fast die Hälfte aller RRab-Sterne zeigt den Blazhko-Effekt (Kovacs 2016). In der bislang die größte Sternpopulation im galaktischen Feld umfassenden Studie von Skarka et al. (2020) konnten nicht weniger als 3341 Sterne mit belegtem oder mutmaßlichem Blazhko-Effekt nachgewiesen werden. Der Median der bei diesen Objekten beobachteten Blazhko-Modulationsperioden liegt bei 59,6 Tagen. Bis vor kurzem galt SS Cancri mit nur 5,3 Tagen als das Objekt mit der kürzesten Blazhko-Periode (Jurcsik et al. 2006). Nun wurde von Skarka et al. (2020) ein Stern der 17. Größenklasse im Skorpion mit einer noch geringfügig kürzeren Blazhko-Periode gefunden (4,8 Tage). Die längste bekannte Blazhko-Periode liegt nach Skarka et al. (2020) derzeit bei 2857 Tagen, was etwa 7,8 Jahren entspricht. Bei 99,2 % aller Sterne mit Blazhko-Effekt ist die Amplitude der quasi-periodischen Modulation geringer als 0,6 mag. Die größte bislang beobachtete Amplitude eines Blazhko-Effekts liegt bei 0,85 mag.

Mit diesem Artikel wird ein neuer Rekordhalter präsentiert. Es wird aufgezeigt, dass bei V Equulei eine Blazhko-Periode von 9,34 Jahren (genauer: 3411 Tage) wahrscheinlich ist und die Amplitude der Blazhko-Modulation 0,9 mag erreicht. Sollte sich dies in den nächsten Jahren weiter bestätigen, ist das ein zweifacher Rekord: die längste bekannte Blazhko-Periode und die größte bekannte Blazhko-Amplitude.

V Equulei ist ein Stern der 15. Größenklasse, dessen Veränderlichkeit bereits durch Reinmuth (1925) bei der Untersuchung von Fotoplatten aus den Jahren 1901 und 1913 entdeckt wurde. In einem unveröffentlichten Brief an die GCVS-Redaktion klassifizierte Tsesevich (1976) das Objekt erstmals als RR Lyrae-Stern mit einer Periode von etwa 0,5251 Tagen, basierend auf Fotoplatten aus den 1960er Jahren. In den darauffolgenden Jahrzehnten wurde V Equ niemals gezielt weiter beobachtet, bis zu einer

Nacht im August 2013, als ich aufgrund einer Reihenbeobachtung mit meiner CCD-Kamera und V-Filter ein – bis jetzt noch unveröffentlichtes – Maximum ermitteln konnte (HJD 2456506.476). Meine anschließenden Versuche, durch die sekundäranalytische Auswertung von NSVS-, ASAS-, Catalina- und schließlich ASAS-SN-Daten zu weiteren Einsichten zu gelangen, ergaben zunächst ein verwirrendes Bild. Offenbar war weder die Periode konstant noch die Lichtkurve stabil, so dass ich den Fall erst einmal zurückstellte. Heute greife ich ihn mit den nachfolgenden Auswertungen wieder auf.

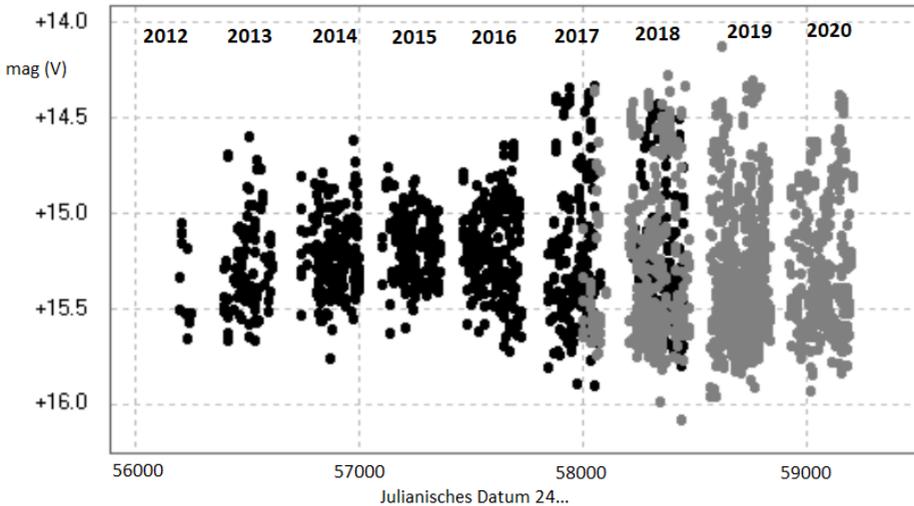


Abbildung 1: V-Helligkeiten (schwarz) und adjustierte g-Helligkeiten (grau; um 0,15 mag versetzt, um Vergleichbarkeit mit den V-Helligkeiten herzustellen) von V Equ mit ASAS-SN-Daten.

Abbildung 1 zeigt zu V Equ alle verwertbaren 2287 Helligkeitsmessungen des ASAS-SN (Kochenek 2017) in den Jahren 2012 bis 2020. Im Zeitraum von 2012 bis Dezember 2018 erfolgten sie im V-Band, von September 2017 bis 2020 im g-Band. Für die Übergangszeit von September 2017 bis Dezember 2018 liegen zahlreiche parallele Messungen sowohl im V- wie im g-Band vor. Innerhalb dieser 16 Monate war die Amplitude im V- und g-Band identisch, der Stern im g-Band allerdings durchweg ca. 0,15 mag lichtschwächer als im V-Band. Deshalb wurden die g-Band-Daten um 0,15 mag adjustiert, um in Abbildung 1 durchgehend vergleichbare Helligkeiten darzustellen, also einerseits die tatsächlichen V-Helligkeiten (schwarz), andererseits die geschätzten V-Helligkeiten aufgrund der g-Band-Daten (grau).

Der in Abbildung 1 erkennbare Befund ist: Die Amplitude der Helligkeitsschwankungen des Sterns ist von Kalenderjahr zu Kalenderjahr stark unterschiedlich. Im Zeitraum der Erfassung durch den ASAS-SN war sie im Jahr 2015 am geringsten, in den Jahren 2017 bis 2019 am größten. Ähnliche Grafiken sind von anderen RR Lyrae-Sternen mit Blazhko-Effekt gut bekannt (vgl. Skarka 2016), allerdings mit dem Unterschied, dass

sich bei fast allen anderen Sternen derartige Phänomene auf der Zeitskala von Wochen oder Monaten abbilden, und nicht wie bei V Equ auf der Zeitskala von Jahren.

Um den Untersuchungszeitraum weiter auszuweiten, wurden nachfolgend auch noch Daten des Catalina Sky Survey (Drake et al. 2009) aus den Jahren 2005 bis 2013, des ASAS (Pojmanski et al. 2005) aus den Jahren 2003 bis 2008 sowie eigene CCD-Beobachtungen aus dem August 2013 herangezogen, alle jeweils im V-Band. Der erste Versuch, nun Phasendiagramme für die Lichtkurven in einzelnen Zeitabschnitten zu erstellen, zeigte rasch, dass offensichtlich auch noch Änderungen der Pulsationsperiode des Sterns überlagert sind. Im Untersuchungszeitraum 2003 bis 2020 kann der Lichtwechsel durch das folgende System von Elementen dargestellt werden:

$$\begin{aligned} & \text{HJD } 2452800 - 2454200 \\ & \text{HJD (Max)} = 2452872.678 + 0.525038 * E \quad (\text{I}) \\ & \qquad \qquad \qquad \pm 11 \qquad \qquad \qquad \pm 13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{HJD } 2454200 - 2456150 \\ & \text{HJD (Max)} = 2454744.5958 + 0.5251789 * E \quad (\text{II}) \\ & \qquad \qquad \qquad \pm 57 \qquad \qquad \qquad \pm 47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{HJD } 2456150 - 2457400 \\ & \text{HJD (Max)} = 2456506.4662 + 0.5249781 * E \quad (\text{III}) \\ & \qquad \qquad \qquad \pm 61 \qquad \qquad \qquad \pm 68 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{HJD } 2457400 - \\ & \text{HJD (Max)} = 2458831.5930 + 0.5251688 * E \quad (\text{IV}) \\ & \qquad \qquad \qquad \pm 25 \qquad \qquad \qquad \pm 22 \end{aligned}$$

Die Berechnung dieser vier instantanen Elemente geht auf die Auswahl aller „hellen“ Messwerte ( $V < 15.15$ ) aus den genannten Datensätzen zurück, die dann mittels der Methode der kleinsten Quadrate weiterverarbeitet wurden. Diese „hellen“ Messwerte sind auch im O-C-Diagramm in Abbildung 2 dargestellt. Es sind drei Periodensprünge in den Jahren 2007, 2012 und 2016 erkennbar.

Veränderungen der Pulsationsperiode vor dem Jahr 2003 sind nicht mehr ermittelbar. Von mir auch untersuchte NSVS-Messungen (Wozniak et al. 2004) aus dem Jahr 1999 erfassen V Equ zwar, aber an der Nachweisgrenze, so dass diese Daten zu ungenau sind, um weitere Aufschlüsse liefern können; im Übrigen wäre ihre korrekte Epochenzuordnung unklar. Letzteres gilt erst recht für das von Tsevevich (1976) mitgeteilte Normalmaximum (HJD 2437198.385) aus den 1960er Jahren sowie die von Reinmuth (1925) vermerkten beiden Plattenaufhellungen aus den Jahren 1901 bzw. 1913 (HJD 2415672.4 und 2419979.6). Weitere Beobachtungen dieses lichtschwachen Sterns vor 2003 sind nicht verfügbar.

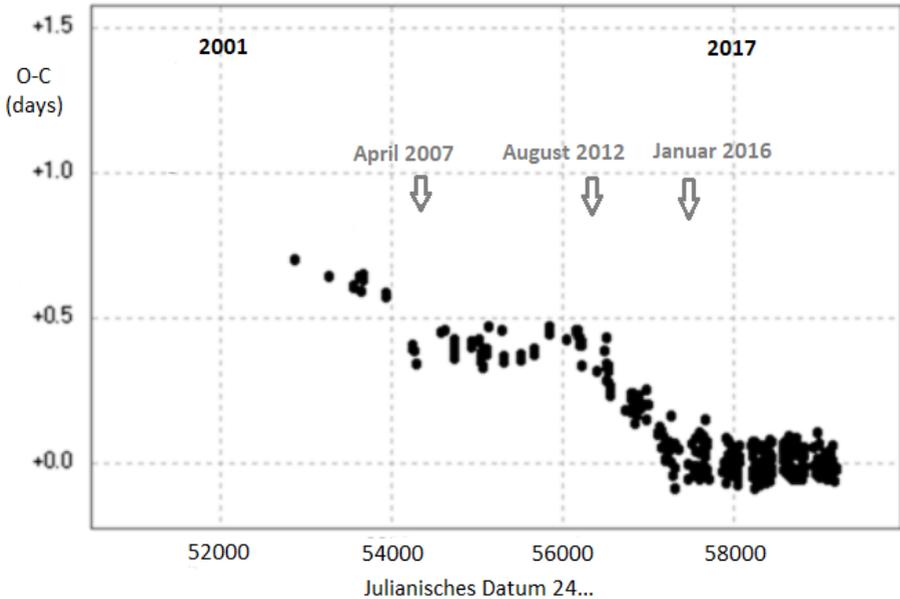


Abbildung 2: O-C-Diagramm zu V Equ mit Daten des ASAS, Catalina Sky Survey, ASAS-SN und eigenen CCD-Beobachtungen, berechnet für die Elemente (IV).

Im nächsten Schritt wurde die Lichtkurve von V Equ für jedes Kalenderjahr gesondert, mit der jeweils gültigen Periode, in Form von Phasendiagrammen rekonstruiert, die in den Abbildungen 3 bis 10 dargestellt sind. Es zeigen sich ganz erhebliche Veränderungen der Lichtkurve, die zum Beispiel im Kalenderjahr 2015 der eines RRc-Sterns entsprach (Abbildung 5), im Kalenderjahr 2018 hingegen der eines RRab-Sterns mit einem sehr raschen Anstieg vom Minimum zum Maximum. Auch die Veränderungen der Amplitude sind in den Abbildungen 3 bis 10 klar erkennbar.

Die Frage, ob sich innerhalb eines Kalenderjahres Veränderungen der Lichtkurve feststellen lassen, wurde ebenfalls untersucht. Dazu wurde für jedes Quartal eines Kalenderjahres eine gesonderte Lichtkurve erstellt. Innerhalb eines Quartals ist im Rahmen der Messgenauigkeit eine absolute Gleichförmigkeit der Lichtkurve festzustellen. Zwischen verschiedenen Quartalen eines Kalenderjahres treten teilweise Veränderungen auf, die aber vergleichsweise geringfügig sind. Insgesamt ergibt sich das Bild, dass sich die Lichtkurve von V Equ nur sehr langsam verändert, innerhalb eines Kalenderjahres nur geringfügig, im Laufe mehrerer Jahre aber recht dramatisch.

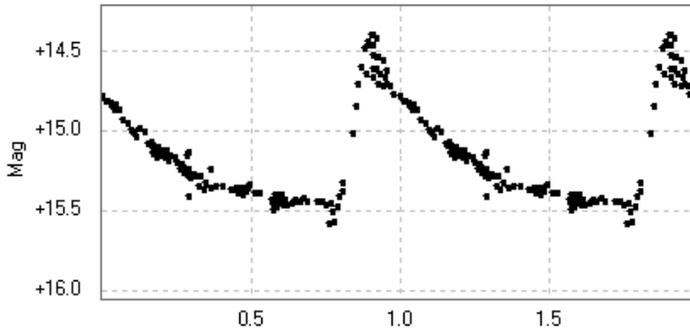


Abbildung 3: Lichtkurve von V Equ in den Kalenderjahren 2008-2011.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: Catalina Sky Survey)

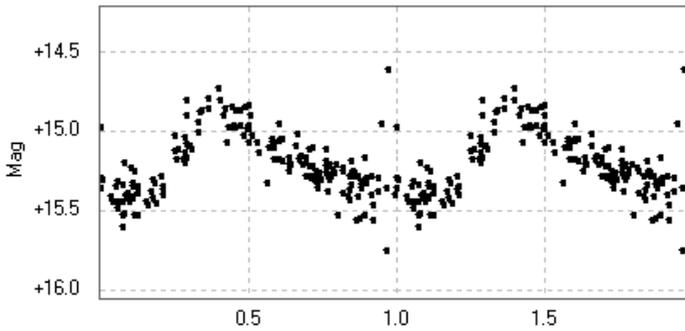


Abbildung 4: Lichtkurve von V Equ im Kalenderjahr 2014.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: ASAS-SN)

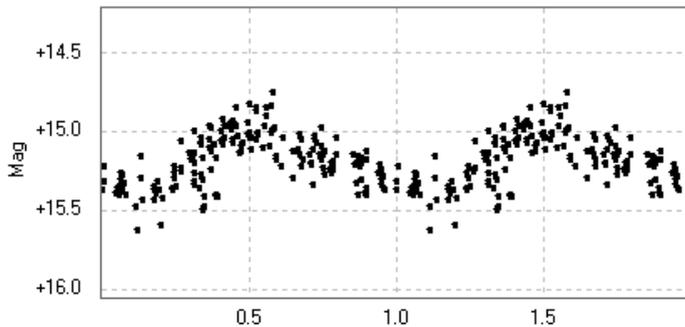


Abbildung 5: Lichtkurve von V Equ im Kalenderjahr 2015.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: ASAS-SN)

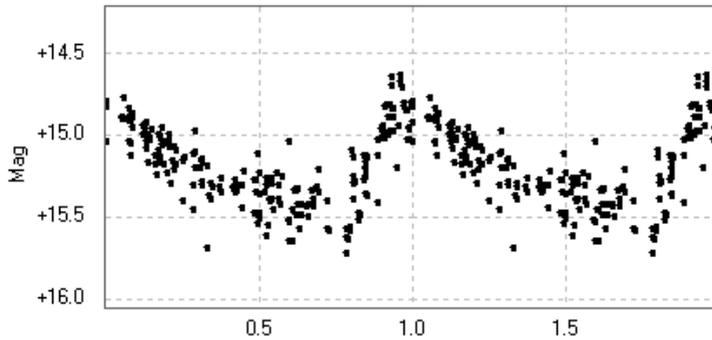


Abbildung 6: Lichtkurve von V Equ im Kalenderjahr 2016.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: ASAS-SN)

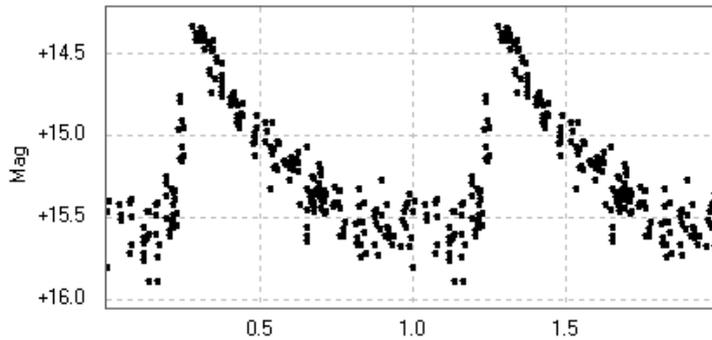


Abbildung 7: Lichtkurve von V Equ im Kalenderjahr 2017.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: ASAS-SN)

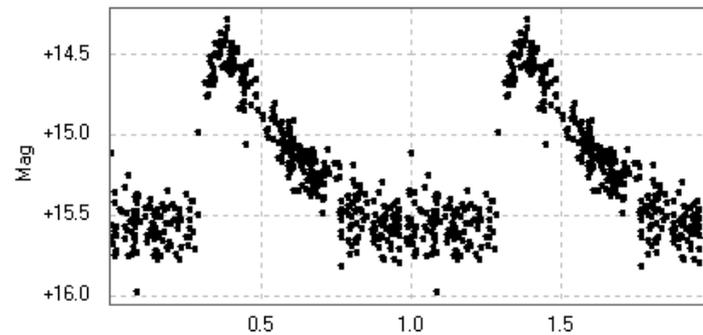


Abbildung 8: Lichtkurve von V Equ im Kalenderjahr 2018.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: ASAS-SN)

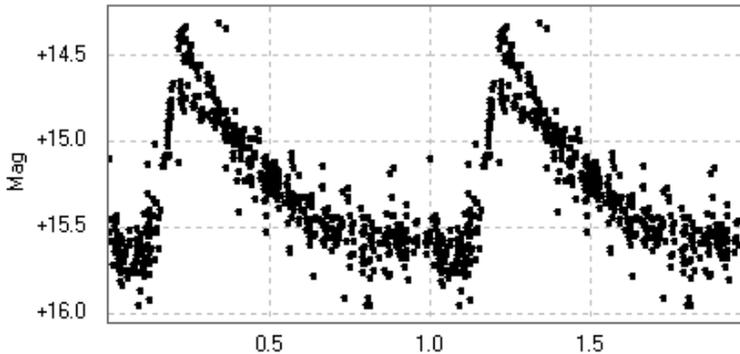


Abbildung 9: Lichtkurve von V Equ im Kalenderjahr 2019.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: ASAS-SN)

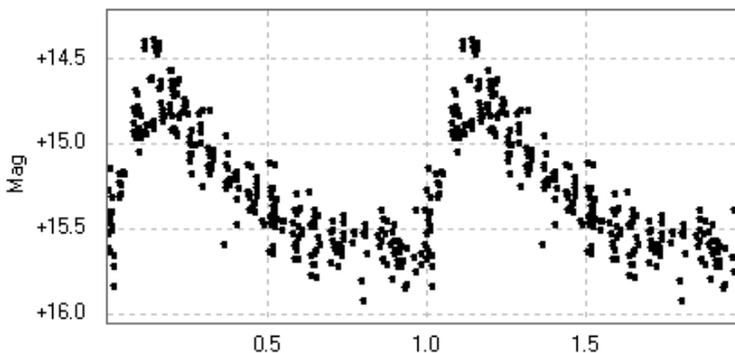


Abbildung 10: Lichtkurve von V Equ im Kalenderjahr 2020.  
(Phasendiagramm mit V-Helligkeiten, Daten: ASAS-SN)

Für jedes Quartal wurde dann durch eine genaue Inspektion der jeweiligen Lichtkurve deren Amplitude ( $\Delta m$ ) und Asymmetrie ( $M-m$ ) ermittelt. Die Entwicklung von  $\Delta m$  und  $M-m$  im Zeitverlauf zeigen die Abbildungen 11 und 12. Die Amplitude von V Equ schwankt demnach zwischen 0.4 mag und 1.3 mag, was einer durch den Blazhko-Effekt verursachten Differenz von 0.9 mag entspricht. Die Asymmetrie der Lichtkurve schwankt zwischen einem  $M-m$  von 0.11 und 0.33. Ein Vergleich der Abbildungen 11 und 12 ergibt, dass  $\Delta m$  und  $M-m$  stark miteinander korrelieren: Je größer die Amplitude, umso größer die Asymmetrie der Lichtkurve.

Ein vergleichender Blick auf das O-C-Diagramm (Abbildung 2) zeigt weiterhin, dass die beiden plötzlichen Verlängerungen der Pulsationsperiode Anfang 2007 bzw. Anfang 2016 beide unmittelbar nach einer Phase minimaler Amplitude bzw. minimaler Asymmetrie erfolgten. Das kann Zufall sein, verdient aber eine Erwähnung.

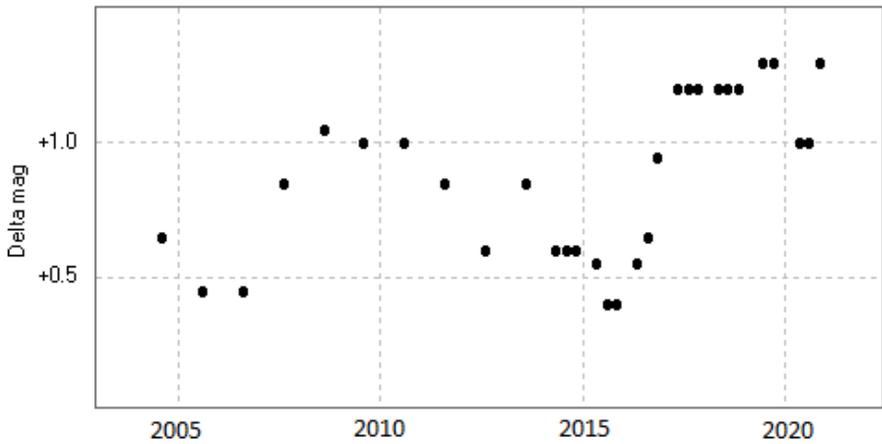


Abbildung 11: Veränderung der Amplitude von V Equ im V-Band im Zeitraum 2005 bis 2020.

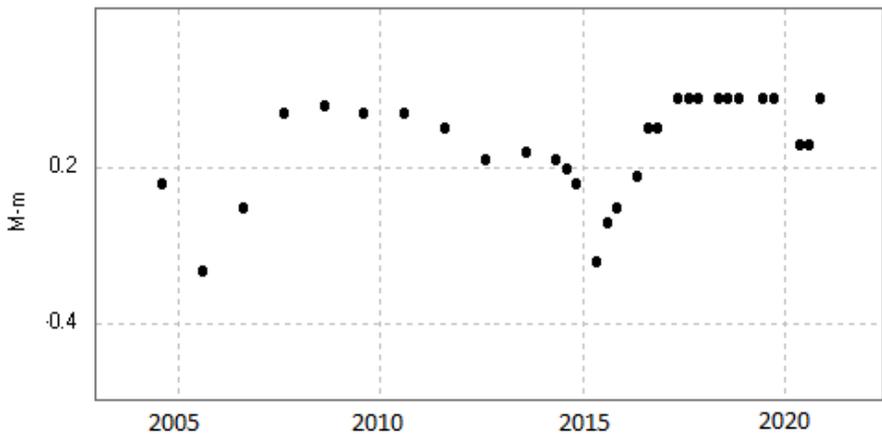


Abbildung 12: Veränderung der Asymmetrie der Lichtkurve von V Equ im V-Band im Zeitraum 2005 bis 2020, operationalisiert durch M-m, also den zeitlichen Anteil des Aufstiegs vom Helligkeitsminimum zum – maximum an der Gesamtlichtkurve.

