Veränderliche Sterne

ÜBERBLICK

Inhalt

Sterne
- Sternentwicklung (**H**ertz**S**prung**R**ussel-Diagramm)

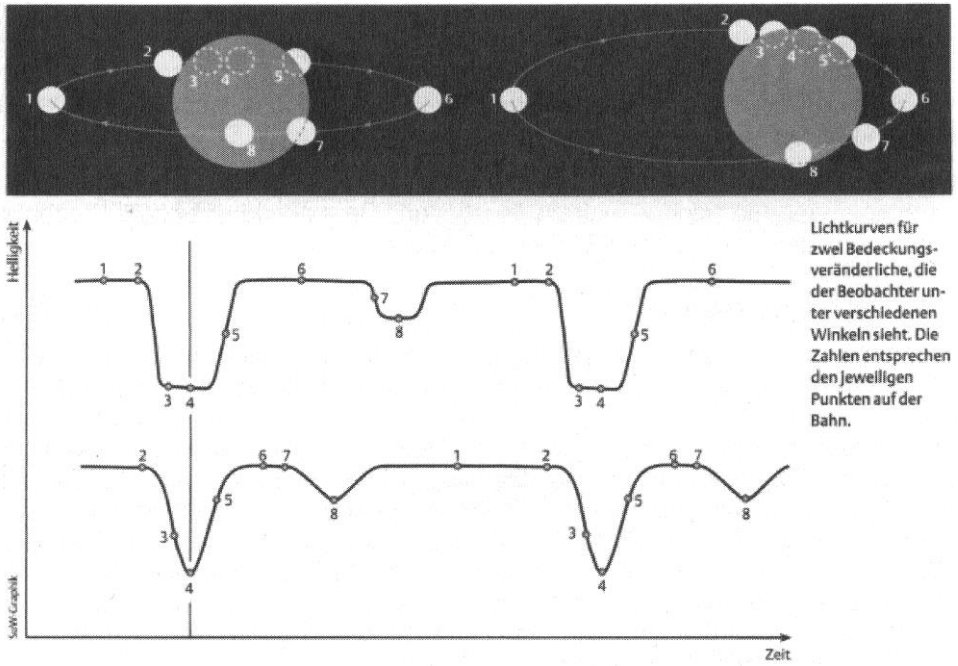
Sternentstehung

Veränderliche Sterne
- Typen (Kurzform)

Sternbeobachtung CCD/DSLR
- Bedeckungsveränderliche
  - Sichtbarkeit, Karten, Periode
  - Fotografie

Auswertung
- Software
  - Datenauswertung

Allgemein



Lichtkurven für zwei Bedeckungsveränderliche, die der Beobachter unter verschiedenen Winkeln sieht. Die Zahlen entsprechen den jeweiligen Punkten auf der Bahn.

$$E_n = E_0 + n \cdot P$$

E_n	Zeitpunkt des n-ten Minimums
E_0	Zeitpunkt des ersten Minimums
n	Epochenzahl; Anzahl der verstrichenen Perioden
P	Periode; Zeitdauer zwischen zwei direkten Minima

T-Tauri Sterne

https://youtu.be/DJ-9c4L4I4w

T Tauri Sterne sind ein Typus von jungen, stellaren Objekten. Es handelt sich um junge Sterne (nur 10^5 bis 10^7 Jahre alt), die sich zu 'normalen Sternen' entwickeln. Im normalen Stadium werden sie dann zu Hauptreihensternen.

T Tauris flackern

- Sie bewegen sich noch senkrecht zur Hauptreihe, d.h. variieren in der Helligkeit, was durch den Akkretionsprozess verursacht wird. Durch Akkretion können diese Protosterne einen protostellaren Jet speisen.

T Tauris blasen

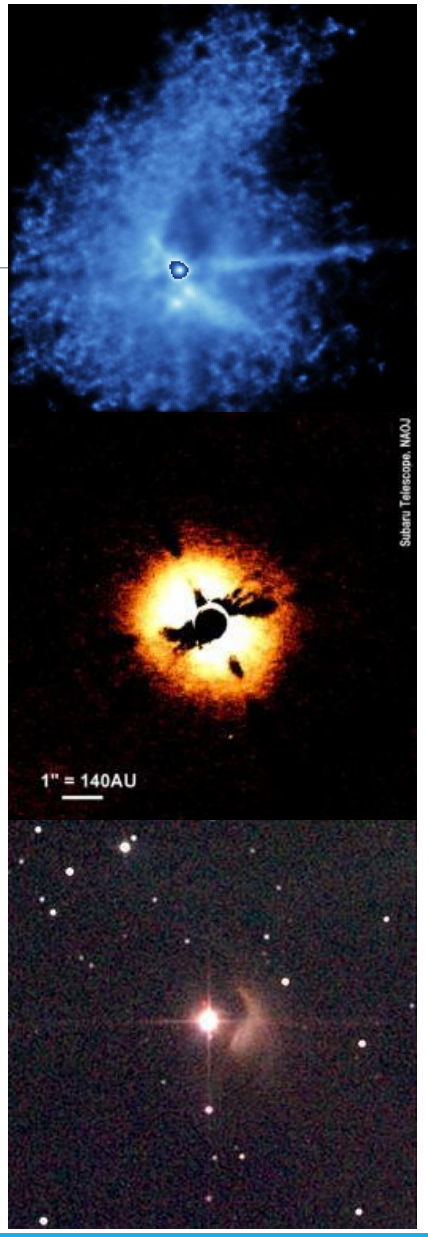
- T Tauri Sterne beginnen gerade durch **starke Sternenwinde** ihre Umgebung 'leerzufegen'. Dabei wird die **akkretierende Staubscheibe** nach und nach abgebaut. Dieser Prozess des Staubabbaus wird auch durch die **Planetenbildung** in der protoplanetaren Scheibe (engl. *protoplanetary disk*, kurz **Proplyd** genannt) unterstützt.

