



# Smarte Teleskope

1

Der „Game Changer“ bei den Teleskopen?

# Was ist ein Smartes Teleskop?

- Mit dem Smartphone oder Tablet steuerbares Teleskop.
- Einsteiger und Anfänger können ohne Vorkenntnisse Himmelsobjekte aufnehmen und anschauen. Die Maschine macht die Fotos.
- Einfach das Objekt auswählen und los geht's. Die Bilder werden automatisch gestackt und angezeigt bis man die Belichtung stoppt.
- Es ist eine „All in One-Lösung“. Teleskop, Kamera und Filter können nicht ausgewechselt oder erweitert werden.
- Das Teleskop ist azimutal montiert und muss zu Beginn genau waagerecht gestellt werden. Die Einzelbelichtung ist auf 10-30s wegen der Bilddrehung limitiert. Das ergibt je nach Lage immer einen Verschnitt beim Stacking.
- Durch das geschlossene System sind auch keine Flats, wegen Staub nötig. Durch den kleinen Chip ist die Helligkeitsabnahme zum Optikrand vernachlässigbar. Wegen der kurzen Belichtungszeit sind nur Bias nötig, die das Teleskop automatisch macht.
- Es wird einem in der Astrofotografie dadurch viel Arbeit abgenommen.

## Was ist ein Smartes Teleskop?

- Die Öffnung der Teleskope liegt derzeit bei 30 -150mm
- Das Gewicht 3-20kg
- Der Preis 500€ -5000 €
- Das beste Preis/Leistungsverhältnis hat das SeeStar S50 der Firma ZWO mit einem 50mm Triplett Objektiv,  $f=250\text{mm}$  Gewicht 3 kg, für ca. 700.-€
- Die Kamera ist eine ungekühlte ASI462 Farbkamera mit 1936x1096 Pixel mit  $2,9\mu\text{m}$  Größe d.h. 2,12 Megapixel, Abbildungsmaßstab 2,4"/Pixel, Feld= $1,3^\circ \times 0,7^\circ$
- Integrierte Filter UV/IR und für Deep Sky Dualband-Filter
- Objektiv-Sonnenfilter im Lieferumfang
- Eingebaute Heizung gegen Beschlagen der Optik
- Speicherplatz 50Gb, Auslesen über USB-C zum PC
- Interner Akku bis zu 6h, externer Akku über USB-C anschließbar
- Sehr leise beim Schwenken!

## Leistungsmerkmale des SeeStar S50

- Auswahl der Objekte Deepky, Sonne, Mond, Planeten und Kometen.
- Anfahren der Objekte und automatische Fokussierung
- Prüfung mit Platesolving
- Objekte wie M31 und M42 passen nicht auf den Chip, dafür gibt es die Mosaikfunktion
- Automatisches Stacken und das Ergebnis als jpg-Datei
- **Wichtige Option** Einzelbilder können als fits-Datei unkomprimiert gespeichert werden. Weiter verarbeiten mit Programmen wie Siril.
- Nachteil : keine RA/DE Eingabe aber mit der Sternkarte kann man dorthin Navigieren.
- Ständige Weiterentwicklung der Software über Firmware Updates

## Für wen ist das SeeStar S50 geeignet?

- Einsteiger und Anfänger ohne Vorkenntnisse.
- Einsteiger, die erstmal die Maschine die Bilder machen lassen um sich nur auf die Bildbearbeitung zu konzentrieren.
- Geringe Investition und Prüfen ob Astrofotografie überhaupt dein Ding ist, bevor man sich in Unkosten stürzt.
- Die Qualität der Bilder reicht für Smartphone und Social Media, aber nicht an eine klassische Ausrüstung heran.
- Letztlich muss man die Schritte zur Bildgewinnung selber erfahren mit Fehlern und Rückschlägen klar kommen. Es gibt keine Abkürzung.
- Für den erfahrenden Astrofotografen ist es ein nettes Spielzeug, was man mal eben schnell aufbauen kann oder einfach als visueller Beobachter mitlaufen lassen kann. Dieses Gerät macht richtig Spaß!
- Als Reisetoteleskop im Rucksack auf den Zimmerbalkon oder am Strand Bilder machen oder den Leuten Deepsky Bilder live zeigen.



## „Science stuff“ mit dem SeeStar S50

- Photometrie von Veränderlichen Sternen
- Photometrie des Lichtwechsels von Planetoiden und Auswertung mit dem Programm Tycho Tracker.
- Screenshots-Folien zu dem Thema im Anhang.

# SeeStar S50 mit PC steuern

- Das Programm [seestar\\_alp](#) ermöglicht das Seestar fernzusteuern.
- Das Programm ist in Python geschrieben und im [Github](#) hinterlegt.
- [Ausführbare Version](#) (ohne Python-Installation) und die Entwicklungsumgebung für Windows und Linux
- Zugriff auf weitere Kataloge, Planetoiden, Kometen und Veränderliche und der „Simbad“ Datenbank.

The screenshot displays the SeeStar S50 control interface. It features a dark-themed window with several input fields and buttons. On the left, there are fields for 'Target Name' (with a hint 'Enter a descriptive name for the target, (e.g. ...)') and 'Right Ascension' (with a hint 'Mosaic center in decimal degrees or minutes (e.g. -1.2 or 6h32m32.5s)'). Below these is a checkbox labeled 'Use J2000?'. At the bottom left is a 'Submit' button. On the right, there is a 'Search For' dropdown menu currently showing 'Simbad Deepsky (Online)'. A search icon is next to it. Below the dropdown is a list of search options: 'Simbad Deepsky (Online)', 'Local Deepsky DB', 'Planet', 'Minor Planet (Asteroid)', 'Comet', and 'AAVSO Variable Star (Online)'. At the bottom right, there are three buttons with icons: a clipboard icon labeled 'Paste RA/Dec from Clipboard', a star icon labeled 'Retrieve RA/Dec from Stellarium', and a document icon labeled 'Retrieve from previous Seestar FIT File'.

## SeeStar S50 mit PC steuern

- Dazu braucht man den Internet-Zugang (z.B. über LAN) und den Wlan-Zugang für das Seestar.
- Neben den Zugriff auf alle Seestar-Funktionen lassen sich auch Skripte für die Ablaufsteuerung mehrerer Objekte angeben.
- Auch mehrere Seestars lassen sich so gleichzeitig steuern.



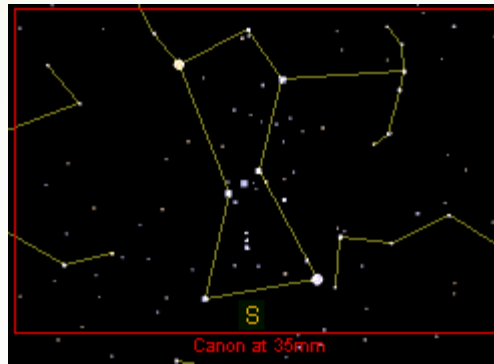
## Ausblick

- Größere Smart-Teleskope sind deutlich teurer und auch schwerer > 20kg
- Konfigurierbare Geräte – Kamera und Filter, azimuthal oder parallaktisch
- Eigene Kataloge laden
- Remote steuerbar über Notebook
- KI gestützte Bildbearbeitung
- Erweiterung des Benutzerkreises
- Gruppenbeobachtung: Mehrere Nutzer nehmen das gleiche Objekt auf
- Beispiel mehrere SeeStars mit Extrembelichtung von 100h

# Bildfeld-Drehung



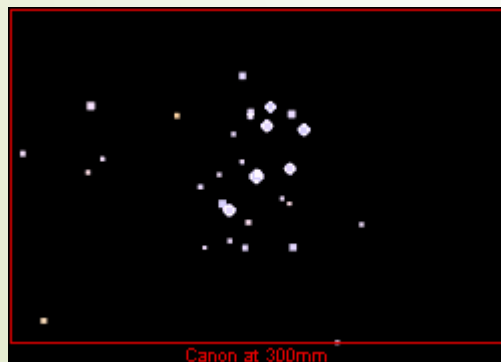
Orion im Osten



Orion im Süden

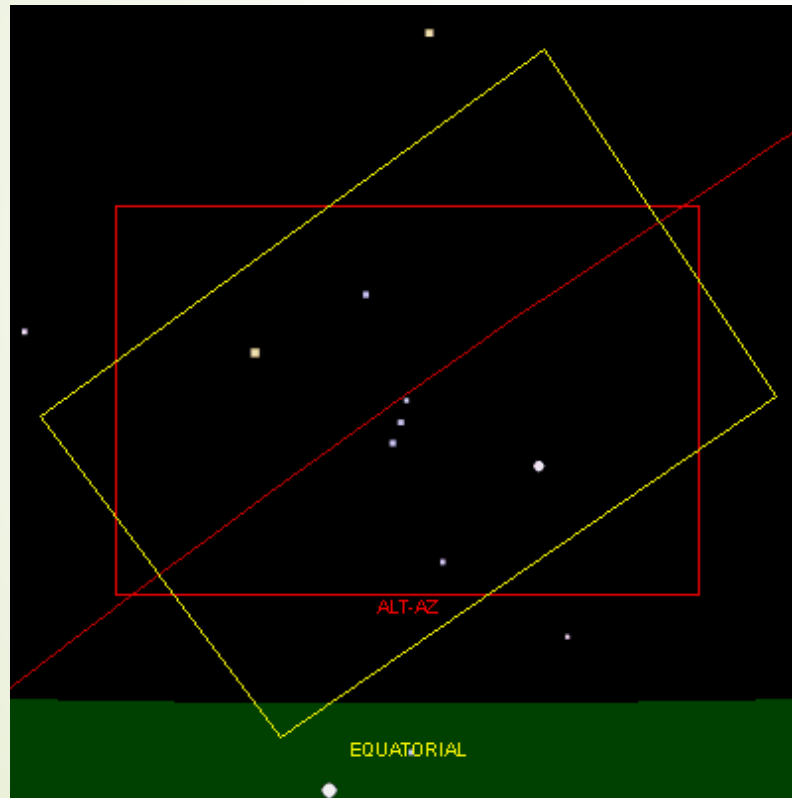


Orion im Westen



Plejaden ebenso

# Bilddrehung Azimutal -Parallaktisch



Quelle

# Bildfeld-Drehung

## Wie variiert Bildfeld-Drehung? Worauf kommt es an?

Feldrotationseffekte für eine Alt-Az-Montierung sind eine Funktion von mehreren Dingen:

