

Tageslicht-Beobachtungen von Beteigeuze

Otmar Nickel

Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne (BAV)



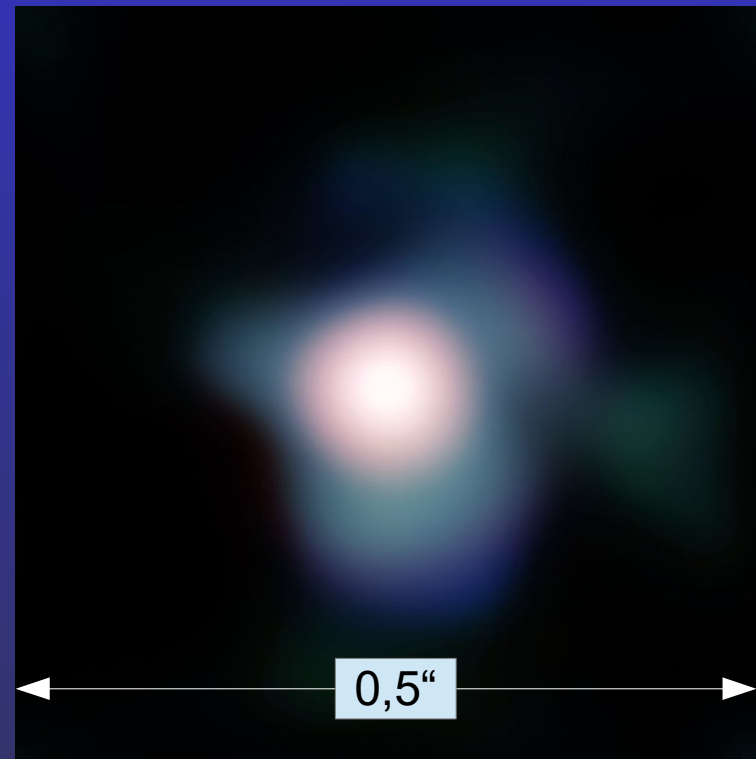
Vereinigung der Sternfreunde, November 2021

Beteigeuze



Quelle: Wikipedia

- Roter Überriese
- Entfernung: 500-600 Lj.
- Größe: 800x Sonnendurchmesser (1,1 Mrd km, Jupiterbahn 1,5 Mrd km)
- Masse: ca. 18 Sonnenmassen
- Leuchtkraft: ca. 10.000x Sonnen-Leuchtkraft
- Halbregelmäßiger Veränderlicher (Periode 2070 Tage)
- Supernova in ??? Jahren



Aufnahme der VLT-NACO
adaptive Optik
Auflösung 0,037"

