



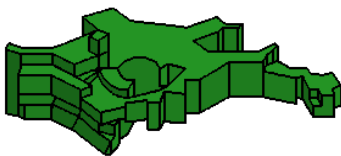
MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

# Rätselhafte Supernovae

## Den Geheimnissen der größten kosmischen Explosionen auf der Spur

**Hans-Thomas Janka**  
Max-Planck-Institut für Astrophysik  
Garching

Max-Planck-Institut  
für Astrophysik















# "Gaststern"

Neuer Stern während der  
Nördlichen Sung-Dynastie:

Im Frühling des Jahres 1054 nach Christus erschien ein "Gaststern" im Sternbild Stier, der so hell war wie die Venus, innerhalb von Wochen heller wurde und dann im Juli für 23 Tage sogar am Taghimmel gesehen werden konnte. Seine Beobachtung mit bloßem Auge war über 2 Jahre hinweg möglich.

凡十一日没三年三月乙巳出東南方大中祥符四年正月丁丑見南斗魁前天禧五年四月丙辰出軒轅前星西北大如桃連行經軒轅太星入太微垣掩右執法犯次將歷屏星西北凡七十五日入濁没明道元年六月乙巳出東北方近濁有芒彗至丁巳凡十三日没至和元年五月己丑出天關東南可數寸歲餘稍没熙寧二年六月丙辰出箕度中至七月丁卯犯箕乃散三年十一月丁未出天因元祐六年十一月辛亥出參度中犯掩側星壬子犯九游星十二月癸酉入奎至七年三月辛亥乃散紹興八年五月守婁

宋史卷九  
三十一





# Krebsnebel:

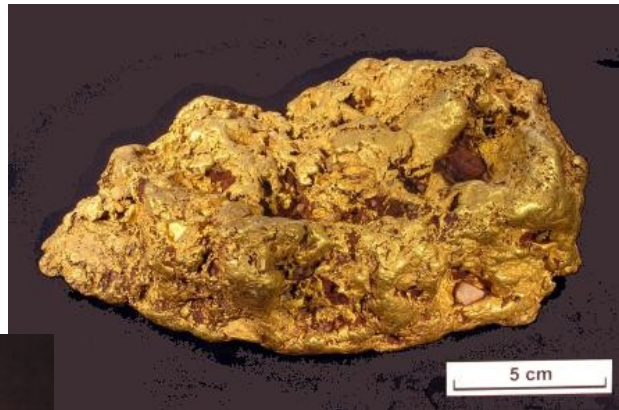
Gasförmiger  
Überrest der  
Supernova des  
Jahres 1054 nach  
Christus

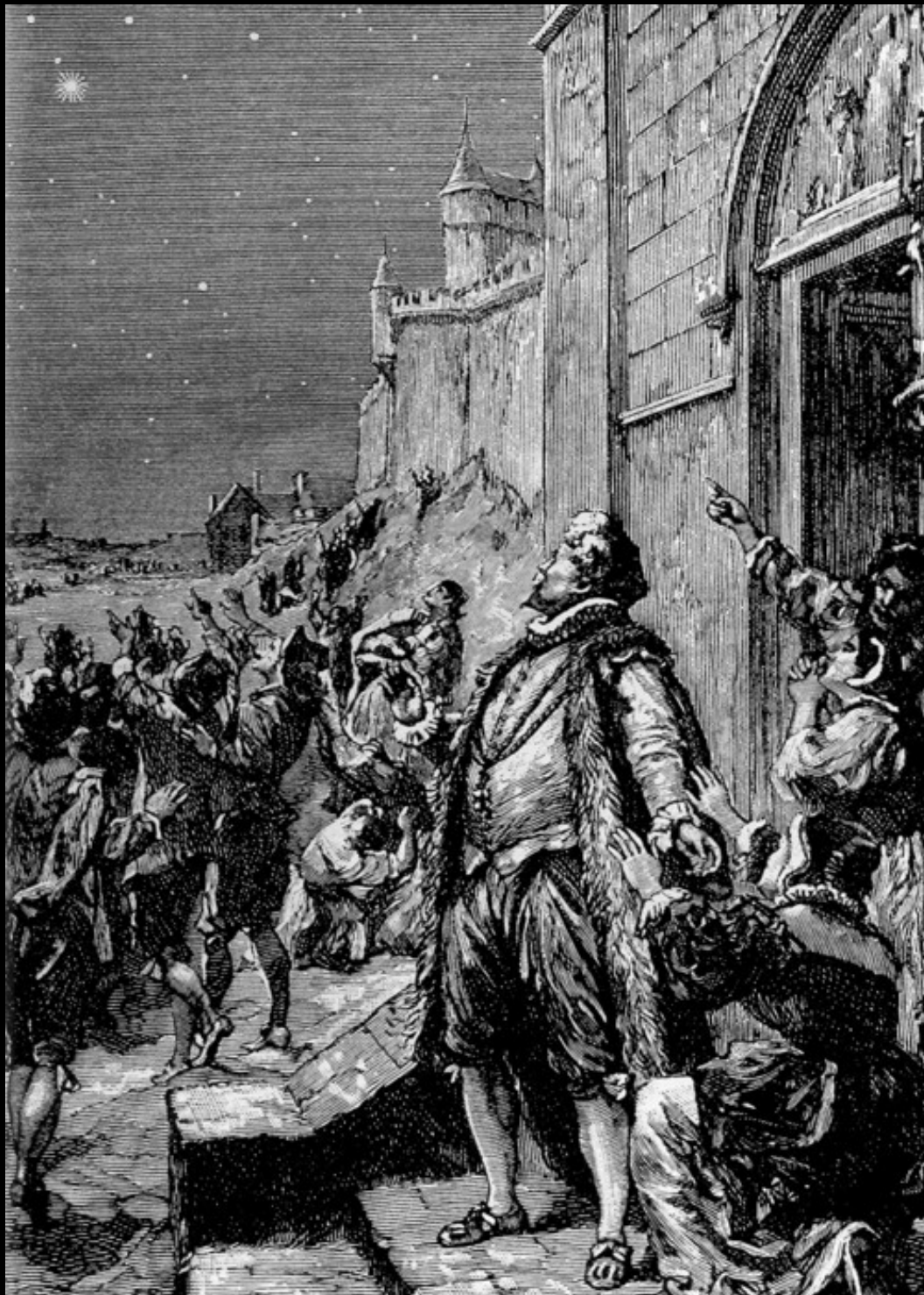
"SN 1054"



# Supernovae als Zeichen göttlichen Wohlwollens?

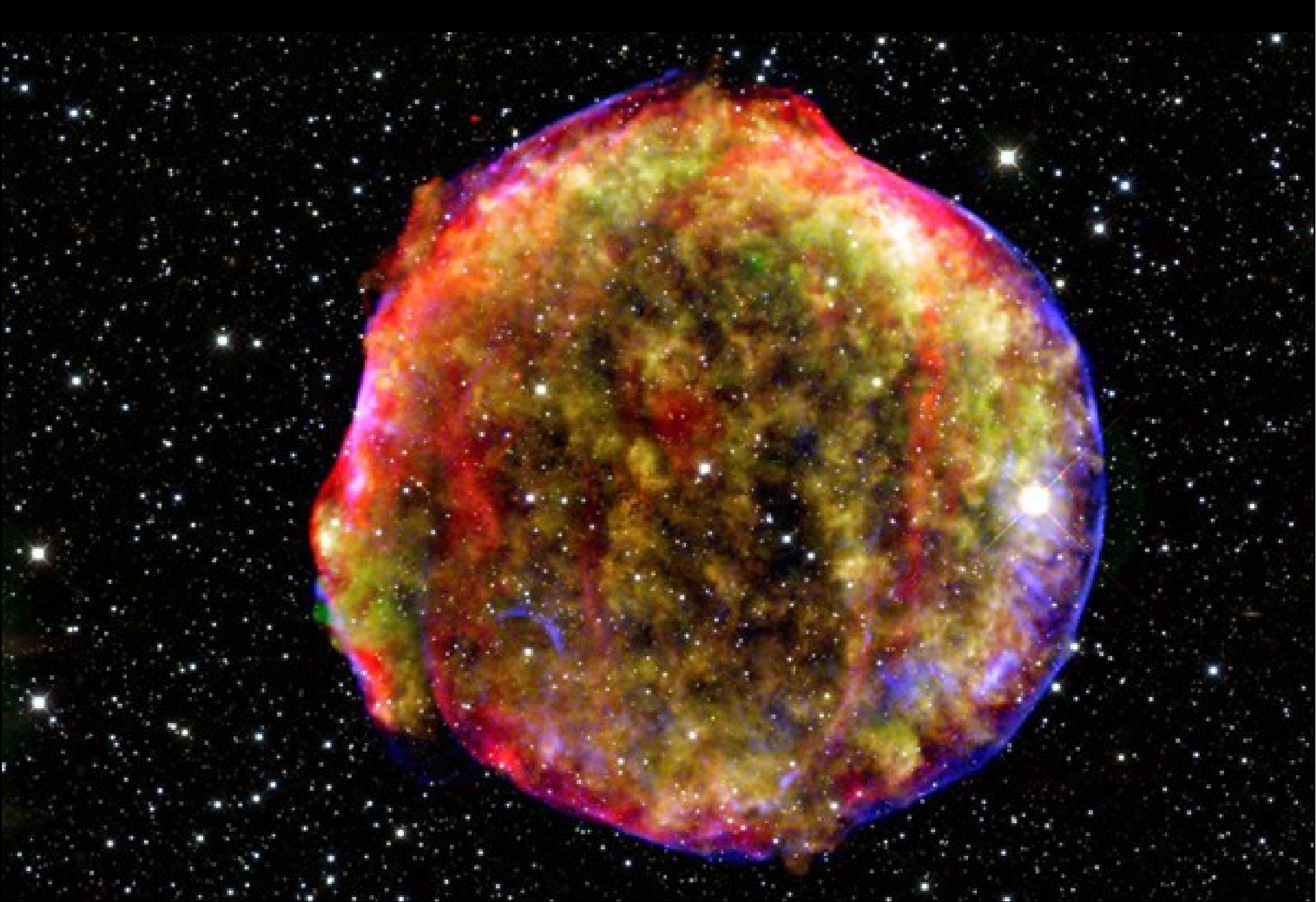
In historischer Zeit galten Supernovae als göttliche Glücksboten.  
Heute möchten viele Astrophysiker glauben, dass Supernovae der kosmische Ursprung von Gold sind.....





1572: Tycho Brahe  
beobachtete sehr hellen  
"neuen Stern", der für  
Monate sichtbar blieb





Supernova Überrest "Tycho" SN 1572 (Röntgenbild durch CHANDRA-Satelliten)

# Werkzeuge der Astronomen



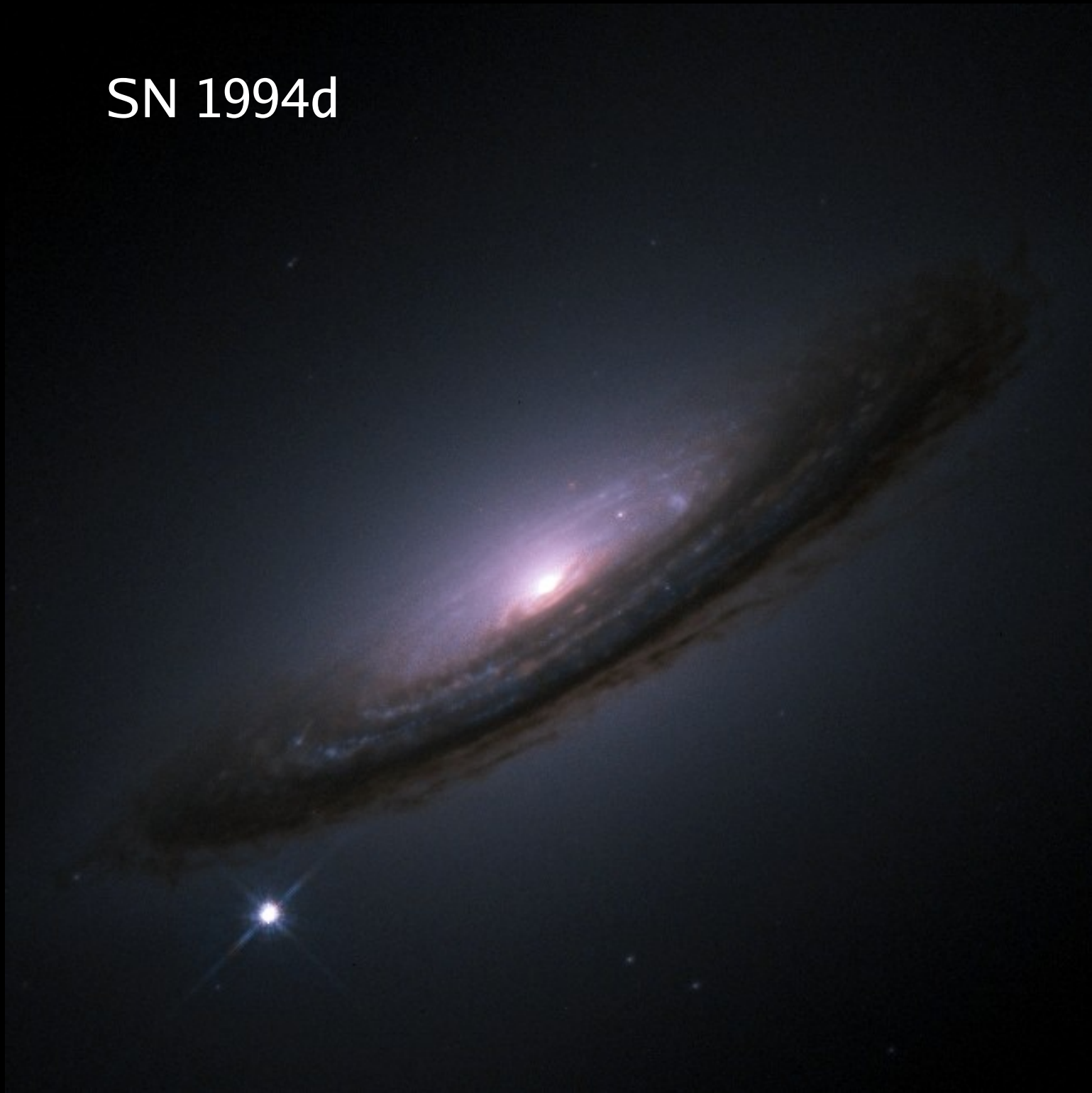
**“Very Large Telescope” (VLT)  
der Europäischen  
Südsternwarte (ESO) auf dem  
Mount Paranal in Chile**