- Die siderische Rotation der Erde
- Breitengrad des Beobachters
- Die Rektaszension und Deklination eines Objekts, das in der Nacht zu der unterschiedlichen Höhe und Azimut hat.
- Das Zenitloch, Singularität
- und schließlich, wie viel Feldrotation angesichts der Auflösung der Kamera oder der end-gültigen Bildgröße in Pixeln als akzeptabel angesehen werden kann

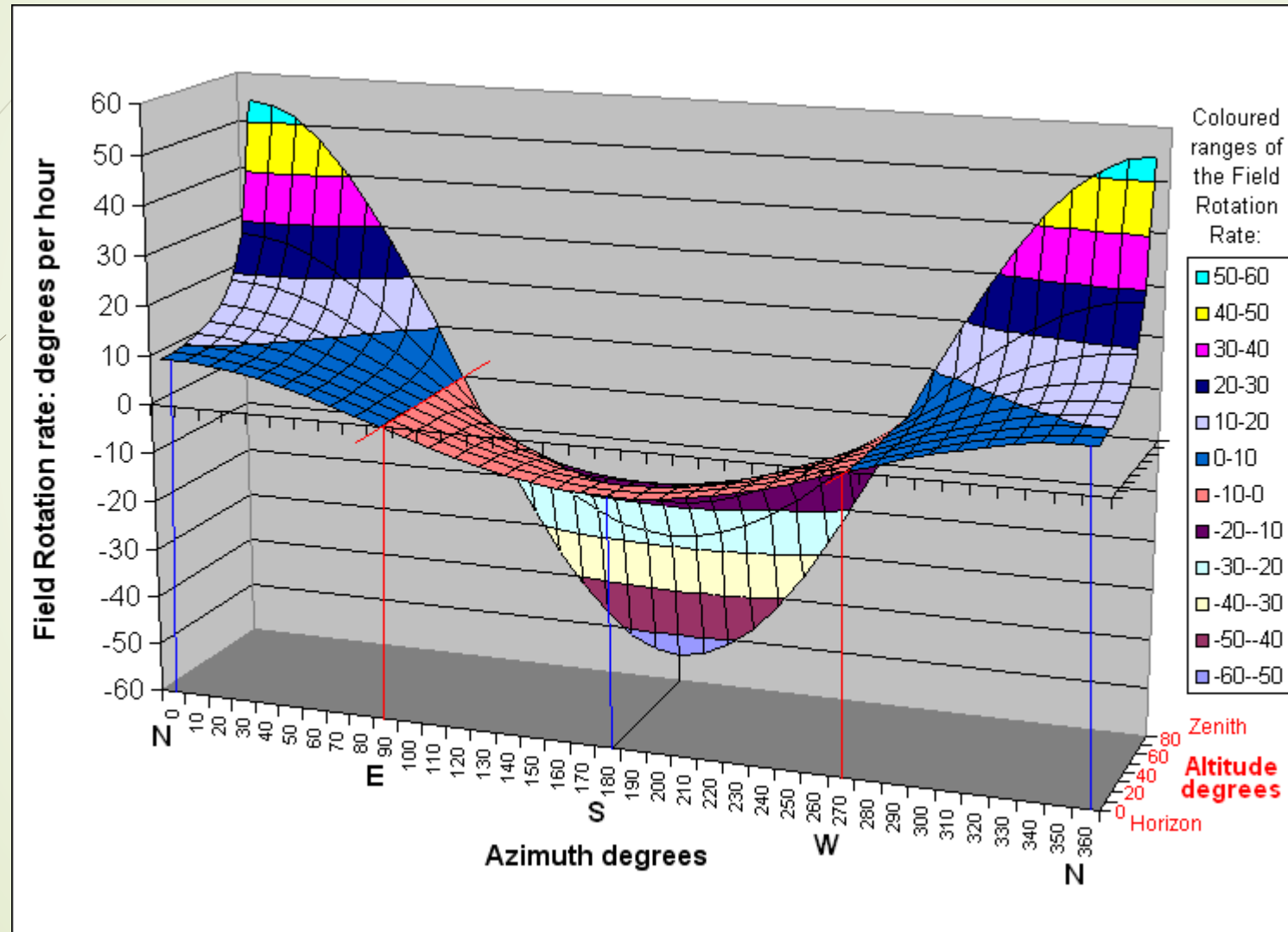
Zuerst werden die ersten drei Effekte berücksichtigen: siderische Rotation, Geographische Breite des Beobachters und Zielort am Himmel.

Die Formel zur Berechnung der Feldrotation der Himmelskugel im Verhältnis zu einem Alt-Az-Koordinatensystem (in Grad pro Stunde) lautet:

## Bildfeld-Drehung

- Winkelrate der Bildfeld-Drehung =  $K \times \cos(\text{Azimut}) / \cos(\text{Höhe})$
- $K = \text{Observer's Constant} = 15.04106858 \text{ grad/h} \times \cos(\text{Breitengrad})$   
Hinweis: Bei  $90^\circ$  ist der  $\cos(90^\circ)=0$  und man würde durch 0 dividieren im Zenit.

# Bildfeld-Drehung





# Bildfeld-Drehung

## Wie man diese Grafik liest:

- Der Azimutwinkel des Objekts verläuft von  $0^\circ$  (Nord) durch  $180^\circ$  (Süd) bis  $360^\circ$  (Norden)
- Der Höhenwinkel des Objekts verläuft von vorne zur Rückseite des Graphen von Alt- $0^\circ$  (am Horizont) bis Alt- $80^\circ$  (nahe Zenit - nicht der Himmelspol)
- Die Felddrehung in Grad pro Stunde wird auf der linken (vertikalen) Achse angezeigt.
- Die Kurven werden für alle  $10^\circ$  Azimut und jede  $10^\circ$  Breite (bis zu  $80^\circ$ ) berechnet.
- Das Ausmaß der resultierenden Felddrehung Farbe codiert wie +50 bis +60 bis -60 bis -50, um ähnliche Werte zu sehen.

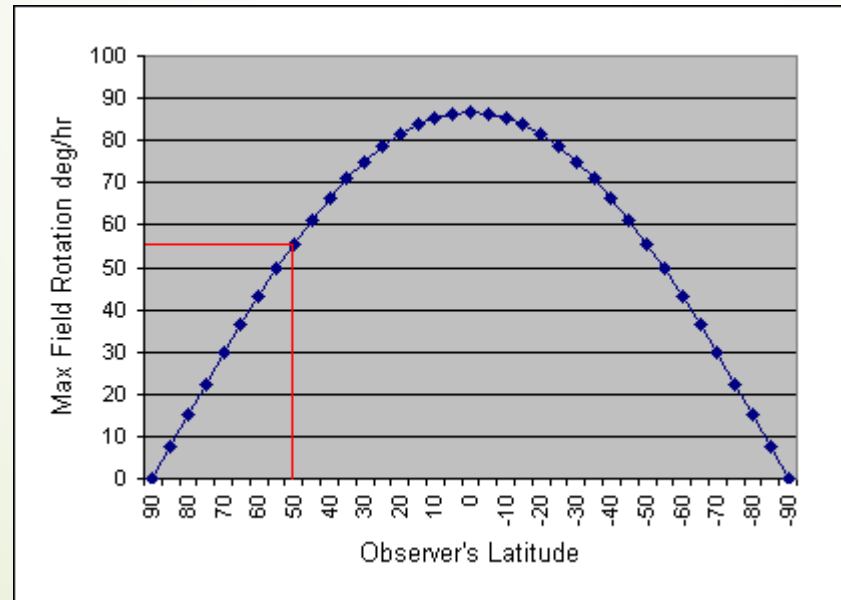
## Dinge, die man im Ergebnis beobachten muss

- Die minimale Felddrehung (rote Linien) tritt auf, wenn das Objekt entweder im Osten ( $90^\circ$ ) oder im Westen ( $270^\circ$ ) in jeder Höhe (natürlich ein paar Minuten später wird das Objekt nicht mehr im Osten oder Westen sein).
- Die maximale Felddrehung (blaue Linien) tritt auf, wenn das Objekt bei  $0^\circ$  (oder  $360^\circ$ ) Nord oder bei  $180^\circ$  (Süd) ist und mit der Höhe des Objekts dramatisch zunimmt (in Richtung der Rückseite der Grafik).
- Die Feldrotationsrate kann positiv sein (Objekte, die gegen den Uhrzeigersinn zu rotieren scheinen) oder negativ (Objekte, die sich im Uhrzeigersinn zu drehen scheinen).
- Objekte im Süden haben eine negative Feldrotationsrate (sie scheinen sich im Uhrzeigersinn wie Orion zu drehen).
- Objekte im Norden haben eine positive Feldrotationsrate (sie scheinen gegen den Uhrzeigersinn wie Cassiopeia zu rotieren)

# Bildfeld-Drehung und Breitengrad

## Wie ändert sich das mit dem Breitengrad?

- Die Breite des Beobachters beeinflusst nur das Ausmaß der Feldrotationsrate.
- Der Graph hat die gleiche Form für alle Breitengrade außer den Polen (90° Nord oder Süd).
- Daher müssen nur die linken Achswerte geändert werden.
- Hier ist ein Diagramm des maximalen Wertes für die linke (vertikale) Achse für Dreh- und -Haltung von -90°:
- 50° Breite und der Wert der maximalen Felddrehung dort als rote Linie.