<https://www.eso.org/public/images/eso0927b/>

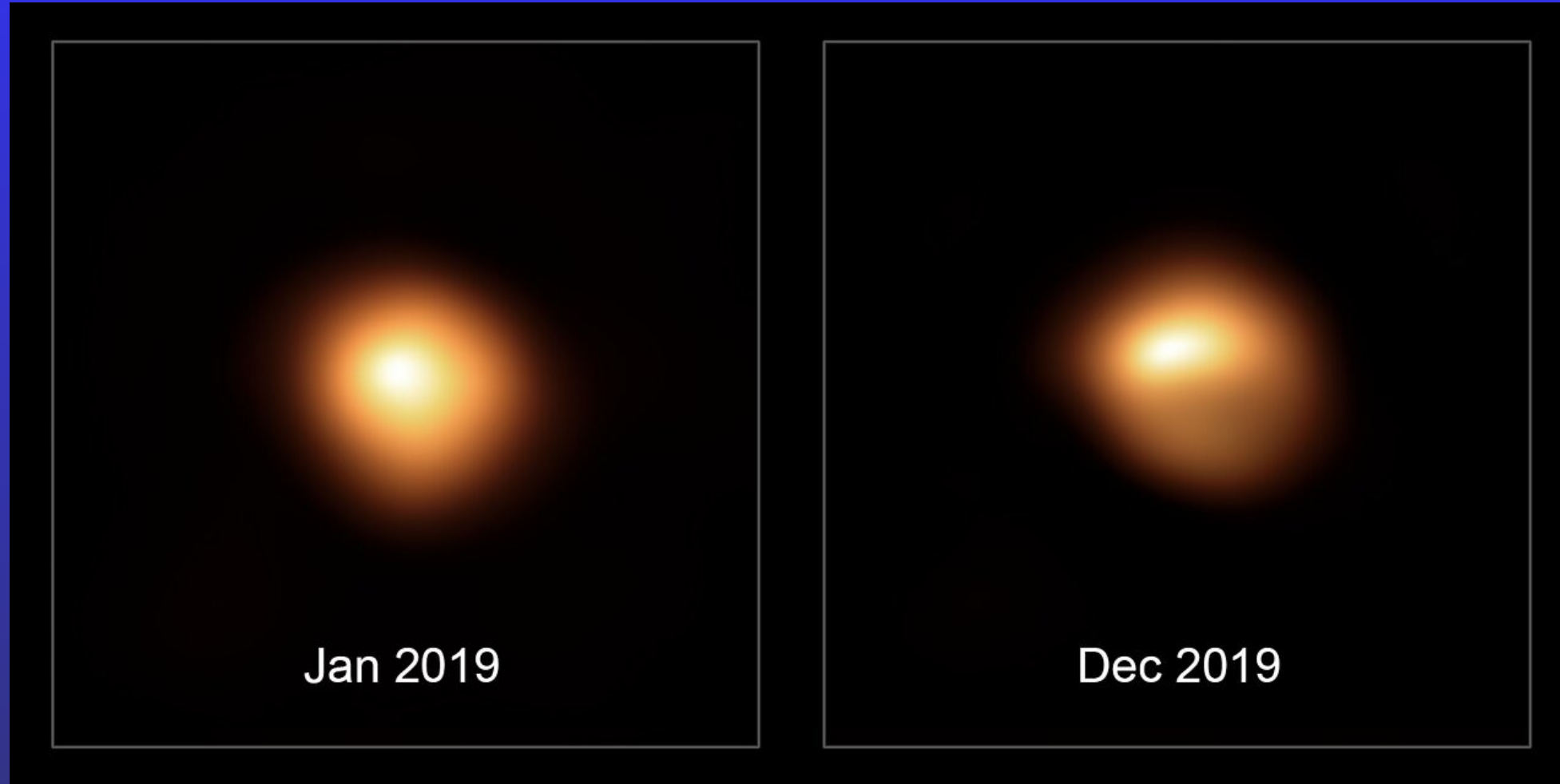
Helligkeitsabnahme 2019/2020



Links: Aufnahme vor 2019

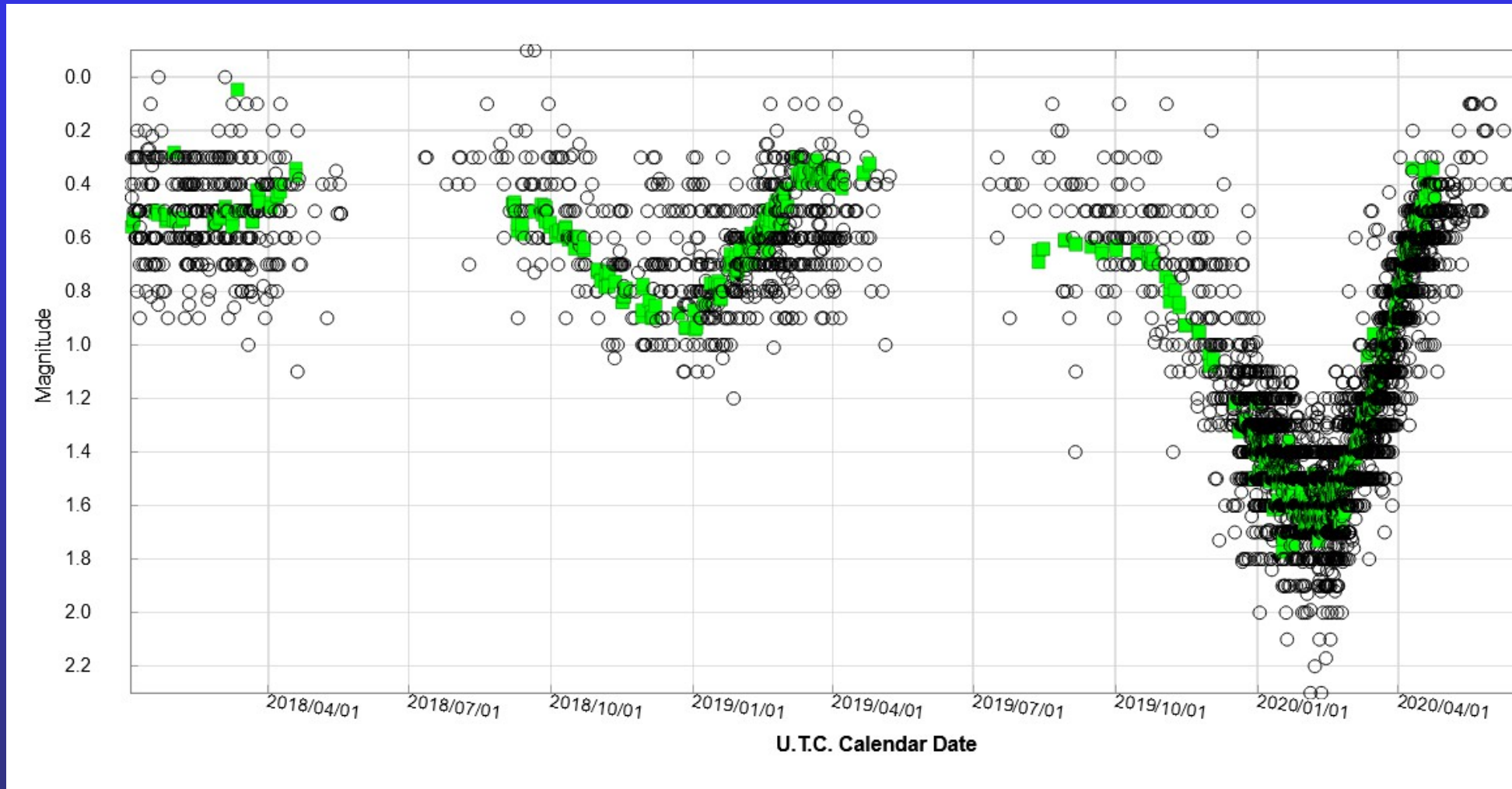
Rechts: Aufnahme Anfang 2020

Helligkeitsabnahme 2019/2020



Aufnahmen mit dem VLT der
ESO

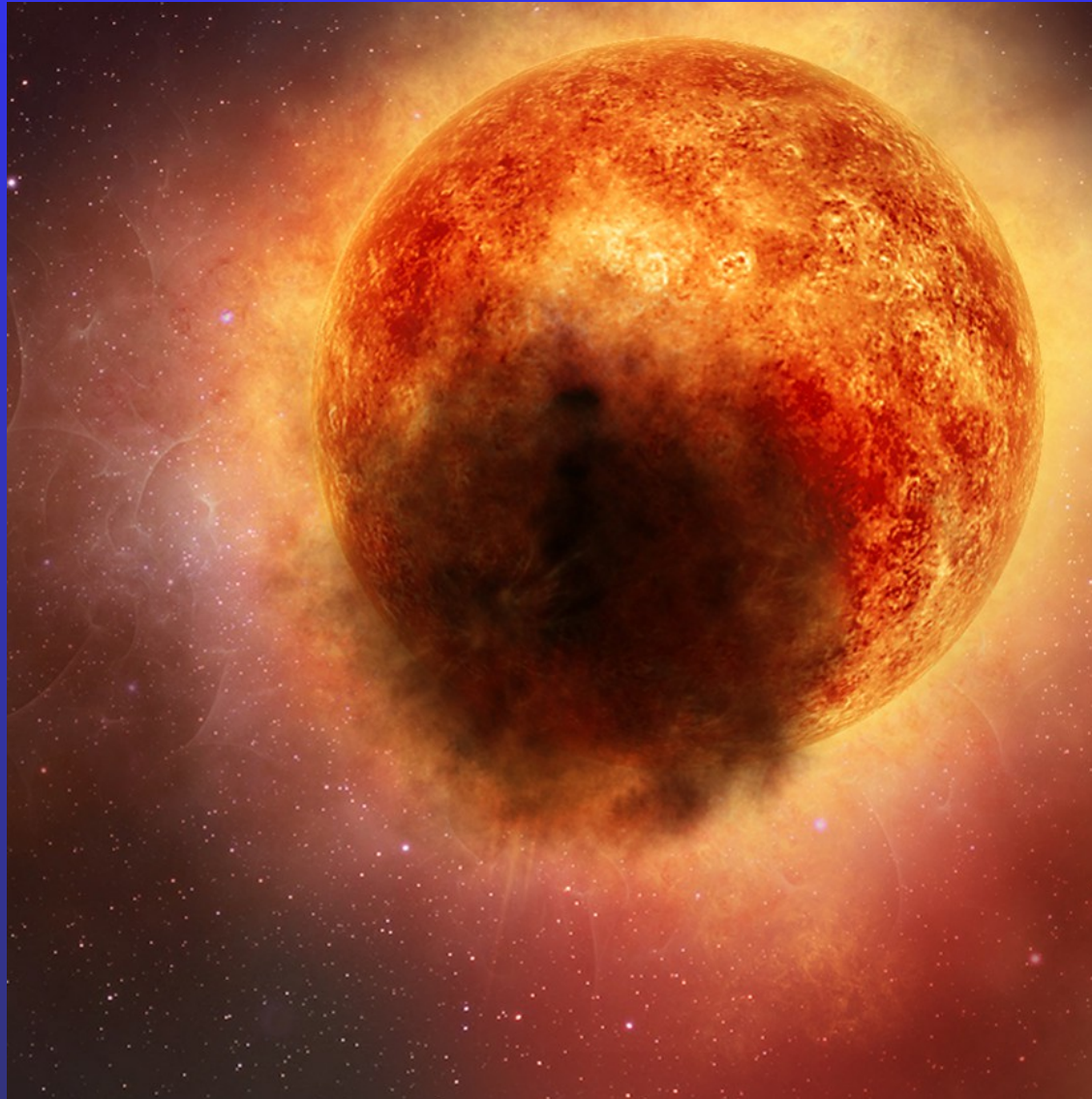
Helligkeitsabnahme 2019/2020



Lichtkurve von Beteigeuze aus der
AAVSO-Datenbank
2018-2020

Visuell (schwarz)
Photometrisch mit V-Filter (grün)

Helligkeitsabnahme 2019/2020

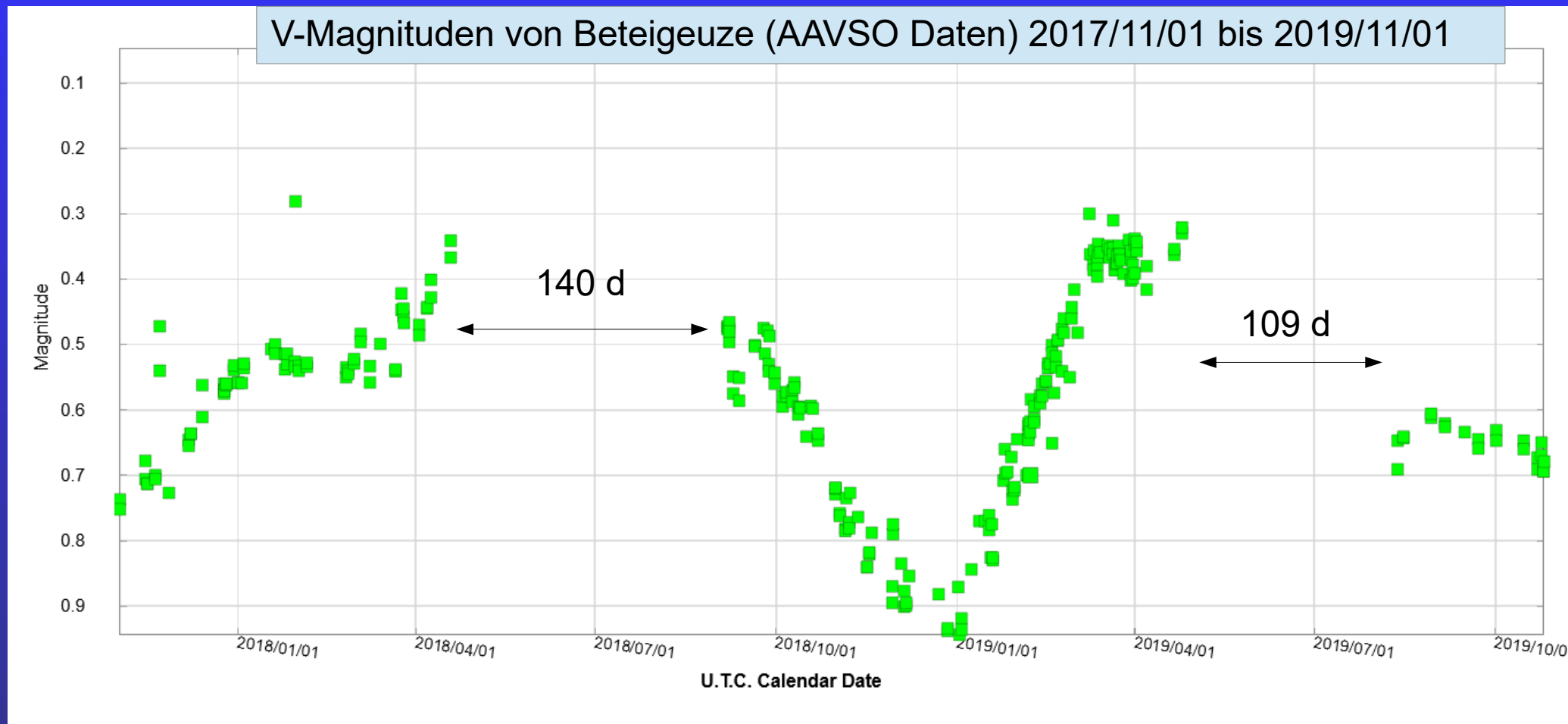


Gasausbruch und Verdunklung
durch große Staubwolke

(künstlerische Darstellung)

