



# Sterne, Doppelsterne und Be-Sterne

[Astrotreff.de](http://Astrotreff.de)

[m.teachastronomy.com](http://m.teachastronomy.com)



[Fh-kiel.de](http://Fh-kiel.de)



[Tagesspiegel.de](http://Tagesspiegel.de)

Von Christian Lipgens Fernandez

# Inhaltsverzeichnis

- Entstehung von Sternen
- Herzprung-Russel-Diagramm
- Tod der Sterne
- Doppelsterne
- B-Sterne
- Be-Sterne
- SS-433
- Quellen

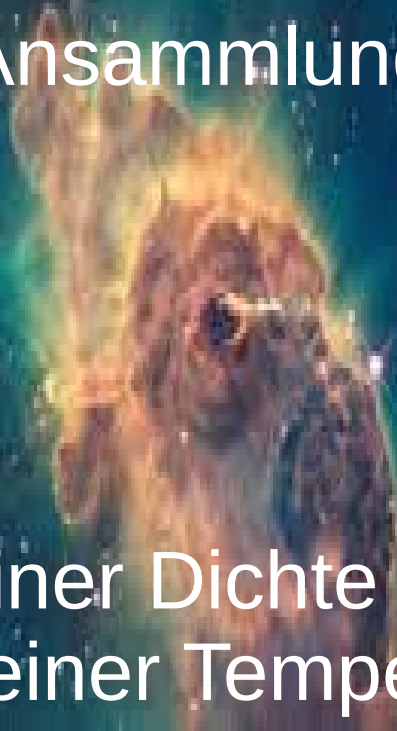
# Entstehung von Sternen

- Staub wird von z.B. Supernovaexplosionswellen verdichtet und zu einer Materieansammlung.
- Die Ansammlung dreht sich und wird zum Protostern

Spiegel.de

- Ab einer Dichte von 10 Milliarden Molekülen pro  $\text{cm}^3$  und einer Temperatur von 10 Millionen Kelvin beginnt der eigentliche Fusionsprozess

