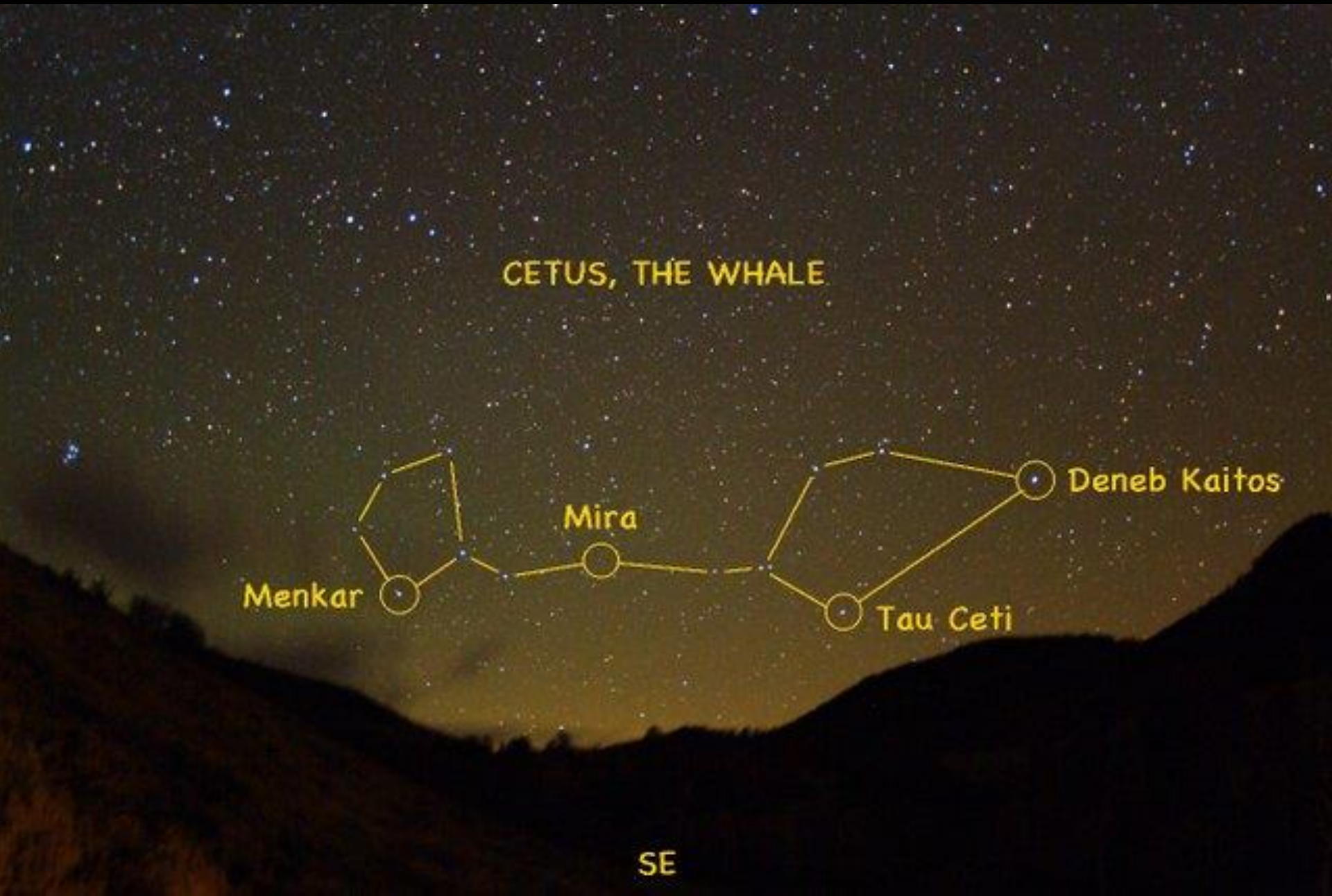
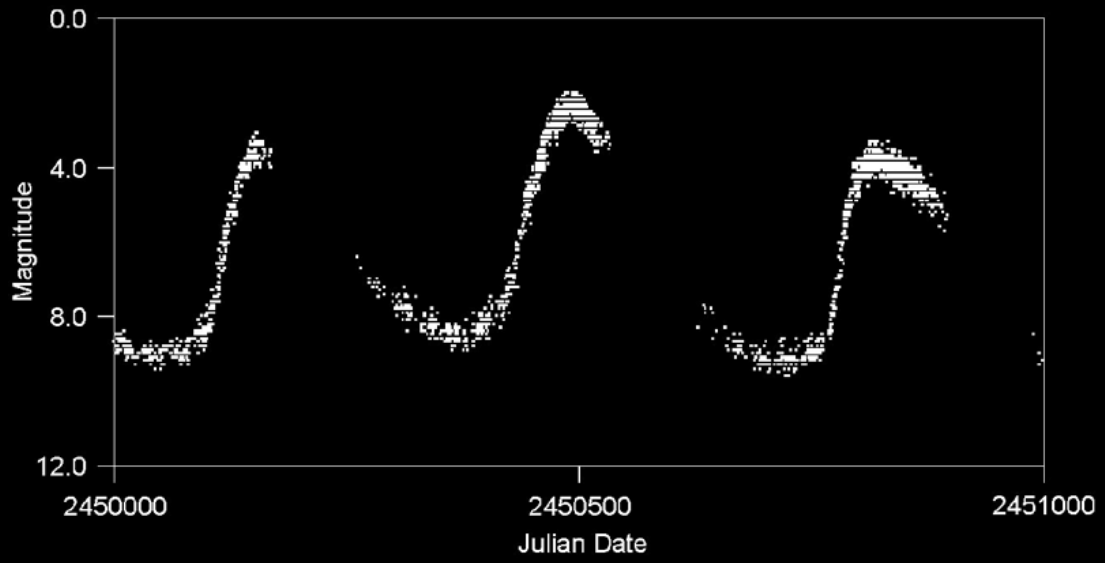
# Exkurs: Veränderliche Sterne (8)