# Die Kamera

## ➤ Wie also bedeutet dies Pixel pro Sekunde für eine Kamera?

Das hängt von folgenden ab:

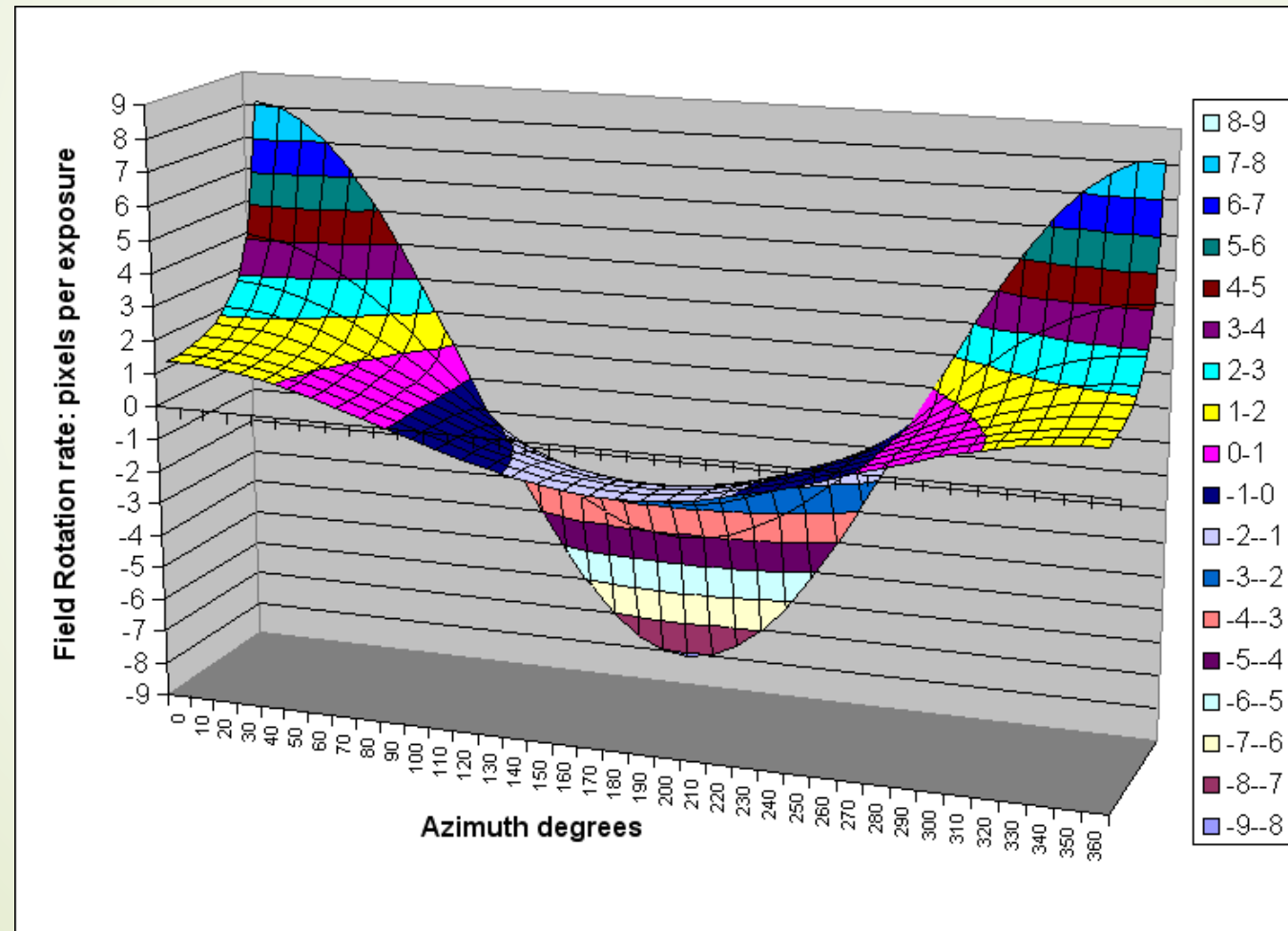
- Die Anzahl der Pixel auf dem Chip horizontal und vertikal.
- Ob Pixel für eine kleinere Bildgröße kombiniert Binning.
- Ob Sie sich Sorgen um Pixel oben und unten, linke oder rechte Kanten oder rechts in den Ecken des Rahmens machen.

Grundsätzlich besteht die Berechnung darin, die Feldrotationsrate in Grad pro Stunde pro Punkt am Himmel in Radians zu verwandeln pro Sekunde die Entfernung auf dem Film, die Sie beunruhigen, um Pixel pro Sekunde der Rotation zu bekommen. Seit den meisten Fotos dauern länger als eine Sekunde, berücksichtigen Sie auch die Belichtungszeit.

- Winkelrate der Feldrotation (Pixel/Exposition) in Grad/Stunde

# Die Kamera (DSLR)

- Winkelrate der Feldrotation (Pixel/Exposition) in Grad/Stunde
- Canon DSLR mit einer Pixelzahl von 3072x2048 und einer Belichtungszeit von 30 Sekunden ergibt sich folgende Grafikergebnisse



# Zusammenfassung

- Regel:
- Belichtung kurz halten
  - nicht Nord oder Süden
  - besser Osten oder Westen
  - nicht zu hoch zielen, Zenit meiden



Im Osten 4 min keine Felddrehung



Im Süden 4min mit Felddrehung



# Bildbearbeitung der Seestar-Bilder

- Werkzeuge:
  - Siril für Stacking und Bearbeitung
  - GraXpert für Gradienten entfernen und Entrauschen
  - Gimp fürs Finishing
- Variante 1: Das Summenbild von Seestar bearbeiten
- Variante 2: Einzelbilder selber stacken und bearbeiten
- Das gilt natürlich auch für Bilder die mit anderer Ausrüstung erstellt wurden.



# Gradienten entfernen

- GraXpert wurde entwickelt, um Gradienten aus Astrofotos zu entfernen. Wie der Name schon sagt, sind Gradienten Helligkeitsverläufe, die nicht zum Astrofoto gehören, sondern durch äußere Störungen verursacht werden. Ursachen können z.B. Lichtverschmutzung, falsche oder fehlende Flat-Korrektur, aber auch natürliche Helligkeitsverläufe des Nachthimmels und Eigenheiten der verwendeten Optik (Abschattung in Form einer Vignette), sein.
- Um Deep-Sky-Fotos zu bearbeiten, ist es sinnvoll, solche Verläufe aus den Bildern zu entfernen. Das sieht nicht nur besser aus, sondern vereinfacht auch die weitere Bearbeitung des Bildes. Auch Farbstiche lassen sich auf diese Weise entfernen und generell ist es sinnvoll, das Astrofoto von der Menge des Himmelshintergrunds zu befreien. Kurzum: Eine Gradientenentfernung ist sehr nützlich, wenn auch nicht zwingend notwendig.
- Kommt zur Anwendung wo die Hintergrund-Extraktion von Siril nicht soviel bringt.
- [Video](#)

# Gradienten entfernen und entrauschen

- Voraussetzung: Die Bilder sind kalibriert und gestackt. Bei Seestar ist dies das Summenbild.fit
- Gradienten entfernen gleich nach dem Stacking und das Bild keine Ränder hat ggf. noch abschneiden. Die Bilder sind nicht gestretched (keine Histogramm-Transformation).
- Stretchoption auf 30% setzen nur zur Ansicht hat keine Wirkung auf das Bild.
- Samples setzen Sicherheitsabstand zum Objekt, sonst gibt es einen dunklen Rand um das Objekt. Keine Sampling-Punkte auf dem Objekt oder auf Sternen.
- Smoothing eher klein
- Bei kleiner Galaxie in der Mitte->Gitter erstellen
- Bei bildfüllendem Objekt nur wenige Sample-Punkte manuell setzen und ggf. sukzessiv erhöhen.
- Die Entrauschungsstärke mit dem Regler erstmal auf Mitte. Vergleich mit Denoised/Original im oberen Bereich in der Mitte vergleichen
- Als 32 Bit Fits-Datei speichern und weiter in Siril

## Bild mit Siril weiter

- Photometrische Farbkalibrierung
- Histogramm-Transformation
- Farbsättigung
- Rauschreduzierung
- Als tiff exportieren
- In Gimp Hintergrund dunkler und Farbkurven korrigieren, ggf. unscharfe Maske

## Einzelbilder vom Seestar in Siril bearbeiten

- Sequenz anlegen, debayern anklicken
- Registrierung, Bilder ausrichten
- Globale Sternregistrierung in 2 Durchläufen, auf das „Rad“ klicken und dann auf die „3 Räder“ klicken und schauen wie viele Sterne registriert werden >20.
- Weniger als Schwellwert verkleinern
- Dann Stacking „Durchschnittswert mit Ausschluss“ und Normalisierung „Additiv mit Skalierung“