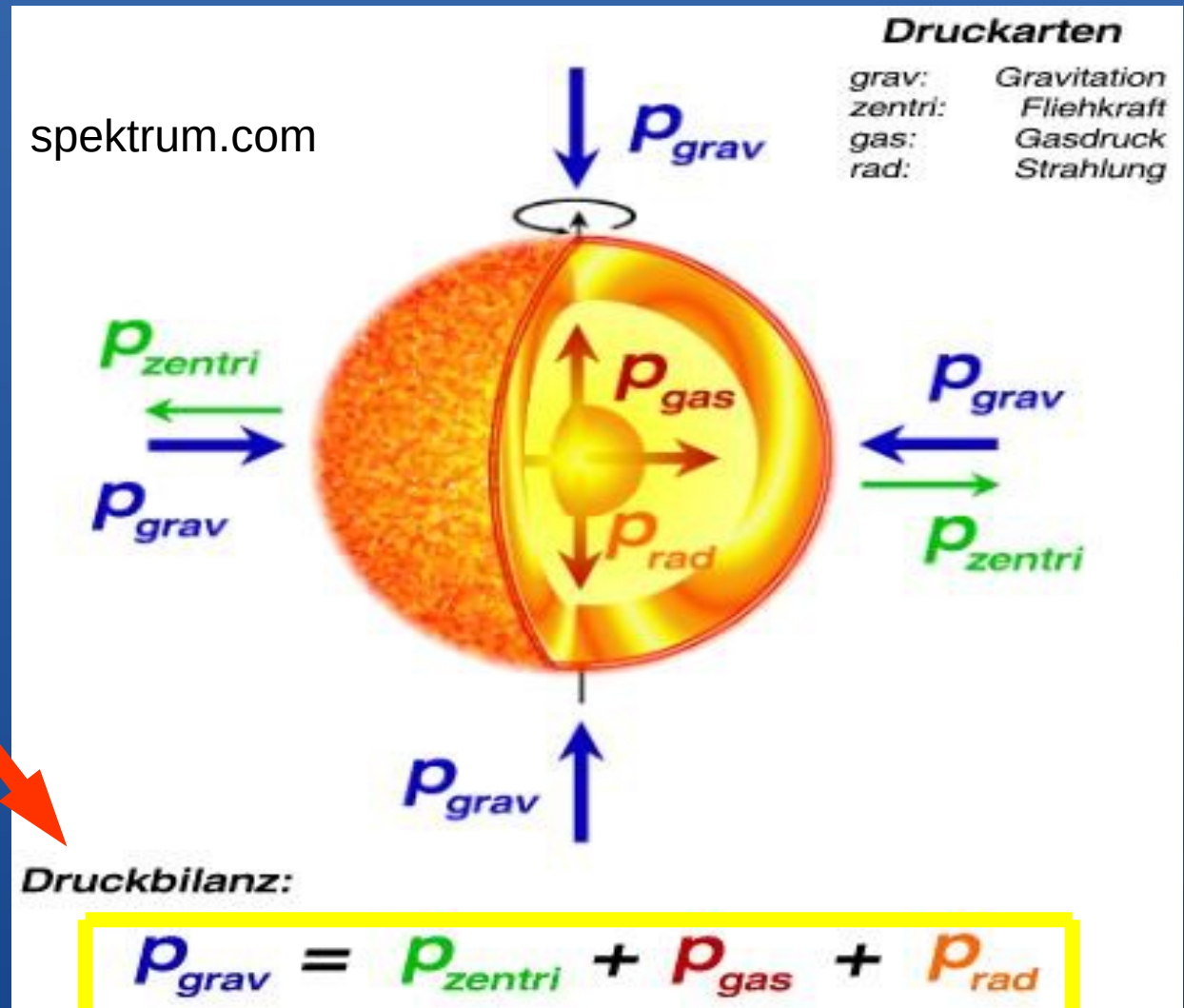
Weltderphysik.de



# Kernfusion

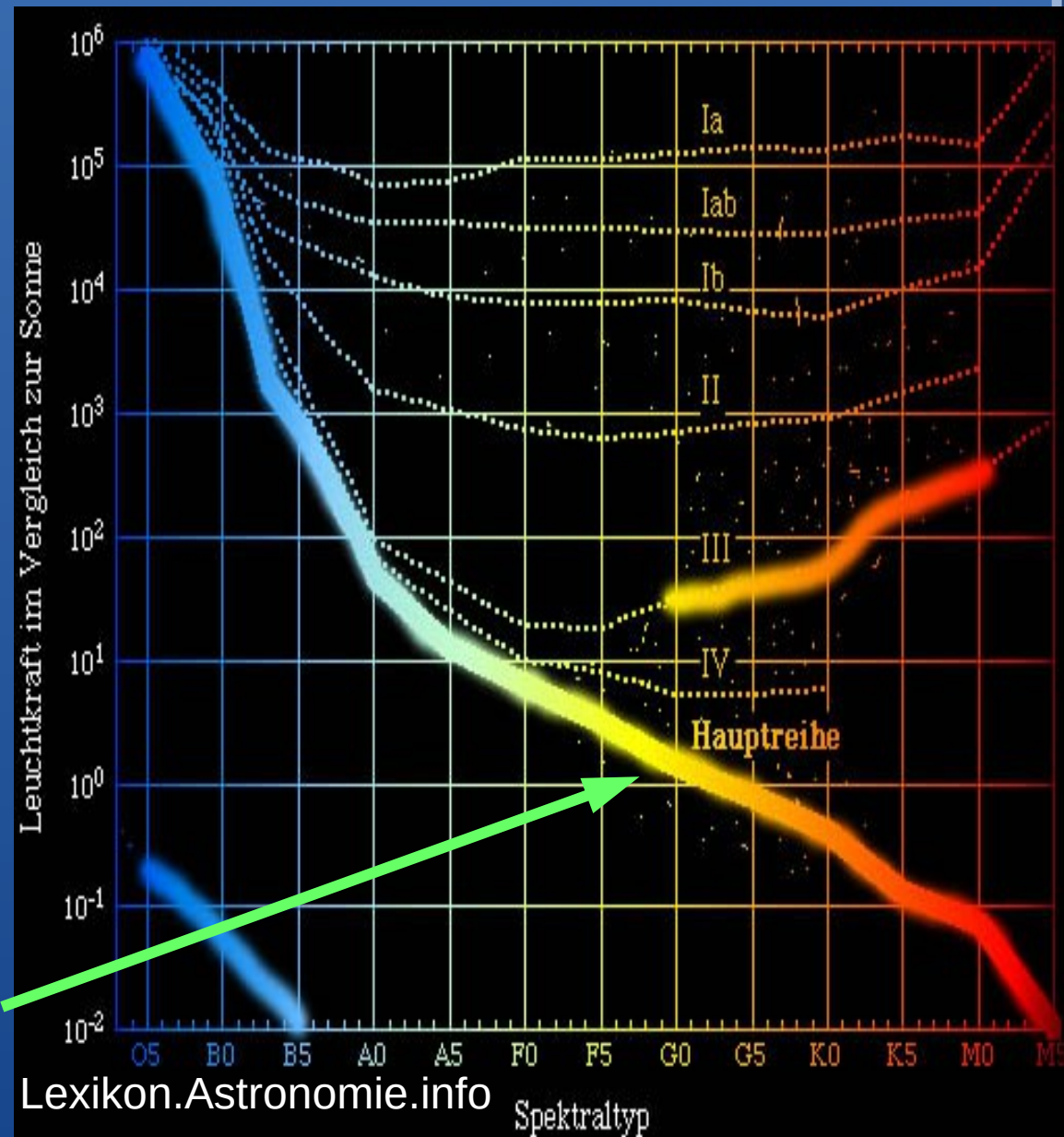
- Bei der Kernfusion verschmelzen 4 Wasserstoffkerne zu einem Heliumkern und sehr viel Energie wird frei.

- Nach Beginn der Kernfusion entsteht ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Druckarten.



