

3.5.5 Sternentstehung und -entwicklung

Astronomie – mal rein praktisch genommen



Energiefreisetzung in Sternen durch Kernfusion

- ◆ Problem 1: Energieerzeugung muss irgendwann begonnen haben
→ Wie entstehen Sterne?
- ◆ Problem 2: Irgendwann ist der Kernbrennstoff verbraucht
→ Wie entwickeln sich Sterne bis zum Erlöschen?

Woraus entstehen Sterne?

| Interstellare Materie | | | |
|--|---|--|---|
| 99 % Gas (vorwiegend Wasserstoff und Helium) | | 1 % Staub (vorwiegend Kohlenstoff, Silikate, Eis) | |
| sichtbar | unsichtbar | sichtbar | unsichtbar |
| als neblige Wolke, durch einen benachbarten heißen Stern zum Leuchten angeregt | aber durch Radiowellen, die das Gas aussendet, dennoch sichtbar | als neblige Wolke, wenn ein benachbarter Stern die Staubwolke anleuchtet | aber als Dunkelwolke, die andere Sterne verdeckt, dennoch nachweisbar |

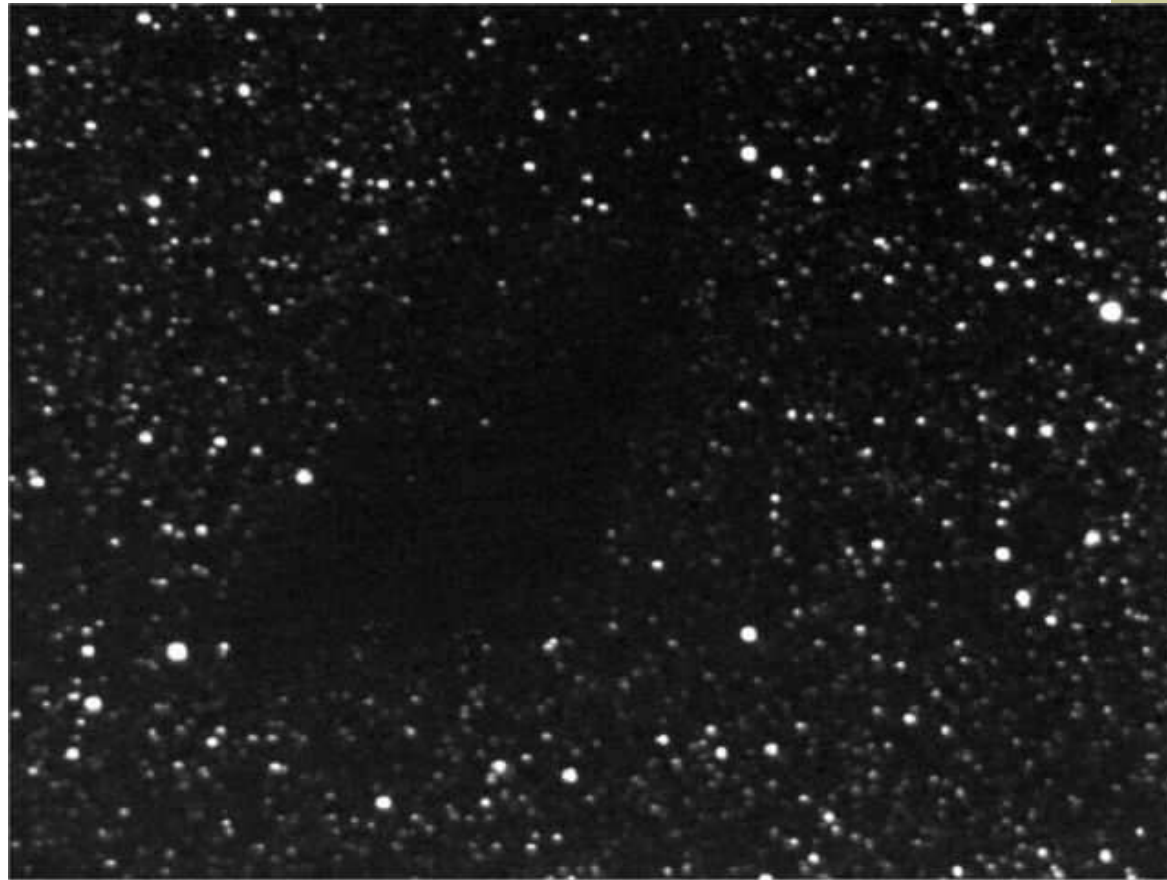
Emmissionsnebel



Reflexionsnebel



Dunkelwolke - Schildwolke



Dunkelwolke - Pferdekopfnebel

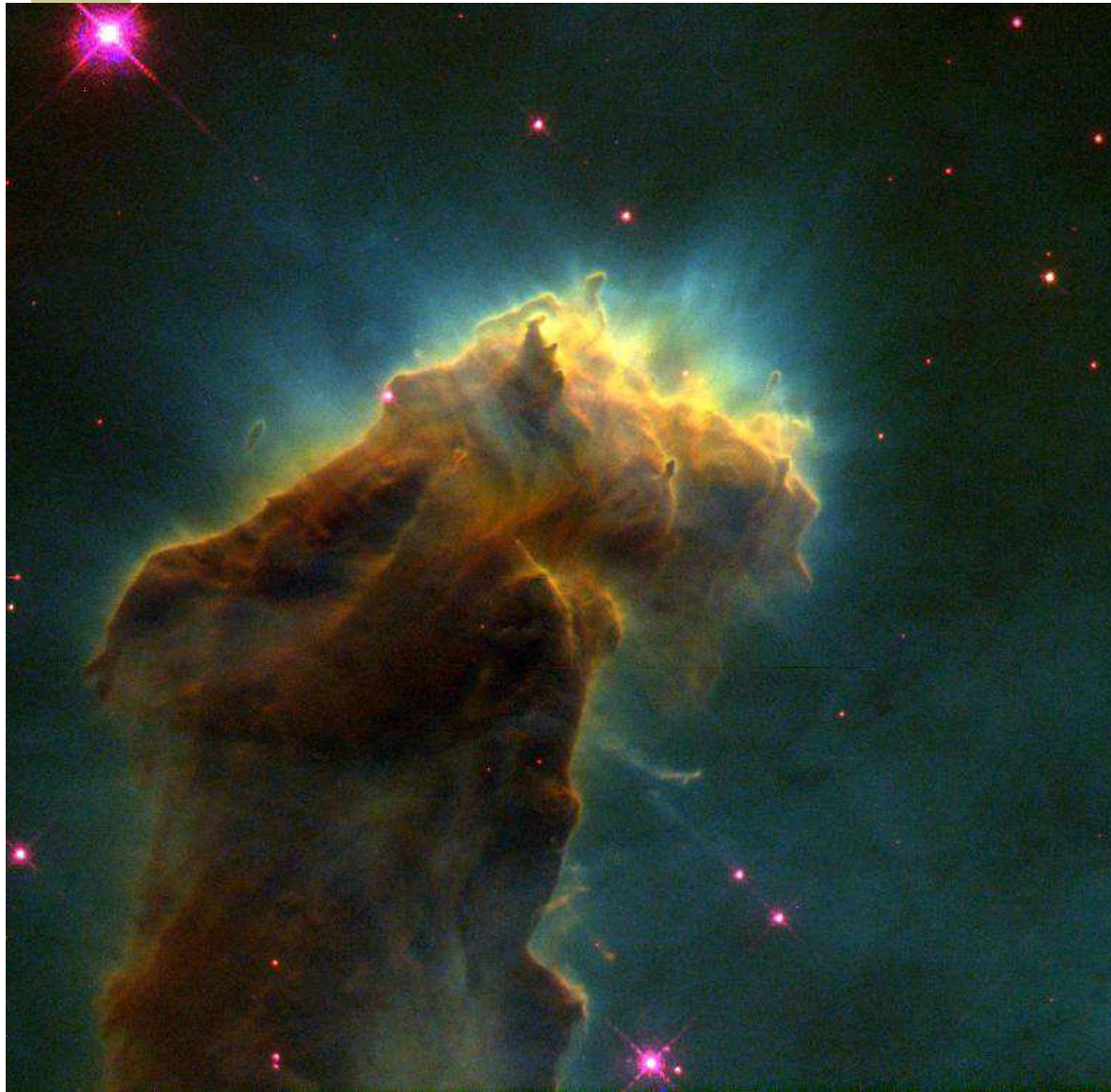


Wie entstehen Sterne?

