

Beobachtung des veränderlichen Sterns AE UMa

Gregor Krannich

Einleitung

Die Beobachtung veränderlicher Sterne gehört seit dem Abend des 23.02.2019 zu meinen astronomischen Aktivitäten. Über mehr als vier Stunden hinweg nahm ich den Stern AE Ursae Majoris auf. Der Grund dafür waren starke Windböen, da ich das 14"-ACF-Teleskop mit aufgesetzter Taukappe unter diesen Bedingungen nicht zur Beobachtung anderer Objekte nutzen konnte. Deshalb brachte ich das kleine Omegon-Photoscope zusätzlich an der Montierung an und steckte die Moravian-Kamera mit Flattener in dessen Okularauszug. Nach dem Fokussieren und Ausrichten des Teleskops auf den Stern konnte ich die Sternwarte verlassen und vom warmen Arbeitszimmer aus remote überwachen und steuern. Den Tipp zur Beobachtung von AE UMa erhielt ich schon im Januar 2017 von Stefan Funk (AV Augsburg, Diedorf).

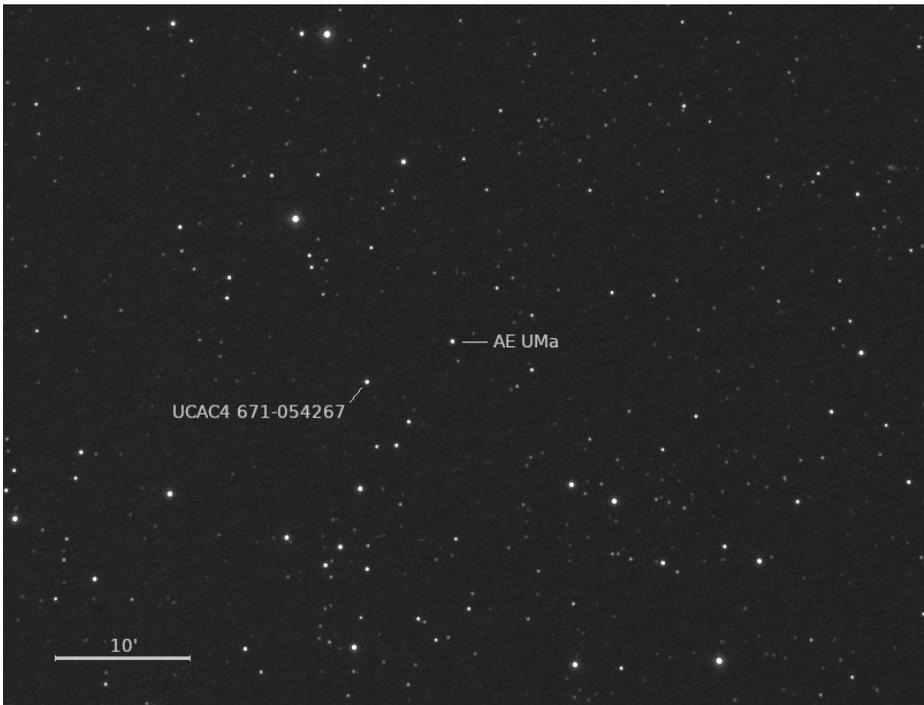


Abb. 1: Veränderlicher und nahe gelegener, möglichst gleich heller Vergleichssterne

Der Stern AE UMa ist ein Delta-Scuti-Veränderlicher (DSCT) mit schnellem Lichtwechsel. Seine primäre Periode beträgt $0,08601707 \text{ d}$ ($=2,0644097 \text{ h}$), so dass ich während der Aufnahmezeit zwei Perioden erfassen konnte. Überlagert ist eine

zweite schwächere Periode mit kürzerer Dauer (1,5967 Stunden), so dass die Helligkeitsmaxima unterschiedlich stark ausfallen. Früher wurde der Stern als SX-Phoenix-Veränderlicher klassifiziert, was wegen der hohen Metallizität jedoch nicht zutrifft [1], [2].