# Anhang

# Doing Science with Seestar

Screenshots-Folien von Andrew Pearce, Australien

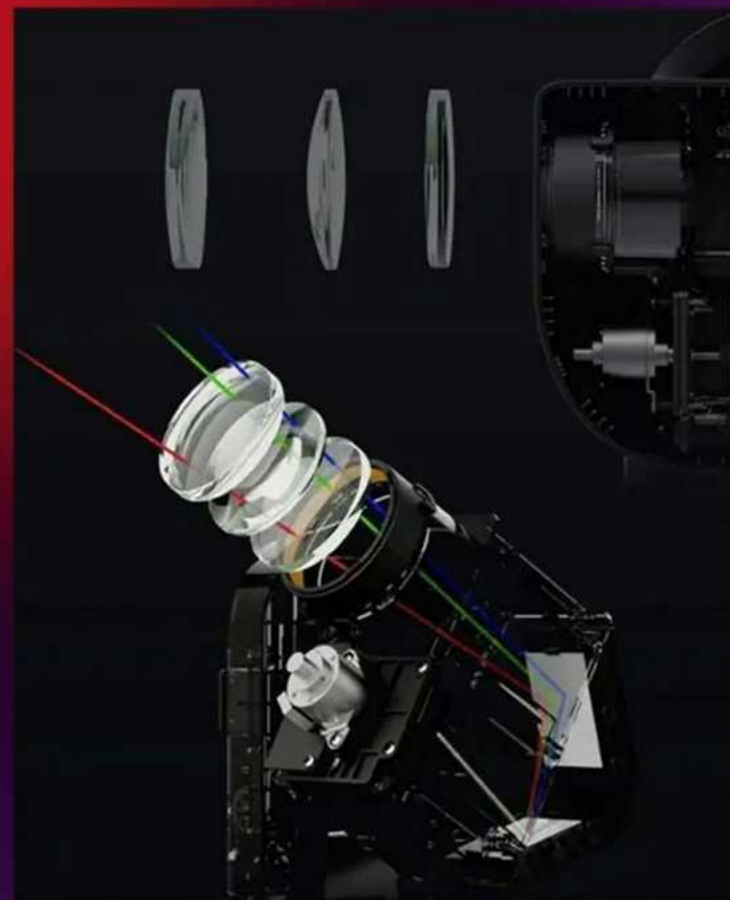


# What I'll cover

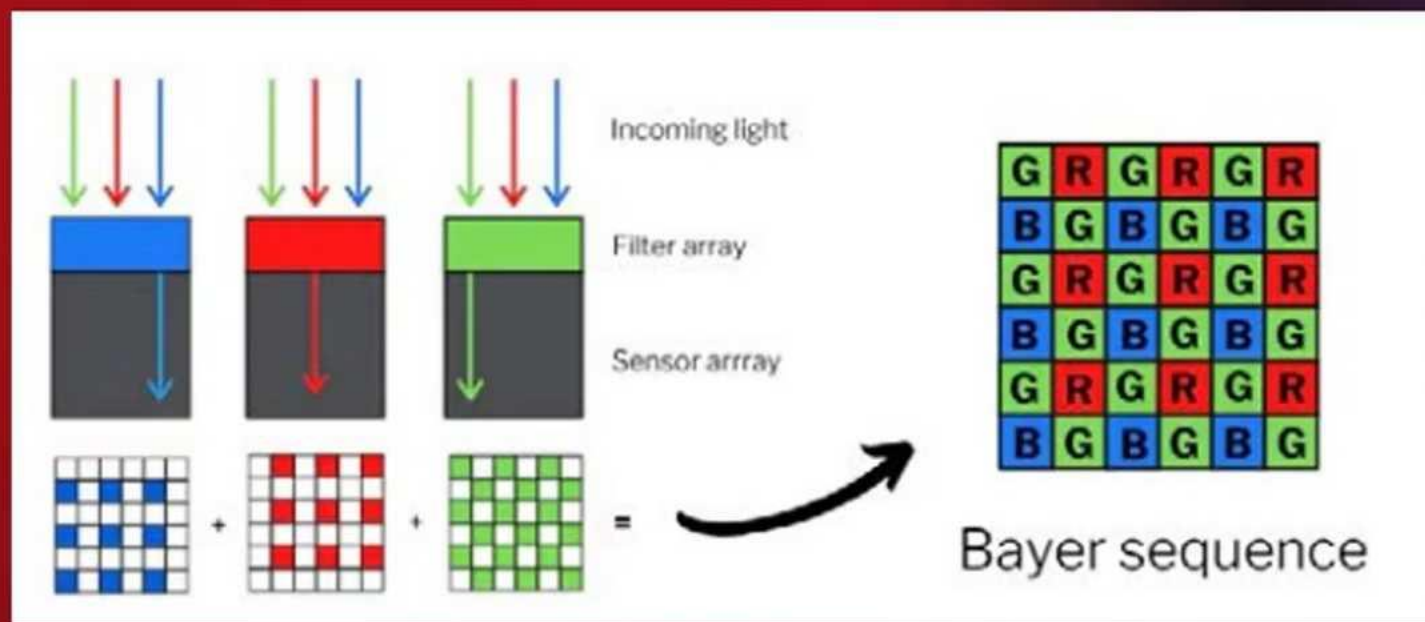
- A bit about the Seestar
- Useful accessories
- Astrometry – asteroids and novae
- Photometry – asteroids, comets & variable stars
- Exoplanets
- Asteroid occultations
- Software

# A bit about the Seestar S50

- Triple apochromatic refractor – 3 lenses correct for colour fringing
- 50mm aperture, f/5
- Takes 10s exposures and stores them in FITS and jpg formats
- Alt-az mount
- Uses plate solve techniques to work out where it's pointing in the sky
- Typically calibrated at the start of each session to fine tune the pointing and provide better tracking over long exposure runs
- Takes darks and automatically calibrates images for these



# Seestar S50 Imaging

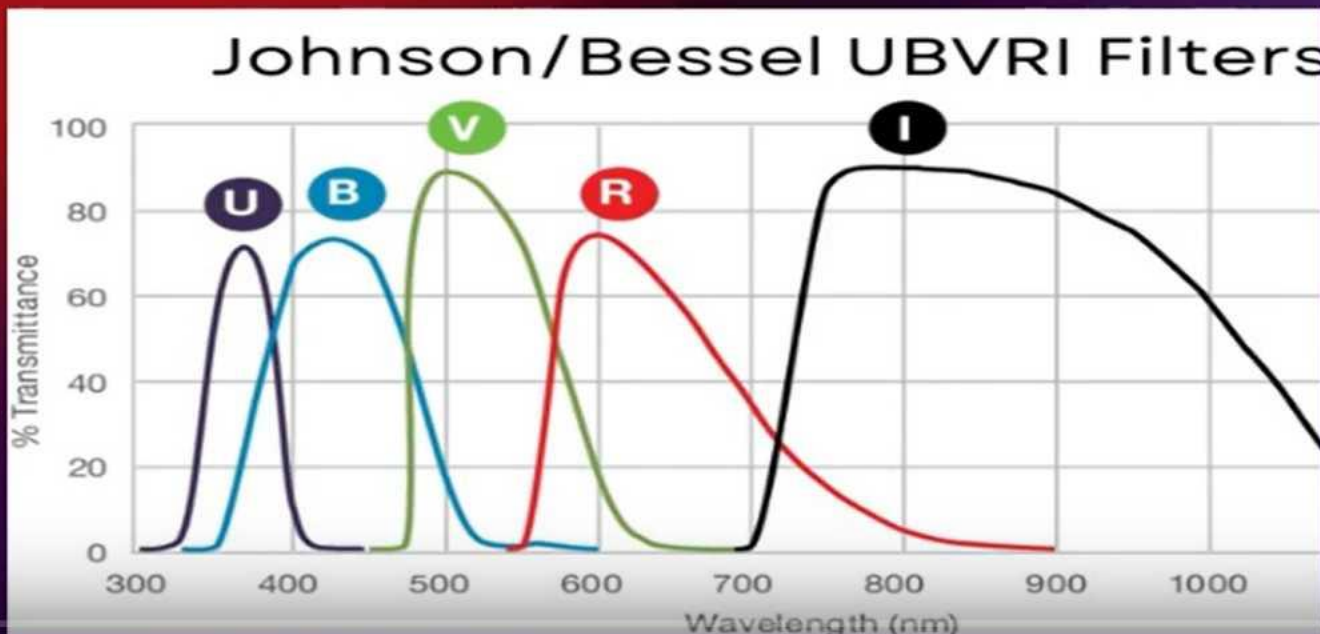
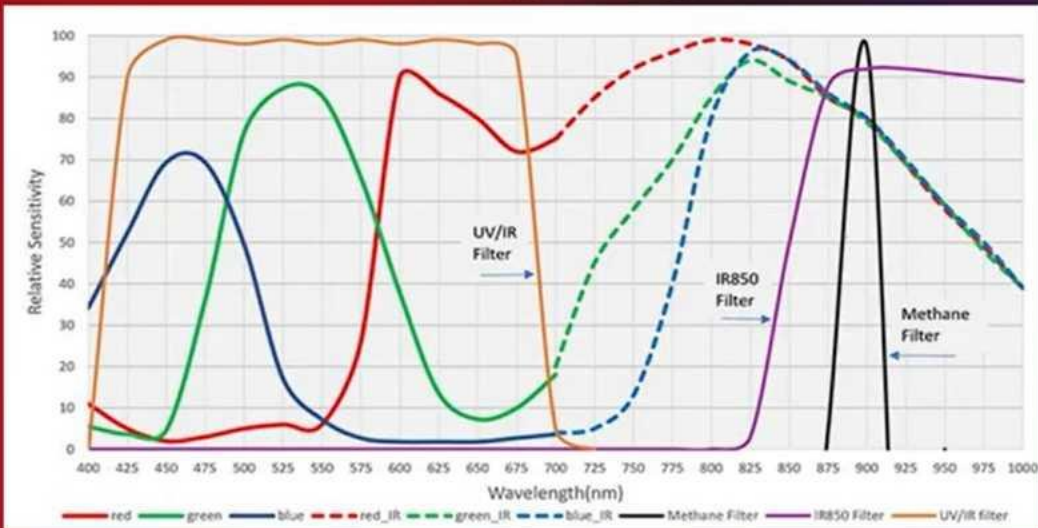


- 2.1 MP camera – 1920x1080 image
- One coloured filter applied to each pixel
- GRBG Bayer matrix
- Software can be used to extract the individual R, G and B channels (debayering or demosaicing)



# Seestar S50 Imaging

- IR cut off filter > 700nm
- Sort of close match with Johnson BVR filters
- BVR filters used for variable star photometry
- S50 close-ish approximation



# Scheduling observations

- Third party software (python routine) to schedule a night's observations and to accurately centre target
- Set and forget (unless it rains!)
- <https://github.com/smart-underworld>

```

PowerShell 7 (x64)
C:\Seestar>python seestar_run.py 192.168.127.102 'NVSCO' "17:08:26.6" "-35:30:04" 0 1200 1 1 1 1
seestar_run version: 1.0.0b1
35:30:04
192.168.127.102 'NVSCO' 17.140722222222223 -35.501111111111111 False 1200 1 1 1.0 1.0
nRA: %d 1
nDec:%d 1
received parameters:
  ip address   : 192.168.127.102
  target      : 'NVSCO'
  RA          : 17.140722222222223
  Dec         : -35.501111111111111
  use LP filter : False
  session time : 1200
  RA num panels : 1
  Dec num panels: 1
  RA offset x  : 1.0
  Dec offset x  : 1.0
goto (17.140722222222223, -35.501111111111111)
going to target...
AutoGoto state: working
AutoGoto state: start
AutoGoto state: working
AutoGoto state: working
AutoGoto state: working
AutoGoto state: working
AutoGoto state: working
AutoGoto state: working
AutoGoto state: complete
Goto operation finished
AutoGoto state: complete
starting to stack...

