

# Weißer Zwerge, Neutronensterne und Schwarze Löcher

---

Werner Becker

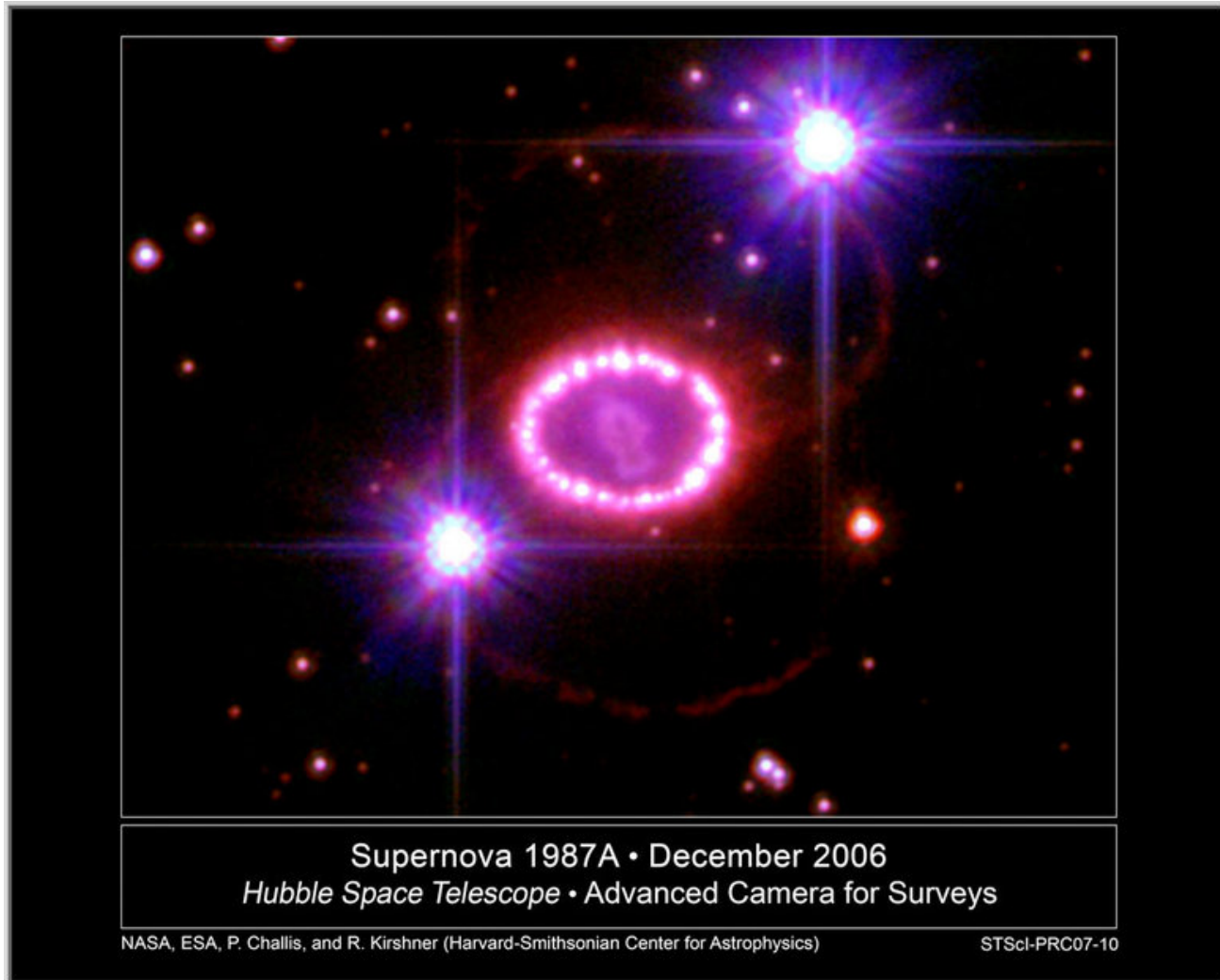
Max-Planck Institut für extraterrestrische Physik