Bild: NASA, ESA, und E. Wheatley (STScI)

Lichtkurve von Beteigeuze



Quelle: Kafka, S., 2021, Observations from the AAVSO International Database, <https://www.aavso.org>

Möglichkeiten, die Lücken in der Lichtkurve zu füllen

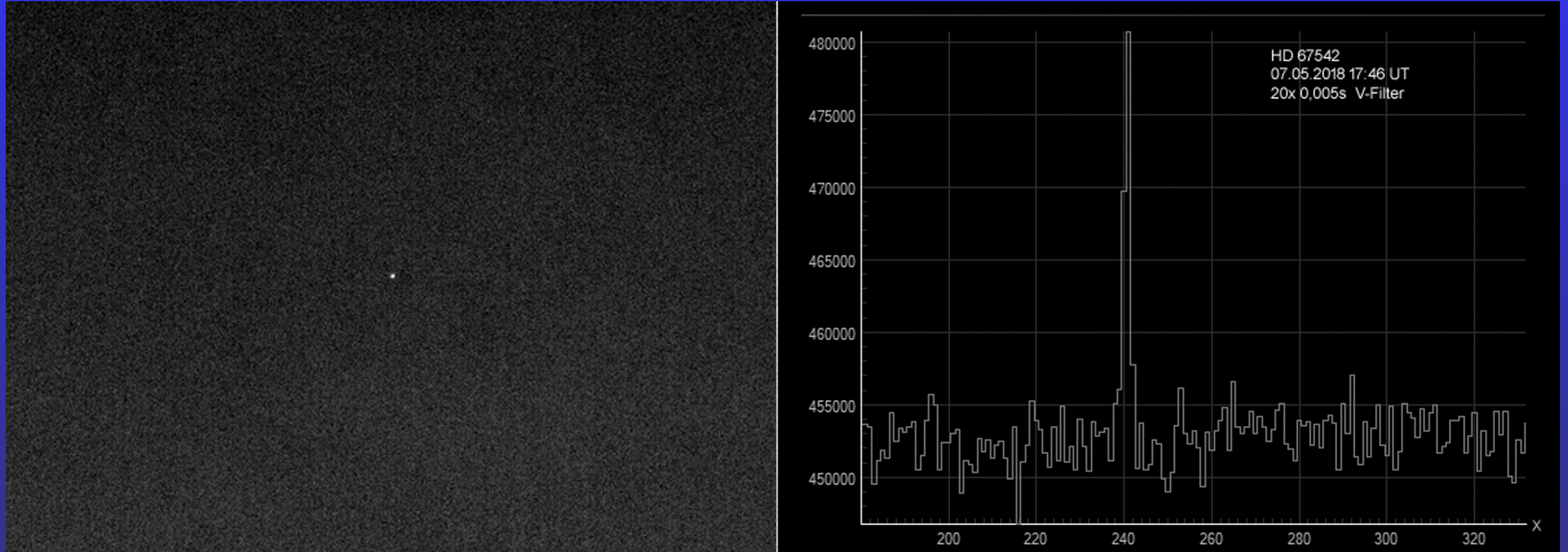
- Beobachtungen in der Dämmerung nahe dem Horizont (in der südlichen Hemisphäre)
- Beobachtungen mit Raumsonden, entfernt von der Erde (z.B. STEREO-A)
- Beobachtungen bei Tageslicht

Equipment



- Newton Teleskop 25cm F/5
- Parallaktische Montierung (ASA DDM60), mit Winkel-Encodern in beiden Achsen
- CCD camera: ATIK 460exm (mit elektronischem Verschluss)
- Filter: Johnson V und ND2 (1% transmission)
- Steuerungs-Software (Windows PC) über ASCOM Schnittstelle

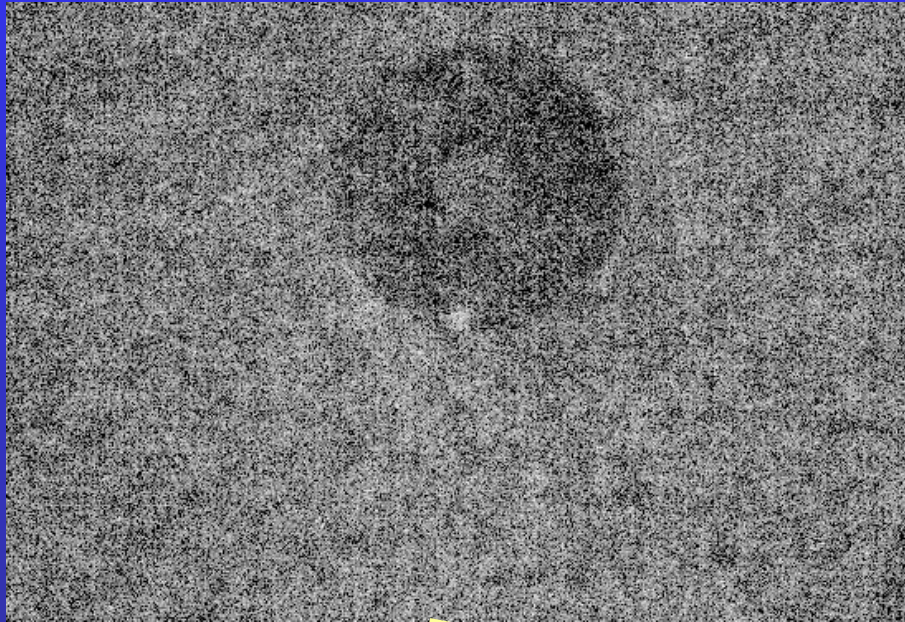
Sterne am Taghimmel



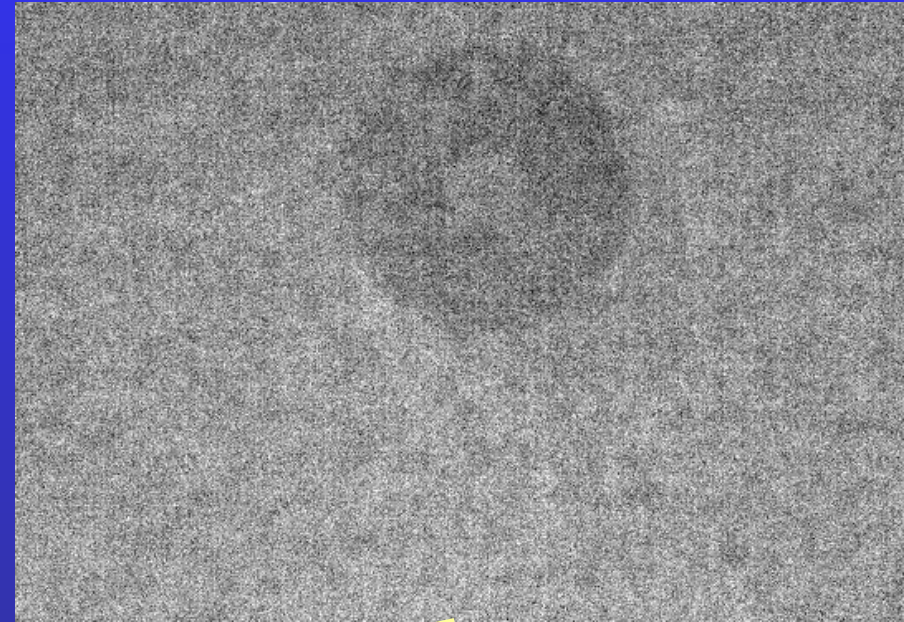
Stern HD 67542 (6,47 mag), Summe von 20 Aufnahmen mit 1/200 s Belichtung am späten Nachmittag (Sonnenhöhe 10°) - max 6% der Himmelselligkeit

Bildverarbeitung

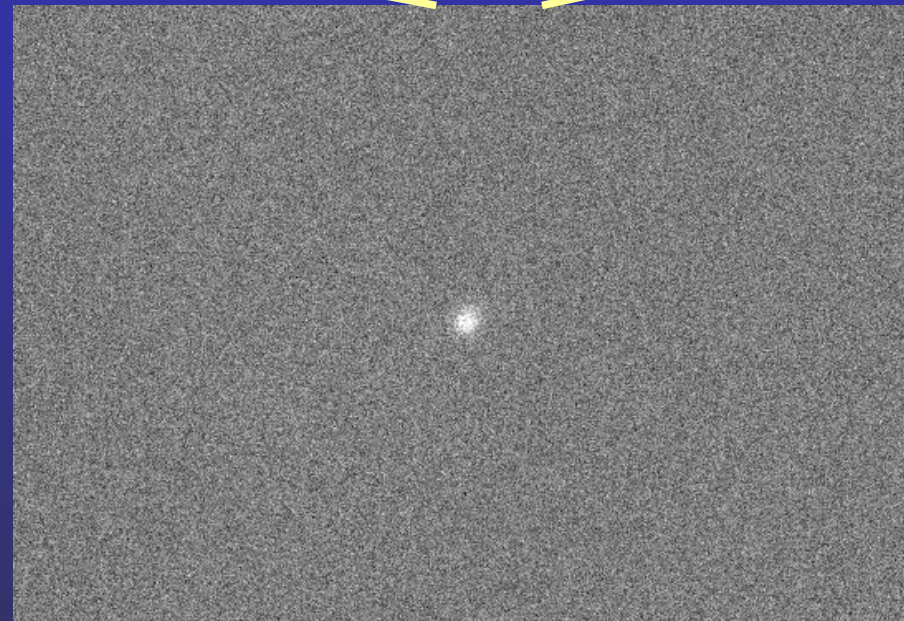
Unkorrigierte
Aufnahme
eines Sterns
(2,2 mag)



