

Minimum von Zeta Aurigae im November 2019 (Okt.-Dez. 2019)

Wolfgang Vollmann

Abstract: A minimum of the eclipsing binary star zeta Aurigae (HD 32068 and 32069) was observed Oct.-Dec.2019, with mid-eclipse in Nov.2019. With a DSLR camera and 35mm camera lens series of slightly defocused 10-20 images were taken as often as possible. The minimum was detectable in green light. In blue light the following contact times and minimum time were observed:

Event	JD	Date UT
1st contact	2458782.0	2019 Oct.25.5
2nd contact	2458783.5	2019 Oct.27.0
Minimum	2458802	2019 Nov.14.5
3rd contact	2458820.5	2019 Dec. 3.0
4th contact	2458822.0	2019 Dec. 4.5

Times deduced from the blue lightcurve are uncertain 0.5 to 1 day.
Duration of eclipse was 40.0 days with total eclipse lasting 37.0 days.

Doppelsternsystem Zeta Aurigae

Zeta Aurigae ist ein heller Bedeckungsveränderlicher mit langer Periode von 972 Tagen = 2,66 Jahren. Sterne mit solch langer Periode haben eine ausgedehnte Bahn, so daß nur bei wenigen Systemen die Möglichkeit einer von der Erde aus sichtbaren Bedeckung besteht [7].

Die beiden Sterne des Doppelsternsystems umkreisen sich in einer elliptischen Bahn mit 4,2 AE mittlerem Abstand (Astronomischen Einheiten; Entfernung Erde-Sonne). In Sternnähe (Periastron) sind die beiden Sterne nur 2,5 AE voneinander entfernt, in Sternferne (Apastron) 5,9 AE. Die Entfernung des Systems Zeta Aurigae wird mit 800 bis 850 Lichtjahren angegeben [9,12].

Zeta Aurigae's hellere Doppelsternkomponente ist ein roter Riesenstern vom Spektraltyp K4, die schwächere ein Hauptreihenstern vom Spektraltyp B5. Zeta Aurigae bietet so die seltene Gelegenheit, direkt Sternparameter wie Masse und Durchmesser für einen Riesenstern zu bestimmen. Die gesamte Dauer der Bedeckung von 40 Tagen deutet schon die gewaltigen Ausmaße des Riesensterns von mehr als 150 Sonnendurchmessern an. Der Begleiter ist demgegenüber „nur“ etwa fünfmal so groß wie die Sonne (s. Tab. 1).

Tabelle 1:

Stern/Spektraltyp	Leuchtkraft (Sonnen)	Temperatur K	Durchmesser (Sonnen)
K4 II	4.800	3.950	150
B5 V	1.000	15.300	4,5

Klaus-Peter Schröder schreibt in [9]: „Für die Wissenschaft sind bei diesem Ereignis vor allem die Wochen vor und nach der eigentlichen Verfinsterung sehr interessant, weil dann der Begleiter die ausgedehnte Chromosphäre des Riesensterns, also dessen transparente äußere Gashülle, von hinten durchleuchtet. Die spektroskopische Erfassung dieser chromosphärischen Bedeckungsphasen erlaubt eine genaue und geradezu einmalige Analyse des Dichte- und Temperaturverlaufs in der Chromosphäre des Riesensterns – wie bei einem Scan.“.

Faszinierend ist auch die Entdeckungs- und Beobachtungsgeschichte der Verfinsterungen von Zeta Aurigae nachzulesen. Dank Internet sind diese Artikel auch online verfügbar, siehe [1-6].

Beobachtung der Bedeckung

Werner Braune und ich hatten schon 2011 ein Minimum von Zeta Aurigae beobachtet [11]. Die Beobachtung ist bei mitteleuropäischen Verhältnissen durch die Unsicherheit des Wetters schwierig. Der B-Begleitstern benötigt auch nur etwa einen Tag, um vom Roten Riesen bedeckt zu werden bzw. wieder aufzutauchen. Zu dieser Zeit ist eine Beobachtung über eine ganze, möglichst lange Nacht erforderlich, solange der Stern hoch genug über dem Horizont steht.

Im visuellen Licht bzw. Johnson V ist die Bedeckung auch nur wenig merkbar, knapp 0,2 mag wird Zeta Aurigae's Gesamthelligkeit schwächer. Im blauen Licht (Johnson B) ist die Amplitude schon viel deutlicher, etwa 0,6 mag, da der bedeckte viel heißere B-Stern den Hauptteil der Strahlung im blauen bzw. UV-Licht abstrahlt.

