

STERNENTWICKLUNG

1. STERNENTSTEHUNG



1. STERNENTSTEHUNG

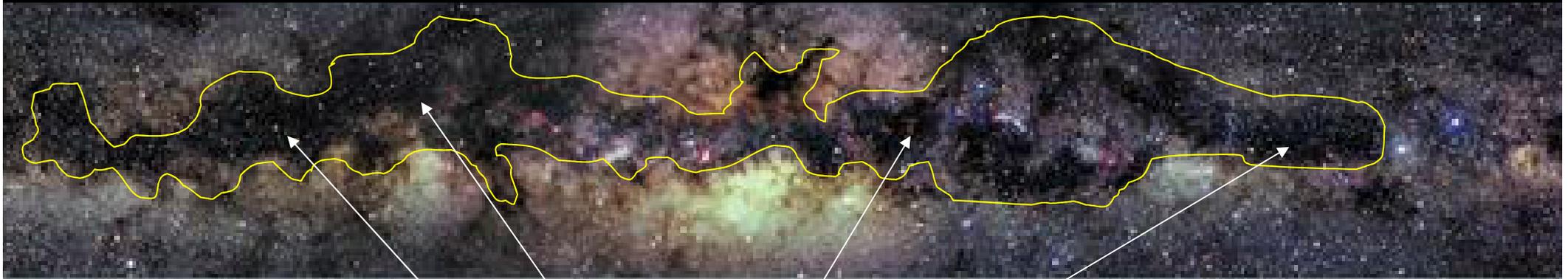


Bilder: NASA





1. STERNENTSTEHUNG

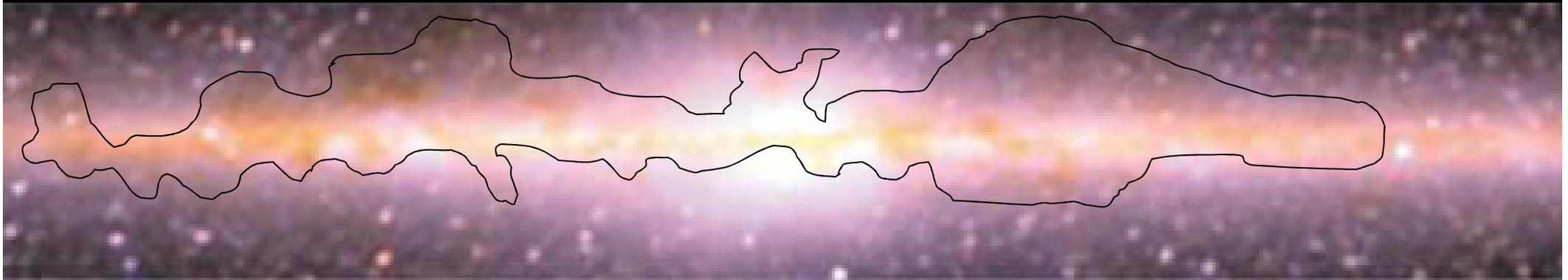


Gas- und Staubwolken

Bilder: NASA

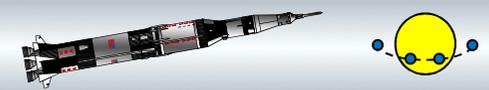


1. STERNENTSTEHUNG



Infrarot

Bilder: NASA



1. STERNENTSTEHUNG

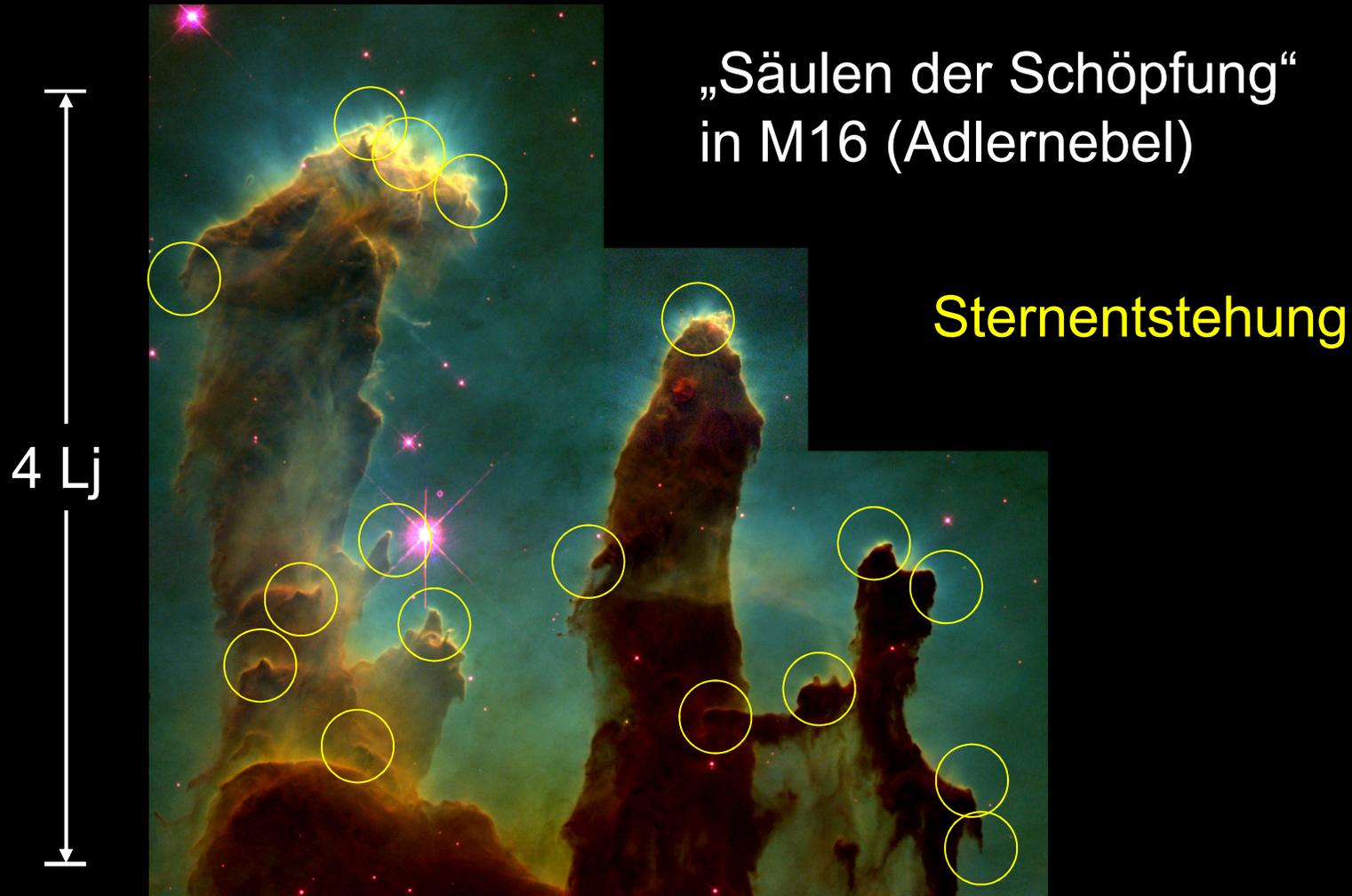
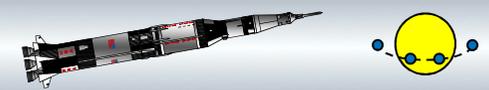