Flachbild (flat field)
Aufnahme einer
homogenen
weißen Fläche

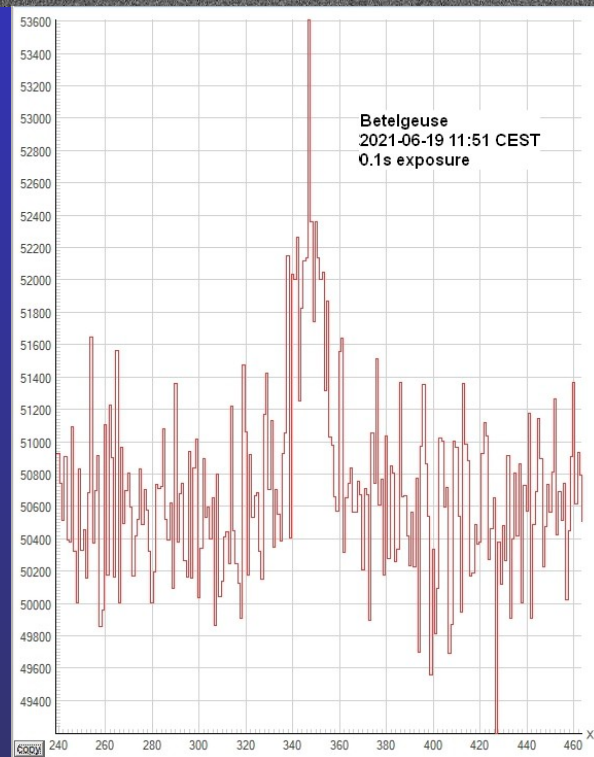


Flachfeld-
korrigiertes
Bild

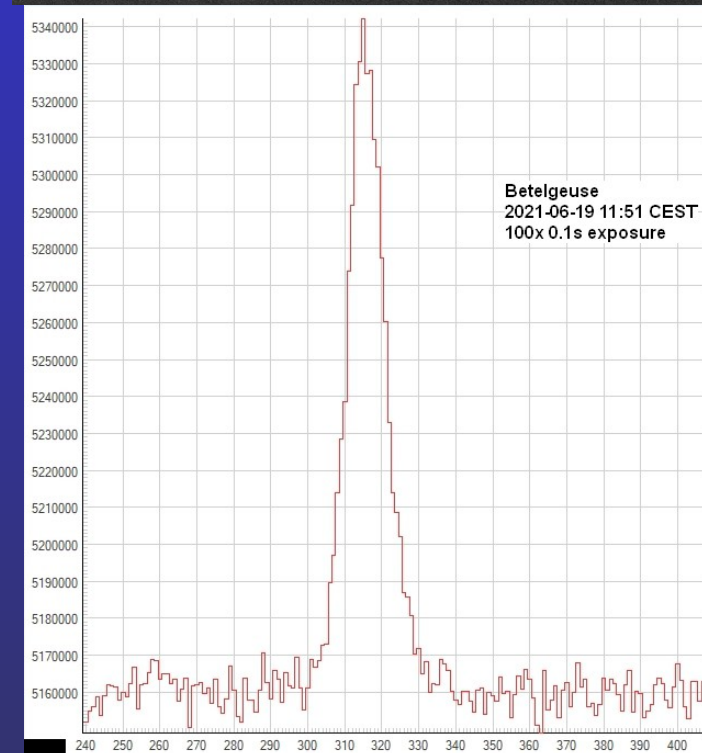


Beteigeuze nahe (16°) an der Sonne (19. 06. 2021)

Einzelbild (0.1s)



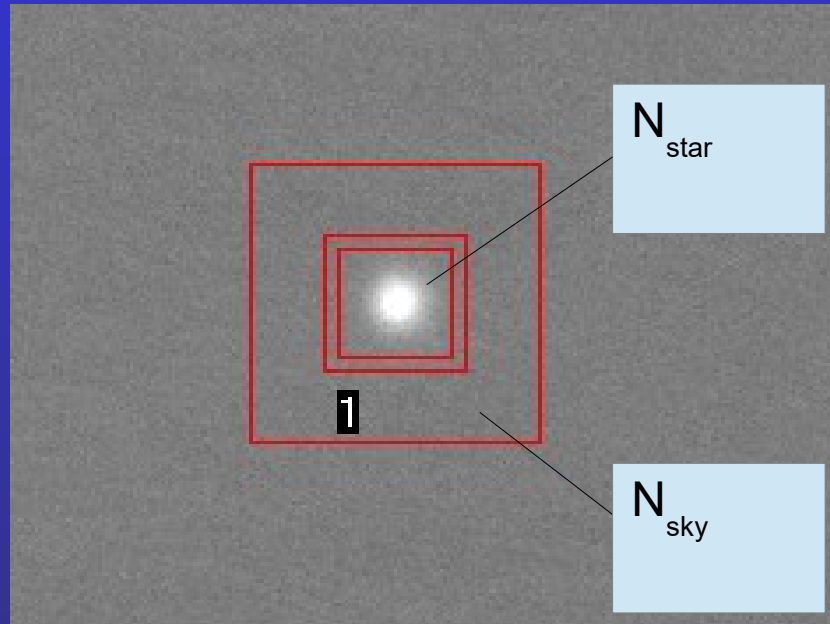
Stack von 100 Bildern



<Maximum
 $0.18 \cdot 10^6$ /pixel
= 3.5% der
Himmelsphotonen

<Himmelsphotonen
 $5.16 \cdot 10^6$ /pixel

Himmels-Helligkeit



Himmels-Helligkeit in mag/arcsec² (wie Sky Quality Meter)

$$m_{\text{sky}} = -2.5 \log(N_{\text{sky}} / (p^2 \sum (N_{\text{star}} - N_{\text{sky}}))) + m_{\text{star}}$$

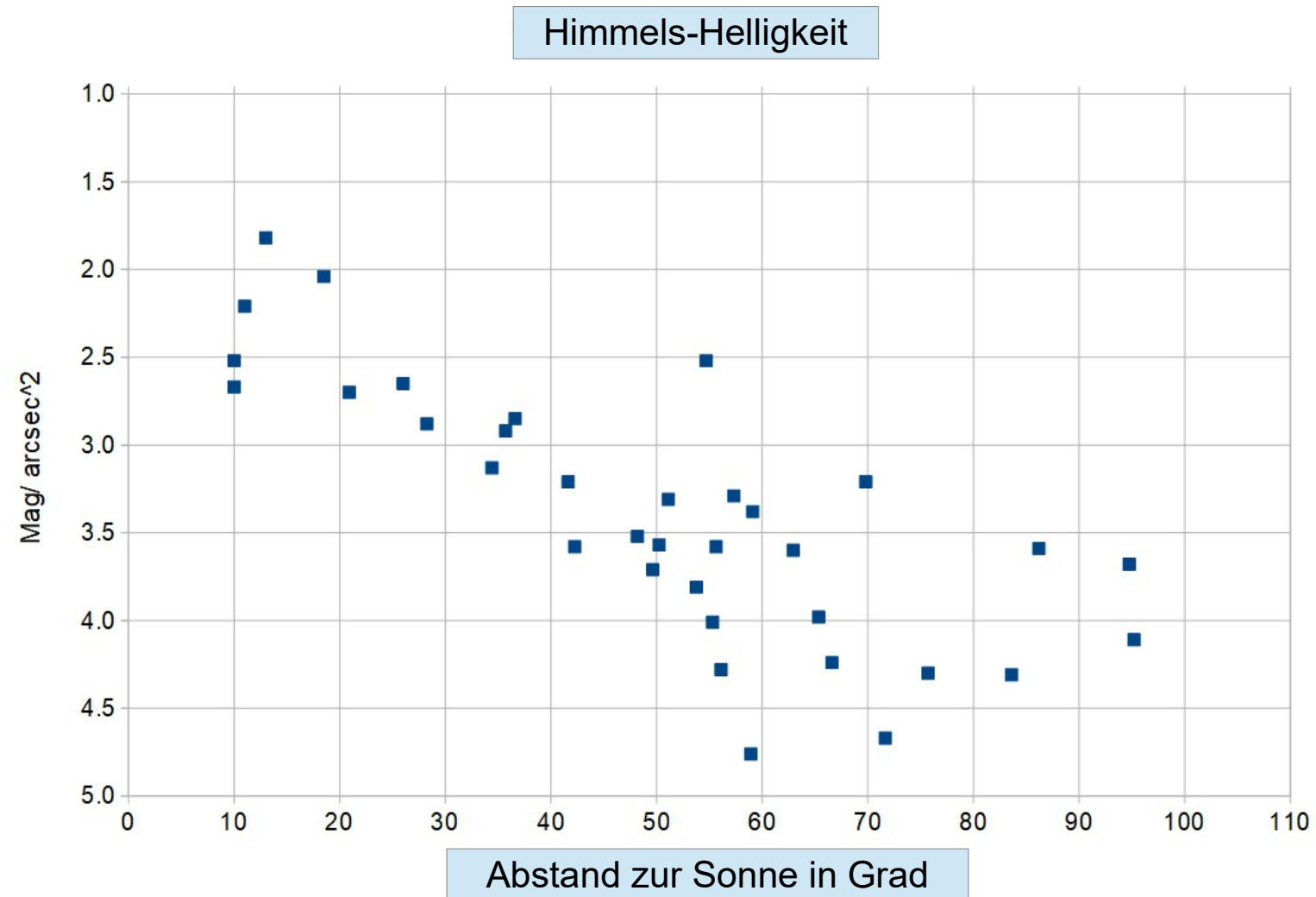
m_{star} = Magnitude des beobachteten Sterns