Ein eventueller Blazhko-Effekt bei V Equ wurde erstmals von Greer et al. (2017) diagnostiziert, aufgrund einer automatisierten Analyse tausender Sterne mit SuperWASP-Daten. Der Algorithmus von Greer et al. (2017) ergab eine vermutete Blazhko-Periode von 320,5-Tagen. Dieser Befund ist ein Artefakt, bedingt durch das vergleichsweise kurze Beobachtungsfenster und die vergleichsweise schlechte Datenqualität für diesen Stern bei SuperWASP. Eine Blazhko-Periode mit 320 Tagen oder in einer ähnlichen Größenordnung existiert bei V Equ nicht, dies zeigen meine Analysen mit einem wesentlich umfangreicheren Datenmaterial ohne jeden Zweifel. Stattdessen deuten die Abbildungen 11 und 12 auf eine etwa um den Faktor 10 längere Blazhko-Periode hin. Eine Fourier-Analyse nach der Methode von Deeming (1975) ergibt für die Veränderungen der Amplitude eine Blazhko-Periode von 3411 Tagen, was 9,34 Jahren entspricht. Auch eine Fourier-Analyse der Werte für die Asymmetrie der Lichtkurve (M-m) mit der gleichen Methode führt zu einem ähnlichen Ergebnis, jedoch dürften die Amplituden als Ausgangswerte verlässlicher sein, da sie in der Regel präziser aus den Lichtkurven ablesbar sind als M-m-Werte. Alle Berechnungen und Darstellungen wurden mit der Software Peranso 2.60 durchgeführt (Pauzen & Vanmunster 2016).

Ist die Interpretation der beobachteten Erscheinungen als quasi-periodischer Blazhko-Effekt korrekt, so ist in den kommenden Jahren erneut mit einer kontinuierlichen Abnahme der Amplitude von V Equ zu rechnen (die sich in den Daten des Jahres 2020 bereits andeutet) und mit einem neuen Minimalwert der Amplitude im Jahr 2024.

Jede physikalische Erklärung des Blazhko-Effekts wird sich u.a. daran zu bewähren haben, ob sie in der Lage ist, die Untergrenze bzw. Obergrenze der beobachteten Perioden des Blazhko-Phänomens korrekt zu modellieren. Deshalb ist es möglicherweise auch von theoretischer Relevanz für ein Verständnis des Blazhko-Effekts, dass die Obergrenze für quasi-periodische Modulationen der Lichtkurven von RR Lyrae-Sternen nun mit dem Fall von V Equulei auf 9,34 Jahre vorgeschoben ist.

## Literatur

- Blazhko, S. (1907): Mitteilung über veränderliche Sterne. *Astronomische Nachrichten* 175, 325.
- Buchler, J.R., Kollath, Z. (2011): On the Blazhko Effect in RR Lyrae Stars. *Astrophysical Journal* 731, 24.
- Deeming, T.J. (1975): Fourier analysis with unequally-spaced data. *Astrophysics and Space Science* 36, 137.
- Drake, A. J. et al. (2009): First Results from the Catalina Real-time Transient Survey. *Astrophysical Journal* 696, 870.
- Greer, P.A. et al. (2017): The SuperWASP catalogue of 4963 RR Lyr stars: identification of 983 Blazhko effect candidates. *Astronomy & Astrophysics* 607, A11.

- Jurcsik, J. et al. (2006): The shortest modulation period Blazhko RR Lyrae star: SS Cnc. *Astronomical Journal* 132, 61.
- Kochanek, C.S. (2017): The All-Sky-Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) Light Curve Server 1.0. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 129, 104502.
- Kovacs, G. (2016): *Communications of the Konkoly Observatory Hungary*, 105, 61.
- Paunzen, E., Vanmunster, T. (2016): Peranso – Light Curve and Period Analysis Software. *Astronomische Nachrichten* 337, 239.
- Pojmanski, G. et al. (2005): The All Sky Automated Survey. Catalog of Variable Stars. Declinations 0o -28o of the Northern Hemisphere. *Acta Astronomica* 55, 275.
- Reinmuth, K. (1925): 23 neue Veränderliche. *Astronomische Nachrichten* 226, 193.
- Skarka, M. et al. (2016): The SERMON projekt: 48 new field Blazhko stars and an investigation of modulation-period distribution. *Astronomy & Astrophysics* 592, A144.
- Skarka, M. et al. (2020): Blazhko effect in the Galactic bulge fundamental mode RR Lyrae Stars II: Modulation shapes, amplitudes and periods. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 494, 1237.
- Smolec, R. (2016): The Blazhko Effect. *Proceedings of the Polish Astronomical Society* 3, 22.
- Tsesevich, V.P. (1976): Unpublished letter to the GCVS editors.
- Wozniak, P R. et al. (2004). Northern Sky Variability Survey (NSVS): Public data release. *Astronomical Journal* 127, 2436.

#### Kontakt:

Dr. Edgar Wunder, Felix-Wankel-Str. 7, 68535 Edingen-Neckarhausen, Germany  
E-Mail: [edgar.wunder@urz.uni-heidelberg.de](mailto:edgar.wunder@urz.uni-heidelberg.de)

## Überarbeitete Elemente des RR-Lyrae-Sterns NX Lyrae

### Revised elements of RR Lyrae star NX Lyrae

Gisela Maintz

**Abstract:** NX Lyr is a RR Lyrae star of type RRAb, known since 1958, was long time neglected. New observations were taken at my private observatory and 4 maxima were obtained. More data were found in ASAS-SN database. The O-C values were negativ. That is the reason why its elements were revised to:

$$2459114.3119 + 0.49811875 * E$$

The star has got a Blazhko effect.

### Einleitung

NX Lyr = VV 039; RA = 19 16 17.9; DE = +30° 43' 26.5" (2000) ist ein RRLyrae-Stern vom Typ RRAb. Die erste Veröffentlichung zu NX Lyr erfolgte 1958. Miller und Wachmann bestimmten eine erste Periode des Sterns aus Photoplatten. Diese Periode ist im GCVS und bei VSX angegeben. Eine weitere Periode findet sich in der ASAS-SN-Datenbank. Seit den photographischen Beobachtungen gab es, soweit mir bekannt, nur einige Maxima aus den Daten der ASAS-SN-Datenbank (J. Vandenbroere, 2019) und meine Beobachtungen (s. Tab. 1).

### Beobachtung und Photometrie

Meine Beobachtungen begannen 2018. Das erste Maximum erhielt ich 2019 und 3 weitere 2020 (s. Tab. 1). Die Aufnahmen wurden mit einem 250-mm-Meade Smith-Cassegrain-Teleskop f/10 und einer ST7-CCD-Kamera gemacht und zwar in meiner privaten Sternwarte in Bonn auf dem Dach unseres Hauses.

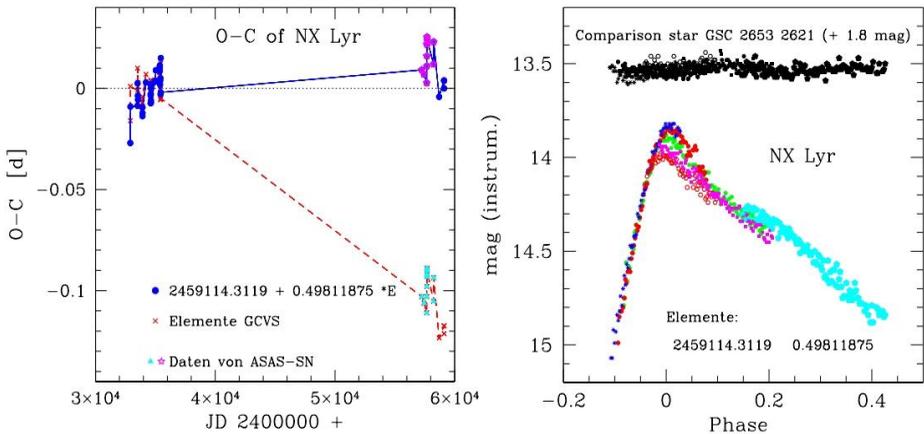


Abb. 1: Links: Die (B-R)-Werte der Maxima von NX Lyr mit den Elementen des GCVS und den neu bestimmten Werten. Die Maxima aus der ASAS-SN-Datenbank sind gekennzeichnet. Rechts: Alle meine Beobachtungen von NX Lyr.

Die Helligkeiten wurden mit dem Programm Iraf ausgelesen. Dabei wurden auf jedem Bild der Veränderliche und zwei konstante Sterne photometriert, Vergleichssterne war GSC 2653 2621, Kontrollstern GSC 2653 852. Um die Helligkeiten von NX Lyr zu bestimmen, wurden zuerst auf jedem Bild die Differenz Variabler - Vergleichssterne bestimmt und dann die Kataloghelligkeit des Vergleichssterne addiert. Diese wurde dem UCAC4-Katalog entnommen. Mit diesem Verfahren der differentiellen Photometrie wurden viele zufällige Störungen der Helligkeit ausgeschlossen, trotzdem sieht man die aufziehende Wolkenfront bei der Beobachtung am 19.9.2020 durch die Streuung der Werte (s. Abb. 2). Die angegebenen Magnituden sind instrumentelle Helligkeiten.

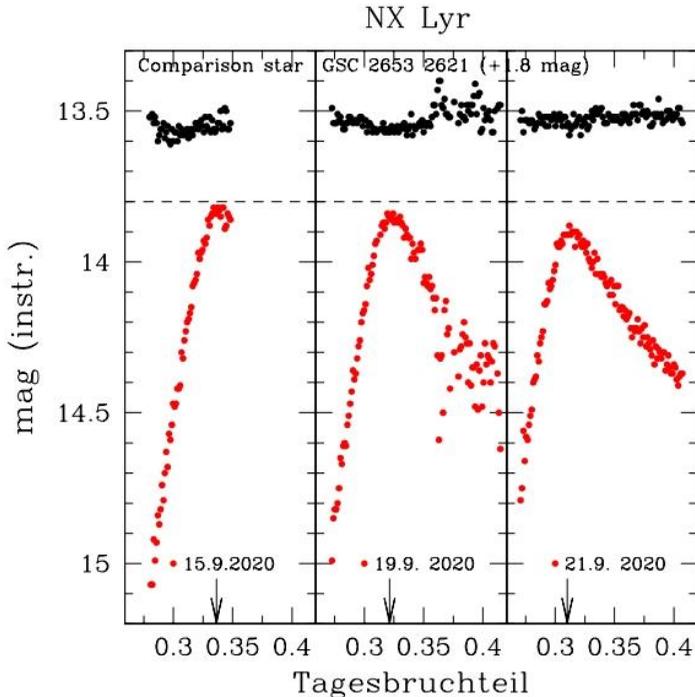


Abb. 2: Drei Lichtkurven von NX Lyr vom September 2020

### Auswertung

Bei der Auswertung der Maxima waren die (B-R)-Werte aller Zeiten negativ, so dass eine Anpassung der Periode notwendig wurde. Aus allen bekannten Maxima wurden neue Elemente bestimmt zu:

$$\text{NX Lyr, Max: } 2459114.3119 + 0.49811875 * E \pm 0.00000002 \text{ d}$$

Abbildung1 links zeigt die (B-R)-Werte von NX Lyr mit der neuen Periode und der des GCVS. Die Werte, die aus der ASAS-SN-Datenbank bestimmt wurden, sind gekennzeichnet.

Die Betrachtung der Lichtkurven von NX Lyr (s. Abb. 1) zeigte, dass der Stern einen Blazhko-Effekt aufweist. Die Periode beträgt fast genau einen halben Tag (11.95 h), so dass im September 2020 drei dicht beieinander liegende Maxima beobachtet werden konnten.

Diese sind in Abbildung 2 zu sehen. Zwischen dem ersten Maximum (von links) und dem zweiten liegen 4 Tage, d.h. 8 Epochen und zu dem dritten sind es 2 Tage bzw. 4 Epochen. Jedes Mal liegt die Maximumszeit geringfügig früher. Aber wirklich augenöffnend ist, dass sich schon in diesem kurzen Zeitraum der Blazhko-Effekt bemerkbar macht und die Maximumshelligkeit sichtbar abnimmt. Dieses Beispiel zeigt, wie interessant die Beobachtung von RR-Lyrae-Sternen ist und besonders die Beobachtung von Sternen mit Blazhko-Effekt und ihre variablen Lichtkurven.

### Ausblick

Leider konnte die Beobachtung von NX Lyr nicht abgeschlossen werden, da nach den drei Beobachtungen im September 2020 eine längere Schlechtwetterperiode folgte und die Maximumszeit des Sterns danach zu früh lag. Deswegen steht er weiter auf meinem Beobachtungsplan, wobei durch die Periode von fast 12 Stunden im nächsten Sommer seine erwarteten Maximazeiten erst ab Ende August wieder günstig sein werden.

Trotzdem möchte ich versuchen, seine vollständige Blazhko-Periode, die ganze Amplitude der Maximumshelligkeit zu beobachten und ihre Periodendauer zu bestimmen. Ich würde mich sehr freuen, wenn sich für diesen Stern Mitbeobachter fänden.

### Literatur:

W.J.Miller, A.A.Wachman, Ric Astr 6, N5, 1958

ASAS-SN, All-Sky Automated Survey for Supernovae Sky Patrol,

Shappee et al. 2014; Kochanek et al. 2017

Gisela Maintz, Römerweg 39, 53121 Bonn, rryl-bn@t-online.de

Tabelle 1: Meine Maxima von NX Lyr, die Angaben für (B-R) beziehen sich auf die neu bestimmten Perioden.

Stern	Maximum JD	Unsicherheit [d]	(B-R) [d]	Epoche	n	Beobachter
NX Lyr	2458699.3748	0.0013	-0.0042	-833	58	Maintz
NX Lyr	2459108.3384	0.0016	0.0039	-12	60	Maintz
NX Lyr	2459112.3232	0.0016	0.0038	-4	114	Maintz
NX Lyr	2459114.3119	0.0013	0.0000	0	116	Maintz

Alle Maxima sind entweder bereits veröffentlicht oder zur Veröffentlichung eingereicht.

## ExTra - Nachweis ferner Gasriesen

Nicholas Dahlke (14), Annalotta Hipp (15) und Johanna Hipp (13)  
 (phænovum Schülerforschungszentrum Lörrach-Dreiländereck e.V.)  
 (stærnweite Gersbach)

### 1 Einführung

Gibt es Leben außerhalb unseres Sonnensystems? Diese Frage haben sich Menschen schon lange gestellt, doch erst im Jahre 1995 wurde der erste Exoplanet - ein Planet, der um einen anderen Stern als die Sonne kreist - von den beiden Astrophysikern Michel Mayor und Didier Queloz entdeckt. Im Jahre 2019 erhielten sie hierfür den Physik-Nobelpreis. Seit 1995 hat sich das Forschungsfeld für Exoplaneten stark entwickelt. Jetzt, im Jahre 2021, sind bereits 4395 dieser extrasolaren Planeten bekannt [9].

Heutzutage können bereits Amateurastronomen nur mit Hilfe eines Teleskops, einer empfindlichen Kamera und eines PC's Exoplaneten nachweisen und Informationen über sie ermitteln - das ist auch das Ziel dieser Arbeit.

Für den Nachweis solcher Himmelskörper gibt es mehrere Methoden. Die erfolgreichste Technik, die auch hier benutzt werden soll, ist die Transitmethode. Im Gegensatz zur ebenfalls häufig angewendeten Radialgeschwindigkeitsmethode lässt sich mit der Transitmethode die Geometrie eines Exoplanetensystems ermitteln. Das Ziel dieser Arbeit ist es, mit diesem Transitverfahren einige bekannte Exoplaneten nachzuweisen. Dabei sollen die Radien der Planeten, die jeweiligen großen Halbachsen und die Neigungswinkel der Bahnen, die Inklinationen, ermittelt werden. Mit etwas Glück, können durch dieses „Nachmessen“ auch sogenannte Transitvariation detektiert werden. Diese Änderungen wären ein Hinweis auf zusätzliche Himmelskörper in den jeweiligen Systemen.

Im Folgenden soll zunächst genauer auf die Messung der Helligkeit, die Transitmethode und die Geometrie der sogenannten Lichtkurven eingegangen werden. Um dieses photometrische Verfahren verständlich zu machen, ist ein Exoplaneten-Modell gebaut worden. Mit Hilfe eines Raytracing-Verfahrens konnten einige Transit-Simulationen durchgeführt werden.

Nachdem näher auf die astronomische Ausstattung der Stærnweite Gersbach und die dort durchgeführten Aufnahmen eingegangen wurde, soll anhand des Exoplaneten Qatar 4b beispielhaft die Erstellung einer Lichtkurve erläutert werden. Schließlich kommen wir auf die Auswertung unserer Messungen und Berechnungen der Planetenradien, ihrer großen Halbachsen und der Inklinationen zu sprechen. Die sowohl per Hand, als auch mit Hilfe einer aufwändigeren Analyse ermittelten Ergebnisse, werden wir diskutieren. Den Schluss bilden ein kurzes Fazit und ein Ausblick auf mögliche weitere Schritte.



Abb. 1: Stærnweite Gersbach [18]

## 2 Transitmethode

Abends haben Sie doch bestimmt schon einmal eine Fliege vor einer Straßenlaterne vorbeifliegen sehen, oder? Dabei verdunkelt die Fliege ein wenig das ankommende Licht der Beleuchtung. Auf dieser Tatsache beruht auch die Transitmethode.

Bewegt sich ein Planet - die Fliege - von uns aus gesehen vor seinem Stern - der Straßenlampe -, findet ein sogenannter Transit statt. Diese Transits kann man auch innerhalb unseres Sonnensystems bei den Planeten Merkur und Venus beobachten. Beide Planeten befinden sich dabei während ihres Transits jeweils zwischen Erde und Sonne. Abbildung 2

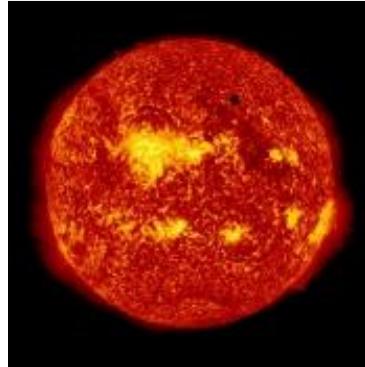


Abb. 2: Venustransit, gemeinfrei [2]

zeigt den letzten von der Erde aus zu beobachtenden Venustransit im Jahre 2012. Bei Exoplaneten und ihren Sternen finden ebenfalls Transits statt. Auch hier muss der Planet genau zwischen Erde und seinem Mutterstern kreisen, damit auf der Erde der Transit beobachtet werden kann. Während des Transits verdeckt der Planet den Stern teilweise.

Startet man die Beobachtung eines Exoplaneten-Stern-Systems bereits kurz vor Beginn der Planetendurchquerung, so kann man mit einer Kamera die Veränderung der scheinbaren Helligkeit dieses Sterns messen. Die dabei auftretenden kleinen Änderungen der Lichtmenge werden dann in einer sogenannten Lichtkurve (s. Abbildung 5) dargestellt. In diesem Diagramm wird auf der horizontalen Achse die Zeit und auf der vertikalen Achse die gemessene Helligkeit aufgetragen. Der auftretende Helligkeitsabfall deutet auf das Vorhandensein des Planeten hin.

Um das Prinzip eines Exoplanetentransits zu veranschaulichen, haben wir das in Abbildung 3 gezeigte Modell gebaut. Dazu haben wir in einem ca. 80 cm großen Holzquader eine batteriebetriebene Kugellampe [5] (Radius 12,5 cm) montiert. Diese stellt den leuchtenden Mutterstern dar. Für den Exoplaneten haben wir eine Styroporkugel [4] (Radius 2,3 cm) verwendet. Dieser Planet kann nun mit Hilfe eines Motors [6] um die Lampe gedreht werden. Dabei lässt sich auch die Bahnneigung (Inklination) und die große Halbachse des Planeten variieren.

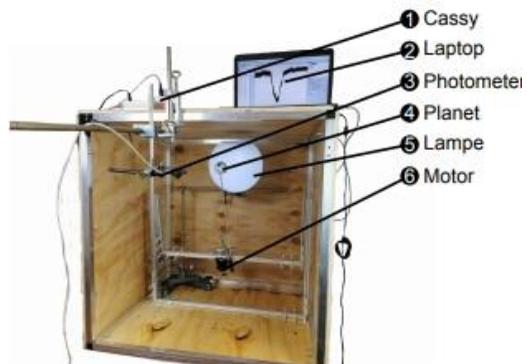


Abb. 3: Exoplanetenmodell

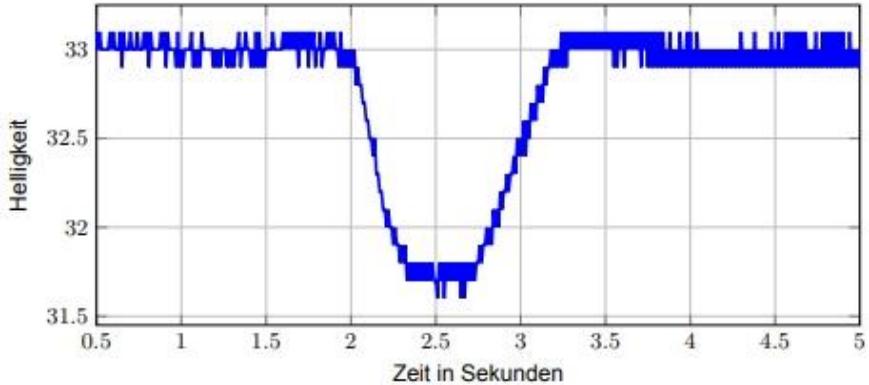


Abb. 4: Photometermessung

Die Lichtkurve (s. Abbildung 4) haben wir durch ein vor der Box montiertes Photometer [3], welches an das Messwerterfassungssystem Cassy [1] angeschlossen war, aufgenommen. Um Streulicht aus der Umgebung zu reduzieren, fanden die Messungen in einem völlig abgedunkelten Raum statt.

### 3 Analyse der Lichtkurve

#### 3.1 Parameter der Lichtkurve

Abbildung 5 zeigt schematisch die charakteristische Form einer Exoplaneten-Lichtkurve.