# HR- Diagramm

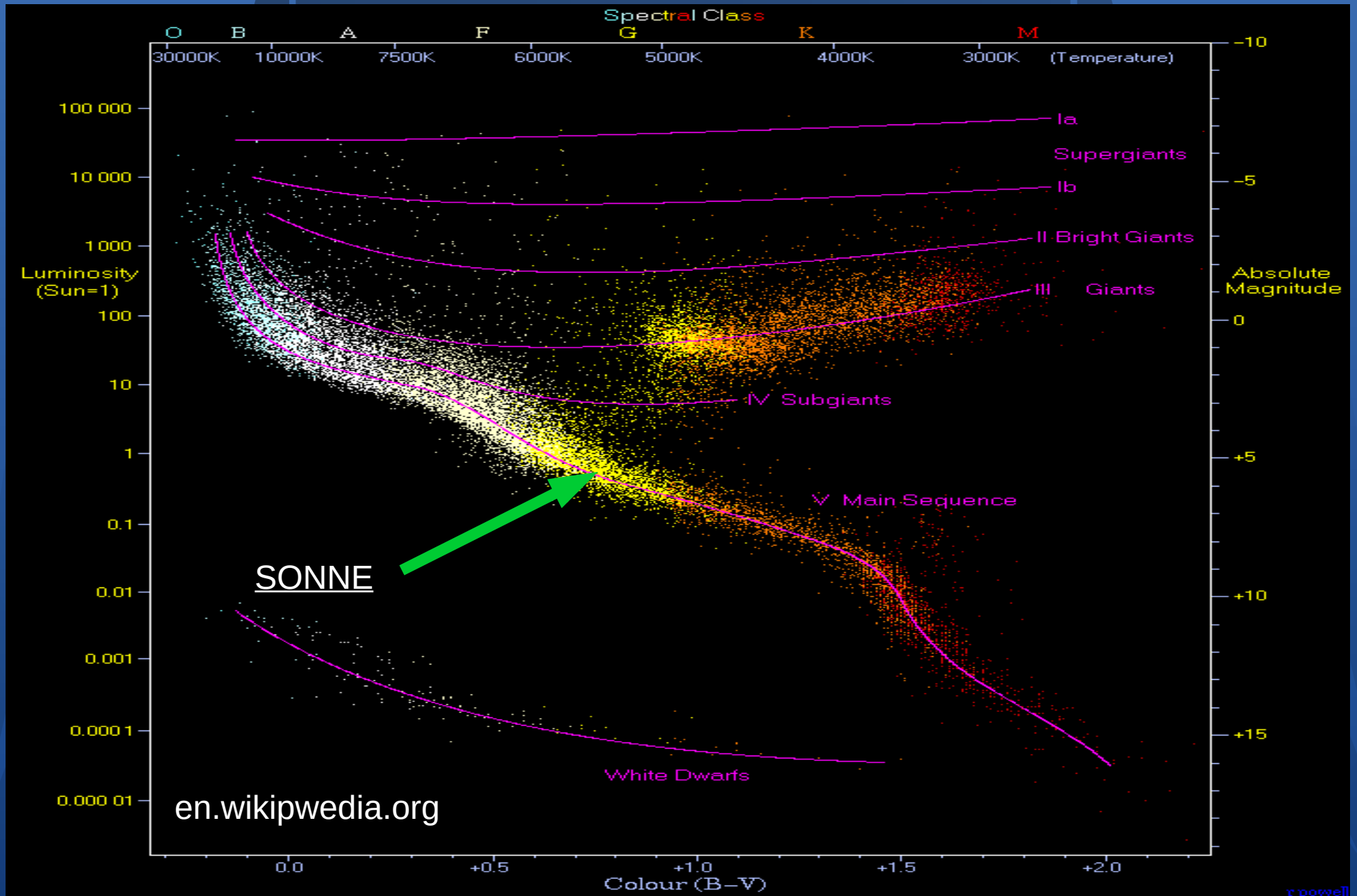
- Dieses Zustandsdiagramm dient der Klassifikation der Sterne.
- Es wird die Leuchtkraft, die absolute Helligkeit, die Spektralklasse und die Temperatur der Sterne verglichen.
- Die Sterne sind in verschiedene Leuchtklassen unterteilt, wobei die Hauptreihensterne in der V. Leuchtklasse sind.



# Hertzsprung Russel- Diagramm

- In Abhängigkeit von der Temperatur kann man Sterne in verschiedene Spektralklassen klassifizieren, diese sind O, B, A, F, G, K und M
- O Sterne z.B.: sind sehr hell und weiß, wohingegen Sterne der Spektralklasse M schwach leuchten und im Vergleich kühl sind.
- Solange im Inneren des Sterns die Kernfusion von Wasserstoffatomen in Heliumatomen stattfindet, ist der Stern in der Hauptreihe.

# Hertzsprung-Russel-Diagramm



# Wenn Sterne sterben

- Umso Massereicher ein Stern ist, desto schneller wird er sterben.
- Wenn der Wasserstoff verbraucht ist, findet erstmal keine Kernfusion statt.
- Bis dahin bleibt sein Größe und Temperatur konstant.
- Der Stern kollabiert, weil das Gleichgewicht aus Gasdruck und Gravitation an Bestand verliert.

Happytimes.ch



# Roter Riese

- Das Sterninnerne erhitzt sich auf über 100 Millionen Kelvin.

- Im Kern findet eine neue Kernfusion statt, die von Helium zu Kohlenstoff bis hin zu Eisen abläuft.

Univie.ac.at Sternzeit-online.de

- Während er sich aufbläht, wird seine Leuchtkraft um das 1.000- 10.000 erhöht, und wird dabei zum Roten Riesen.

# Weisser Zwerg

- Massenarme Sterne verlieren ihre Außenhülle ohne dass eine Supernova stattfindet.
- Ein Weisser Zwerg bleibt zurück, wenn die Masse weniger als 1,4 Sonnenmassen ist (Chandrasekhar-Limit)
- Er besteht aus schweren Elementen (z.B.: Kohlenstoff).
- Viele Milliarden Jahre lang 10000 K heiß.
- Nur 8-16 Magnitude (Helligkeit).



# Supernova

- Findet erst ab einer Masse von über 8 Sonnenmassen statt.
- Ein letztes mal wird sehr viel Energie freigesetzt.