**Weltraumteleskop “Hubble”**

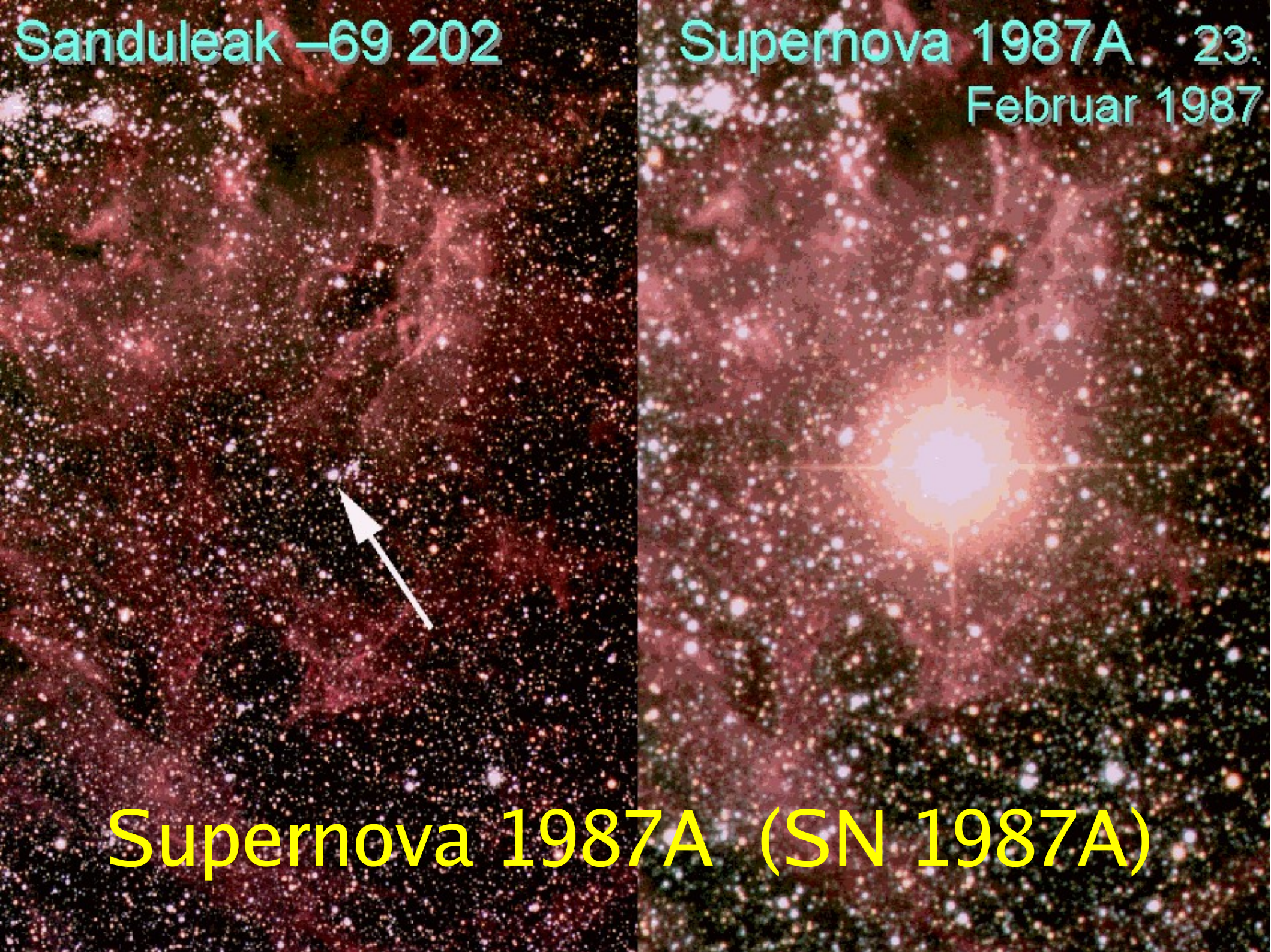




SN 1994d





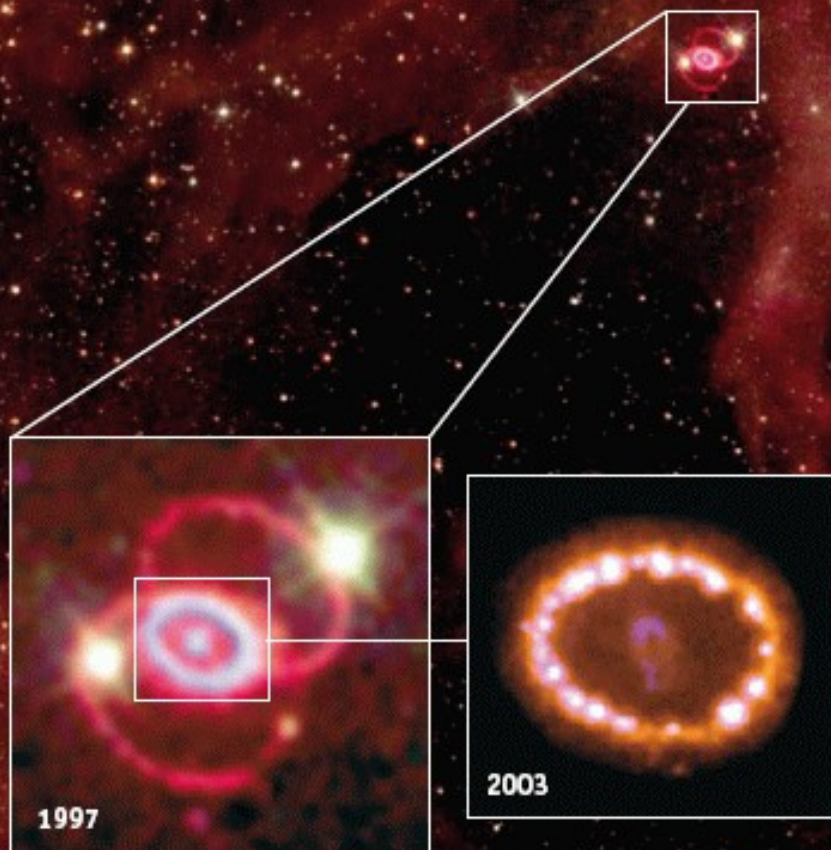


Sanduleak -69 202

Supernova 1987A 23.  
Februar 1987

Supernova 1987A (SN 1987A)





Supernova  
1987A  
als  
Teenager

# Supernova 1987A heute







Supernovae sind die Todesereignisse am Ende des Lebens von Sternen.



Die Sterne werden bei einer katastrophalen Explosion zerstört.



Pro Sekunde explodieren 5–10 Supernovae  
irgendwo im sichtbaren Universum !



Astronomen entdecken pro Jahr mehrere  
100 Supernovae in anderen Galaxien im  
fernen Weltall.



Bislang wurden mehr als 10000 Supernovae  
beobachtet.



In unserer Milchstraße ereignen sich  
2–3 Supernovae pro Jahrhundert.



# Bekannte Supernovae in der Milchstraße in den vergangenen 1000 Jahren

**Tabelle 1.1** Bekannte Supernovaereignisse in unserer Milchstraße in den vergangenen 1000 Jahren. Bei den Supernovae von 1572 und 1680 konnte der Typ von Sternexplosion (siehe Kapitel 1.2) anhand von „Lichtechos“ mit moderner Technik kürzlich bestätigt werden. Astronomen gelang es, Strahlung des Explosionsblitzes aufzufangen, die von Gas- und Staubwolken in der Umgebung des zerstörten Sterns zurückgeworfen wurde. Die Reflexe waren aufgrund ihres Umwegs einige hundert Jahre länger zur Erde unterwegs als das direkte Licht der Supernova.

Jahr	Sichtbarkeitsdauer dauer	Entfernung [Lichtjahre]	Beobachtungen (Ort/Astronom)	Typ	Überrest
1006	einige Jahre	7200	China, Japan, Arabien, Schweiz	SNIa	Gasschale (Abbildung 4.1)
1054	ca. zwei Jahre	6500	China, Arabien	SNI	Krebsnebel und -pulsar (Abbildung 2.11)
1181	sechs Monate	>26 000	China, Japan	Kernkollaps?	Röntgen- und Radio- pulsar J0205+6449 (3C 58); Assoziation mit SN 1181 unsicher
~1300	sechs Monate	~1500	Simbabwe	Kernkollaps?	Vela Junior; Gasschale (Röntgenquelle RX J0852.0-4622)
1572	16 Monate	7500	Tycho Brahe	SNIa	Gasnebel (Abbildung 4.2)
1604	18 Monate	20 000	Johannes Kepler	SNIa	Gasschale
~1680	?	11 000	John Flamsteed?	SNI Ib	Kassiopeia A (Abbildung 1.1); Gasschale mit kompakter Röntgenquelle
~1870	unsichtbar durch Staub	25 000	–	?	Radio- und Röntgen- quelle G1.9+0.3 (Abbildung 1.2)



Supernovae sind die stärksten und hellsten Explosionen im Weltall !



Supernovae strahlen für Wochen so hell wie alle Sterne einer Galaxie zusammen !



Supernovae setzen in Tagen so viel Energie frei wie die Sonne in 10 Milliarden Jahren ihres Lebens !



# Energie von Supernova-Explosionen

Riesige Energiemengen werden in der Bewegung des ausgeschleuderten Stern gases freigesetzt:

Entsprechend etwa  $10^{27}$  der stärksten Wasserstoffbomben  
oder  $10^{27}$  Vulkanausbrüchen von Krakatau-Größe  
( $10^{27} = 1.000.000.000.000.000.000.000.000.000$ )

Zirka 1% dieser Energie entweicht als Strahlung !

# Die "Supernova-Maschine"

## Supernova-Energie AG (in Gründung)

### Ihr Stromlieferant der Zukunft

.....netzunabhängige Energielösung für sämtlichen Haushaltsstrom, Heizung, Kühlung und Elektro-Fahrzeuge.....

Die Entdeckung der Supernova-Energie als grösste tägliche kosmische Energiequelle

ca. 1 Supernova-Explosion pro Sekunde  
ca. 86'400 Stern-Explosionen pro Tag  
ca. 31,5 Mio. Stern-Explosionen pro Jahr  
im heute beobachtbaren Universum  
Entdecker: Prof. Eddie Baron  
NATURE 395, 635/636; 663-674 (1998)

Quantenphysikalische Sensation:  
Einsteins Spuk, 2005, S. 135-139  
von Prof. Anton Zeilinger  
ca. 100 quantenphysik. Ereignisse in 100 Sek.  
mit Photonenquelle = ca. 1 Ereignis pro Sek.

Albert Einstein:  
«Gott würfelt nicht» / «spukhafte Fernwirkung»

# Die Entdeckung der Supernova-Energie

**Bildlegende:** Das neue Bild unseres Universums zeigt symbolisch die Vielzahl der Supernova-Explosionen im heute beobachtbaren Weltall. Es sind wirklich beeindruckende Ereignisse, deren Auswirkungen in der Öffentlichkeit noch nicht bekannt sind.

Es gibt mehr als 86'400 Supernova-Explosionen pro Tag im heute beobachtbaren Universum, das entspricht durchschnittlich 1 Supernova-Explosion pro Sekunde. Es handelt sich um die Entdeckung der bedeutendsten kosmischen Ur-Energie-Quelle, die sich in allen atomaren Strukturen auf der Erde als atomare Kernschwingungs-Energie nachweisen lässt und als neue Energiequelle für die Stromproduktion dient.

**Energielösung mit Supernova-Energie**

**sauber, unabhängig und günstig**



Computerbild: Supernova-Energie Aggregat für Non-Stop Dauerstrom-Produktion in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Aufbau: 1 Steuerelektronik, 2 Leistungselektronik, 3 Supernova-Energie, 25 kW (patentierter Miniatur-Ringbeschleuniger), 4 Wechselrichter, 5 Starter- und Puffer-Akkus

Die Entdeckung der fünften physikalischen Grundkraft am 6.1.2005 am Institut für Raum Quanten Physik und Raum Quanten Forschung IRQP/IRQF erweitert die bisherigen physikalischen Grundlagen um einen Quantensprung und macht die Realisierung einer neuen Supernova-Energie-Technologie für Dauerstrom-Aggregate theoretisch und praktisch möglich, sowie auch den künstlich beschleunigten Abbau der radioaktiven Strahlung von Atommüll.

Das innovative Supernova-Energie-Projekt, sowie das neuartige Verfahren für den künstlich beschleunigten Abbau der radioaktiven Strahlung von Atommüll wird von der Supernova-Energie AG finanziert und zum Erfolg geführt. Wir laden Sie ein, dabei zu sein. Das Potenzial der Supernova-Aktie liegt zwischen 100% bis 1'000% Kursgewinn von 2011 - 2014.

## Unser Beteiligungsangebot

Sehr geehrte Damen und Herren,

nachdem Sie nun einiges über unsere neue Supernova-Energie erfahren haben, möchten wir Ihnen aufzeigen, wie Sie an dieser Technologie auch finanziell partizipieren können.



Hans Lehner  
Präsident der  
Supernova-  
Energie AG

Seien Sie mal ehrlich; wenn Sie mit Ihrem heutigen Wissen nochmals die Chance bekämen, sich an Unternehmen wie Microsoft, McDonald's oder Google zu den damaligen Gründerkonditionen zu beteiligen, was würden Sie tun?

Ich denke, die Antwort liegt auf der Hand. Selbstverständlich würden Sie diese Chance nutzen und sich an diesen «Renditeraketen» beteiligen. Aber leider ist dieser Zug schon abgefahren.

Ich hoffe, dass unsere Broschüre Ihnen die wesentlichen Informationen für eine Entscheidung vermittelt hat und ich würde mich sehr freuen, Sie schon bald im Kreise unserer Investoren begrüßen zu dürfen.