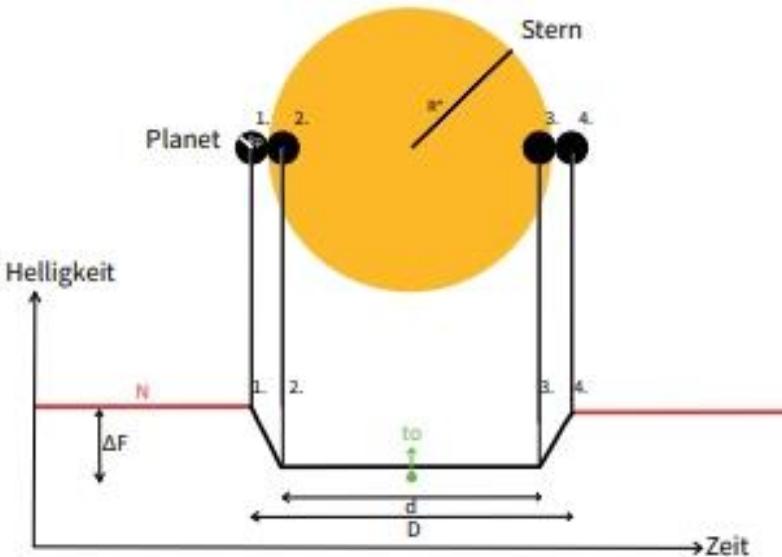


Abb. 5: Vereinfachte Darstellung eines Exoplanetentransits und die dadurch erzeugte Lichtkurve mit ihren abzuleitenden Parametern [ 15], [21], [20]

Aus dieser Lichtkurve können einige Parameter direkt abgeleitet werden:

- die **Normalhelligkeit  $N$**
- die **Transitdauer  $D$** : die Zeit, die der Planet für den Transit braucht. Sie gilt ab dem ersten (1) und bis zum letzten Kontakt (4) des Sterns.
- die **Dauer der Totalität  $d$** : gibt ebenfalls die Dauer des Transits an; hier wird jedoch erst ab dem kompletten Eintritt (2) und bis vor Austritt (3) des Transits gemessen.
- die **Transitmitte  $t_0$**
- die **Transittiefe  $\Delta F$** : die Differenz zwischen der Normalhelligkeit des Sterns und der Helligkeit des Sterns während der Transitmitte.

Auch bei eigenen Messungen können die oben genannten Parameter aus der Lichtkurve abgeleitet werden. Diese werden benötigt, um Planetenradius  $R_p$ , große Halbachse  $a$  und Inklination  $i$  der Exoplaneten zu berechnen. Für die Auswertung werden einige zusätzliche Werte benötigt, die wir nicht selbst ermittelt haben. Diese wurden Datenbanken entnommen [9]. Abbildung 6 zeigt, welche Werte spektroskopischen Messungen anderer Beobachter entnommen wurden (hellgrau) und welche Parameter wir selbst ermittelt haben (grau). Die schwarzen Kästen zeigen die Faktoren, die aus einem Zusammenspiel der Werte berechnet werden können. Welche Informationen für den jeweiligen Wert benötigt werden, veranschaulichen die Verbindungslinien.

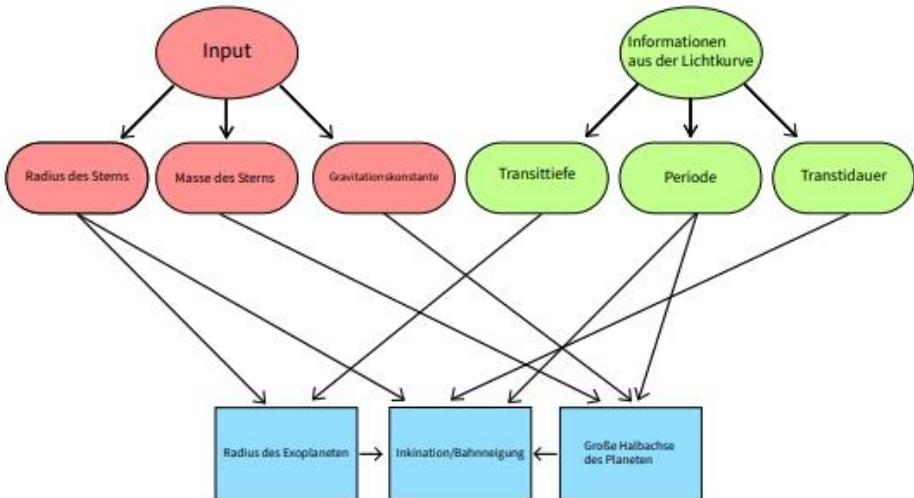


Abb. 6: Rot: Informationen der Datenbanken [9]; grün: mit eigenen Messungen ermittelte Parameter; blau: Faktoren, die mit diesen Werten berechnet werden können; Verbindungslinien zeigen, welche Informationen nötig sind

Im folgenden Kapitel wird die Berechnung des Planetenradius, der großen Halbachse und der Inklination mit Hilfe von Abbildung 6 genauer erläutert.

### 3.2 Berechnung des Planetenradius $R_p$

Unter der Annahme, dass der Stern über seine Oberfläche eine gleichmäßige Helligkeit hat, entspricht die Transittiefe  $\Delta F$  dem Flächenverhältnis des Planeten und Sterns. Daher gilt:

$$\Delta F = \frac{A_p}{A_*} = \frac{R_p^2}{R_*^2} \quad (1)$$

Hierbei ist  $A_p$  die Fläche des Planeten,  $A_*$  die Fläche des Sterns,  $R_p$  der Radius des Planeten und  $R_*$  der Radius des Sterns. Vergrößert sich der Planetenradius, wird die Transittiefe größer. Vergrößert sich der Radius des Sterns, wird sie kleiner. Mit welcher Transittiefe sich nun rechnen lässt, verrät ein Blick in unser Sonnensystem [23].

Planet	Radius / km	Transittiefe / %
Merkur	2.439	0,0012
Venus	6.052	0,0076
Erde	6.378	0,0084
Mars	3.386	0,0024
Jupiter	69.170	1,01
Saturn	57.310	0,75
Uranus	25.270	0,135
Neptun	24.550	0,127

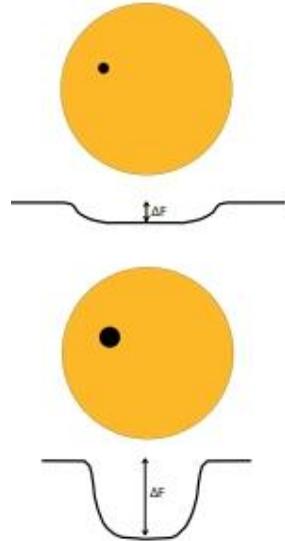


Abb. 7: Transittiefen bei unterschiedlichen Planetenradien

Tab. 1: Transittiefen der Planeten unseres Sonnensystems bei einem Radius der Sonne von 696.340 km

Die Transittiefen sind hierbei exemplarisch für einen fiktiven Beobachter außerhalb unseres Sonnensystems dargestellt. Die Werte der Tabelle zeigen, dass die Planeten unseres Sonnensystems nur einen sehr geringen Helligkeitsabfall verursachen. Die folglich hohe Anforderung an die Messtechnik ist unter anderem auch ein Grund dafür, dass erst so spät Exoplaneten durch die Transitmethode entdeckt werden konnten. Würden um einen gleichgroßen Stern nun zwei unterschiedlich große Exoplaneten kreisen, würde der größere Planet einen höheren Helligkeitsabfall verursachen (s. Abbildung 7). Durch umformen ergibt sich aus Formel 1 der Planetenradius:

$$R_p = R_* \sqrt{\Delta F} \quad (2)$$

Wie Abbildung 6 zeigt, ist der Wert der Transittiefe  $\Delta F$  durch eigene Messungen bekannt, während der Radius des Muttersterns der Literatur entnommen wird.

### 3.3 Bestimmung der großen Halbachse a

Zur Berechnung der großen Halbachse a - der größten Entfernung zwischen Stern und Planet - wird das dritte Keplersche Gesetz verwendet:

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G(M_* + M_P)}{4\pi^2} \quad (3)$$

Dies ist eine Näherung mit kreisförmiger Umlaufbahn, wobei a die große Halbachse, P die Umlaufzeit des Planeten um den Stern, G die Gravitationskonstante,  $M_*$  die Masse des Sterns und  $M_P$  die Masse des Planeten ist. Da die Masse des Planeten in Relation zur Masse des Sterns sehr gering ist, kann die Masse des Planeten  $M_P$  vernachlässigt werden. Aufgelöst nach a erhält man:

$$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_* \cdot P^2}{4\pi^2}} \quad (4)$$

Die Masse des Sterns  $M_*$  lässt sich durch die Methode der Spektralanalyse bestimmen. Wir entnehmen ihn daher der Literatur. Die Umlaufzeit P ergibt sich aus Messungen, sofern die Transits des Exoplaneten mehrmals gemessen werden konnten. Meist wird die große Halbachse in Vielfachen der Astronomischen Einheit (AE) angegeben. Hierbei entspricht eine AE dem Abstand zwischen Sonne und Erde, also 149.597.890 km.

Für einen von der Erde aus beobachteten Exoplaneten gilt: je größer die große Halbachse a, desto kürzer die Transitdauer D. Der Grund liegt darin, dass der Planet aus Sicht des Betrachters mehr seiner Umlaufzeit vor dem Stern verbringt, wenn die große Halbachse klein ist.

### 3.4 Berechnung der Inklination i

Die Inklination ist die Bahnneigung eines Exoplaneten relativ zum Beobachter. In Abbildung 9 ist der entsprechende Inklinationswinkel i blau gezeichnet. Eine Inklination von  $i = 90^\circ$  bedeutet, dass der Exoplanet direkt in der Mitte des Sterns vorbeizieht. Vergrößert oder verkleinert sich die Inklination, sieht es so aus, als würde der Planet weiter oben oder unten den Stern passieren. Da in diesem Fall der Transit viel kürzer dauert, hat die Bahnneigung einen direkten Einfluss auf die Transittlänge, aber auch auf die Transittiefe (s. Abbildung 8).

Es gibt bei Exoplaneten jedoch auch den Fall, dass die Bahnebene stark von  $90^\circ$  abweicht, oder nicht in Blickrichtung des Beobachters liegt. Dann verdeckt der Planet von uns aus gesehen seinen Mutterstern nicht und es können folglich auch keine Transits beobachtet werden.

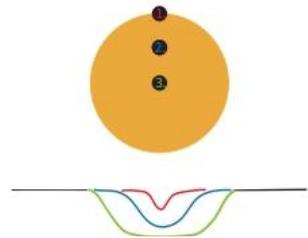


Abb. 8: Darstellung verschiedener Inklinationen

- 1: Inklination von  $70^\circ$
- 2: Inklination von  $80^\circ$
- 3: Inklination von  $90^\circ$

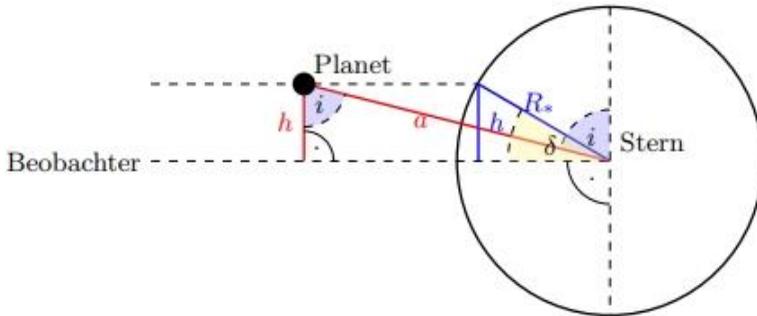


Abb. 9: Geometrie des Exoplaneten-Stern-Systems; von der Seite betrachtet

Im Folgenden soll die Inklination  $i$  und ihr Zusammenhang mit dem Breitengrad  $\delta$  bestimmt werden.

Der Breitengrad wurde in Abbildung 9 als Winkel  $\delta$  eingezeichnet. In Abbildung 9 sind große Halbachse  $a$  und Sternradius  $R_*$  bekannt. Wie in der Abbildung zu sehen ist, gilt:

$$\cos i = \frac{h}{a} \quad (5)$$

Hierbei ist jedoch die Strecke  $h$  unbekannt. Da im dunkelgrauen Dreieck ein rechter Winkel vorhanden ist und der Sternradius  $R_*$  bekannt ist, ergibt sich:

$$\sin \delta = \frac{h}{R_*} \quad (6)$$

Dies kann umgeformt werden:

$$h = R_* \cdot \sin \delta \quad (7)$$

Daher erhält man:

$$\cos i = \frac{R_* \cdot \sin \delta}{a} \quad (8)$$

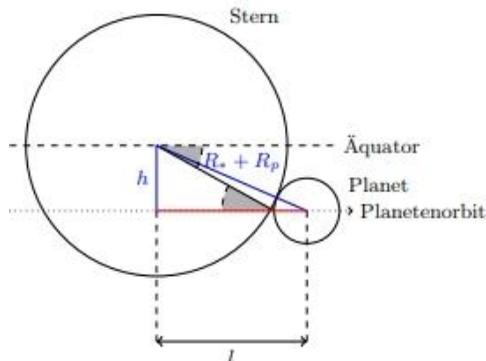


Abb. 10: Geometrie des Systems aus Blickrichtung des Beobachters

Um nun die Inklination  $i$  zu berechnen, fehlt jedoch immer noch der Wert für den Breitengrad  $\delta$ . Von Abbildung 10 ausgehend, kann die Länge  $l$  berechnet werden:

$$l = R_* \cdot \cos \delta + R_p \quad (9)$$

Die Länge  $l$  gibt die Hälfte des vom Exoplaneten überstrichenen Teil des Sterns an. Je größer  $l$ , desto größer die Transitdauer  $D$ .

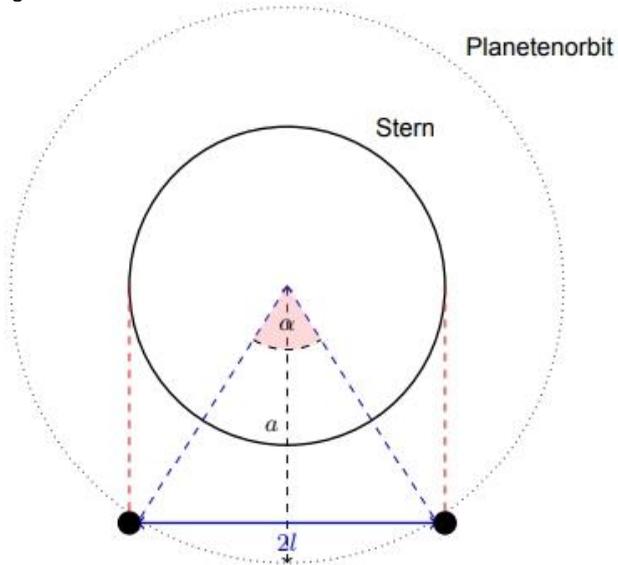


Abb. 11: Geometrie des Systems; Blick aus Vogelperspektive

Um  $l$  zu bestimmen, wird  $\alpha$  (der vom Exoplaneten überstrichene Winkel) im Bogenmaß benötigt. Für diesen gilt:

$$\alpha = \frac{2l}{a} \quad (10)$$

Da eine vollständige Umrundung im Bogenmaß  $2\pi$  entspricht und der Planet für diese Umrundung eine Zeit von  $P$  braucht, gilt folgender Zusammenhang mit der Dauer des Transits  $D$ :

$$D = \frac{P}{2\pi} \cdot \frac{2l}{a} = \frac{Pl}{\pi a} \quad (11)$$

Da  $P$ ,  $a$  und  $D$  bekannt sind, wird die Gleichung nach  $l$  aufgelöst:

$$l = \frac{D\pi a}{P} \quad (12)$$

Wird nun Gleichung 9 betrachtet, sieht man, dass  $\delta$  berechnet werden kann:

$$\delta = \arccos \frac{\frac{D \cdot \pi \cdot a}{P} - R_p}{R_*} \quad (13)$$

Nun sind alle Parameter für Gleichung  $\delta$  bekannt und die Inklination lässt sich berechnen. Als Grundlage dieser Herleitungen wurden die Artikel [4] und [15] verwendet.

### 3.5 Randverdunklung

Bisher sind wir davon ausgegangen, dass der Stern, um den sich der Exoplanet dreht, auf seiner Oberfläche eine gleichmäßige Helligkeit aufweist. Dies ist aber aufgrund eines Phänomens namens Randverdunklung nicht der Fall. Bei dieser Sterneigenschaft - welche auch bei der Sonne zu beobachten ist - nimmt die Helligkeit eines Sterns zum Rand hin ab. Sie tritt auf, da die Temperatur des Sterns mit der Tiefe zunimmt. In der Mitte der Sternscheibe sieht ein Beobachter die tiefsten und wärmsten Schichten, die das meiste Licht emittieren. Am Rand sind nur die oberen, kühleren Schichten zu beobachten, die weniger Licht abgeben. Die Randverdunklung sorgt dafür, dass die Lichtkurven flachere Flanken bekommen (s. Abbildung 12).

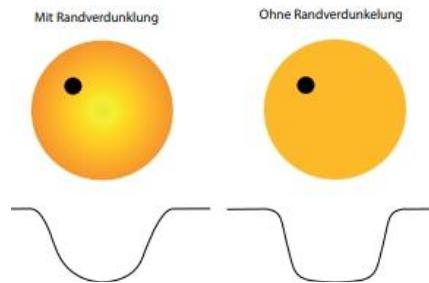


Abb. 12: Einfluss der Randverdunklung auf die Lichtkurve

Je stärker die Randverdunklung, desto V-förmiger werden die Lichtkurven, je geringer die Randverdunklung, desto U-förmiger werden sie. In Anbetracht dieser Tatsache, stimmen unsere vorherigen Überlegungen zur Berechnung der Transittiefe und des Planetenradius nicht exakt. Trotzdem sind die zuvor erläuterten Formeln eine gute Näherung. Je nachdem, wie sich nun die Randverdunklung, das Größenverhältnis des Planeten und Sterns, die große Halbachse und die Inklination ändern, entstehen unterschiedlich spitze, lange und tiefe Lichtkurven. Dies wurde auch durch Experimente mit dem im Verlauf dieser Arbeit gebauten Modell, als auch durch die POV-Ray-Simulationen bestätigt.

## 4. Simulation von Transits

Transits lassen sich nicht nur durch Teleskope messen, sondern auch am Computer simulieren. Hierfür haben wir einen sogenannten RayTracer (POV-Ray [14]) verwendet. Das Raytracing verfolgt hierbei den Weg von Lichtstrahlen in einer dreidimensional definierten, virtuellen Szene. So können realistisch wirkende Beleuchtungseffekte mit Schattenwurf, Spiegelungen etc. im Computer erzeugt werden.

In Abbildung 13 ist ein von uns mit POV-Ray simulierter Transit zu sehen. Abbildung 14 zeigt einen Ausschnitt des dazugehörigen POV-Ray Skriptes. In diesem Skript werden Planet und Stern durch Kugeln definiert. Die Rotation des Planeten um den Stern wird mit mehreren Einzelbildern realisiert. Dazu wird der Planet jeweils ein kleines Stück weitergedreht und das entsprechende Bild abgespeichert. Die Helligkeit der Einzelbilder ergibt sich aus der Gesamtsumme aller Pixel. Da jeder der ca.  $10^5$  Pixel einen Helligkeitswert von 0-255 haben kann, kommen hohe Gesamthelligkeitswerte von ca. 107 in den simulierten Lichtkurven zustande.

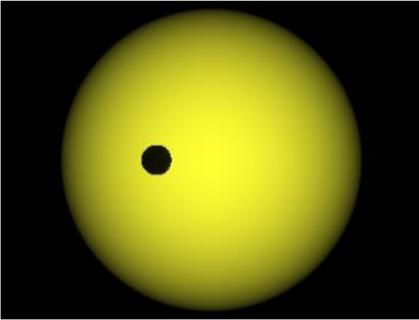


Abb. 13: POV-Ray Simulation

```

union {
  sphere{<0,0,0>, 5
  hollow
  pigment{rgb 1}
  interior{media{emission <1.0,1.0,0.2>*0.1
  intervals 3
  samples 1,1 }}
  }
  sphere { 0, 0.5
  pigment {color rgb<0,0,0>}
  translate 12*z
  rotate 360*1.5*clock*y
  }
  rotate 0*z
  }
camera {location <8000,0,0>
look_at <0,0,0>
angle 0.1
}

```

Abb. 14: POV-Ray Script-file

In der POV-Ray-Simulation können nun folgende Parameter variiert werden: Planetenradius  $R_p$ , Sternradius  $R^*$ , große Halbachse  $a$  und Inklination  $i$ . Der Simulationscode kann unter Github [10] heruntergeladen werden. Im Folgenden zeigen wir Ergebnisse unterschiedlicher Simulationen mit verschiedenen Planetenradien, großen Halbachsen und Inklinationen. Die entstehenden Lichtkurven werden in Diagrammen angegeben, bei denen die x-Achse die jeweilige Bildnummer (repräsentiert die Zeit) und die y-Achse die Gesamthelligkeit angibt. Bei den Simulationen wurde immer nur ein Parameter verändert, während die anderen Werte konstant blieben.

Ein Parameter, der die Lichtkurve wesentlich beeinflusst, ist das Verhältnis  $R_p/R^*$ . In Abbildung 15 kann man erkennen, dass der Helligkeitsabfall bei konstantem Sternradius umso größer wird, je größer der Planetenradius ist. Dies lässt sich dadurch erklären, dass bei einem größeren Planetenradius, ein größerer Teil des Sterns bedeckt wird. Die Transiddauer hingegen wird nicht beeinflusst. Mit der Simulation lässt sich auch die Länge der großen Halbachse  $a$  variieren. Abbildung 16 zeigt das Ergebnis dieser Simulationen. Man erkennt, dass mit zunehmender Halbachse die Transiddauer sinkt, die Transittiefe sich jedoch nicht ändert. Auch unterschiedliche Inklinationen lassen sich mit POV-Ray simulieren. Abbildung 17 zeigt, dass sich in diesem Fall sowohl die Transiddauer als auch die Transittiefe ändern. Je kleiner die Inklination, desto kürzer ist die Transiddauer und umso geringer ist der Helligkeitsabfall.

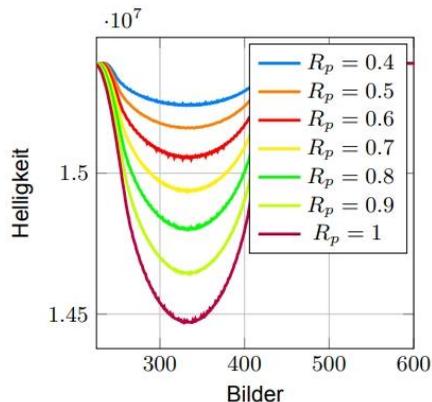


Abb. 15: Simulation verschiedener Planetenradien

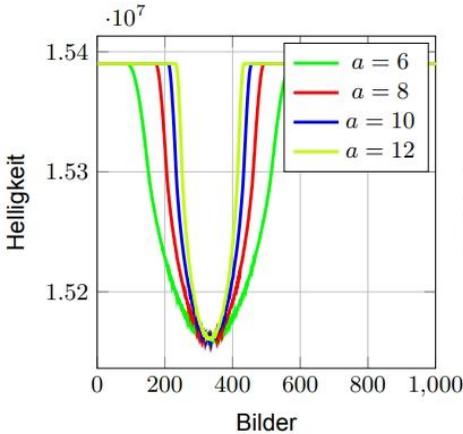


Abb. 16: Simulation verschiedener Halbachsen

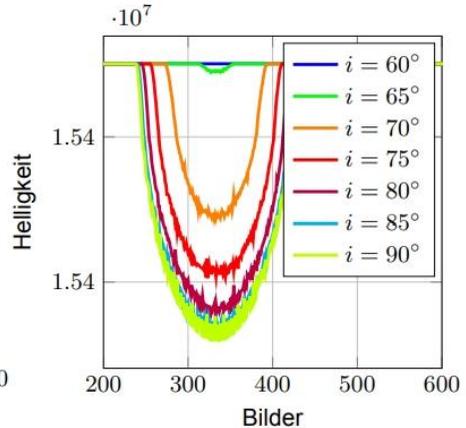


Abb. 17: Simulation verschiedener Inklinationen

## 5. Transitmessung

### 5.1 Ausstattung der Sternwarte

Um die Helligkeitsschwankungen der Exoplaneten-Sterne zu messen, haben wir die phänovum-Sternwarte Gersbach [18] genutzt. Das für die Beobachtungen verwendete Teleskop ist ein Planewave CDK 17" Spiegelteleskop (s. Abbildung 18). Es besitzt einen Spiegel mit einem Durchmesser von 43 cm und hat eine Brennweite von 2939 mm. Mit diesem Teleskop lassen sich gut lichtschwache Objekte wie Nebel, Galaxien, aber eben auch ferne Sterne mit Exoplaneten beobachten. Es ist auf einer parallaktischen



Abb. 18: das Teleskop

Montierung des Typs 10Micron GM 3000 HPS montiert. Diese Montierung hat den Vorteil, dass sie die scheinbare Drehung des Himmels ausgleicht und daher eine präzise Nachführung des Sterns ermöglicht. Die für die Aufnahmen genutzte Kamera ist eine ZWO AS/ 1600 MM Pro. Es ist eine Schwarzweiß-CMOS-Kamera, da die Farben für unsere Anwendungen der Photometrie nicht wichtig sind. Die Kamera besitzt einen 12 Bit ADC (Analog to Digital Converter) und hat eine Auflösung von 4656 x 3520 Pixeln. Sie wird über die Software ASI AIR gesteuert.

