

Q12 * Astrophysik * Novae und Supernovae

Im Jahr 1572 beobachtete der Astronom Tycho Brahe im Sternbild Cassiopeia ein sternähnliches Objekt, das dort plötzlich auftauchte. Man sprach deshalb von einem „neuen Stern“, einer „Nova“. Erst seit Mitte des letzten Jahrhunderts hat man eine Ahnung, was sich hinter einer „Nova“ bzw. einer „Supernova“ astrophysikalisch verbirgt.

Nova

Bei einem engen Doppelsternsystem aus Rotem Riesen und Weißen Zwerg strömt Materie (vor allem Wasserstoff) vom Riesen (in einer so genannten Akkretionsscheibe) zum Zwerg. Der Wasserstoff lagert sich auf der heißen Oberfläche (10^4 bis 10^5 K) des Zwergs an.

Wird Temperatur und Dichte der Wasserstoffschicht an der Unterseite dieser Wasserstoffschicht groß genug für die Fusion, so setzt diese explosionsartig ein und sprengt dabei diese Hülle weg (ca. 0,01% bis 0,1% der Sternmasse). Bei einem Doppelsternsystem dieser Art kann sich ein Nova-Ausbruch mehrfach wiederholen. Die expandierende Hülle erhöht binnen weniger Tage die Helligkeit des Vorläufer-Doppelsternsystems um 10 oder sogar mehr Größenklassen. In unserer Galaxie sollte es etwa eine Nova pro Woche geben, wobei diese meist wegen interstellarer Wolken nicht beobachtet werden können.



Supernova

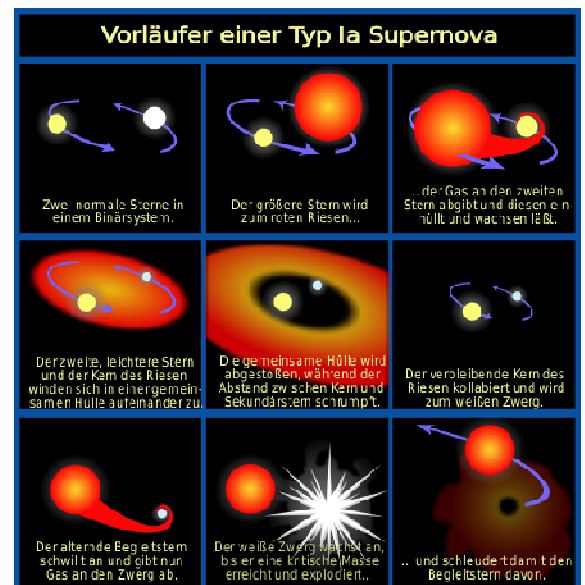
Wird ein Stern am Ende seiner Lebenszeit durch eine Explosion vernichtet, so leuchtet er plötzlich hell auf. Seine Leuchtkraft nimmt dabei bis zum mehr als Milliardenfachen zu und kann dabei die Leuchtkraft der gesamten Galaxie erreichen oder sogar überschreiten (Hypernova).

Im Wesentlichen gibt es zwei Mechanismen, die zu Supernova führen:

Supernova vom Typ Ia

Wieder strömt bei einem engen Doppelsternsystem von einem Roten Riesen Materie (Wasserstoff) in einer Akkretionsscheibe zu einem Weißen Zwerg, der in erster Linie aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht. Übertrifft die Sternmasse des Weißen Zwerg die so genannte Chandrasekhar-Masse von etwa 1,4 Sonnenmassen, so kann das entartete Elektronengas nicht mehr den nötigen Gegendruck liefern, um einen Gravitationskollaps zu verhindern. Das einsetzende turbulente thermonukleare Brennen (Kohlenstoffbrennen) sprengt aber nicht nur die Hülle ab (wie bei der Nova) sondern sprengt in Sekunden den gesamten Weißen Zwerg auseinander. Zurück bleibt nur eine diffuse Wolke der gasförmigen Explosionsprodukte, die mit extrem hoher Geschwindigkeit ins All geschleudert wird.

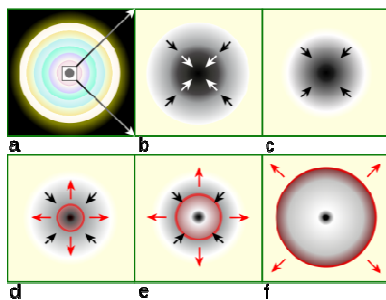
Die absolute Helligkeit einer Supernova Ia hat immer in etwa den gleichen Wert von $m -19,6 \pm 0,2$ Größenordnungen und ist daher bestens geeignet, um Entfernungen im All zu messen. Man spricht von so genannten Standardkerzen.