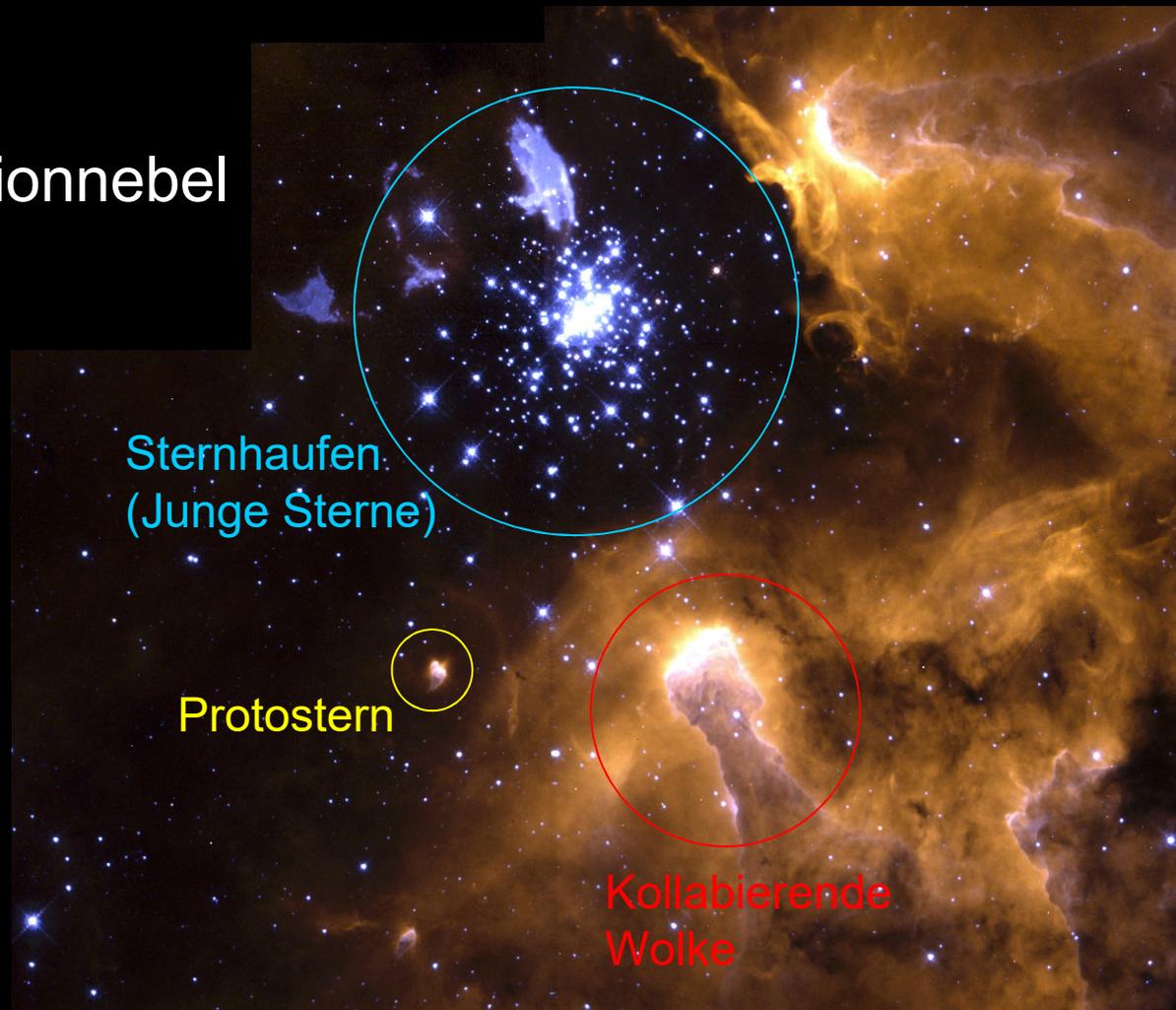
Bild: NASA



1. STERNENTSTEHUNG

Sterne bilden sich aus interstellarer Materie:
Gas und Staub

Orionnebel



Sternhaufen
(Junge Sterne)