N_{star} = ADU/Pixel in Stern-Apertur

N_{sky} = mittlere ADU/Pixel im Himmels-Hintergrund

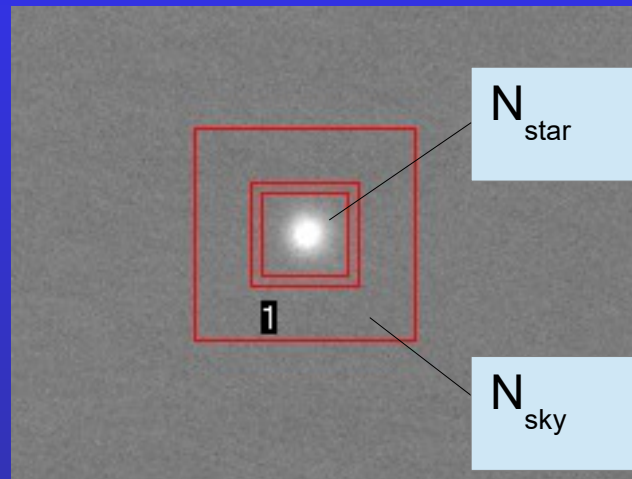
p = Pixel Auflösung in Bogensekunden/Pixel

Himmels-Helligkeit



Himmels-Helligkeit an 17 Tagen bei klarem
Himmel in Mainz, 2020-2021

Photometrie



Instrumentelle Magnitude $m_{\text{inst}} = -2.5 \log((\sum(N_{\text{star}} - N_{\text{sky}})) / t)$

N_{star} = ADU/Pixel in Stern Apertur

N_{sky} = mittlere ADU/Pixel im Himmels-Hintergrund

t = Gesamt-Belichtungszeit in s

Berechnung von standardisierten Magnituden

Standardisierte differentielle Magnitude $M(\text{var})$:

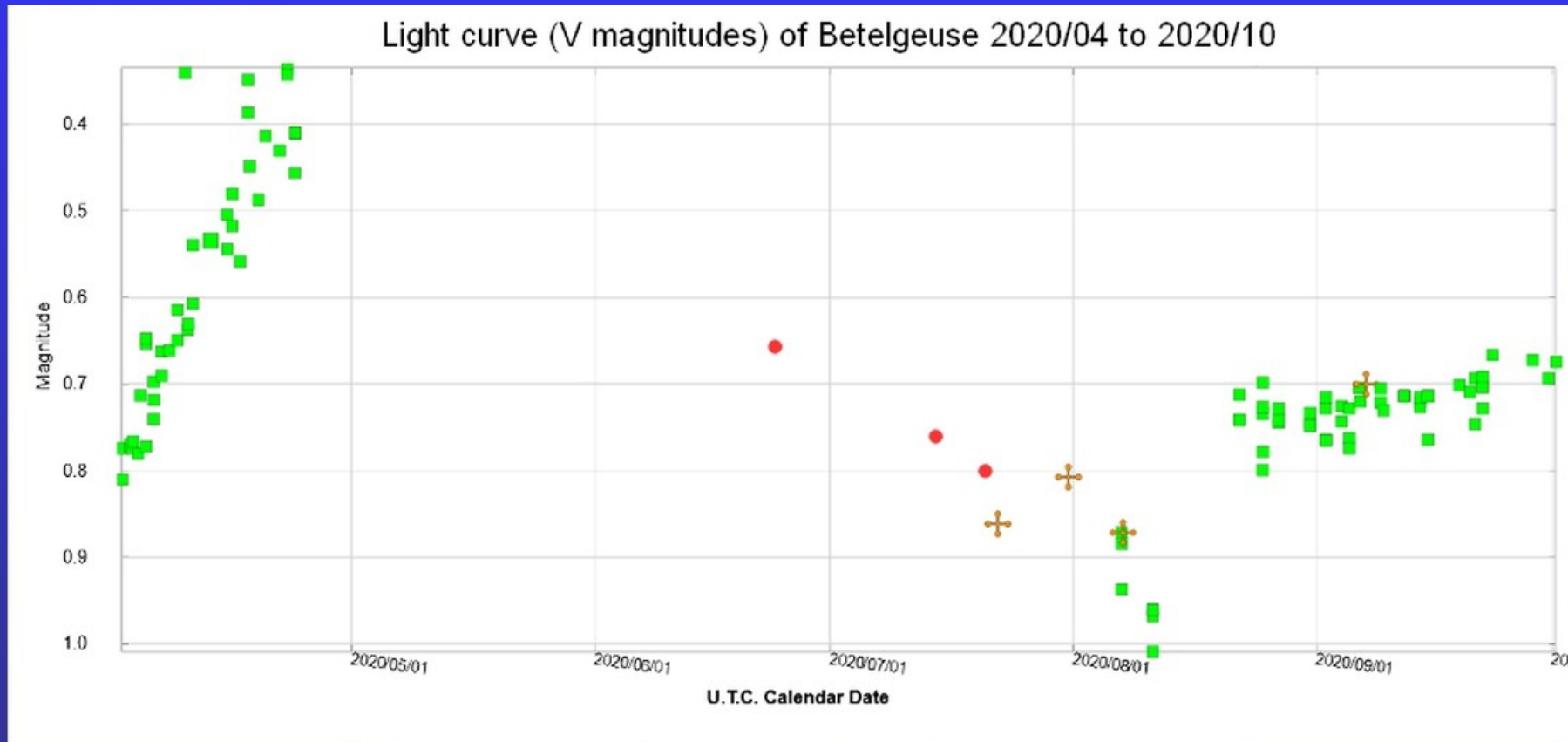
Magnituden-Kalibrierung mit einem Vergleichssterne mit bekannter Magnitude $M(\text{comp})$
(unter Vernachlässigung von Farbunterschieden)

$$M(\text{var}) = M(\text{comp}) + m_{\text{inst}}(\text{var}) - m_{\text{inst}}(\text{comp}) - k (X(\text{var}) - X(\text{comp}))$$

k = Extinktionskonstante

X = Luftmasse

Erste Messungen 2020



Grün: photometrische Messungen der AAVSO-Datenbank
Rot: Messungen der STEREO-A Raumsonde

Kreuze:
Eigene Messungen bei Tageslicht, Vergleichssterne:
Aldebaran (Alpha Tau)

The Astronomer's Telegram

Post | Search | Policies
Credential | Feeds | Email

2 Sep 2020; 09:25 UT

Second dust cloud on Betelgeuse

ATel #13982; *Costantino Sigismondi (ICRA/Sapienza University of Rome and ITIS G. Ferraris, Rome), Wolfgang Vollmann (AAVSO/BAY), Omar Nickel (University of Mainz and AAVSO/BAY), Alexandre Amorim (NEOA-JBS, AAVSO), Rod Stubbings (AAVSO), Fabio Mariuzza (AAVSO), Paolo Ochner (University of Padua and Asiago Astrophysical Observatory), Margarita Karovska (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics), Luigi Bordini (Sapienza University of Rome and Italian Physical Society), Remo Ruffini (ICRANet Pescara), Cesare Barbieri (University of Padua)*

on 30 Aug 2020; 22:30 UT

Credential Certification: *Costantino Sigismondi (sigismondi@icra.it)*

Subjects: Optical, Star, Transient, Variables

Tweet

The photometry of Betelgeuse is continuing to give us surprises. It seems like a second dust cloud ejected by the star is passing over its photosphere along our line of sight. As mentioned in ATel#13901 after a unusual short-lived maximum around 0.4 magnitude (ATel#13601) reached in April/May 2020 the star began again to fade in July 2020. After reaching a secondary minimum after August 3rd, 2020 at magnitude $V=+1.0$, on August 27, 2020 the star gained 0.3 magnitudes, recovering magnitude $V=+0.7$. Measurements with DSLR differential V photometry (W. Vollmann), also made in daytime (O. Nickel), showed this behavior within ± 0.04 magnitudes of typical errorbar. Naked eye observations in twilight, always with airmass corrections, of A. Amorim (Brazil), R. Stubbings (Australia), F. Mariuzza (Italy) and C. Sigismondi (Italy) confirmed the attained maximum at mag. 0.4, and the following fading phase. The interpretation of these observations suggests the presence of a second dust cloud, following the great one (in phase with the main pulsational period of 1.2 years) which determined the deep minimum of Betelgeuse in December 2019-February 2020. The level of the present maximum luminosity ($+0.4$ mag) of Betelgeuse should be recovered by September 2020, if no new clouds will appear on the line of sight.