- ◆ Sterne entstehen aus kühlen interstellaren Gas- und Staubwolken
- ◆ Schema für die Sternbildung: Kontraktion → Verdichtung → Aufheizung → Zünden der Kernfusion (dieser Vorgang dauert bei einem sonnenähnlichen Stern ca. 60 Mio Jahre)
- ◆ Beim Zünden der Kernfusion kommt die Kontraktion zum Stillstand

Aufgaben

- ◆ Was unterscheidet eine kugelförmige interstellare Wolke von einem Stern?
 - Im Stern findet Kernfusion und damit Energiefreisetzung statt, in der Wolke nicht.
- ◆ Warum kann die Kernfusion nicht bereits am Beginn der Kontraktion einer interstellaren Wolke einsetzen?
 - Weil die Bedingungen (hoher Druck und Temperatur) noch nicht erfüllt sind.



Der Adlernebel: „Kinderstube“ der Sternentstehung

Sternentwicklung

- ◆ Die Kernfusion verbraucht Wasserstoff. Dieser ist in den Sternen jedoch nicht unbegrenzt verfügbar.
- ◆ Im Verlaufe des Hauptreihenstadiums ändert sich durch die Kernfusion zunehmend die chemische Zusammensetzung des Sterns.
→ Ursache der Sternentwicklung

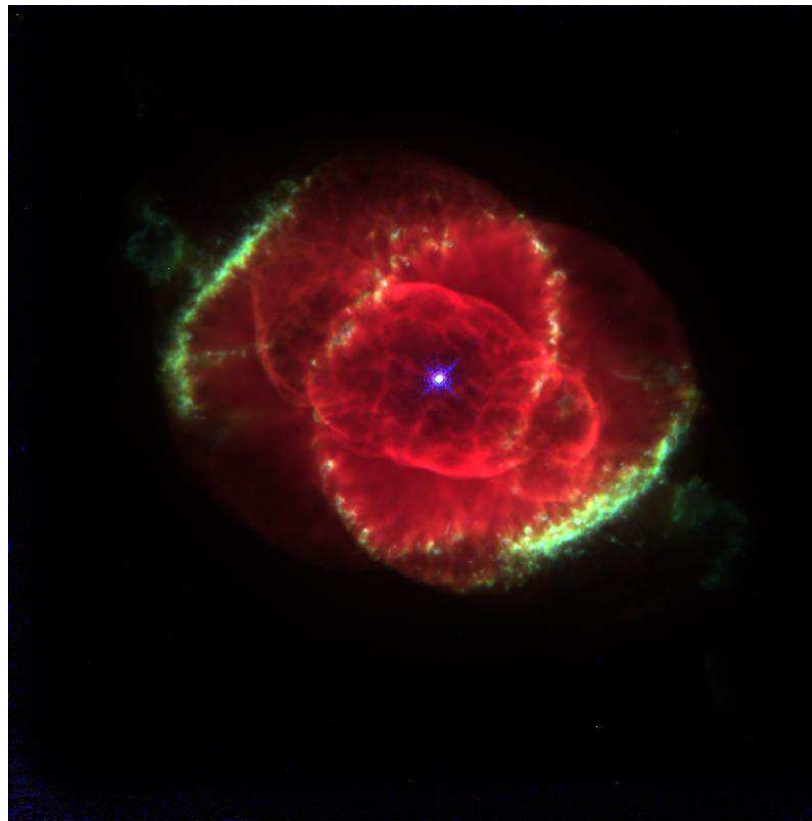
Das Hauptreihenstadium

- ◆ Lesen Sie im LB S. 51 f. das Kapitel „Entwicklung der Sterne“ und machen Sie sich zu folgenden Aufgaben Notizen!
 - Wodurch ist das Hauptreihenstadium eines Sterns gekennzeichnet?
 - Erläutern Sie den Unterschied im Hauptreihenstadium zwischen massearmen und massereichen Sternen!
 - Erläutern Sie den Übergang vom Hauptreihen- zum so genannten Riesenstadium!