Linien schwächeln

- Am Ende steht ein entwickelter T Tauri Stern, ein so genannter *Weak-lined T Tauri Star*, also ein T Tauri Stern mit schwachen Emissionslinien. Die starken Wasserstoff- und Kalziumemissionslinien, wie man sie von klassischen T Tauri Sternen kennt, sind durch den Verlust des Staubes nur noch sehr schwach.

Spektraltyp, Prototyp

- Vom Spektraltypus her belegen T Tauri Sterne den untere Bereich der Spektralsequenz: G, K und M. Der Prototyp *T Tauri* im Sternbild *Taurus* (dt. Stier) hat Spektraltyp G5e und wurde als Klasse veränderlicher Sterne 1945 von dem US-Astronomen *A. Joy* etabliert.



Bedeckungs-veränderliche

Bedeckungsveränderliche sind Doppelsterne, die in der Regel so eng stehen, dass wir sie optisch nicht trennen können.

Sie bewegen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt.

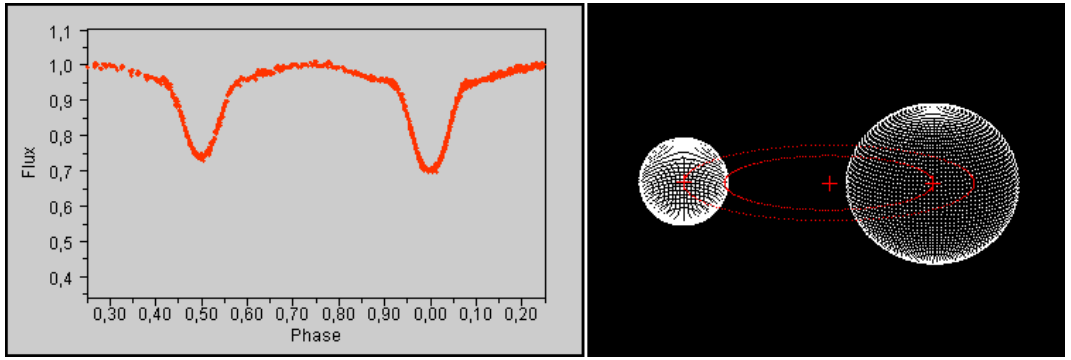
Liegt die Erde in oder sehr nahe zur Bahnebene, so können wir einen "Bedeckungslichtwechsel" beobachten.

Bewegt sich nämlich von uns aus gesehen einer der beiden Sterne vor den anderen, so erreicht uns das Licht des bedeckten Sterns ganz oder teilweise nicht mehr, das Sternsystem insgesamt erscheint dunkler.

Je nach Größe und Lage der Sterne zueinander unterscheiden wir drei Typen von Bedeckungsveränderlichen:

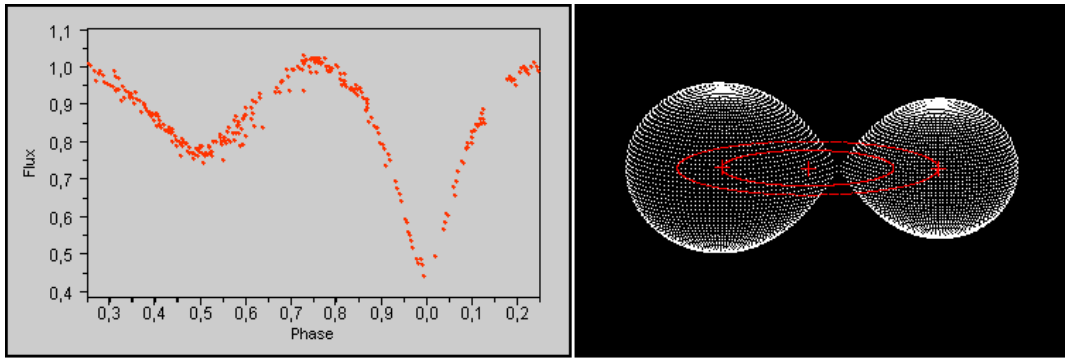
Algol - Sterne (EA)

- Getrennte Komponenten
- Meisten Perioden liegen zwischen 1-15 Tagen
- Minima sehr unterschiedlich



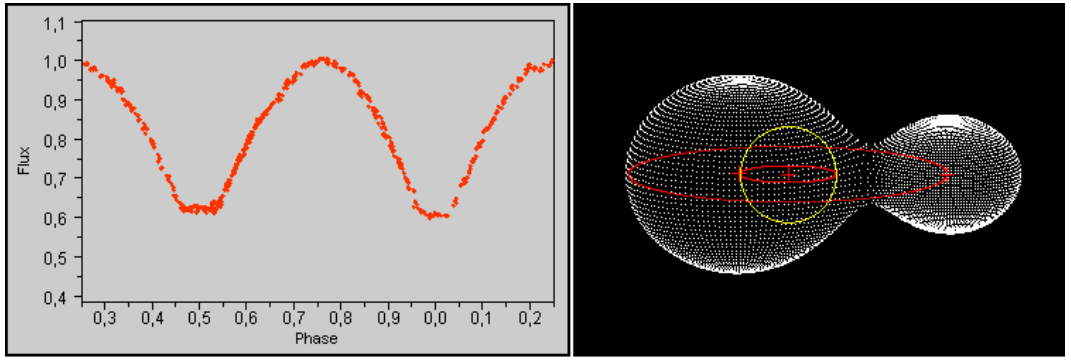
Beta-Lyrea - Sterne (EB)

- Verformte Komponenten und Lichtkurven
- Meisten Perioden liegen zwischen 1-2 Tagen
- Minima < 2 mag