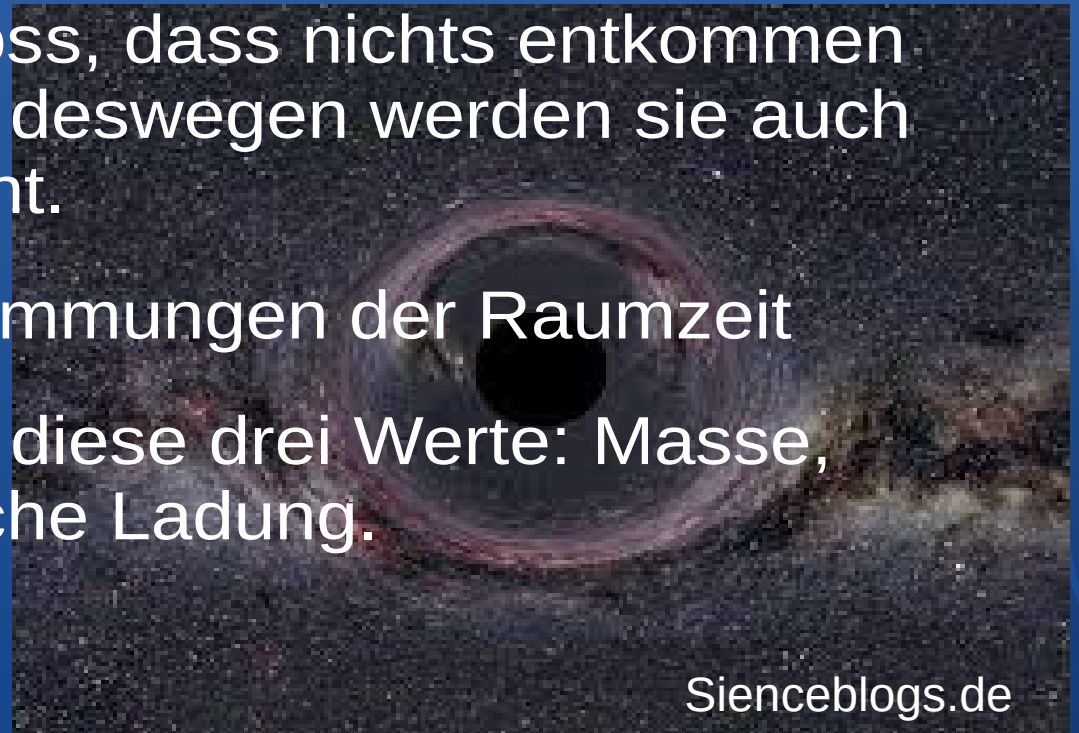
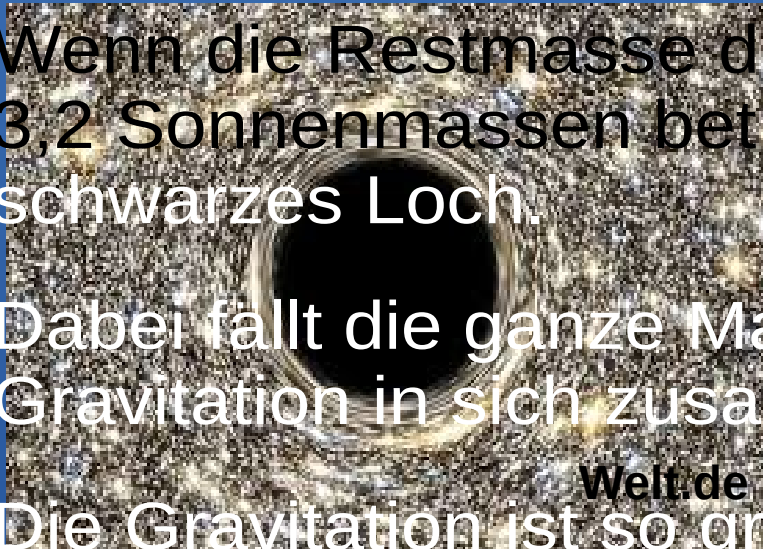
- äußere Schichten des Sterns werden weggeschleudert.

- Absolute Helligkeit steigt um 12m bis 13,5m



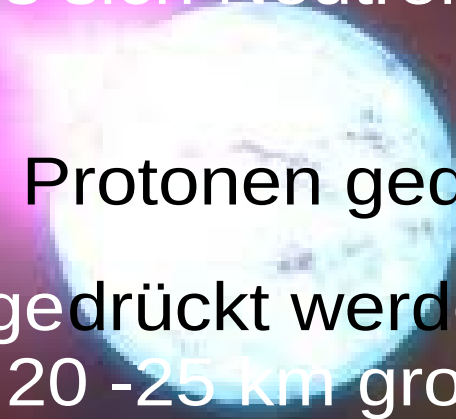
# Schwarzes Loch

- Wenn die Restmasse des Sterbenden Sterns mehr als 3,2 Sonnenmassen beträgt entsteht ein stellares schwarzes Loch.
- Dabei fällt die ganze Materie durch die sehr große Gravitation in sich zusammen.
- Die Gravitation ist so gross, dass nichts entkommen kann, nicht einmal Licht, deswegen werden sie auch schwarze Löcher genannt.
- Sie sorgen sogar für Krümmungen der Raumzeit
- Am Ende haben sie nur diese drei Werte: Masse, Drehimpuls und elektrische Ladung.



# Neutronensterne

- Bilden sich nach der Supernova mit einer Masse von 1,4 bis 3,2 Sonnenmassen.
- Druck beim Kollaps ist so stark dass sich Neutronengas bildet.
- Dabei werden die Elektronen in die Protonen gedrückt.
- Dieses kann sehr dicht <sup>Nasa.gov</sup> zusammengedrückt werden, sodass Neutronensterne nur einen 20 -25 km grossen Durchmesser haben.
- Anfangs Kerntemperatur von 100 Milliarden K