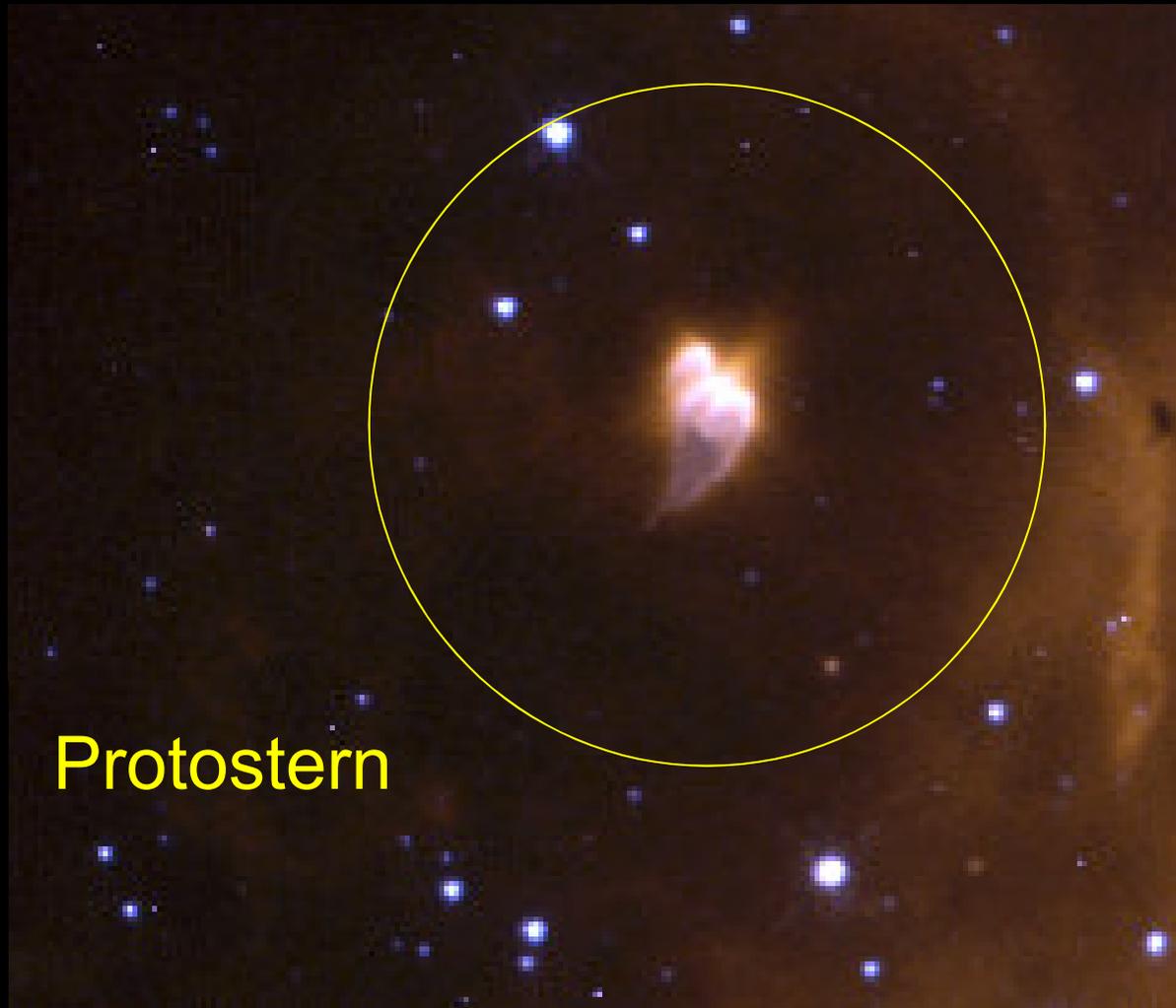
Protostern

Kollabierende
Wolke

Bild: NASA

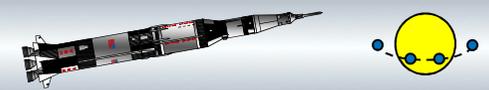


1. STERNENTSTEHUNG

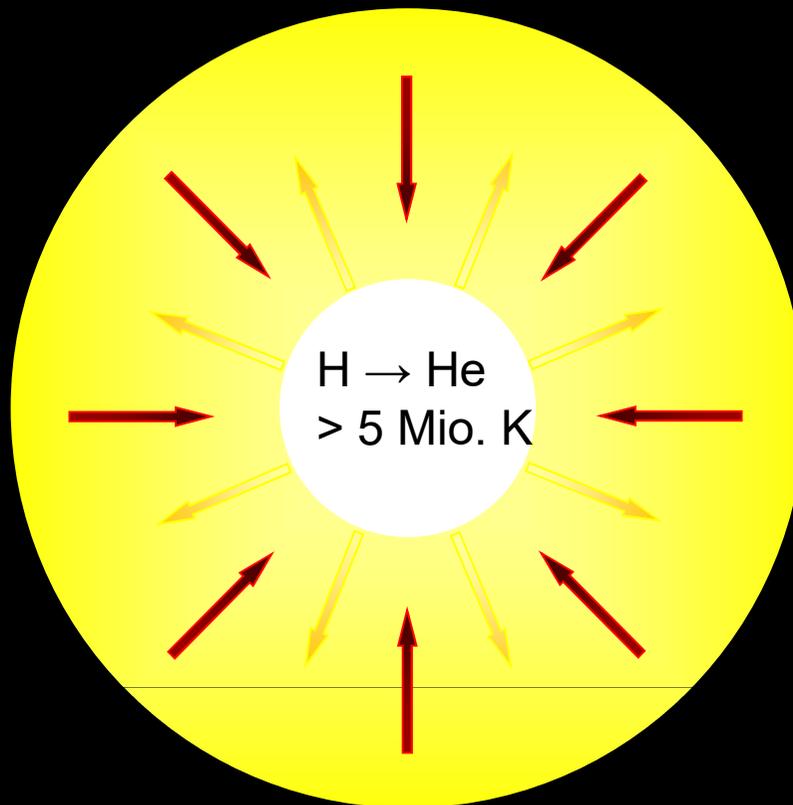


Protostern

Bild: NASA



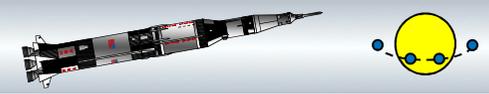
1. STERNENTSTEHUNG



Gravitationsdruck erzeugt
Kerntemperaturen > 5 Mio. K
→ Kernfusion (H in He)
→ Gasdruck

$$\text{Gravitationsdruck} = \text{Gasdruck}$$

Dieser Zustand hält bei unserer Sonne seit 4,6 Milliarden Jahren und noch weitere 5,2 Milliarden Jahre an.



1. STERNENTSTEHUNG

Irregularität in der Wolke (z.B. durch Supernova):

Kontraktion und Zerfall der Wolke in Fragmente

Temperaturzunahme, ab 5 Mio. K Kernfusion

Ist Gasdruck = Gravitationsdruck: Stabiler Stern (Hauptreihenstern)

„Kinderstuben“ aus Fragmenten: Junge Sternhaufen



Plejaden

Bild: NASA



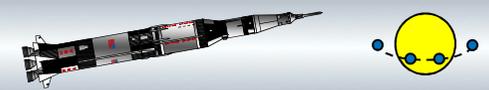
h & X Persei

Bild: CC BY-SA 3.0



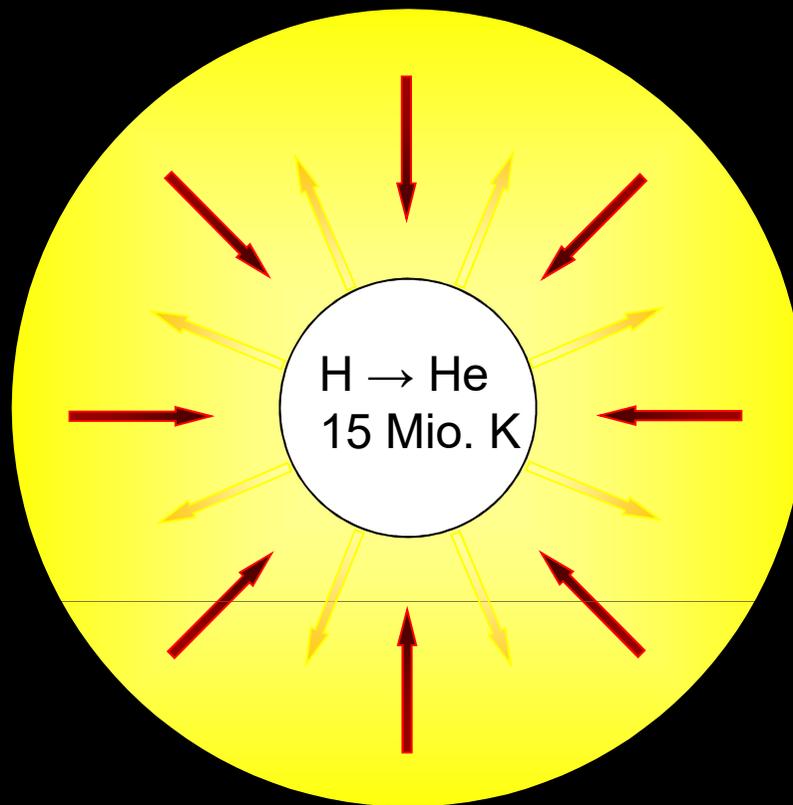
STERNENTWICKLUNG

2. ENDSTADIEN



2. ENDSTADIEN DER STERNE

2.1 STERNE MIT SONNENMASSE



Unsere Sonne heute:

Kernfusion im Sonnenkern:

$H \rightarrow He$

Kerntemperatur: 15,5 Mio. K

Gravitationsdruck

=

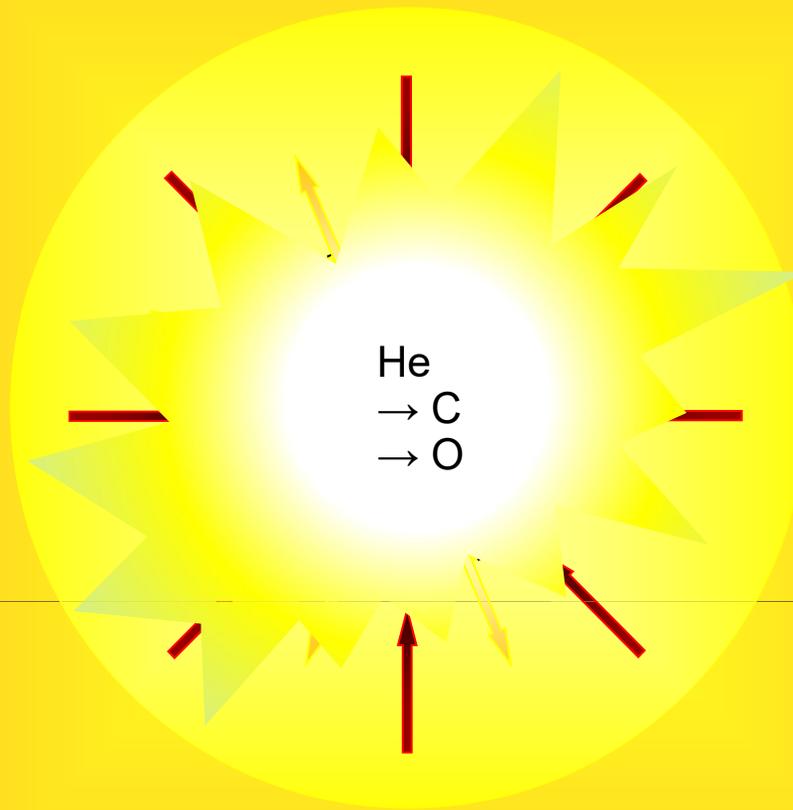
Gasdruck



2. ENDSTADIEN DER STERNE

2.1 STERNE MIT SONNENMASSE

Roter Riese



> 5,2 Mrd. Jahre:

H – Vorrat im Kern verbraucht

→ Kern schrumpft

→ Kern entartet

(keine Volumenzunahme trotz
Temperaturerhöhung)

→ Schalenbrennen (H in He)

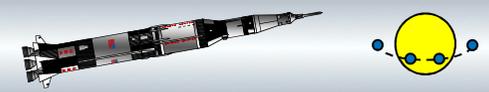
→ Stern dehnt sich aus

→ Roter Riese

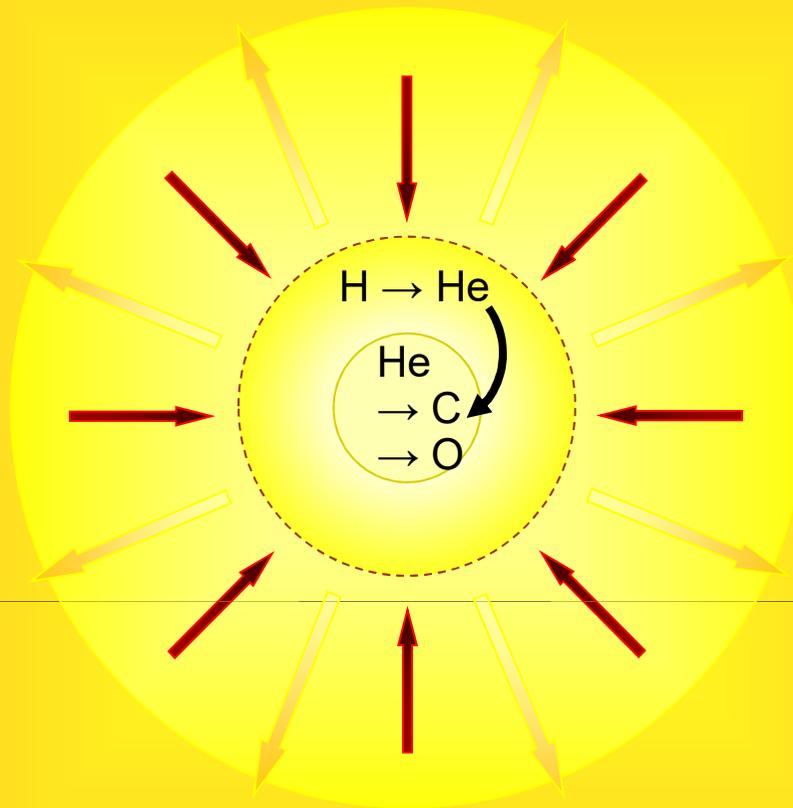
→ Kern wird mit He aus der
Schale gefüttert

→ Helium-Flash im Kern

→ Fusion im Kern: He zu C, O



Roter Riese



> 5,2 Mrd. Jahre:

H – Vorrat im Kern verbraucht

→ Kern schrumpft

→ Kern entartet

(keine Volumenzunahme trotz
Temperaturerhöhung)

→ Schalenbrennen (H in He)