Max-Planck Institut für Astrophysik

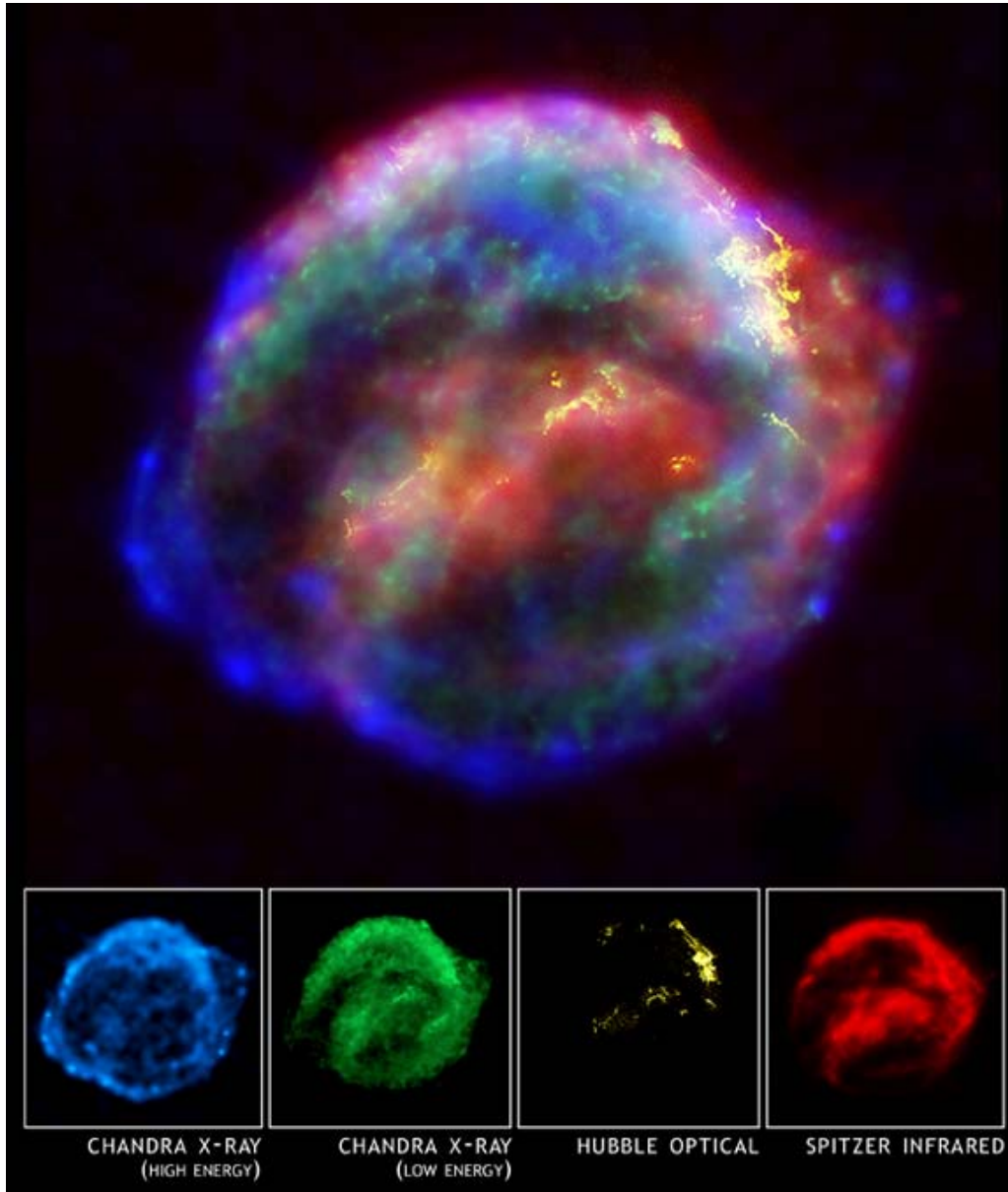
[web@mpe.mpg.de](mailto:web@mpe.mpg.de)

*<http://www.xray.mpe.mpg.de/~web>*

# Supernovaüberreste: SNRs



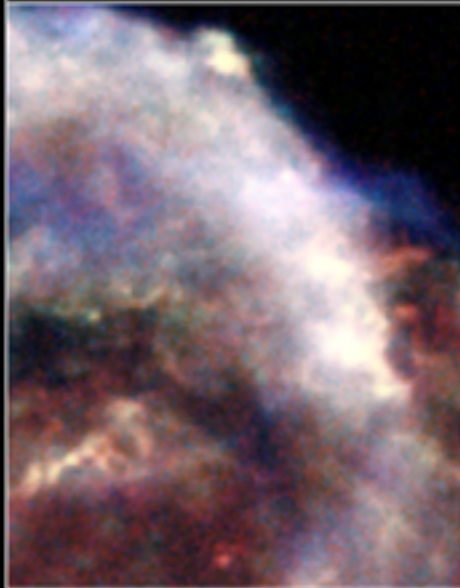
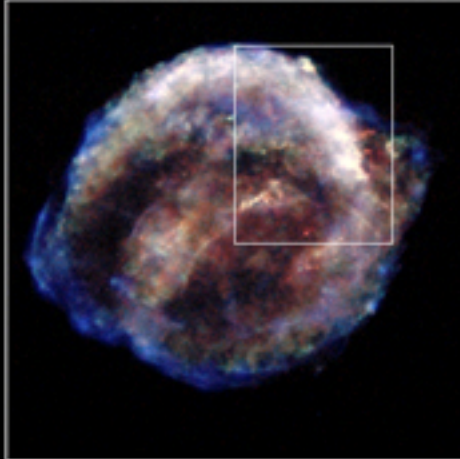
# Historische Supernovaüberreste: Kepler-SNR (SN 1604 AD)



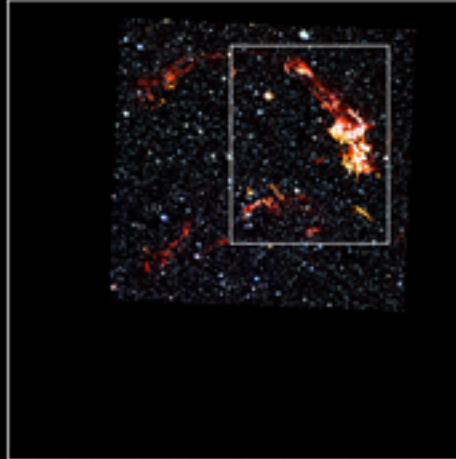
Zusammengesetztes Bild  
des Keplerschen  
Supernovaüberrestes,  
bestehend aus einer  
Röntgen-, optischen und  
Infrarotaufnahme des  
Überrestes.