# Mira – Sterne

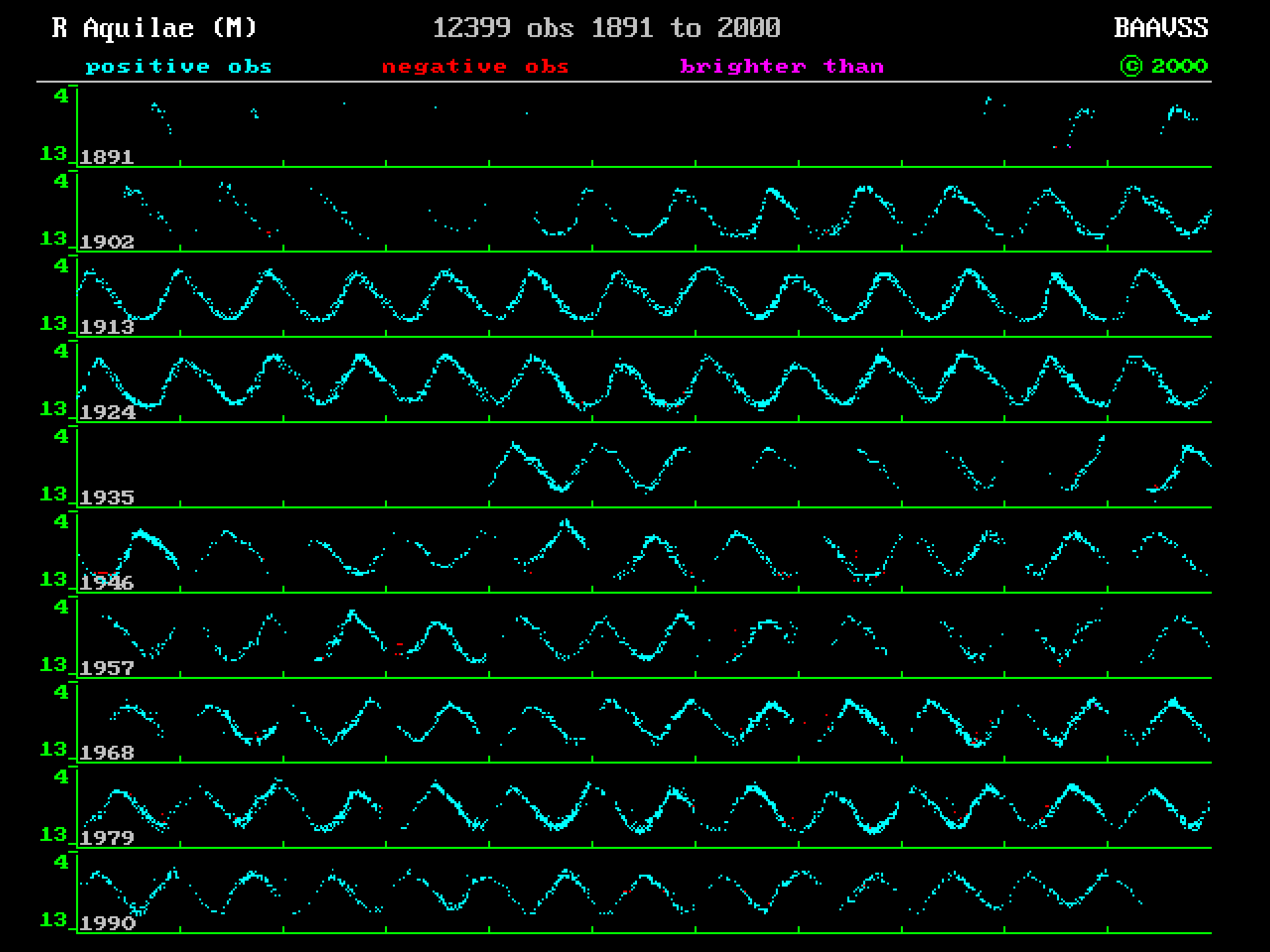


# Omikron Ceti – der erste Veränderliche Stern

Entdeckt wurde Mira vom ostfriesischen Pfarrer und Amateurastronomen David Fabricius am 13. August 1596. Im Jahre 1639 entdeckte dann Johann Ph. Holwarda, daß Mira ihre Helligkeit mehr oder weniger regelmäßig ändert. Aufgrund dieser seltsamen Eigenschaft erhielt der Stern von Johannes Hevelius seinen Namen – Mira, die „Wundersame“.

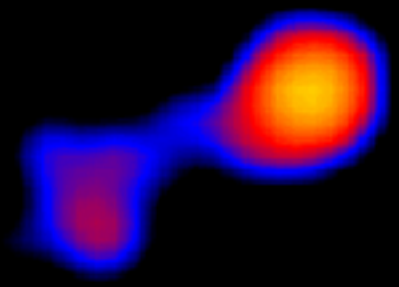


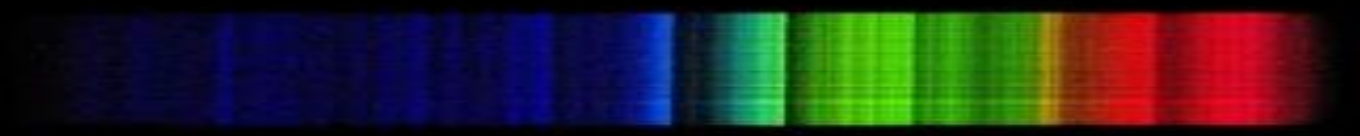

Langperiodisch (P>80 d) veränderliche Rote Riesen mit einer Amplitude zwischen 3 und 11 Größenklassen


R Aquilae (M)
12399 obs 1891 to 2000
BAAVSS
positive obs
negative obs
brighter than
© 2000
4
13
1891
1902
1913
1924
1935
1946
1957
1968
1979
1990

