

# AG Astro-Praxis Nova mit Ansage

## Was sind Veränderliche Sterne?

- Veränderliche Sterne sind Sterne, die in ihrer Helligkeit variieren. Oft verändern Sterne ihre Helligkeit,
- wenn sie sehr jung oder wenn sie sehr alt sind. Die Ursachen dafür können sowohl innere Einflüsse (Pulsation, Eruption),
- äußere Einflüsse sein, wie zum Beispiel die Bedeckung in Doppel- oder Mehrfachsternsystemen.
- Bis heute wurden mehr als eine Viertelmillion bekannte, teils auch noch nicht bestätigte, veränderliche Sterne katalogisiert.
- Wenn man sehr präzise Messungen durchgeführt werden, zeigen die meisten Sterne, auch die Sonne oder der Polarstern, Helligkeitsschwankungen.

## Was ist eine Nova?

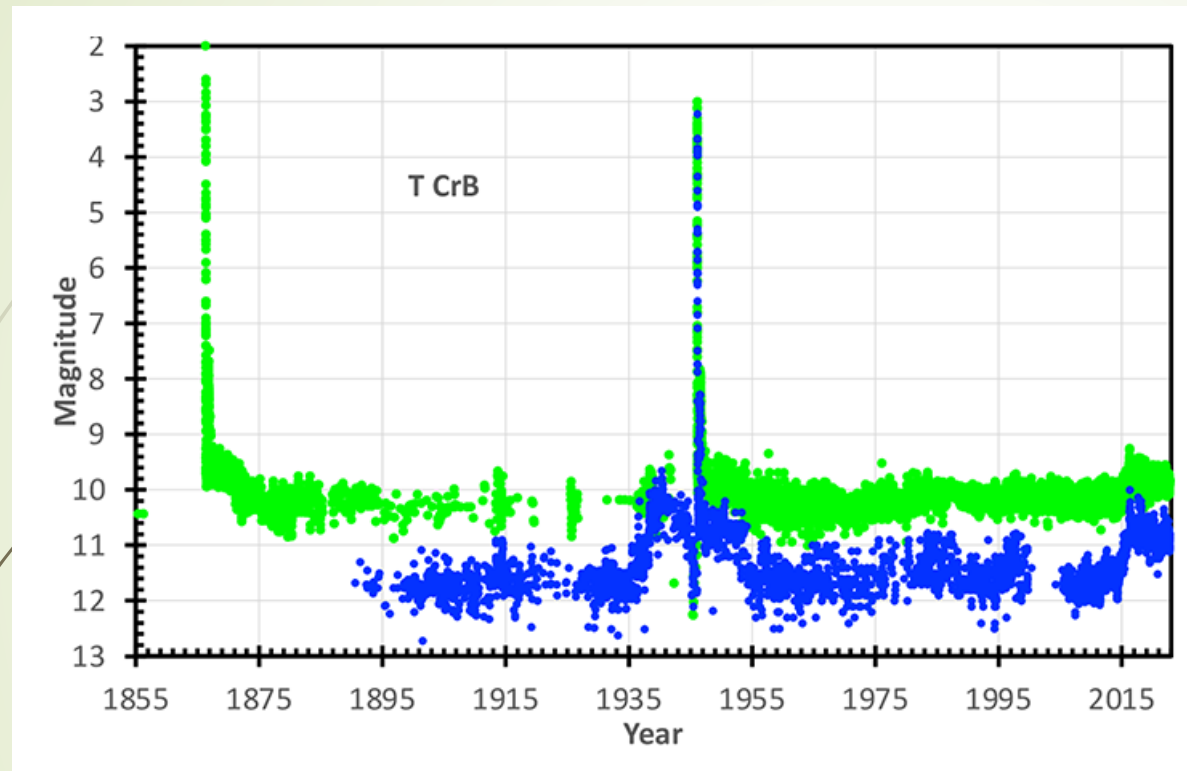
- Eine Nova ist ein Helligkeitsausbruch in einem engen Doppelsternsystem aufgrund einer explosiven Zündung des Wasserstoffbrennens auf der Oberfläche eines Weißen Zwergs.
- Bei dem engen Doppelstern handelt es sich um ein System aus einem Hauptreihen- oder Riesenstern und einem Weißen Zwerg. Die beiden Sterne umkreisen einander so eng, dass Materie vom Hauptstern auf den Weißen Zwerg übergeht. Diese bildet um den Weißen Zwerg zunächst eine Akkretionsscheibe, aus der sie weiter auf den Weißen Zwerg stürzt und sich dabei weiter erhitzt. Wird eine ausreichend hohe Temperatur erreicht, setzt auf der Oberfläche des Weißen Zwergs spontan Kernfusion ein. Dieses Ereignis beobachten wir als Nova.



Schema NASA/CXC/M.Weiss.

- Der veränderliche Stern T Coronae Borealis (T CrB) ist eine so genannte "rekurrierende Nova". Aus bisherigen Beobachtungen ergab sich, dass der Stern etwa alle 80 Jahre einen Helligkeitsausbruch zeigt. Demnächst könnte dies wieder der Fall sein.

## Lichtkurve von T CrB



Grün: V-Helligkeiten  
Blau: B-Helligkeiten  
Daten AAVSO

Bei diesem Stern wurden bisher in den Jahren 1217, 1787, **1866** und **1946** Ausbrüche beobachtet. Die scheinbare Helligkeit stieg jeweils auf zweite Größenklasse an. Da sich aus den letzten drei Ereignissen eine Periode von ca. 80 Jahren ableiten ließe, würde der nächste Ausbruch für 2026 zu erwarten sein. Jüngste Beobachtungen lassen auf ein Helligkeitsverhalten wie vor dem Ausbruch 1946 schließen.

Manche erwarten den nächsten Ausbruch daher schon früher, nämlich 2024. Als gesichert darf diese Prognose aber nicht angesehen werden.