Herzlichst Ihr

Hans Lehner, Präsident

## SUPERNOVA-ENERGIE AG (in Gründung)

c/o RQF Institut, Sonnenbühlstrasse 3  
CH-8645 Jona-Rapperswil / Schweiz  
Tel. + Fax +41 55 212 28 41  
Mobil-Tel. +41 79 535 14 23  
Email: lehner.hans@gmail.com

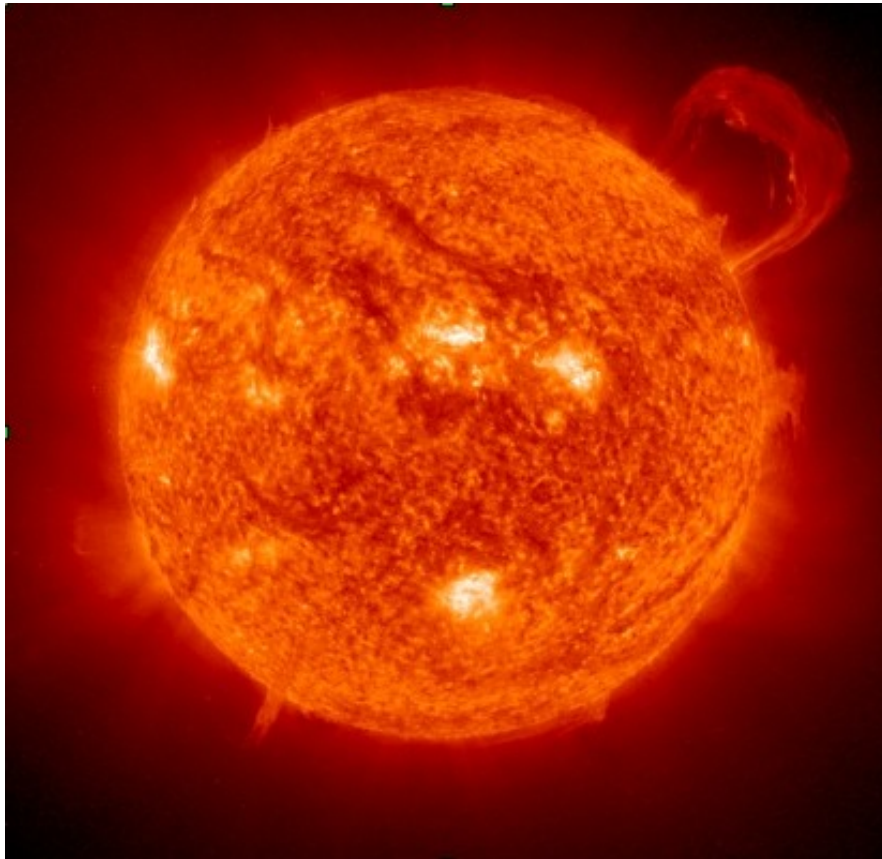
[www.supernova-energie.com](http://www.supernova-energie.com)  
[www.supernovae-energy.com](http://www.supernovae-energy.com) (engl.)



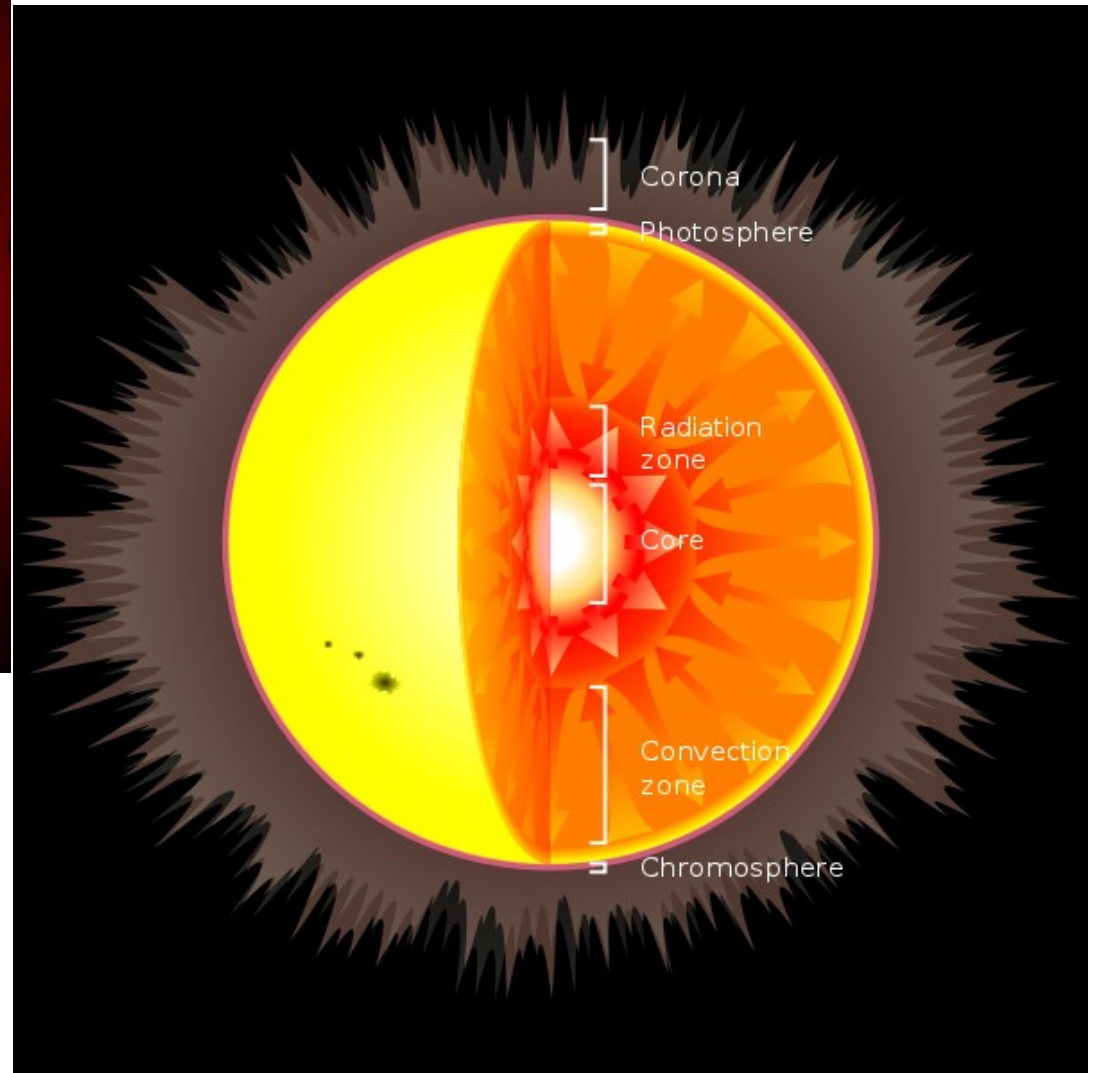
**Was verursacht diese  
Sternkatastrophen?**

**Wie altern und sterben Sterne?**

# Die Sonne



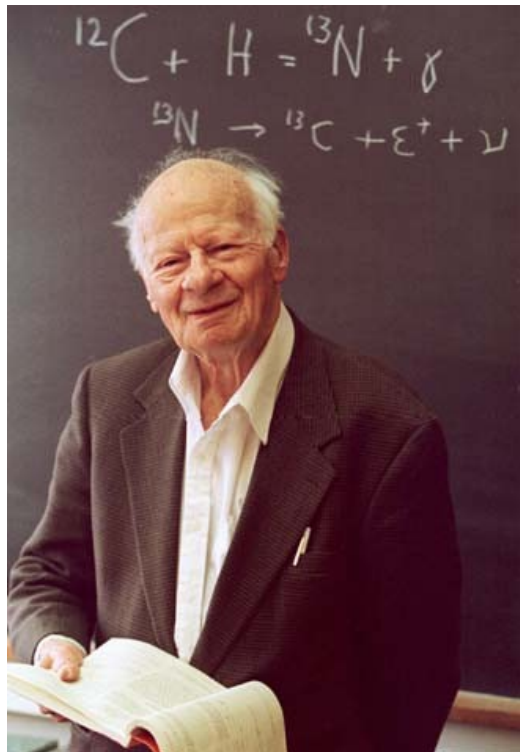
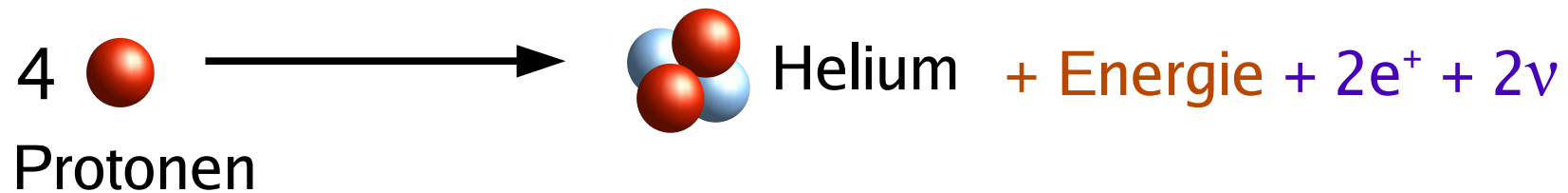
## Das Innere der Sonne





# Nukleare Energieerzeugung in der Sonne

**Kernfusion:** Verschmelzung von Wasserstoff-Atomkernen zu Helium



Hans Bethe



Carl Friedrich v.  
Weizsäcker

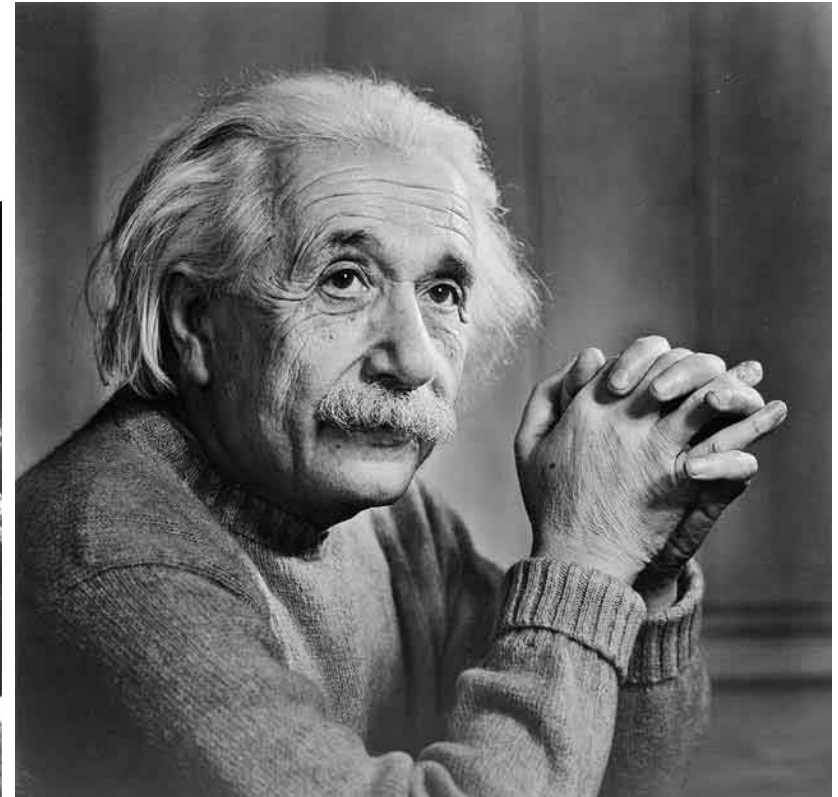
# Energieerzeugung in Sternen

Kernspaltung und Kernfusion setzen zehntausendfach bzw. millionenfach mehr Energie frei als chemische Reaktionen

Die Sonne erzeugt ihre abgestrahlte Energie durch **Kernfusion** von Wasserstoff (Protonen) zu Helium



Nagasaki 1945



Albert Einstein

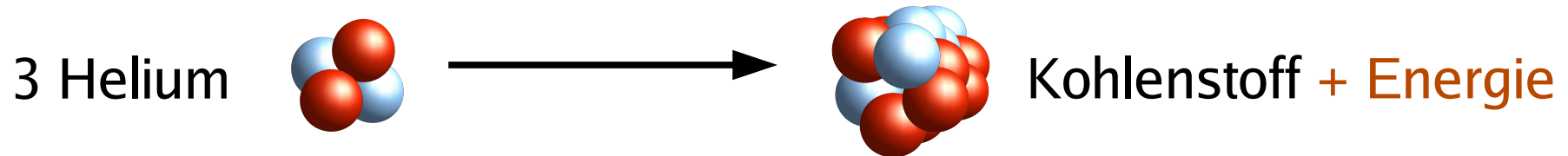
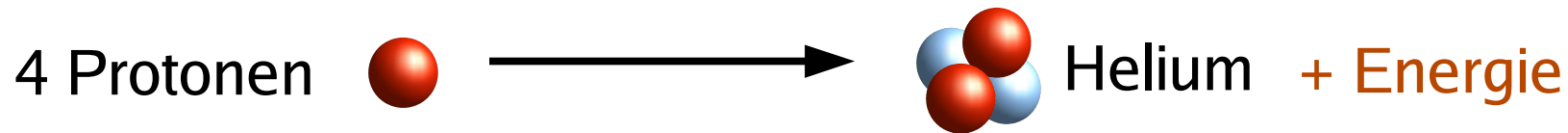
$$E = m \cdot c^2$$

Energie und Masse sind ineinander umwandelbar



# Energieerzeugung in der Sonne

---

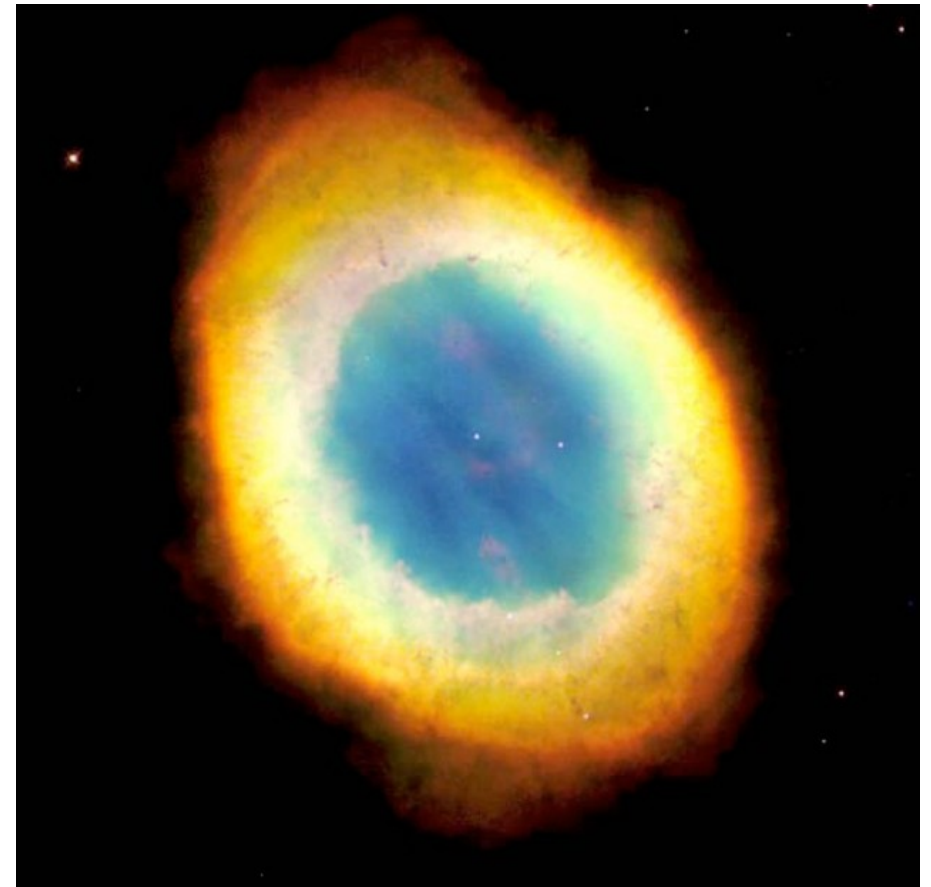


# Das Ende der Sonne

Der Kernbereich sonnenähnlicher Sterne endet als **Weißer Zwerg**, während die Hülle in einem **Planetarischen Nebel** abgestoßen wird.