# Historische Supernovaüberreste: Kepler (SN 1604)

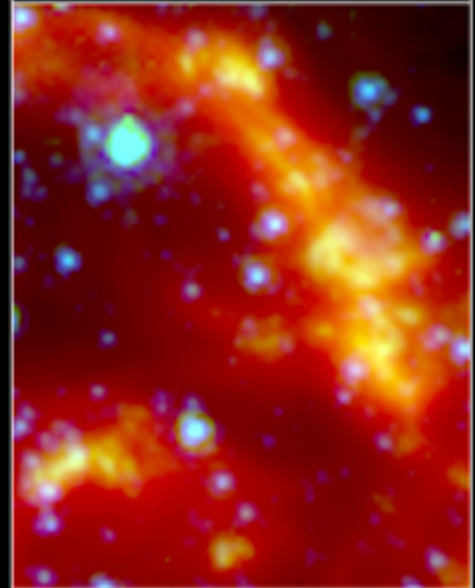
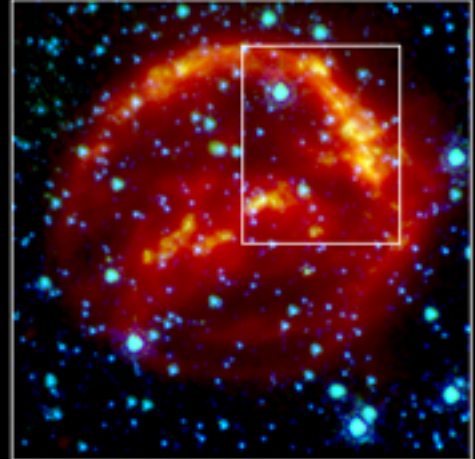
CHANDRA X-RAY



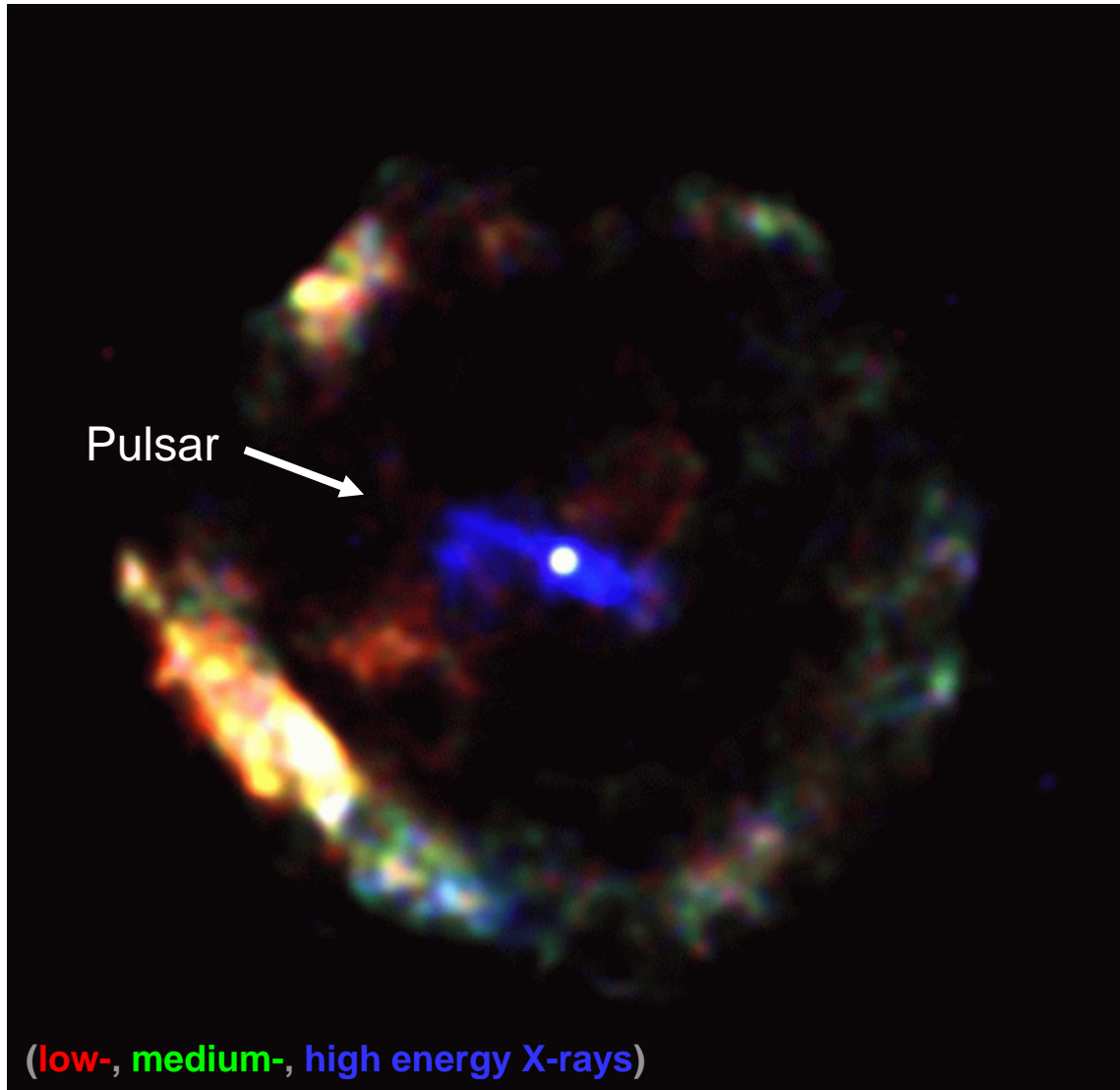
HUBBLE OPTICAL



SPITZER INFRARED



# Historische Supernovaüberreste: G11.2-0.3 (SN 386)



Der Supernovaüberrest G11.2-0.3 mit zentraler kompakter Punktquelle (Radio- u. Röntgenpulsar).