```

```

python seestar_run.py 192.168.127.103 'NVSCO' "17:08:26.3" "-35:29:58" 0 1200 1 1 1 1
python seestar_run.py 192.168.127.103 'NSV14537' "23:25:39.1" "-62:13:50" 0 10800 1 1 1 1
python seestar_run.py 192.168.127.103 'SZHOR' "3:07:39.0" "-56:02:32" 0 10800 1 1 1 1
python seestar_run.py 192.168.127.103 'XYMEN' "5:21:46.7" "-71:55:12" 0 12600 1 1 1 1

```

# Astrometry - Asteroids

## Observations

811 total observations over interval: 2014 03 29.121817 – 2024 09 02.339256

These data are available for [download](#) ([format description](#)).

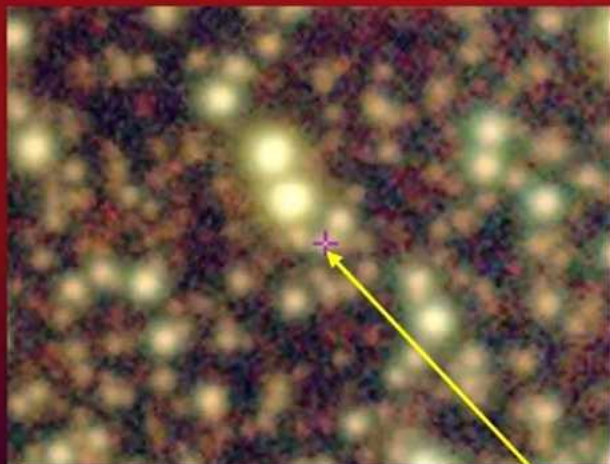
Date (UT)	J2000 RA	J2000 Dec	Magn	Location	Ref
2024 06 28.51536	14 44 47.24	-47 36 35.8	12.5 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868
2024 06 28.52625	14 45 45.37	-47 36 09.7	12.2 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868
2024 06 28.53721	14 46 45.05	-47 35 37.1	12.6 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868
2024 06 28.54582	14 47 32.65	-47 35 06.2	12.4 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868
2024 06 28.55324	14 48 14.26	-47 34 36.0	12.1 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868
2024 06 28.56032	14 48 54.53	-47 34 04.0	12.2 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868
2024 06 28.59621	14 52 27.37	-47 30 32.2	12.2 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868
2024 06 28.60364	14 53 13.37	-47 29 37.5	11.9 G	P14 – Nedlands Observatory, Perth	MPS 2193868

All measurements reported to the Minor Planet Centre  
(<https://minorplanetcenter.net/iau/mpc.html>)



# Astrometry - Novae

- Seestar used to measure precise position of nova I independently discovered on Sept 9<sup>th</sup> (V1725 Sco)
- Position agreed very closely with position measured with a 0.36m telescope
- No obvious progenitor star
- Reported on IAU CBET 5444



Very faint progenitor

Electronic Telegram No. 5444

Central Bureau for Astronomical Telegrams  
Mailing address: Hoffman Lab 209; Harvard University;  
20 Oxford St.; Cambridge, MA 02138; U.S.A.  
e-mail: cbatiau@eps.harvard.edu (alternate cbat@iau.org)  
URL <http://www.cbat.eps.harvard.edu/index.html>  
Prepared using the Tamkin Foundation Computer Network

V1725 SCORPII = NOVA SCORPII 2024 No. 3 = TCP J17064645-3528079

Koichi Itagaki, Yamagata, Japan, reports his discovery of an apparent nova (mag 11.4) on unfiltered CCD images obtained with a 180-mm-f.l. f/2.8 camera lens on Sept. 9.436 UT, giving the position as R.A. = 17h06m46s.45, Decl. = -35d28'07".9 (equinox 2000.0). The provisional designation TCP J17064645-3528079 was assigned to this object when Itagaki posted it to the Central Bureau's TOCP webpage. A confirming CCD image by Itagaki on Sept. 9.486 yielded mag 10.7 and position end figures 46s.57, 06".3; his image is posted at website URL <http://k-itagaki.jp/images/Sco-2024-09.jpg>.

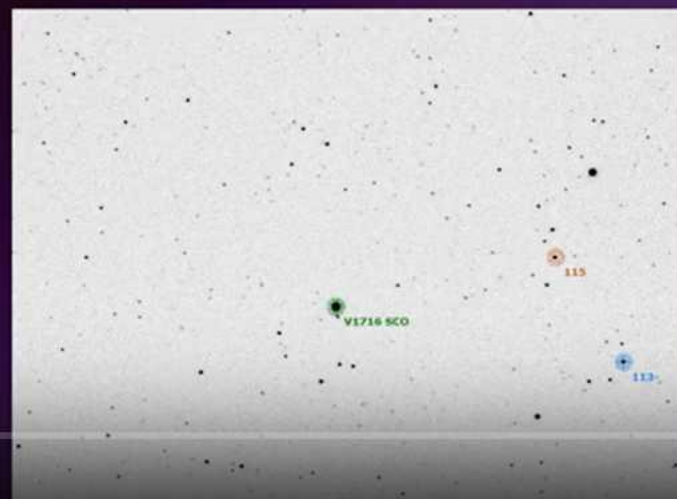
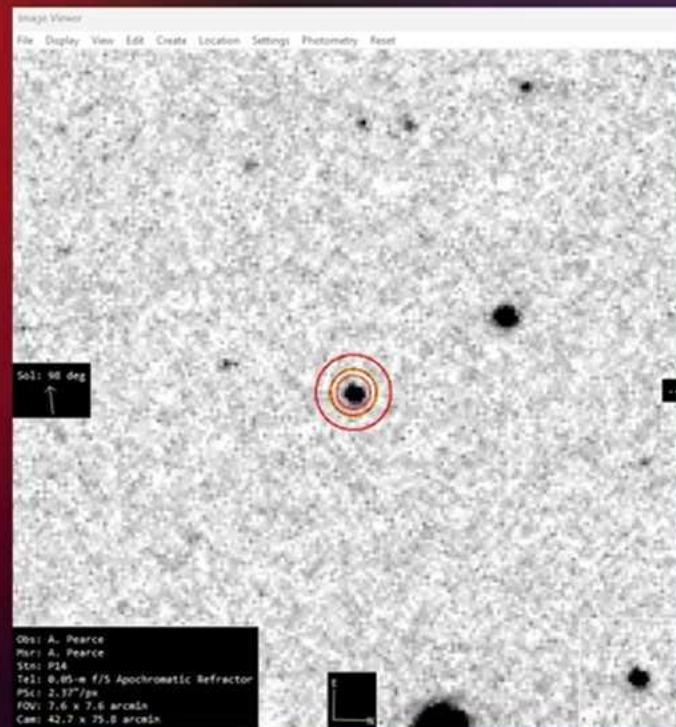
An independent discovery of TCP J17064645-3528079 was made by Andrew Pearce (Nedlands, Western Australia) on Sept. 4.474 UT at mag 11.3 on three unfiltered images obtained with a Canon 800D camera (+ 85-mm-f.l. f/1.2 lens); he reported position end figures 45s.71, 04".6. **CCD imaging by Pearce on Sept. 9.579 with a 0.05-m f/5 refractor yielded magnitudes TG = 11.1, TB = 11.9, TR = 10.43 and position end figures 46s.54, 06".7 (Gaia DR3 reference stars);** he adds that there is no obvious progenitor star at this position, noting a star of mag G = 20.6 that is 1".6 away (Gaia 5977230501831148928). Additional CCD imaging by Pearce using a 0.36-m f/8 reflector at the Skygems Observatory in Namibia yields V = 10.60, B = 11.75, and position end figures 46s.55, 06".7.

Additional magnitudes for TCP J17064645-3528079 that were reported to the Central Bureau: Aug. 11.444 UT, [12.0 (Pearce); Sept. 6.503, [14 [R. H. McNaught, Coonabarabran, NSW, Australia; Canon 6D camera + 135-mm-f.l. f/2.8 lens, ISO 800); 9.407, [11.6 (S. Ueda, Kushiro, Hokkaido, Japan; Canon EOS 6D camera + 200-mm-f.l. f/3.0 lens, 3-s unfiltered exposures; via I. Endoh, National Astronomical Observatory of Japan); 9.410, 11.5 (McNaught; unfiltered); 9.497, 11.4 (McNaught); 9.512, B = 12.53, V = 11.29, I = 9.59 (K. Yoshimoto, Yamaguchi, Japan; remotely using a 0.51-m f/6.8 reflector + CCD at Siding Spring Observatory; position end figures 46s.52, 06".9; image posted at [http://orange.zero.jp/k-yoshimoto/TCPJ17064645-3528079\\_20240909.jpg](http://orange.zero.jp/k-yoshimoto/TCPJ17064645-3528079_20240909.jpg)); 9.528, R = 10.6 (E. Guido and M. Rocchetto, using a "Telescope Live" 0.1-m f/3.6 astrograph + CMOS located at Yass, NSW, Australia; position end figures 46s.54, 07".0, Gaia DR2 stars; image posted at <https://tinyurl.com/possnovasco>; comparison with Palomar Survey at URL <https://tinyurl.com/possnovasco24>); 9.571, 10.9 (McNaught); 10.437, V = 10.3 (T. Yusa, Osaka, Miyagi, Japan; stacked G-band images with a ZWO Seestar 0.05-m f/5 All-in-One Smart Telescope; Tycho Catalogue reference stars).