Ensemble Photometrie

$$\text{V magnitude } m_v = m_{\text{inst}} + T_v(B-V) - k_v X + m_0$$

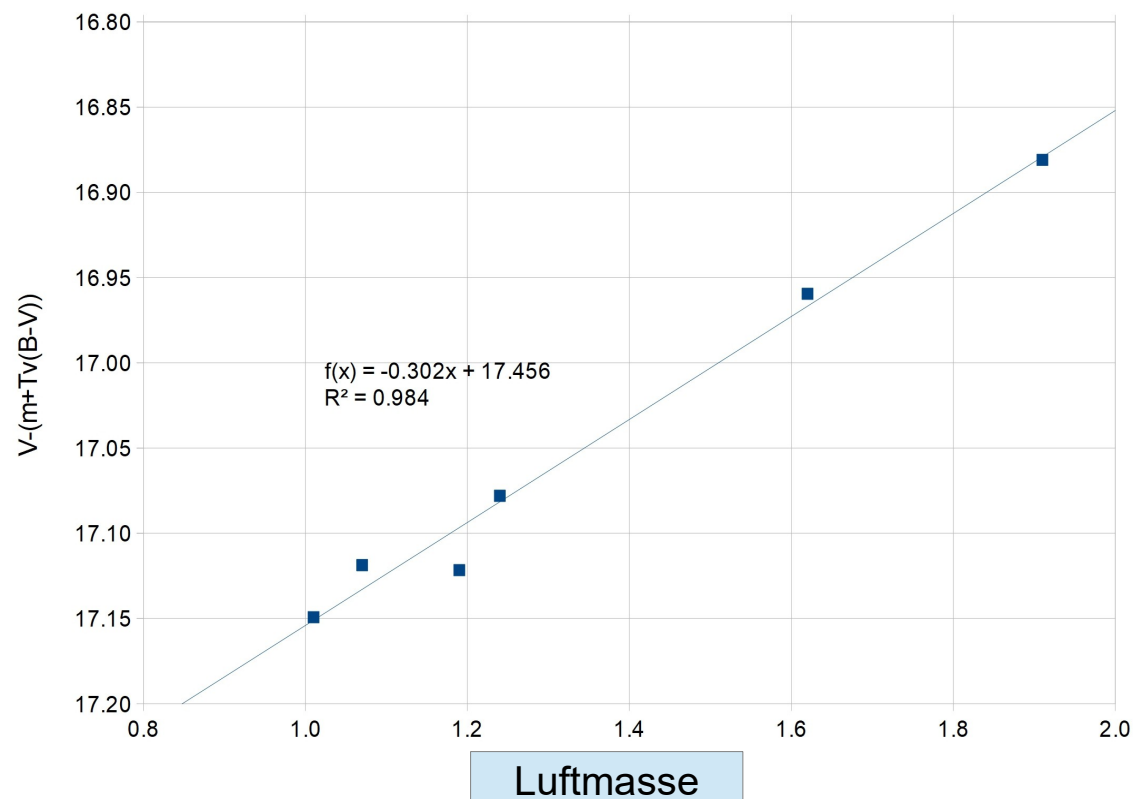
m_0 = Kalibrierungskonstante

T_v = Farbtransformations-Konstante, $B-V$ = Farbindex

K_v = Extinktionskonstante

X = Luftmasse

Extinktionsmessung 02.04.2021 16:00 UT



Berechnung der Extinktions- und Kalibrierungskonstanten mit Linearer Regression:

$$m_v - (m_{\text{inst}} + T_v(B-V)) = m_0 - k_v X$$

Messung von m_{inst} an mehreren (4-6) Sternen mit bekanntem m_v und $(B-V)$, dann

Auftragen von $m_v - m_{\text{inst}} - T_v(B-V)$ gegen die Luftmasse X

Ergebnis:

Extinktionskonstante $-k_v$ = Steigung der Ausgleichsgeraden

Kalibrierungskonstante m_0 = Achsenabschnitt ($X=0$)

Ensemble Photometrie

V Magnitude des veränderlichen Sterns

$$m_v = m_{\text{inst}} + m_0 + T_v(B-V) - k_v X$$

m_0 = Kalibrierungskonstante

T_v = color transformation constant, $B-V$ = color index

K_v = extinction constant, X = airmass

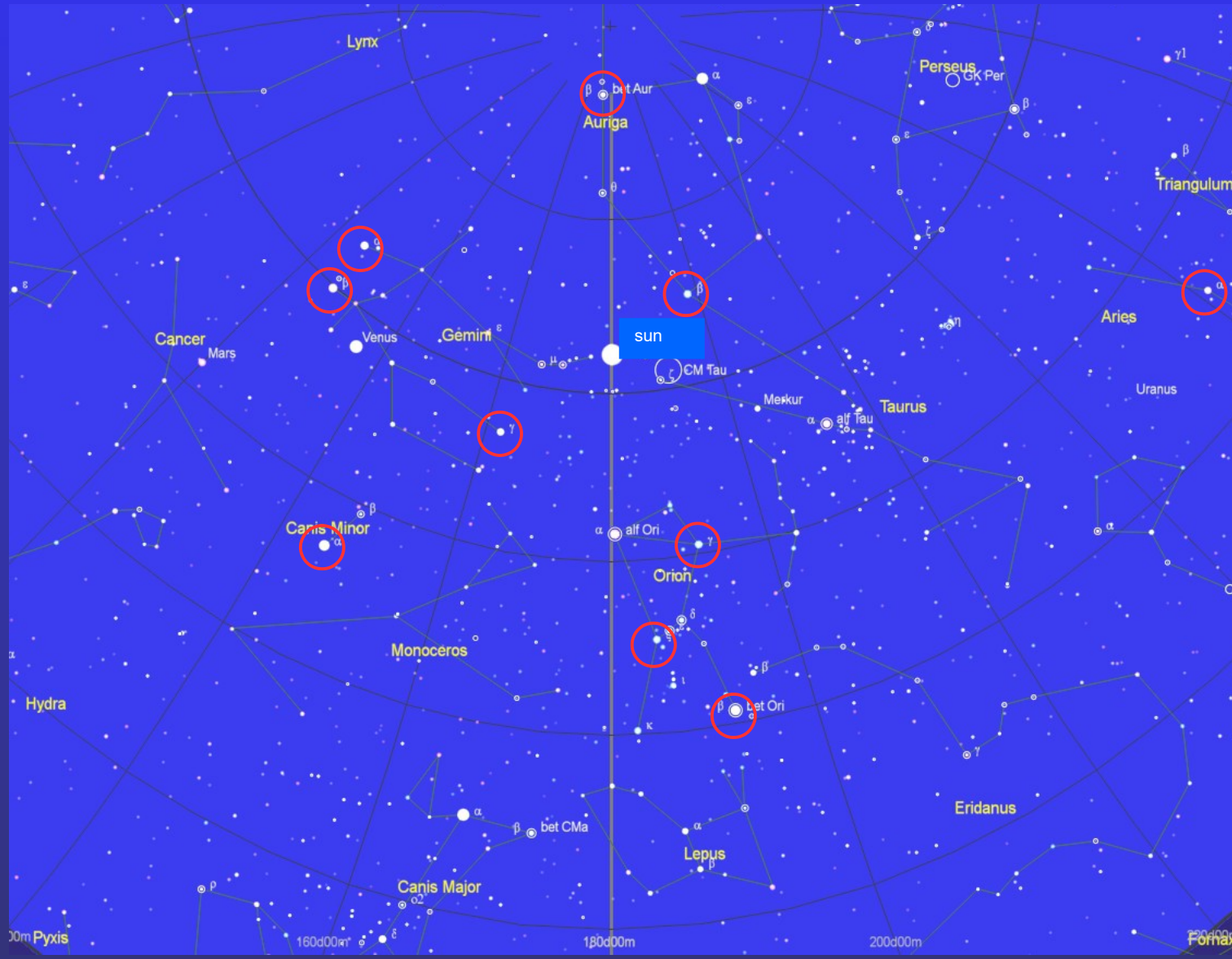
Photometrie-Fehler

Abhängig von

- Standardfehler der linearen Regression
- Zufällige Fehler (Photonen-Rauschen, Szintillations-Rauschen) des Veränderlichen
- Fehler der Extinktionsmessung