Entfernung ca. 16000 Lichtjahre. Gut zu erkennen der vom Pulsar energetisch gespeiste Synchrotronnebel (blau).

# Historische Supernovaüberreste: G11.2-0.3 (SN 386)

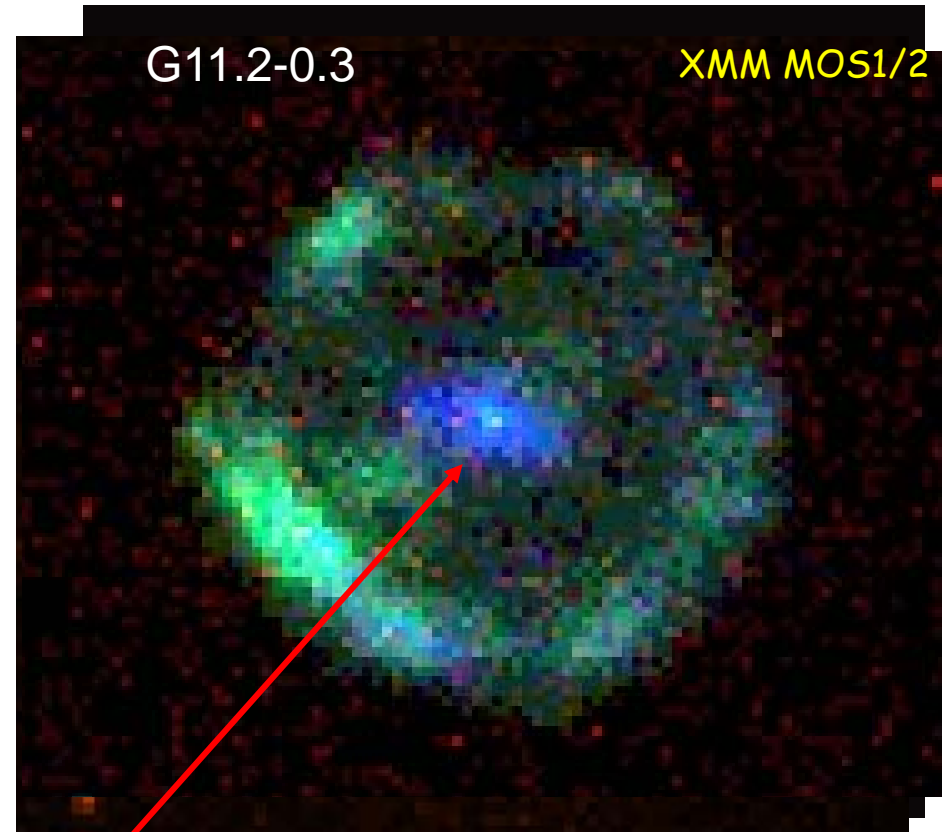
Charakteristische Pulsarparameter