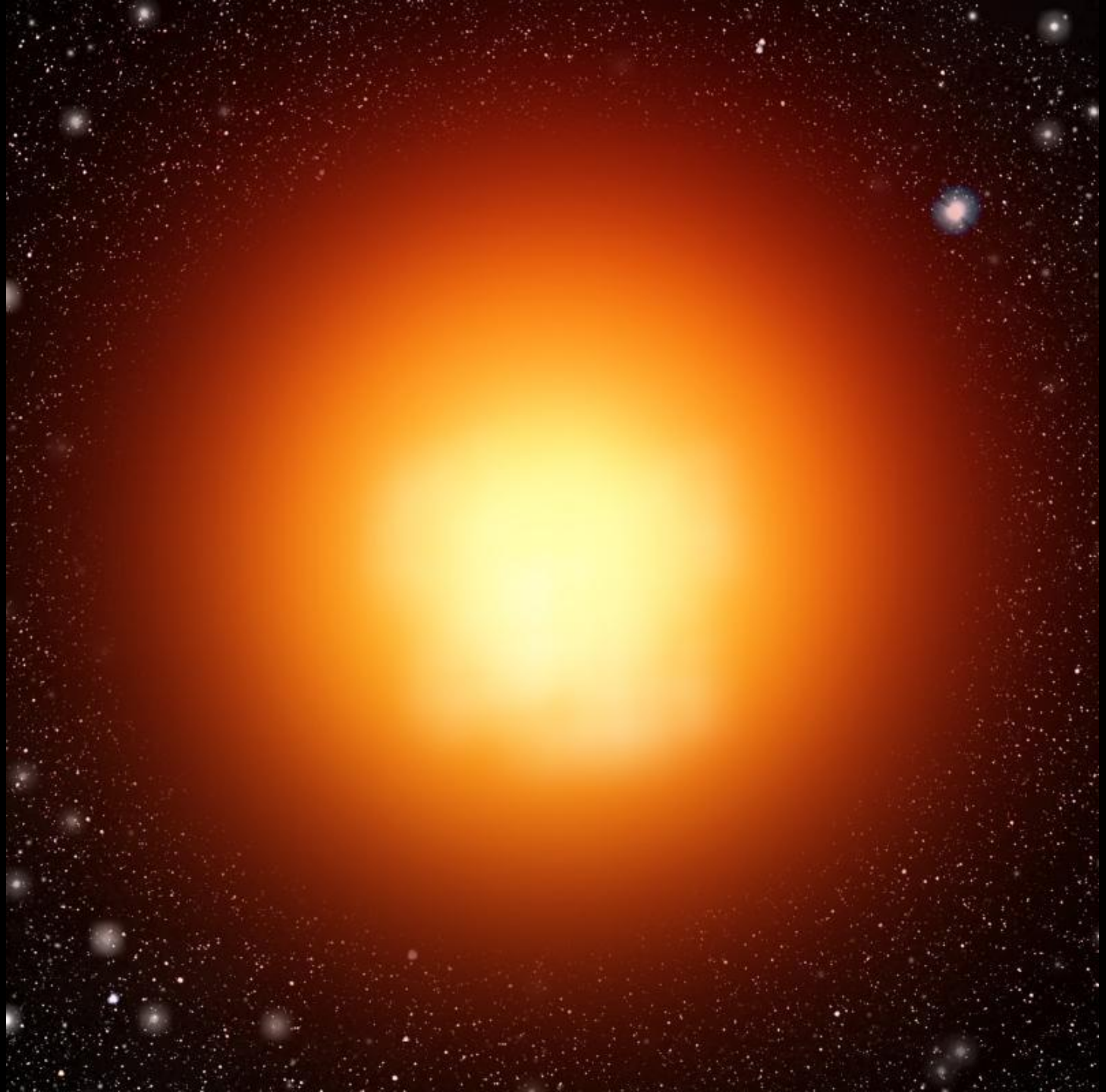
# Typische Daten eines Mira-Sterns – Omicron Ceti A