### 5.2 Vorbereitung der Datenaufnahme

Zur Auswahl eines Exoplaneten und einer passenden Beobachtungsnacht benutzen wir die Webseiten Exoplanet Transit Database (kurz: ETD) [8] und Transit Finder [19]. Nach Eingabe der geografischen Koordinaten der Sternwarte Gersbach und eines Beobachtungszeitraums erhält man hier eine Liste von Exoplaneten-Kandidaten. Bei der Auswahl einer geeigneten Nacht sollte man darauf achten, dass diese rund um

Neumond liegt, und die Wettervorhersage einen klaren Himmel prognostiziert. Bei der Wahl des Exoplaneten sollte man berücksichtigen, dass der Mutterstern maximal eine scheinbare Helligkeit von 17 mag besitzt, da Sterne geringerer Helligkeiten mit dem CDK-Teleskop nicht beobachtet werden können. Zudem ist eine gewisse Mindesttransittiefe erforderlich, damit der Helligkeitsabfall überhaupt gemessen werden kann.

Ein weiteres Kriterium ist die sogenannte Airmass (Luftmasse). Diese gibt an, wie viel Atmosphäre das Licht durchquert, bevor es am Teleskop ankommt. Sie sollte möglichst gering und konstant über die Messung sein. Je höher der Stern am Himmel steht, desto geringer ist die zu durchquerende Airmass während des Transits.

Nachdem man sich für einen Exoplaneten entschieden hat, ist es hilfreich, von der ETD-Seite die Aufsuchskarte des Muttersterns auszudrucken. Diese Sternkarte hilft, den Mutterstern mit seinem Exoplaneten auf den Kameraaufnahmen zu identifizieren.

### 5.3 Aufnahmen

Wir haben insgesamt zehn Messungen von Exoplaneten durchgeführt. Die untersuchten Exoplaneten heißen: HAT-P-51, HAT-P-37, HAT-P-53, HD189733b, HAT-P-19b, Wasp-33b, Qatar-4b und HAT-P-32b. Zu den extrasolaren Planeten Wasp-33b und Qatar-4b haben wir jeweils zwei Messungen durchgeführt. Unsere erfolgreichsten Messungen, die Lichtkurven von HAT-P-32b und Qatar 4b, haben wir zudem auf der ETD-Seite veröffentlicht [5]. Die Rohdaten dieser Aufnahmen können unter [16] heruntergeladen werden. Im Folgenden soll die Vorgehensweise bei der Datenaufnahme am Beispiel des Exoplaneten Qatar 4b etwas näher erläutert werden. Zu Beginn starten wir das Teleskop. Das Teleskop und die Kamera sollten frühzeitig heruntergekühlt und die Zeiten des Computers, der Kamera und des Teleskops synchronisiert werden. Daraufhin wird das Programm Stellarium [17] geöffnet, mit dem das Teleskop gesteuert wird. Zunächst lassen wir das Teleskop einen hellen Stern anfahren. Somit kann überprüft werden, wie gut die Fokussierung des Teleskops ist. Nachdem die Einstellungen optimiert sind, wird das Teleskop auf den Stern des Exoplaneten geschwenkt. Da wir die scheinbare Helligkeit des Sterns, den Beginn und die Dauer des Transits kennen, kann die Belichtungsdauer, sowie die Anzahl der notwendigen Bilder vorab berechnet werden.

Bevor die Aufnahmen gestartet werden, müssen wir die Belichtung überprüfen. Mit dem Programm fitwork beziehungsweise AstroArt, wird kontrolliert, ob maximal 70 Prozent der Kamerasättigung (also ca. 50.000 ADUs im Falle der ZWO AS/ 1600 MM Pro) vorhanden sind.

Grund hierfür ist, dass weder das Signal-Rausch-Verhältnis schlecht sein darf, noch es zu einer Überbelichtung der Aufnahmen kommen sollte. Nach diesen Schritten wird ungefähr eine halbe Stunde vor Transitbeginn mit den Aufnahmen begonnen, damit die Lichtkurve auch die Normalhelligkeit des Sterns zeigt. Nach Ablauf des Transits und einer zusätzlichen halben Stunde, beenden wir die Aufnahmen. Da die Originalbilder (die sogenannten Lightframes oder Rohdaten) nicht ohne Fehler sind, ist es wichtig, so genannte Dark- und Flatframes zu machen.



Abb. 19: Rohdatenbild von Qatar 4

Diese korrigieren Rauschen, Vignettierungen oder auch Verschmutzungen auf der Kamera beziehungsweise auf dem Spiegel des Teleskops. Die Bilder (bei jedem Exoplaneten waren es ca. 150-250 Aufnahmen) sind dann bereit zur Auswertung.

## 6. Erstellung einer Lichtkurve

Um aus den Rohdaten eine normierte Lichtkurve zu erhalten, benutzen wir das Computerprogramm AstroimageJ [1]. Mit diesem werden die Helligkeiten des Zielsterns (hier Qatar 4) relativ zu anderen Sternen berechnet. Hierfür werden zuerst die aufgenommenen Dark- und Flatframes per Median oder Durchschnitt zu einem Masterdark und einem Masterflat gemittelt. Die entstehenden Masterframes werden dann von den Lightframes abgezogen. Somit werden Störungen während der Aufnahmen minimiert.

Danach wird jedes Bild in absoluten Himmelskoordinaten, also in Rektaszension und Deklination registriert und somit gleich ausgerichtet. Der Grund hierfür ist, dass die Bilder sich während der Aufnahmen ein wenig verschieben. Nun wird die scheinbare Helligkeit des Zielsterns (Stern und Exoplanet) gemessen. Dafür benutzen wir eine Technik namens Aperturphotometrie, die darauf beruht, dass drei Kreisblenden um den Stern gelegt werden (s. Abbildung 20). Dabei wird aus dem innersten Ring die Summe der Pixel genommen und ein Hintergrundsignal aus der Summe der Pixel zwischen dem zweiten und dritten Ring abgezogen. Es ist wichtig darauf zu achten, dass keine anderen Sterne in den Kreisblenden zu sehen sind und dass der innerste Ring alle Pixel des Sterns enthält. Um die Größe der Blende zu ermitteln, kann der Parameter Full-Width-at-Half-Maximum (kurz: FWHM) benutzt werden. Hierbei misst man den Abstand zweier Punkte auf der Hälfte ihres Maximal Helligkeitswertes. Nachdem die optimale Ringgröße ermittelt wurde, werden die Kreisblenden um den Zielstern und ähnlich helle, sogenannte Vergleichsterne (auch Referenzsterne) gelegt. Vergleichssterne sind Sterne in der Nähe des Zielsterns, bei denen die gleichen, auf der Atmosphäre beruhenden Helligkeitsschwankungen (zum Beispiel vorbeiziehende Wolken) stattfinden. Durch das Berücksichtigen der Referenzsterne werden diese Störungen ausgeglichen. Alle Informationen werden in einem Textdokument gespeichert und können nun entweder direkt mit AstroimageJ oder einem anderen Programm weiterverarbeitet werden.

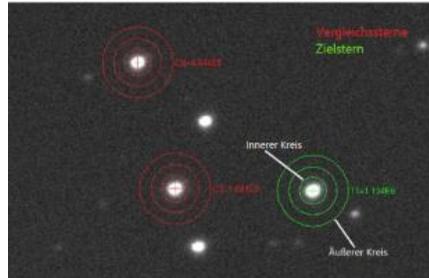


Abb. 20: Anwendung der Aperturphotometrie auf zwei der Vergleichssterne und einen Zielstern

### 6.1 Die Lichtkurve

Abbildung 21 zeigt die Lichtkurve von Qatar 4b, die wir mit Hilfe von AstroimageJ erstellt haben. Die Aufnahmen stammen vom 27.11.2020. Die x-Achse zeigt die Zeit und die y-Achse die gemessene Helligkeit. Diese wird hier im sogenannten relativen Strahlungsfluss angezeigt. Jeder Datenpunkt in dieser Abbildung entspricht einer gemessenen Helligkeit des Zielsterns beziehungsweise der Referenzsterne.

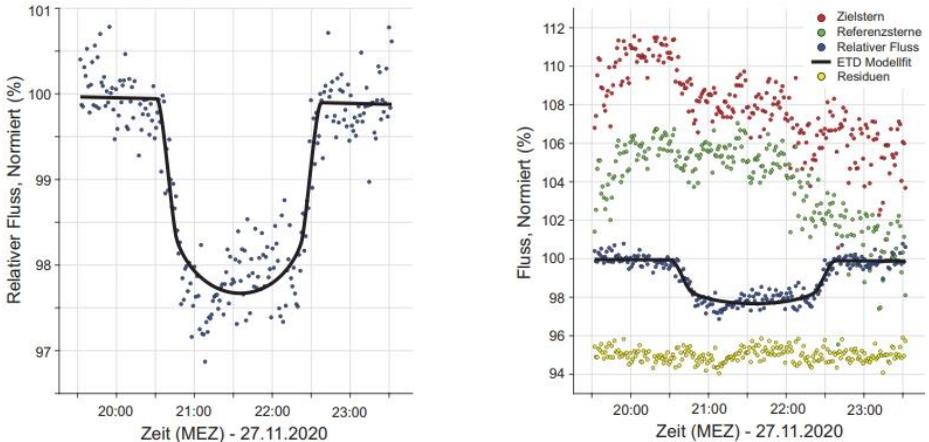


Abb. 21: Lichtkurve von Qatar 4b erstellt mit AstroimageJ und gefittet mit dem physikalischen Modell der ETD; Links: vergrößerte Darstellung der Lichtkurve; Rechts: 1. Punkte: Zielstern, 2. Punkte: Referenzsterne, 3. Punkte: korrigierte Werte des Zielsterns, 4. Punkte: Abweichungen des Fits

Das linke Diagramm zeigt die normierte Lichtkurve von Qatar 4b. Es ist zunächst eine deutliche Helligkeitsabnahme und nach einer gewissen Zeitdauer wieder eine Zunahme zu erkennen: der Transit. Zusätzlich ist in schwarz der Fit eines physikalischen ETD- Modells eingezeichnet.

Wie diese Lichtkurve entsteht, verdeutlicht das rechte Diagramm. Hierbei sind die ersten Punkte die Helligkeiten des Zielsterns und Exoplanet zu verschiedenen Zeitpunkten. Hier ist nicht direkt eine Kurve zu sehen. Vielmehr nimmt die Helligkeit mit fast jedem Datenpunkt ab. Dies liegt daran, dass der Stern bei den Aufnahmen fast im Zenit gestartet ist und mit der Zeit in Richtung Horizont wanderte. Folglich wurde die zu durchquerende Atmosphäre höher und das zu uns gelangende Licht sank. Dadurch verringert sich auch die Helligkeit.

Ein ähnliches Muster weisen die zweiten Datenpunkte auf, die zu den gewählten Referenzsternen gehören. Sie zeigen den Durchschnitt der Helligkeiten aller Vergleichssterne. Durch Bildung des Quotienten der ersten und zweiten Datenpunkte, entfernt man die Störungen in der Erdatmosphäre und erhält die Werte der dritten Punkte. Diese stellen - wie auch die Datenpunkte der linken Abbildung - die Lichtkurve von Qatar 4b dar. Durch diesen deutlich sichtbaren Transit wurde auch ein Fit gelegt. Die übriggebliebenen Abweichungen des Fits werden von den vierten Punkten dargestellt.

Wir haben nun zwar eine gute Lichtkurve eines Transits von Qatar 4b erstellt, es wäre jedoch besser, den Stern noch über mehrere Wochen zu beobachten. Erst bei einer Beobachtung von mindestens drei Lichtkurven gilt die Existenz eines Exoplaneten als bewiesen. Der Grund hierfür ist, dass die Helligkeitsschwankungen auch durch andere Himmelsobjekte verursacht sein könnten.

Da im Verlauf dieser Arbeit jedoch zweimal Messungen von Qatar 4b durchgeführt wurden und bei beiden Aufnahmen nahezu identische Lichtkurven entstanden sind, (s. Abbildung 22) haben wir ein sehr gutes Ergebnis erzielt. Beide Messungen in Abbildung 22 entstanden mit einer Belichtungszeit von 60 s pro Einzelbild.

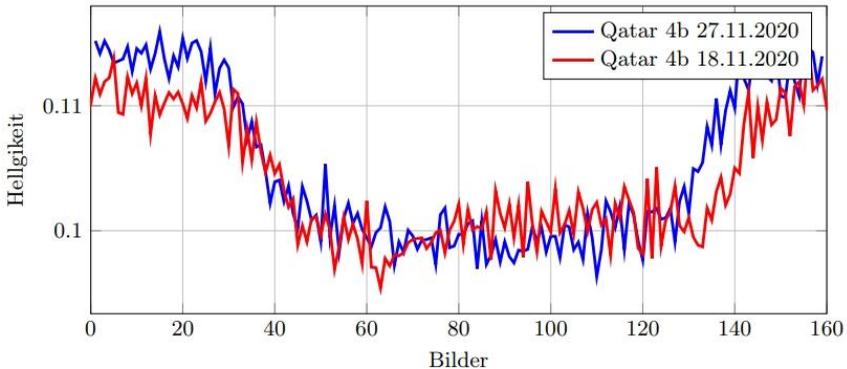


Abb. 22: Lichtkurven von Qatar 4b - gemessen in zwei verschiedenen Nächten

## 7. Auswertung

Als nächstes soll mehr über das System von Qatar 4 in Erfahrung gebracht werden. Hierfür berechnen wir den Planetenradius, die große Halbachse und die Inklination des Planeten Qatar 4b. Diese Werte berechnen wir einmal per Hand (anhand der in Kapitel 2 hergeleiteten Formeln) und zum anderen mithilfe eines physikalischen Modells der ETD-Datenbank.

### 7.1 Auswertung per Hand

Aus der in Abbildung 21 gezeigten Lichtkurve von Qatar 4b (Aufnahmedatum: 27.11.2021) lassen sich die in Tabelle 2 angeführten oberen Werte direkt ablesen. In der Tabelle sind zusätzlich wichtige Datenbankwerte [9], die wir nicht selbst ermittelt haben, unten eingetragen. Mit Hilfe dieser Werte können nun der Planetenradius, die große Halbachse und die Inklination berechnet werden.

	Parameter	Wert
direkt ablesbare Parameter	Transitbeginn	20:32 Uhr
	Transitende	22:40 Uhr
	Transitmitte $t_0$	21:36 Uhr
	Transitdauer $D$	128 min
	Transittiefe $\Delta F$	0,023 (2,3%)
Parameter aus Datenbanken	Umlaufzeit $P$	1,805 d (2599,2 min; 155952 s)
	Sternradius $R_*$	$5,912 \cdot 10^8 \text{ m}$ ( $0,849 R_{Sun}$ )
	Sternmasse $M_*$	$1,781 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ ( $0,896 M_{Sun}$ )

Tab. 2: Notwendige Informationen aus der gemessenen Lichtkurve und der Datenbank [9] zur Berechnung des Planetenradius, der großen Halbachse und der Inklination

Zunächst soll der Radius des Exoplaneten bestimmt werden. Für Qatar 4b beträgt dieser nach Gleichung 2:

$$R_p = 5,912 \cdot 10^8 \text{ m} \sqrt{0.023} \approx 8,966 \cdot 10^7 \text{ m} \quad (14)$$

Nun kann man den Radius von Qatar 4b auch in Vielfachen des Jupiterradius angeben:

$$R_p = \frac{8,966 \cdot 10^7 \text{ m}}{6,911 \cdot 10^7 \text{ m}} \approx 1,297 \quad (15)$$

Der Planetenradius beträgt also 1,297  $R_{\text{Jup}}$ , womit Qatar 4b etwas größer als Jupiter ist.

Die große Halbachse des Exoplaneten Qatar 4b lässt sich mit der in Kapitel 2 erläuterten Gleichung 4 berechnen:

$$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_* \cdot P^2}{4 \cdot \pi^2}} \quad (16)$$

Die Periodendauer P muss dabei in der Einheit s angegeben werden. Mit unseren Werten ergibt sich:

$$a = \sqrt[3]{\frac{6,673 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot 1,781 \cdot 10^{30} \text{ kg} \cdot 155952^2 \text{ s}^2}{4 \cdot 3,14^2}} \approx 4,185 \cdot 10^9 \text{ m} \quad (17)$$

Um die große Halbachse in Vielfachen der Astronomischen Einheiten anzugeben, wird durch diese geteilt:

$$a = \frac{4,185 \cdot 10^9 \text{ m}}{1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}} \approx 0.0280 \quad (18)$$

Schlussfolgerung: Qatar 4b ist zwar etwas größer als Jupiter, hat aber einen wesentlich kleineren Abstand zu seinem Mutterstern. Nach unseren Messungen ist der Abstand gerade einmal ein Zehntel der Entfernung Merkur-Sonne, bzw. 2,8% der Entfernung Erde-Sonne. Daher muss die Oberflächentemperatur auf Qatar 4b wesentlich höher sein, als auf Jupiter.

Um die Inklination  $i$  zu bestimmen, muss zunächst der Breitengrad  $\delta$  berechnet werden:

$$\delta = \arccos \frac{\frac{D \cdot \pi \cdot a}{P} - R_p}{R_*} \quad (19)$$

Um in diese Gleichung unsere Werte einzusetzen, muss darauf geachtet werden, dass sie die gleichen Einheiten haben. Die Periodendauer P und die Transitdauer D sind hier in Minuten angegeben.

$$\delta = \arccos \frac{\frac{128 \text{min} \cdot 3,14 \cdot 4,185 \cdot 10^9 \text{m}}{2599,2 \text{min}} - 8,966 \cdot 10^7 \text{m}}{5,912 \cdot 10^8 \text{m}} \approx 19,446^\circ \quad (20)$$

Nun erhält man für die Inklination:

$$i = \arccos \frac{5,912 \cdot 10^8 \text{m} \cdot \sin(19,4459^\circ)}{4,185 \cdot 10^9 \text{m}} \approx 87,3^\circ \quad (21)$$

Das System von Qstar4b hat nach unseren Aufnahmen folglich eine Inklination von ca. 87,3°.

## 7.2 Auswertung per ETD

Die Tschechische Astronomische Gesellschaft betreibt nicht nur die E7D-Datenbank, sondern bietet auch die Möglichkeit an, die korrigierte Lichtkurve mit einem physikalischen Modell zu fitten [7]. Diese Analyse unterscheidet sich von unserer per-Hand-Analyse zum Beispiel darin, dass sie die Randverdunkelung berücksichtigt. Die Parameter, die gefittet werden, sind die Transitmitte, die Transitdauer und die Transittiefe. Mit diesen werden dann ebenfalls der Planetenradius und die Inklination berechnet. Man erhält zusätzlich Informationen über die Güte der eigenen Lichtkurve.

Tabelle 3 zeigt die von der ETD-Datenbank berechneten Werte für Qatar 4b bezüglich der Transitmitte, -dauer und -tiefe.

<b>Mid transit - UTC:</b>	2020-11-27 20:34:23	
<b>Transit duration:</b>	126.1 +/- 1.5	minut
<b>Transit depth:</b>	0.0247 +/- 0.0006	mag

Tab. 3: Transitmitte, -dauer und -tiefe von Qatar 4b, errechnet mit dem Modell der ETD-Seite

Dass diese Werte sehr gut mit den ermittelten Werten anderer Beobachter übereinstimmen, konnten wir an folgender Tatsache erkennen. Die TRESKA-Datenbank beurteilt die Güte einer Lichtkurve in fünf Kategorien - von „best“ bis „worst“. Unsere drei auf diese Seite hochgeladenen Lichtkurven wurden jeweils in die zweitbeste Kategorie eingeordnet.

Des Weiteren wurden die berechneten Werte für die Parameter Planetenradius  $R_p$  und Inklination  $i$  angegeben.

$R_p$	$1.552 \pm 0.057 R_{Jup}$	$1.632^{+0.019}_{-0.020} R_{Jup}$
$R_*$	$1.115 \pm 0.037 R_{Sun}$	fixed, errors included in $i$
$a$	$0.02861 \pm 0.00048 \text{ AU}$	fixed, errors included in $i$
$U$	1.8053704 days	fixed
$i$	$88.2 \pm 1.2^\circ$	$81.76^{+0.14 0.96}_{-0.14 0.92}^\circ$

Tab. 4: Mit Hilfe der TRESKA-Datenbank errechnete Parameter für Qatar 4b

Die linke Spalte von Tabelle 4 entspricht hierbei den Werten aus der Datenbank, während die rechte Spalte die errechneten Werte anhand unserer Messungen zeigt. Wie zu sehen ist, wurden der Radius des Sterns  $R_*$ , die große Halbachse  $a$ , und die Umlaufzeit  $P$  (hier  $U$  genannt) nicht berechnet, sondern als Hilfe zur Ermittlung der anderen Parameter verwendet.

Das Ergebnis für den Planetenradius, ähnelt dem Wert der ETD-Datenbank sehr. Wenn man jedoch unsere ermittelte Inklination mit der der ETD-Datenbank vergleicht, fällt auf, dass sich die Werte sehr unterscheiden. Die ermittelte

Inklination beträgt ca.  $81,76^\circ$ ; dagegen gibt die ETD-Datenbank einen Wert von  $88,2^\circ$  an. Dieser Unterschied klingt erstmals nicht sehr groß, doch wenn man ihn bildlich darstellt, fällt er deutlich auf (s. Abbildung 23).

Unsere Ergebnisse zu den extrasolaren Planeten Qatar 4b und HAT-P-32b können in der TRESKA-Datenbank unter [5] eingesehen werden. Die Ergebnisse unseres Beispiel Exoplaneten Qatar 4b sind unter [6] zu finden. Mit den Veröffentlichungen unserer eigenen Daten, konnten nicht nur Informationen über das System der Exoplaneten gewonnen werden, sondern es wird auch der professionellen Forschung und der Suche nach weiteren Exoplaneten im selben System geholfen (Weiteres hier: [7]).

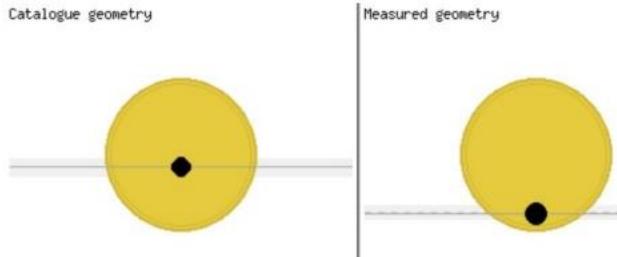


Abb. 23: Links: Inklinationswert der EDT  
Rechts: berechneter Inklinationswert

### 7.3 Diskussion

Die Parameter der ETD-Datenbank und die Ergebnisse unserer Rechnungen stimmen nicht exakt überein. Deshalb soll nun kurz auf die Unterschiede eingegangen und Thesen zu den Abweichungen aufgestellt werden.