$$P \sim 64 \text{ ms}$$

$$\tau \sim 24000 \text{ yrs}$$

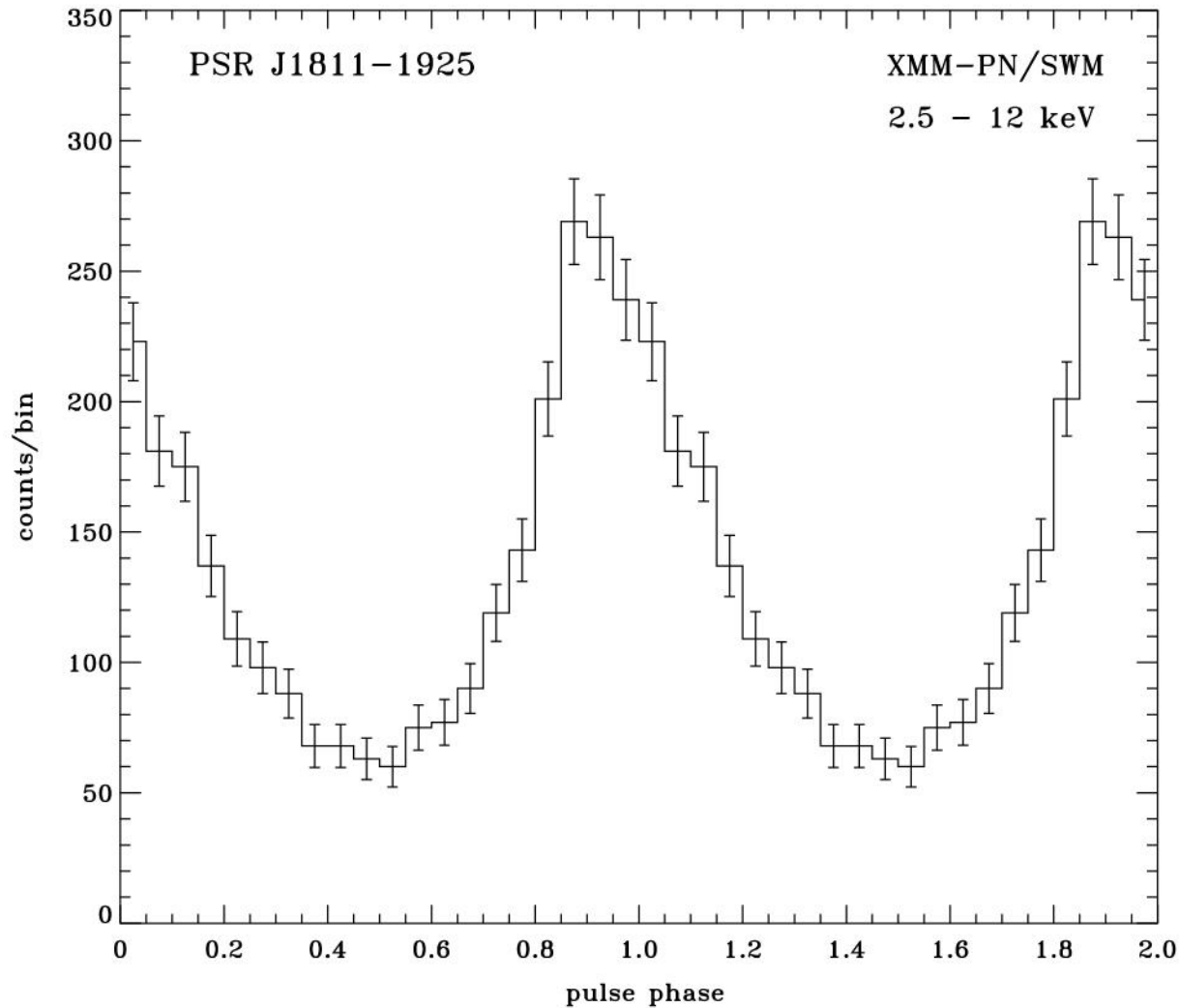
$$d \geq 5 \text{ kpc}$$

$$\log L_x \sim 36.8 \text{ erg/s}$$



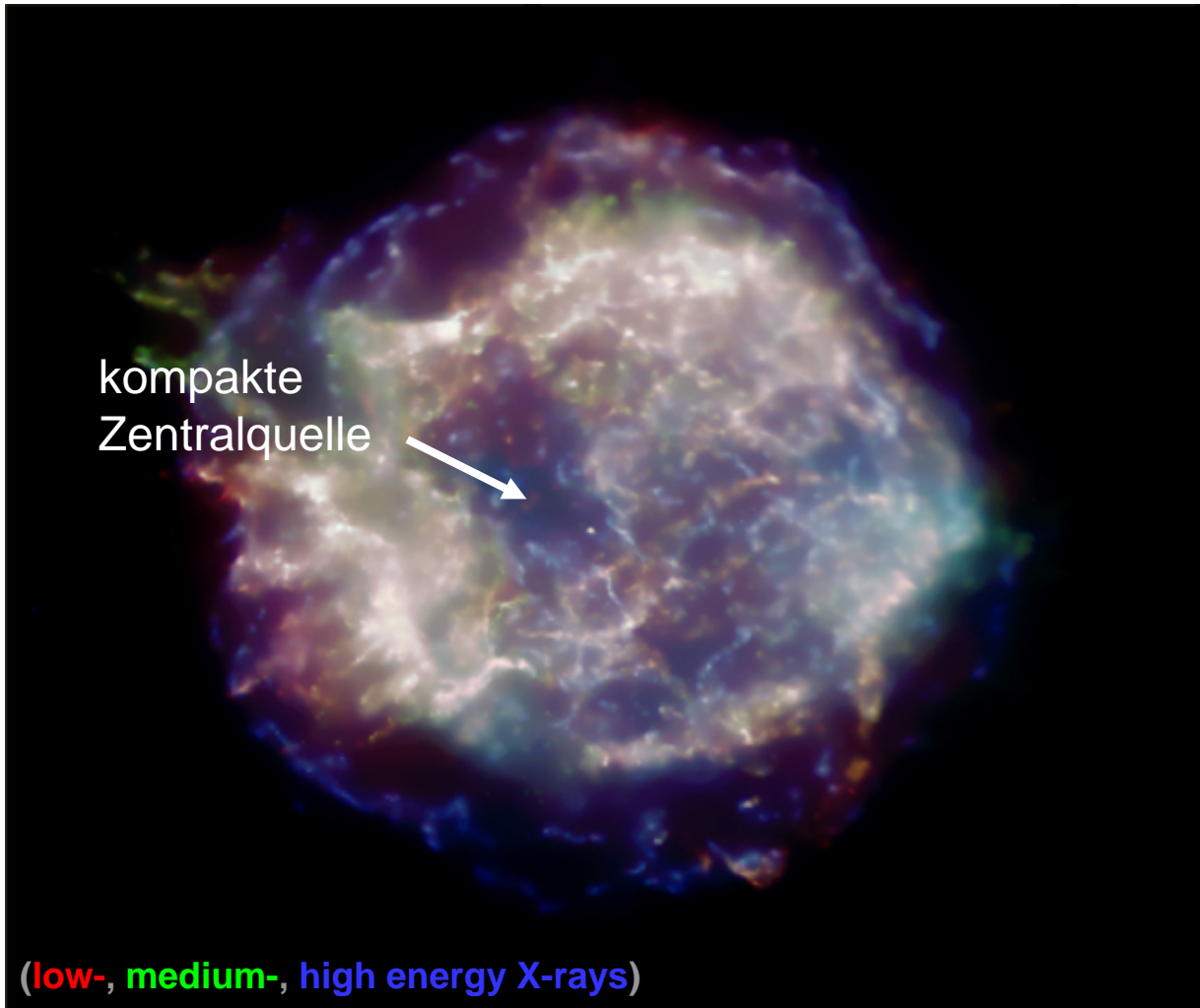
PSR J1811-1926