Da Delta-Scuti-Sterne, auch Zwerg-Cepheiden genannt, einer Perioden-Leuchtkraft-Beziehung unterliegen, lässt sich aus der Periodendauer der primären Periode die absolute Helligkeit berechnen und daraus mit Hilfe des Entfernungsmoduls die Entfernung ableiten.

Beobachtung und Auswertung

Gemeinsame Daten zu allen Sessions:

Teleskop: Omegon 72/432 auf Taurus GM-60, Dachsternwarte Kaufering

Kamera: Moravian G2-8300FW 2x2 Binning, G-Filter

Astrometrisch ermittelte Werte:

Brennweite = 423,0 mm, Rotation = 178,3°

Auflösung: 5,07"/px x 5,07"/px, Bildfeld: 141,9' x 107,2'

Nach Kalibrierung der Rohdaten mit Master-Dark- und -Flatfield brauchte ich nur noch (automatisiert) die Helligkeit des veränderlichen Sterns und mehrerer Vergleichssterne zu messen. Erfahrungsgemäß eignet sich dafür die Funktion „Aperture Photometry“ in IRIS sehr gut. Als Ergebnis kommt ein Text-File heraus, in dem in der ersten Spalte das Julianische Datum mit Bruchteil steht und in weiteren Spalten die Helligkeiten der gemessenen Sterne in relativer Intensität. Zum Plotten der Lichtkurven verwende ich die freie Software GnuPlot. Um Störeinflüsse herauszurechnen, ist es wichtig, die Differenz zwischen Veränderlichem und Vergleichsstern zu bilden. Dabei muss sicher sein, dass der Vergleichsstern nicht auch veränderlich ist. Dies kann mit weiteren Vergleichssterne (Check-Sterne) überprüft werden.

Daten zur Aufnahme (Session A):

23.02.2019 20:44 - 00:53 Uhr MEZ (=4 h 9 min)

Belichtungszeit: 30 s, 412 Bilder

In Abbildung 2 ist die Lichtkurve von AE UMA mit zwei Maxima und zwei Minima (rote Messpunkte) zu erkennen. Die blauen Messpunkte stammen vom Vergleichsstern. Das Abbiegen der blauen Kurve nach unten im letzten Drittel wurde vom Mondlicht und Nebel bzw. dünnen Schleierwolken verursacht. Die Belichtungszeit ist etwas zu kurz gewählt. Bei 30 s ist das Signal/Rauschverhältnis nicht besonders hoch. Die zeitliche Differenz der beiden Maxima ergibt die Periodendauer. Der Wert beträgt hier $P=1,9872$ h.

Dieser Wert liegt zwar in der richtigen Größenordnung, eine hohe Genauigkeit darf man aber nach einer Periode nicht erwarten. Erst durch wiederholte Beobachtungen über viele Perioden hinweg kann die Periodendauer exakt bestimmt werden. Eine weitere Überlegung ist hier relevant. Da es sich um eine multiperiodische Schwingung handelt, ändern sich nicht nur die Amplituden, sondern es gibt auch geringfügige

Abweichungen in der Lage der Maxima gegenüber der Hauptperiode. Dies verdeutlicht die Überlagerung zweier Sinuskurven in Abbildung 3. Deshalb nutzte ich das klare Wetter am Folgetag erneut zur Aufnahme des veränderlichen Sterns AE UMa.