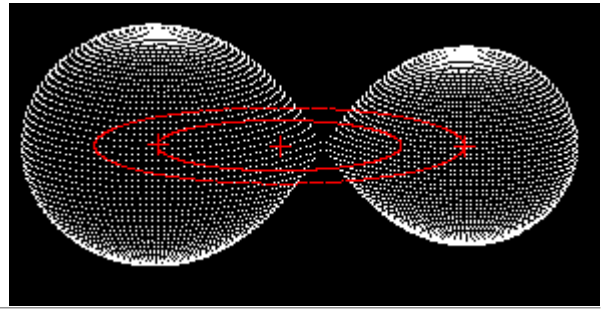


W-Uma - Sterne (EW)

- Komponenten befinden sich im Kontakt
- Perioden < 1Tag
- Minima < 0,8 mag



Bedeckungsveränderliche



- Algol-Sterne (EA)
  - Namensgeber ist der Stern Algol = β Persei.
    Doppelsterne mit sphärischen oder nur schwach durch die gegenseitige Anziehung verformten Komponenten. Aus ihren Lichtkurven kann man den Beginn und das Ende der gegenseitigen Bedeckungen ablesen. Zwischen den Bedeckungen bleibt die Helligkeit meist konstant. Es kann vorkommen, dass Sekundärminima nicht vorhanden sind. Der Bereich der Perioden ist sehr groß und liegt zwischen 0,2 und 10000 Tagen. Die meisten Perioden liegen aber in einem Bereich von 1 bis 15 Tagen. Die Helligkeitsamplituden sind ebenfalls sehr verschieden und können mehrere Größenklassen betragen.
- Beta-Lyrae-Sterne (EB)
  - Doppelsternsysteme mit durch die gegenseitige Anziehung verformten Komponenten und Lichtkurven, aus denen sich die genauen Zeiten für den Beginn und das Ende der Bedeckung nicht bestimmen lassen. Zwischen den Bedeckungen findet ein kontinuierlicher Lichtwechsel statt, da sich durch die Verformung die scheinbare Größe der Sternoberflächen ändert. Das Sekundärminimum lässt sich immer beobachten. Die Amplitude des Hauptminimums ist in den meisten Fällen kleiner als mag 2, die des Nebenminimums ist normalerweise deutlich kleiner. Die Periode ist in der Regel größer als 1 Tag.
- W-Ursae-Majoris-Sterne (WE)
  - Bedeckungsveränderliche mit Perioden < 1 Tag. Beide Komponenten sind durch die gegenseitige Anziehung stark verformt und befinden sich in Kontakt. Die Zeiten für den Beginn und das Ende der Bedeckung lassen sich nicht bestimmen. Die Tiefe von Haupt- und Nebenminimum sind meist gleich oder unterscheiden sich nur geringfügig. Die Amplitude der Minima ist in der Regel < 0.8 mag. Ist eine der beiden Komponenten kleiner als die andere, kann es in den Minima zu einer Phase mit konstanter Helligkeit kommen.

Pulsierende Veränderliche

Es findet ein Schwingen der Sternatmosphäre statt. Also eine Kompression und Expansion.

Man unterscheidet hier sehr viel verschiedene Typen.

Es lassen sich hier Gesetzmäßigkeiten aus dem Lichtwechsel herleiten, wie absolute Helligkeit, Entfernung etc.

Hier können viele Aussagen über die Sternentwicklung gewonnen werden.

Die Bekanntesten Typen sind:

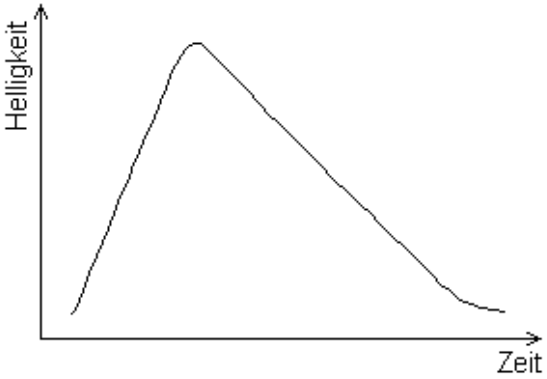
Weitere veränderliche Sterntypen
- Rotierende
- Eruptive
  - Novae

Delta Cepheiden (CEP)

- weiße und gelbe Überriesen; 3 - 16 Sonnenmassen; 10 - 150 Sonnenradien; Population I
- meisten Perioden liegen bei 5 Tagen
- „Standardkerzen“ zur Entfernungsmessung
- Die absolute Helligkeit berechnet sich wie folgt:

$$M = -1{,}8 - 1{,}74 \cdot log(P[d])$$

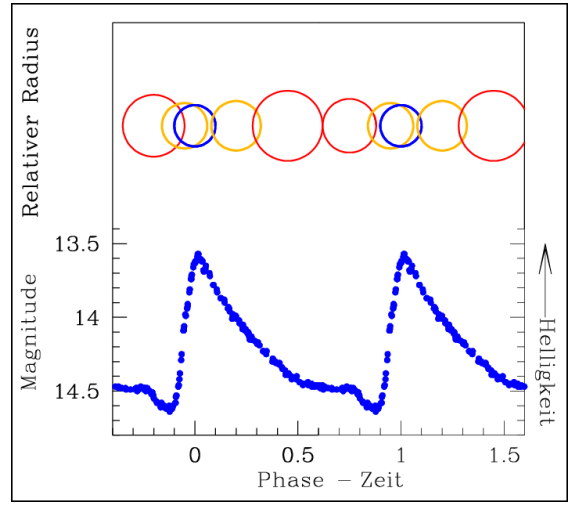
$$D[pc] = 10^{(m-M+5)/5}$$



RR-Lyrea - Sterne

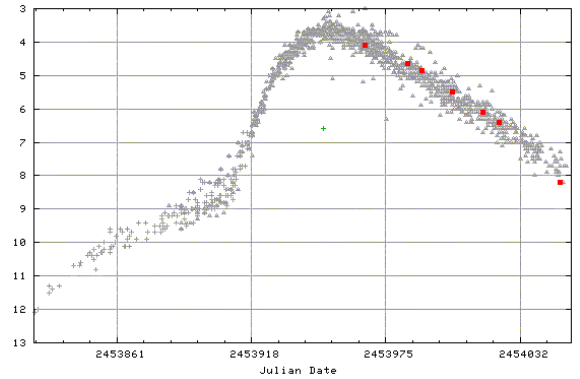
- metallarm, Population II; Stadium nach Roter Riese
  • absolute Helligkeit= ca. +1 Mag
- kurzperiodische Pulsationssterne Periode < 1 d
- Amplitude < 1.5mag

$$L = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \delta \cdot T_{eff}^4$$