# Historische Supernovaüberreste: G11.2-0.3 (SN 386)



PSR J1811-1926

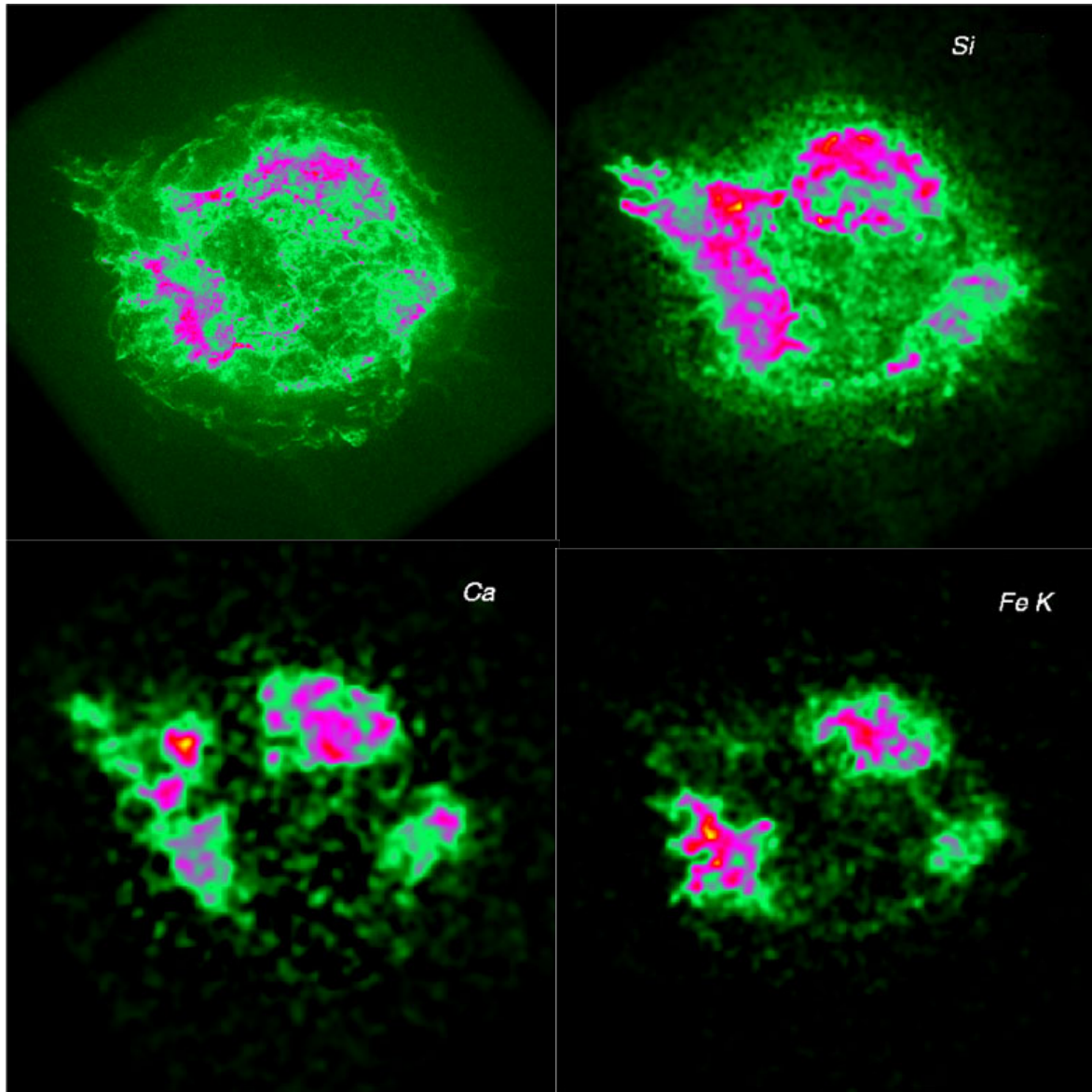
# Historische Supernovaüberreste: CAS-A (SN 1680)



Entfernung ca. 10000 Lichtjahre, Ausdehnung ca. 28 Lichtjahre,  
Gastemperatur ca. 50 000K