Die Fehler können minimisiert werden durch möglichst lange (≥ 10 s) Belichtungszeiten, z.B. Stacks von $100 \times 0,1\text{s} = 10\text{s}$

Vergleichssterne



Himmelsansicht in Mainz am 20.06.2021 13:29 (lokaler Mittag)

Bedingungen:

$m_v \leq 2 \text{ mag}$; Variabilität ($m_{\min} - m_{\max}$) $< 0.1 \text{ mag}$

Stern	V-mag (Hipparcos)	B-V	Abstand zur Sonne am 20.06.2021
Beta Ori	0.18	-0.03	33°
Alpha Cmi	0.40	0.43	32°
Beta Gem	1.16	0.99	25°
Alpha Gem	1.58	0.03	24°
Beta Tau	1.65	-0.13	7°
Zeta Ori	1.74	-0.2	25°
Beta Aur	1.9	0.08	21°
Gamma Gem	1.93	0	12°
Alpha Ari	2.01	1.15	51°

Kontrollstern:

Bellatrix (Gamma Ori) ($m_v = 1.64 \text{ mag}$, $B-V = -0.22$)

Teleskop-Steuerung

Starpilot V. 0.177

UTC Zeit: 2021-11-07 22:49:17 Sternzeit: 02:31:42 Setup

Teleskop

Disconnect ☒ 46fba7

RA: 2.54039 Höhe(*): 0.0 Pierside: West
 DEC: -40.08333 Airmass: -

Objekt: Finde Slew

RA: 0 h 0 m 0 s
 DEC: N 0 ° 0 ' 0 "

Parken Home Kal.

Autopilot
 Koordinatensystem: J2000!

☒ Extra Viewer
☐ Webmonitor
☐ Stern tracking
☒ Stacking
☒ Korrekturen

Datei laden ☒ speichern

Zeile anfügen Alle löschen ☒ Test

Katalogpos. Paste Calibr. ☐ Dach zu beim Beenden

Start Stop

Sternwarte

Temp. °C

Connect ☒ Dach auf Dach zu ?
 Simulator Dach Regens. RH(%)
IMULATOR auf tracker ?

Kamera/ Filterrad

Connect Set Cooler temp. 0 Set
 Disconnect ☒ Cooler on T(°C) 0
 Warm Up power(%) 25

Belichtung 1 sec Stop
☐ Repeat

Start stacking Focus start

Filter (1..n) 1 Red Viewer

Binning 2 Zoom 1

Bildspeicher-Pfad
 C:\Astro\2021\Atik\Beteigeuze

Max Mean

Center Horizont

index	UT(h)	UT(m)	UT(s)	Objekt Name	RA(h)	RA(m)	RA(s)	DEC(*)	DEC(')	DEC('')	Bel.(s)	Binning	Filter(1..n)	Anzahl	Dateiname	Pause(s)
1				beta aur	05	59	31.7	+44	56	51	10*0.1	1/4	3	10	Bet_Aur1	
2				Beteigeuse	05	55	10.3	+07	24	25	10*0.1	1/4	3	10	Beteigeuse1	
3				Gamma Ori	05	25	07.852	+06	20	58.66	10*0.1	1/4	3	10	Gam_Ori1	
4				Zeta Ori	05	40	45.531	-01	56	33.22	10*0.1	1/4	3	10	Zet_Ori1	
5				Gamma Gem	06	37	42.731	+16	23	56.25	10*0.1	1/4	3	10	Gam_gem1	
6				Prokyon	07	39	17.099	+05	13	08.00	10*0.1	1/4	3	10	alp_cmi1	

***** Hilfe *****
 Objektname (z.B. NGC4711) eingeben, dann "Objektpos" klicken
 Koordinaten für NGC, Messier werden eingefügt
 Kommandos in Feld "RA(h)":
 CC: Kamerakühler einschalten

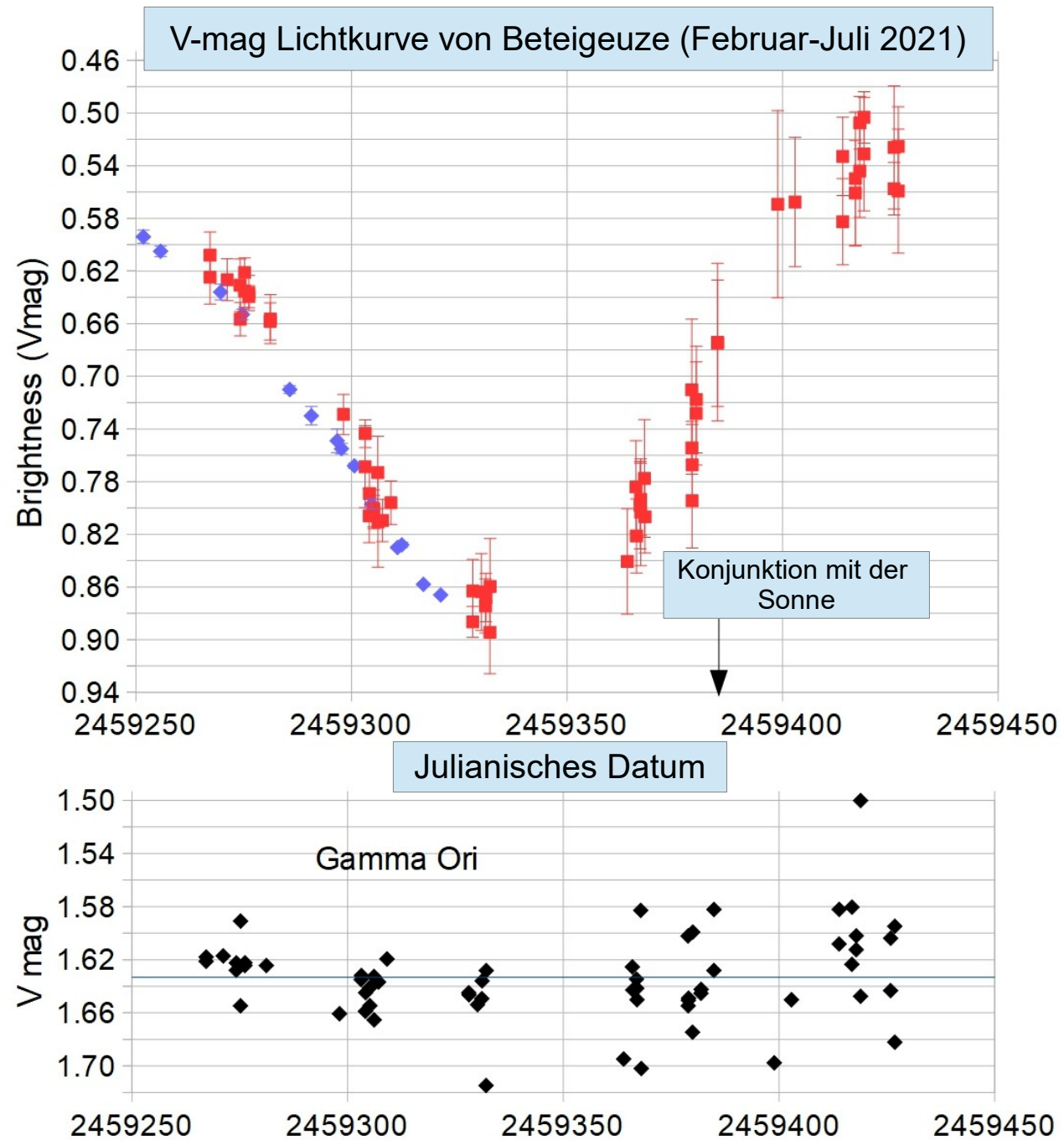
Beenden

Dach ist offen

Windows-Programm Starpilot
 (Steuerung über ASCOM-Schnittstellen)

Jeder Stern wird 10x belichtet (0,1s)
 und sofort gestackt, je 10 gestackte Bilder
 werden gespeichert

Ergebnisse



Beteigeuze

Blau: Mit Photometer gemessene
Magnituden (T. Calderwood)