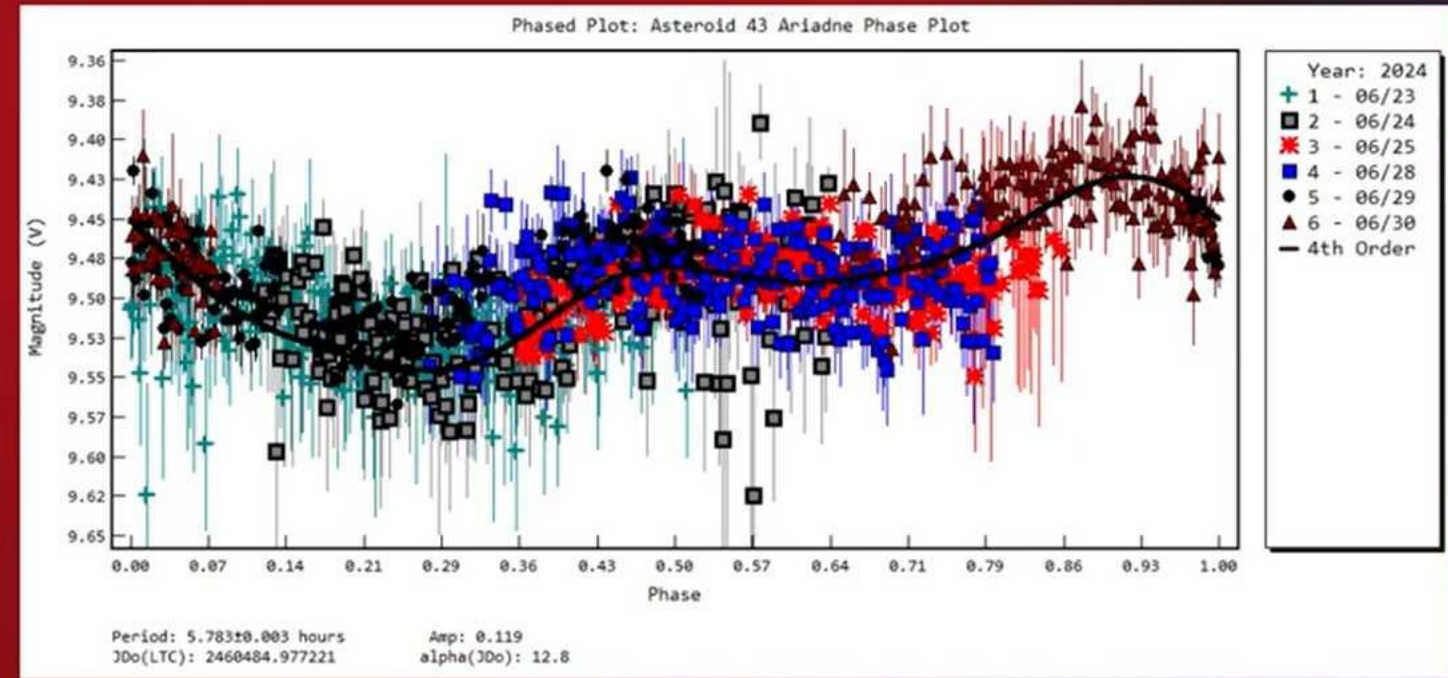


# Photometry

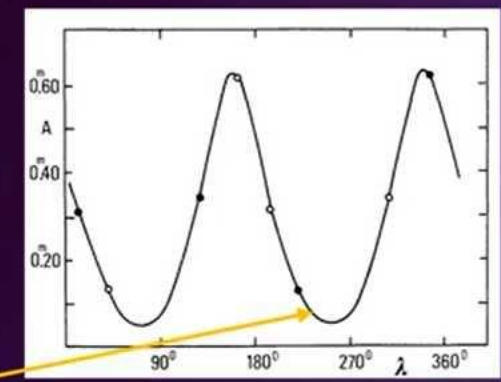
- Photometry is the accurate measurement of brightness
- Different filters may be used (standard Johnson B, V, R and I) which provides information on a star's colour
- Typically perform differential aperture photometry
- An aperture is placed around a star image and pixel values are measured. An outer annulus is used to measure the sky brightness which is subtracted from the target pixel values
- A target brightness is compared to stars of known brightness to estimate a magnitude
- Essentially the same process followed for variable stars, comets and asteroids.
- Seestar's RGB channels approximate standard filters, but with some variability due to star's different colours.



# Photometry - Asteroids



- Accurate photometry over multiple nights used to derive asteroid (43 Ariadne) rotation period
- Tycho Tracker software used
- Difficult observations as amplitude was < 0.2 mags
- Derived period of 5.78 hours versus published period of 5.76 hours
- Amplitude varies as at different positions around the orbit. At time of observation, amplitude was low.
- Asteroid Light Curve Database - <https://alcdef.org/index.php>





# Photometry - Comets



- 12 min total exposure of comet 12P/Pons Brooks on May 15<sup>th</sup> 2024
- Astroart 8 software (<https://msb-astroart.com/>) used to track comet and stack 10s images
- Comet was moving at 2.7"/min. Seestar resolution are 2.37"/pixel so tracking is necessary. For photometry, we need the comet to be stationary
- Comet photometry involves measuring total brightness of the coma