# Historische Supernovaüberreste: CAS-A (SN 1680)

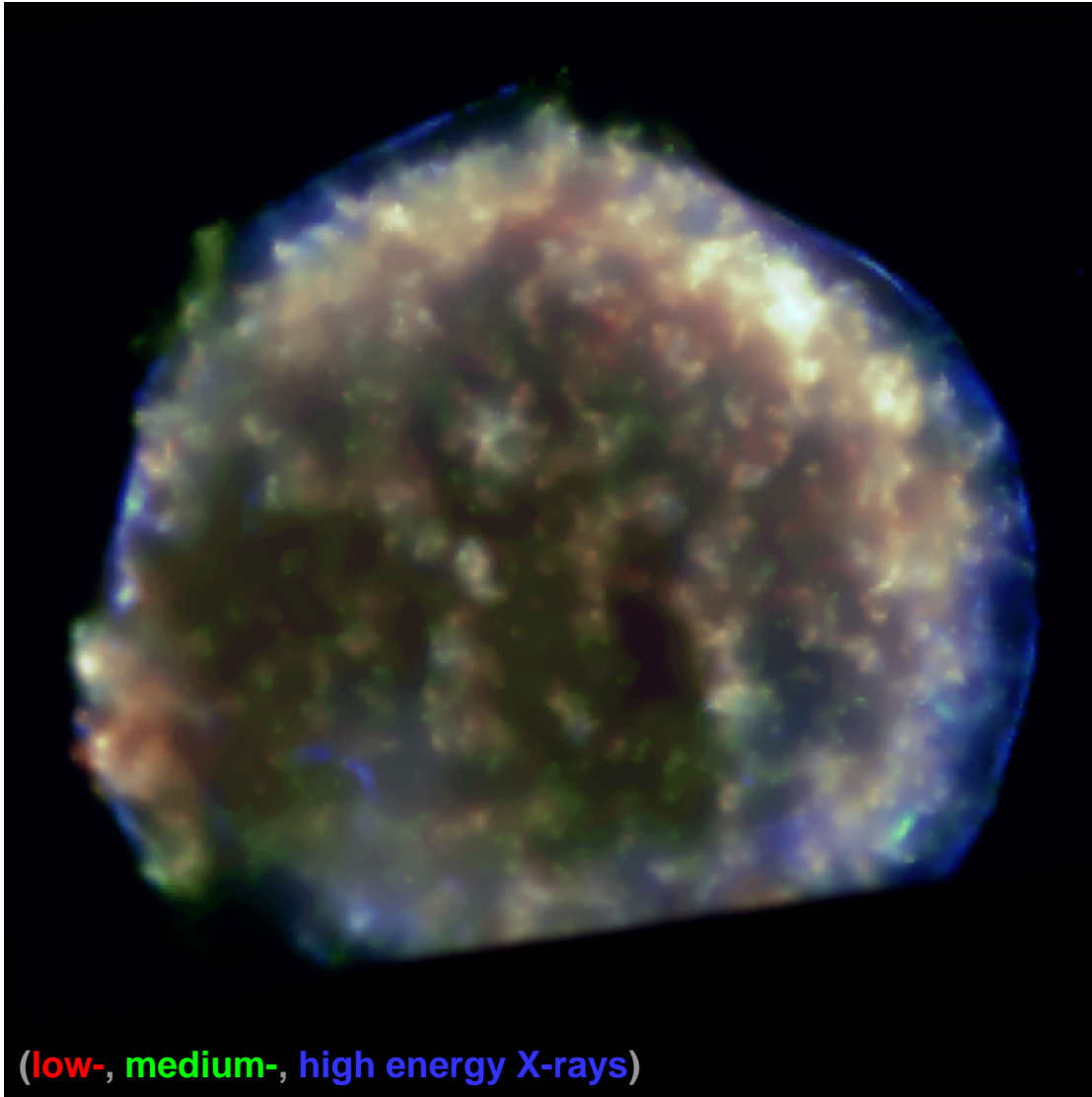


Silizium

Kalzium

Eisen  
K-Linie

# Historische Supernovaüberreste: Tycho (SN 1572)



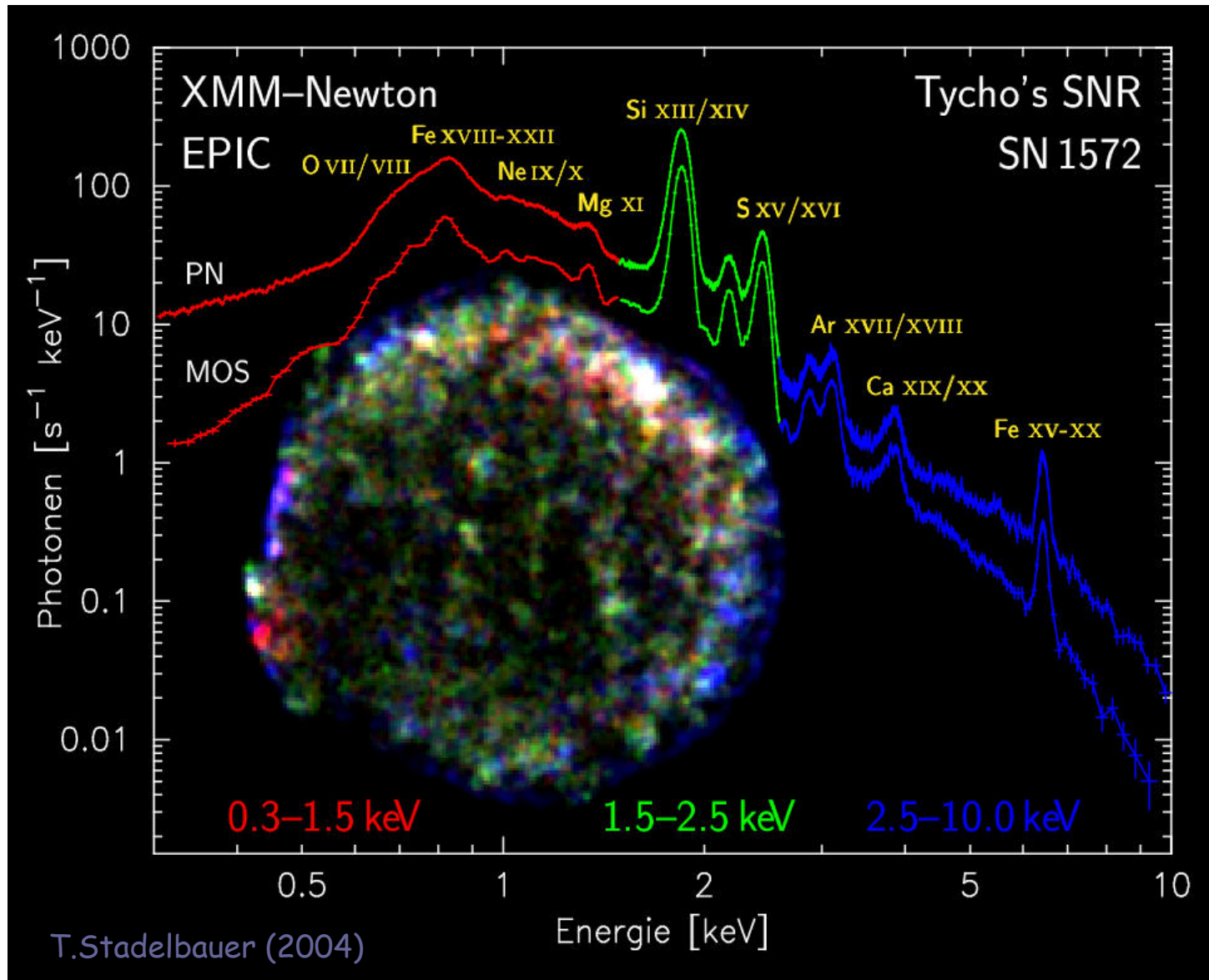
Überrest des von Tycho im Jahre 1572 beobachteten Supernova.