Mira - Sterne

- rote Überriesen mit Spektralklasse= K5 bis M9
- Perioden 83 - 1374 d, meist 130 - 450 d
- Amplitude 2.5mag - 11 mag



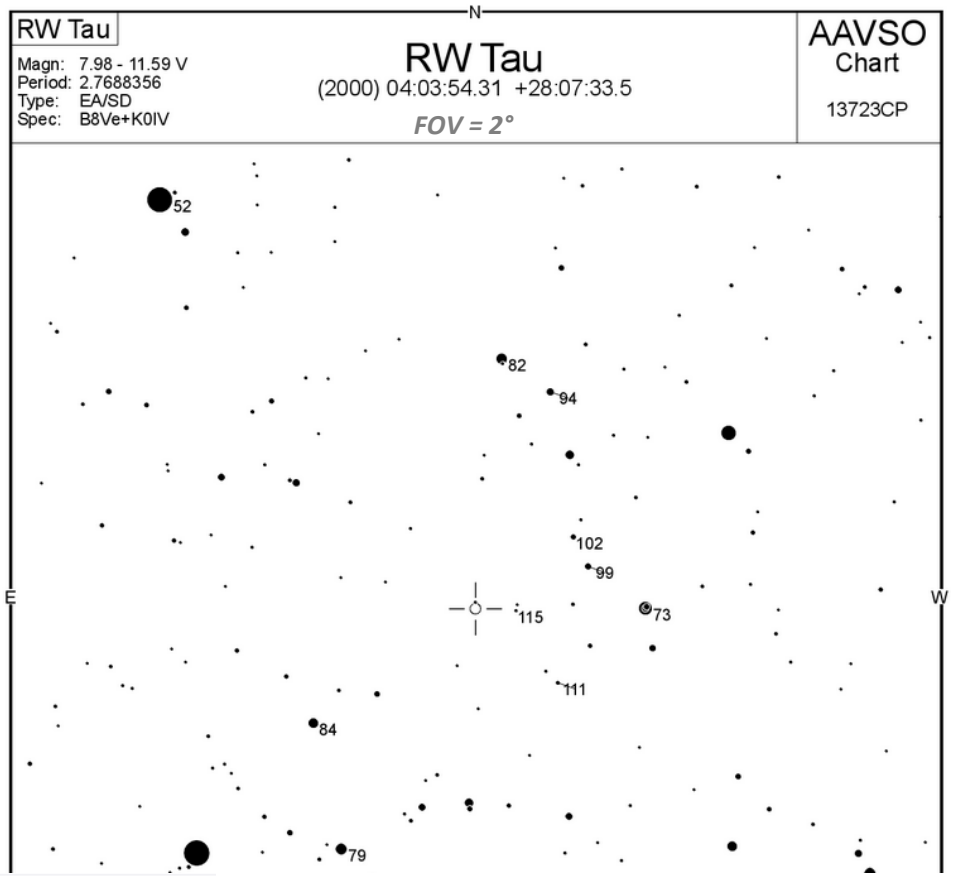
Sternbeobachtung CCD/DSLR

Aufnahmen

- Keine langen Brennweiten notwendig (Gesichtsfeld).
- Belichtungszeit so wählen, das die gewählten Sterne (V, C1, C2,…) nicht in der Sättigung liegen.
- Serienaufnahmen tätigen.
- Filter UBV(RI)-System
  - Bei DSLR V ≈ R**G**B
- ***Tipp:*** Uhrzeit auf UTC Zeit einstellen (alle Zeitangaben in JD)

https://www.aavso.org/

Name	V RW Tau
AAVSO UID	000-BBG-549 (4737 observations)
Constellation	Taurus
J2000.0	04 03 54.31 +28 07 33.5 (60.97629 +28.12597)
B1950.0	04 00 49.38 +27 59 27.4
Galactic coord.	166.593 -18.002
Other names (Internal only)	*Please note that aliases shown in grey link to obsolete records.* AAVSO 0357+27, ADS 2944 D, AN 1, ASAS J040354+2807.5, BD+27 623, HD 2, HIP 18972, HV 1174, MWC, SAO 76418
Variability type	EA/SD
Spectral type	B8Ve+K0IV
Mag. range	7.98 - 11.59 V
Discoverer	--
Epoch	15 Dec 1983 (HJD 2445684.204)
Outburst	--
Period	2.7688356 d



Sternbeobachtung CCD/DSLR

Software

- Dark- und Flat-Bilder müssen mit angebracht werden.
- Mehrere Sterne werden auf eine Aufnahme ausgewertet (Größenklassen).
- Serienaufnahmen werden ausgewertet.
- Professionelle Software erlaubt die Analyse von Lichtkurven und Perioden.
  - Basissoftware
    - Cartes du Ciel
    - Iris - kostenlos
    - AIP4Win ≈ 100CHF
    - MaxIM DL ≈ 500CHF
  - Analysesoftware
    - PERANSO ≈ 50CHF
    - Excel AAVSO

Veränderliche Sterne
GCVS KN Per
Kataloginformationen: GCVS
General Catalog of Variable stars
Helligkeit im Maximum: 11.20
Helligkeit im Minimum: 11.80
Type: RRC
mag. code: p
Period: 0.4332239926
Num: 630247
Limit:

