

# Sternentwicklung (8)

Die Sonne auf ihrem Entwicklungsweg zum Roten Riesen



Massearme Sterne, die den Zustand des „Heliumbrennen“ erreichen, entwickeln sich zu „Roten Riesen“

### Grundlegende Daten:

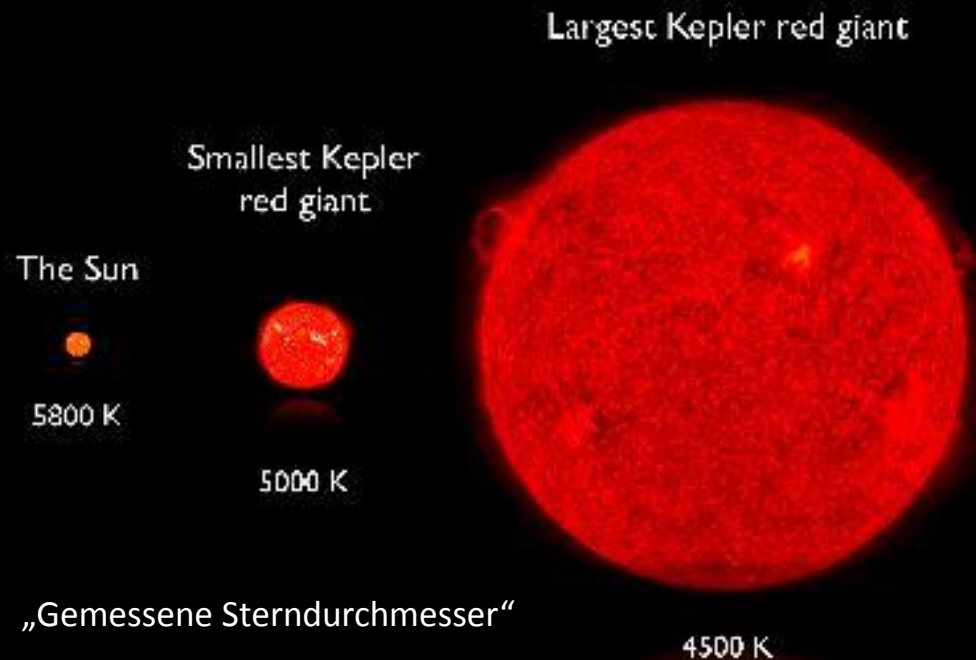
Spektraltyp: K und M → effektive Temperaturen zwischen 3300 K und 4800 K

→ Rote Riesensterne erscheinen deshalb in roter bis orangener Farbe...

Durchmesser: 10 bis 100fache des Sonnendurchmessers

Leuchtkraft: bis zum 1000fachen der Sonne

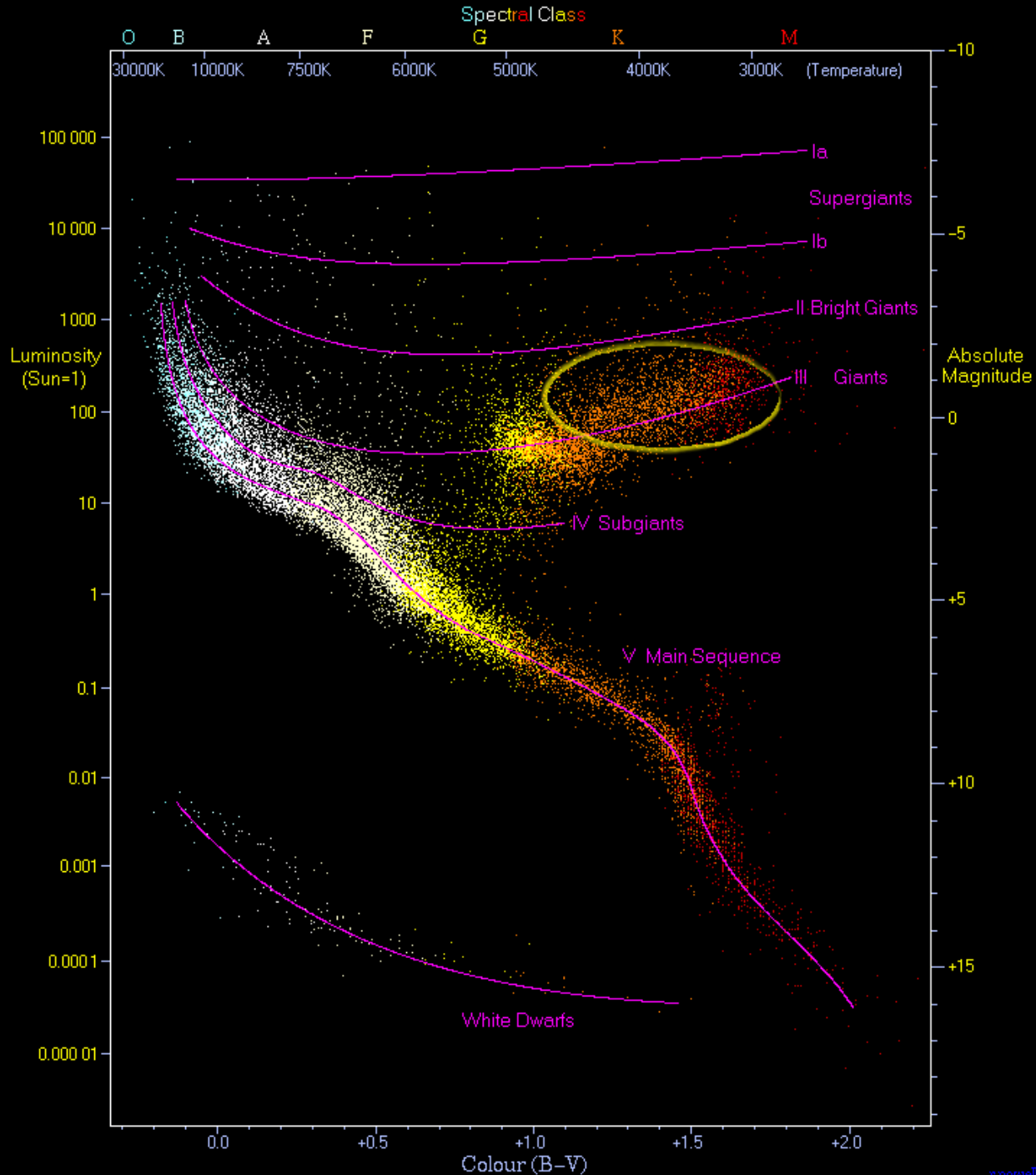
Der Energiebedarf wird durch Heliumbrennen und Wasserstoff-Schalenbrennen gedeckt.