Das Riesenstadium

- ◆ Das Hauptreihenstadium der Sonne dauert ca. 10 Mrd. Jahre. Danach dehnt sich die Sonne bis auf etwa den Durchmesser der Venusbahn aus.
→ Welche Konsequenzen hat das für die Ökosphäre?
- ◆ Das Riesenstadium der Sonne dauert etwa 3 Mrd. Jahre.
- ◆ Abströmen von Gas und Staub → „Planetarische Nebel“

Ein planetarischer Nebel



Endstadien der Sternentwicklung

- ◆ Stabilitätsbedingung für Sterne:
Wechselwirkung von Gravitationskraft und Gas- und Strahlungsdruckkraft
- ◆ Was passiert, wenn die nach außen wirkenden Kräfte wegen des Erlöschens der Kernfusionsprozesse geringer werden?



Weißer Zwerge

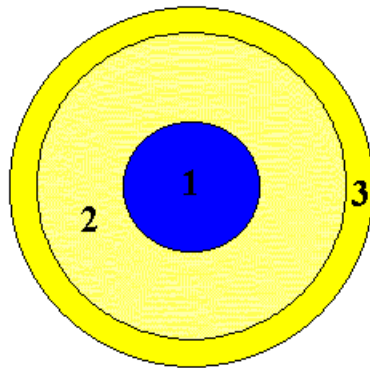
- ◆ Sterne besitzen keine Kernfusionsenergiequellen mehr und können sich wegen ihrer großen Dichte auch nicht weiter zusammenziehen. Sie kühlen langsam aus.
- ◆ Abgestoßene Hüllen sind als „Planetarische Nebel“ zu beobachten.

Nova / Supernova

- ◆ Massereichere Sterne stoßen ihre äußere Hülle explosionsartig ab.
→ Supernovaausbruch
- ◆ Was bleibt übrig?
 - Neutronenstern oder
 - Schwarzes Loch