In Tabelle 5 sind die ermittelten Ergebnisse von Qatar 4b per ETD-Modell und per Hand nochmals im Vergleich aufgelistet. In der untersten Zeile sind zudem die Differenzen der beiden Berechnungsmethoden zu sehen.

	D	$t_0$	$\Delta F$	$R_p$	$a$	$i$
mit ETD	126 min	21:34 Uhr	2,47 %	1,632 $R_{Jup}$	-	81,76°
per Hand	128 min	21:36 Uhr	2,3 %	1,297 $R_{Jup}$	0,02 AE	87,3°
Differenz	2 min	2 min	0,17 %	0,335 $R_{Jup}$	-	5,54°

Tab. 5: Vergleich der mit ETD und der per Hand berechneten Werte für Qatar 4b

Bei Transitdauer, Transitmitte und Transittiefe gibt es kaum Abweichungen, während die Abweichungen für den Planetenradius verhältnismäßig groß sind. Welches Ergebnis für den Planetenradius ermittelt wird, hängt von der Transittiefe und dem Radius des Sterns ab. Dabei liegt unser per Hand ermittelter Wert für die Transittiefe sehr nahe an dem Wert der ETD-Datenbank. Der Grund für die Abweichungen ist daher vermutlich, dass die ETD-Datenbank für den Radius des Sterns einen Wert von 1,115 Sonnenradien annimmt, wohingegen wir einen Wert von 0,849 Sonnenradien angenommen haben. Vergrößert sich der Sonnenradius, folgt aus Formel 2 nämlich auch, dass sich der Planetenradius vergrößert.

Die große Halbachse ist nicht über die ETD-Datenbank ausgerechnet worden. Daher wurde auch kein Vergleich zu den per Hand ermittelten Werten vorgenommen. Vergleicht man die Ergebnisse anderer Beobachter (0,02861 AE [9]) mit unseren Ergebnissen, ist festzustellen, dass die berechneten Werte etwas unter der angenommenen Entfernung liegen.

Die errechneten Werte zu Inklination unterscheiden sich mit einer Differenz von 5,54°. Dieser verhältnismäßig große Unterschied kommt vermutlich auch daher, dass die ETD-Datenbank andere Werte für die Systemparameter voraussetzt als andere Datenbanken. Die Werte der ETD-Datenbank für die große Halbachse  $a$ , die Umlaufzeit  $P(U)$  und den Planetenradius  $R_p$  weichen von unseren Werten ab. Somit ist es nicht überraschend, dass auch das Ergebnis ein anderes ist. Verglichen mit den Werten aus der Literatur, ist der berechnete Wert per Hand genauer, als der ermittelte Wert per ETD. Bei allen Parametern können die Abweichungen auch daher rühren, dass das physikalische Modell der ETD-Datenbank die Randverdunklung mitberücksichtigt, während die Formeln, mit denen wir gerechnet haben, dies nicht tun.

Wichtig zu wissen ist, dass es verschiedene Quellen gibt, die Angaben zu den Parametern Transittiefe, Transitdauer, Planetenradius, große Halbachse und Inklination machen. Auch diese Werte weichen häufig voneinander ab. Welche Werte richtig sind, ist also nicht abschließend geklärt. Insgesamt liegen unsere sowohl per Hand, als auch per ETD errechneten Werte nahe der Ergebnisse anderer Beobachter und sind sehr zufriedenstellend.

## 7.4 Das Planetensystem von Qatar 4

Nun konnten wir einige Informationen über das System von Qatar 4b ermitteln. Doch was genau verraten diese großen Zahlen uns jetzt eigentlich? In diesem Kapitel soll nun etwas näher auf die Interpretation der ermittelten Daten eingegangen werden und wir werden einige bildliche Vergleiche geben. Viele Informationen hierfür wurden aus eigenen Berechnungen entnommen. Einige entstammen jedoch auch anderen Quellen [9], [22]. Der Stern Qatar 4 befindet sich oberhalb der Andromedakonstellation (RA: 00:19:26.0, DEC: +44:01:39) und ist ca. 1083 Lichtjahre von uns entfernt. Er ist ein sonnenähnlicher Stern - sowohl in seiner Masse, als auch in seiner Größe. In Abbildung 24 ist ein bildlicher Vergleich unserer Sonne mit Qatar 4 zu sehen. Um Qatar 4 kreist der auch von uns beobachtete extrasolare Planet Qatar 4b mit einer Umlaufzeit von ca. 1,8 Tagen. Daraus lässt sich schon schließen, dass er sich sehr nah an seinem Stern befinden muss: es sind nur 0,02803 AE. Im Vergleich: unser sonnennächster Planet Merkur umkreist die Sonne mit einer durchschnittlichen Entfernung von 0,403 AE in 88 Tagen. Qatar 4b rast also in einem unglaublich schnellen Tempo um seinen Stern. Qatar 4b ist ein Gasriese, ein sogenannter Heißer Jupiter. Er ist etwas größer als Jupiter, aber aufgrund seiner geringen Distanz zu seinem Stern extrem heiß. Abbildung 25 stellt den Vergleich von Jupiter und Qatar 4b bildlich dar.

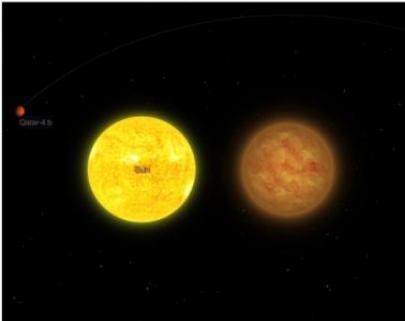


Abb. 24: Sonne und Qatar 4 im Vergleich [22]



Abb. 25: Jupiter und Qatar 4b im Vergleich [22]

## 8. Übersicht der Ergebnisse unserer Arbeit

Da wir nicht nur eine Messung gemacht haben, sondern zehn, wollen wir hier nun kurz unsere Ergebnisse zusammenfassen. Aus drei von zehn Aufnahmen haben wir eine auswertbare, komplette Lichtkurve erstellen können. Zwei der Aufnahmen wurden gemacht, um den Exoplaneten Qatar 4b nachzuweisen und eine Aufnahme galt dem Exoplaneten HAT-P-32b. Diese Aufnahmen haben sich als sehr gut erwiesen und wurden auf der TRESKA-Datenbank veröffentlicht.

In Abbildung 26 ist eine Tabelle zu sehen, die unsere Ergebnisse für die drei Aufnahmen zusammenfasst. Es sind sowohl der Name des extrasolaren Planeten und das Beobachtungsdatum, sowie die ermittelten Parameter per ETD-Modell zu sehen.

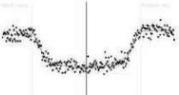
Exoplanet		<i>HAT-P-32b</i>	<i>Qatar_4b</i>	<i>Qatar_4b</i>
Beobachtungsdatum		24.11.2020	18.11.2020	27.11.2020
Lichtkurve				
Parameter	Transitdauer	183 min +/- 1,3	121,7 min +/- 0,9	126,1 min +/-1,5
	Transitmitte	24.11.2020 22:51:28 Uhr	18.11.2020 20:56:46 Uhr	27.11.2020 21:34:23 Uhr
	Transittiefe	0,0289 mag +/-0,0005	0,03 mag +/- 0,0006	0,0247 mag +/- 0,0006
	Inklination	86,89° +0,32 1,58/ -0,29 1,05	81,22° +0,08 0,86/ -0,08 0,85	81,76° +0,14 0,96/ -0,14 0,92
	Planetenradius	1,929 R <sub>Jup</sub> +0,016/ -0,017	1,797 R <sub>Jup</sub> +0,018/ -0,018	1,632 R <sub>Jup</sub> +0,019/ -0,020

Abb. 26: Zusammenfassung der per ETD-Modell ermittelten Ergebnisse

## 9. Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel unseres Projekts haben wir erfolgreich realisiert. Zehn extrasolare Planeten konnten wir mit Hilfe der Transitmethode beobachten und zwei ferne Gasriesen nachweisen. Zudem haben wir für beide sehr gute Lichtkurven erstellt und aus diesen Informationen über die Planetensysteme berechnet.

Große Weltraumorganisationen wie die NASA können von amateurastronomischen Messungen wie unsere profitieren. Als Gesamtheit erlauben viele Einzelmessungen von Transits genauere Bestimmungen der Periode und damit eine bessere Vorhersage künftiger Transits. Dies ist wichtig, um große Weltraumteleskope – die gerade mit dem Ziel, Exoplaneten gezielt zu untersuchen, in den Orbit gebracht werden – optimal einsetzen zu können [11]. Außerdem können sich weitere kleine Exoplaneten dadurch verraten, dass sie den Transit eines größeren Exoplaneten (zum Beispiel in Dauer und Tiefe) systematisch verändern. Die Analyse unserer Messungen, gemeinsam mit denen anderer Amateurastronomen, könnte daher zur Entdeckung weiterer kleinerer – vielleicht sogar erdähnlicher – Planeten beitragen [12].

Schließlich lässt sich überlegen, welche weiteren Messungen und Untersuchungen lohnenswert sein könnten. Wir denken, dass es spannend wäre, noch mehr über das System der Exoplaneten in Erfahrung zu bringen. Alleine mit der Transitmethode ist dies jedoch nicht möglich, weshalb wir bisher einige Parameter aus Datenbanken entnommen haben. Um jedoch eigenständig mehr Informationen, wie Masse oder Atmosphäre des extrasolaren Planeten zu ermitteln, ist es notwendig, andere Methoden zu nutzen. Hier würden zum Beispiel andere Nachweismethoden, wie die Radialgeschwindigkeitsmethode, in Frage kommen. Aber auch mit anderen spektroskopischen Messungen der Exoplaneten, könnte man mehr über seine chemische Zusammensetzung erfahren.

## 10. Danksagung

Unser Projektbetreuer Herr Klein fuhr mehrere Abende mit uns nach Gersbach und unterstützte uns bei der Auswertung unserer Daten sowie beim Verfassen unserer Arbeit. Auch in den Ferien war er bereit, uns per Videokonferenz über die Mathematik hinter der Transitkurve aufzuklären. Dafür möchten wir ihm ganz herzlich danken!

Außerdem danken wir Herrn Rätz von der Bundesdeutschen Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne [3], der uns bei unserer Arbeit mit seinen hilfreichen Tipps per E-Mail unterstützte. Bei Fragen oder wenn wir einmal nicht weiterkamen, konnten wir stets mit einer schnellen und aufschlussreichen Antwort rechnen.

Bei Herrn Gohn möchten wir uns dafür bedanken, dass er uns bei Problemen mit LaTeX weiterhalf.

Nur durch das phænovum [13] konnten wir unsere Messungen an der Sternwarte durchführen. Diesem danken wir für die Erlaubnis, die Ausstattung der stærnwarte Gersbach [18] zu benutzen.

Zuletzt möchten wir uns bei unseren Familien für ihre motivierende Unterstützung und dem Lesen unserer Arbeit bedanken.

## Literatur

- [1] AstroImageJ. URL: <https://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/>.
- [2] Bild eines Venustransit. URL: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/SDO%27s\\_Ultra-high\\_Definition\\_View\\_of\\_2012\\_Venus\\_Transit\\_%28304\\_Angstrom\\_Full\\_Disc\\_02%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/SDO%27s_Ultra-high_Definition_View_of_2012_Venus_Transit_%28304_Angstrom_Full_Disc_02%29.jpg).
- [3] Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für veränderliche Sterne. URL: <https://www.bav-astro.eu/index.php>.
- [4] Michael Cowley und Stephen Hughes. »Characterization of transiting exoplanets by way of differential photometry«. In: Physics Education 49.3, 293 (Mai 2014), S. 293. DOI: 10.1088/0031-9120/49/3/293. arXiv: 1509.01238 [physics.ed-ph].
- [5] Ergebnisse. URL: <http://var2.astro.cz/EN/tresca/transits.php?pozor=Nicholas+Dahlke%2C+Johanna+Hipp%2C+Annalotta+Hipp&submit=show>.
- [6] Ergebnisse Qatar 4b. URL: <http://var2.astro.cz/EN/tresca/transit-detail.php?id=1608542792&lang=en>.
- [7] ETD Fit Prozedur. URL: <http://var2.astro.cz/ETD/FitProcedureDescription-Pejcha2008.pdf>.
- [8] Exoplanet Transit Database. URL: <https://var2.astro.cz/ETD/>.
- [9] Exoplaneten Katalog. URL: <http://exoplanet.eu/catalog/>.
- [10] Github. URL: <https://github.com/nicholasdahlke/povray-transit-simulation>.

- [11] Hilfe für NASA. URL: <https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-watch/about-exoplanet-watch/overview/>.
- [12] Kleinere Exoplaneten ETD. URL: <http://var2.astro.cz/ETD/FitProcedureDescription-Pejcha2008.pdf>.
- [13] phaenovum. URL: <https://www.phaenovum.eu/>.
- [14] POV-Ray. URL: [www.povray.org](http://www.povray.org).
- [15] Stefanie Rätz. »Die Beobachtung von extrasolaren Planeten mit der Transitmethode«. In: *Astronomie+Raumfahrt* 48.6 (2011), S. 23–27.
- [16] Rohdaten. URL: <https://u.pcloud.link/publink/show?code=kZyprYXZRrbuxW6wwJj8771TRi51KzDB8MXX>.
- [17] Stellarium. URL: <https://stellarium.org/>.
- [18] Sternwarte Gersbach. URL: <https://staernwarten.de/>.
- [19] Transit Finder. URL: <https://astro.swarthmore.edu/transits/>.
- [20] Transit Grafik. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Andrew\\_Mao/publication/312524607/figure/fig1/AS:452176024739840@1484818573073/A-light-curve-showing-the-transit-method-of-detecting-exoplanets.png](https://www.researchgate.net/profile/Andrew_Mao/publication/312524607/figure/fig1/AS:452176024739840@1484818573073/A-light-curve-showing-the-transit-method-of-detecting-exoplanets.png).
- [21] Tu-Dresden. URL: [https://tu-dresden.de/bu/umwelt/geo/ipg/astro/ressourcen/dateien/misc/da\\_hofmann.pdf?lang=de](https://tu-dresden.de/bu/umwelt/geo/ipg/astro/ressourcen/dateien/misc/da_hofmann.pdf?lang=de).
- [22] Vergleiche von Qatar4/b. URL: <https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/3487/qatar-4-b/>.
- [23] Wikipedia Transitmethode. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Transitmethode>.

## Erfolgreiche Beobachtung von Algol (beta Persei)

Wolfgang Spiess und Wolfgang Vollmann

Im Herbst 2020 gelangen zwei Beobachtungen von Algol-Minima, visuell und mit einer DSLR-Kamera. Dieser schon im Altertum bekannte Veränderliche (aber erst 1667 oder 1669 offiziell entdeckt) besteht aus einem helleren blauen Stern und einem schwächeren orangen Begleiter, die sich innerhalb von rund 2,8673 Tagen umkreisen und gegenseitig mehr oder weniger verdunkeln. Ein dritter Partner läuft weiter entfernt um das Sternenpaar herum, dazu braucht er fast zwei Jahre.

Es ist der Paradestern für einen Einstieg in die Veränderlichen-Beobachtung, hell, Amplitude von mehr als einer Größenklasse, mit einfachsten Mitteln zu beobachten und steht lange Zeit hoch am Himmel (September-Februar gut beobachtbar). Das Sternbild selbst bietet eine Fülle von schönen Objekten, die z.B. während einer Algol-Beobachtung zwischendurch betrachtet werden können.

Wolfgang Spiess beobachtete mit freiem Auge in der Nacht vom 13. auf den 14. November und bestimmte mit der Argelander-Stufenschätzmethode das Minimum zu JD 2459106,5175 (14.9.2020, 2:52 MESZ).

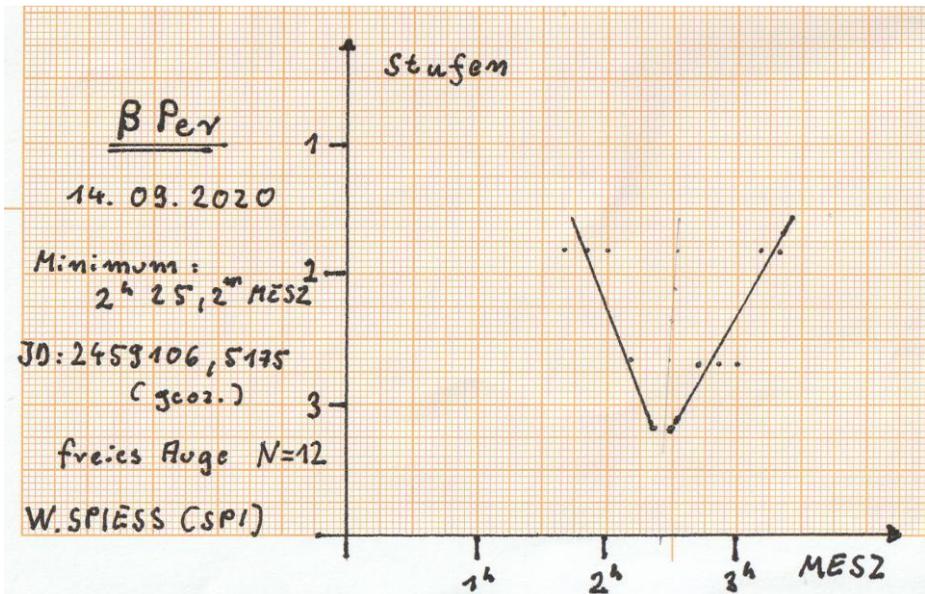


Abb. 1: visuelle Lichtkurve von Algol (W. Spiess)

Wolfgang Vollmann schaute mit einer DSLR-Kamera Canon 600D hin, Messung mit Miniwin, die Grünbilder genutzt. Es wurden zusätzlich noch Beobachtungspunkte vom

18./19.11.2020 verwendet und gespiegelt (helle Punkte). Er bestimmte das Minimum zu JD 2459175,3375 (21.9.2020, 21:06 MEZ).

Algol (beta Persei) 2020 Nov 21

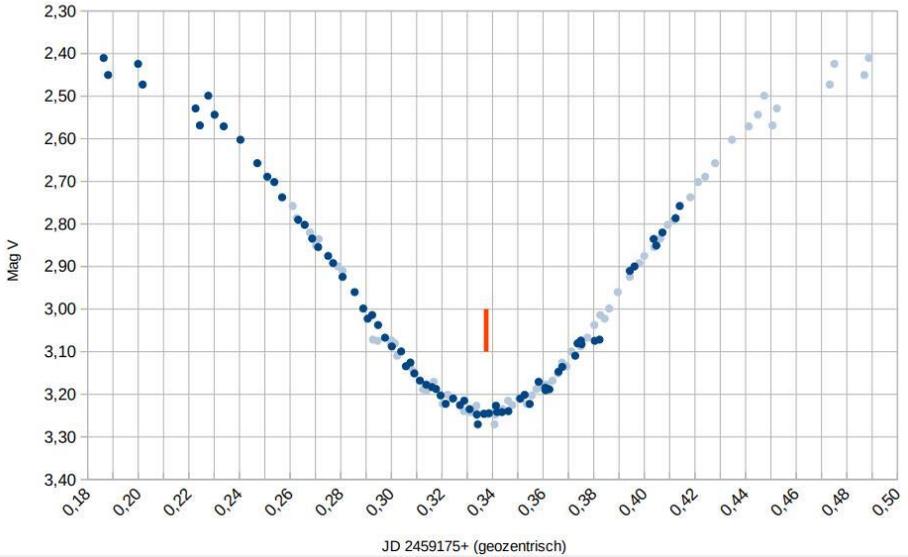


Abb. 2: Lichtkurve von Algol (W. Vollmann)

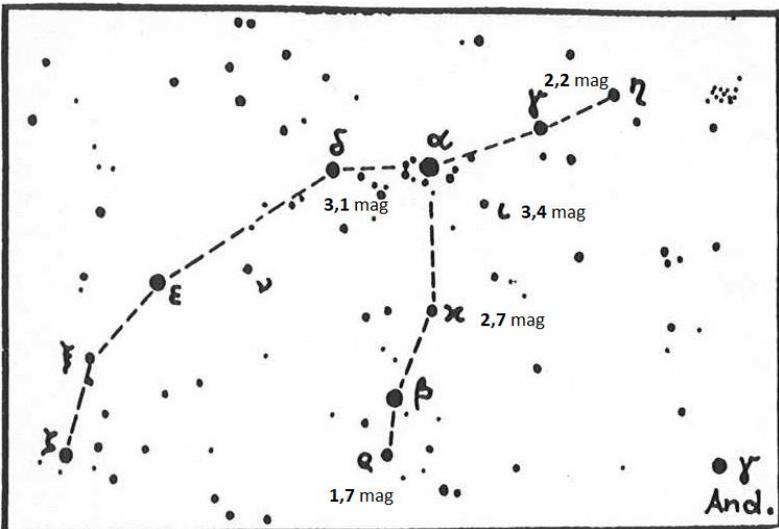


Abb. 3: BAV-Karte zu Algol (F. Agerer) mit beigefügten Vergleichssternhelligkeiten

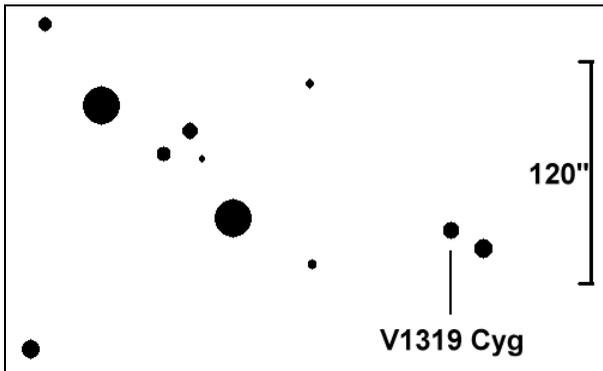
## V1319 Cyg, ein neuer langperiodischer Cepheide mit $P = 41,3$ d

Béla Hassforther

**Abstract:** *According to the GCVS and the VSX (AAVSO) V1319 Cyg is a semiregular variable. Here the reclassification from Laur et al (2017) is confirmed: V1319 Cyg is a Cepheid with a long period of 41,322 days.*

V1319 Cyg wurde 1969 von Giuliano Romano auf blauempfindlichen Schmidt-Überwachungsplatten des Istituto di Astronomia dell'Università di Padova entdeckt. Der vorläufig GR144 benannte Stern war laut der Analyse ein Halbbregelmäßiger Stern vom Typ SRa mit einer Periode von 41,87 Tagen und einem Lichtwechsel von 12,2 bis 14,6 (im Blauen) [1]. Im IBVS 229 vom 5.10.1967 veröffentlichte Romano eine tabellarische Kurzfassung seiner Neuentdeckungen [2], und mit diesen Daten wurde V1319 Cyg in die 57th Name-List of Variable Stars (IBVS 480) und letztlich in den GCVS aufgenommen. Dort stehen zum Abrufdatum 25.1.2021 immer noch die von Romano veröffentlichten Werte [3]. Die gleichen Daten finden sich zum Abrufdatum 25.1.2021 auch im VSX der AAVSO [4].