Katzenaugen-Nebel



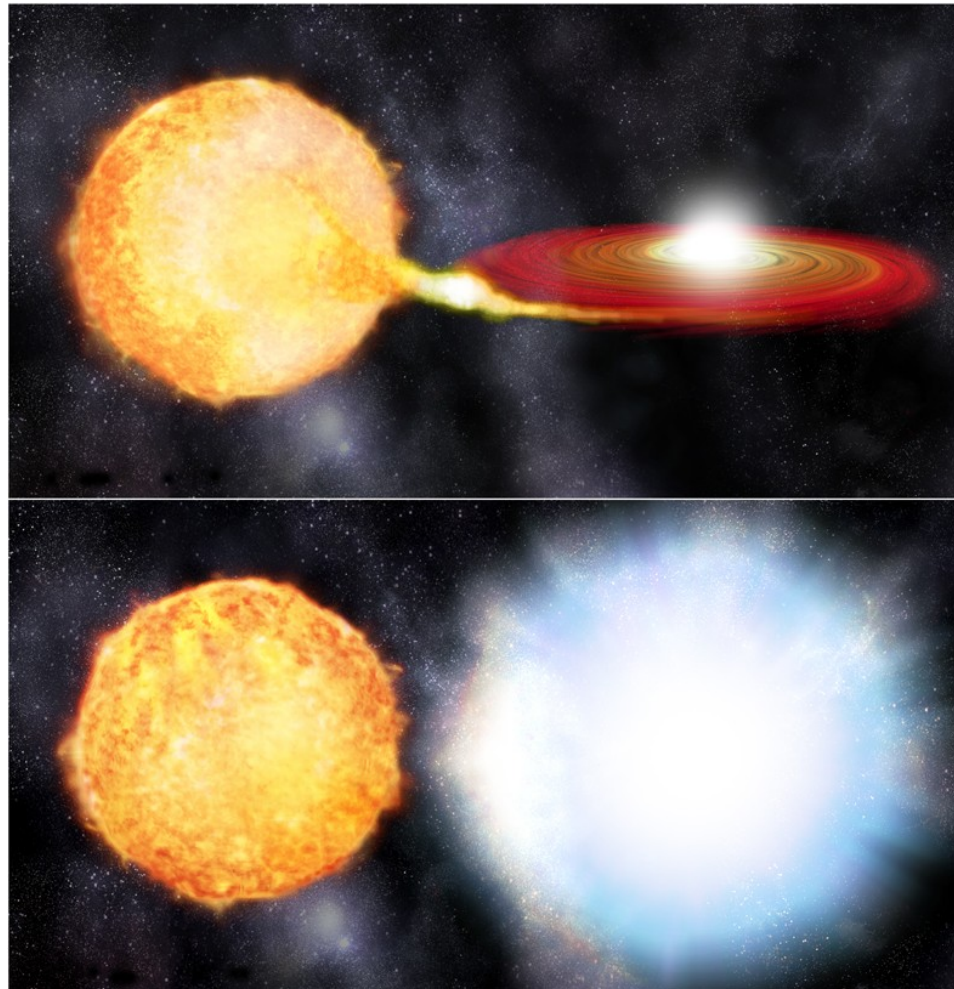
Ring-Nebel



# Wäre die Sonne ein enger Doppelstern...

---

**Gasübertrag** von einem Begleiter kann den Weißen Zwerg “wiederbeleben”.

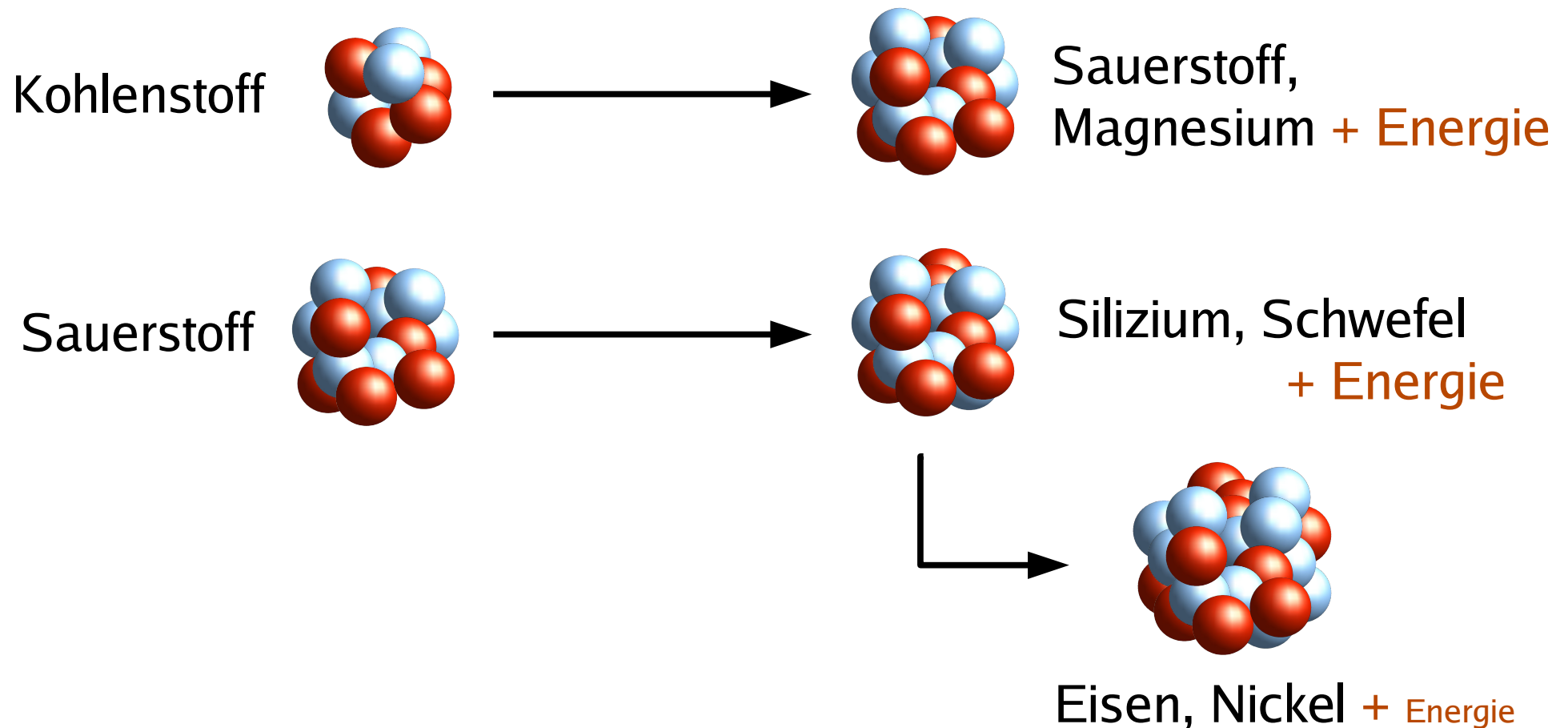


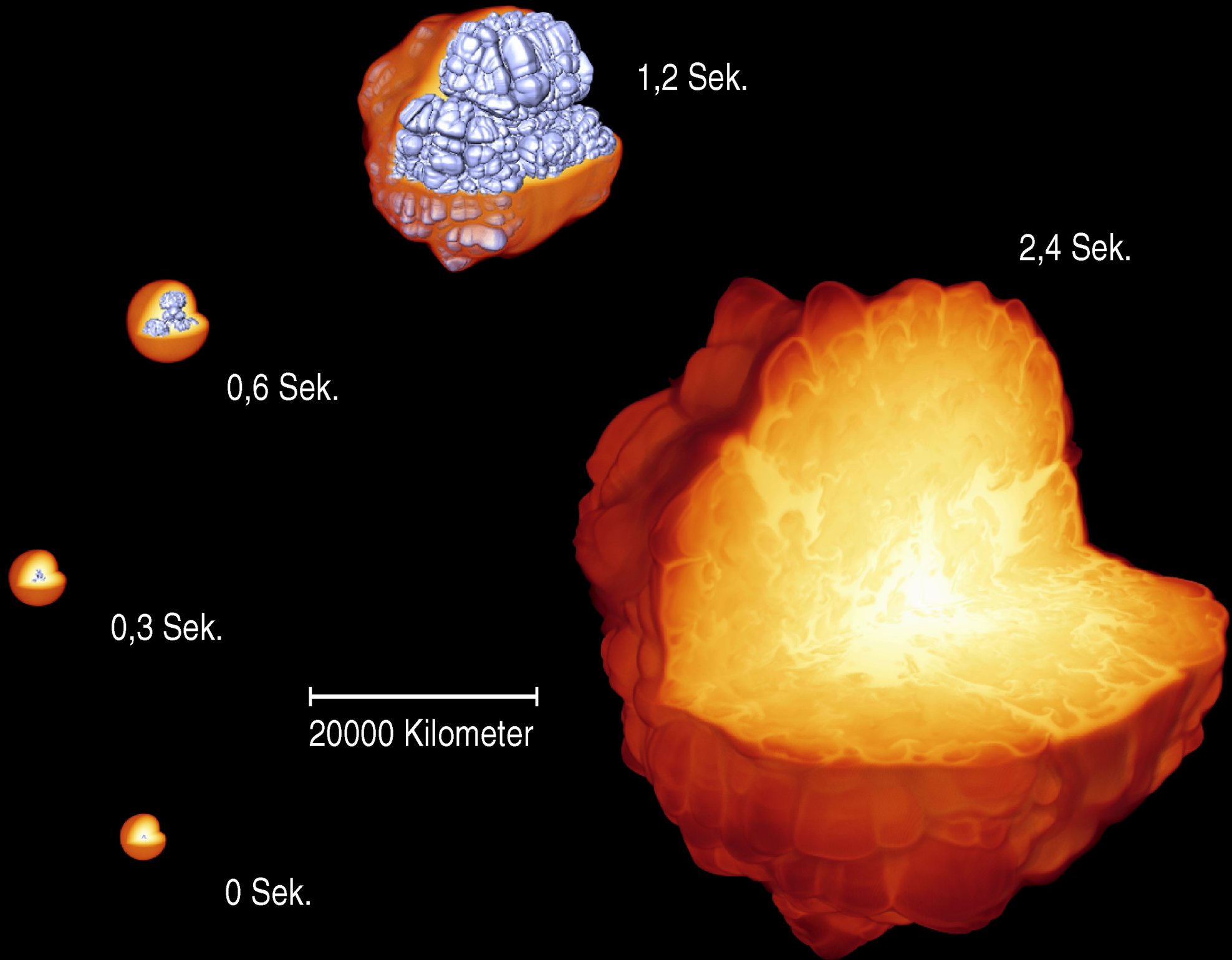
# Weißer Zwerg explodiert als Supernova





# Energieerzeugung in explodierenden Weißen Zwergen



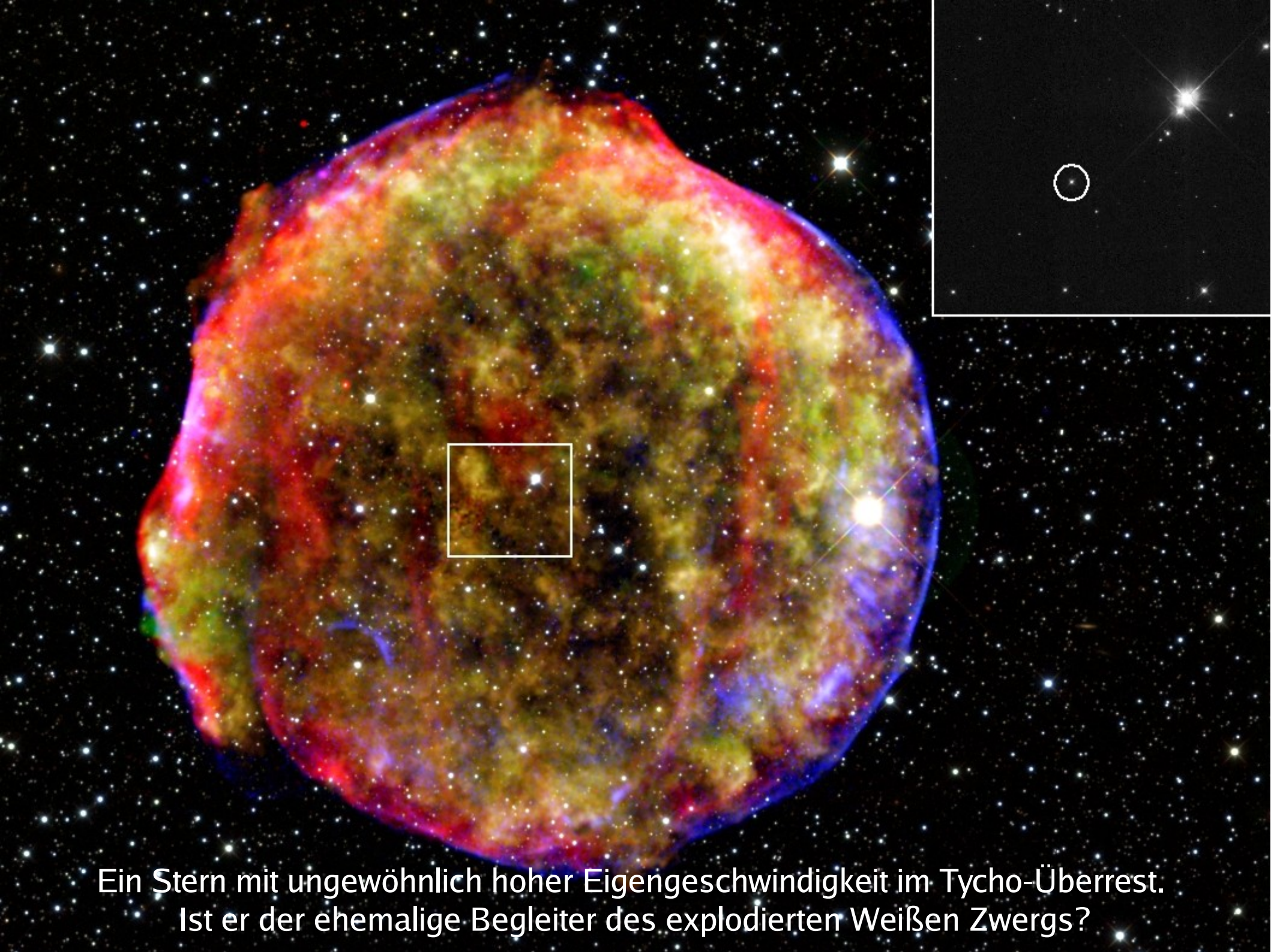




# Das nukleare Feuer zündet erneut!





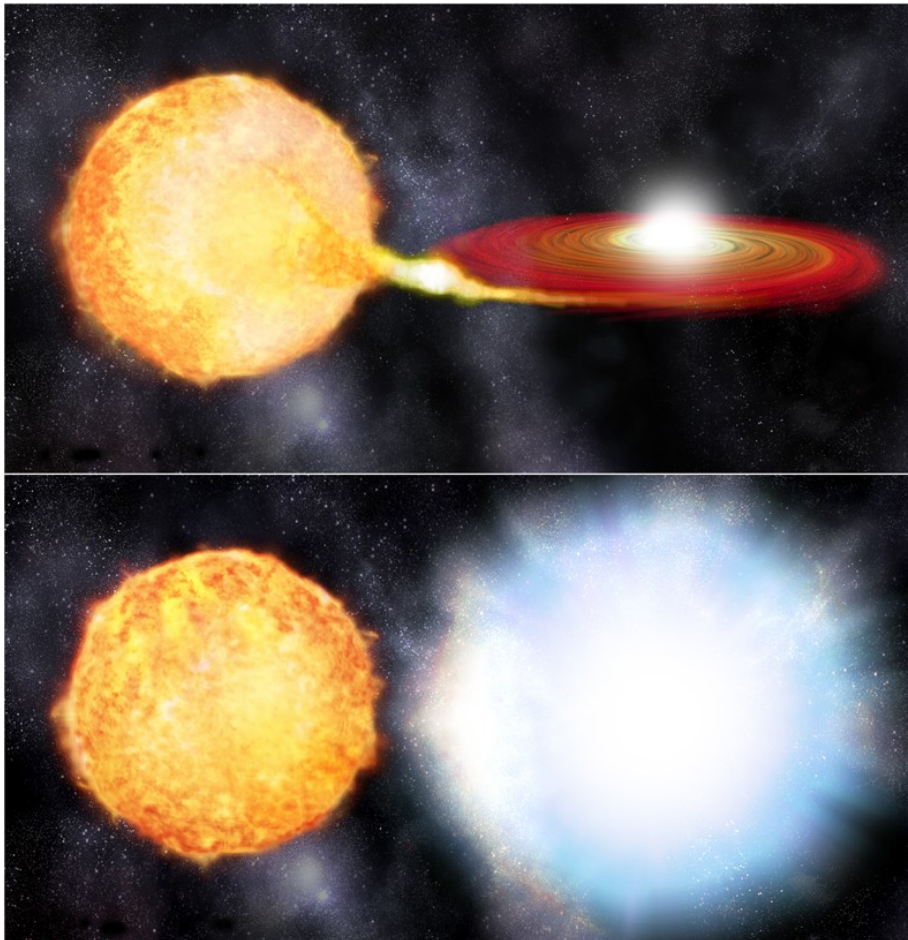


Ein Stern mit ungewöhnlich hoher Eigengeschwindigkeit im Tycho-Überrest.  
Ist er der ehemalige Begleiter des explodierten Weißen Zwergs?

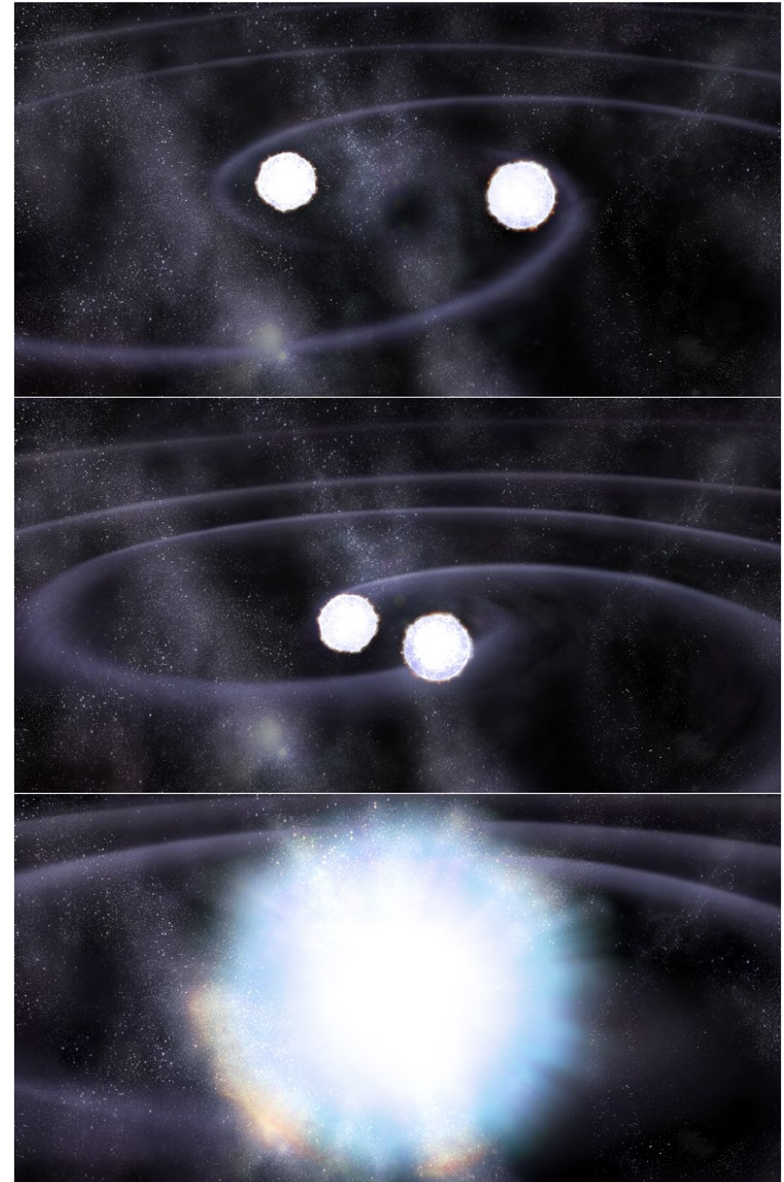


# Wäre die Sonne ein enger Doppelstern...

Die Wechselwirkung mit einem Begleiter kann den Weißen Zwerg “wiederbeleben”.