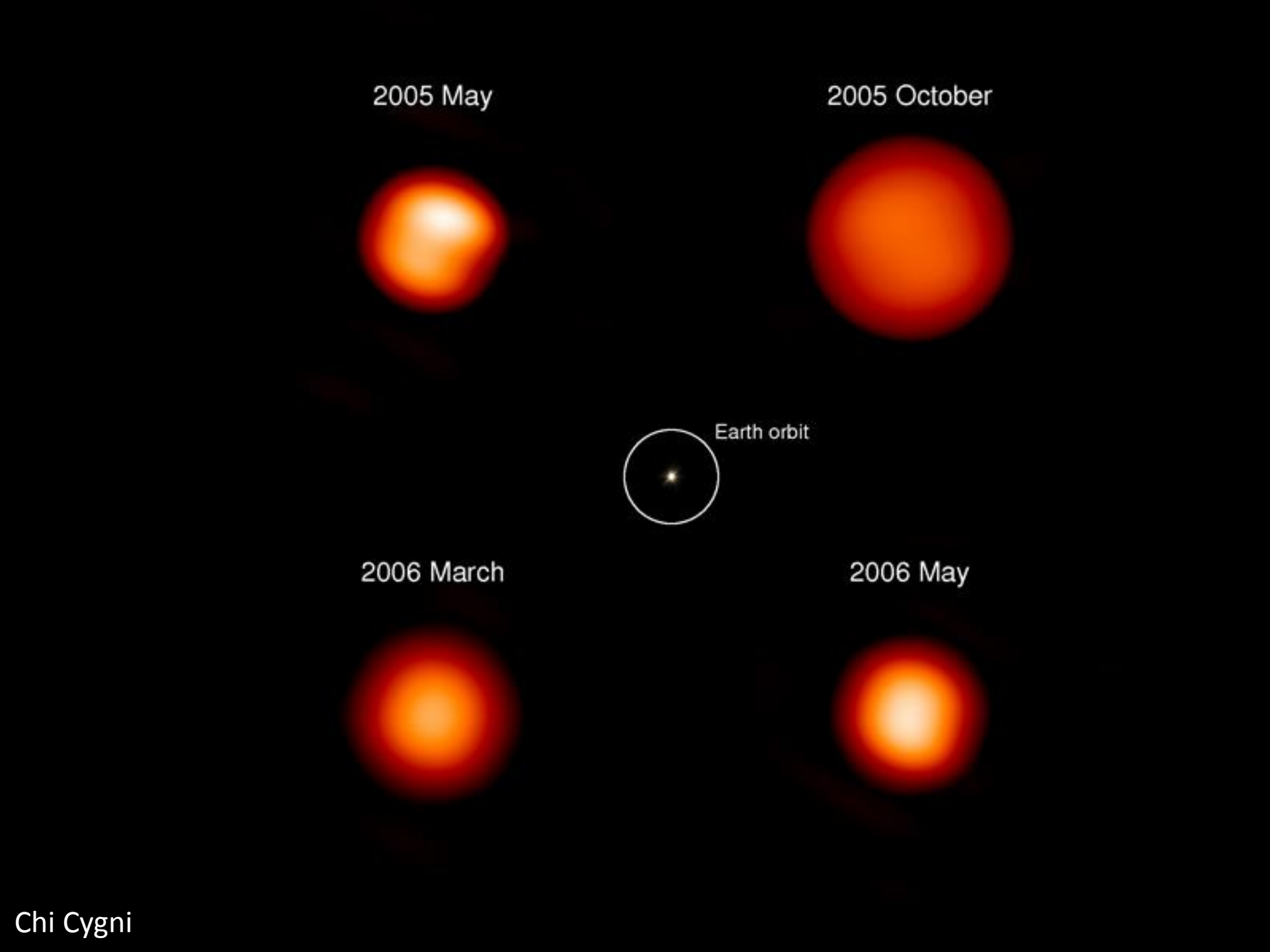
| Größe | Wert |
|---|---|
| Masse | 1,2 Sonnenmassen |
| Leuchtkraft | 8400 – 9360 Sonnenleuchtkräfte |
| Effekt. Temperatur | 2920 – 3190 K |
| Entfernung | ~ 300 Lj |
| Spektralklasse | M5e – M9e |
| Periode | 331 Tage |
| Amplitude (V) | 2 bis 9 m (im IR < 2,5 m) |