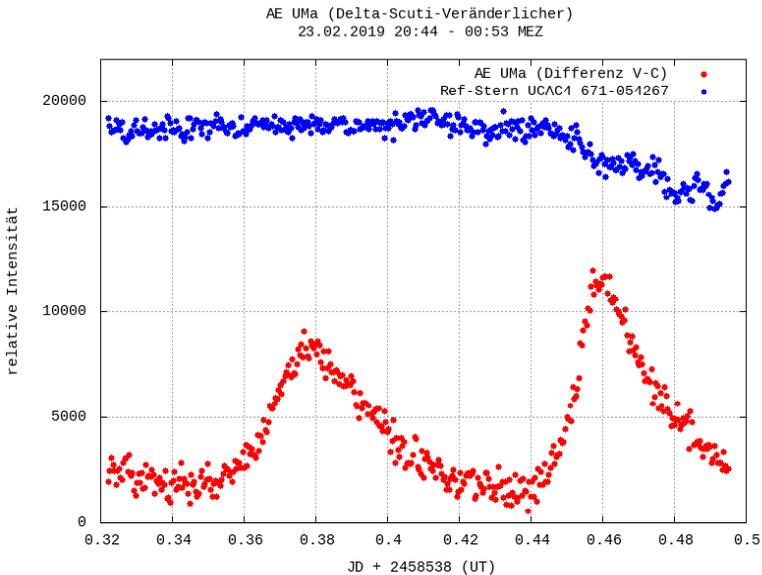


Abb. 2: Lichtkurve von AE UMa (Session A)

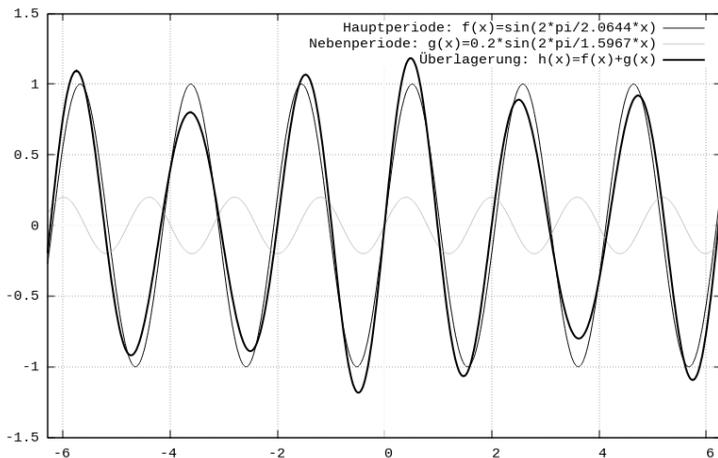


Abb. 3: Überlagerung zweier Frequenzen, die Maxima der resultierenden Schwingung (dicke schwarze Kurve) variieren in Amplitude und Lage gegenüber der Hauptperiode (dünne schwarze Kurve), die Frequenzen entsprechen denen des Sterns AE UMa

Daten zur Aufnahme (Session B):
24.02.2019 19:52 - 23:21 Uhr MEZ (=3 h 29 min)
Belichtungszeit: 60 s, 190 Bilder

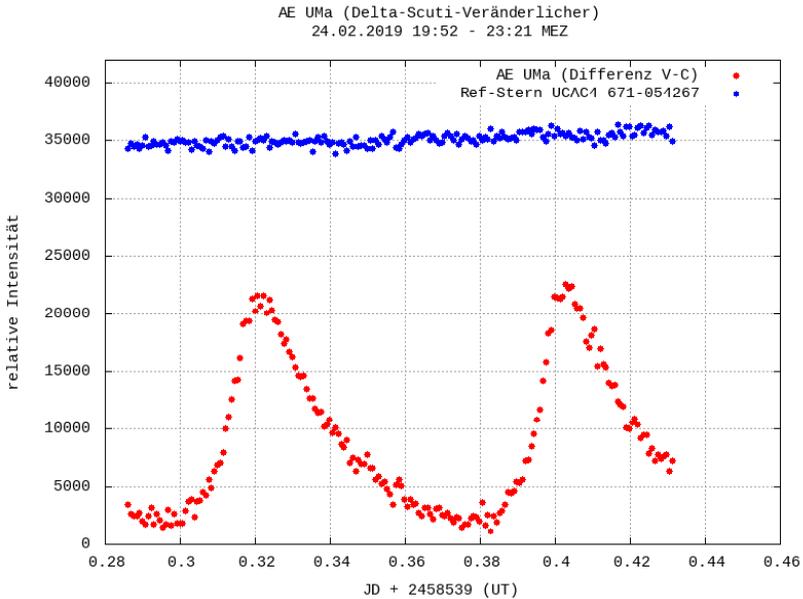


Abb. 4: Lichtkurve von AE UMa (Session B)

Bei deutlich besseren Bedingungen (kein Mond, keine Schleierwolken) und doppelter Belichtungszeit pro Bild (60 s), bringt die zweite Aufnahmeserie eine deutlich glatte Lichtkurve hervor. Die gemessenen Maxima-Zeitpunkte und die Berechnungen der Periodendauer sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Da Aufnahme und Auswertung so gut funktioniert haben, habe ich zwei Tage später noch eine dritte Aufnahmeserie gestartet.