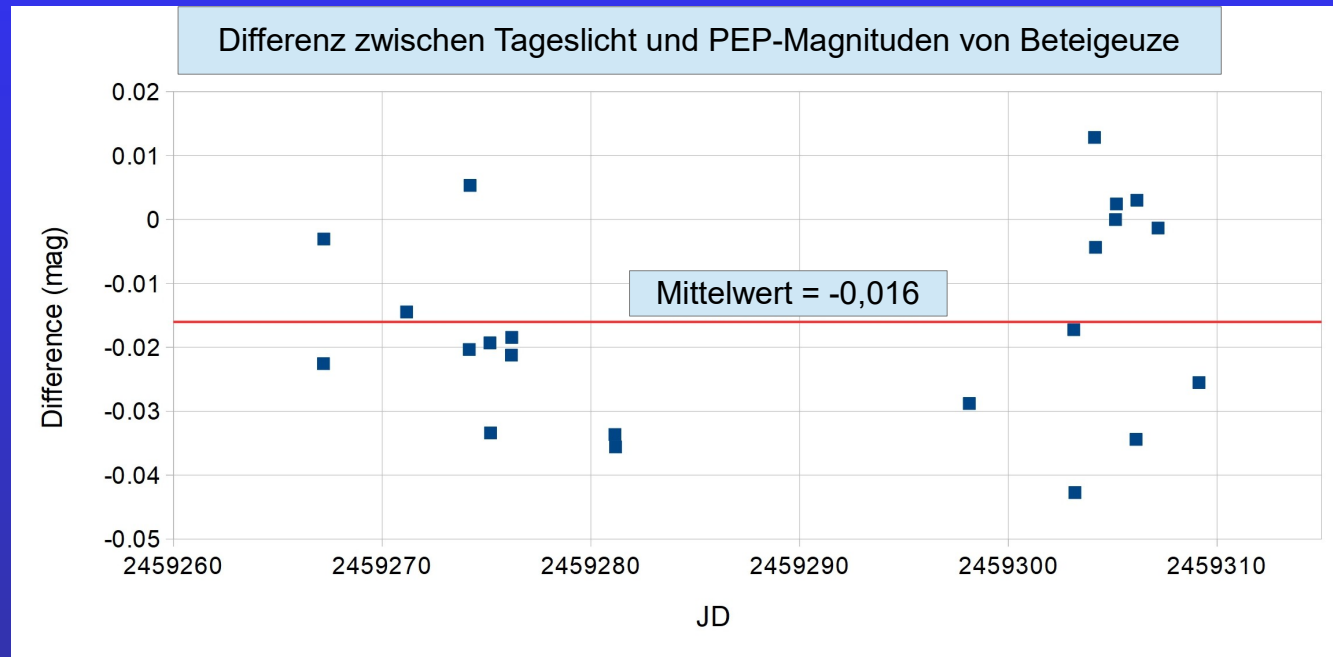
Rot: Tageslicht-Daten (O. Nickel)

Kontrollstern

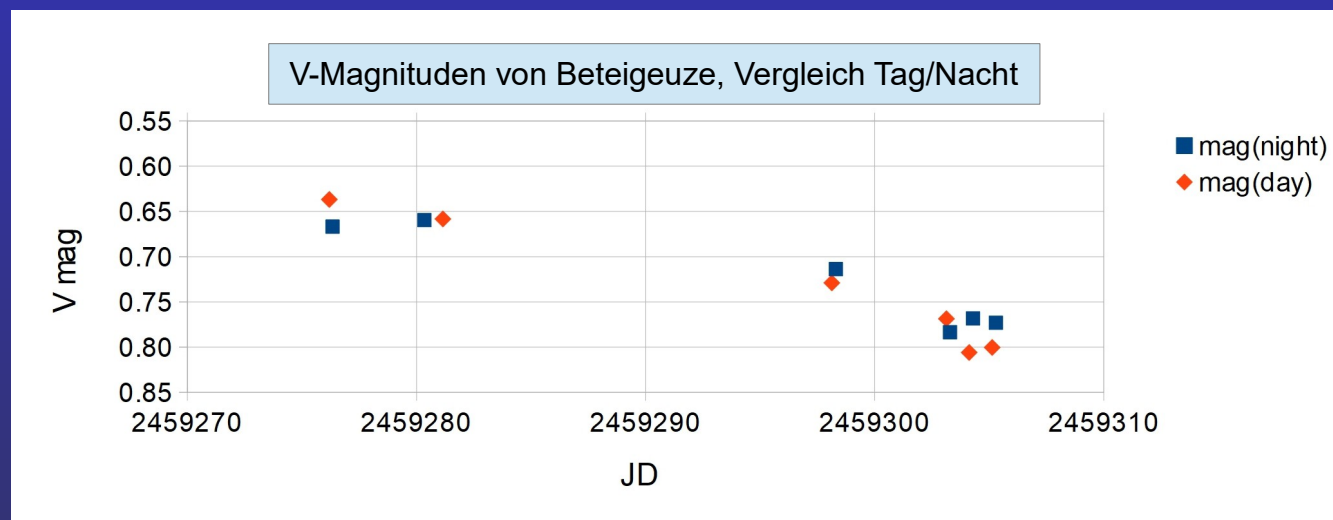
Bellatrix (Gamma Ori)

Horizontale Linie: Mittelwert (1.63 mag)

Ergebnisse



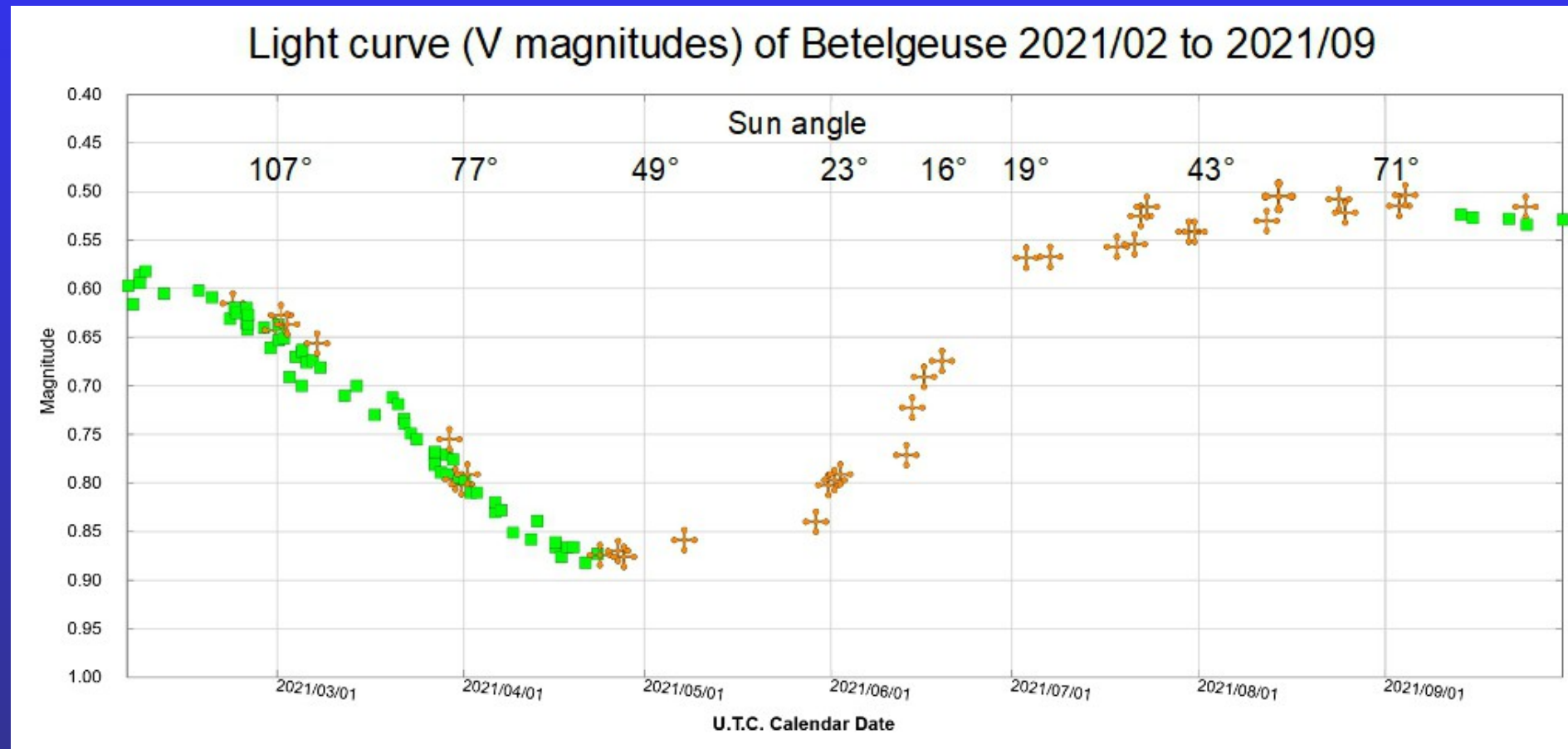
Differenzen der Tageslicht-Magnituden zu interpolierten Photometer-Daten (Tom Calderwood)



Vergleich von Tageslicht-Magnituden mit bei Nacht gemessenen (mit gleicher Methode)

Rot: Tageslicht
Blau: Nacht

Ergebnisse



Grün: V mag Daten (PEP) der AAVSO
Kreuze: Tageslicht V mag Daten (O. Nickel)

Quelle: Kafka, S., 2021, Observations from the AAVSO International Database, <https://www.aavso.org>

Schlussfolgerungen

- Messungen standardisierter V Magnituden von Beteigeuze sind mit astronomischen Kameras bei Tageslicht möglich, sogar während der Konjunktion mit der Sonne
- Die beschriebene Methode erlaubt Ergebnisse mit einer Genauigkeit von 0,02-0,07 mag
- Die Lücken in der Lichtkurve, die durch das Verschwinden vom Nachthimmel entstehen, können in Zukunft mit zuverlässigen Daten gefüllt werden, wenn diese oder eine ähnliche Methode auch von anderen Beobachtern mit geeignetem Equipment verwendet wird.