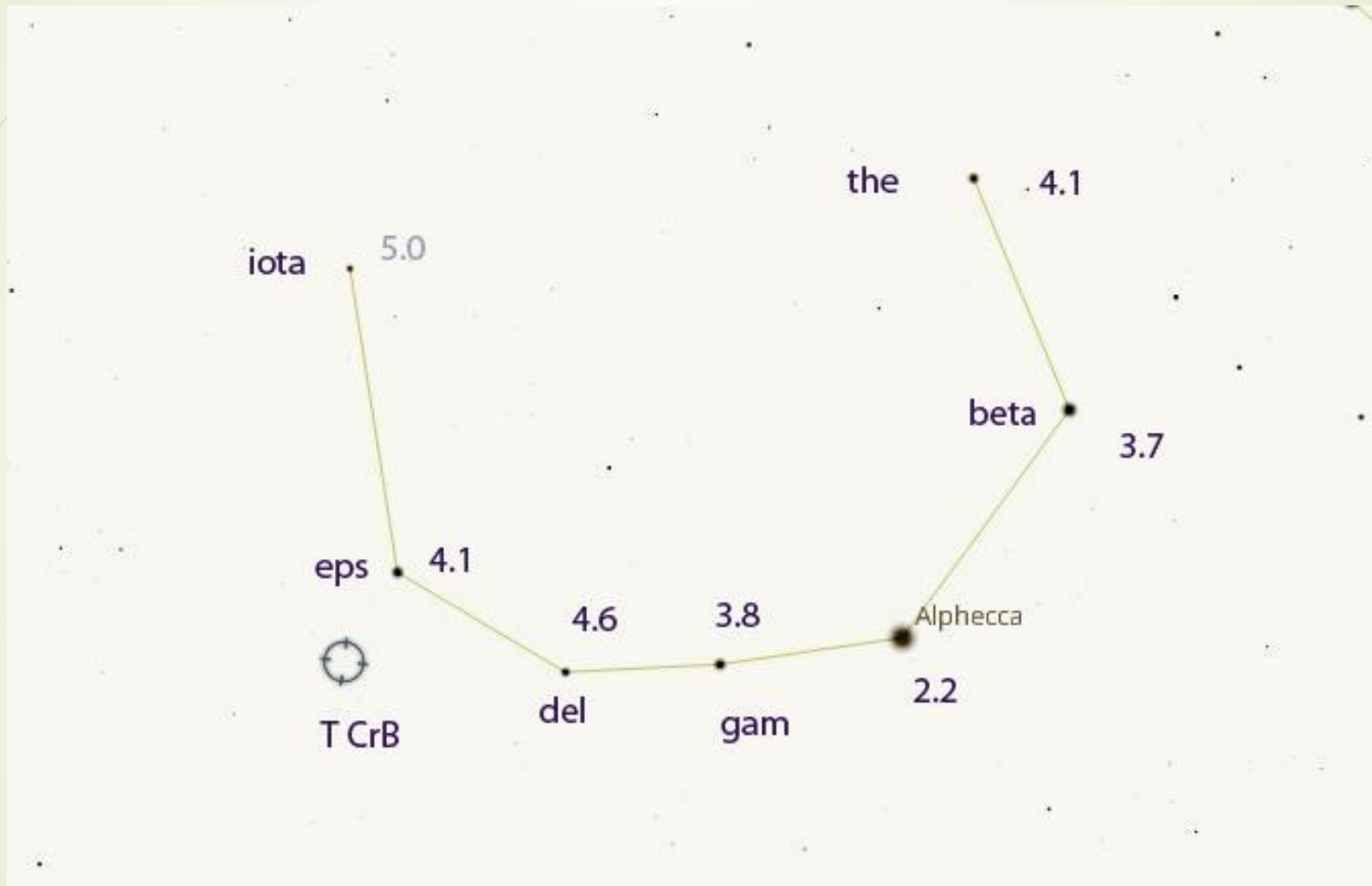


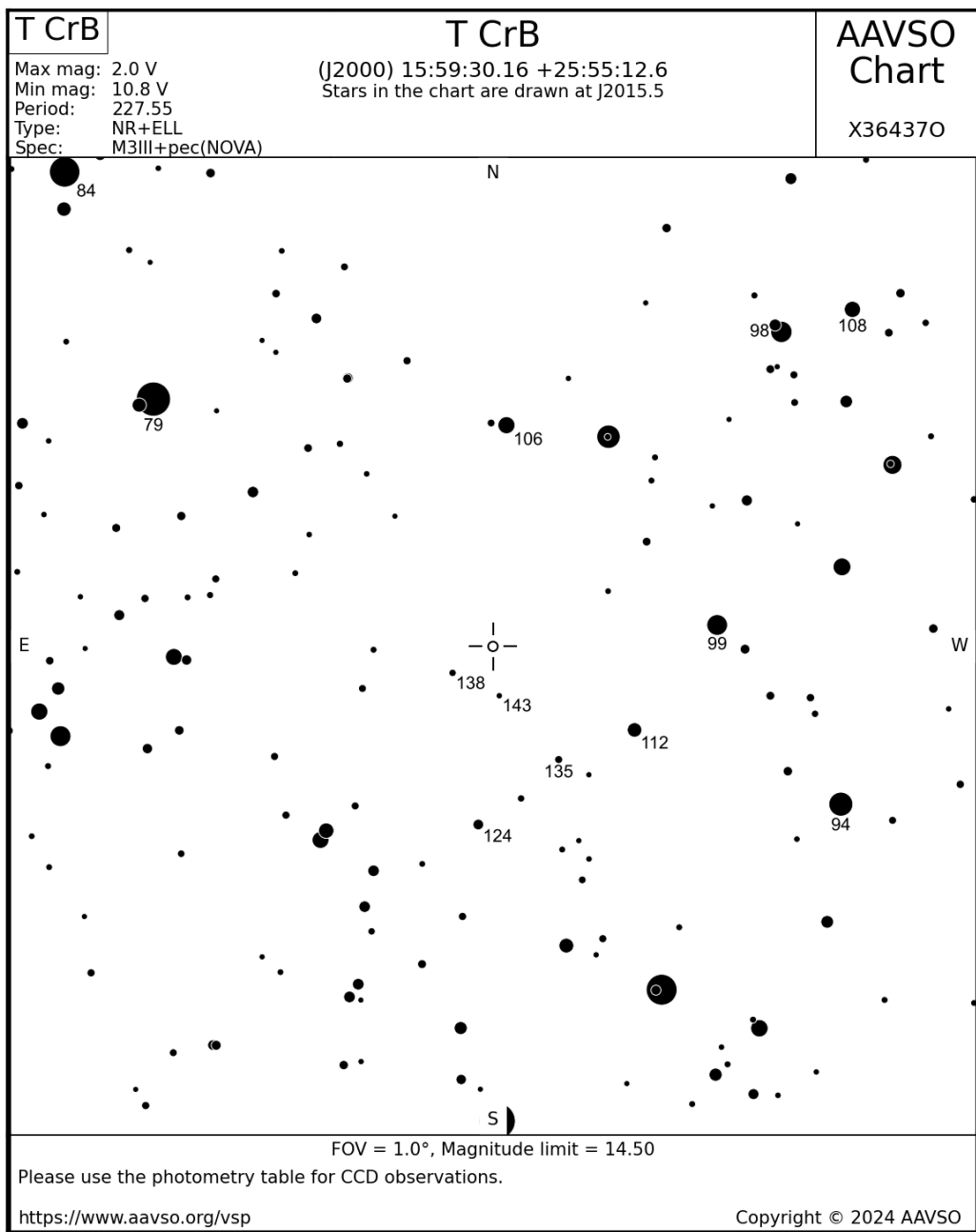
## Wo steht T CrB?