Neutronenstern

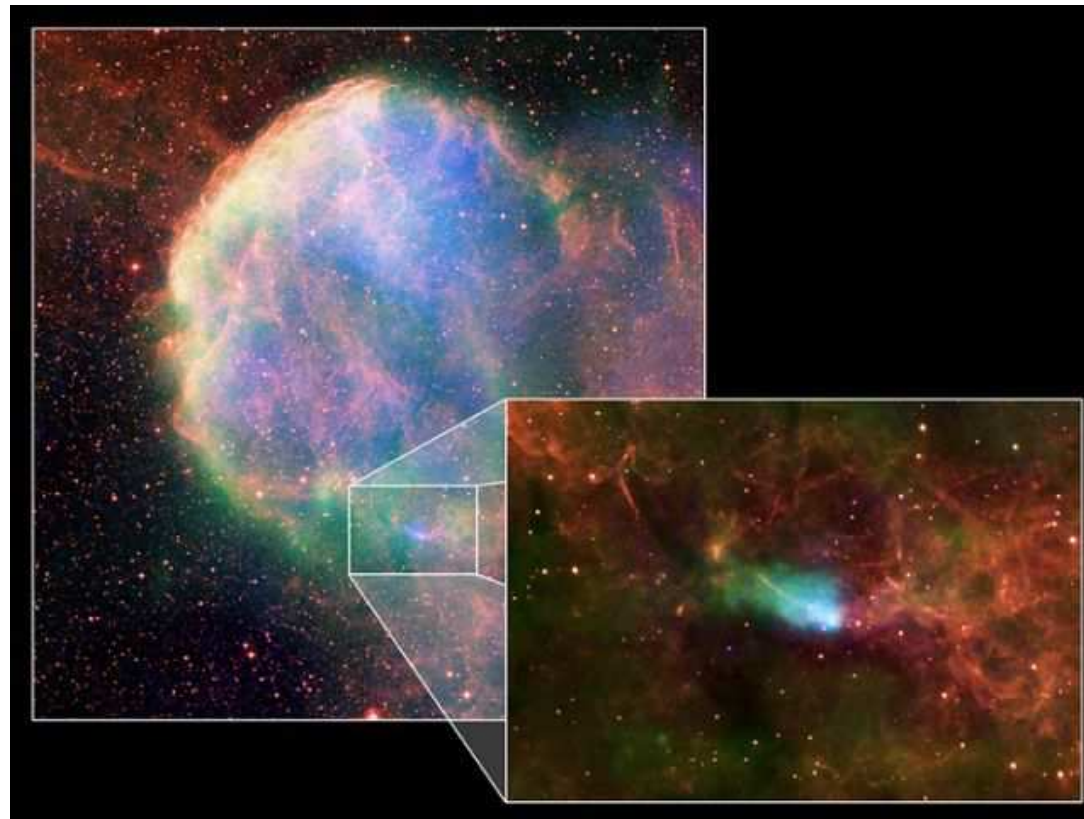
Aufbau eines Neutronensterns



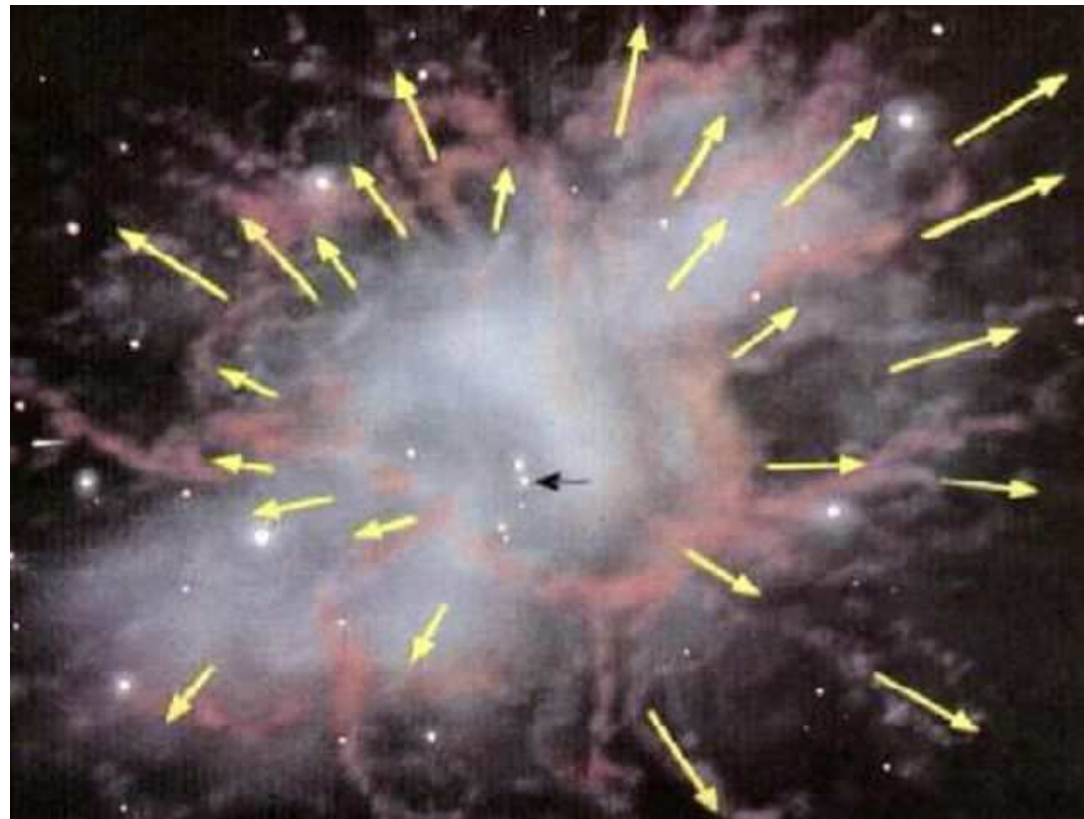
1. Quarkmaterie (Dichte $1,3 \cdot 10^9 \text{ t/cm}^3$)
2. Neutronenflüssigkeit (Dichte $3 \cdot 10^8 \text{ t/cm}^3$)
3. Kruste (Dichte $4,3 \cdot 10^5 \text{ t/cm}^3$)