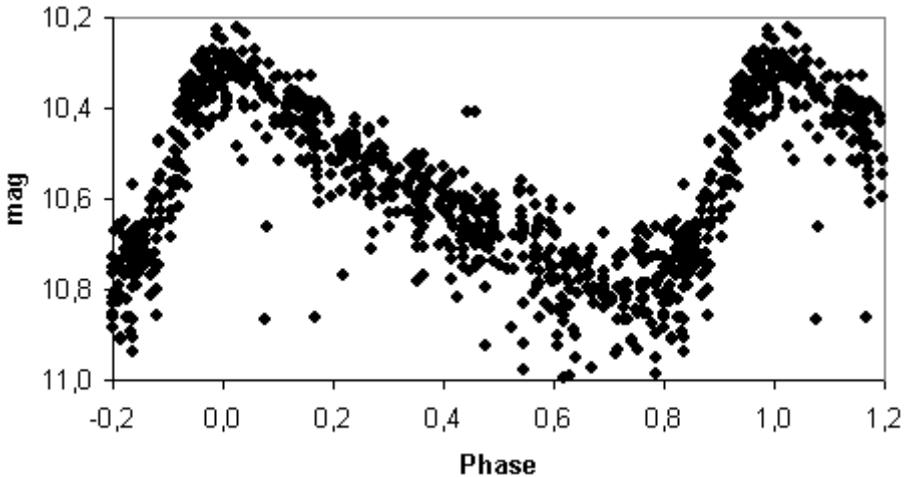
Im Februar 2017 veröffentlichten Jaan Laur et al die Ergebnisse ihrer Veränderlichen-suche in ausgewählten OB-Assoziationen. Sie merken an, dass die Lichtkurve von V1319 Cyg eher auf einen Cepheiden als auf einen SRa-Stern hindeutet und dass diese Einschätzung vom Spektraltyp K0I bestätigt wird. Sie ermittelten eine Periode von 41,3353 Tagen bei der Durchschnittshelligkeit 11,24 V und einer Amplitude von 0,944 mag [5].



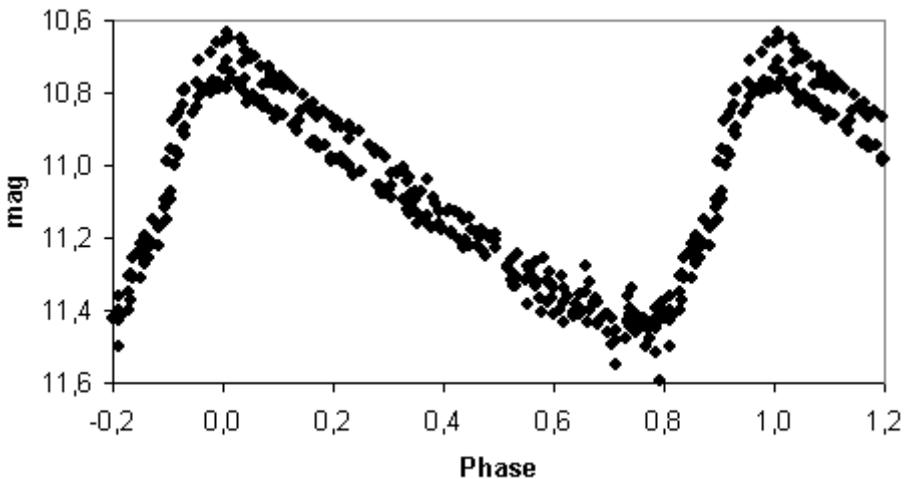
Aufsuchkarte für V1319 Cyg (adaptiert aus GUIDE 8.0), Norden ist oben

V1319 Cyg liegt nur 47' entfernt von M 29 in einer dichten Milchstraßengegend. Auf den Überwachungsplatten der Sonneberger Himmelsüberwachung (SHÜ) ist V1319 Cyg auf den Feldern 20+40 und 21+40 gerade noch auswertbar, allerdings nur zusammen mit einem ca. 21" entfernten, etwas helleren Nachbarstern. Die Auswertung dieser Platten steht noch aus.

Die Überprüfung von 827 Werten aus den Jahren 2011 bis 2020 aus dem Kyoto Wide-field Survey (KWS) erbringt ein eindeutiges Bild. Auch hier ist zwar der Cepheide zusammen mit dem Nachbarstern gemessen, was die Amplitude geringer macht, aber der Lichtwechsel ist eindeutig der eines Cepheiden [6]. Eine tolle und aussagekräftige Lichtkurve kann man sich mit ASAS-SN erstellen; hier gehen tatsächlich nur Messungen des Cepheiden ein, nicht noch die des Nachbarsterns [7].

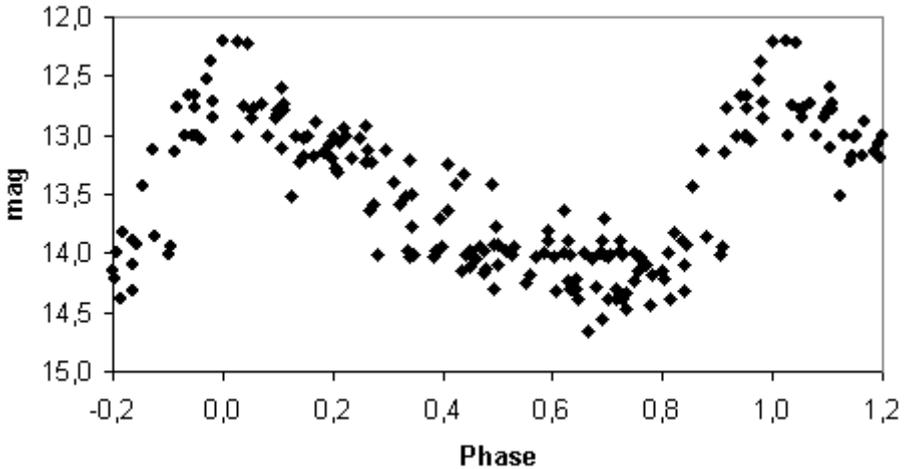


Lichtkurve von V1319 Cyg aus 827 V-Werten des KWS (2011-2020).  
Reduziert mit  $P=41,3353d$



Lichtkurve von V1319 Cyg aus 331 V-Werten der Kameras bc und bd von  
ASAS-SN aus dem Zeitraum 2015-2018, reduziert mit  $P=41,3353d$ .

Extrahiert man aus Romanos Lichtkurven die Wertepaare [8] und erstellt daraus eine reduzierte Lichtkurve, dann ist auch da schon die Cepheiden-Natur zu ahnen:



Lichtkurve von V1319 Cyg aus 158 Blauhelligkeiten von Romano aus dem Zeitraum 1959-1968, reduziert mit  $P=41,322d$

Mit den folgenden Elementen werden die Werte von Romano, des KWS und von ASAS-SN befriedigend dargestellt:

$$\text{Max} = 2436789,1 + 41,322 \times E$$

Cepheiden mit einer Periode von über 40 Tagen sind extrem selten. Sie sind natürlich besonders hell und daher in großen Entfernungen nachzuweisen, was ihre Entdeckungswahrscheinlichkeit erhöht. Betrachtet man aber relativ komplette Samples wie die Cepheiden in den beiden Magellanschen Wolken, wo schon weit über 9000 dieser Veränderlichen bekannt sind [9], wird klar, dass die langperiodischen Cepheiden mit einer Periode von über 40 Tagen deutlich weniger als 1% aller Cepheiden ausmachen. V1319 Cyg ist damit eine willkommene Ergänzung bei den Veränderlichen, die für die Kalibrierung der galaktischen Cepheiden-P-L-Relation herangezogen werden können.

[1] G.Romano, Padova Publ N156, 1969

[2] G.Romano, IBVS 229 (5.10.1967)

[3] GCVS: <http://www.sai.msu.su/gcvs/cgi-bin/search.cgi?search=V1319+Cyg>

[4] VSX: <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=12239>

[5] Laur, Jaan; et al. (February 2017), "Variability survey of brightest stars in selected OB associations", *Astronomy & Astrophysics*, 598: 27, arXiv:1611.02452

[6] <http://kws.cetus-net.org/~maehara/Vsdata.py?>

[7] <https://asas-sn.osu.edu/variables>

[8] <https://sites.google.com/site/kalypsosimulation/Home/data-analysis-software-1>

[9] Soszynski, I. et al, 2015, <https://arxiv.org/pdf/1601.01318.pdf>

## WY Geminorum – ungewöhnlicher Helligkeitseinbruch

Jörg Neumann

WY Gem ist ein bedeckungsveränderlicher Stern vom Typ VV Cep und wird von mir seit Jahren aufgrund seines semiregulären Lichtwechsels von typischerweise ca. 0,2 mag (7,1-7,3 mag lt. Tycho) beobachtet. Im März 2020 konnte ich immerhin einen Helligkeitseinbruch bis 7,7 mag verzeichnen (Abb. 1).

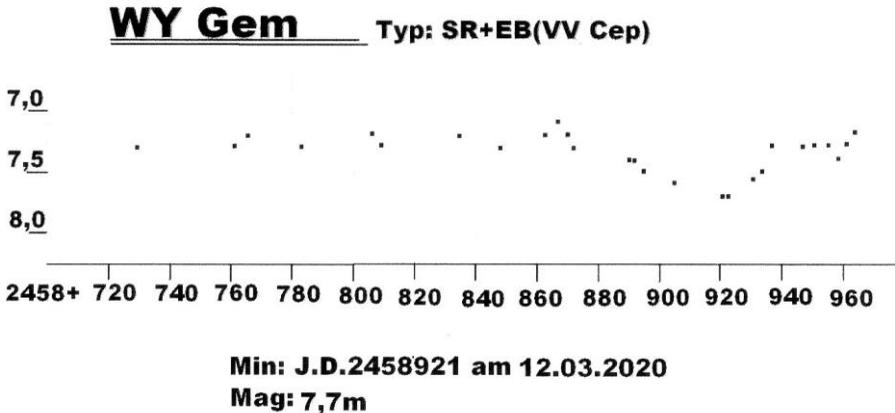


Abb. 1: Langzeitlichtkurve von WY Gem (Jörg Neumann)

Zur Erinnerung: VV Cep ist ein roter Überriese mit einem immensen Durchmesser, seine äußere Hülle sehr dünn, ständig fortgeblasen von starken Sternwinden. Der B-Begleitstern nimmt auf seiner Bahn um VV Cep einen Teil dieser Materie auf und sammelt sie um sich an. WY Gem hat ebenfalls einen B-Begleitstern, in Spektren zeigen sich viele Hinweise auf eine nahe Verwandtschaft zum Typ VV Cep.

Unser Vertreter WY Gem wartet allerdings mit einer viel längeren Periode auf: 23.550 Tage ( $\pm 250$ ), das sind stattliche 64,48 Jahre (lt. AAVSO VSX). Die letzte Bedeckung des B-Sterns durch den roten Überriesen liegt wohl im zeitlichen Rahmen von 1968/69, erste spektroskopische Veränderungen wurden bereits 1960/61 gesehen (möglicher Eintritt des B-Sterns von uns aus gesehen hinter die zunächst dünne Atmosphäre des roten Hauptsterns) [1]. Dort wird auch von einer mind. 500-Tage-Totalität gesprochen, wobei der B-Stern nicht wirklich von uns aus gesehen durch den roten Stern selbst komplett bedeckt wird, es ist wohl eher die dichtere Sternenhülle, welche den B-Stern zunehmend „schluckt“.

Einen richtig großen, sichtbaren Helligkeitsverlust scheint es nicht gegeben zu haben, die Langzeitlichtkurve der AFOEV (Abb. 2) zeigt zwar einige tiefe Minima, allerdings stehen diese nicht im Bezug zu der Bedeckung von 1968/69 (JD 2440204). Die drei markanten Einschnitte in der Lichtkurve liefern mit 1984, 2009 und 2014 keinen

Zusammenhang mit der Periode von fast 65 Jahren. Das nächste Bedeckungsereignis würde ja erst in einigen Jahren (ca. 2030-2033) beobachtet werden.

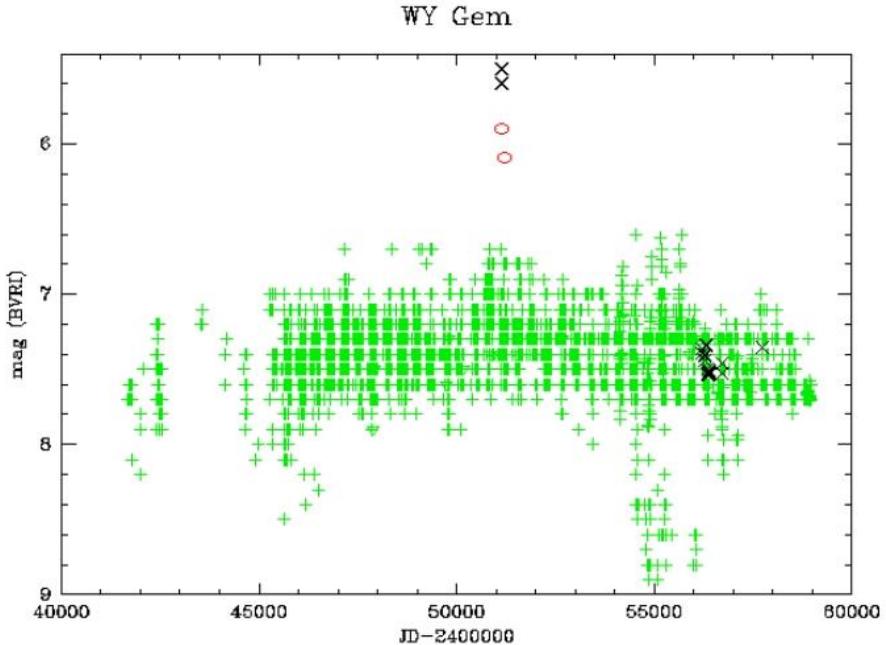


Abb. 2: Langzeitlichtkurve von WY Gem der AFOEV (mit freundlicher Genehmigung)

Was bleibt für die Zukunft? Mit seiner eher geringen Amplitude ist es kein leichter Stern, allerdings machbar für den geübten Beobachter. Einen solchen Helligkeitseinbruch wie hier beobachtet, hält das Interesse weiter wach.

Für diesen Artikel habe ich über SIMBAD einige der insgesamt dort gelisteten 127 Literaturstellen zum Veränderlichen gelesen, die Artikel von A. Cowley [1; 2] erschienen mir plausibel und gut verständlich, auch wenn dort die Bedeckung von 1968/69 eigentlich nur über spektroskopische Beobachtungen nachgewiesen wurde und nicht, wie für uns gewohnt, durch einen klassischen Lichtwechsel.

This research has made use of the SIMBAD database, operated at CDS, Strasbourg, France.

#### Literatur

- [1] A. Cowley, WY Geminorum – an eclipsing System, PASP, Vol. 82, 329, 1970
- [2] A. Cowley, The VV Cephei Stars, PASP, Vol. 81, 297, 1969

Jörg Neumann, Triftweg 51, 04277 Leipzig, njoergbav@yahoo.de

## Die Lichtkurve der Nova Cas 2020 (V1391 Cas)

Klaus Wenzel

Über die Nova Cas 2020 wurde an dieser Stelle schon ausführlich von Matthias Kolb berichtet [1]. Die am 27.7.2020 von S. Korotkiy und Kirill Sokolovsky mit einem 135-mm-Tele-Objektiv in Verbindung mit einer CCD-Kamera entdeckte Quelle (00h11m43s +66°11'19") wurde zwei Tage später, am 29.7. am 2,5-m-Teleskop des Sternberg-Observatoriums als klassische Nova bestätigt. Da die Nova sehr günstig postiert und von meiner Sternwarte langfristig erreichbar ist, setzte ich Nova Cas 2020 auf meinen Beobachtungsplan. Geplant waren sowohl visuelle Beobachtungen mit meinen 12,5-Zoll- und 16-Zoll-Dobsons als auch CCD-Beobachtungen in (V) an meinen beiden 6-Zoll- und 8,3-Zoll-Newton-Teleskopen in meiner Dachsternwarte.



Abb. 1: Nova Cas 2020 am 14.11.2020. Die Nova ist deutlich an ihrer roten Farbe erkennbar. Aufgenommen am 8,3-Zoll-Newton-Astrograf mit einer Canon EOS 1300. Die Bildgröße beträgt 15' x 15'

### Eigene visuelle und CCD-Beobachtungen

Eine erste Beobachtung gelang mir etwa 48 Stunden nach der Entdeckung am 29.7.2020 um 22:00 UT an meinem 12,5-Zoll-Newton bei 170facher Vergrößerung. Eine erste Schätzung ergab 13,8 mag für das direkt sichtbare stellare Objekt. Bei weiteren Beobachtungen bis zum 10.8. stieg die Helligkeit kontinuierlich bis 10,6 mag an. Es folgte dann ein Helligkeitseinbruch auf 12,2 mag am 12.8., um dann in eine 3monatige Phase mit Helligkeitsschwankungen zwischen der 12. und 13. Größe überzugehen. Erst am 8.12.2020 konnte ich einen deutlichen Helligkeitsrückgang auf 14,7 mag beobachten. Bei meiner letzten Beobachtung am 16.12.2020 stürzte die Helligkeit dann regelrecht auf 17,9 mag ab.

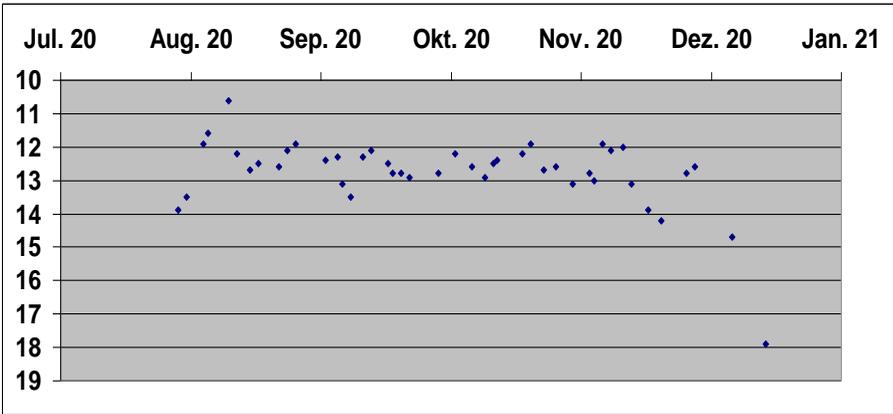


Abb. 2: Die Lichtkurve visuell und digital (V) nach Beobachtungen des Autors in der Dachsternwarte Wenigumstadt.

Bei V1391 Cas (Nova Cas 2020) handelt es sich aufgrund der Lichtkurve wohl eindeutig um eine Nova vom Typ NL = langsame Nova. Das Kriterium, der Abstieg um 3 Magnituden dauert länger als 100 Tage, hat die Nova klar erfüllt.

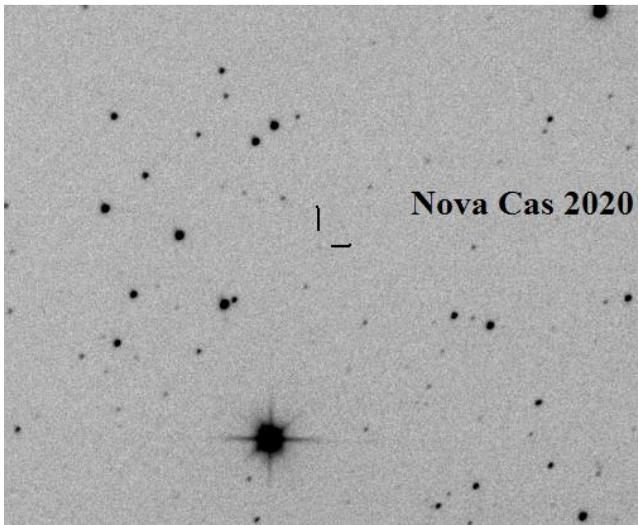


Abb. 3: Die letzte Aufnahme der Nova am 16.12.2020 am 8"3 Newton

[1] BAV Rundbrief 4/2020 193 - Matthias Kolb V1391 Cas (N Cas 2020) - eine Nova mit interessanter Lichtkurve

Klaus Wenzel, Hamoirstr. 8, 63762 Großostheim, Wenzel.qso@t-online.de

## Ausbruch von zwei alten Bekannten AY Lac und Nova M 31 1967 10-c als UGWZ klassifiziert

Klaus Wenzel

In der zweiten Jahreshälfte 2020 konnten zwei interessante Ausbrüche von UGWZ-Sternen beobachtet werden. Der Ausbruch von AT 2020plo, einer vermeintlichen älteren Nova (Nova M 31 1967 10-c) im Andromedanebel, entpuppte sich als Vordergrundobjekt unserer Milchstrasse. Auf den Ausbruch von AY Lac wurde schon seit fast sechs Jahrzehnten gewartet. Ich gebe hier einen kurzen historischen Überblick über die beiden Objekte und präsentiere eigene CCD-Beobachtungen der jeweils kurzen Ausbrüche.

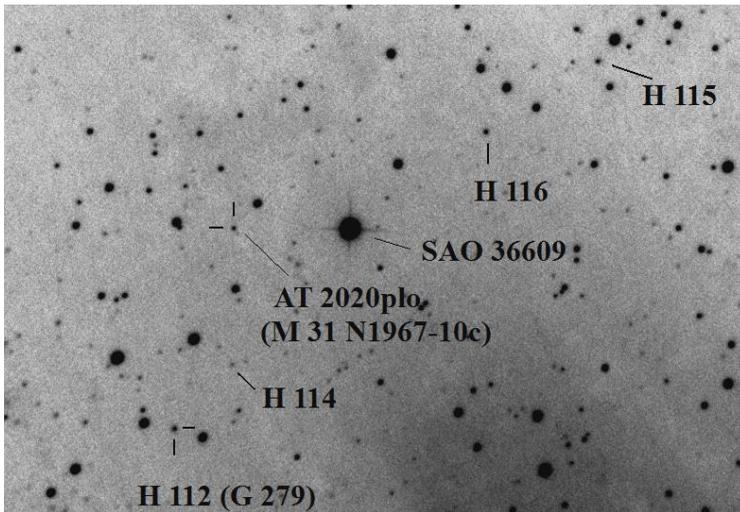


Abb. 1: CCD-Aufnahme von AT2020plo am 8,3-Zoll-Newton meiner Dachsternwarte vom 25.07.2020 mit einer Helligkeit von 15,7 mag. Zur Orientierung sind einige von Hubbles Kugelsternhaufen (H) sowie der Vordergrundstern SAO 36609 markiert. Die Bildgröße beträgt etwa 20' x 15'

### AT 2020plo = M 31 N1967-10c

Am 15.07.2020 entdeckte die Zwicky Transient Facility (ZTF), ein Himmelsüberwachungsprogramm, das mit dem 1,2-m-Schmidtteleskop auf dem Mount Palomar durchgeführt wird, eine vermeintliche Nova im nordöstlichen Bereich des Andromedanebels [1]. Das etwa 15 mag helle Objekt bekam die Bezeichnung ZTF20ablyczu oder AT2020plo. Schnell stellte sich heraus, dass die Position (00<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> 20.18<sup>s</sup>, +41° 34' 08.1'') nahezu identisch mit einer historischen Nova aus dem Jahr 1967 ist.

Freimut Börngen vom Karl Schwarzschildobservatorium Tautenburg durchsuchte 1968 das Plattenarchiv der Sternwarte nach Novae im Andromedanebel [2]. Eines dieser

Objekte, Nova M 31 1967 10-c, war offensichtlich identisch mit dem neu entdeckten Objekt ZTF20ablyczu. Zunächst wurde vermutet, dass es sich hier um eine wiederkehrende Nova (recurrent novae - NR) handelt, aber nach dem ersten Spektrum war klar, es handelt sich um eine galaktische Zwergnova (UGWZ) unserer Galaxis, die sich zufällig im Vordergrund von M 31 befindet [3].

### Eigene Beobachtungen

Zwischen dem 25.07. und dem 31.07.2020 gelang mir insgesamt 6 Mal die Aufnahme der Zwergnova mit meinen 8,3-Zoll- und 6-Zoll-Newton-Teleskopen in meiner Dachsternwarte. Dabei konnte ich einen langsamen Helligkeitsrückgang beobachten. Nach dem 31.07.2020 setzte dann die, für WZ-Sge-Sterne typische, Rapid Fading Phase ein und AT 2020plo war für mich nicht mehr erreichbar. Bei weiteren Überwachungsaufnahmen konnte ich auch keine erneute Aufhellung (Rebrightening) mehr beobachten.