- Der Aufruf lautet ganz einfach: Hinschauen! Und das möglichst oft.
- Da T CrB im Helligkeitsmaximum leicht mit freiem Auge zu sehen ist und in etwa die Helligkeit des Hauptsterns der Nördlichen Krone, Alphecca, erreicht, braucht es dazu keinerlei Ausrüstung.
- Mit dem bloßen Auge oder Fernglas/Fernrohr die Helligkeit schätzen
- Fotografisch mit der DSLR
- Tipp:** Goto-Steuerung IC 4587 eingeben steht dicht bei T CrB



## T CrB Umgebungskarte







## Aufsuch- und Umgebungskarten

- Gibt es bei der [AAVSO](#) - American Association of Variable Star Observers
- Weltweite Datenbank für Beobachtungen Veränderlicher Sterne
- Visuelle, fotografische (DSLR) und CCD-Messungen
- Spektren von Veränderlichen
- Öffentlich zugänglich

## Wohin mit den Beobachtungen?-die AAVSO

- Die Amerikanische Vereinigung der Beobachter veränderlicher Sterne (American Association of Variable Star Observers — [AAVSO](#)) ist eine weltweite, gemeinnützige, wissenschaftliche Bildungseinrichtung
- von Amateur- und Berufsastronomen, die sich für veränderliche Sterne interessieren. Gegründet im Jahre 1911 von William Tyler Olcott, Amateurastronom und von Beruf Rechtsanwalt, und Edward **C. Pickering**, Direktor des Harvard College Observatory, war die AAVSO ein Teil des **Harvard** College Observatory, bis sie 1954 eine unabhängige, private Forschungsorganisation wurde. Sie hat ihren Hauptsitz in Cambridge, Massachusetts, USA, und ihre Zielsetzung war und ist das Koordinieren, Sammeln und Bewerten, sowie die Analyse, Veröffentlichung und Archivierung von Beobachtungsdaten
- von veränderlichen Sternen (zu großen Teilen von Amateurastronomen) um sie Berufsastronomen, Pädagogen und Studenten zur Verfügung zu stellen. Im Jahr 2014 war die AAVSO mit mehr als 1100
- Mitgliedern aus 42 Ländern die größte Vereinigung von Beobachtern veränderlicher Sterne weltweit. Das Archiv der AAVSO erhielt 2013 mehr als 23 Millionen Beobachtungen von mehr als 12.000 Sternen.
- Mehr als 2.000 Beobachter aus der ganzen Welt reichen etwa eine Million Beobachtungen jedes Jahr ein. Die Beobachtungen werden auf Fehler geprüft und in die AAVSO Datenbank eingepflegt.
- Diese Datenbank ist eine Hommage an die Fähigkeiten, den Enthusiasmus und das Engagement aller AAVSO Beobachter seit 1911.

## Andere Organisationen in Europa

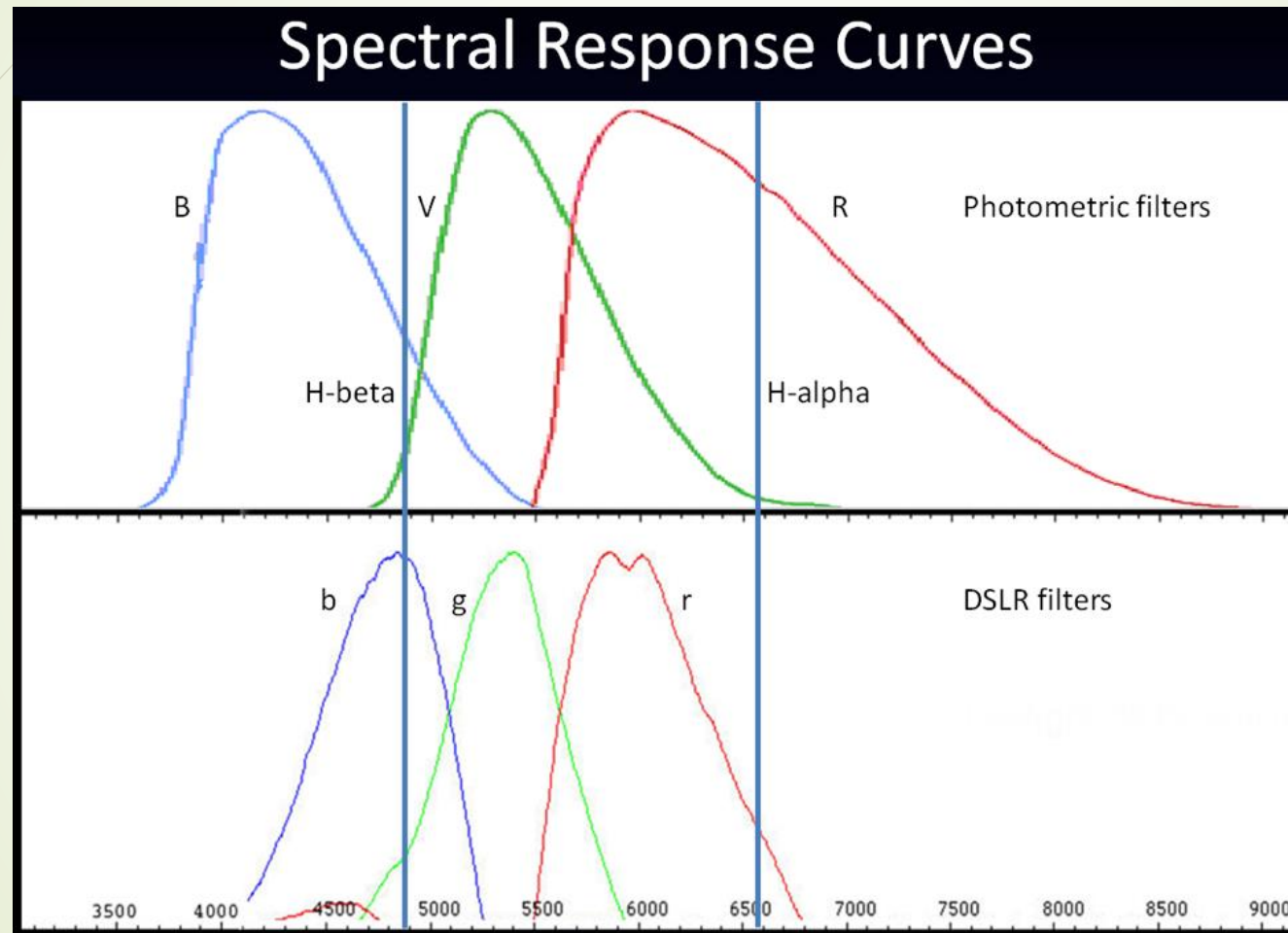
- BAV – Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft Veränderliche – gegründet in Berlin (West)
- British Astronomical Association Variable Star Section (VSS)
- Association Française des Observateurs d'Étoiles Variables (AFOEV)
- Tschechin – Czech Astronomical Society – Variable Star Section auch Exo-Planeten