→ Stern dehnt sich aus

→ Roter Riese

→ Kern wird mit He aus der
Schale gefüttert

→ Helium-Flash im Kern

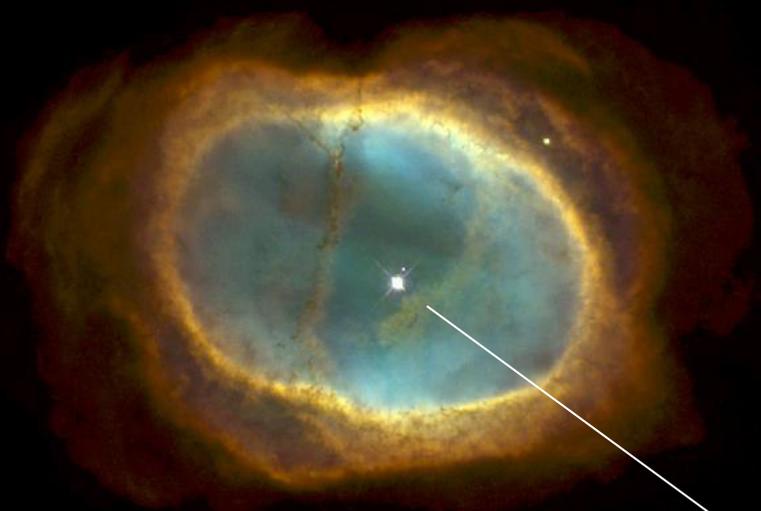
→ Fusion im Kern: He zu C, O

→ Starke Sonnenwinde blasen
Hülle weg

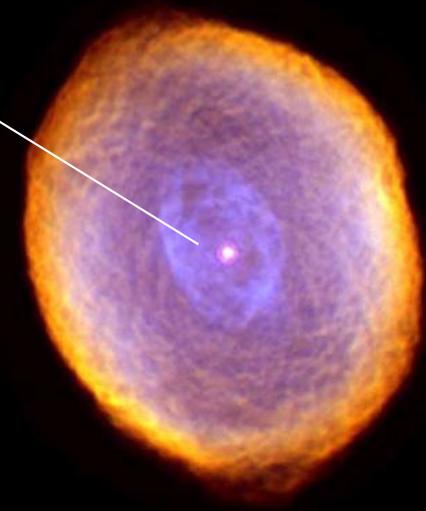
→ Planetarischer Nebel



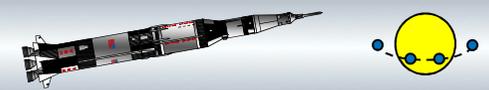
Planetarische Nebel



Weißer Zwerg



© NASA/HST

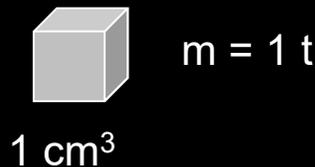
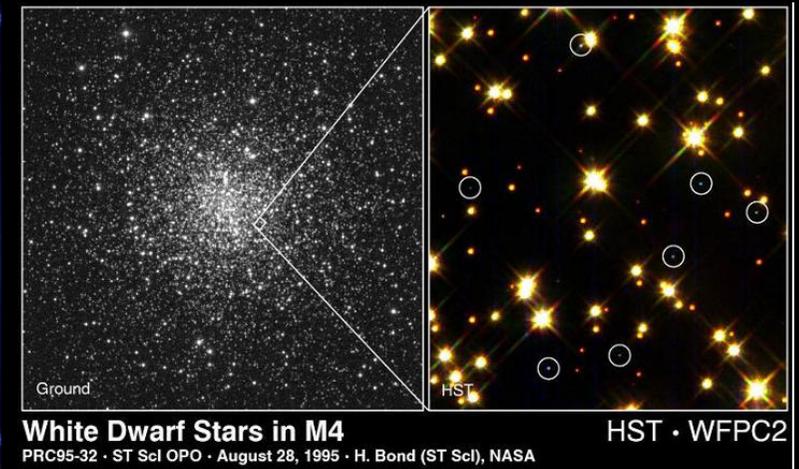
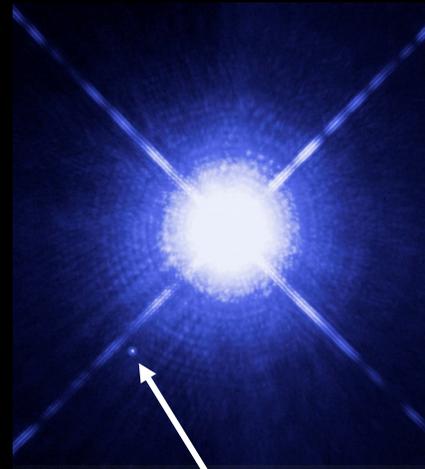
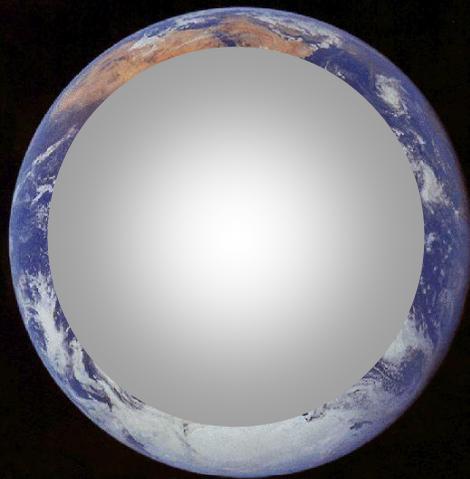


2. ENDSTADIEN DER STERNE

2.1 STERNE MIT SONNENMASSE

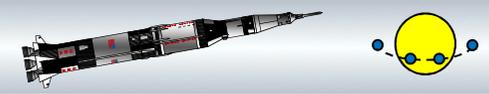
Weiße Zwerge

- Radius: ~ 5000 km (vgl. Erde 6378 km)
- Dichte: 10^6 g/cm³



Z.B. Sirius B: $R = 10\,000$ km
 Temperatur $30\,000$ K
 Masse ca. $1 M_{\text{sonne}}$
 Dichte: 2000 g/cm³ (Sonne: $1,5$ g/cm³)

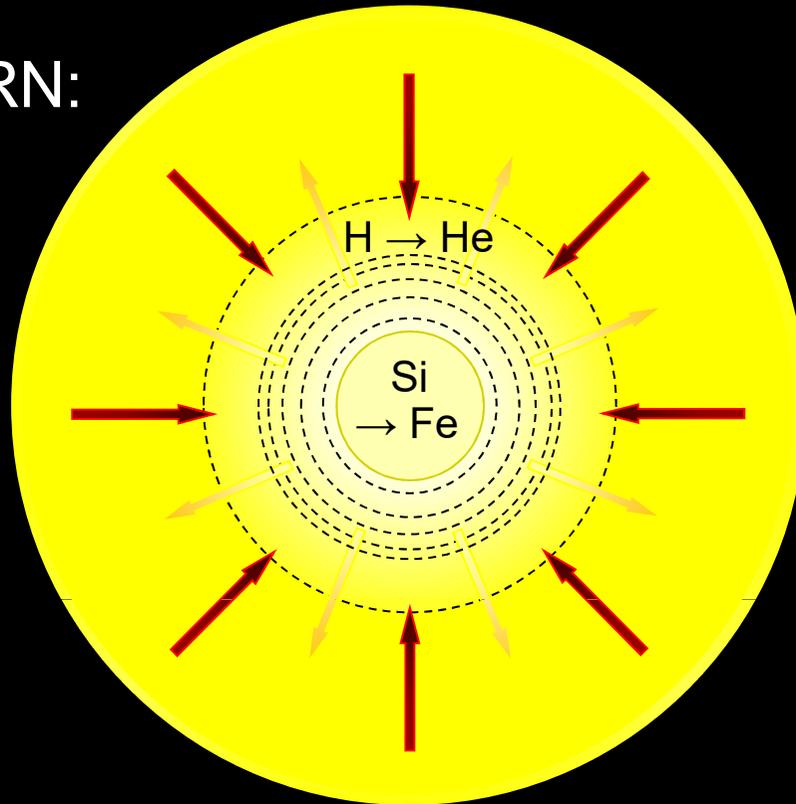
Bilder: NASA



2. ENDSTADIEN DER STERNE

2.2 STERNRESTE MIT EISENKERN UND ÜBER 1,2 SONNENMASSEN

Im
KERN:



Schalenbrennen ohne Entartung
des Kerns:

Von Außen nach Innen:

H → He

He → C, O

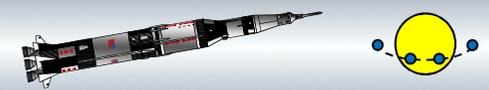
C → N, Mg

N → O, Mg

O → Si

Si → Fe

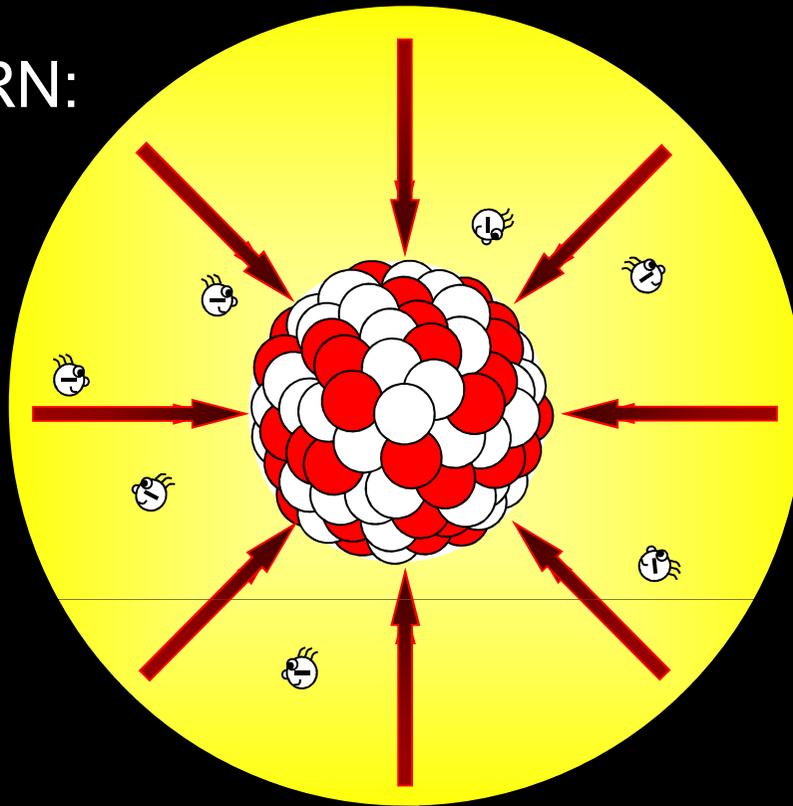
Überriese



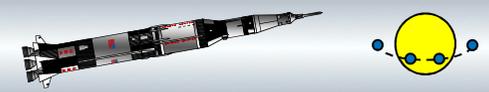
2. ENDSTADIEN DER STERNE

2.2 STERNRESTE MIT EISENKERN UND ÜBER 1,2 SONNENMASSEN

Im
KERN:



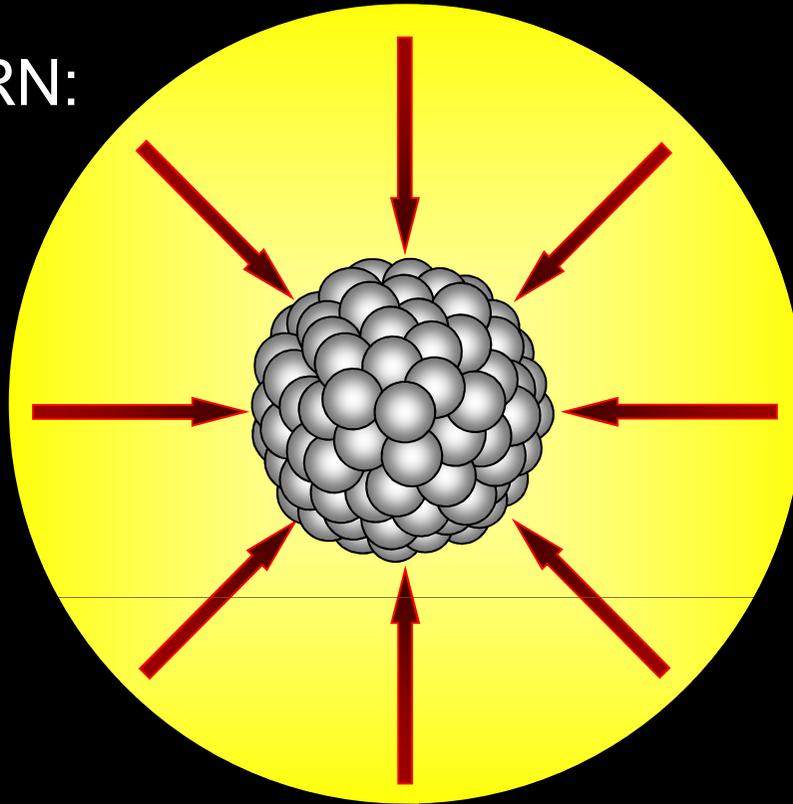
- Fusionsvorräte im Kern verbraucht
- Kern kühlt ab
- Gravitationsdruck so gewaltig, dass Elektronen im Kern in die Atomkerne gequetscht werden
- Neutronenkugel