Mit einer digitalen Spiegelreflexkamera Canon 450D und Objektiv 1:2,8 f=35 mm machte ich Strichspuraufnahmen. Dabei wurde etwas defokussiert, um die Sternbilder auf mehrere Pixel zu verteilen. Normalerweise machte ich pro Beobachtung 10-20 Einzelfotos mit 13 Sekunden Belichtungszeit bei ISO 400. Dabei wurde bei jeder sich bietenden Gelegenheit beobachtet, auch durch Wolkenlücken. Fotos mit Wolken oder stark abweichenden Messungen wurden aussortiert, manchmal eine ganze Serie von 10 Aufnahmen. Trotzdem ist die Genauigkeit unter diesen „nicht-photometrischen Bedingungen“ schlechter als bei völlig klarem Himmel. Letztlich hatte ich großes Glück mit dem Wetter, welches öfters tägliche Beobachtung zuließ. Den Beginn der Bedeckung konnte ich glücklicherweise praktisch vollständig erfassen (Abb. 4).

Photometrie der Bedeckung

Die Auswertung der RAW-Bilder im Canon-.CR2-Format übernahm die Software Muniwin [8]. Dabei wurden die Grün- und Blaubilder getrennt photometriert. Ein Messpunkt ist jeweils der Mittelwert von 10-20 Einzelfotos. Als Vergleichssterne benutzte ich den knapp 5° entfernten Stern 58 Persei (HR 1454, HD29095), der mit $V=4,25$ mag und $B=5,42$ mag angegeben ist [9]. Die differentielle Extinktion in unterschiedlichen Sternhöhen zwischen Veränderlichem und Vergleichssterne wurde bei der Auswertung berücksichtigt. Als Prüfstern diente der nahe stehende Eta Aurigae, der für die Blauaufnahmen gut geeignet, aber bei den Grünaufnahmen schon nahe der Sättigung war.

Auswertung der photometrischen Messungen

Aus den Grünbildern wurden instrumentelle Grünhelligkeiten gewonnen, die mit der mittleren Farbindexdifferenz B-V von Veränderlichem und Vergleichssterne genähert auf Johnson V transformiert wurden. Dabei wurde der durch Eichaufnahmen mit meiner Kamera festgestellte Farbkorrekturwert von 0,11 mag pro Größenklasse B-V-Differenz benutzt. Für die Korrektur auf differentielle Extinktion wurde ein mittlerer Extinktionskoeffizient von 0,15 mag pro Luftmasse verwendet (Abb. 1).

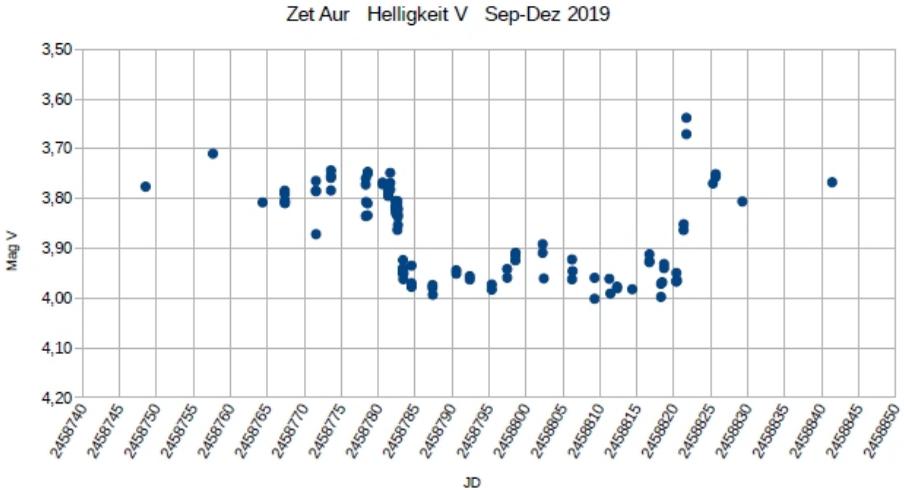


Abb. 1: Lichtkurve gewonnen aus den Grünbildern. Die instrumentellen Grünhelligkeiten sind genähert transformiert auf Johnson V mit der B-V-Differenz von Zeta Aurigae und dem Vergleichssterne 58 Per. Jeder Messpunkt ist der Mittelwert aus 10-20 gemessenen Einzelfotos. Amplitude: 3,76 bis 3,95 mag V.