## Mit der Kamera aufnehmen

- Die (DSLR)-Kamera als Messgerät
- Große Verbreitung, günstiger Preis
- Genauigkeit DSLR 0,02 – 0,05 mag
- Genauigkeit Auge 0,1 -0,3 mag
- DSLR Farbraum (TB-TG-TR) ist anders als der B-V-R-Farbraum Photometrischer Filter
- Beste Übereinstimmung ist bei TG und V, einfache Korrektur
- Starke Abweichung bei roten Sternen
- Abweichungen ausgleichen durch experimentelle Bestimmung der Transformation von TB-TG-TR nach B-V-R durch Aufnahme von Eichfeldern.

## Mit der Kamera aufnehmen

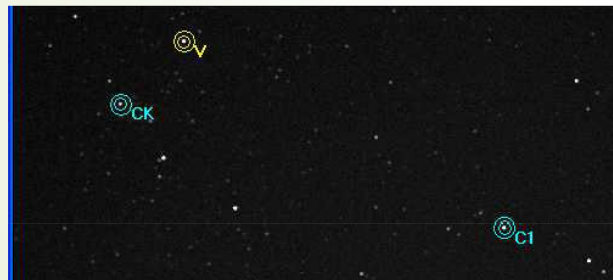
- Handbuch DSLR-Photometrie der AAVSO in deutsch
- DSLR/DSLM mit Objektiv 80-135mm Blende 2.8-4 ISO >1600
- Die Kamera kommt auf einem stabiles Stativ.
- Belichtungsreihe 10 x 3-4 sek
- Anschließend auch Bias, Darks und Flats machen
- Bias : 1/4000 s Deckel drauf, Darks 3-4 sek Deckel drauf
- Flat: Lichtquelle Tablet weiss, dimmen und weißen T-Shirt
- Flat in der Dämmerung mit weißen T-Shirt über Optik





## Später-Bildbearbeitung und Messung

- **Farbkanäle extrahieren** – Nur den Grünkanal verwenden, andere ignorieren
- **Kalibrierung** – mit Darks, Flats und Bias
- **Stacking**- Insgesamt 15 Bilder des Veränderliche. 3 Bilder zur Mittelung mit Bildbearbeitungsprogramm. 5 gestackte Bilder für die Messung.
- **Messung** –



- $m1 - m2 = -2,5 * (\log I1 - \log I2)$
- **V = Veränderliche**
- **C1 = Vergleichssterne**
- **Ck = Check star Prüfsterne, falls der C1 seine Helligkeit ändert**
- **Die Helligkeiten von C1 und Ck sind bekannt.**

# Beispielfotos





Christian Kowalec: Canon 5D, 24-105@105mm B1 4 ISO 2000 10x4s, Flats, Darks und Bias





Christian. Jost :Canon, 85mm BI 1,4 ISO 1600 1,3s



Christian. Jost :Canon, 85mm BI 1,4 ISO 1600 10x1,3s, flats,  
darks und bias



## Constellation Corona Borealis

Object Constellation Corona Borealis  
Date 2024-05-01 034 UTC  
Mount Losmandy G-11  
Optik PoleMaster  
Gain 5  
Exp 30 x 10 s



# Klassik – Die visuelle Beobachtung

Beobachtung mit wenig Technik

## Warum sollte man Veränderliche beobachten?

- Der Amateur hat man sein Teleskop ständig zur Verfügung.
- Er kann beobachten wann er will, was er will, auch Objekte, die nicht gerade „in Mode“ sind
- Er kann die Beobachtungen oder Messungen veröffentlichen, muss es aber nicht. Er steht nicht unter dem Druck zu Veröffentlichen wie der Profi-Astronom.
- Sterne regelmäßig zu überwachen ist dem Profi nicht möglich. Nur begrenzt bei Durchmusterungen.
- Helle Sterne, im Bereich für den Amateur zugänglich werden nicht überwacht.
- Der Profi kann nicht mal eben schnell mit dem Satelliten auf den Veränderlichen schwenken um Nachzuschauen ob der gerade einen Ausbruch hat. Das kann aber der Amateur tun und den Profi informieren. Die Profis haben ein begrenztes Zeitfenster für die Messung.
- Entsprechende Aufrufe von Profis an Amateure ->ProAm

## Welche hellen Veränderlichen beobachten?

- Alpha Ori (Beteigeuze) Roter Riese Supernova-Kandidat, deutliche Abschwächung 2021
- T CrB – Wiederkehrende Nova (etwa bei 10.4 mag) Ausbruch 1866 und 1946 Prognose 2024 Helligkeit bis 2 mag
- R CrB – Kohlenstoffstern bei 6.0mag kann bis 14mag fallen