Der Bereich der „Roten Riesen“  
ist im HRD relativ gut besetzt

- Arktur
- Aldebaran
- Pollux
- Mira

Leuchtkraftklasse III



Mit dem Einsetzen des Heliumbrennens hat die Sternhülle ihre maximale Größe bereits erreicht und beginnt wieder leicht zu schrumpfen.

Im Sternkern sammelt sich Kohlenstoff / Sauerstoff an und die heliumbrennende Schale wandert nach Außen...

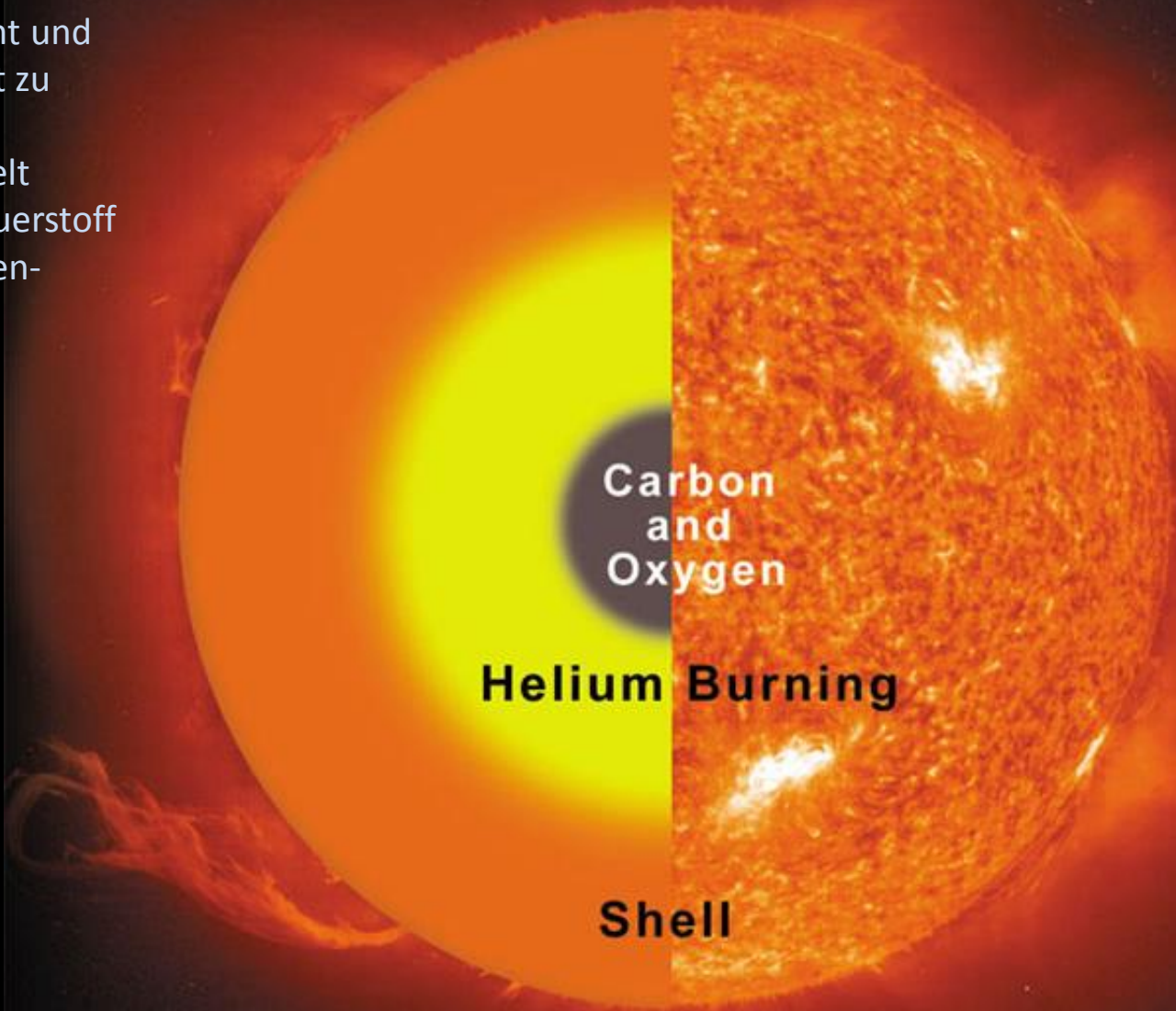
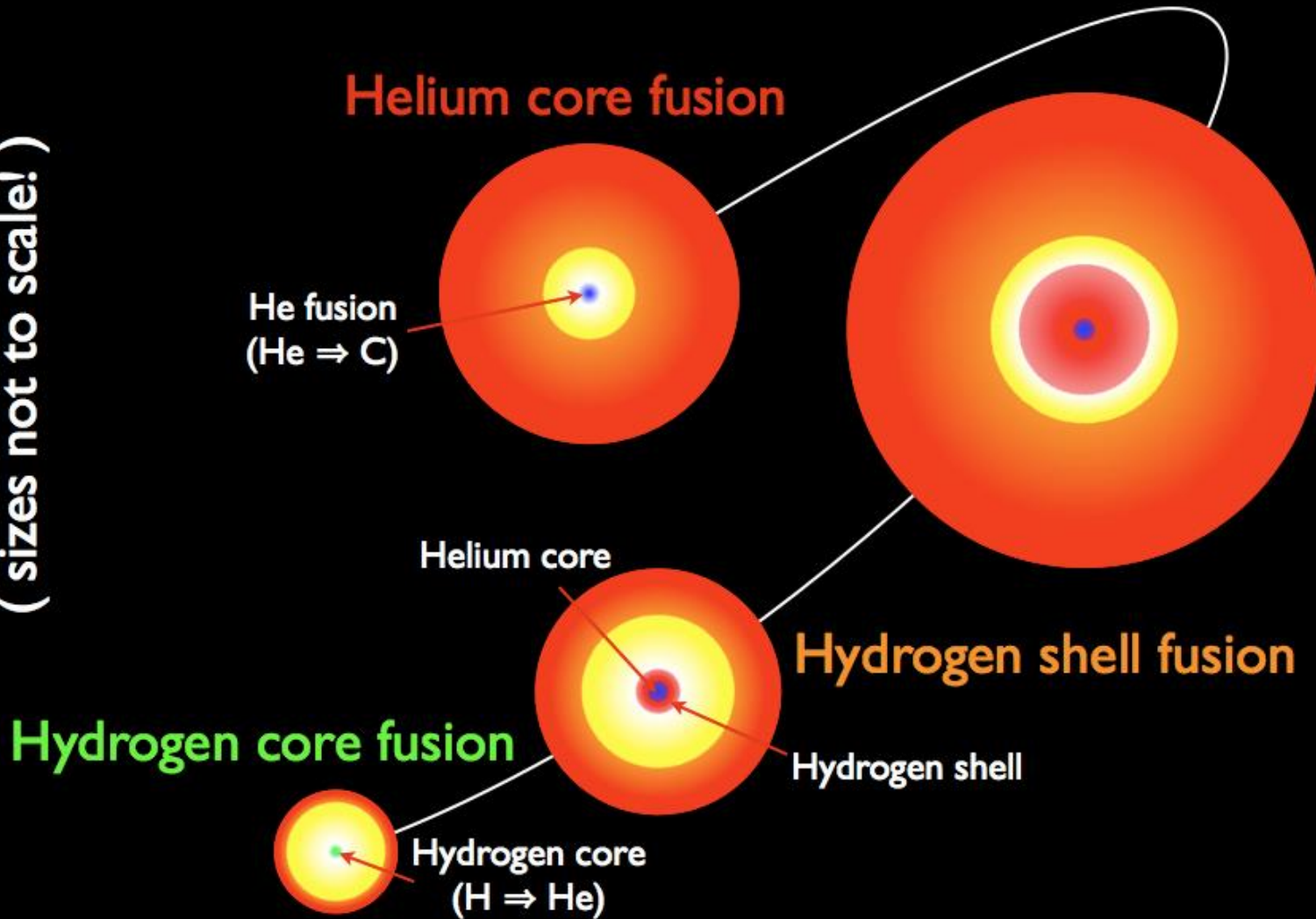


Abbildung nicht maßstabsgerecht!!