- Durchmesser ca. 10 km
- Masse $\sim 1,5 M_{\odot}$
- Extrem schnelle Rotation

Supernovaüberrest - Neutronenstern



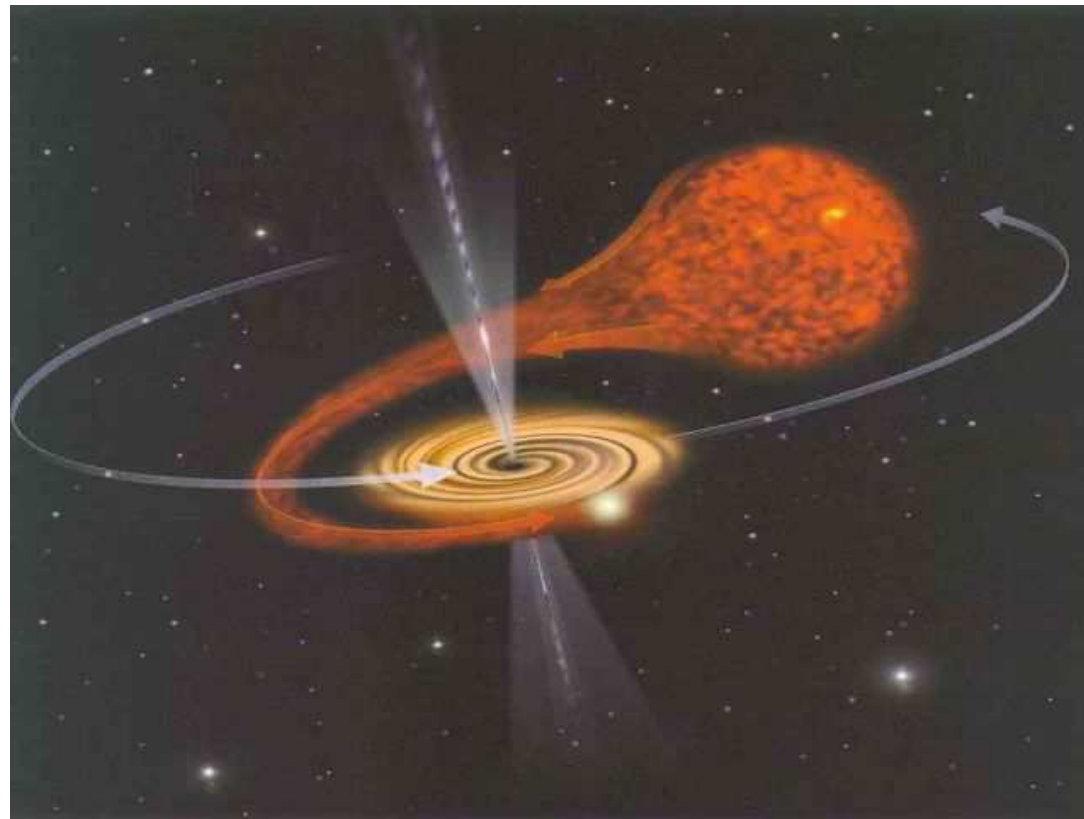
Supernovaüberrest - Neutronenstern



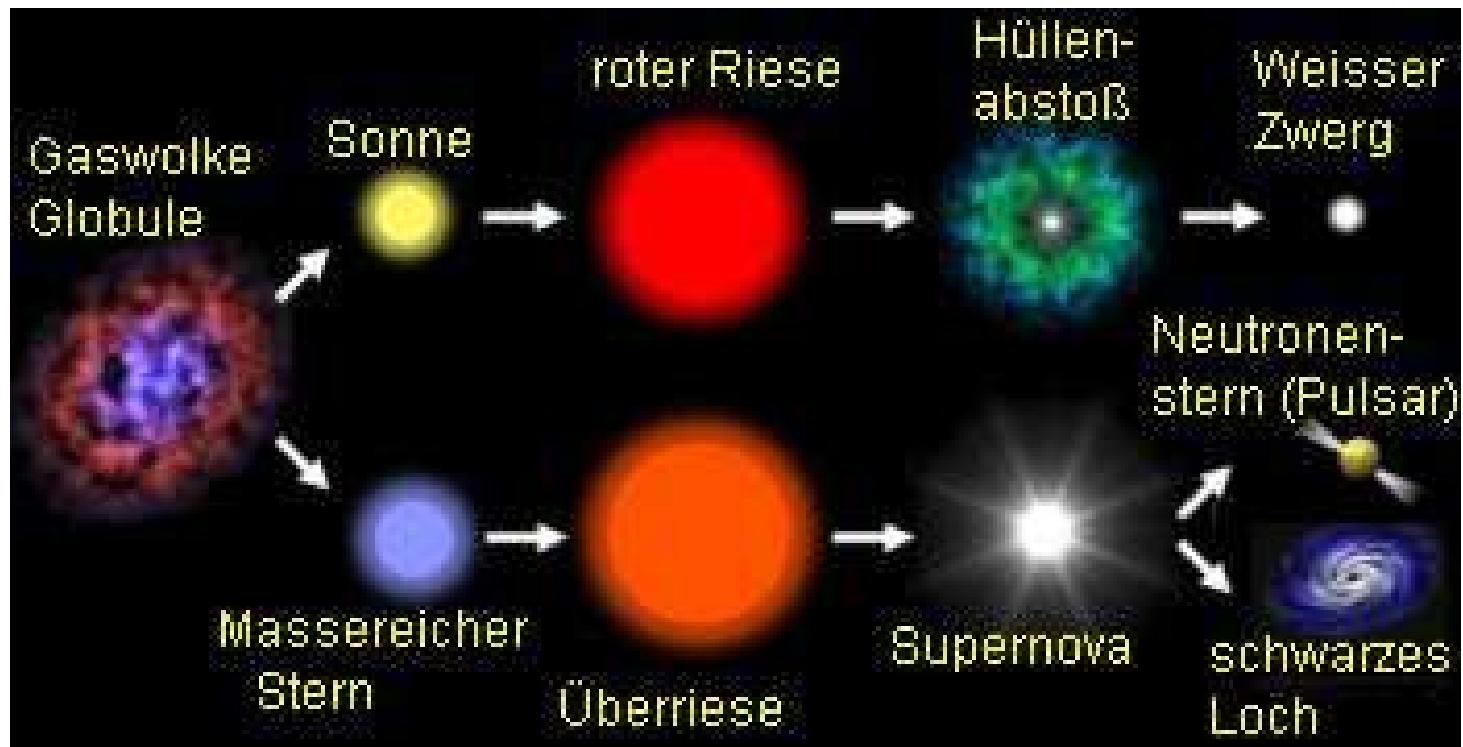
Schwarzes Loch