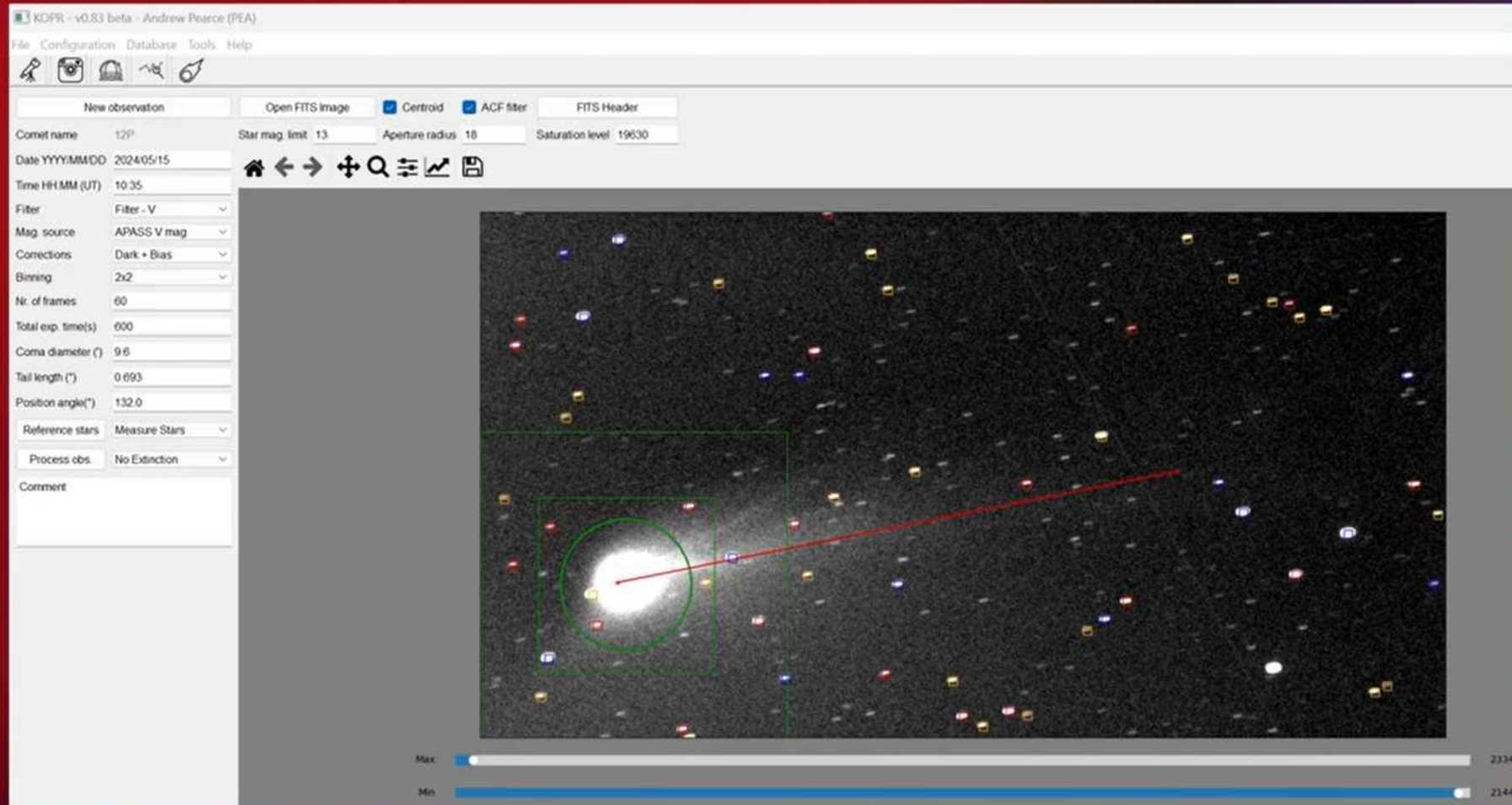
Für Details scrollen



24:46 / 38:27



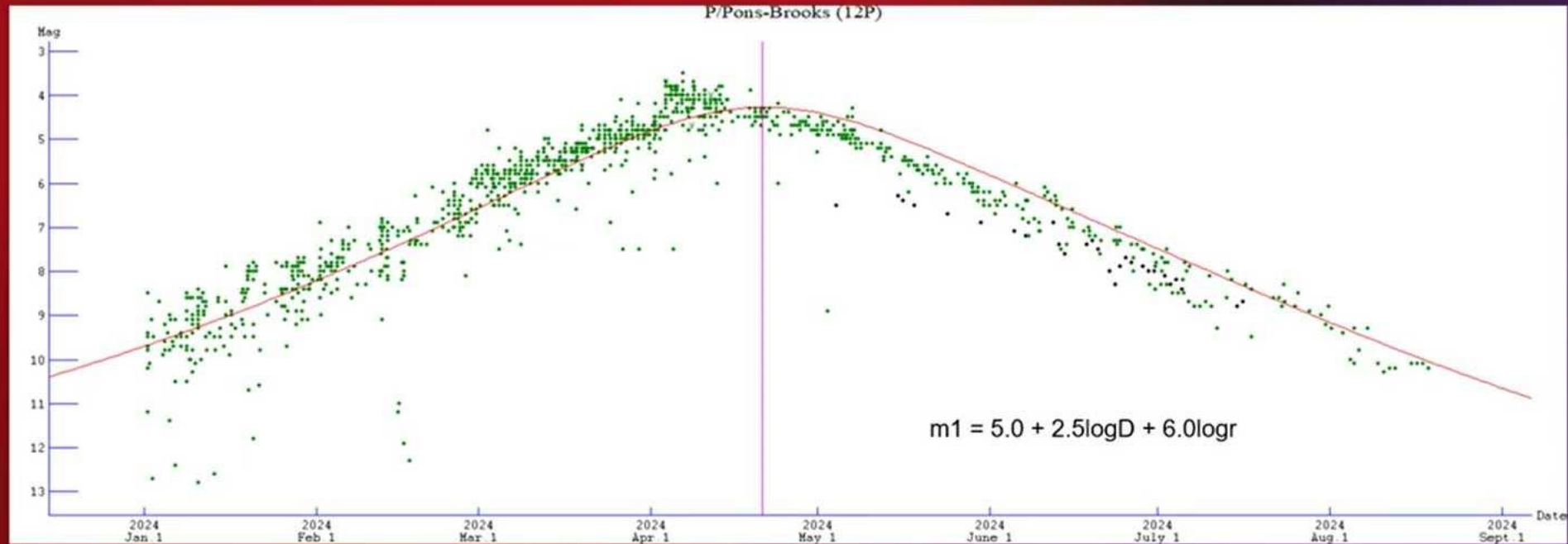
# Photometry - Comets



- KOPR software (<https://kopr.astro.cz/>) used to perform aperture photometry on 12P
- Coma diameter and tail length and position angle also measured



# Photometry - Comets

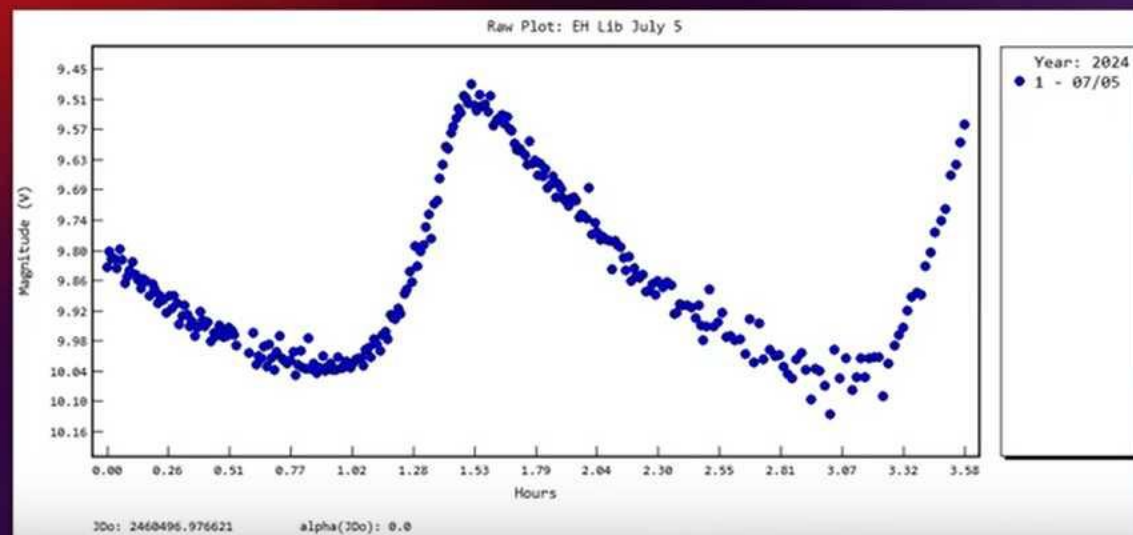
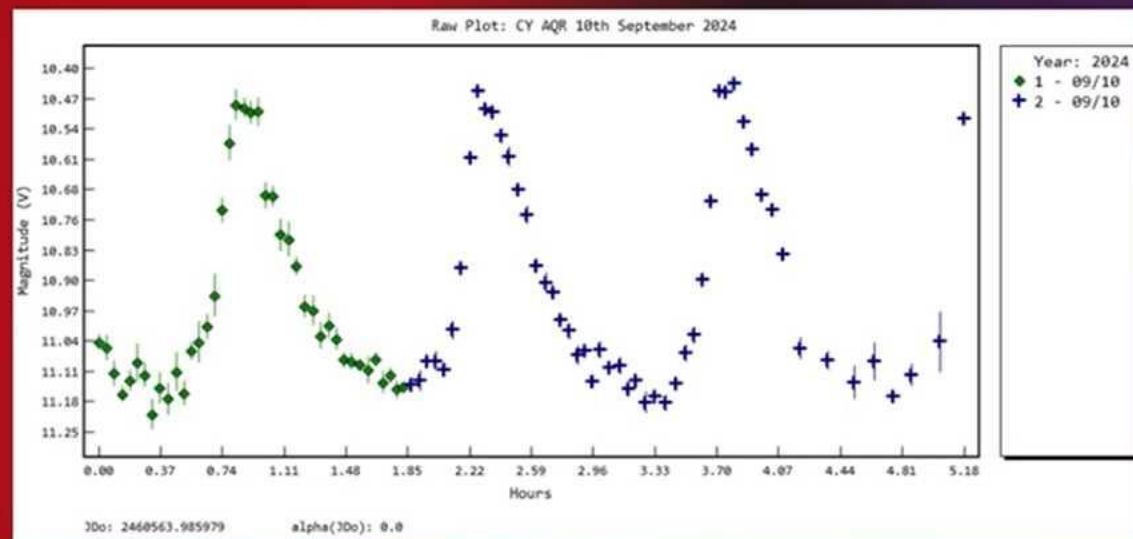


- All observations sent to the Comet Observation Database (COBS - <https://cobs.si/home/>) and the International Comet Quarterly (<http://www.icq.eps.harvard.edu/>)
- Light curves are plotted that estimates comet brightness characteristics (absolute brightness and the rate of brightening)



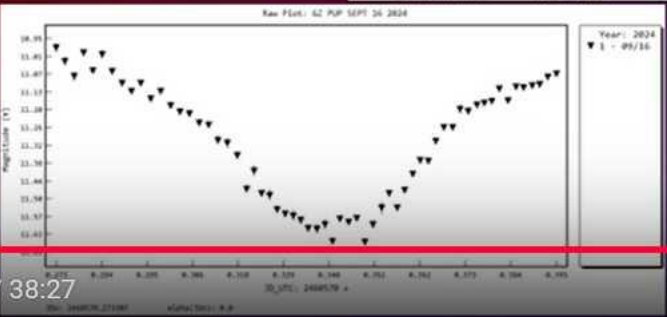
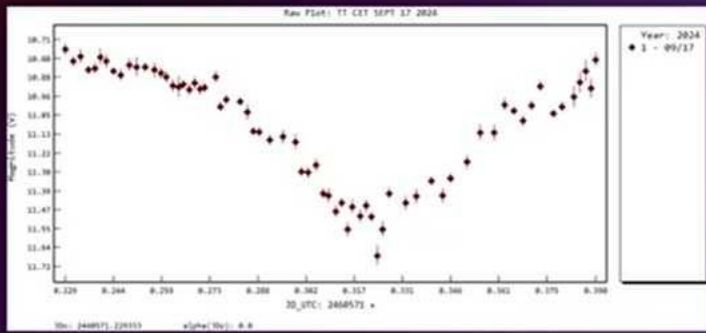
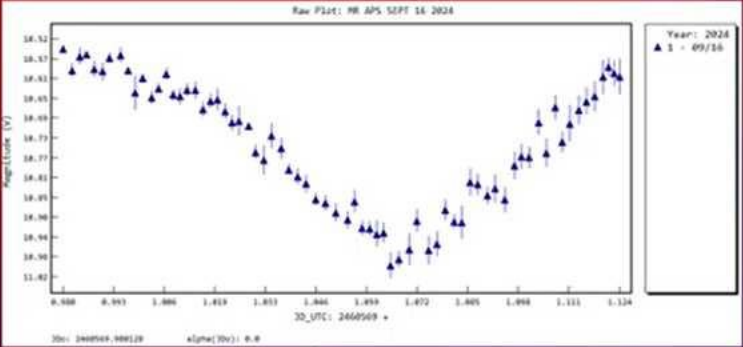
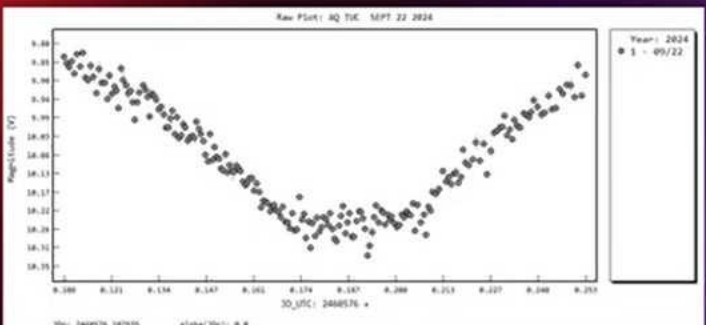
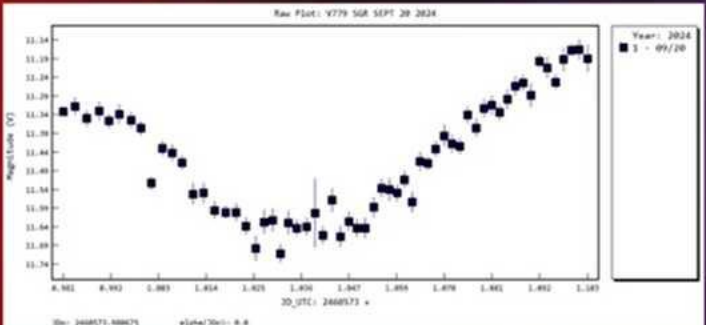
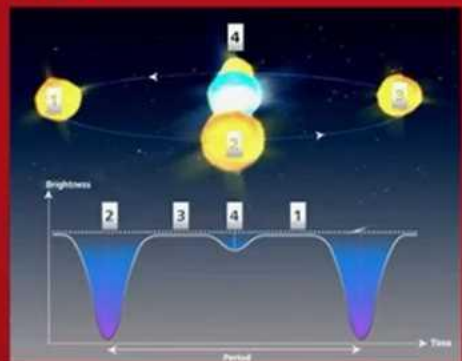
# Photometry – Variable Stars