# Entwicklungsweg der Sonne zu einem Roten Riesen

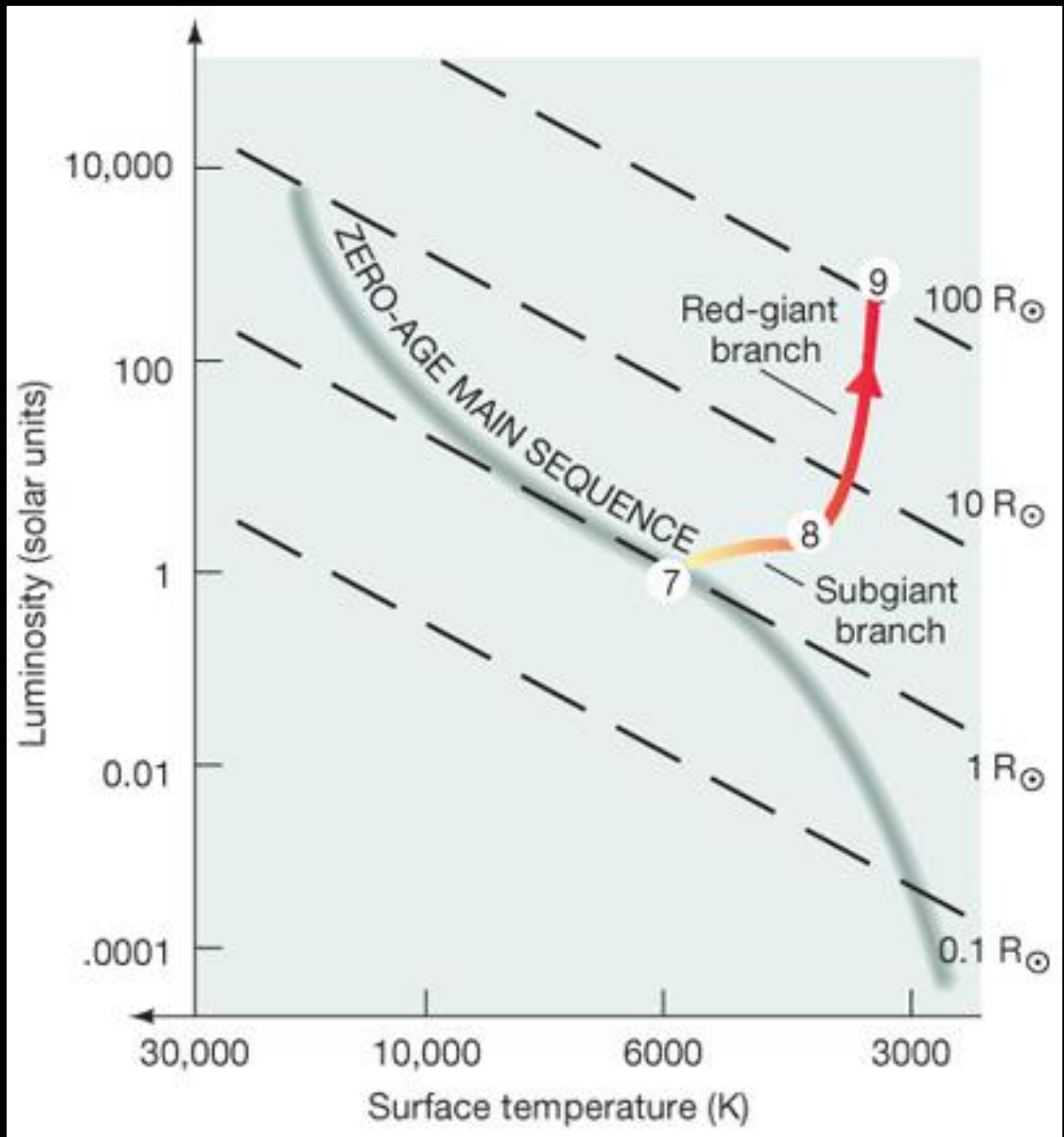
( sizes not to scale! )



Entwicklungsweg der Sonne im HRD zum Roten Riesen

Unterriesen-Stadium (subgiant)