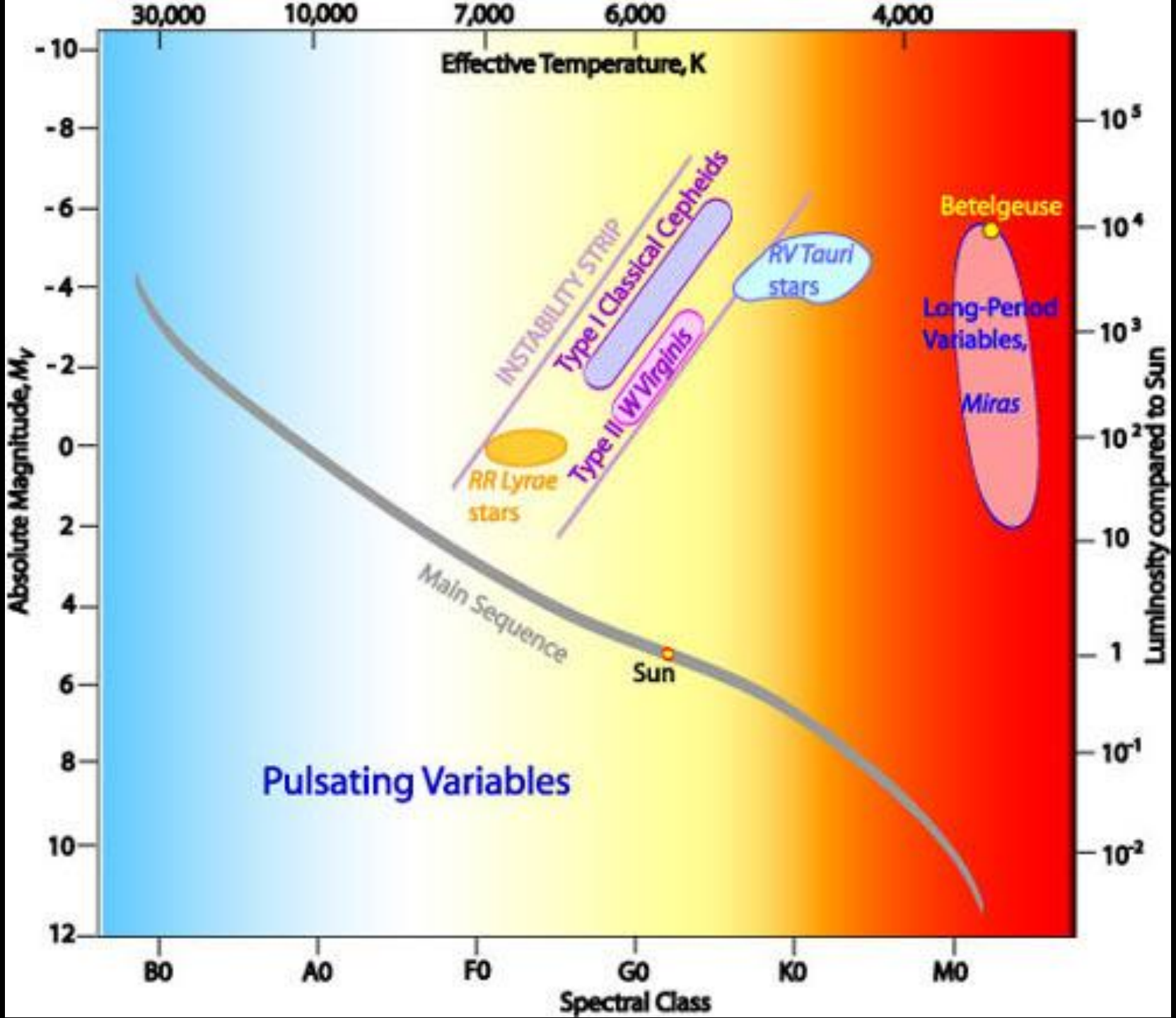


Emissionslinien weisen auf eine Gashülle hin, die den Stern umgibt.
Titanoxidbanden weisen auf eine geringe effektive Temperatur hin