Gasübertrag vom Begleitstern



Verschmelzung von zwei Weißen Zwergen



# Supernova 2011fe in der Feuerrad-Galaxie M101

21 Millionen Lichtjahren Entfernung





# Supernova 2011fe in der Feuerrad-Galaxie M101

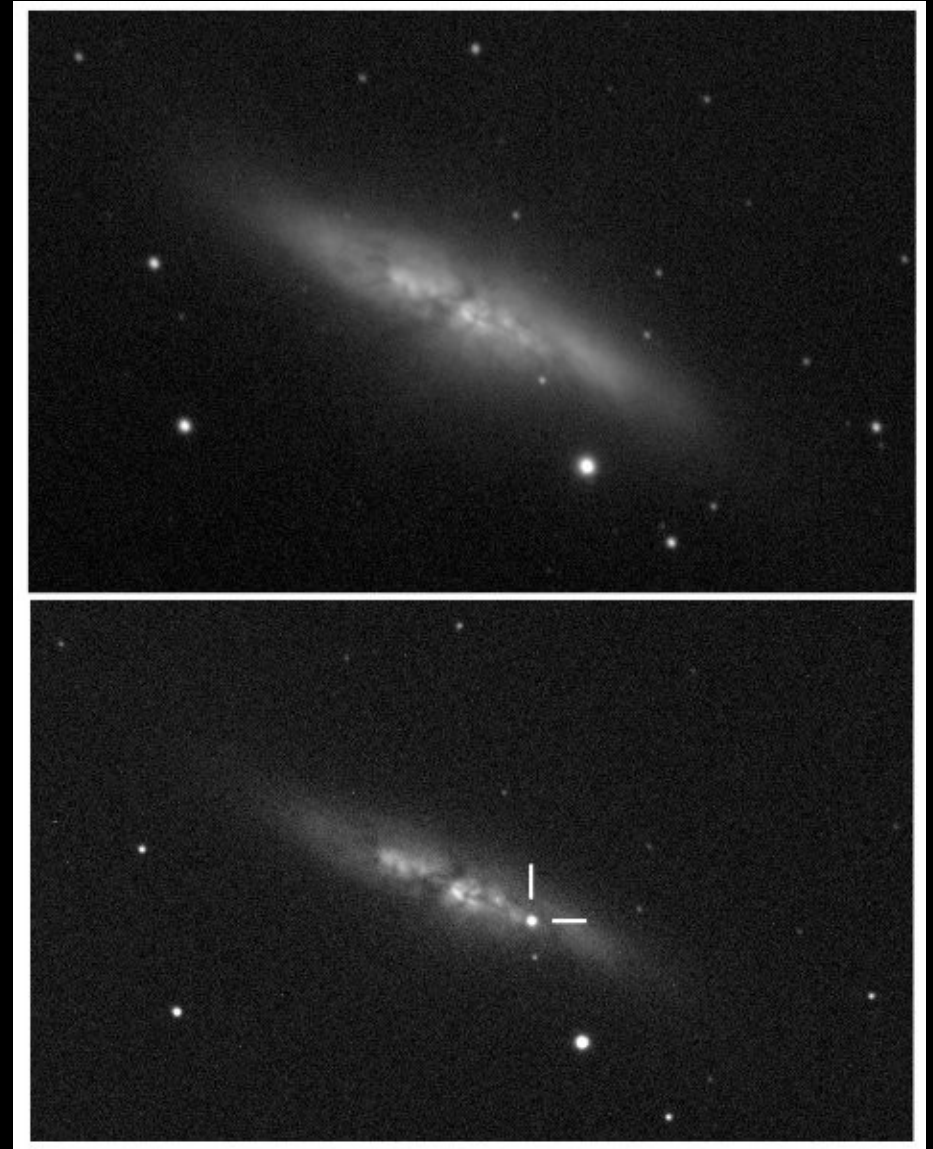
21 Millionen Lichtjahren Entfernung



# Supernova 2014J in der Zigarrengalaxie M82

Mit ca. 12 Millionen Lichtjahren Entfernung ist dies der erdnächste explodierte Weiße Zwerg seit Keplers Supernova von 1604!

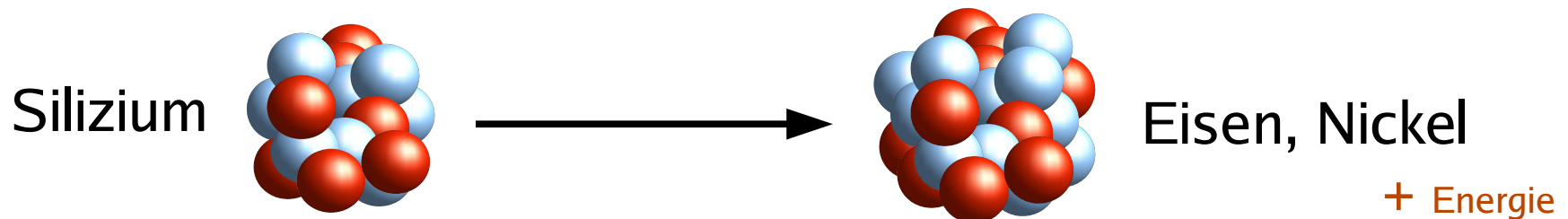
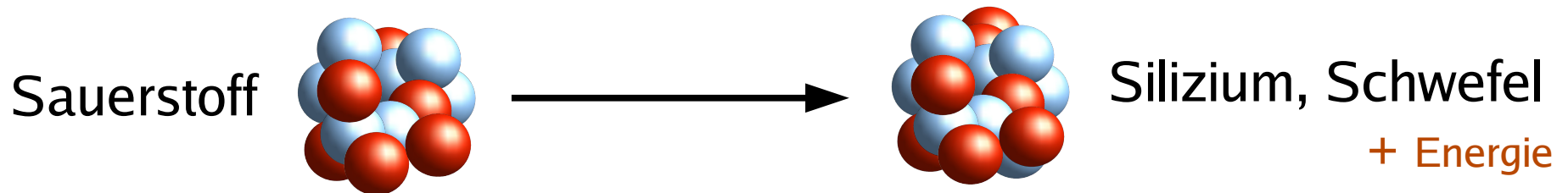
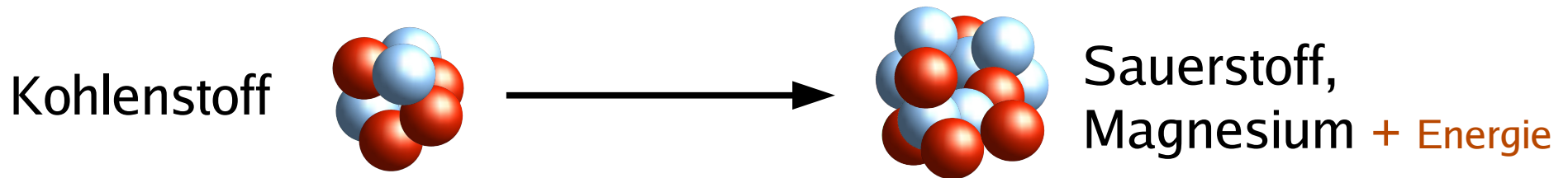
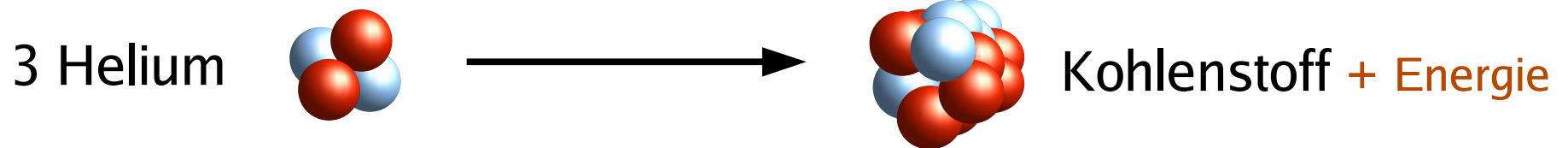
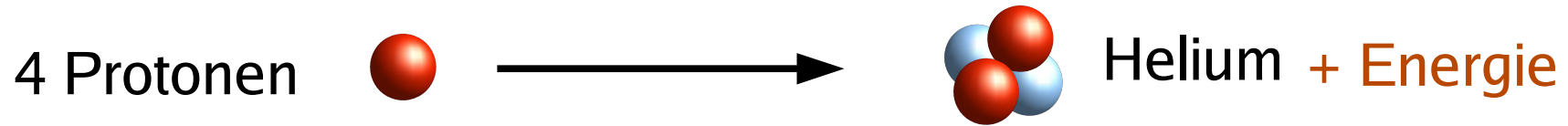
Zu hell für automatische  
Supernova-Suchprogramme.  
Von Londoner Studenten entdeckt!