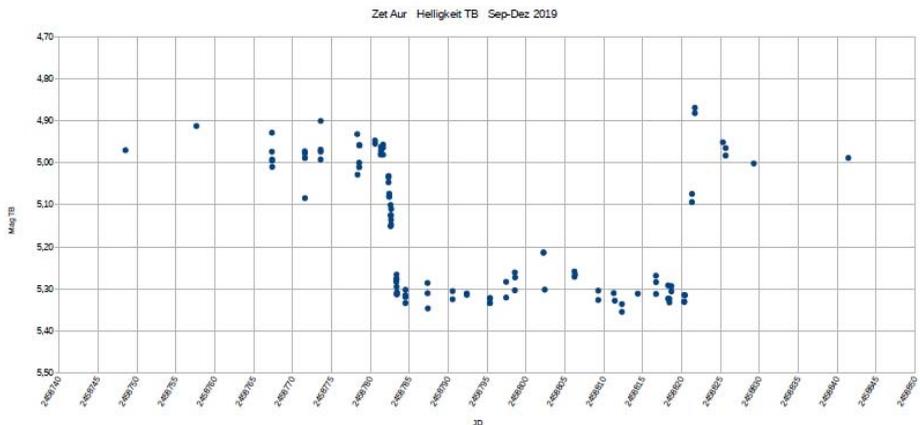


Abb. 2: Lichtkurve gewonnen aus den Blaubildern. Die instrumentelle Helligkeitsdifferenz zum Vergleichssterne 58 Persei mit B=5,42 mag wurde zur Berechnung der Blauhelligkeit TB (tricolor blue) benutzt. Diese Blauhelligkeit ist durch die

unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit der Kamera verschieden von Johnson B.
 Amplitude: 4,97 bis 5,32 mag TB.

Aus den Blaubildern wurden instrumentelle Blauhelligkeiten TB (tricolor blue) bezogen auf die B-Helligkeit des Vergleichssterne 58 Persei mit $B=5,42$ mag ermittelt. Diese Blauhelligkeit ist durch die unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit der Kamera verschieden von Johnson B. Für die Korrektur auf differentielle Extinktion wurde ein mittlerer Extinktionskoeffizient im blauen Licht von 0,30 mag pro Luftmasse verwendet. (Abb. 2).

Zeta Aurigae – Bedeckung Okt.-Dez.2019

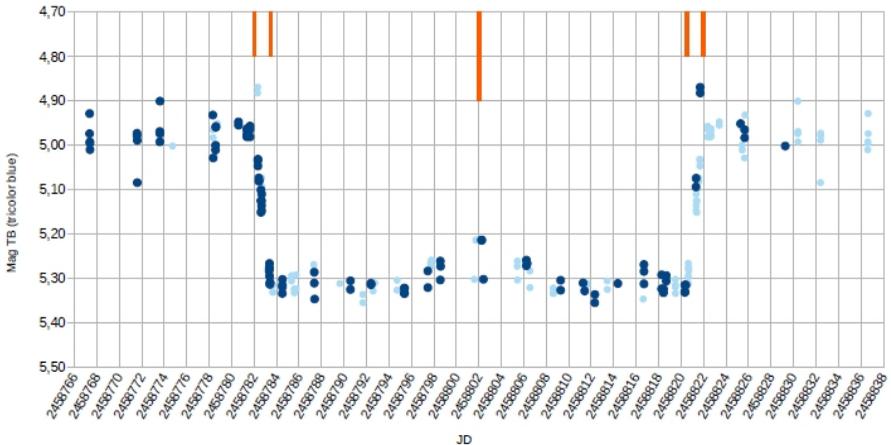


Abb. 3: Lichtkurve aus den Blaubildern wie 2. aber gespiegelt um den wahrscheinlichen Minimumstermin JD 2458802. Eingezeichnet sind auch die Kontaktzeiten und der Minimumstermin

Ergebnisse

Aus den Messungen im blauen Licht und um den wahrscheinlichen Minimumstermin gespiegelter Lichtkurve (Abb. 3) erhielt ich folgende Termine:

Event	JD	Date UT
1st contact	2458782.0	2019 Oct. 25.5
2nd contact	2458783.5	2019 Oct. 27.0
Minimum	2458802	2019 Nov. 14.5
3rd contact	2458820.5	2019 Dec. 3.0
4th contact	2458822.0	2019 Dec. 4.5

Die Unsicherheit nehme ich aus der Lichtkurve mit etwa 0,5 bis 1 Tage an.