2. ENDSTADIEN DER STERNE

2.2 STERNRESTE MIT EISENKERN UND ÜBER 1,2 SONNENMASSEN

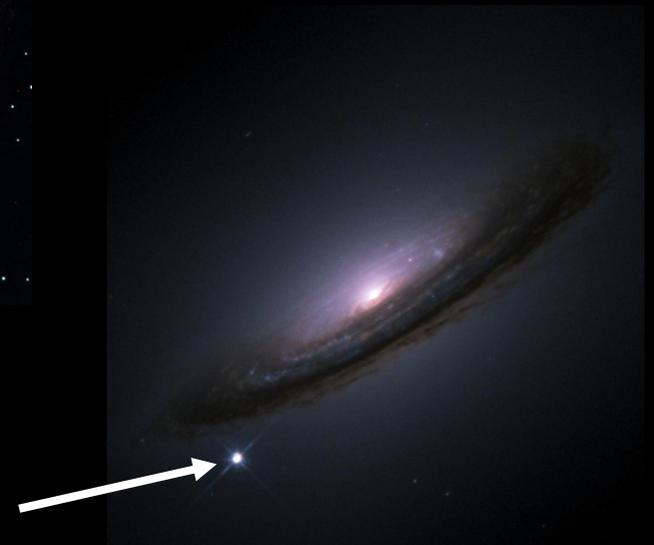
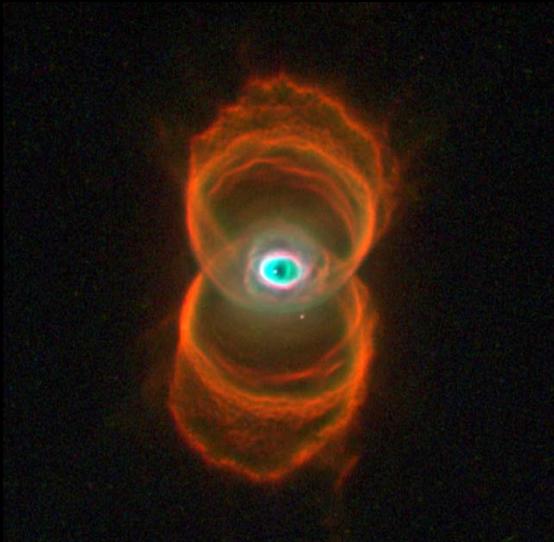
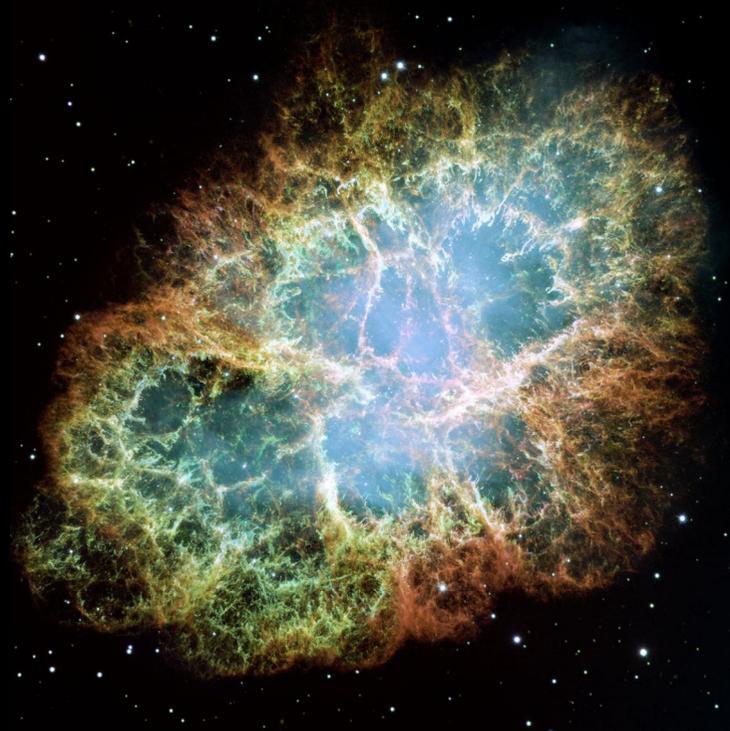
Im
KERN:



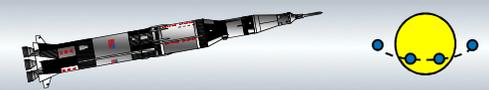
- Fusionsvorräte im Kern verbraucht
- Kern kühlt ab
- Gravitationsdruck so gewaltig, dass Elektronen im Kern auf Atomkerne gequetscht werden
- Neutronenkugel
- Riese fällt zusammen
- In äußeren Schichten entstehen in endothermen Fusionsprozessen auch Produkte größerer Ordnungszahlen als Eisen (z.B. Uran), prallen auf die neutronisierte Kugel und werden zurückgeschleudert.
- Supernova



Supernovae



Bilder: NASA/HST

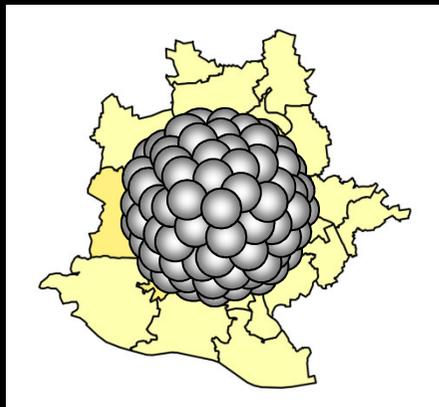


2. ENDSTADIEN DER STERNE

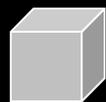
2.2 STERNRESTE MIT EISENKERN UND ÜBER 1,2 SONNENMASSEN

Neutronensterne

- Radius: ~ 10 km
- Dichte: 10^{14} g/cm³



Stuttgart



1 cm³

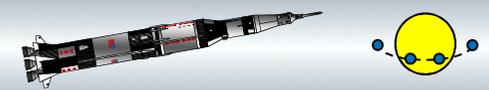
m = 100 Mio. t



Vela Pulsar (Sternbild Segel)

Bild: Wikipedia, gemeinfrei

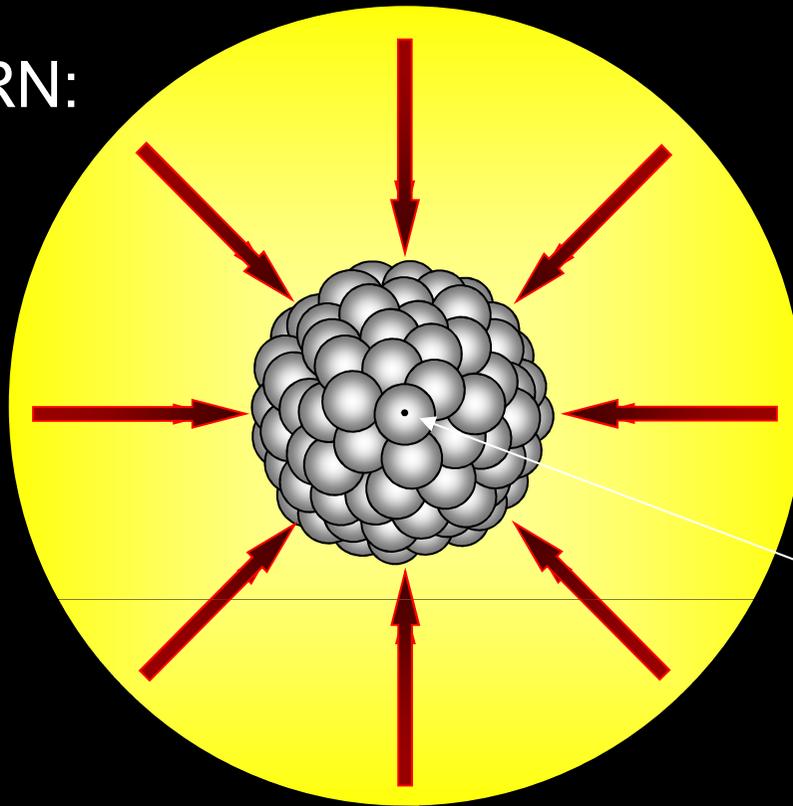
Bild: NASA



2. ENDSTADIEN DER STERNE

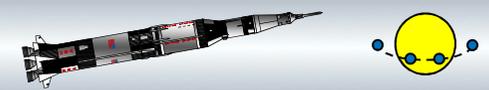
2.3 STERNRESTE MIT ÜBER 3,2 SONNENMASSEN