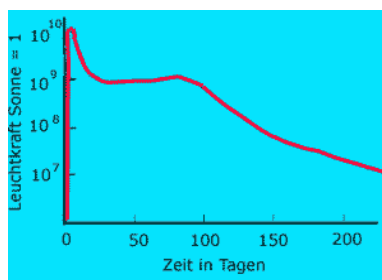
Supernova vom Typ II

Ein massereicher Stern (ab etwa 8 Sonnemassen) wird nach Durchlaufen aller Fusionsprozesse ein Riese mit Zwiebschalenstruktur. Kern besteht aus Eisen → weitere Energiegewinnung durch Fusion nicht mehr möglich → Kollaps des Sterns aufgrund der Gravitation → Neutronenstern entsteht im Innern → nachstürzende Materie drückt den kaum kompressiblen Neutronenstern über die Gleichgewichtslage zusammen → Kern federt zurück → gewaltige Stoßwelle (aus schweren Kernen) wandert nach außen und trifft auf weiter nach innen stürzende Materie (aus leichteren Kernen) → Turbulenzen führen zu einer Explosion des gesamten Sterns, wobei schwere Kerne sowohl zerlegt als auch noch schwerere Kerne als Eisenkerne erzeugt werden → Materie des explodierenden Sterns wird in den interstellaren Raum geschleudert → eine gigantische Anzahl an Neutrinos (beim Entstehen des Neutronensterns) eilt mit nahezu Lichtgeschwindigkeit der sich ausdehnenden Materiewolke (erreicht ca. 10 000 Kilometer pro Sekunde) voraus und trägt damit eine riesige Energiemenge weg → zurück bleibt ein Neutronenstern der sich u.U. sogar in ein Schwarzes Loch verwandelt.

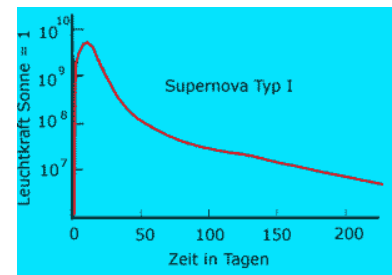
Ein Helligkeitsanstieg um mehr als 20 Größenordnungen ist möglich. Anhand der Lichtkurve kann man verschiedene Supernovae-Typen unterscheiden.



Darstellung des Kollapses des Sterns

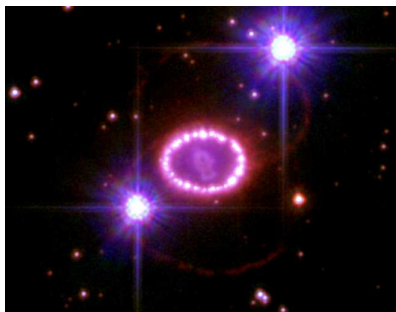


Lichtkurve einer Supernova Typ II

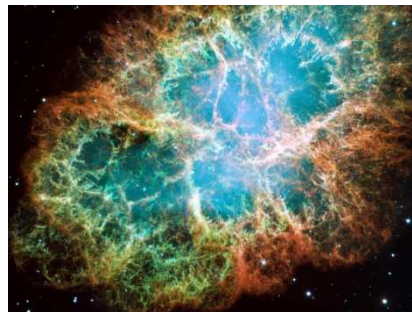


Lichtkurve Supernova Typ I

Die Überreste der Supernova SN 1987A sind noch Jahre nach der Explosion zu sehen. Trifft die ausgestoßene Materie der Supernova auf die zuvor abgeblasenen Gase des Vorläufersterns, so entsteht ein leuchtender „Ring“.



Überrest der Supernova 1987A (vom 24.02.1987) nach ca. 20 Jahren



Überrest der Supernova aus dem Jahr 1054 (Krebsnebel)



Supernova in der äußeren Randregion der Galaxie NGC 4526 (im Jahr 1994)

Eine Supernova kann aufgrund der intensiven Strahlung Leben auf Planeten bis zu einer Entfernung von einigen Lichtjahren erheblich beeinträchtigen. In unserer Milchstraße rechnet man durchschnittlich mit 2 bis 3 Supernovae pro Jahrhundert. Die meisten kann man aber wegen dichter Gas- und Staubwolken nicht sehen.

Aufgabe

Die absolute Helligkeit einer Supernova vom Typ Ia beträgt stets $-19,6 \pm 0,2$.

Die Supernova in der Galaxie NGC 4526 aus dem Jahr 1994 (siehe Bild) erreichte eine scheinbare Helligkeit von 11,8. Wie weit ist die Galaxie NGC 4526 entfernt?