Daten zur Aufnahme (Session C):
26.02.2019 20:06 - 22:21 Uhr MEZ (=2 h 15 min)
Belichtungszeit: 60 s, 122 Bilder

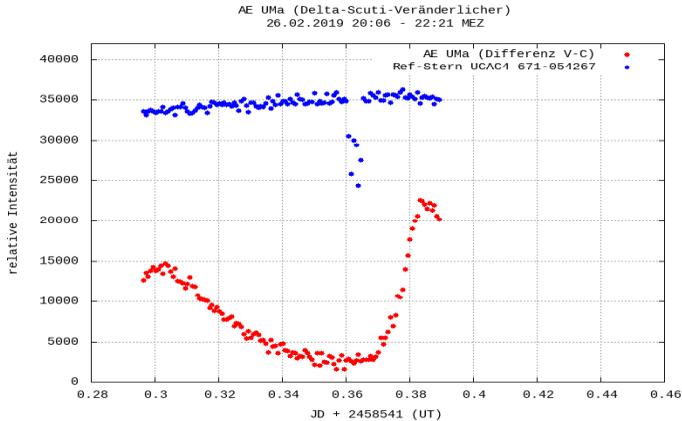


Abb. 5: Lichtkurve von AE Uma (Session C)

In dieser Aufnahmeserie (Session C) stand weniger Zeit zur Verfügung, deshalb war es ein Glücksfall, dass ich trotzdem zwei Maxima erwischte habe. Die nach unten abweichenden blauen Messpunkte des Vergleichssterne resultieren aus dem Durchzug dünner Wolken. Die Lichtkurve von AE UMa wird davon nicht beeinflusst.

Die nächsten beiden Aufnahmeserien (Session D am 28.02. und Session E am 08.03.) sind wegen Wolken und Wind leider nicht gelungen. Stattdessen konnte ich am 16.03.2019 noch eine Serie (Session F) aufnehmen.

Daten zur Aufnahme (Session F):
16.03.2019 21:07 – 00:37 Uhr MEZ (=3 h 30 min)
Belichtungszeit: 60 s, 190 Bilder

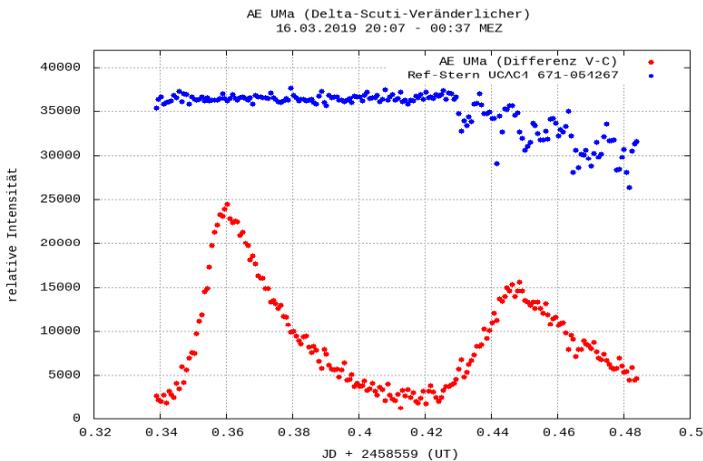


Abb. 6: Lichtkurve von AE Uma (Session F)

Einige Zeit später nahm ich noch eine Serie (Session G) auf, bevor der Stern in den kürzer werdenden Nächten nicht mehr so gut beobachtet werden konnte. Die Session G ist die längste Aufzeichnung, drei Maxima fallen in die Aufnahmezeit.