Im
KERN:



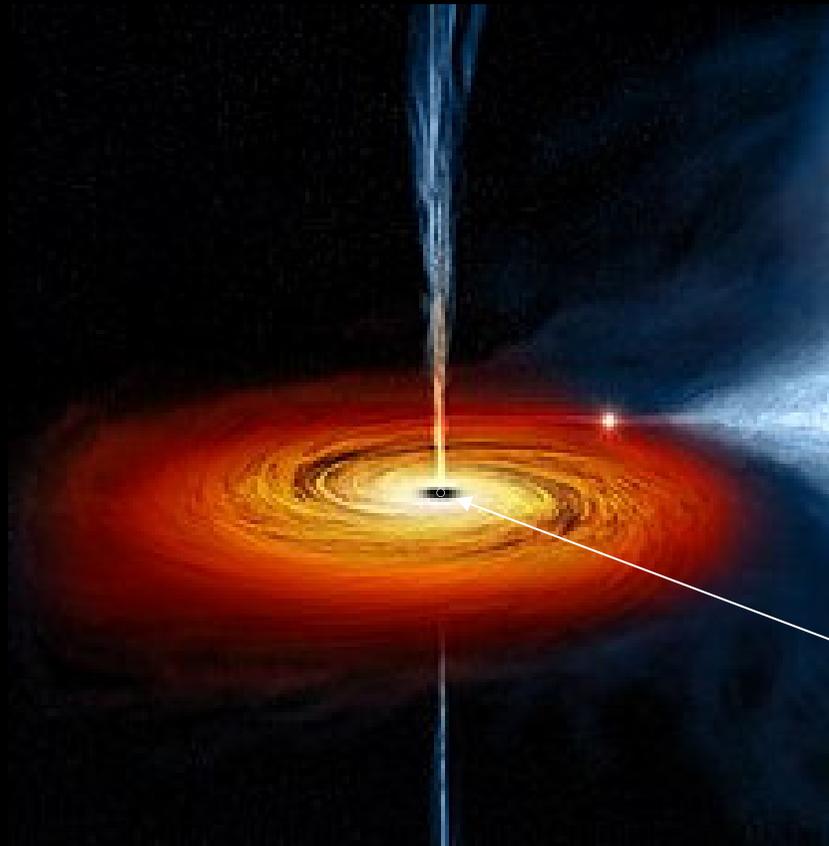
- Neutronendruck kollabiert im Gravitationsfeld
- Kontraktion geht weiter
- Gravitation so gewaltig, dass Licht nicht mehr entweichen kann.

Schwarzes Loch



2. ENDSTADIEN DER STERNE

2.3 STERNRESTE MIT ÜBER 3,2 SONNENMASSEN



Cygnus X-1:
Erster bestätigter Kandidat
für ein stellares Schwarzes
Loch
(künstlerische Darstellung)

Schwarzes Loch

Bild:
Von NASA/CXC/M.Weiss - <http://www.sun.org/images/black-hole-cygnus-x-1>,
Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27481945>

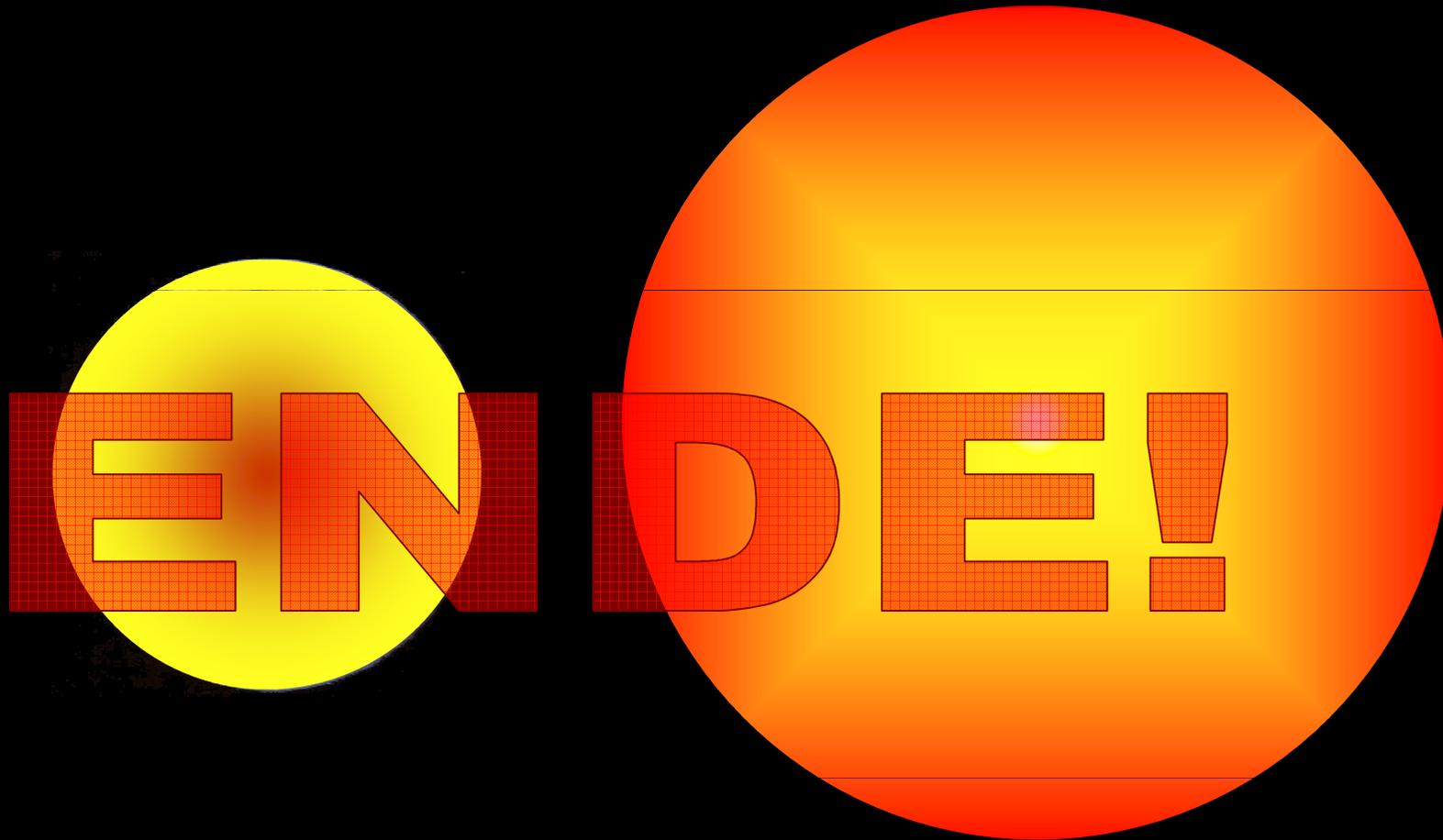


Bild: NASA