- Seestar is very useful at performing time series photometry on rapidly varying variable stars.
- Delta Scuti and SX Phe stars are pulsating stars with periods less than 0.3 days
- Regular observations of them may reveal changes to the period.
- All observations are submitted to the AAVSO (<https://www.aavso.org/>)



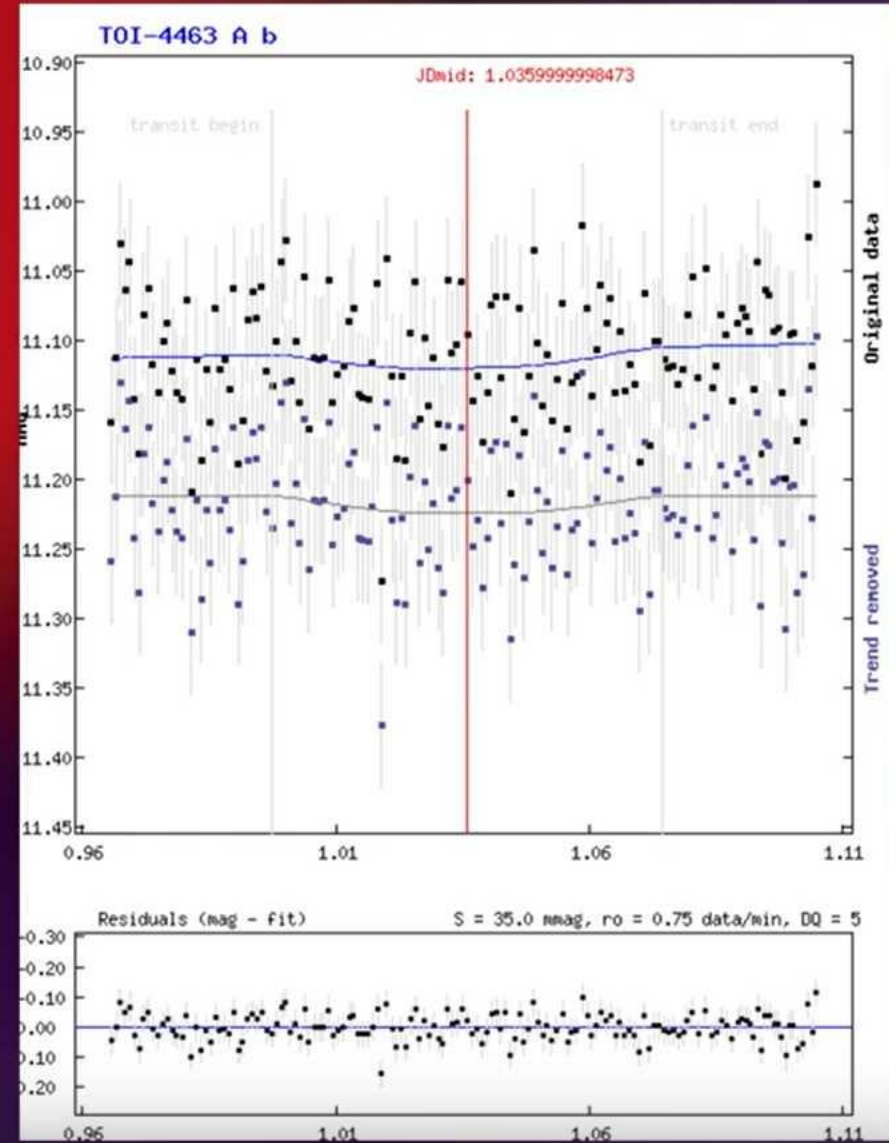
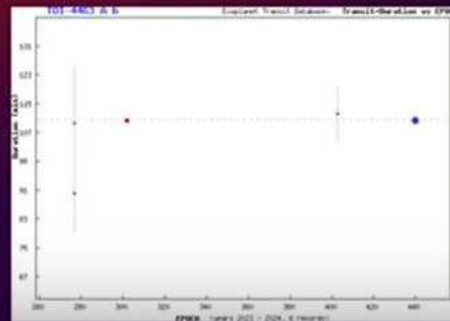
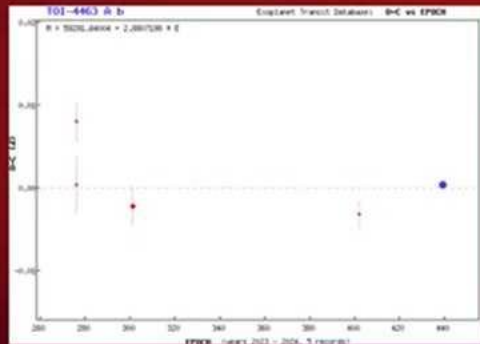
# Photometry – Variable Stars

- Eclipsing binary stars are also well suited to Seestar time series photometry
- Regular observations of them may reveal changes to the period.



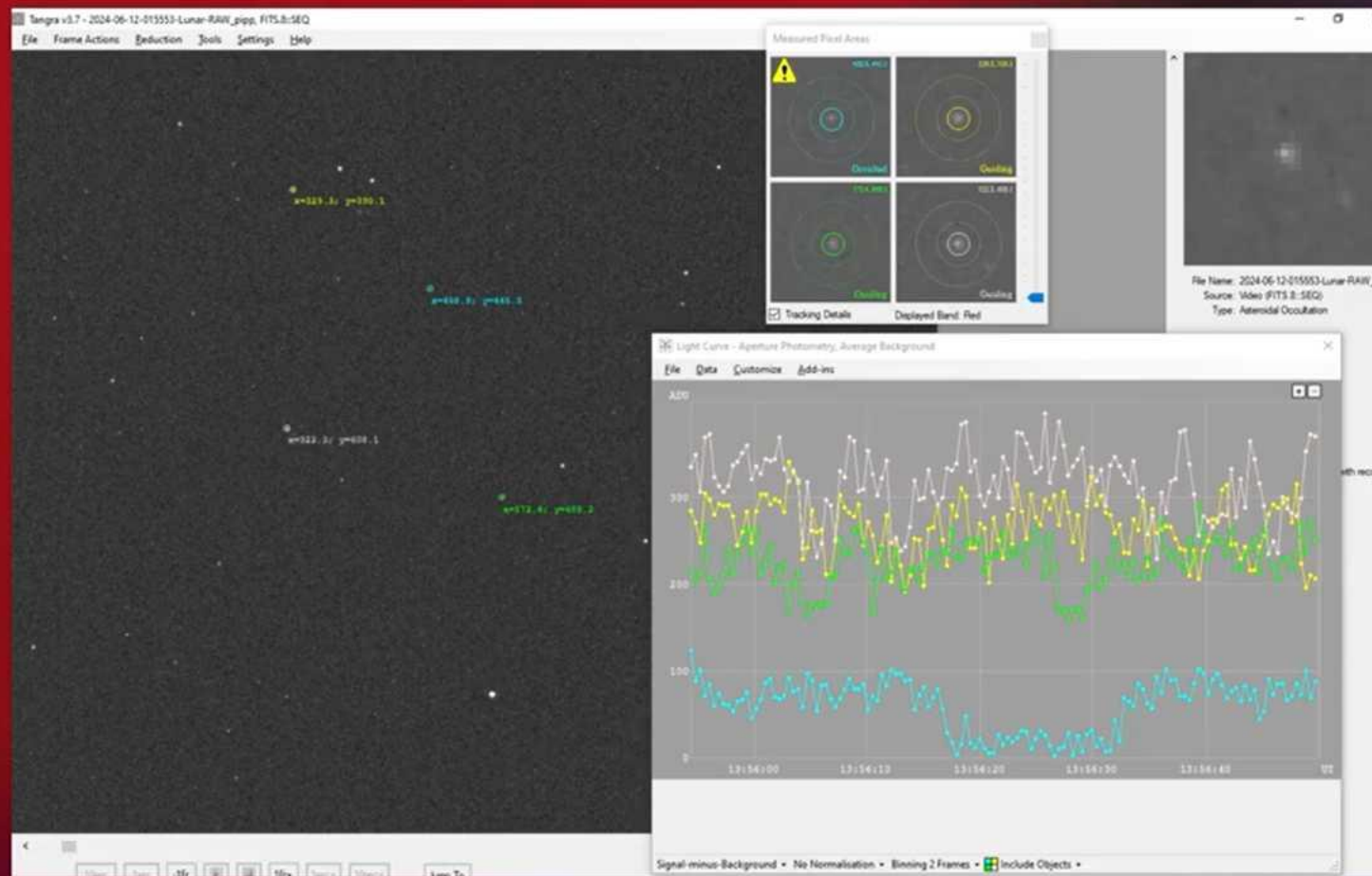
# Exoplanets

- Jury is out!
- Analysis software did detect a dip (only 0.014 magnitudes) and duration was very close to 110 minutes, however a lot of scatter
- Analysis performed from Exoplanet Transit Database website (<http://var2.astro.cz/ETD/>)





# Asteroid Occultation



- Reported by an amateur in NZ
- Used the raw lunar AVI mode of the Seestar
- Tangra software (<http://www.hristopavlov.net/Tangra3/>) used to process video images

# Software

- Seestar is only as good as the software used to extract maximum usefulness from it
- Software I use:
  1. Tycho Tracker – photometry and astrometry
  2. AstroArt – stacking and astrometry
  3. KOPR – comet photometry
  4. Seestar\_run – Scheduling observations