Dauer der totalen Bedeckung: 37,0 Tage

Dauer des Minimums: 40,0 Tage

Zeta Aurigae Eintritt Okt 2019

Helligkeit TB = Tricolor Blue (Blaukanal und Vergleichssternhelligkeit Johnson B)

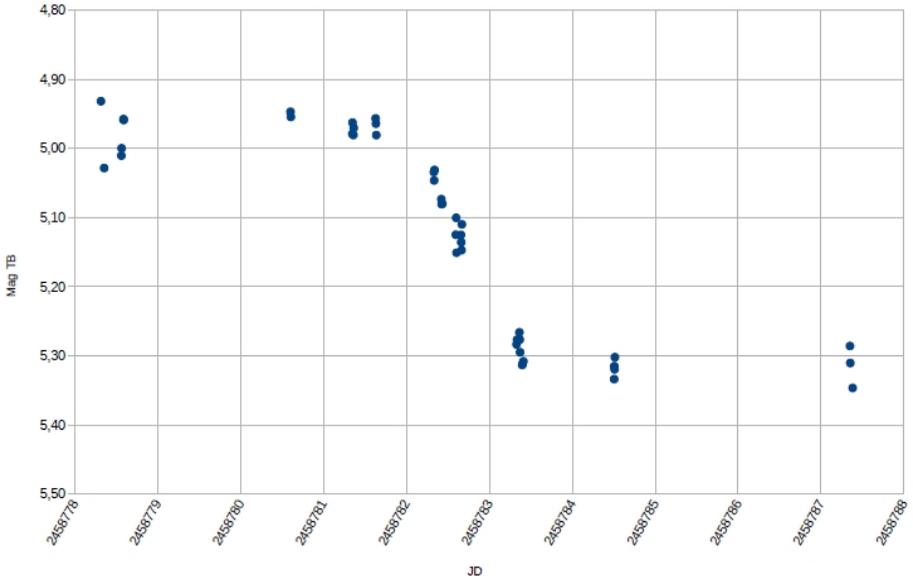


Abb. 4: Durch Wetterglück konnte der Beginn der Bedeckung aus den Blauhelligkeiten gut beobachtet werden.

Referenzen

- [1] Geschichte und Literatur des Lichtwechsels der Veränderliche Sterne by Müller/Hartwig, Richard Prager and Schneller. Online verfügbar: <http://www.varstar.nl/>
Entdeckungsgeschichte: GuL Zweite Ausgabe (second edition) Vierter Band (4th volume) 1957 (published by H. Schneller)
<http://www.varstar.nl/2a4b086.pdf>
- [2] Guthnick, P.; Schneller, H.: Die Lichtkurve von ζ Aurigae im Minimum 1934. *Astronomische Nachrichten*, volume 256, Issue 22, p.389.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1935AN....256..389G/abstract>
- [3] Guthnick, P.; Schneller, H.; Hachenberg, O.: Der Beginn des Minimums von ζ Aurigae am 21. April 1937 nach den Beobachtungen in Babelsberg. *Astronomische Nachrichten*, volume 262, Issue 21, p.429.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1937AN....262..429G/abstract>
- [4] Guthnick, P.: Der Beginn der Bedeckung von ζ Aurigae 1942 August 17-18. *Astronomische Nachrichten*, volume 273, Issue 1, p.39.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1942AN....273...39G/abstract>

- [5] Griffin, R. E. M.; Griffin, R. F.; Schroeder, K. -P.; Reimers, D.: Optical spectra of zeta Aurigae binary systems. I. The 1987 eclipse of zeta Aurigae. *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 234, p. 284 (1990).
<http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1990A%26A...234..284G>
- [6] Bennett, Philip D.; Harper, Graham M.; Brown, Alexander; Hummel, Christian A.: The Masses and Radii of the Eclipsing Binary zeta Aurigae. *Astrophysical Journal* v.471, p.454.
<http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1996ApJ...471..454B>
- [7] Schröder, Klaus-Peter: Verfolgen Sie eine seltene Bedeckung in einem Doppelstern. <https://www.spektrum.de/news/verfolgen-sie-eine-seltene-bedeckung-in-einem-doppelstern/1673416>
- [8] Motl, David: Muniwin. <http://c-munipack.sourceforge.net/>
- [9] Simbad Datenbank: <http://simbad.u-strasbg.fr>
- [10] AAVSO International Variable Star Index: <https://www.aavso.org/vsx>
- [11] Vollmann, Wolfgang und Werner Braune: Beobachtung des Minimums von Zeta Aurigae Oktober-Dezember 2011. BAV Rundbrief 1/2012.
<https://www.bav-astro.de/rb/rb2012-1/16.pdf>
- [12] Kaler, James: HAEDUS I (Zeta Aurigae).
<http://stars.astro.illinois.edu/sow/haedus1.html>

Danksagungen

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

Wolfgang Vollmann, Dammäckergasse 28/20, A-1210 Wien. <mailto:vollmann@gmx.at>