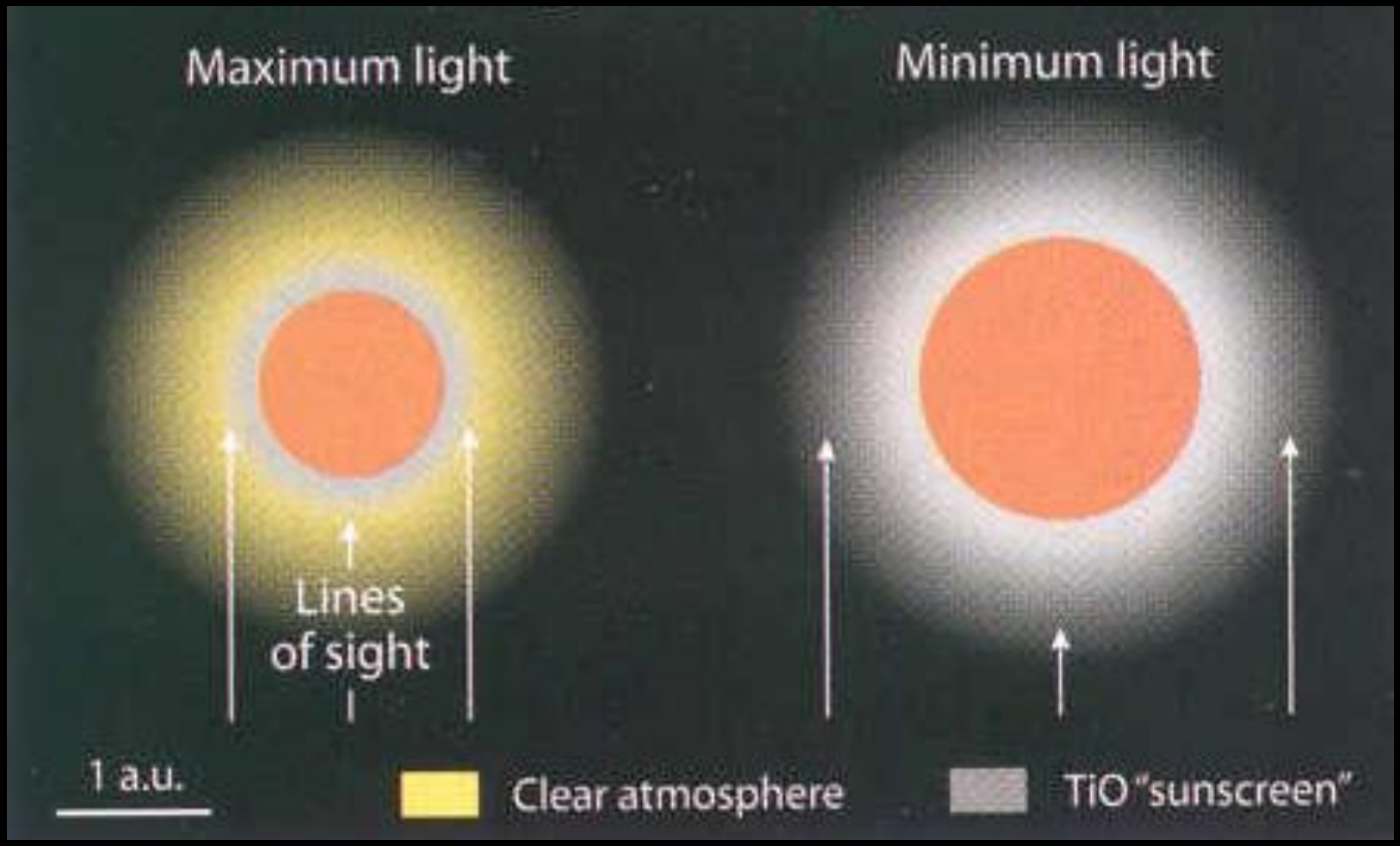



Chi Cygni


30,000
10,000
7,000
6,000
4,000
Effective Temperature, K
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10
12
Absolute Magnitude, $M_V$
$10^5$
$10^4$
$10^3$
$10^2$
10
1
$10^{-1}$
$10^{-2}$
Luminosity compared to Sun
INSTABILITY STRIP
Type I Classical Cepheids
Type II W Virginis
RR Lyrae stars
RV Tauri stars
Betelgeuse
Long-Period Variables,
Miras
Main Sequence
Sun
Pulsating Variables
B0
A0
F0
G0
K0
M0
Spectral Class

# Ursache des Lichtwechsels

Die Mira-Sterne sind Pulsationsveränderliche, deren Lichtwechsel auf eine spezielle Ausprägung des Kappa-Mechanismus beruht.



## Der Kappa-Mechanismus beruht bei Mirasternen auf der Ionisation von Wasserstoff und nicht wie bei Delta-Cepheiden auf die von Helium

Die Opazitätserhöhung in der Ionisationsschicht führt zu dessen Aufheizung und Ausdehnung, wobei das Material eine Schockfront ausbildet, die radialsymmetrisch durch die dünne Außenhülle des Riesensterns rast (v ~ 10 km/s). Sie benötigt dafür grob gerechnet ~ 100 Tage (und mehr).