Koordinaten: Scheinb
Scheinbare Position I
DE:+41°23' 13"
Mittelwerte des Datur
DE:+41°23' 16"
Mittleres J2000 RA: 0
55"
Ekliptisch L: +59°19'
Galaktisch L: +151°0

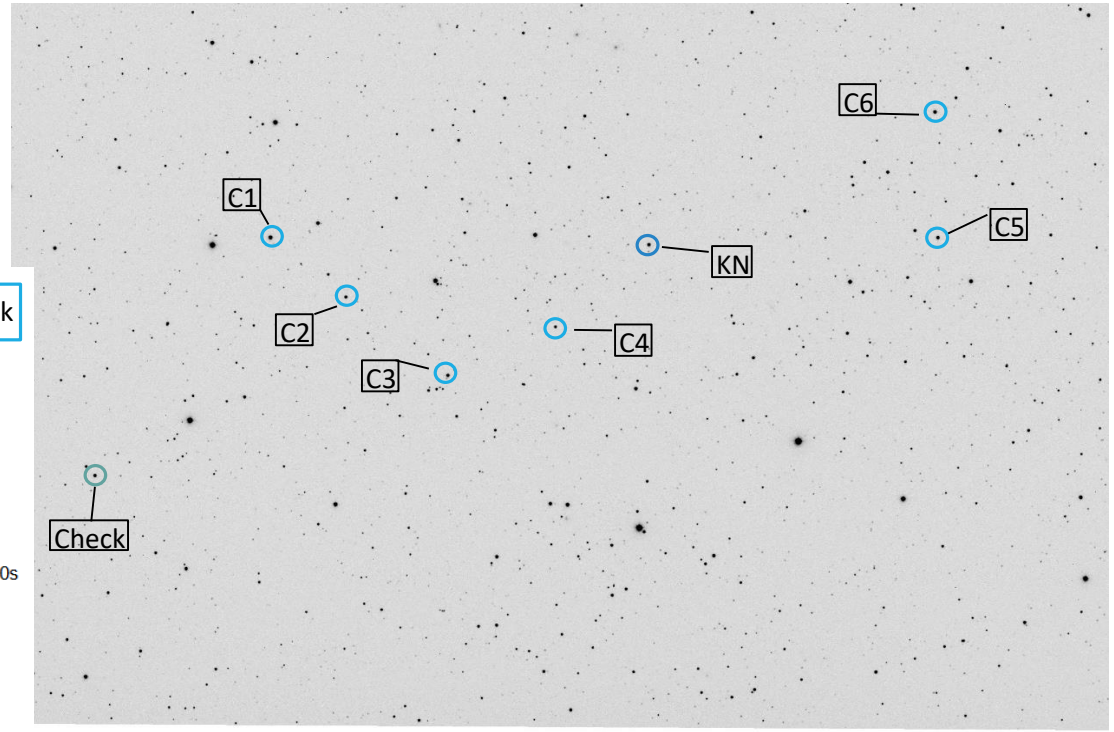
Sichtbarkeit für den E
Hägendorf 2015-11-16
Weltzeit (UT): 2015-1
JD=2457343.38542
Lokale Sternzeit: 01h
Stundenwinkel: 22h0
Azimut: +95°40'48.3"
Höhe: +68°46'24.0"
Geometric altitude: +
Airmass: 1.1

Stern
UCAC4-659-015583
Kataloginformationen: 4UC
UCAC4
Visuelle Helligkeit: 11.34
Farbindex: 0.16
Eigenbewegung in RA: -3 [mas/y]
Eigenbewegung in DE: -3 [mas/y]
flags: 0

C7-Check

Koordinaten: Scheinbare Position
Scheinbare Position RA: 03h24m48.150s
DE:+41°50'27.25"
Mittelwerte des Datums RA: 03h24m46.150s
DE:+41°50'30.24"
Astrometrisch J2000 RA: 03h23m42.578s
DE:+41°47'10.28"
Ekliptisch L: +59°40'25" B:+22°24'14"
Galaktisch L: +151°02'28" B:-12°37'36"

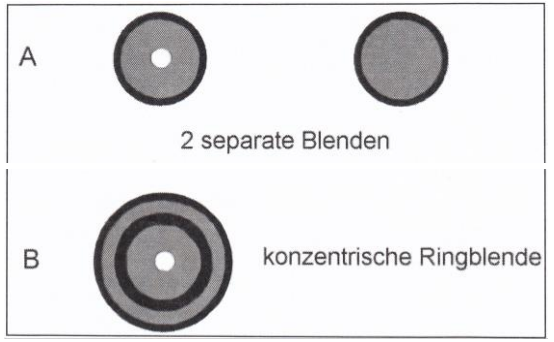
Sichtbarkeit für den Beobachtungsort:
Hägendorf 2015-11-16 22h15m00s (CET)
Weltzeit (UT): 2015-11-16T21:15:00
JD=2457343.38542
Lokale Sternzeit: 01h28m51s
Stundenwinkel: 22h04m03s
Azimut: +94°17'58.3"
Höhe: +68°46'44.7"
Geometric altitude: +68°46'21.7"
Airmass: 1.1