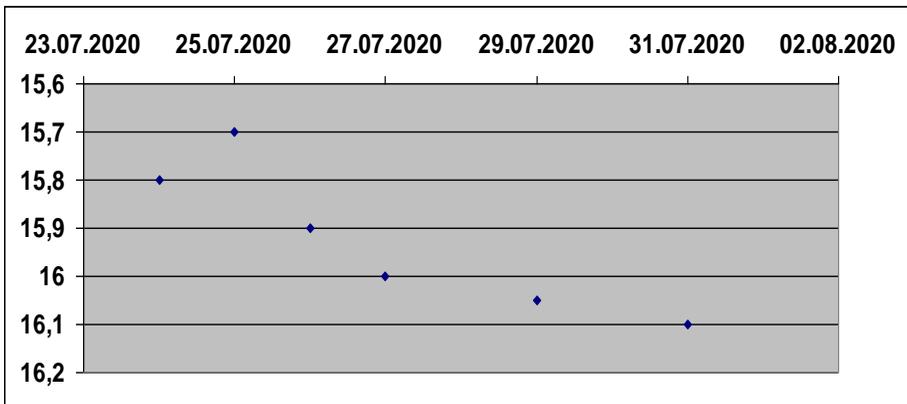


Abb. 2: Lichtkurve (CV) der Zwergnova AT 2020plo im Vordergrund der Andromeda-Galaxie, basierend auf CCD-Beobachtungen am 8,3- und 6-Zoll-Newton der Dachsternwarte in Wenigumstadt.

### AY Lac

Die Geschichte von AY Lac begann in Sonneberg im August/Sept 1927, da entdeckte Cuno Hoffmeister den Stern als neues, etwa 15 mag helles Objekt, das auf späteren Aufnahmen nicht mehr nachgewiesen werden konnte. Hoffmeister vermutete zunächst einen LPV-(Mira)-Stern [4]. Ein gesicherter Ausbruch wurde von Herta Gessner ebenfalls in Sonneberg im August 1962 nachgewiesen. Ein weiterer Ausbruch bis 2020 konnte dann nicht mehr beobachtet werden.

Peter Kroll - BAV Mitglied und aktueller Leiter der Sternwarte Sonneberg - analysierte die bisher vorhandenen Daten und schloss daraus, dass es sich bei AY Lac um einen Cataclysmic Variable (CV) handelt. Er vermutete entweder eine wiederkehrende Nova (NR) oder eine Zwergnova vom Typ UGWZ [5].

Am 08.10.2020 meldete schließlich Patrick Wiggins und das Überwachungsprogramm ASASSN (All Sky Automated Survey for Supernovae) den lang erwarteten Ausbruch.

AY Lac tauchte aus dem Dunkel mit einer Helligkeit von etwas mehr als 14 mag auf. 24 Stunden zuvor war das Objekt noch schwächer als 17 mag.

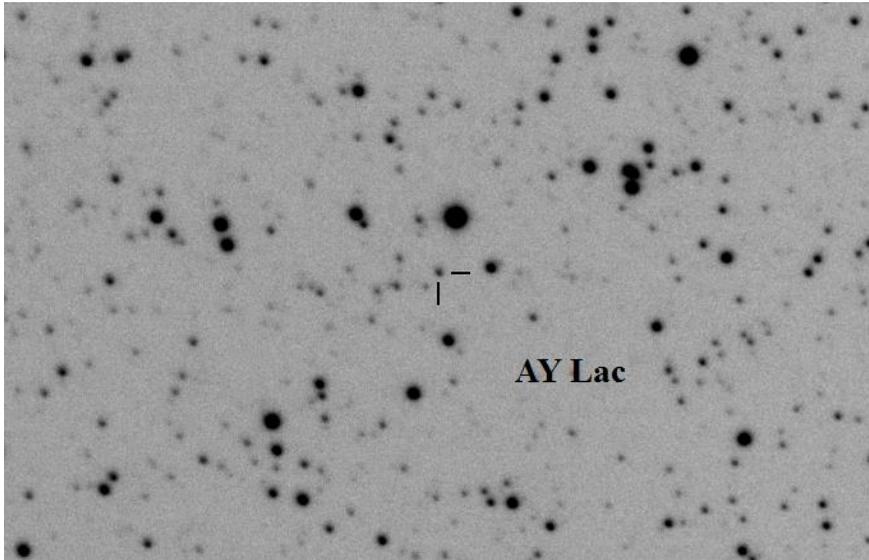


Abb 3: CCD-Aufnahme von AY Lac vom 10.10.2020, aufgenommen am 6-Zoll-Newton (Wachter) in der Dachsternwarte Wenigumstadt. Die Helligkeit von AY Lac betrug hier 14,4 mag etwa 2 Tage nach dem Maximum. Die Bildgröße beträgt etwa 15' x 10'.

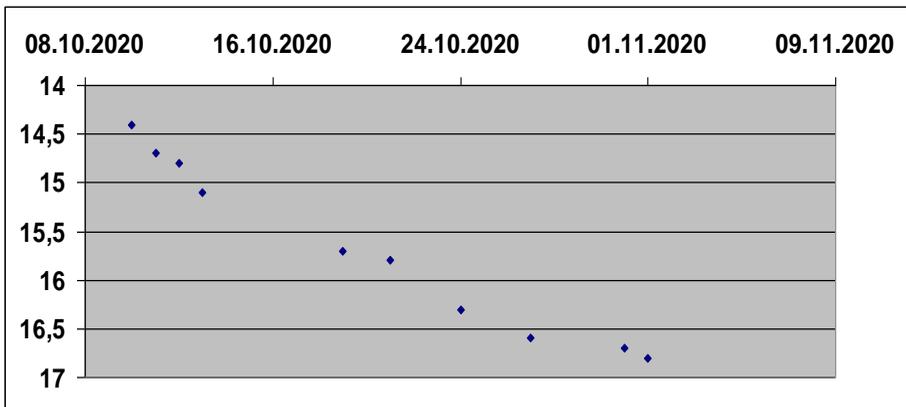


Abb. 4: Lichtkurve (CV) von AY Lac nach Beobachtungen in der Dachsternwarte in Großostheim-Wenigumstadt. Das Maximum dürfte mit etwa 13,5 mag um den 08.10.2020 einzuordnen sein.

### Eigene Beobachtungen

Am 10.10.2020, also zwei Tage nach Wiggins Entdeckung des Ausbruchs, konnte ich AY Lac erstmals beobachten. Zunächst mit der CCD-Kamera am 6-Zoll-Newton und anschließend auch visuell am 12,5-Zöller ( $V = 170x$ ). Die Helligkeit betrug 14,4 mag, also bereits schwächer als die Entdeckungshelligkeit. Bis zum 1.11. konnte ich dann einen ständigen Helligkeitsrückgang beobachten. Am 4.11.2020 war AY Lac für mich nicht mehr erreichbar. Ein weiterer Echoausbruch konnte auch nicht beobachtet werden.

Wie viele Jahre oder Jahrzehnte mögen nun vergehen, bis AY Lac wiederauftaucht?

### Literatur:

- [1] ATel #13869 (16.07.2020) Anna Y.Q. Ho et. al. - ZTF Discovery of ZTF20ablyczu (AT2020plo): A Probable Recurrent-Nova Eruption in M 31
- [2] AN (291) 19 F. Börngen - Nova in M 31 auf Tautenburg Schmidt-Aufnahmen Teil I
- [3] ATel #13883 (21.07.2020) S.C. Williams et. al. - Spectroscopic confirm of AT 2020plo (M 31 recurrent nova candidate) as a Galactic dwarf nova
- [4] AN 233 (1928) 33 C. Hoffmeister - 80 neue Veränderliche
- [5] IBVS 5441, P. Kroll et. al. - AY Lacertae is a cataclysmic Variable

Klaus Wenzel Hamoirstr. 8 63762 Großostheim, Wenzel.qso@t-online.de

## Auswertung historischer Fotoplatten des Observatoriums Hoher List

### I) Veränderliche Sterne auf Aufnahmen des Schmidt-Spiegels in der Umgebung von V 1500 Cyg (Nova Cygni 1975)

Michael Geffert

**Abstract:** *We determined photographic B magnitudes of six variable stars in a field of  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  around V1500 Cyg. 62 plates taken from 30/08/1981 to 07/09/1981 with the Schmidt telescope of Hoher List observatory were used. We scanned the plates on an EPSON 4990 Scanner and reduced the scans with Astroart 5.0 and own software.*

#### Einleitung

Historische Fotoplatten aus der Zeit vor 1990 enthalten oft eine Fülle von noch nicht ausgewerteten Helligkeiten variabler Sterne. In einer Zeit, in der es noch nicht möglich war, das komplette Plattenmaterial zu bearbeiten, beschränkten sich die veröffentlichten Messergebnisse oft auf einzelne Sterne, während die Daten von anderen veränderlichen Sternen im gleichen Feld nicht erfasst wurden.

Mit den heutigen technischen Möglichkeiten liegt eine neue, komplettere Auswertung solchen Fotomaterials aber im Bereich des Möglichen. Sie erscheint deswegen sinnvoll, da das Datenmaterial aus früheren Epochen vielleicht wichtige zusätzliche Informationen zu Sternen enthalten kann.

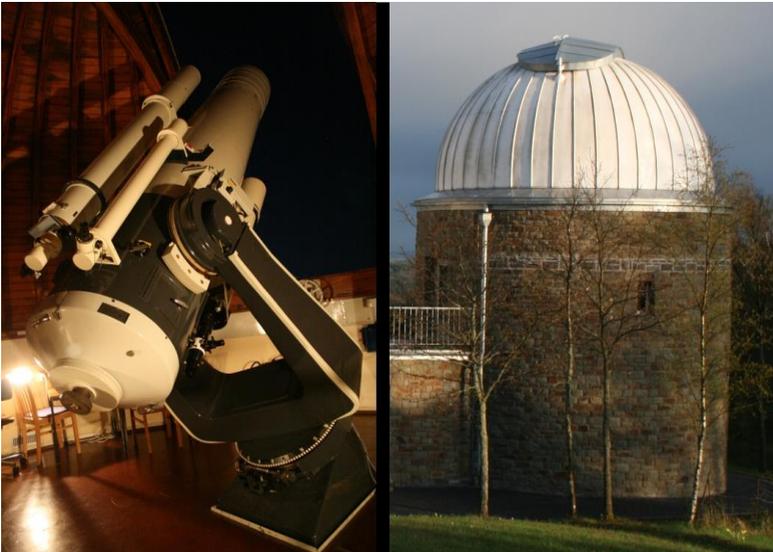


Abb. 1: Das Schmidt-Teleskop des Observatoriums Hoher List mit Kuppel (2007)

Nach den ersten positiven Erfahrungen mit der Bearbeitung der historischen Fotoplatten des Observatoriums Hoher List soll diese Arbeit jetzt so fortgesetzt werden, dass die Helligkeiten der bekannten variablen Sterne in dem jeweiligen

Sternfeld ermittelt und den Kolleginnen und Kollegen über die BAV (bzw. AAVSO) für weitere Untersuchungen zur Verfügung gestellt werden. In dieser Arbeit beginnen wir mit der Bearbeitung von Fotoplatten von V1500 Cyg (Nova Cygni 1975). Grundlage sind Aufnahmen aus dem Jahr 1981 mit dem Schmidt-Spiegel des Observatoriums.

### **Das Schmidt-Teleskop am Observatorium Hoher List**

Nach dem zweiten Weltkrieg errichteten die Astronomen der Bonner Universitätssternwarte wegen der zunehmenden Lichtverschmutzung in der Stadt eine neue astronomische Beobachtungsstation auf dem Hohen List bei Schalkenmehren / Daun in der Eifel. Hauptgerät der ersten Phase des Baus der Sternwarte war ein Schmidt-Teleskop mit einem 50-cm-Spiegel und einer Korrekionsplatte mit einem Durchmesser von 34 cm (Abbildung 1).

Erste Arbeitsgebiete des Teleskops am Hohen List waren Stellarstatistik, Untersuchung der Milchstraße und später die Erstellung des legendären "Bonner Spektralatlases" von Frau W. Seitter, die als erste Frau in Deutschland an der Bonner Universität im Jahre 1965 im Fach Astronomie habilitierte. Unter günstigsten Bedingungen erreichte das Teleskop bei Direktaufnahmen eine Grenzreichweite in B von siebzehnter Größe. Wegen anderer dringender Arbeiten konnte die Werkstatt des Observatoriums dieses Gerät allerdings seinerzeit nicht mehr modernisieren, so dass 2011 beschlossen wurde, das Teleskop abzugeben. Pläne, in der gleichen Kuppel ein spezielles Teleskop für öffentliche Führungen zu installieren, konnten wegen der Schließung des gesamten Observatoriums im Jahre 2012 aber nicht mehr realisiert werden.

### **Die Aufnahmen von V1500 Cyg**

Im Rahmen eines Partnerschaft Projekts der Universitäten Bonn und Warschau gelangen I. Semeniuk (1936-2018) im Jahre 1981 in 5 Nächten vom 30. August bis zum 7. September 62 Aufnahmen der Nova Cygni 1975 (V1500 Cyg).

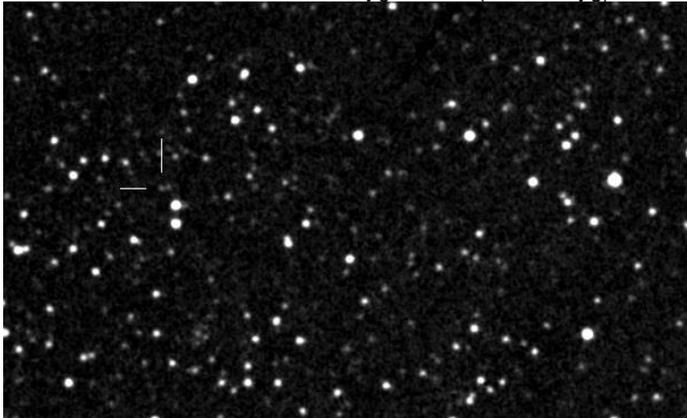


Abb. 2: Ausschnitt (ca. 20' x 10') einer Aufnahme von V1500 Cyg

Bei den Aufnahmen fanden Kodak Ila-O-Emulsionen Verwendung, die jeweils ohne Filter 30 Minuten belichtet wurden. Abbildung 2 zeigt einen Plattenausschnitt mit markierter Nova, deren Helligkeit auf 16. Größe abgesunken war. Die Auswertung der

Aufnahmen erfolgte seinerzeit mit einem Irisblenden-Fotometer und Kruszewski et al. (1983) bestimmten kurzzeitige Lichtschwankungen der Nova.

### Scan der Platten, Kalibration

Für eine Auswertung des Plattenmaterials wählten wir ein Feld von  $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$  um das Zentrum der Platten von  $\alpha_{2000} = 21^{\text{h}}07^{\text{m}}30^{\text{s}}$  und  $\delta_{2000} = +47^{\circ}40'00''$ . Die Einschränkung auf dieses Feld ermöglichte die Verwendung des Astroart 5.0 Programms, da die Anzahl der gefundenen Sterne die Höchstzahl der von diesem Programm gleichzeitig bearbeitbaren Sterne von 50.000 gerade nicht überschritt. Das Programm Astroart 5.0 und der UCAC4-Katalog dienten zur ersten Kalibration der Sternpositionen auf jeder Aufnahme für den Vergleich mit dem Referenzkatalog. Für die fotometrische Reduktion nutzten wir Helligkeiten des APASS-10-Katalogs. Mangels Verwendung eines Filters sind unsere Daten aber nur annäherungsweise B-Helligkeiten.

Die Kalibration der Helligkeiten erfolgte in zwei Schritten mit eigenen Programmen. Zuerst führten wir eine Kalibration jeder einzelnen Platte durch. Für Sterne von Interesse wählten wir dann ein Unterfeld mit Radius von etwa 6 Bogenminuten um das Objekt aus. Die endgültige Helligkeitsbestimmung basierte dann nur noch auf Referenzsternen aus diesem Unterfeld, deren Helligkeit nicht mehr als 2 Größenklassen von den Extremwerten der Lichtkurve abwich. Differenzen der gemessenen Helligkeiten der Sterne von dem Katalog ergaben in der Regel ein rms von 0.11 bei etwa 50 Referenzsternen.

### Daten für sechs veränderliche Sterne

Um einen Eindruck über die Qualität unserer Messungen zu gewinnen, erfolgt an dieser Stelle ein kurzer Blick auf die Lichtkurven von sechs veränderlichen Sternen. Abbildungen 3 und 4 zeigen Lichtkurven von Sternen, deren Helligkeiten über den Beobachtungszeitraum kaum Veränderungen zeigen.

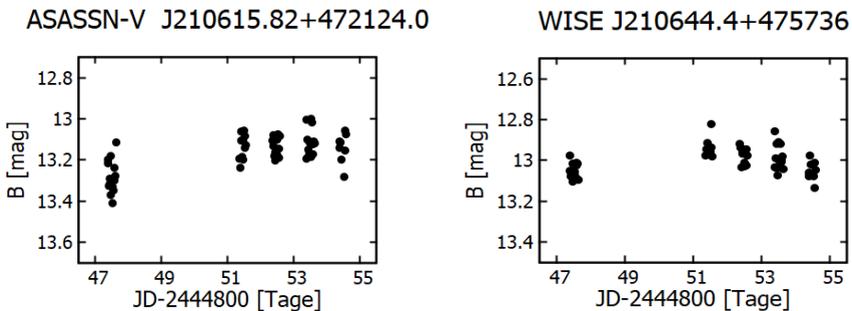


Abb. 3 (links) und Abb. 4 (rechts): Lichtkurven von zwei veränderlichen Sternen

Geht man davon aus, dass die Helligkeit dieser Sterne sich in einer Nacht nicht ändert, kann man aus der Streuung der Helligkeiten in einer Nacht unsere Messungenauigkeit abschätzen. Der rms-Wert betrug im Mittel 0.04 Größenklassen. Diese Messgenauigkeit gibt an, welche Genauigkeit bei der Messung der Variationen der Helligkeit in den Lichtkurven erreicht wird. Systematische Fehler, die z.B. auch durch

die unterschiedlichen Farbsysteme erzeugt entstehen, werden damit nicht erfasst. Während ASASSN-V J210615.82+472124.0 bei der AAVSO als halbregelmäßiger Stern bezeichnet wird, gilt WISE J210644.4+475736 dort als UX-Orionis-Stern. Dieser Stern befand sich in der Zeit unserer Beobachtung vermutlich in einer Ruhephase.

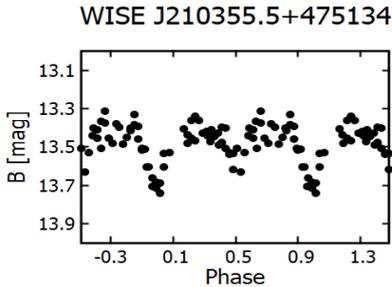


Abb. 5: Lichtkurve eines Sterns mit  $P=0.72532$  Tagen

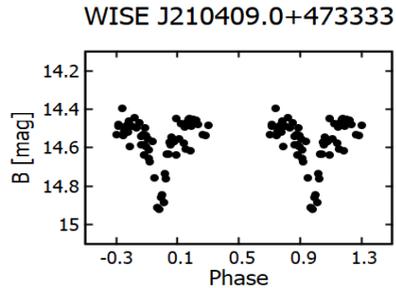


Abb. 6: Lichtkurve eines Sterns mit  $P=1.15868$  Tagen

Für Periodenbestimmungen kam das Programm Persea (Schwarzenberg-Cerny 1996, Maciewski et al. 2005, Maciewski und Niedzielski 2017) zur Anwendung.

Unsere Messungen des Sterns WISE J210355.5+475134 lieferten eine Periode (Abbildung 5), die deutlich (250 Sekunden) von der bei ASAS angegebenen Periode von 0.7223585 abwich. Ursache dafür ist vermutlich die kleine Amplitude der Helligkeitsvariationen in Verbindung mit unser geringeren Messgenauigkeit.

Die Periode des Sterns WISE J210409.0+473333 liegt laut AAVSO bei 1.16588 Tagen. Ob die Abweichungen - immerhin 622 Sekunden - zu der Periode aus unseren Daten ihren Ursprung in der nicht vollständigen Überdeckung der Lichtkurve oder einen realen physikalischen Grund hat, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden.

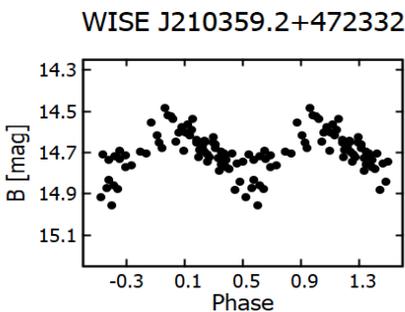


Abb. 7: Lichtkurve eines Sterns mit  $P=0.46460$  Tagen

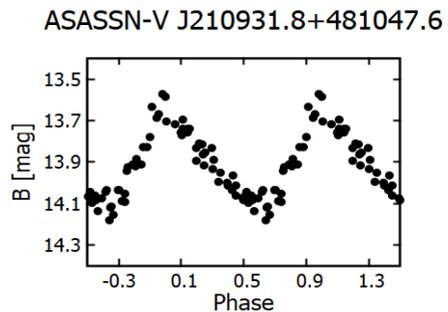


Abb. 8: Lichtkurve eines Sterns mit  $P=0.18177$  Tagen

Der Stern WISE J210359.2+472332 wurde im Rahmen der Satellitenmission WISE von Chen et al (2018) entdeckt. Dort erscheint er als W-Uma-System mit einer Periode von 0.9243958 Tagen. Unsere Daten ergeben bei Analyse mit Persea eine Periode

von 0.46460 Tagen (Abbildung 7). Die Diskrepanz lässt sich vermutlich auf die schlechtere fotometrische Genauigkeit unserer Daten zurückführen. Bemerkenswert ist allerdings, dass die Analyse der ASAS-Daten mit Persea ebenfalls nur eine Periode von 0.462214 Tagen ergibt. Beide Male klassifiziert Persea diesen Stern als RRc-Lyrae-Objekt und nicht als W-Uma-System.

Abbildung 8 zeigt die Lichtkurve des Sterns ASASSN-VJ210931.8+481047.6. Unsere Periode von 0.18177 Tagen stimmt relativ gut (8 Sekunden) mit der bei der AAVSO angegebenen Periode von 0.18168 Tagen überein.

### **Diskussion**

Diese Arbeit untersucht die Genauigkeit der fotometrischen Auswertung von Aufnahmen des Schmidt-Spiegels des Observatoriums Hoher List. Die ersten Ergebnisse ergaben, dass man Lichtkurven mit einer internen Präzision von 0.04 mag bestimmen kann. Diese Genauigkeit bezieht sich aber nur auf die Form der Lichtkurve. Die absoluten Werte der Helligkeiten haben bestenfalls Genauigkeiten von 0.11 mag. Die Frage, ob die Differenzen von ermittelten Perioden zu den modernen Messungen physikalischer Natur sein könnten, muss an dieser Stelle noch offen bleiben.

Die Helligkeitsbestimmungen werden nach Erscheinen dieses Artikel im Rundbrief dem BAV Archiv zur Verfügung gestellt.

### **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.

Dem Argelander-Institut für Astronomie der Universität Bonn sei Dank für die Möglichkeit, die Platten des Schmidt-Spiegels zu verwenden.