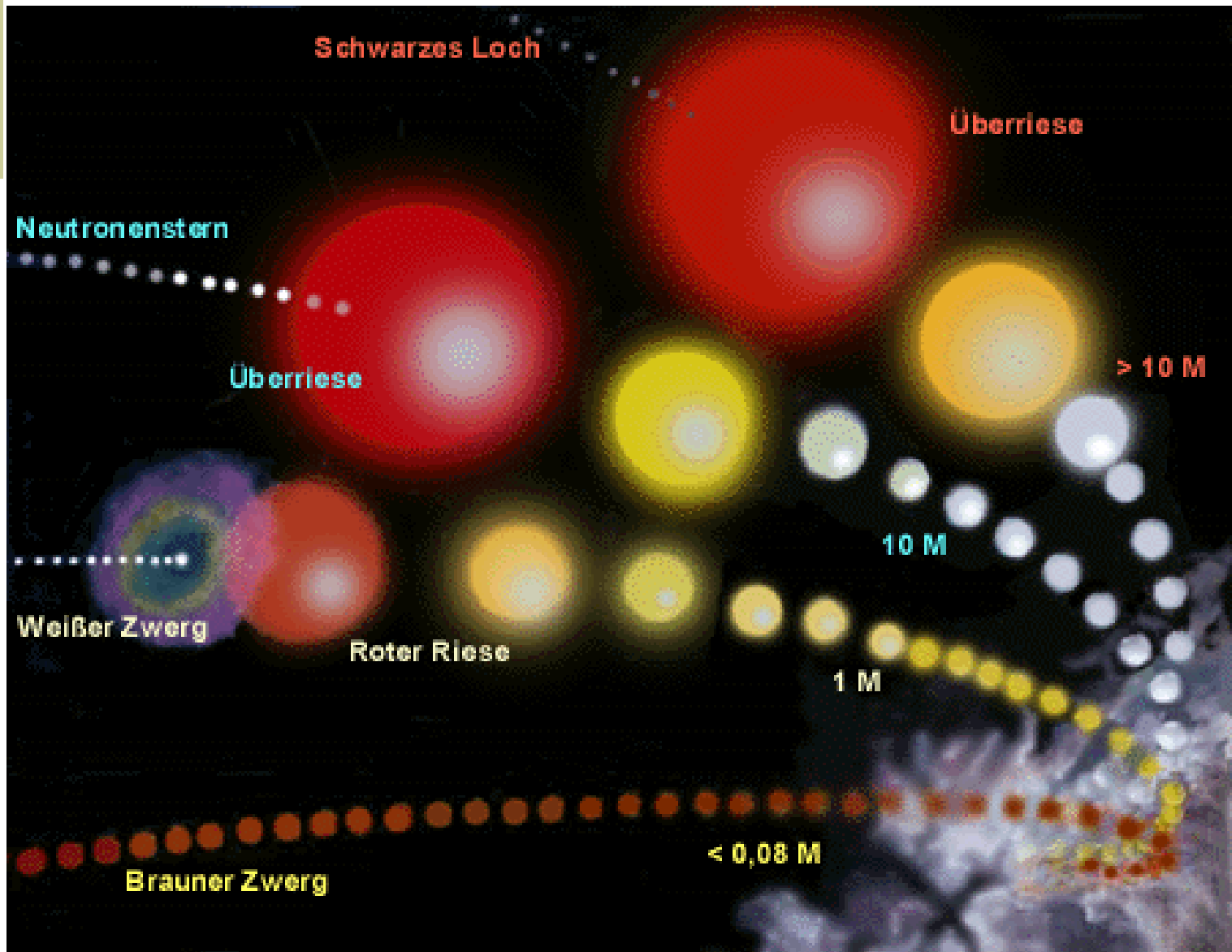
- ◆ Übersteigt die Restmasse des Supernova-Reststerns 2,7 Sonnenmassen, entsteht ein Schwarzes Loch.
- ◆ Die Gravitationskraft ist so stark, dass keine Materie oder Strahlung (also auch kein Licht!) das Schwarze Loch verlassen kann.