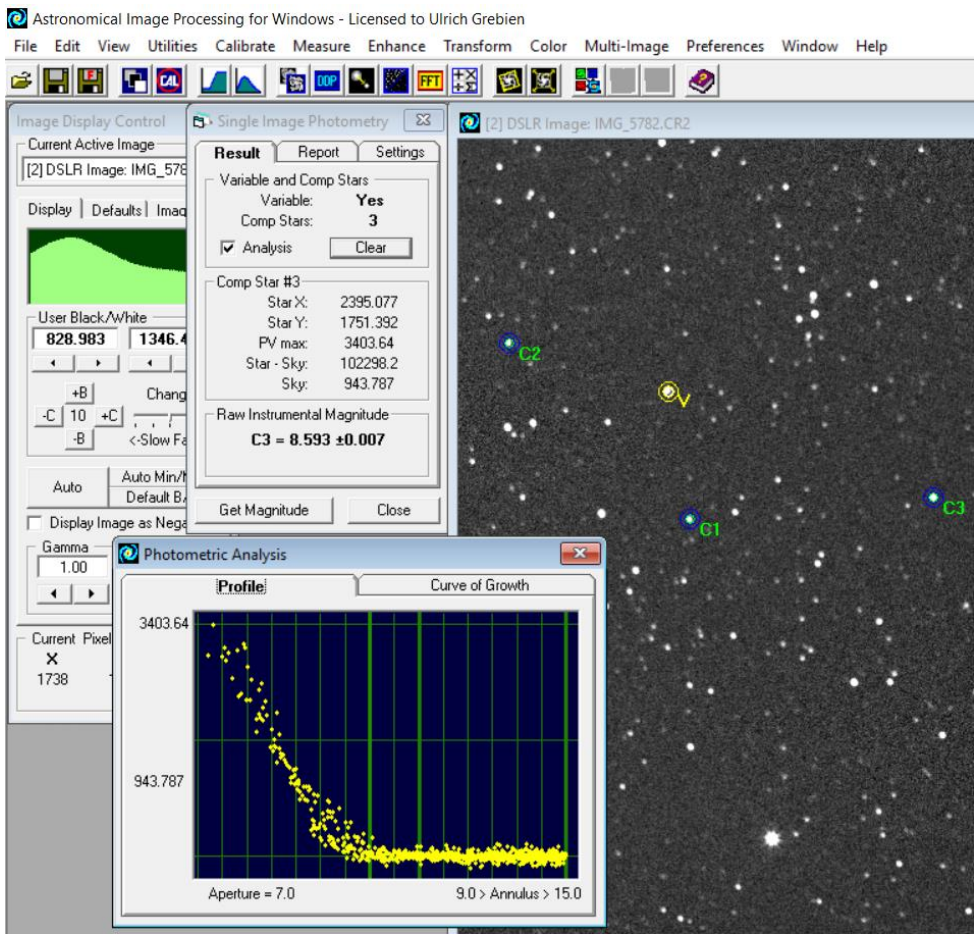


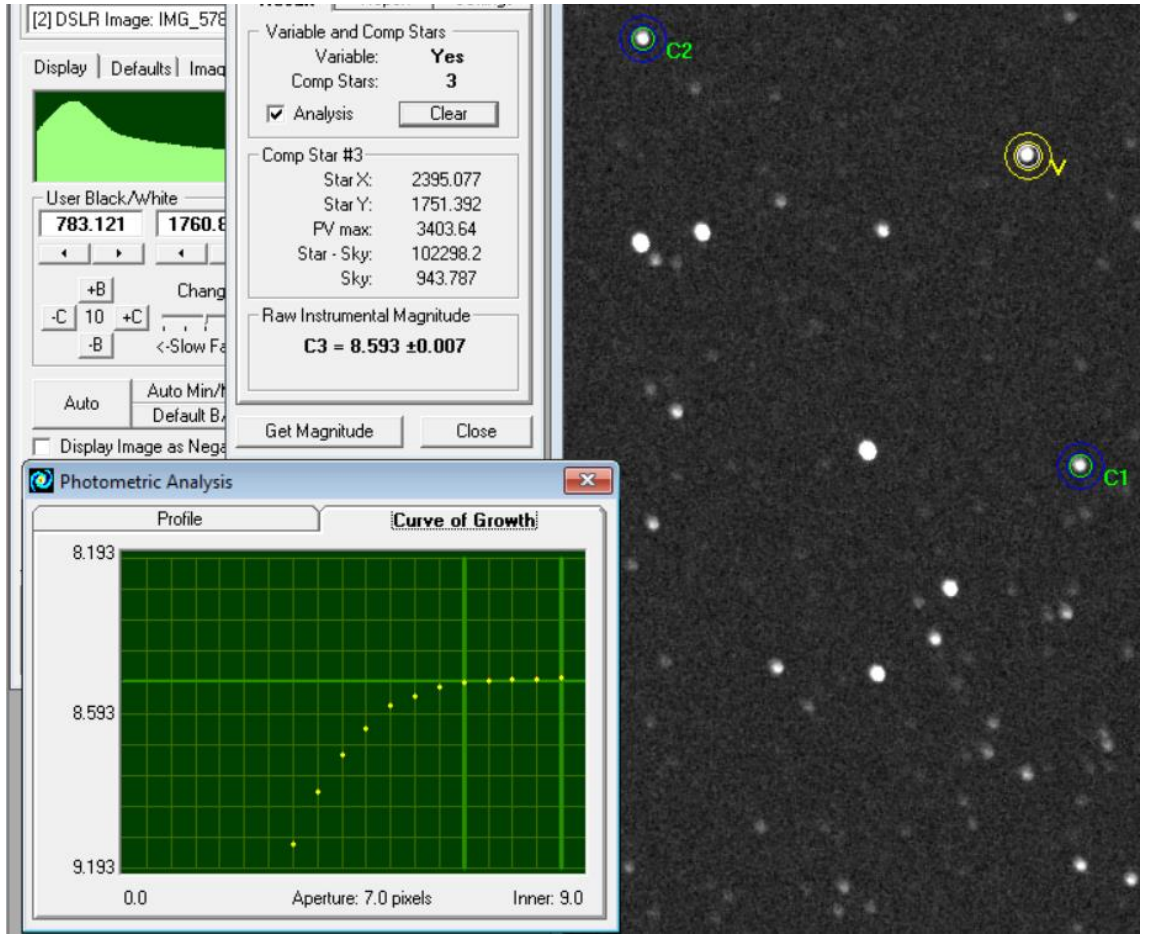
Dieter _ KN Per 2015-11-11

Daten : Cartes du Ciel

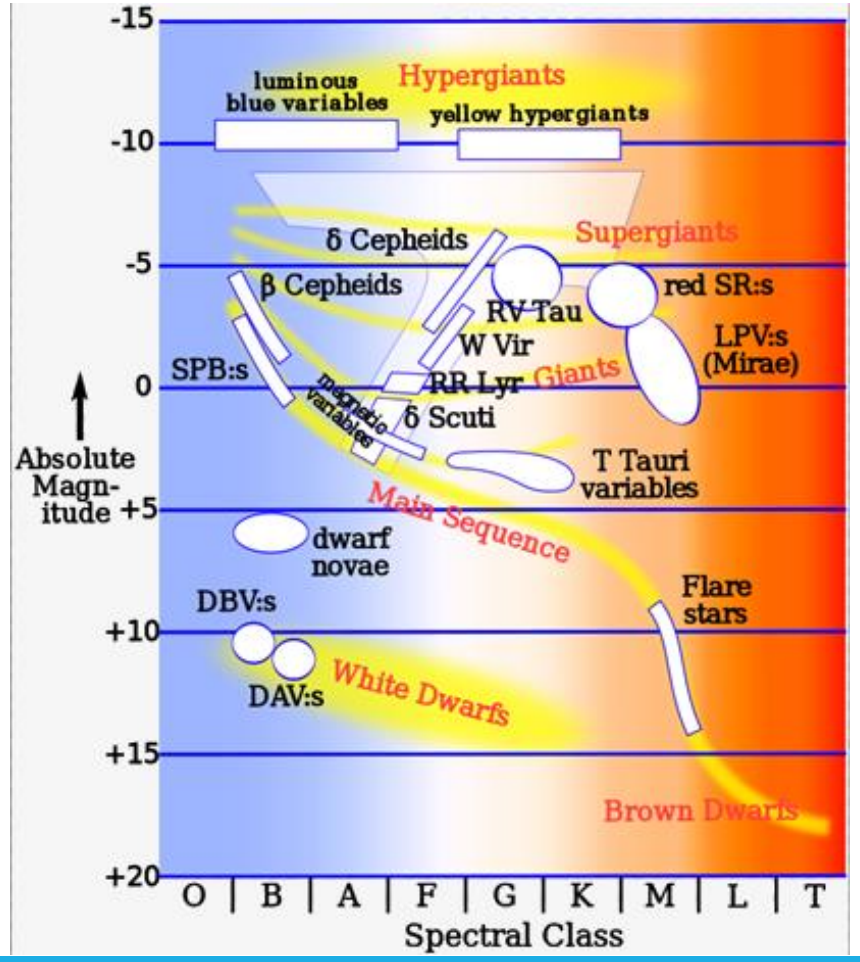
Auswertung CCD/DSLR – z.B.AIP4Win





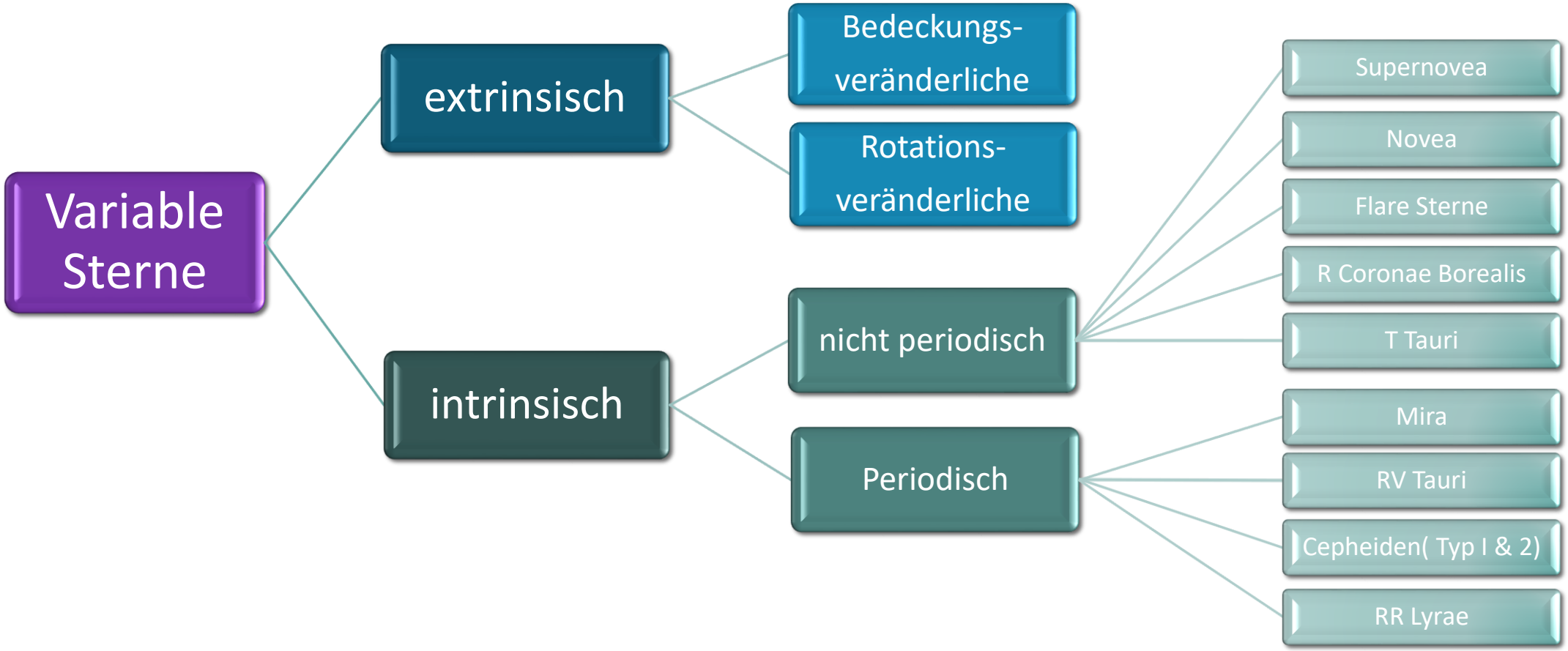


Zusammenfassung

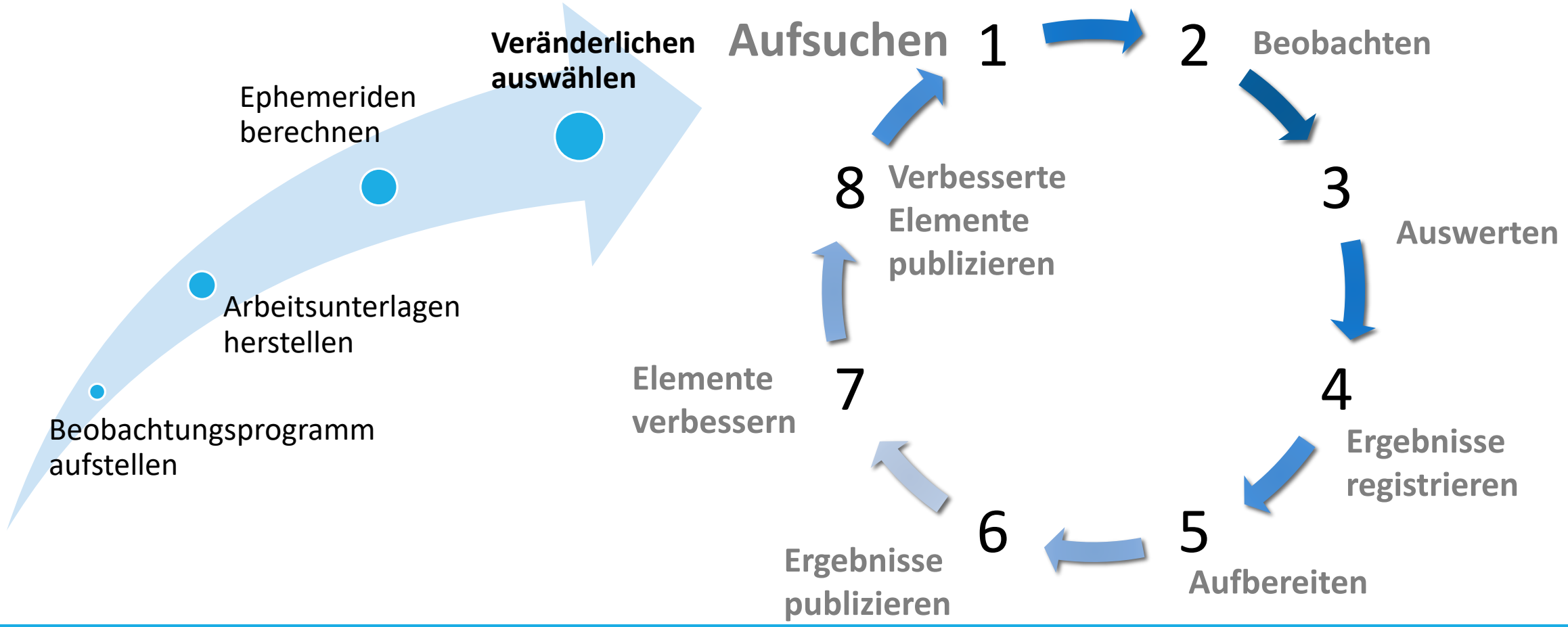


- Veränderliche Sterne sind die Grundlage für die Entfernungsmessung innerhalb und außerhalb der Milchstraße über die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung bei pulsierenden Veränderlichen und durch die identische Maximalhelligkeit aller Supernovae vom Typ Ia.
- Die Astroseismologie bei pulsierenden Veränderlichen ermöglicht durch die Analyse von Schwingungen in einem Stern einen Einblick in den inneren Aufbau.