Beispiel: Pollux



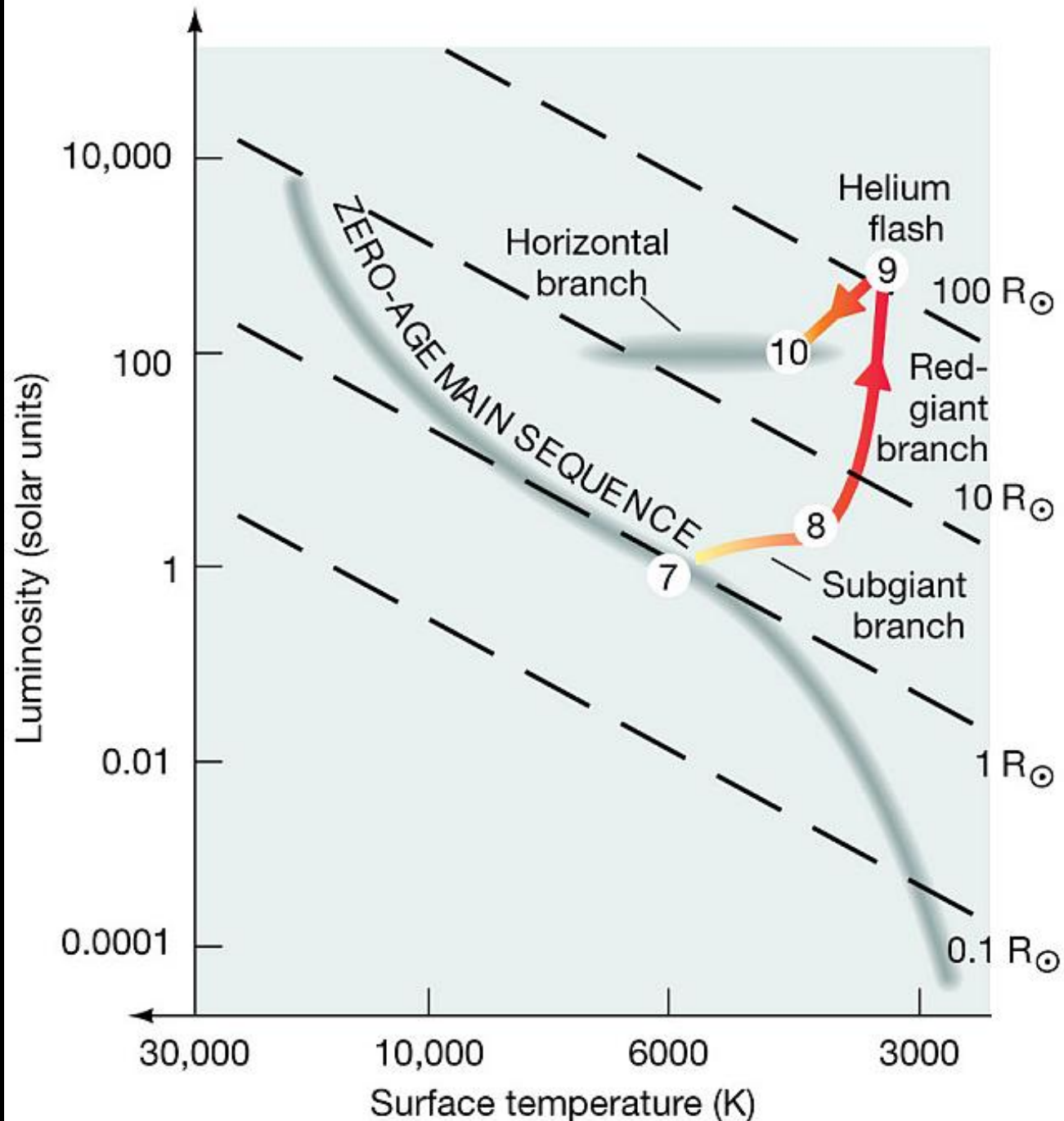
# Der „Heliumflash“

(Kernvariante)

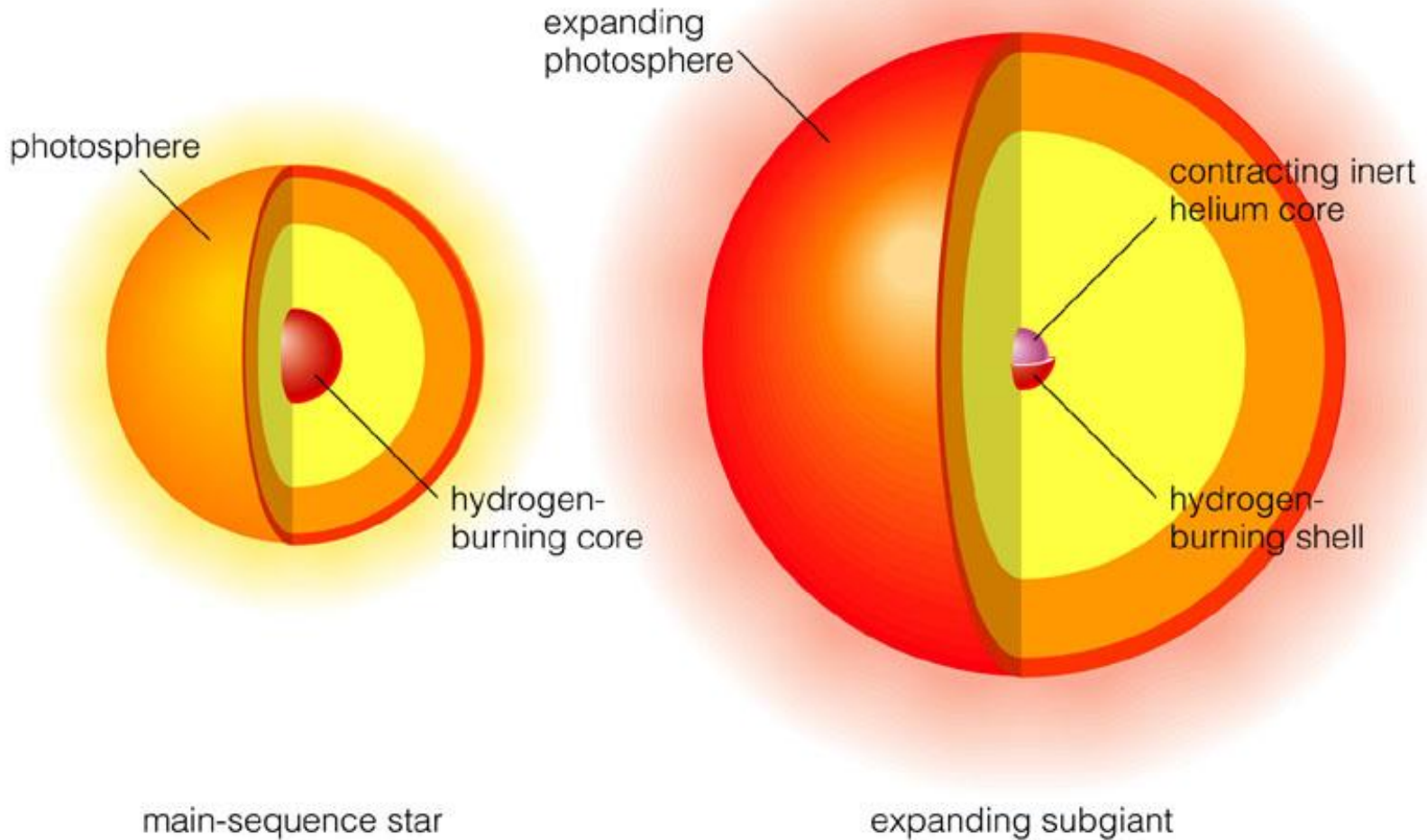
Tritt bei Sternen bis  
2,2 Sonnenmassen auf