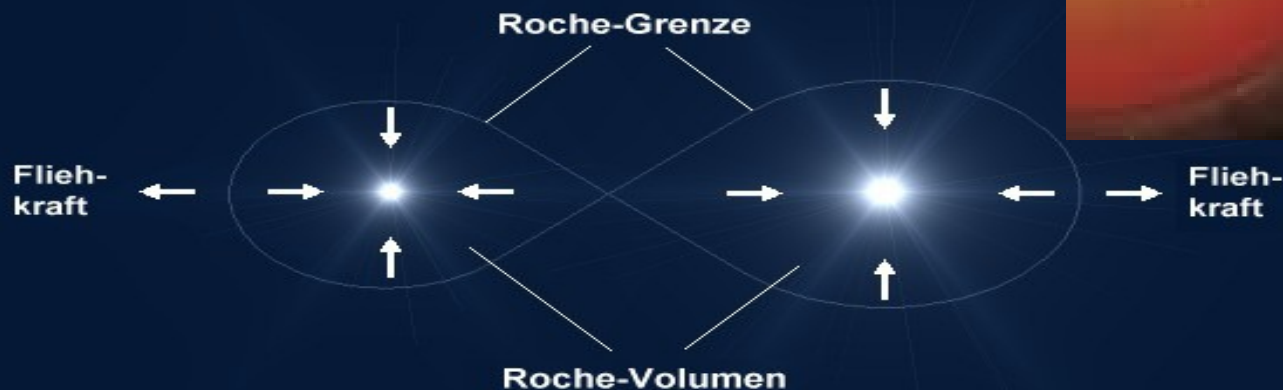
# Doppelsterne

- 2 Sterne, die um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisen nennt man physikalische Doppelsterne.
- Die in einer Sichtlinie sind aber keinen Einfluss aufeinander haben nennt man optische Doppelsterne.
- Die, die man nur mithilfe der Spektroskopie gemäss dem Dopplereffekt erkennen kann, nennt man spektroskopische Doppelsterne.
- Durch gemessene Helligkeitsschwankungen hat man so genannte photometrische Doppelsterne entdeckt.



# Doppelsterne

- 50% aller Sterne sind in Doppel- oder Mehrfachsystemen.
- In einem wechselwirkendem System haben die Sterne die Roche-Grenze überschritten und tauschen Materie aus.

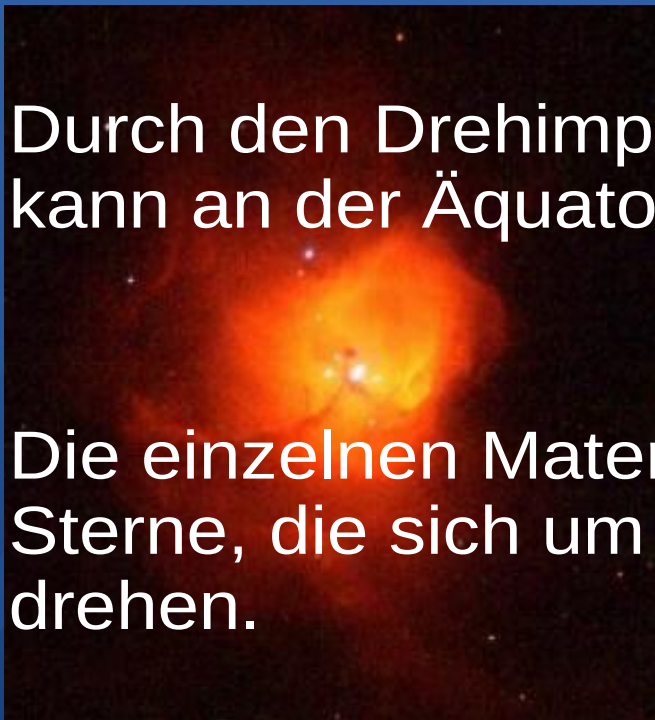


# Doppelsterne

- Umso größer die interstellare Wolke ist, desto größer die Wahrscheinlichkeit dass Doppel- oder sogar Multisysteme entstehen.

- Durch den Drehimpuls der Wolke wird sie platter und kann an der Äquatorialebene Materie abspalten.

- Die einzelnen Materiehaufen bilden 2 verschiedene Sterne, die sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt drehen.