## Was kann man mit kleinem Teleskop machen?

- Als Schüler hatte ich 60mm Quelle-Refraktor und zu Anfang ein 4“-Refaktor auf der Plattform der Sternwarte benutzt.
- Bei jedem klaren Wetter habe langperiodische und eruptive Veränderliche beobachtet. Mehrere tausend Beobachtungen im Jahr gemacht.
- Alle Objekte per Hand nach Aufsuchkarte eingestellt. Ausgewertet mit dem Taschenrechner und mit der Schreibmaschine auf Luftpostpapier getippt und nach USA geschickt.
- Klassisch beobachten - man braucht keine parallaktische Montierung oder Nachführung, kein Goto oder PC-Steuerung, keine Kamera.
- Ein transportables Teleskop, das schnell aufgebaut ist, mit 2-3 guten Okularen mit randscharfer, farbreiner Abbildung und Sucher, azimuthal oder parallaktisch montiert.
- Auch ein großes Fernglas mit 45°/90° Einblick, Wechselokularen und stabiler Gabelmontierung und Sucher ist eine Alternative zum Teleskop.
- Wichtig ist ein entspannte Haltung bei der Beobachtung.

## Die Vorbereitung

- Klassisch Veränderliche beobachten, heißt das man sich am Sternhimmel gut auskennt.
- Ein Satz Übersichtskarten und Aufsuchkarten, die aufeinander abgestimmt, wo sind die Sterne auf der Übersichtskarte und wo der Aufsuchkarte und wie sind sie orientiert. Da muss man vorher prüfen und nicht erst nachts!
- Arbeitskopien des Kartenmaterials, auf mal durchpausen und in Schutzhüllen aufbewahren.
- Ein Gefühl dafür entwickeln, wie hell ist ein Stern von 8.0mag in meinem Teleskop oder wie hell ist ein Stern von 3mag mit dem freien Auge. Das kommt erst mit der Übung.
- Aufsuchkarten von den Veränderlichen der BAV und AAVSO
- Die Aufsuchkarten kann man sich online runterladen.

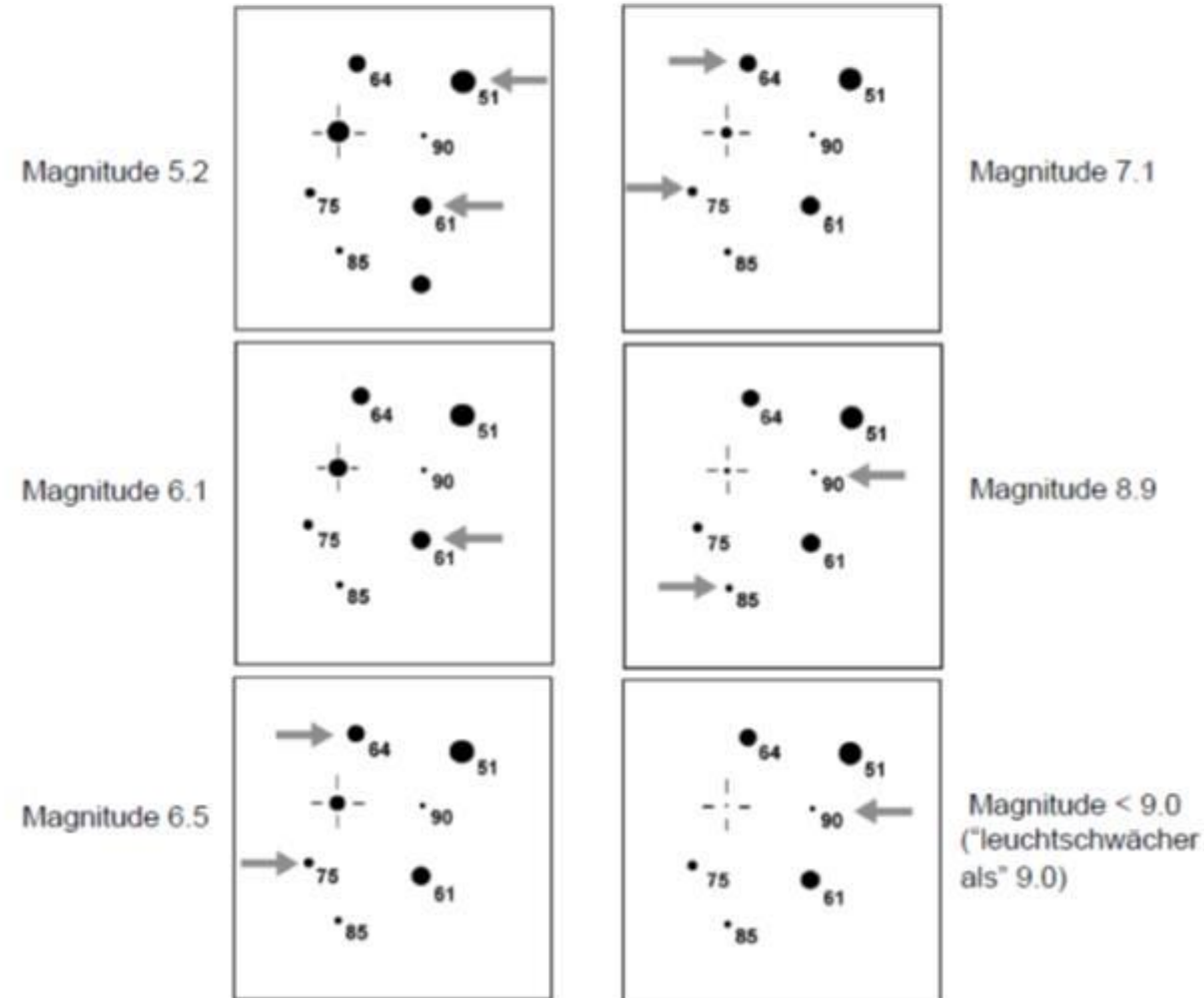
# Die Interpolations-Methode

Das Schätzen der Helligkeit des Veränderlichen zwischen zwei Referenzsternen



Die folgenden Beispiele demonstrieren, wie zwischen zwei Referenzsternen interpoliert wird, um die Helligkeit eines veränderlichen Stern zu bestimmen. Bedenken Sie, dass in der Realität alle Sterne als Punkte erscheinen, nicht als Scheibchen mit unterschiedlichen Durchmessern. Die Sterne, die zur Interpolation herangezogen werden, sind mit Pfeilen markiert.