Daten zur Aufnahme (Session G):
 19.04.2019 21:59 – 02:32 Uhr MEZ (=4 h 33 min)
 Belichtungszeit: 60 s, 248 Bilder

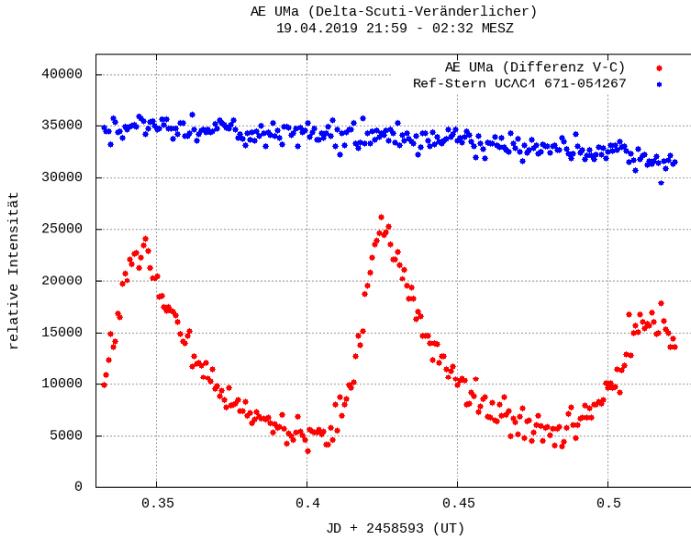


Abb. 7: Lichtkurve von AE UMA (Session G)

Tabelle 1: ermittelte Zeitpunkte der Maxima aus den Lichtkurven

Nr	Maximum in JD	Session
1	2458538,3772	A
2	2458538,4600	A
3	2458539,3212	B
4	2458539,4020	B
5	2458541,3014	C
6	2458541,3847	C
7	2458559,3388	F
8	2458559,4482	F
9	2458593,3460	G
10	2458593,4269	G
11	2458593,5162	G

Tabelle 2: mehrere Differenzen aus den Zeitpunkten der Maxima (siehe Tabelle 1)

Nr Maxima	Differenz in h	Anzahl Perioden	Periodendauer in h
2 - 1	1,9872	1	1,98720
3 - 2	20,6688	10	2,06688
4 - 1	24,5952	12	2,04960
4 - 2	22,6080	11	2,05527
4 - 3	1,9392	1	1,93920
6 - 1	72,1800	35	2,06229
6 - 2	70,1928	34	2,06449
6 - 3	49,5240	24	2,06350
6 - 4	47,5848	23	2,06890
6 - 5	1,9992	1	1,99920

Die Periodendauern stabilisieren sich bei 2,06 Stunden, wenn viele Perioden im Messzeitraum enthalten sind. Diese Periodendauer liegt bereits nahe am Literaturwert. Später habe ich mir das mühsame Auffinden der Maxima von Hand erspart und dem Programm Peranso (Light Curve and Period Analysis Software) [3] den Vorzug gegeben. Die Software bietet verschiedene Methoden an, die die Auswertung periodischer Lichtwechsel erlauben. Einen Überblick gibt der Artikel von Paunzen und Vanmunster, siehe [4]. Für die Auswertung der Lichtkurven von DSCT-Sternen eignet sich der CLEANest-Algorithmus am besten, der von Foster 1995 etabliert wurde [5]. Werden die Daten aus allen erfolgreichen Sessions ins Programm geladen, wird nach Ausführung des genannten Algorithmus die Hauptperiode von AE Uma sofort mit hoher Präzision gefunden.