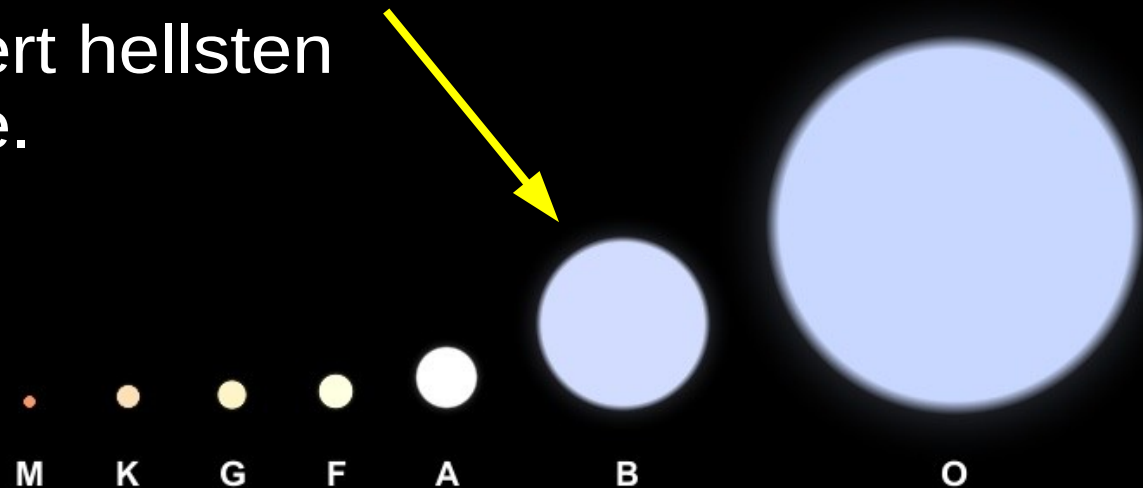




# B-Sterne

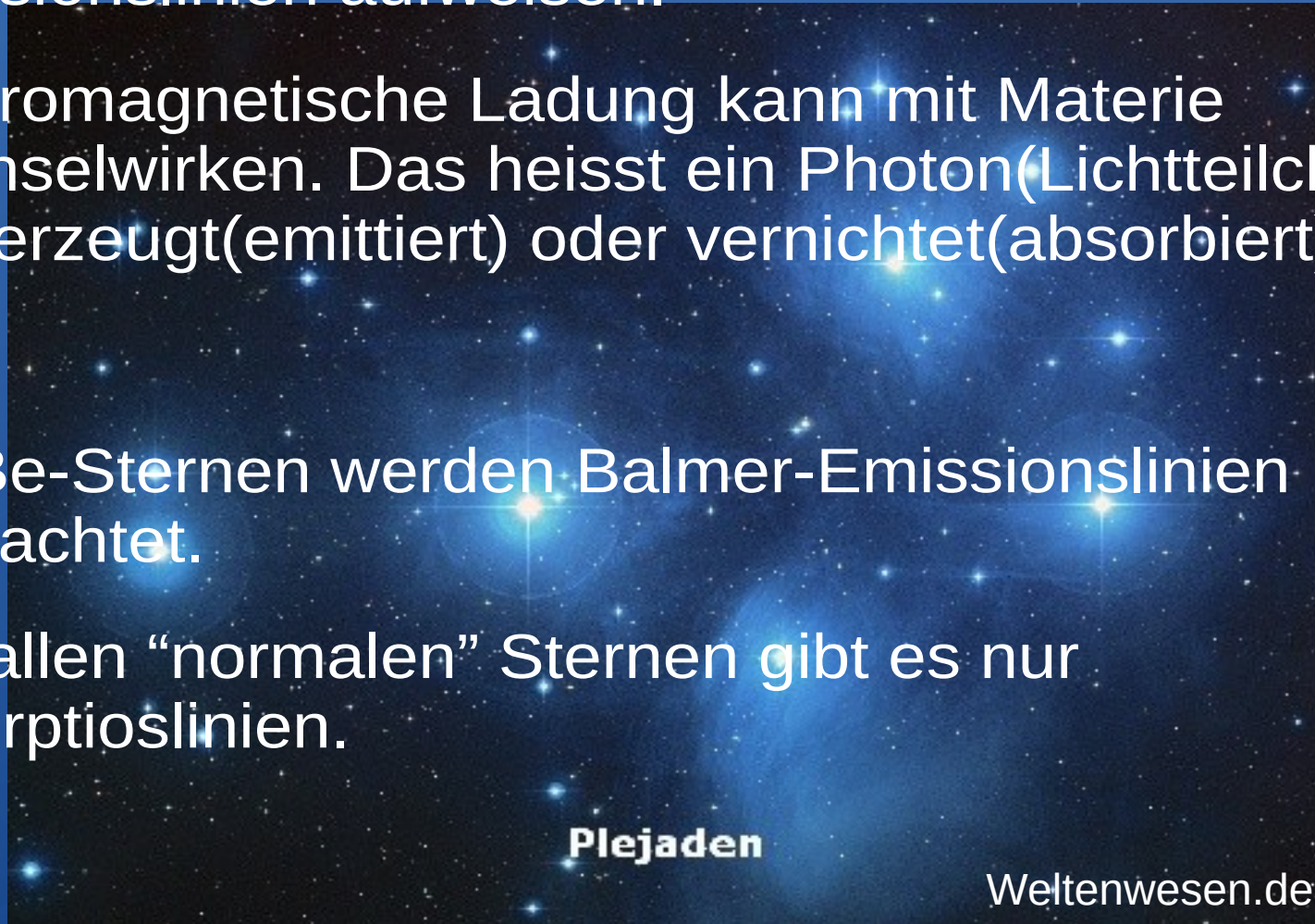
- B-Sterne kommen im HRD nach der Spektralklasse O.
- Sie sind sehr hell und weis bläulich.
- Sind in der Photosphäre 9900K bis 2800K heiss und 2 bis 16 mal so gross wie die Sonne.
- Aus der Spektroskopie weiss man, dass B-Sterne aus neutralem Helium und Wasserstoff besteht.
- Ein Drittel der Hundert hellsten Sterne sind B-Sterne.

Beispiele: Rigel,  
Spica und  
Achernar



# Be-Sterne

- Der Suffix e steht für Emissionslinien also B-Sterne die Emissionslinien aufweisen.
- Elektromagnetische Ladung kann mit Materie Wechselwirken. Das heisst ein Photon(Lichtteilchen) wird erzeugt(emittiert) oder vernichtet(absorbiert).
- Bei Be-Sternen werden Balmer-Emissionslinien beobachtet.
- Bei allen "normalen" Sternen gibt es nur Absorptionslinien.
- Wo liegt der Unterschied?



# Be-Sterne

- Be-Sterne weisen eine sehr hohe Rotationsgeschwindigkeit von bis zu 400km/s auf.
- Die Fliehkraft wird grösser als die Gravitation, sodass sich der Stern verformt.

Er bildet eine Akkretionsscheibe um sich, also verliert er Masse.

Die leuchtende Akkretionsscheibe wird intensiv von dem Be-Stern mit UV-Licht angestrahlt sodass die Scheibe ionisiert wird und so Emissionslinien hat.

Wikipedia.org

<http://www.disc.ua.es/~ignacio/be.html>

# Be-Sterne in Doppelsystemen

- Da ca. 50% aller Sterne in Doppelsystemen sind, gibt es auch einige Be-Sterne darunter.