Im Laufe des Wasserstoff-  
Schalenbrennens wird der  
zentrale Heliumkern immer  
kompakter (Temperatur-  
erhöhung) und der  
Stern muß expandieren,  
damit er den ansteigenden  
Energiestrom in den  
Kosmos ableiten kann

- Aufblähung des Sterns
- He-Kern, der vom  
Schalenbrennen  
gefüttert, immer  
massereicher wird



# Unter welchen Bedingungen zündet das Heliumbrennen?





Bei geringen Kernmassen „entartet“ der Heliumkern, d. h. der Druck ist nicht mehr temperaturabhängig!

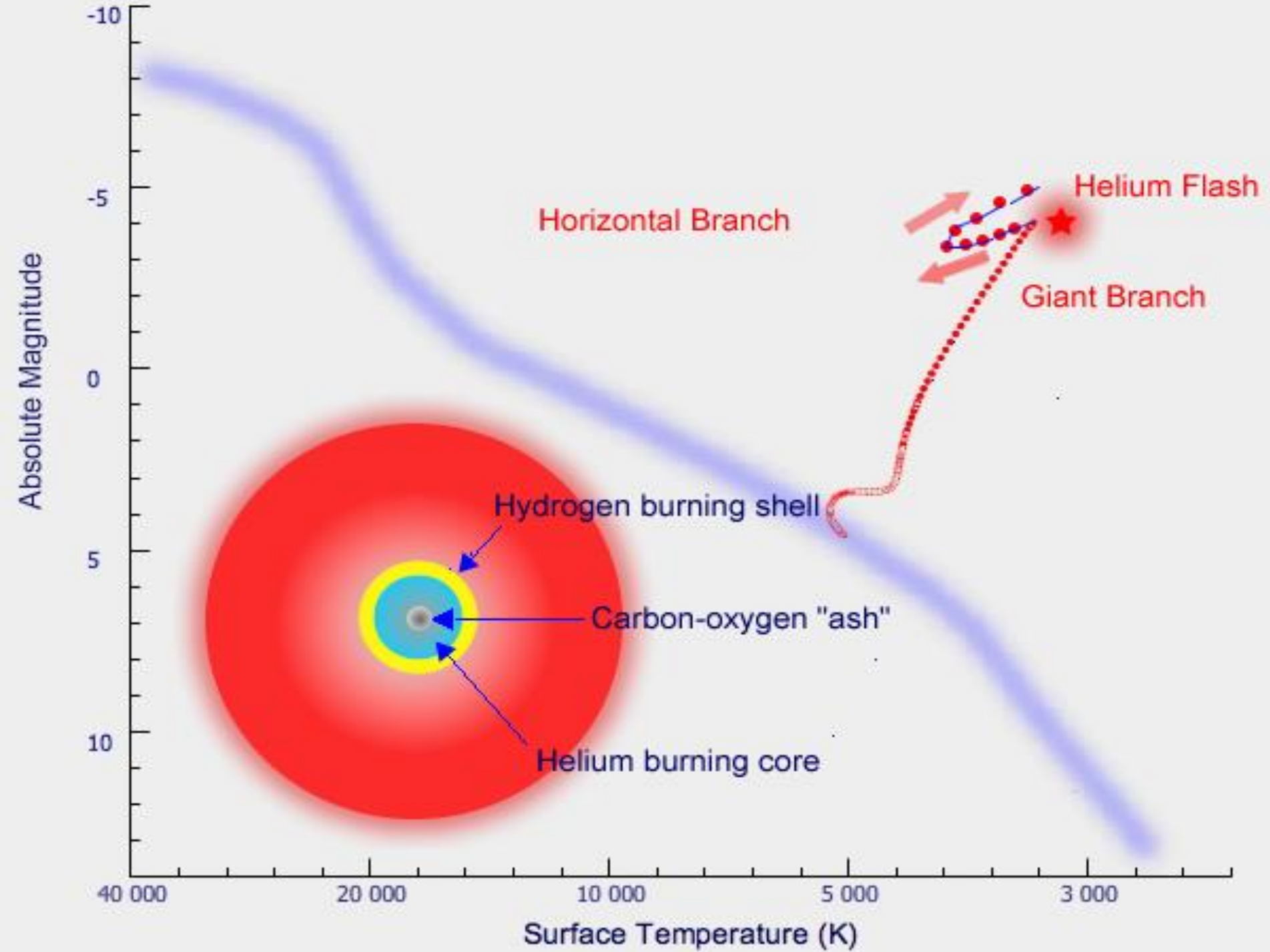
Zündmasse eines nichtentarteten He-Kerns: 35% der Sternmasse