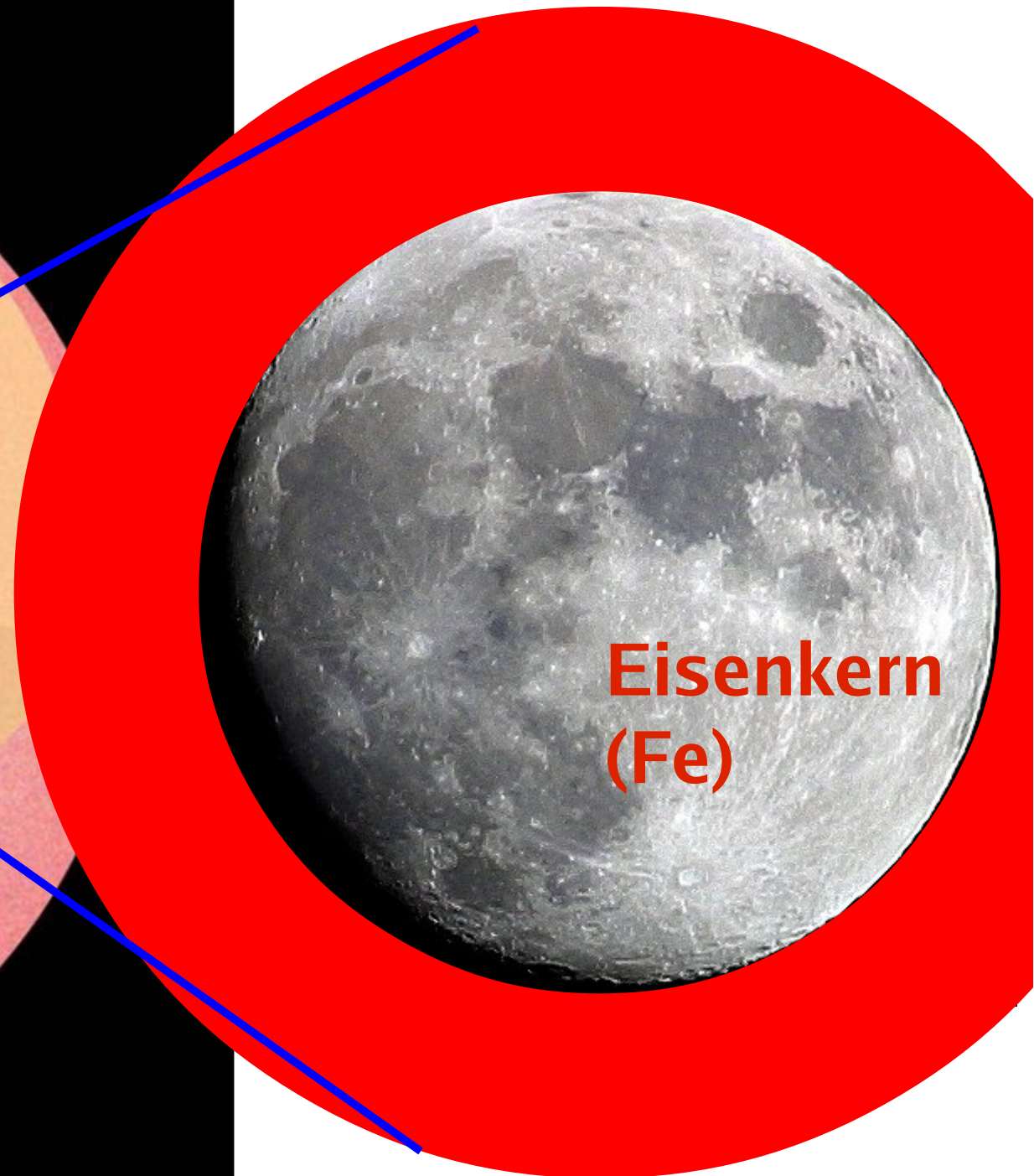
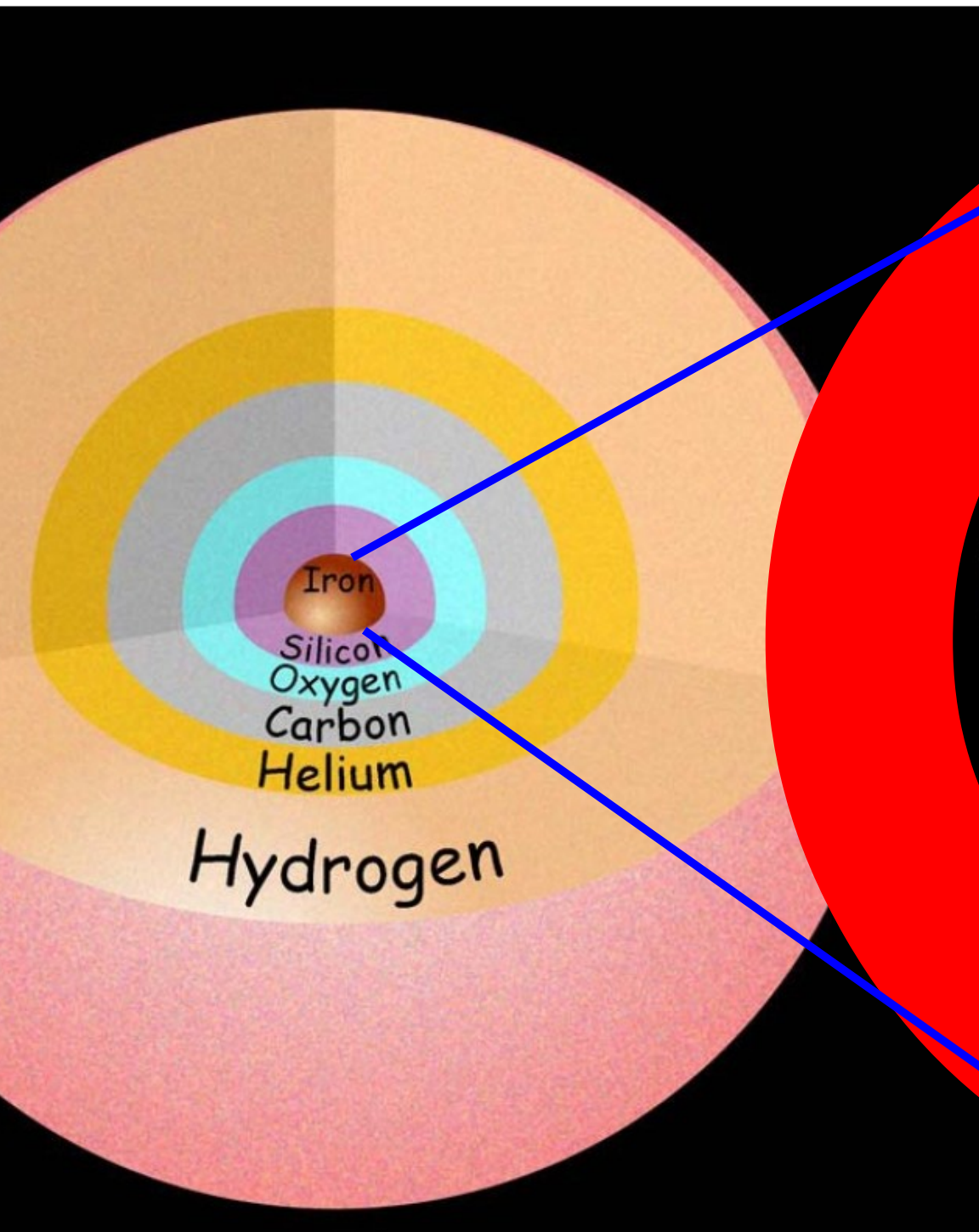
**Wie entwickeln sich Sterne,  
die viel schwerer sind  
als die Sonne ?**

# Energieerzeugung in schweren Sternen





# Massereicher Stern mit Zwiebelschalenstruktur



**Was passiert dann?**



# Supernova-Theorie



Walter Baade und Fritz  
Zwicky (1933):

**“Der Kernbereich eines  
entwickelten,  
massereichen Sterns  
kollabiert zu einem  
Neutronenstern,  
während der Stern als  
Supernova explodiert.”**

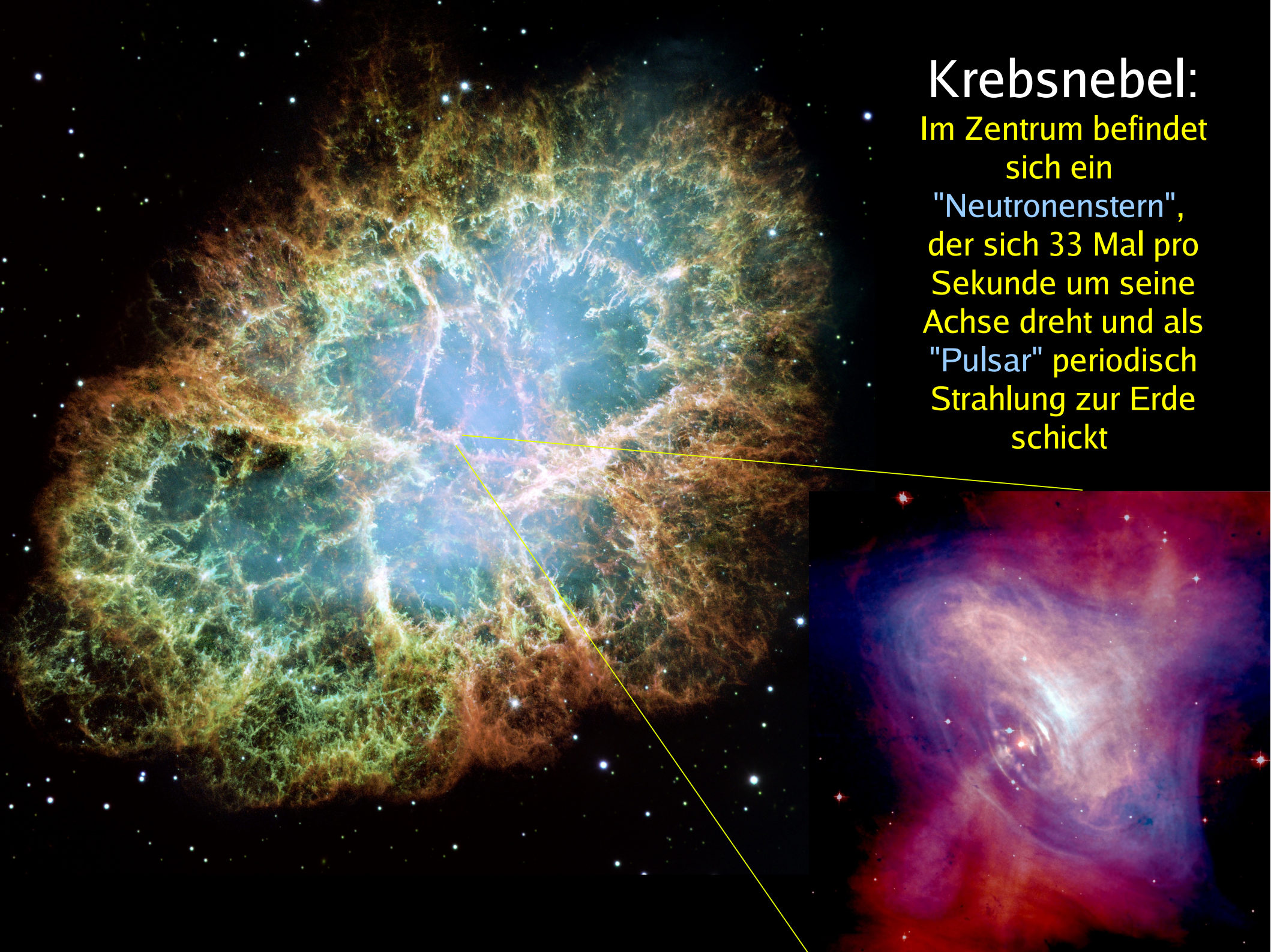
Fritz Zwicky (1898–1974)



# Krebsnebel:

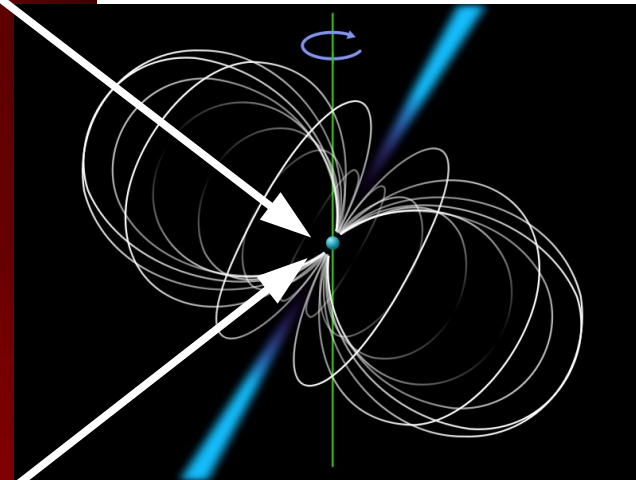
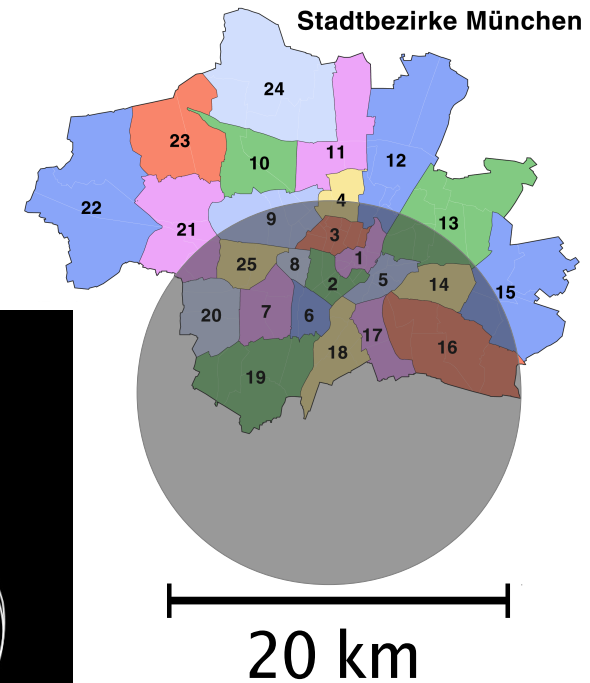
Im Zentrum befindetet  
sich ein

"Neutronenstern",  
der sich 33 Mal pro  
Sekunde um seine  
Achse dreht und als  
"Pulsar" periodisch  
Strahlung zur Erde  
schickt