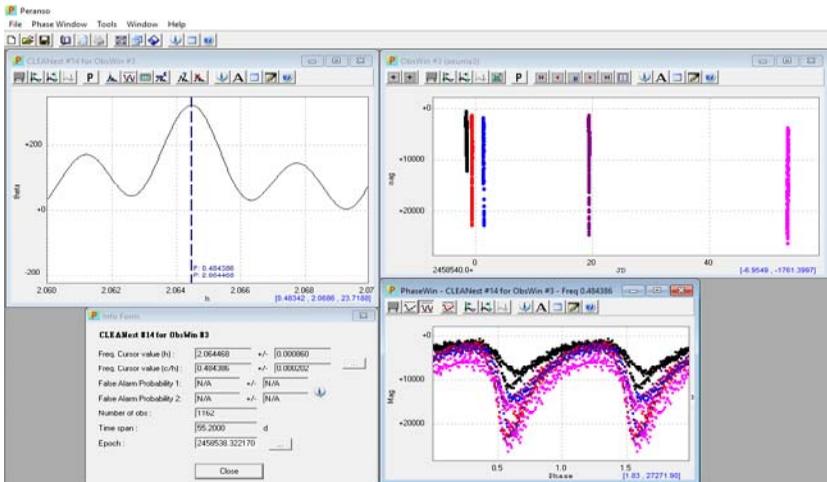


Abb. 8: Bestimmung der Periodendauer mit Peranso

Ergebnis: $P = 0,0860195 \text{ d} \pm 0,0000358 \text{ d}$
 $P = 2,064468 \text{ h} \pm 0,000860 \text{ h}$

Ein Vergleich mit dem Literaturwert der Hauptperiode $P = 0,08601707 \text{ d}$ ($= 2,0644097 \text{ h}$) zeigt eine Abweichung von nur $0,21 \text{ s}$ oder $0,0028\%$. Das ist ein sehr genauer Wert für den Beobachtungszeitraum von $55,2 \text{ d}$, der knapp 642 Perioden einschließt.

Entfernungsbestimmung

Die Periodendauer (in Tagen) wird für die Bestimmung der absoluten Helligkeit benötigt.

Die Formel zur Perioden-Leuchtkraft-Beziehung für Delta-Scuti-Sterne lautet:

$$M_v = -3,725 \cdot \lg(P) - 1,969$$

$$M_v = 1,9996 \text{ mag}$$

Über die Formel für das Entfernungsmodul kann nun die Entfernung des Sterns berechnet werden.

$$m - M = -5 + 5 \cdot \lg(r)$$

nach der Entfernung r aufgelöst:

$$r = 10^{0,2(m - M + 5)}$$

Mit der mittleren scheinbaren Helligkeit $m_v = 11,40 \text{ mag}$ (Mittelwert aus allen Messwerten einer Periode aus Session B) berechnet sich die Entfernung zu $r = 759 \text{ pc}$.

Aus der Gaia-Parallaxe von $1,278806 \pm 0,07031 \text{ mas}$ ergibt sich eine Distanz von $782 \pm 42 \text{ pc}$. Mein berechneter Wert zur Entfernung von AE UMa liegt damit deutlich innerhalb des Gaia-Fehlerbalkens. Das ist ein sehr schönes Ergebnis und es zeigt, dass man mit kleinem Equipment bereits beachtliche Resultate erzielen kann.

Die hier beschriebene Beobachtung bildete zugleich die Machbarkeitsstudie zur Entfernungsbestimmung, die dann in der Schüler-Facharbeit von Nena Mayr zur Anwendung kam. Dort wurden Lichtkurven des Sterns KP Lyn aufgenommen und ausgewertet und dessen Entfernung auf die gleiche Weise bestimmt. Später beobachtete ich weitere Veränderliche, darunter V799 Aur, DY Peg, V1162 Aql und V409 And.

Quellen:

- [1] https://de.wikipedia.org/wiki/AE_Ursae_Majoris
- [2] Niu et al, MNRAS 2017, <https://arxiv.org/pdf/1304.3772.pdf>
- [3] Peranso Webpage: <http://www.cbabelgium.com/peranso/index.htm>
- [4] E. Paunzen, T. Vanmunster, Astronomische Nachrichten, 18.02.2016, <https://arxiv.org/pdf/1602.05329.pdf>
- [5] G. Foster, AJ, 109, 1889, <http://adsabs.harvard.edu/full/1995AJ...109.1889F>