Zündmasse eines entarteten He-Kerns: 45% der Sternmasse

→ Das Zünden des He-Brennens entwickelt sich bei einem entarteten He-Kern zur Katastrophe – dem „Helium-Flash“

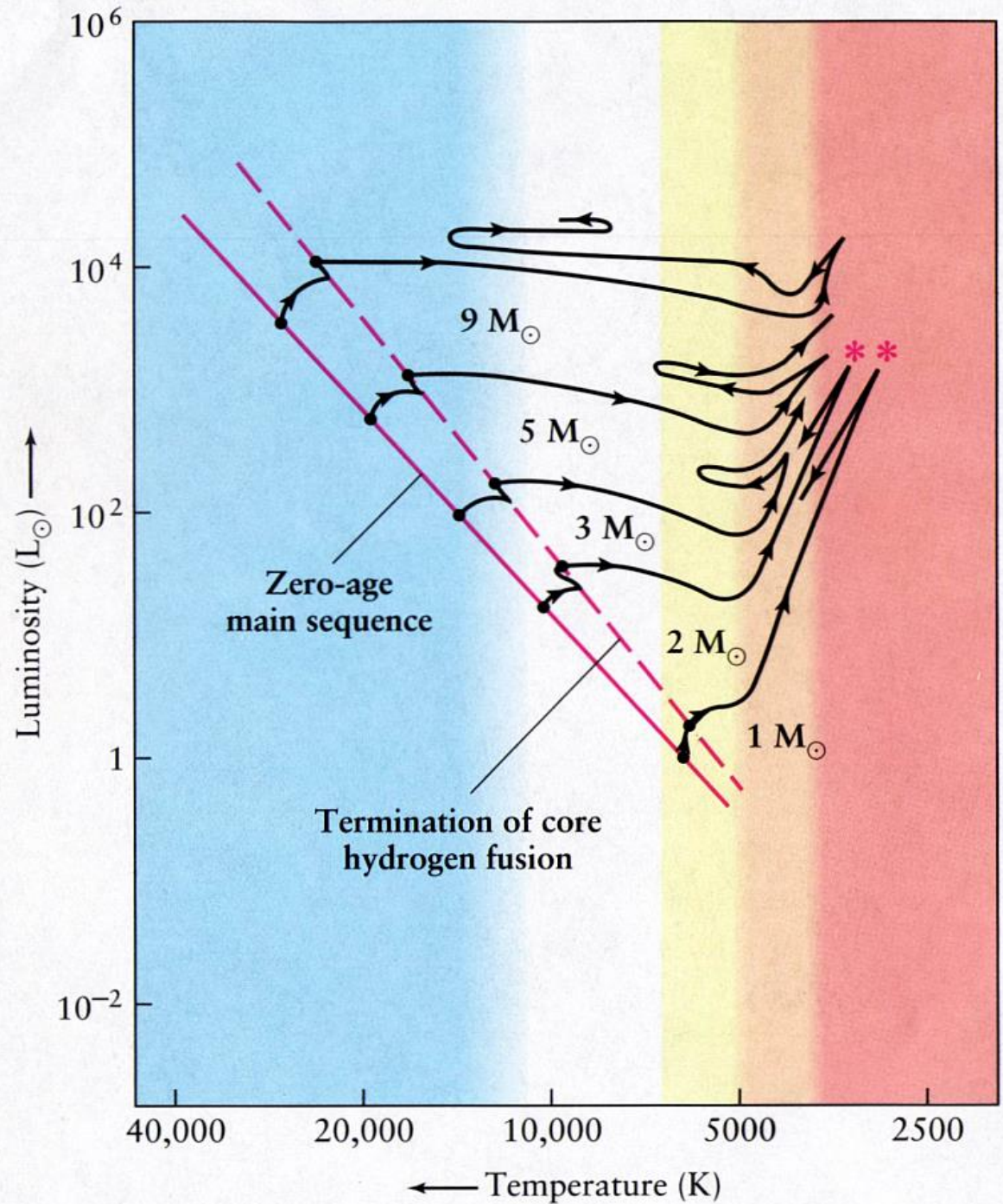
Bei einem nichtentarteten He-Kern würde die bei der He-Fusion freigesetzte Energie zu einer Temperaturerhöhung führen, die wiederum zu einer Erhöhung des Gasdrucks und damit verbunden zu einer Expansion der Sternkerns führen – die Energieerzeugung würde quasi moderiert.