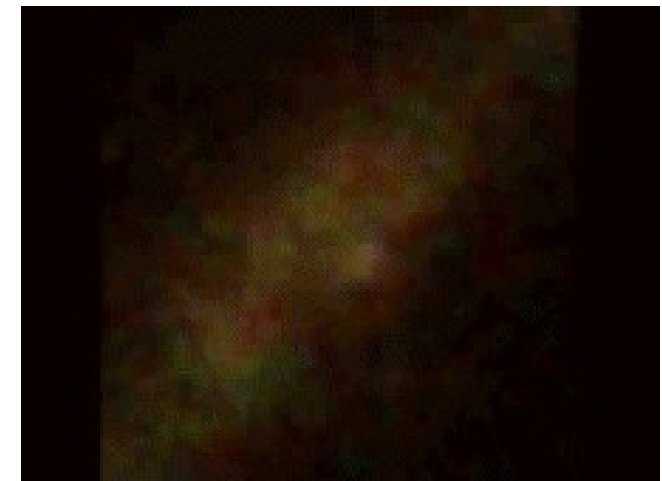


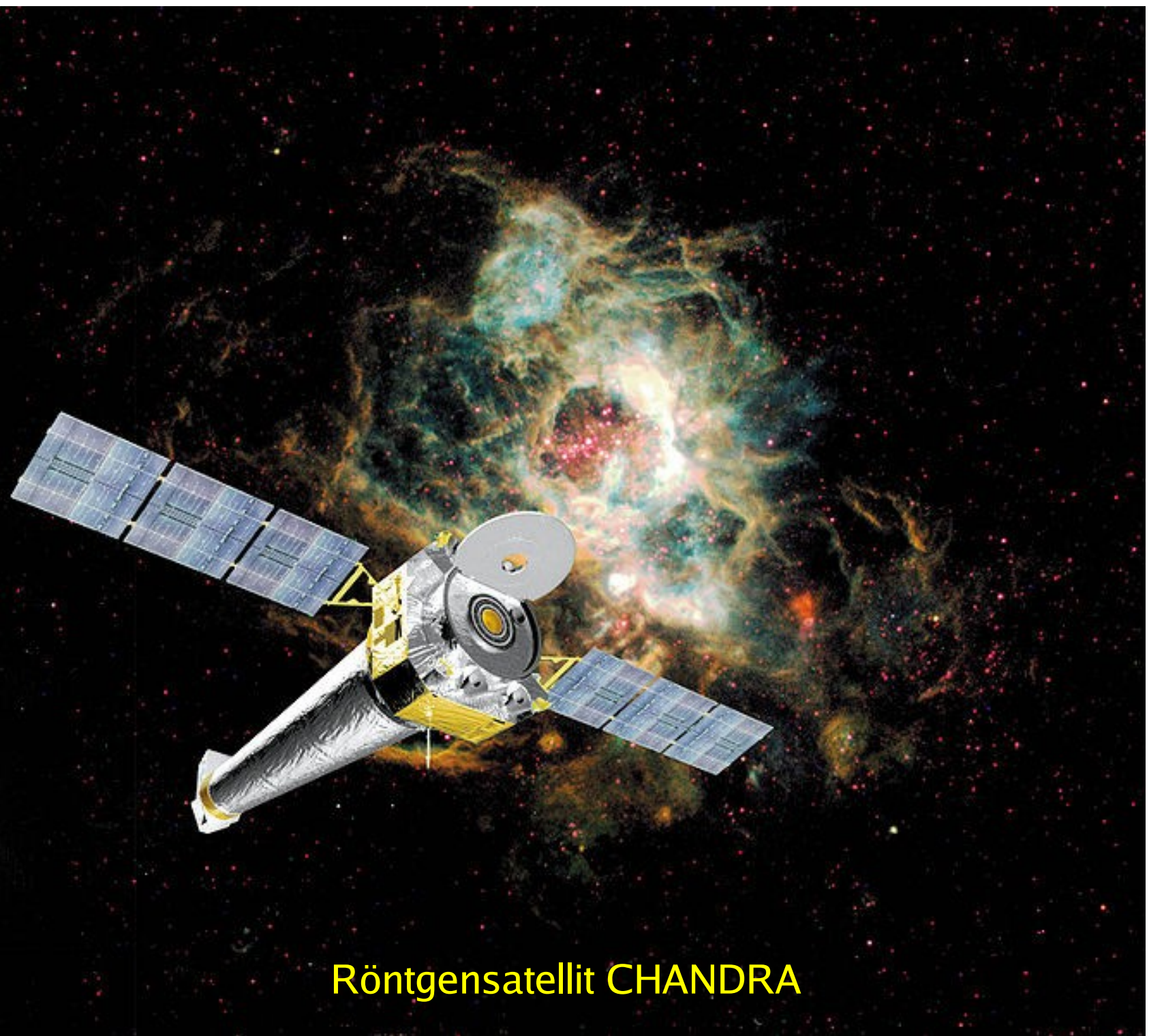


# Neutronensterne als Pulsare



$1,5 \times$  Masse  
der Sonne





Röntgensatellit CHANDRA



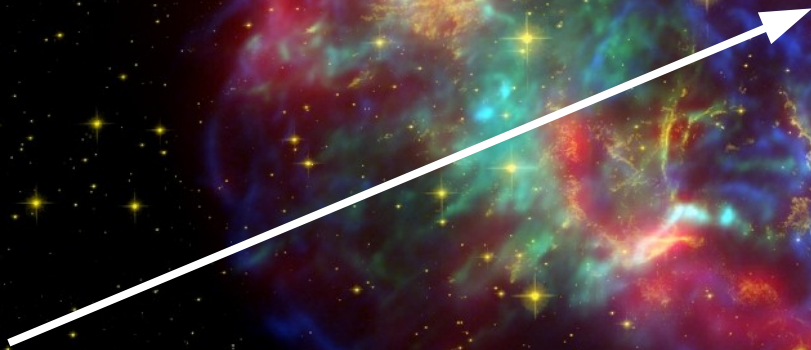
# Supernova- Überrest Kassiopeia A

Bildzusammensetzung: Röntgen (CHANDRA, grün-blau); optisch (HST, gelb); IR (SST, rot)



# Supernova- Überrest Kassiopeia A

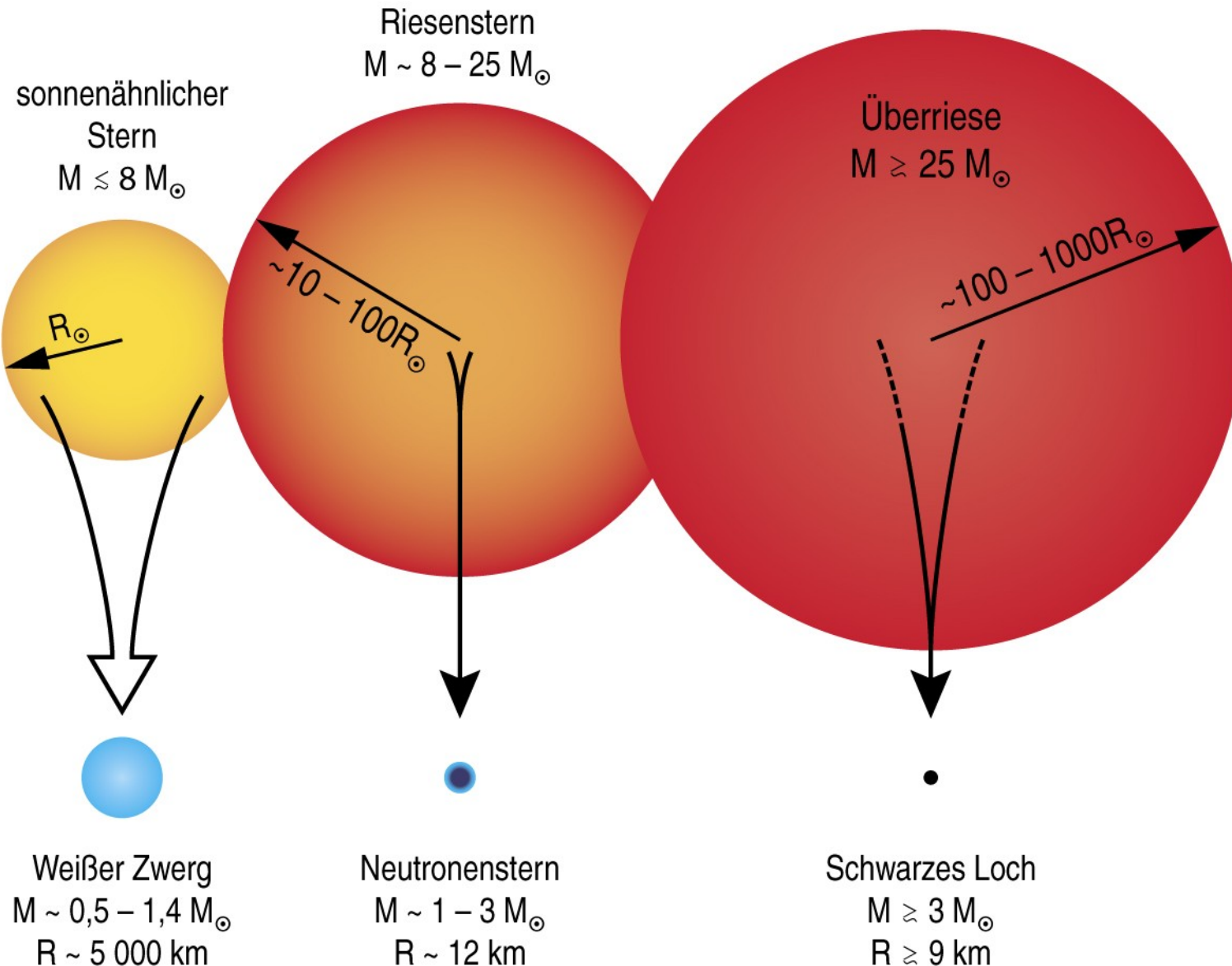
Neutronen-  
stern



Bildzusammensetzung: Röntgen (CHANDRA, grün-blau); optisch (HST, gelb); IR (SST, rot)



# Endstadien massereicher Sterne



**Was verursacht die Explosion  
schwerer Sterne?**



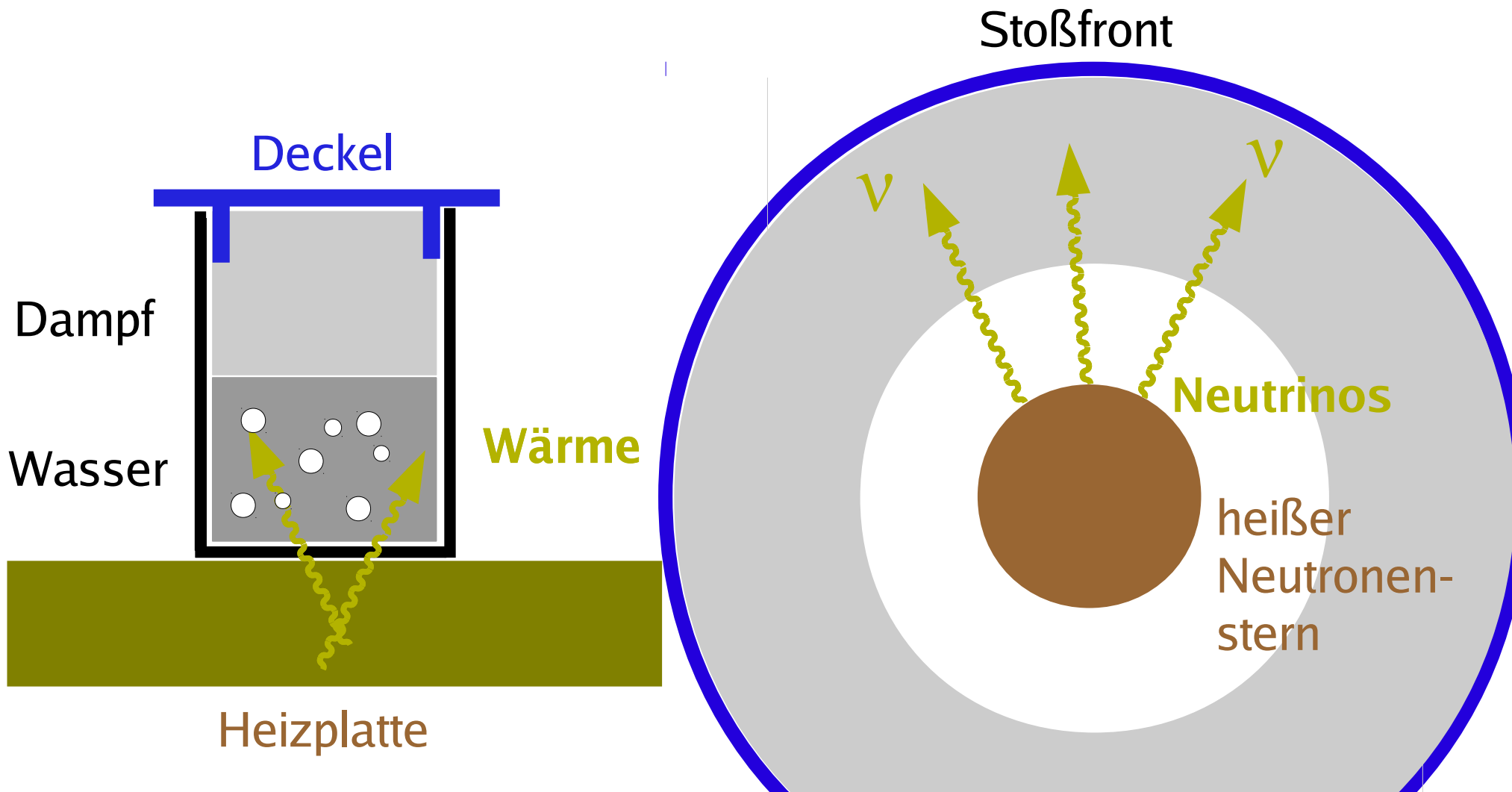
# Mechanismus der Explosion von Kernkollaps-Supernovae

Neutrinos spielen eine entscheidende Rolle, weil riesige Energiemengen durch den heißen Neutronenstern in Form dieser Elementarteilchen freigesetzt werden. Die Energie in Neutrinos ist 100-fach höher als die kinetische Energie der Explosion.

Neutrinos heizen das stellare Gas, das auf den Neutronenstern kollabiert, und treiben so eine Stoßwelle an, die die Sternexplosion auslöst.

# Das kleinste (und billigste) Supernovamodell-Experiment der Welt

Neutrinoheizen baut hinter der Stoßfront einen hohen Druck auf, der den Stoß und die umliegende Materie wie einen Deckel wegsprengt.