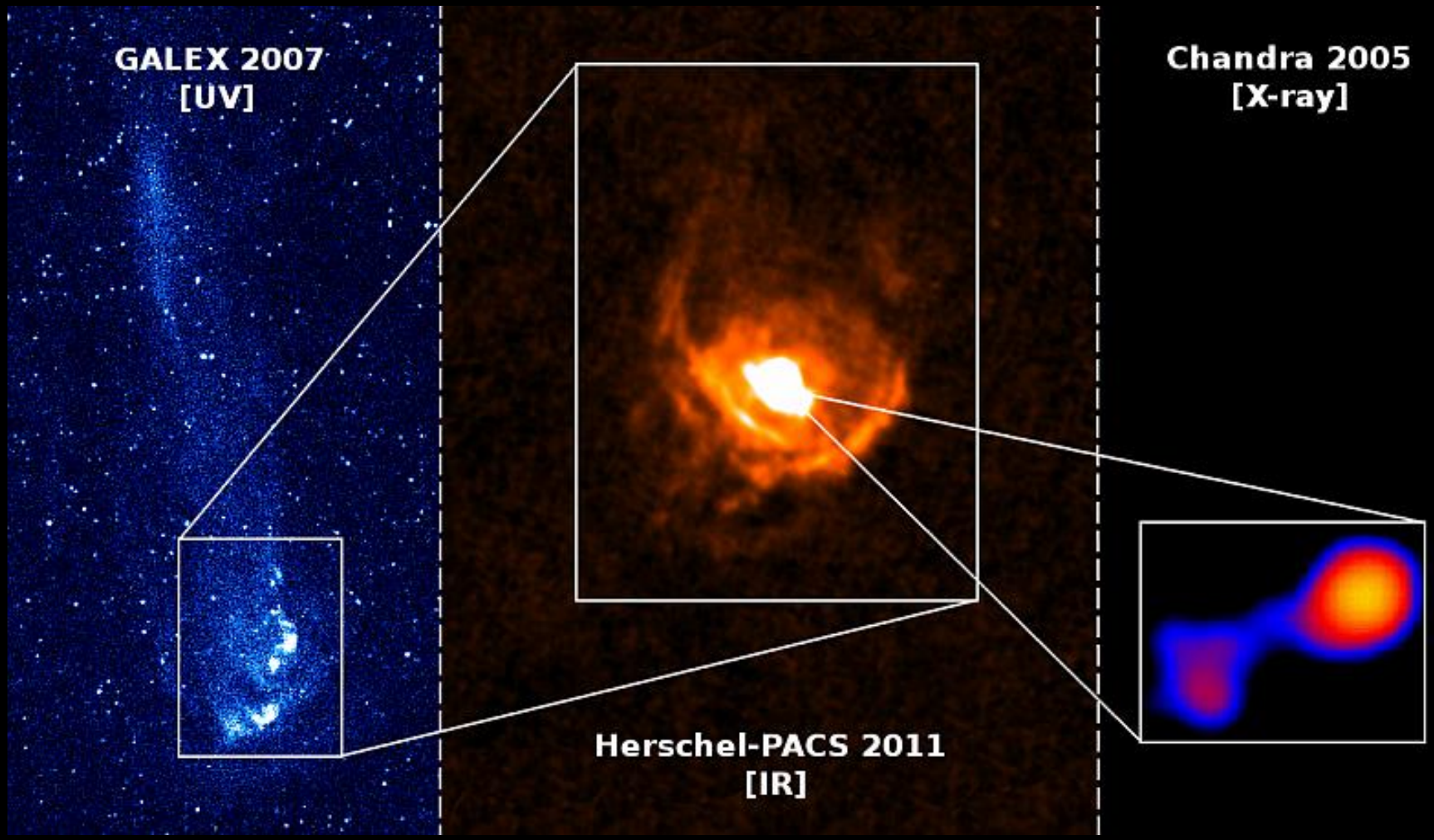
In der äußeren expandierenden Schicht nimmt die effektive Temperatur ab, was die Bildung von Titanoxid begünstigt. Deren Banden und die geringer werdende Temperatur (Stefan-Boltzmannsches Gesetz, Wiensches Verschiebungsgesetz) lassen die Leuchtkraft im Visuellen rapide sinken. Der Stern erreicht im Pulsationsmaximum seine geringste Helligkeit.

Bei der Kontraktion dissoziieren die Titanoxidmoleküle, die Temperatur steigt und die äußere Sternhülle wird wieder durchsichtig. Die Leuchtkraft erreicht im Pulsations-minimum ihren Maximalwert.

Das Mira-Stadium ist sehr kurz. Es währt nur einige hunderttausend Jahre.

Die Schwingungen in den äußeren Schichten der Atmosphäre von **Kohlenstoffsternen** kann Material beschleunigen, welches in einiger Entfernung von dem Stern zu einer Wolke aus Ruß kondensiert. Dies kann zu tiefen Minima bei einigen Mirasternen und den verwandten Halbregelmäßigen mit einem hohen Kohlenstoffgehalt führen aufgrund der Absorption von Licht durch die Staubteilchen.