Ergänzende Informationen zum Thema Interpolation bietet der 'Telescope Simulator', eine dynamische Präsentation wie man die Helligkeit veränderlicher Sterne abschätzt, der auf der AAVSO Webseite <https://www.aavso.org/online-resources> abgerufen werden kann.



## Interpolations-Methode

Die geschätzte Helligkeit wird direkt angegeben ohne den Umweg über Helligkeitsstufen und Korrelation von Vergleichssterne-Helligkeiten zu machen. Dies vereinfacht die Auswertung, birgt aber die Gefahr, dass Fehler oder Ausreißer in Helligkeit der Vergleichssterne nicht erkannt werden. Nun ist die Qualität der Helligkeiten der AAVSO-Karten sehr gut, sodass es bei Verwendung dieser Karten nicht vorkommt. Diese Methode ist dann erfolgreich, wenn man bereits Erfahrung mit Argelander-Methode hat.

Für die visuelle Beobachtung gibt es von der AAVSO ein [Handbuch](#) sogar auf deutsch

# Die Argelander Methode

29

Wie schätzt man Helligkeiten?

## Definition von Stufen

- Für die Helligkeitsbestimmung veränderlicher Sterne ohne Benutzung photometrischer Hilfsmittel kommen nur die Helligkeitsvergleiche mit Nachbarsternen von wenig unterschiedlicher Helligkeit in Frage. Der erste Schritt bei Beginn der Beobachtung ist daher die Wahl zweier benachbarter Vergleichssterne, von denen der eine heller, der andere schwächer als der Veränderliche ist.
- Stufe 0. "Erscheinen mir beide Sterne immer gleich hell oder möchte ich bald den einen, bald den anderen ein wenig heller schätzen, so nenne ich sie gleich hell und bezeichne dies dadurch, dass ich ihre Zeichen unmittelbar nebeneinandersetze, wobei es gleichgültig ist, welches Zeichen vorsteht; sind also die Sterne  $\alpha$  und  $V$  verglichen, so schreibe ich entweder  $\alpha 0 V$  oder  $V 0 \alpha$ .
- Stufe 1. "Kommen mir auf den ersten Anblick zwar beide Sterne gleich hell vor, erkenne ich aber bei aufmerksamer Betrachtung und wiederholtem Übergange von  $\alpha$  zu  $V$  und  $V$  zu  $\alpha$  entweder immer oder doch nur mit sehr seltenen Ausnahmen  $\alpha$  für eben bemerkbar heller, so nenne ich  $\alpha$  um eine Stufe heller als  $V$  und bezeichne dies durch  $\alpha 1 V$ ; ist hingegen  $V$  der hellere, durch  $V 1 \alpha$ , so dass immer der hellere vor, der schwächere hinter der Zahl steht."
- Stufe 2. "Erscheint der eine Stern stets und unbezweifelbar heller als der andere, so wird dieser Unterschied für zwei Stufen angenommen und durch  $\alpha 2 V$  bezeichnet, wenn  $\alpha$ , hingegen durch  $V 2 \alpha$ , wenn  $V$  der hellere ist."
- Stufe 3 und 4. "Eine auf den ersten Anblick ins Auge fallende Verschiedenheit gilt für drei Stufen und wird durch  $\alpha 3 V$  oder  $V 3 \alpha$  bezeichnet. Endlich bedeutet  $\alpha 4 V$  eine noch auffallendere Verschiedenheit zugunsten von  $\alpha$ ."
- Mehr als 4 Stufen zu schätzen, ist zunehmend problematisch. Bereits fünf Stufen sollten eine Ausnahme bleiben. Je nachdem, welche Vergleichssterne zur Verfügung stehen, kann der Beobachter jedoch gezwungen sein, in Extremfällen noch weiter zu gehen. Die Genauigkeit der Schätzung bleibt dann allerdings zunehmend auf der Strecke. Daher sollte man sich nach zusätzlichen Vergleichssterne umsehen, sobald deren Stufenabstand größer als fünf wird.

## Allgemeine Hinweise

- Man vermeide jegliche Störung durch Licht während der Beobachtung. Zum Ablesen von Karten und Notizen schreiben verwendet man eine Rotlichttaschenlampe. Man notiere Name des Objektes, Datum und Zeit sowie Instrument, Durchsicht und Mondlicht. Ist der Veränderliche nicht sichtbar, so gibt man die Grenzhelligkeit an  $V < a$  an. Man vermeide starke Farbunterschiede vom Vergleichssterne zum Veränderlichen, d.h. auf den Spektraltyp oder Farbindex achten. Dies ist bei roten Veränderlichen vom Spektraltyp K, M, R und S oft nicht möglich und das Schätzen des Unterschieds schwierig. Vergleicht man die Beobachtungen verschiedener Schätzer ergeben sich Unterschiede in den Helligkeiten. Manch ein Beobachter ist rotempfindlicher als der Andere. Außerdem sollte der Veränderliche und Vergleichssterne im Gesichtsfeld sein. Teleskop und Okular sollte ein scharfes Bild bis zum Rand liefern.
- Bevor man brauchbare Ergebnisse erhält, ist einige Zeit nötig bis man sicher in der Beurteilung der Helligkeitsunterschiede ist. Beobachtungen unter Müdigkeit oder Alkoholeinfluss verschlechtern das Ergebnis. Die Genauigkeit der Uhrzeit hängt natürlich davon ab wie schnell sich die Helligkeit ändert. Bei einem langperiodischen Stern mit 300d Periode reicht ein 1/10 Tagesbruchteil also 2 Stunden.
- Die Argelandersche Methode erfordert nicht die Kenntnis der Vergleichssternehelligkeiten. Stattdessen kann aus den Stufenabständen der Vergleichssterne eine Stufenskala gebildet werden. Zur Feststellung des Helligkeitsminimums oder -maximums reicht dies aus. Gleichwohl kann man bei Kenntnis der Helligkeit sich daran orientieren und die Stufenwerte in Helligkeitsdifferenzen umrechnen.