- Bei doppelperiodischen Pulsationsveränderlichen ist eine Berechnung der Sternmasse möglich. Dies kann ansonsten nur in Doppelsternsystemen geschehen. Dort kann allerdings durch vorherigen Massentransfer der Aufbau der Sterne von dem eines Einzelsterns abweichen.
- Bei Bedeckungsveränderlichen Sternen wird eine Auflösung der Sternoberfläche durch die Analyse der Helligkeitsänderung erreicht, wenn ein Stern einen zweiten verdeckt.
- Bei periodischen Veränderlichen können kleinste Änderungen des Sternaufbaus gefunden werden, da sich diese Veränderungen aufsummieren und damit leichter nachweisbar sind als bei einer direkten Messung.
- Keine Klassifikation erfordert einen geringeren Aufwand als die Messung der Helligkeit. Daher werden Veränderliche Sterne für stellarstatistische Untersuchungen verwendet wenn die Sterne zu lichtschwach für die Aufnahme von Spektren sind.

Klassifikation der variablen Sterne



Beobachtungskreislauf



Bedeckungsveränderliche Musterauswahl

RW Tau EA/SD

- Periode 2,7688356 d
- Magnitude 7,98-11,59

EN Tau EA/SD

- Periode 2,478068 d
- Magnitude 11,4-12,1

CT Tau EW/KE

- Periode 0,6668303 d
- Magnitude 11,34-11,12

WY Tau EW/KE

- Periode 0,6927583814 d
- Magnitude 11,14-11,73

KN Per EW

- Periode 0,86665 d
- Magnitude 11,2-11,8

WY Leo

- Periode 4,9858404 d
- Magnitude 11,1-11,7

AG Leo

- Periode 3,392572
- Magnitude 10,7-11,2

AM Leo

- Periode 0,3657984
- Magnitude 9,25-9,83