# Starke Sternwinde bei Mira-Sternen



Mira (Omicron Ceti) schleppt so etwas wie einen „Kometenschweif“ hinter sich her, der aus Material besteht, der von den starken Sternwinden abgeblasen wurde.  (UV-Aufnahme)

Der „Schweif“ beinhaltet eine Masse von ungefähr 3000 Erdmassen.

# Perioden-Leuchtkraft-Beziehung von Mira-Sternen

$$M(K) = 3{,}3 \cdot \log(p/\text{Tage}) - 0{,}43$$

Macht nur im infraroten K-Band Sinn, weil dort die interstellare Extinktion gering ist.

- Mira-Sterne sind im fernen Infrarot leuchtkräftiger als Cepheiden und können daher über eine größere Distanz beobachtet werden. Damit wird auch eine Entfernungsbestimmung von weiter entfernten Galaxien möglich.
- Mira-Sternen sind auch in Galaxientypen wie Zwerggalaxien oder unregelmäßigen Galaxien zu finden, in denen es keine Cepheiden gibt.
- Mira-Sterne lassen sich auch in den Halos von Spiralgalaxien beobachten. Aufgrund der geringen Sterndichte wird hier das Problem der Überlagerung mehrerer Sterne vermieden.

Beispiel für eine Zwerggalaxie

NGC 5477