## Durchführung

- Erstes Beobachtungsprogramm
  - langperiodische Mira-Sterne, auch zirkumpolare Veränderlich
  - Eruptive und unregelmäßige T CrB und R CrB
- Erstmal leicht auffindbare Sterne, heller Stern in der Nähe
- Veränderlicher und Vergleichssterne sollten gleichzeitig im Gesichtsfeld sein
- Differenz zwischen beiden nicht mehr als 4 Stufen  $< 0,5 \text{ mag}$
- Die Sterne dürfen nicht zu hell im Teleskop sichtbar sein
  - 0.5 – 3.5 bloße Auge
  - 2.5 – 5.5 Fernglas 30-50mm
  - 4.5 - 7.5 60mm Refraktor
  - 6.5 – 9.5 100mm Refraktor
  - 8.5 - 11.5 200-250mm Newton
- Bei Wechsel des Teleskops muss die Stufenskala neu bestimmt werden.



## Beispiel Beobachtung

Der Veränderliche wurde stets um 22:00 MEZ beobachtet:

01.04.	A 1 V	V 2 B
02.04.	A 2 V	V 1 B
06.04.	A 2 V	V1,5 B
08.04.	A 5 V	V 0 B
09.04.	B 2 V	V 3 C
11.04.	B 1,5 V	V 3 C
19.04.	B 3 V	V 0 C
23.04.	B 3 V	V 1 C
24.04.	C 0 V	V 4 D
05.05.	C 2 V	V 2 D
08.05.	C 3 V	V 2 D
18.05.	C 4 V	V 1 D

## Die Ableitung der Stufenskala

- Die Auswertung der Beobachtung kann erst beginnen, wenn eine Vergleichssternskala vorhanden ist. Diese Vergleichssternskala wird aus der Gesamtheit der Beobachtung des Veränderlichen abgeleitet. Der Stufenunterschied in diesem Beispiel zwischen den einzelnen Vergleichsternen a und b oder b und c oder c und d:

a-b	b-c	c-d
3 Stufen	5 Stufen	4 Stufen
3 Stufen	4,5 Stufen	4 Stufen
3,5 Stufen	3 Stufen	5 Stufen
5 Stufen	4 Stufen	5 Stufen
Mittelwert		
3,62 Stufen	4,12 Stufen	4,50 Stufen

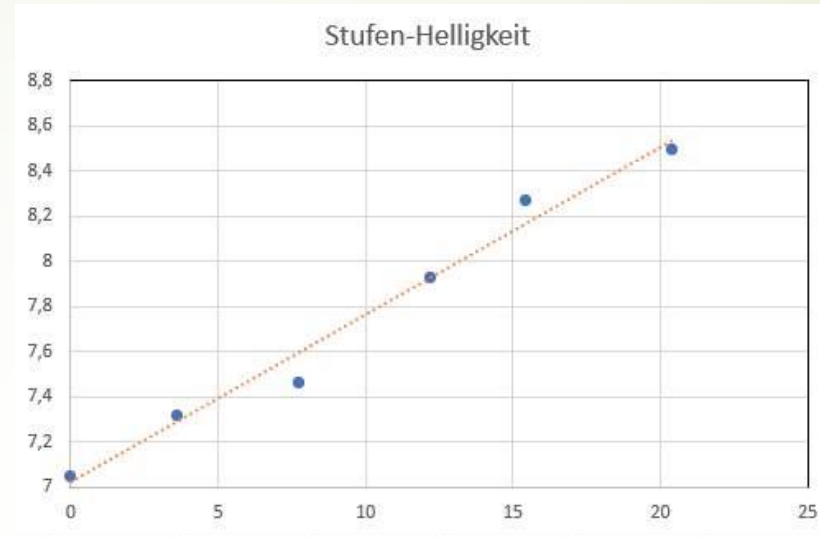
Für weitere Vergleichssterne wurde gefunden:

d-e = 3,1 Stufen und e-f = 5,0 Stufen

Wenn der hellste Vergleichssterne a zum Nullpunkt gewählt wird, so erhält man durch Summierung der Differenzen folgende Vergleichssternskala (abgerundet auf 1/10 Stufenskala)