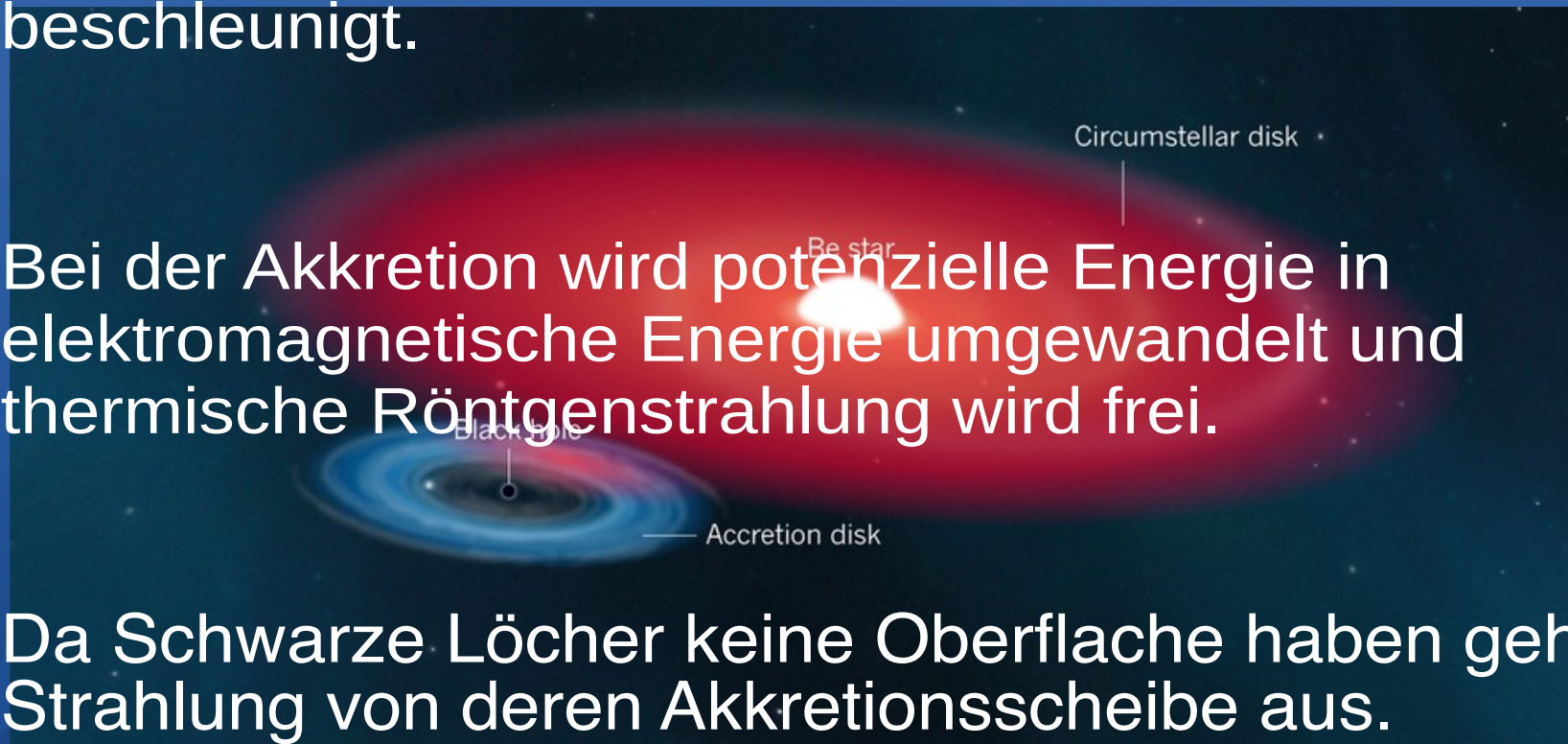
- Durch die Dekretionsscheibe, die 5-30 Sternradien gross sein kann, überschreitet der Stern oft die Roche-Grenze, sodass ein Massesaustausch mit dem Sekundärstern stattfindet.

# Röntgendoppelstern

- Die Materie, die vom Primärstern kommt wird durch die Gravitation der kompakten Begleiter sehr beschleunigt.

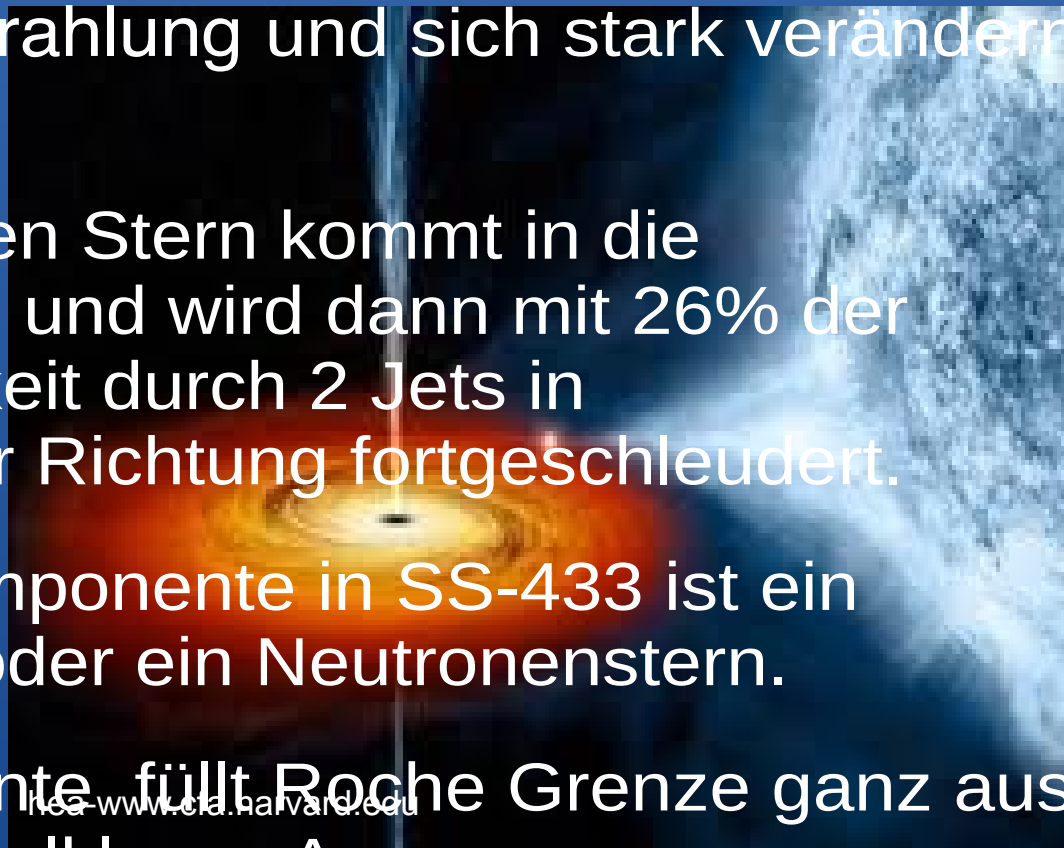
- Bei der Akkretion wird potenzielle Energie in elektromagnetische Energie umgewandelt und thermische Röntgenstrahlung wird frei.