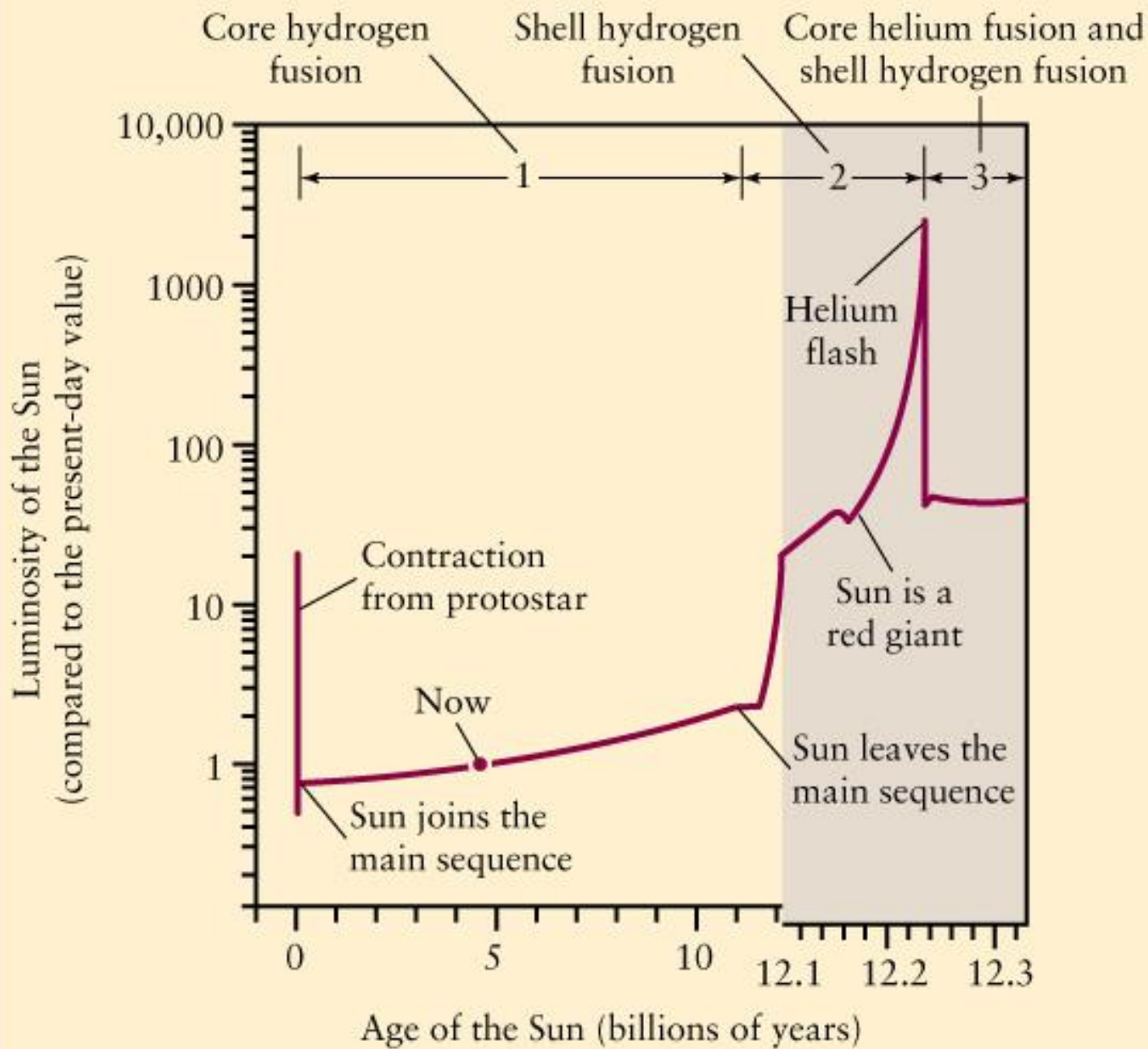
In entarteter Materie läßt sich der Temperaturanstieg aber nicht drosseln, was wegen der  $T^{30}$  – Abhängigkeit der Energiefreisetzungsrates quasi zu einer Explosion führt. Der Temperaturanstieg findet solange statt, bis die Kernentartung aufgehoben ist. Innerhalb weniger Sekunden erreicht die Leuchtkraft bis zu 100 Milliarden Sonnenleuchtkräfte, ohne dass das von „außen“ auffällt, denn die Energie wird in der ausgedehnten Hülle des Unterzwerges absorbiert. Das Flash-Stadium dauert einige Stunden an.



Nur Sterne bis zu einer Masse von  $\sim 2,2$  Sonnenmassen erleiden einen Helium-Flash.

Massereichere Sterne zünden „moderiert“ und damit relativ gemächlich das Helium-Brennen.







Die Sonne wird zu einem Weißen Zwerg ...