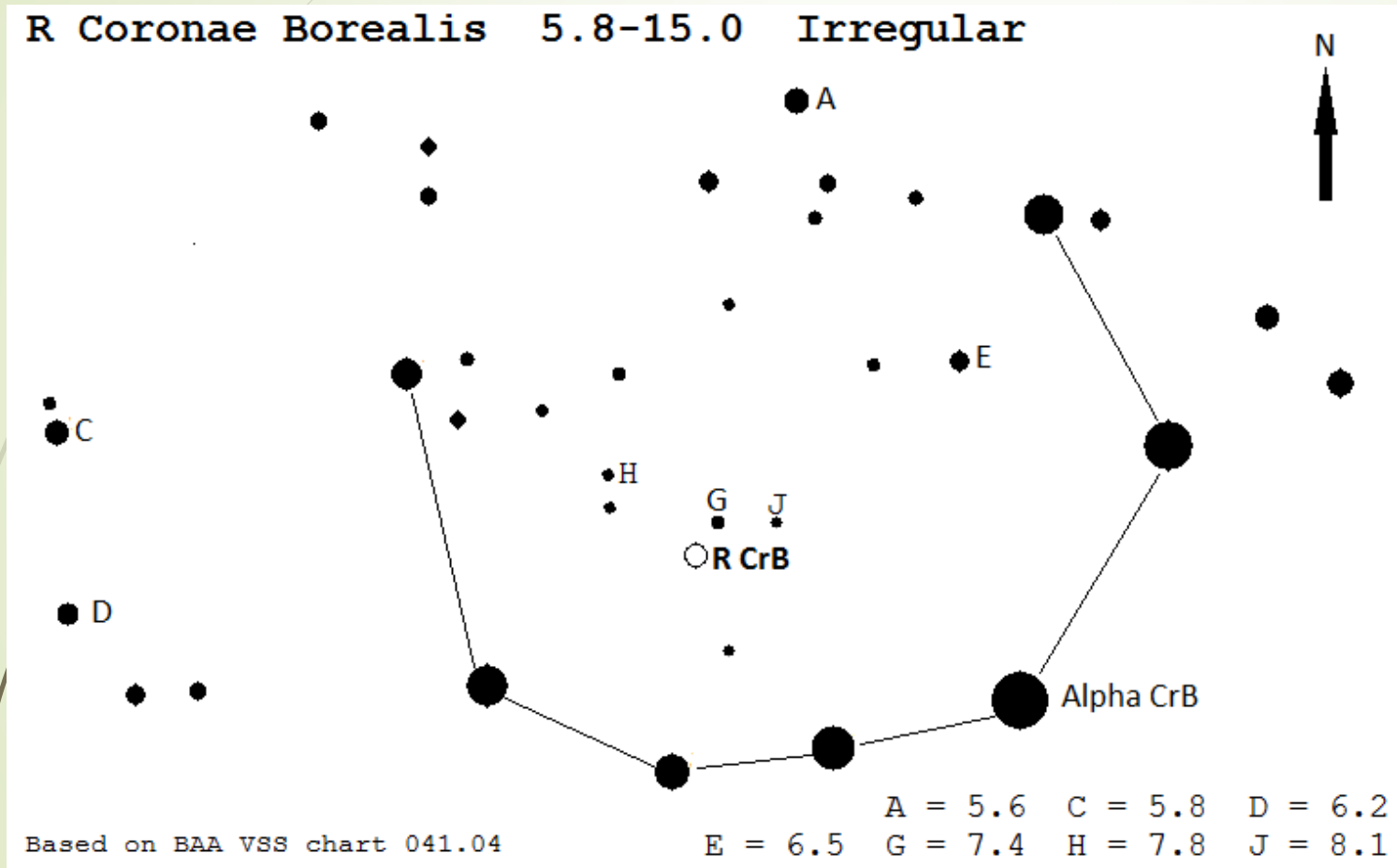
# Die Ableitung der Stufenskala

Stern	Stufen	mv
A	0,0	7,05
B	3,6	7,32
C	7,7	7,46
D	12,2	7,93
E	15,4	8,27
F	20,4	8,50

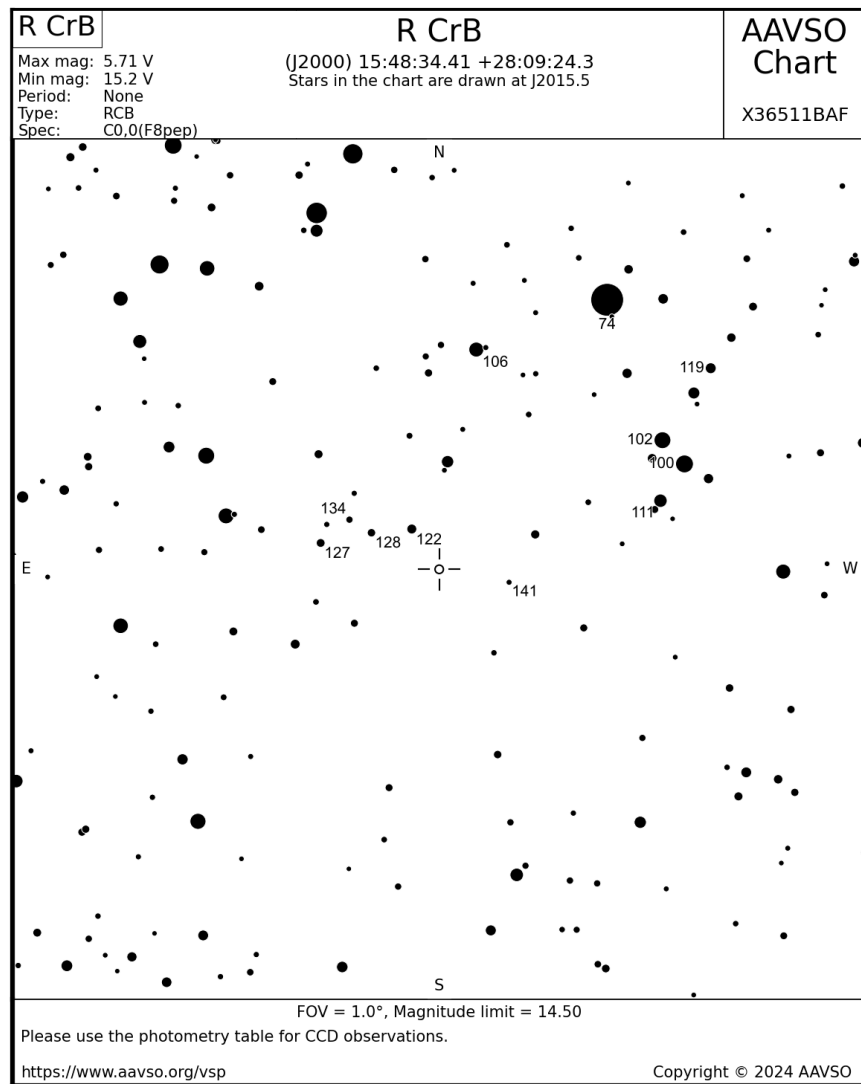


Eine strenge Berechnung der Beziehung zwischen Stufen und Helligkeiten erhält man durch die Ausgleichung der Werte nach der Methode der kleinsten Quadrate. Vereinfachtes Näherungs-verfahren, die Gleichung einer Ausgleichsgeraden der Form  $m = x + s \cdot y$ . Dabei ist  $m$  die Helligkeit in mag und  $s$  der Stufenwert und  $y$  die Steigung und  $x$  die Nullpunktkorrektur. Die Ausgleichsgerade mit Taschenrechner oder Excel erstellen. So können Stufen in Helligkeiten umgerechnet werden. Ist man nur an dem Zeitpunkt wann der Veränderliche sein Maximum oder Minimum hat interessiert, reicht nur der Stufenwert um den Zeitpunkt zu bestimmen.

## R CrB Umgebungskarte



# R CrB Umgebungskarte



## Auswertung

- Kalibrierung (Preprocessing): Fitswork, ASTAP, AstrolmageJ und Siril
- Messen : Fitswork, ASTAP, AstrolmageJ und Siril
- Visuelle Beobachtungen manuell auswerten



## Zusammenfassung

- Veränderliche Sterne lassen sich mit der DSLR photometrieren.
- Bei hellen Sternen sogar auf dem Fotostativ
- Mit der visuellen Schätzmethode, Interpolation oder Argelander lassen sich Veränderliche Sterne schnell und effizient beobachten insbesondere wenn man sich gut am Himmel auskennt und sie per Hand einstellt.
- Bei regelmäßiger Beobachtung, 1-2x die Woche hat man die Sternkarten alle im Kopf und erhält viele Beobachtungen in kurzer Zeit.
- Nachteil: Nach langer Pause vergisst man die Sternkarten und muss sie wieder sich neu einprägen.
- Die Schätzungen des Abends müssen am nächsten Tag in die Objektlisten übertragen werden. Nicht zu lange damit warten.