Schwarzes Loch



Zusammenfassung: Sternentwicklung



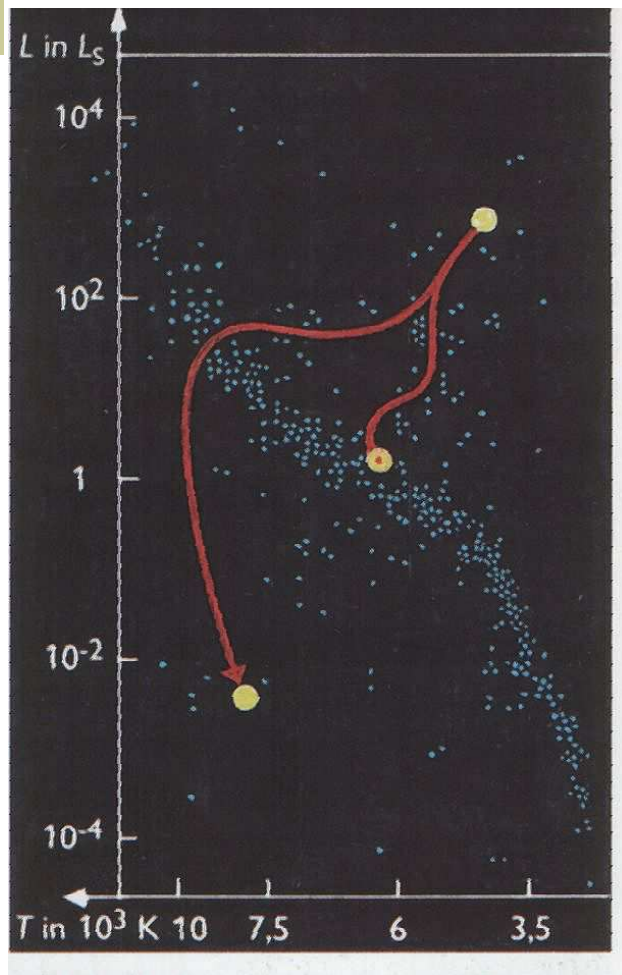


Aufgabe zur Sternentwicklung

- ◆ Das „Leben“ eines Sterns lässt sich ähnlich gliedern wie das Leben eines Menschen. Setzen Sie in die freien Felder der Tabelle die entsprechenden Entwicklungsstadien des Sterns ein!

| | |
|--------------------------|--|
| Kindheit / Jugendzeit | |
| Berufsleben | |
| Aktive Senioren | |
| Lebensende im Pflegeheim | |

Die Sternentwicklung im HRD



Die Entwicklung eines Sterns mit einer Sonnenmasse, dargestellt im Hertzsprung-Russell-Diagramm.