- Da Schwarze Löcher keine Oberfläche haben geht die Strahlung von deren Akkretionsscheibe aus.



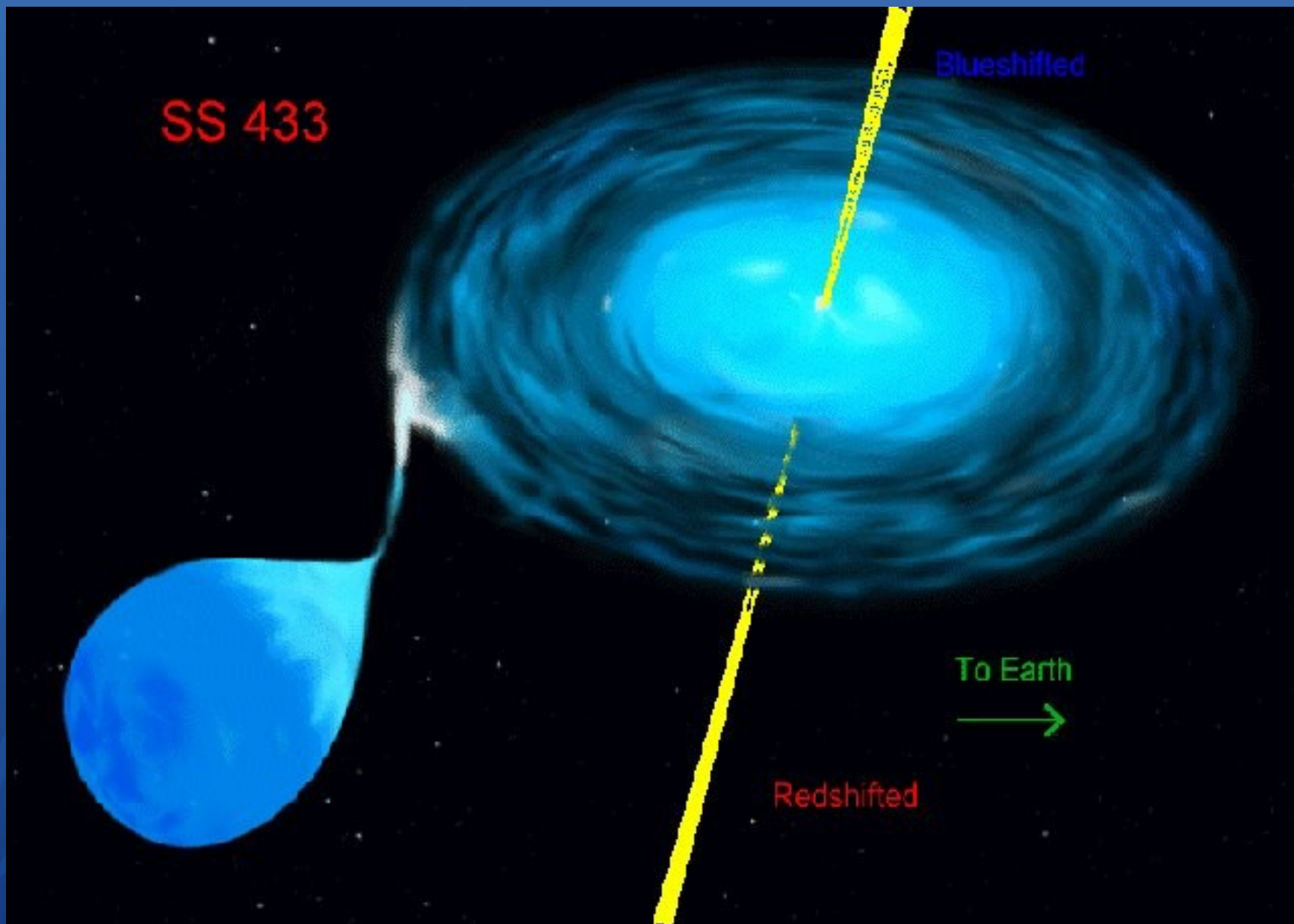
# SS-433

- Erster entdeckter Mikroquasar in einem Doppelsternsystem.
- Sendet Röntgenstrahlung und sich stark verändernde Radiowellen aus
- Gas vom sichtbaren Stern kommt in die Akkretionsscheibe und wird dann mit 26% der Lichtgeschwindigkeit durch 2 Jets in entgegengesetzter Richtung fortgeschleudert.
- Die kompakte Komponente in SS-433 ist ein Schwarzes Loch oder ein Neutronenstern.
- Stellare Komponente füllt Roche Grenze ganz aus und hat die Spektralklasse A



Hea-[www.cfa.harvard.edu](http://www.cfa.harvard.edu)

# SS-433





# Quellen

- astronomia.com
  - Spektrum.de
  - Planeten.ch
  - Zum.de
  - Astronews.com
  - Uni-protokolle.de
  - Epsilon-lyrae.de
  - Andromedagalaxie.de
  - spektrographie.wikispaces.com/
  - Wikipedia.de
- <http://www.astrospectroscopy.eu/spektren/>