### **Literatur**

- Chen X. et al., 2018, ApJS 237, 28  
 Kruszewski A., Semeniuk I., Dürbeck H., 1983, Acta Astronomica 33, 339  
 Maciejewski, G., 2017, PerSea 2.7 - period search for Windows  
 Maciejewski, G. & Niedzielski, A., 2005, Baltic Astronomy, 14, 205  
 Schwarzenberg-Czerny A., 1996, ApJ 460, 107

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

## Vorhersagen-Berechnung 2021

Dietmar Bannuscher

Erstmals für 2021 rechnete ich Vorhersagen von (wenigen) hellen Veränderlichen für den BAV Rundbrief. Dabei folgte ich zumindest im Wesentlichen der langen Serie von ähnlichen Artikeln unseres Werner Braune.

Nach meinen Rechnungen erfuhr ich von Wolfgang Vollmann, dass er für die Österreicher Amateure ebenfalls Veränderliche vorhersagt und wusste natürlich, dass auch Andreas Barchfeld das BAV Circular 2021 noch berechnete.

Im November/Dezember erhielt ich dann zwei Lichtkurven von Algol (beta Per), einmal von Wolfgang Vollmann mit einer DSLR-Kamera sowie eine visuelle Beobachtung von Wolfgang Spiess (siehe Bericht mit beiden Lichtkurven in diesem Rundbrief).

Dies nahm ich zum Anlass, nun meine Vorhersagen zu Algol denen von W. Vollmann und des Circulars 2021 gegenüber zu stellen, in unten genannten Fällen erst rückwärts, dann zum Vergleich drei der „richtigen“ Vorhersagen für Januar.

Ich rechnete meine erste Januar-Vorhersage für Algol zurück: auf den Zeitpunkt des Minimums von Herrn Spiess (14.9.2020) und ebenso zum Minimum von Herrn Vollmann (21.11.2020), siehe Abbildung 1 und 2.

Gleichzeitig berechnete ich mit den Daten von Herrn Vollmann seine Vorhersagen, ausgehend von seinem Minimum (ob er auch für seine Vorhersagen wirklich so gerechnet hat, kann ich nicht sagen). Er rechnet aber auf jeden Fall mit einer Algol-Periode von 2,86736 Tagen (AAVSO VSX), ich verwendete die Periode 2,867315 Tage (Kreiner, 2017).

Gegenübergestellt (Abb. 1) erkennt man beim Minimum von Herrn Spiess eine Vorhersage-Differenz von 9 min., der Zeitpunkt für das Vollmann-Minimum hätte 10 min. Unterschied gehabt (Abb. 2).

Diese 10 min. Unterschied halten sich auch in den Januar-Vorhersagen konstant (Abb. 3). Das Circular weicht teilweise noch mehr von meinen Vorhersagen ab, gegenüber den Vollmann-Daten mal mehr, mal weniger.

Wie kommt es zu solchen Differenzen? Der Unterschied zwischen den Perioden von AAVSO VSX und Kreiner 2017 beträgt gerade einmal rund 4 Sekunden. Über das Jahr gerechnet summiert sich dies auf ca. 8,5 Minuten. Meine Rechnungen begannen mit einem Minimum aus 2017, gefunden in der LkDB. Von wo aus Herr Vollmann gerechnet hat, kann ich nicht sagen, aber sicherlich mit einem aktuelleren Minimum.

Was resultiert aus meinen Gedankenspielen? Die Vorhersagen z. B. für Algol in 2021 liegen recht nah beieinander. Ich sollte für das Jahr 2022 aktuellere Minima (Maxima) zur Vorhersageberechnung verwenden (je nach Stern sind diese aber nicht immer vorhanden).

Bannuscher 2,867315 (Kr.)	2459103,648	Vollmann 2,86736 (AAVSO)	2459103,654
14.9.2020, 02:21	2459106,515	14.9.2020, 02:30	2459106,521
	2459109,383		2459109,388
	2459112,25		2459112,256
	2459115,117		2459115,123
	2459117,985		2459117,99
	2459120,852		2459120,858
	2459123,719		2459123,725
	2459126,587		2459126,592
	2459129,454		2459129,46
	2459132,321		2459132,327
	2459135,189		2459135,194
	2459138,056		2459138,062

Abb. 1: Rückrechnung auf Minimum von Herrn Spiess

Bannuscher 2,867315 (Kr.)	2459172,464	Vollmann 2,86736 (AAVSO)	2459172,47
21.11.2020, 20:56	2459175,331	21.11.2020, 21:06	2459175,338
	2459178,198		2459178,205
	2459181,066		2459181,072
	2459183,933		2459183,94
	2459186,8		2459186,807
	2459189,668		2459189,674
	2459192,535		2459192,542
	2459195,402		2459195,409
	2459198,27		2459198,276
	2459201,137		2459201,144
	2459204,004		2459204,011

Abb. 2: Rückrechnung auf Minimum von Herrn Vollmann

Bannuscher 2,867315 (Kr.)	2459215,473	Vollmann 2,86736 (AAVSO)	2459215,481	Circular 2021	
3.1.2021, 21:11	2459218,341	3.1.2021, 21:21	2459218,348	3.1.2021, 21:38	2459218,36
6.1.2021, 17:59	2459221,208	6.1.2021, 18:09	2459221,215	6.1.2021, 18:17	2459221,22
	2459224,075		2459224,083		
	2459226,943		2459226,95		
	2459229,81		2459229,817		
	2459232,677		2459232,685		
21.1.2021, 02:04	2459235,545	21.1.2021, 02:14	2459235,552	21.1.2021, 02:12	2459235,55
	2459238,412		2459238,419		
	2459241,279		2459241,287		

Abb. 3: Vorausrechnungen für Algol-Minima 2021

Dietmar Bannuscher, 56249 Herschbach, dietmar.bannuscher@t-online.de

## Hitze, Staub und Mars-Wasser!

Peter B. Lehmann

Viele Satellitendaten astrophysikalischer Projekte versanden in der Fülle der Daten, die uns diverse Untersuchungen an den naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten bescheren. Vor allem dann, wenn sie bei der Durchsicht durch Tages-Journalisten überlesen werden.

Dazu gehörte wohl auch diese Allerwelts-Meldung über "Hitze und Staub" auf dem Nachbarplaneten Mars, welche dem flüchtige Sensationen suchenden Blick der vielen selbsternannten Umwelt-Spezialisten der öffentlichen Medien nicht spektakulär genug war.

Vergleicht man die Planeten Erde und Mars, so ist das erstaunlichste Ergebnis der Geophysik, dass die Atmosphäre der Erde nach den bisher gefundenen fossilen Zeugnissen mindestens seit einer 1 Milliarde Jahren (also 1000 Millionen Jahren) die gleiche Zusammensetzung besessen hatte, wie heute noch.

Der gegenwärtige Zustand der Erdatmosphäre ist das Produkt der Vorgänge an ihren beiden Grenzbereichen nach Außen und Innen; der Erdoberfläche inklusive Biosphäre und dem Anfang des interplanetaren Raums, der sogenannten Exosphäre.

Angeregt durch die intensive direkte Sonneneinstrahlung verlaufen in der Erdatmosphäre physikalische und chemische Prozesse. Die Erdatmosphäre ist aber in ihrem Zustand, nach diesem gewaltigen Zeitraum, immer noch in einem dynamischen Gleichgewicht.

Beispielweise durch die bekannte Vulkantätigkeit und die CO<sub>2</sub>-Ablagerung am Grund der Barentssee, welche durch die Erwärmung dieses Eismeereres und daraus erfolgender Lösung dieser Gase an der Oberfläche zu „kochen“ anfängt und das CO<sub>2</sub> wieder an die Atmosphäre zurückgegeben wird. Die Lage, in der sich dieses Gleichgewicht unseres Planeten einpendelt hat, ist dabei teilweise sehr empfindlich gegenüber Variationen der betreffenden Parameter.

Vor diesem Hintergrund ist die Annahme doch eigentlich sehr vermessen zu glauben, dass mit Elektroautos und CO<sub>2</sub>-Handel klimatische Veränderungen auf unserer Erde wesentlich beeinflusst oder sogar verhindert werden kann.

Im Gegenteil, die Wissenschaftler, welche die neuen Messinstrumente an Bord der NASA-Raumsonde Mars Atmosphere and Volatile Evolution (MAVEN) verwenden, haben beim Auswerten der durch die Sonde übermittelten Daten entdeckt, dass wir hilflos zusehen werden, wie unser Planet uns die Bewohnbarkeit immer mehr verweigert.

Was wir jetzt schon auf unserem Nachbarn Mars beobachten können, wird auch das Schicksal der Erde sein. Nur durch die größere Masse unseres Planeten könnte eventuell eine Beschleunigung der Mars-Vorgänge, wegen der größeren Sonnennähe der Erde, etwas verhindert werden. Der Mars verliert auch heute noch Wasser, da Wasserdampf nach der Sublimation aus den gefrorenen Polkappen in den wärmeren Jahreszeiten immer noch in größere

Höhen transportiert wird. Wasserdampf aus der Nähe der Oberfläche des Mars wird zusätzlich, durch starke heftige Sandstürme, fast bis an den Außenrand der Mars-Exosphäre gehoben.

„Wir alle waren sehr überrascht“, sagte Shane W. Stone (<https://shannewstone.com>) zu den „MAVEN Daten“, „Wassernachweise fast am Ende der Marsatmosphäre zu finden, die dort von der Marssonde hoch über der Oberfläche des Planeten schwebend mit dem neuen Massenspektrometer, das am Goddard Space Flight Center der NASA in Greenbelt Maryland entwickelt wurde, zu entdecken“. Die Wissenschaftler identifizieren mit diesem neuen Messinstrument das ionisierte atmosphärische „Außen-Gas“, und trennen das neutrale Gas und die Ionen, aus denen es besteht, nach ihrer Masse.

Als der NASA Opportunity Rover 2018, durch einen schweren, fast 45 Tage dauernden globalen Staubsturm auf dem Mars außer Betrieb gesetzt wurde, ging in dieser Zeit so viel Wasser verloren wie normalerweise während eines ganzen Mars-Jahres, das zwei Erd-Jahre dauert.

Stone und sein Team verfolgten mehr als zwei Mars-Jahre lang die Fülle der Wasser Ionen hoch über dem Mars. Dabei stellten sie fest, dass die Menge an Wasserdampf in der Atmosphäre etwa 150 km über der Oberfläche im Sommer auf der südlichen Hemisphäre am Höchsten ist. Während dieser Zeit steht der Mars der Sonne am Nächsten und ist daher auch am Wärmsten.

Die Wahrscheinlichkeit für Staubstürme ist jetzt ebenfalls am Größten. Die hohen warmen Sommertemperaturen und starken Winde, die fast immer mit Staubstürmen verbunden sind, helfen dem Wasserdampf also zusätzlich beim Aufstieg in die äußersten Teile der Marsatmosphäre, die Exosphäre zu erreichen. Dieser Teil der Atmosphäre ist aber wie bei unserer Erdatmosphäre, der Teil, der auch der vollen Kraft der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, was dazu führt, dass die in dieser Region reichlich vorhandenen Ionen die Wassermoleküle zehnmal schneller zerlegen können, als dieses bei niedrigerer Konzentration möglich ist.

Der Zahn der Zeit ist der Hebel, der den Mechanismus bei der Ionisierung der Wassermoleküle antreibt und diese wieder in ihre leichter flüchtigen Ursprungselemente zerlegt. Womit sie damit beflügelt werden, so nahe am Rand der Exosphäre, sich wieder in den interstellaren Raum zu verflüchtigen. Dem Mars ging dabei über Milliarden von Jahren ein globaler Wasserozean verloren, der bis zu Hunderten von Metern tief war. Diese Austrocknung des Planeten dauert also noch an.

„Das Einzigartige an dieser Entdeckung ist, dass sie uns einen neuen Weg bietet, von dem wir nicht glaubten, dass er existiert, damit Wasser aus der Marsumgebung entweicht“, sagte Mehdi Benna.

#### Literatur

(<https://science.gsfc.nasa.gov/sed/bio/mehdi.benna>) LonnieShekhtman@nasa.gov?

H.K. Paetzold, Naturw.41.318.

C.Hoffmeister, Astron. Nachr.283.ber

## **Einladung zur BAV-Mitgliederversammlung 2021**

BAV-Vorstand

Die Mitgliederversammlung der Bundesdeutschen Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV) findet am Sonntag, den 11. Juli 2021 in 04736 Waldheim (Sachsen) im Hotel zum Goldenen Löwen statt (Tel.: 034327 666000).

Der Vorstand der BAV lädt ein und schlägt die folgende Tagesordnung vor:

Beginn 09.00 Uhr

Die vorgeschlagene Tagesordnung umfasst folgende Punkte:

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

Voraussichtliches Ende: 12:00 Uhr

Weitere Vorschläge für Themen oder Anträge in der Mitgliederversammlung können jederzeit an Lienhard Pagel ([lienhard.pagel@t-online.de](mailto:lienhard.pagel@t-online.de)) oder Dietmar Bannuscher ([dietmar.bannuscher@t-online.de](mailto:dietmar.bannuscher@t-online.de)) geschickt werden.

## **Moderne Arbeitsweisen sind leider nicht immer optimal**

Einige Gedanken zum Abschluss meiner BAV-Tätigkeiten

Werner Braune

Als langjährigem Beobachter Veränderlicher und Betreuer aller BAVer verbinden sich in meinem Kopf sowohl viele Veränderliche mit ihrem Lichtwechsel sehr konkret als auch die BAV-Mitglieder mit ihren Eigenheiten, die ich beim regelmäßigen Versand der BAV-Unterlagen, beim Aufkleben der Anschriften-Etiketten bei mir Revue passieren ließ.

Aus meiner Sicht hat sich dieses individuelle Vorgehen durch moderne Erfassungs- und Darstellungsmethoden sowie Auslagerung von Bearbeitungsvorgängen zu einem gewissen Nachteil verändert.

Was vorging, betrifft bereits den Beobachter, der sich durch lange Listen der publizierten Beobachtungen ohne Aufbereitung begeben muss. Diese Listen entsprechen, so wie sie auch von der BAV jetzt einfacher gemacht werden können, den geforderten Angaben der Fachwelt, die sie nach ihren Gesichtspunkten bearbeiten kann.

Bei uns ist das anders: Weggefallen ist die Einteilung nach Sterntypen. Diese Angaben sind bei der Dokumentation der Beobachtungseingänge vorhanden. Zum leichteren Suchen sollte diese Einteilung wie schon früher für unsere Beobachter übernommen werden. Die Beobachtungen bisher nicht im GCVS bezeichneter Veränderlicher bleiben am Ende.

Zur Verfolgung von Periodenänderungen – eine Hauptaufgabe der BAV-Veränderlichenüberwachung – sollten wie früher üblich die (B-R)-Werte zum GCVS angegeben sein. Das ist hilfreich, um als Beobachter zu erkennen, wo der Ansatz zu aktuellen Beobachtungen liegt.

Im BAV-Circular gibt es zudem den Hinweis auf ältere Beobachtungen des Sterns innerhalb der BAV. Sind seit einem alten Datum schon viele Jahre vergangen, erscheinen aktuelle Beobachtungen erforderlich.

Mir ist bewusst, dass heutzutage Beobachter sehr individuell außerhalb der BAV-Programme beobachten. Während für den Test von Ergebnissen Bedeckungsveränderlicher die Lichtenknecker Database of the BAV (LkDB) mit sehr umfassend erfassten Sternen zur Verfügung steht, um Ergebnisse zu ihrem aktuellen Verhalten zu prüfen, muss bei anderen Sterntypen leider individuell gesucht werden.

Mit unseren BAV-Mitgliedern geht es nun auch nach Listen der Vorgabe; denn der Drucker versendet direkt an alle Empfänger im Inland. Ob ein Bearbeiter von Listen dabei einen eher persönlichen Bezug bekommt, ist zumindest schwieriger.

Ich verabschiede mich mit diesen Zeilen von allen, die ich zumeist auch persönlich kenne und sehe meinem 80. Geburtstag in diesem Jahr entgegen.

Werner Braune, Münchener Str. 26-27, 10825 Berlin, braune.bav@t-online.de

## BAV-Publikationen und aktueller Beobachtungseingang

Lienhard Pagel

### Posteingang vom 1.10. bis 31.12 2020

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

Monat 10:	BSH 6	FR 100	HOC 9	MS 129	WNZ 6		
Monat 11:	BSH 6	MS 225	MZ 16	VLM 1	VOH 196	WNZ 2	WKT 4
Monat 12:	HOC 11	MS 254	MZ 5	NMN 89	SCI 10	SM 4	SPI 1
	WNZ 3	WKT 2	PUR 7				

Anzahl LichtKurven-Dateien:	1086
Anzahl MiniMax-Dateien:	158
Anzahl MiniMax-Datensätze:	1335
Anzahl anderer Dateien:	21

Minima und Maxima im 4. Quartal 2020 10-12 (Basis: MiniMax-Dateien)

Beobachter	Summe	vis	CoF	CmF	Exo
BSH Bösch, G. Nagold	15	0	15	0	0
FR Frank, P. Velden	172	0	102	70	0
HOC Hoecherl, M. Roding	30	0	5	25	0
MS Moschner, W. Lennestadt	760	0	4	756	0
MZ Maintz, G. Bonn	21	0	21	0	0
NMN Neumann, J. Leipzig	89	89	0	0	0
PUR Physik Uni Rostock	7	0	0	7	0
SCI Schmidt, U. Karlsruhe	11	0	11	0	0
SM Sturm, A. Saarburg	4	4	0	0	0
SPI Spiess, W. Ertingen	1	1	0	0	0
VLM Vollmann, W. Wien	1	0	0	1	0
VOH Vohla, F. Altenburg	193	193	0	0	0
WNZ Wenzel, B. Wien	20	0	0	20	0
WKT Wickert, V. Essen	11	0	0	11	0
014 Beobachter Summen	1335	287	158	890	0

Aus der Sektion 62

Summe photo-Maxima: 452

Summe photo-Minima: 596

Summe visueller Maxima: 189

Summe visueller Minima: 98

Gesamtanzahl Minima/Maxima: 1335

Davon:

Minima: 694

Maxima: 641

Anzahl E., GS, usw.: 304

Anzahl RR: 67

Anzahl DSCT: 45

Anzahl M: 189

Anzahl SR: 65

Anzahl Kataklys.: 5

und andere ...

## BAV-Publikationen und aktueller Beobachtungseingang

Lienhard Pagel

### Posteingang vom 1.1 bis 31.12. 2020

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

Monat 01:	FR 51	HOC 9	MS 302	MZ 9	RAT 26	RCR 1	VLM 2
Monat 02:	FR 100	HOC 18	MS 258	RAT 24	WNZ 2		
Monat 03:	AG 86	HOC 9	MS 172	MZ 10	SCI 13	WNZ 5	
Monat 04:	MS 36	RCR 5	SCI 16	WNZ 4	WKT 2		
Monat 05:	AG 150	BSH 1	FIR 2	MS 74	MZ 4	NWR 10	SCI 14
	WNZ 2	WKT 8	WLH 1				
Monat 06:	FR 100	HOC 9	MS 178	WNZ 6			
Monat 07:	MS 270	MZ 8	RAT 81	SCI 14	WNZ 3		
Monat 08:	AG 207	HOC 9	MS 31	WNZ 8			
Monat 09:	AG 64	MS 54	MZ 4	SCI 13	SM 33	SWZ 1	WNZ 5
	WKT 5						
Monat 10:	BSH 6	FR 100	HOC 9	MS 129	WNZ 6		
Monat 11:	BSH 6	MS 225	MZ 16	VLM 1	VOH 196	WNZ 2	WKT 4
Monat 12:	HOC 11	MS 254	MZ 5	NMN 89	SCI 10	SM 4	
	SPI 1	WNZ 3	WKT 2	PUR 7			

Anzahl LichtKurven-Dateien:	3615
Anzahl MiniMax-Dateien:	321
Anzahl MiniMax-Datensätze:	4404
Anzahl anderer Dateien:	70

### Minima und Maxima im Kalenderjahr 2020 (Basis: MiniMax-Dateien)

Beobachter			Summe	vis	CoF	CmF	Exo
AG	Agerer, F.	Zweikirchen	507	0	507	0	0
BSH	Bösch, G.	Nagold	17	0	17	0	0
DMT	Dumont, M.	Bailleau l' Eveque	9	9	0	0	0
FIR	Fischer, M.	Emskirchen	3	0	3	0	0
FR	Frank, P.	Velden	589	0	519	70	0
HOC	Hoecherl, M.	Roding	120	0	81	39	0
MS	Moschner, W.	Lennestadt	2456	0	167	2289	0
MZ	Maintz, G.	Bonn	65	0	65	0	0

NMN	Neumann, J.	Leipzig	89	89	0	0	0
NWR	Nawrath, G.	Unna	10	0	9	1	0
PUR	Physik Uni	Rostock	7	0	0	7	0
RAT	Raetz, M.	Herges-Hallenberg	175	0	57	63	55
RCR	Raetz, K.	Herges-Hallenberg	6	5	1	0	0
SCI	Schmidt, U.	Karlsruhe	81	0	81	0	0
SM	Sturm, A.	Saarburg	37	37	0	0	0
SPI	Spieß, W.	Ertingen	1	1	0	0	0
VLM	Vollmann, W.	Wien	3	0	0	3	0
VOH	Vohla, F.	Altenburg	193	193	0	0	0
WNZ	Wenzel, B.	Wien	65	0	0	65	0
WKT	Wickert, V.	Essen	25	0	2	23	0
WLH	Wollenhaupt, G.	Oberwiesenthal	1	0	0	1	0

---

021	Beobachter	Summen	4459	334	1509	2561	55
-----	------------	--------	------	-----	------	------	----

Summe photo-Maxima: 1609

Summe photo-Minima: 2461

Summe visueller Maxima: 212

Summe visueller Minima: 122

Gesamtanzahl Minima/Maxima: 4397

Davon:

Minima: 2583

Maxima: 1821

Anzahl E., GS, usw.: 1524

Anzahl RR: 365

Anzahl DSCT: 221

Anzahl M: 149

Anzahl SR: 46

Anzahl Kataklys.: 35

Anzahl Exoplaneten: 55

und andere ...

Die Ergebnisse sind noch vorläufig, weil noch zu 6 Lichtkurvendateien die MiniMax-Datensätze und zu 15 Datensätzen die Lichtkurvendateien fehlen. Ich werde mich diesbezüglich mit den Beobachtern in Verbindung setzen. Die Veröffentlichung der Daten wird im März erfolgen. Um die Bearbeitung zu erleichtern, bitte ich alle Beobachter, in den Dateinamen der Minimax-Datei mindestens das BAV-Kürzel und das Datum zu schreiben.

## Abbildung auf der Titelseite

Die Nova Persei 2020 (auf den Fotos mittig) zeigte sich oben am 7.12.20 mit ca. 9 mag Helligkeit (etwa 1,5 Wochen nach der Entdeckung), darunter am 10.1.21 mit 13,6 mag (rot, Kennzeichnung mit Strichen). Fotos von Klaus Wenzel, er beobachtete mit seinem 8,3-Zoll-Newton-Teleskop und einer DSLR-Kamera.

## 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	28. Februar und 31. August
	Visuelle Beobachtungen	31. August

## Veranstaltungen (nicht nur der BAV)

Spektroskopie-Seminar CFG	Wuppertal	30. April – 2. Mai 2021
BAV-Mitgliederversammlung	Waldheim (Sachsen)	11. Juli 2021
VEGA 2021 (Spektroskopie)	Salzburg (Öster.)	28.-30./31. Oktober 2021

### Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

### 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)

Internet:

Registergericht:

Redakteur:

Beiträge bitte an:

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)

Bezug:

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

Bankverbindung:

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

Hinweis:

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

Druck:

CopyKing Unter den Eichen 57 12203 Berlin

Redaktionsschluss:

1. Februar 2021



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