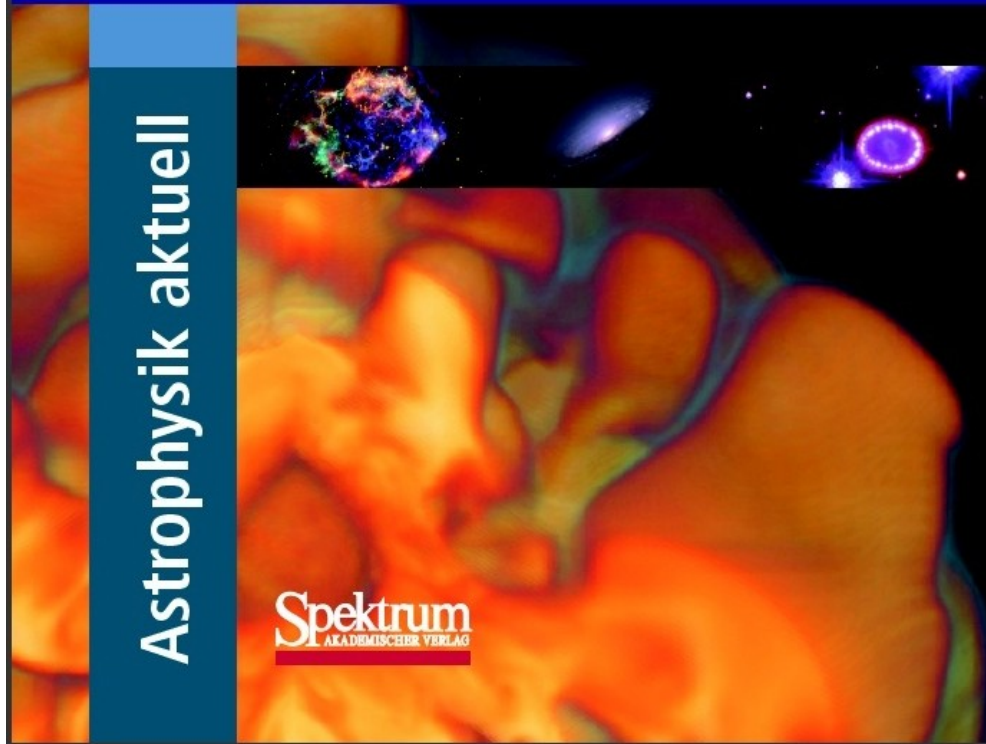
Hans-Thomas Janka

# Supernovae und kosmische Gammablitz

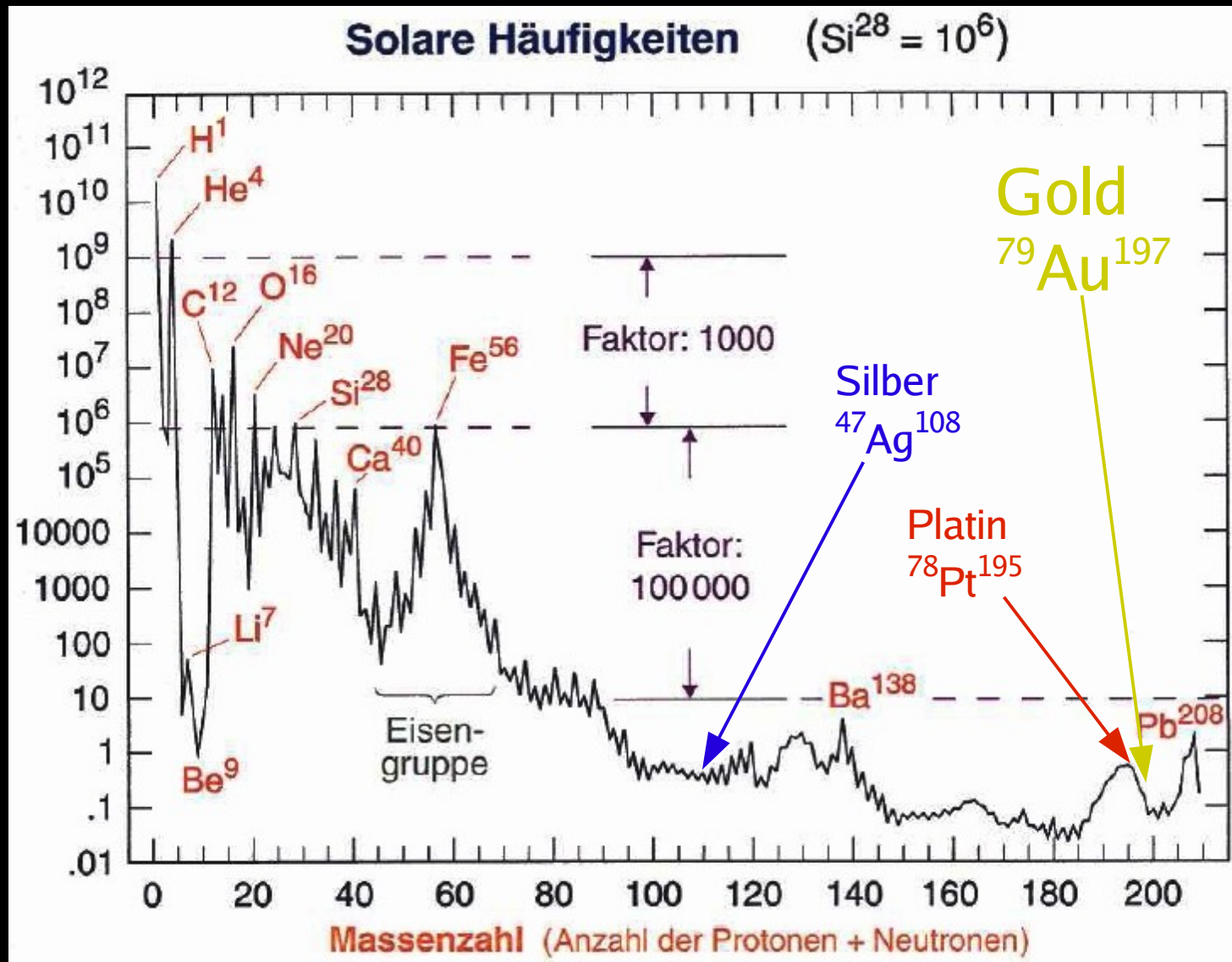
Ursachen und Folgen von  
Sternexplosionen

Astrophysik aktuell

Spektrum  
AKADEMISCHER VERLAG



# Häufigkeit der chemischen Elemente

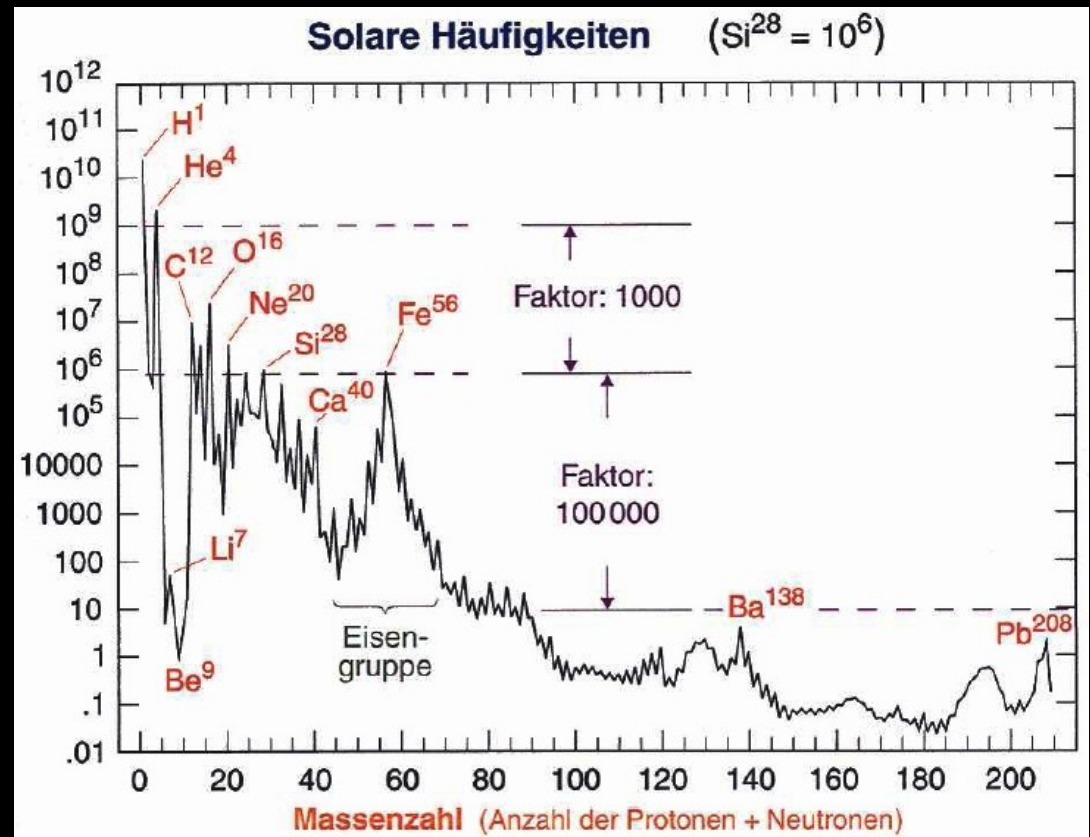
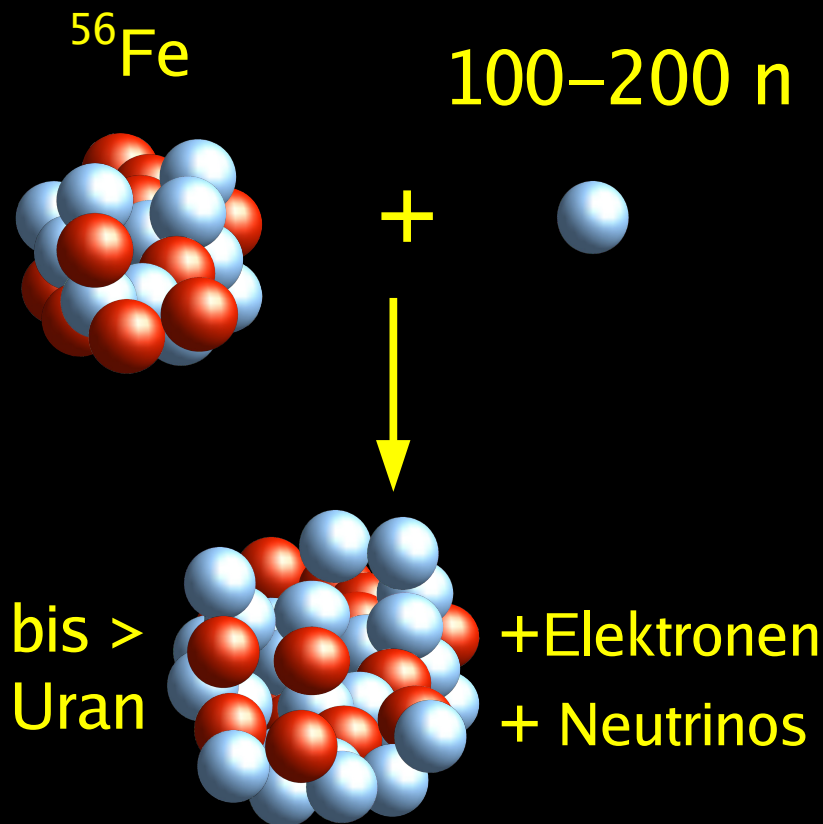




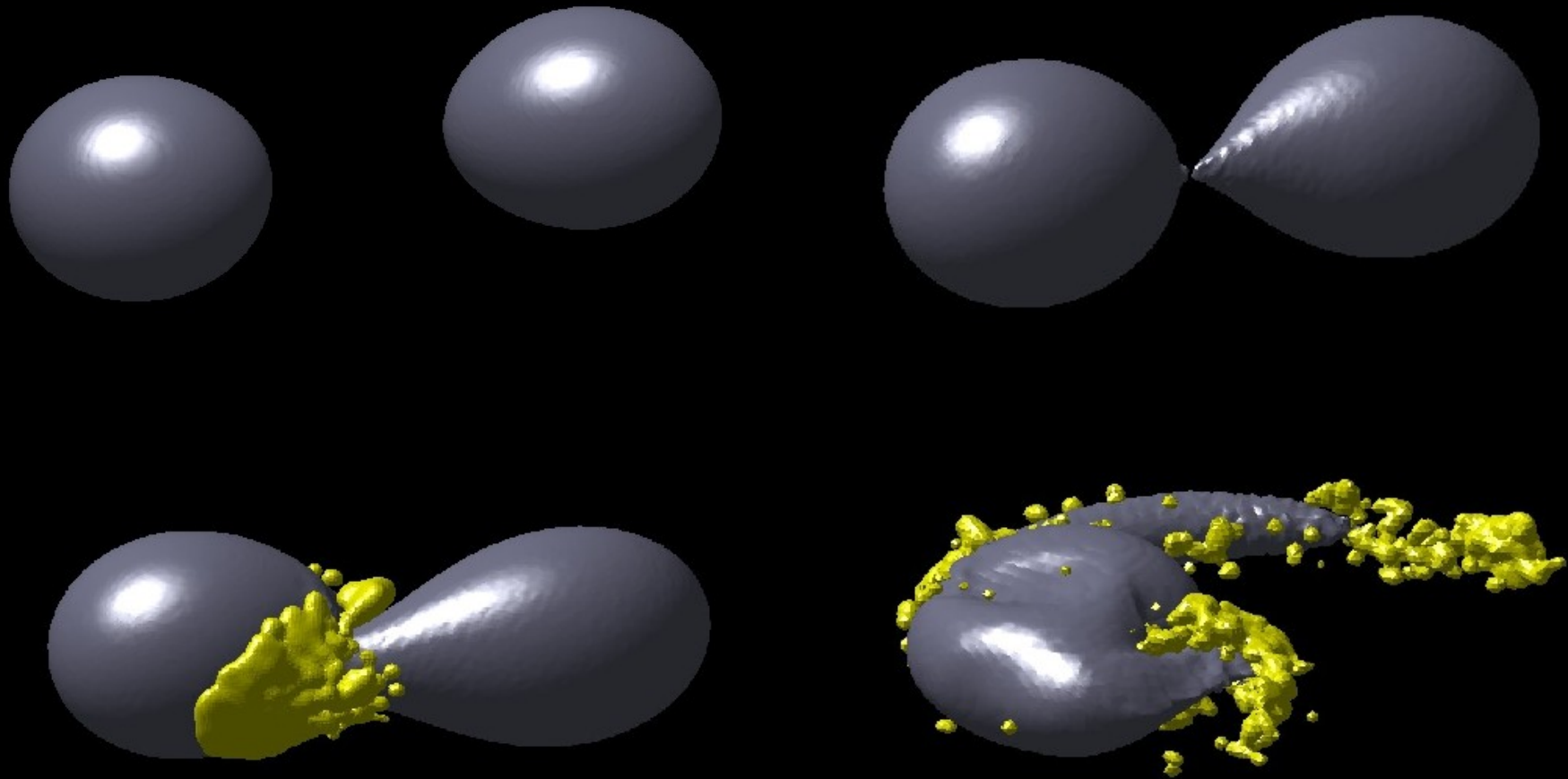
# Entstehung der chemischen Elemente

Elemente schwerer als Eisen werden **durch Einfang von freien Neutronen** auf Atomkerne gebildet, wenn freie Neutronen vorhanden sind:

Im "langsamen Einfangprozess" (s-Prozess) in Sternen,  
im "schnellen Einfangprozess" (r-Prozess) vielleicht in Supernovae



# Gold von kollidierenden Neutronensternen



**Asymmetrische NS-NS Verschmelzung**