Gastemperatur innen ca. 10 Mio Grad, außen ca. 20 Mio Grad.

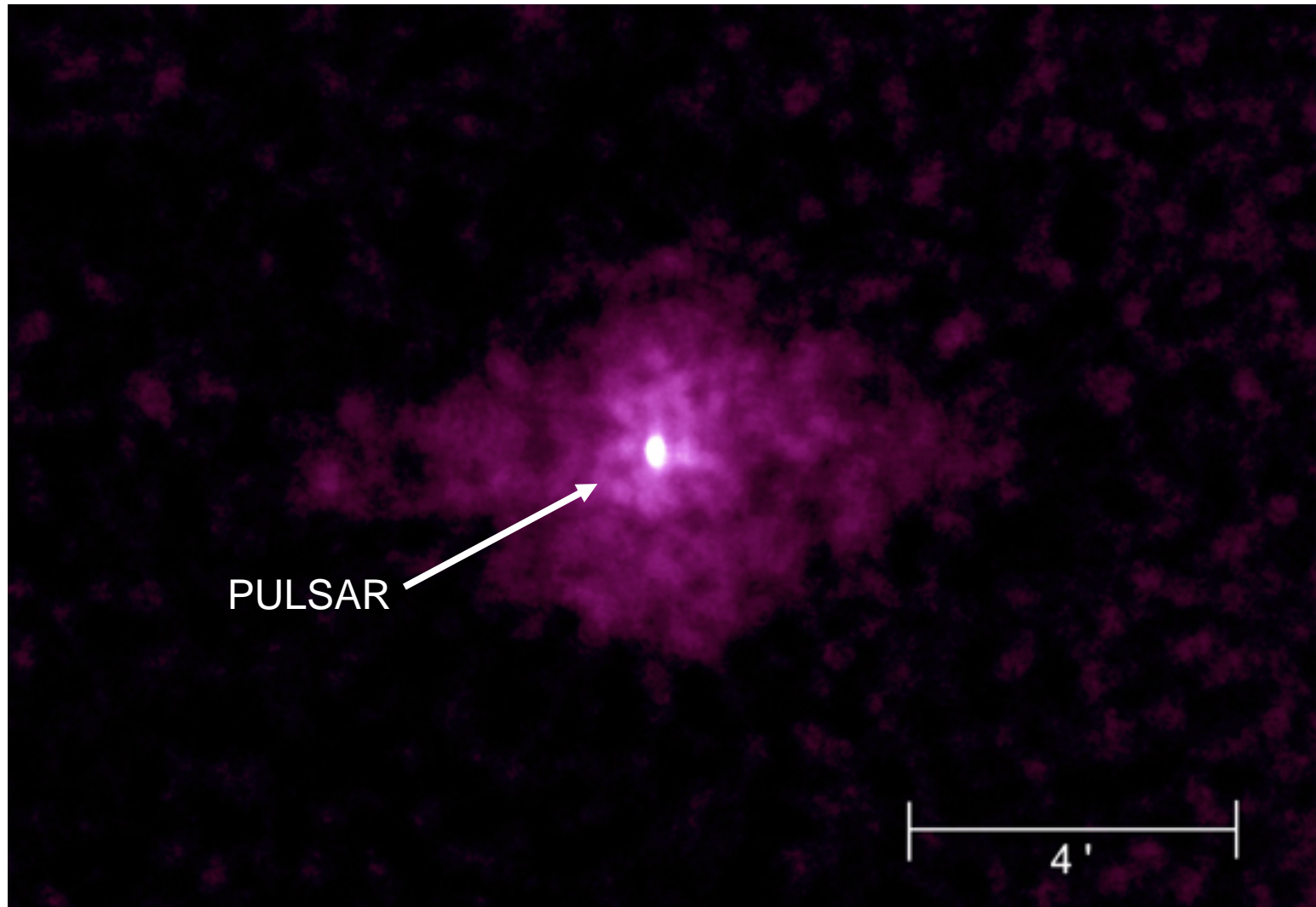
Das fehlen eines zentralen kompakten Überrestes ist in Übereinstimmung mit der von Tycho gemessenen Lichtkurve vom Typ Ia.

(low-, medium-, high energy X-rays)

# Historische Supernovaüberreste: Tycho (SN 1572)

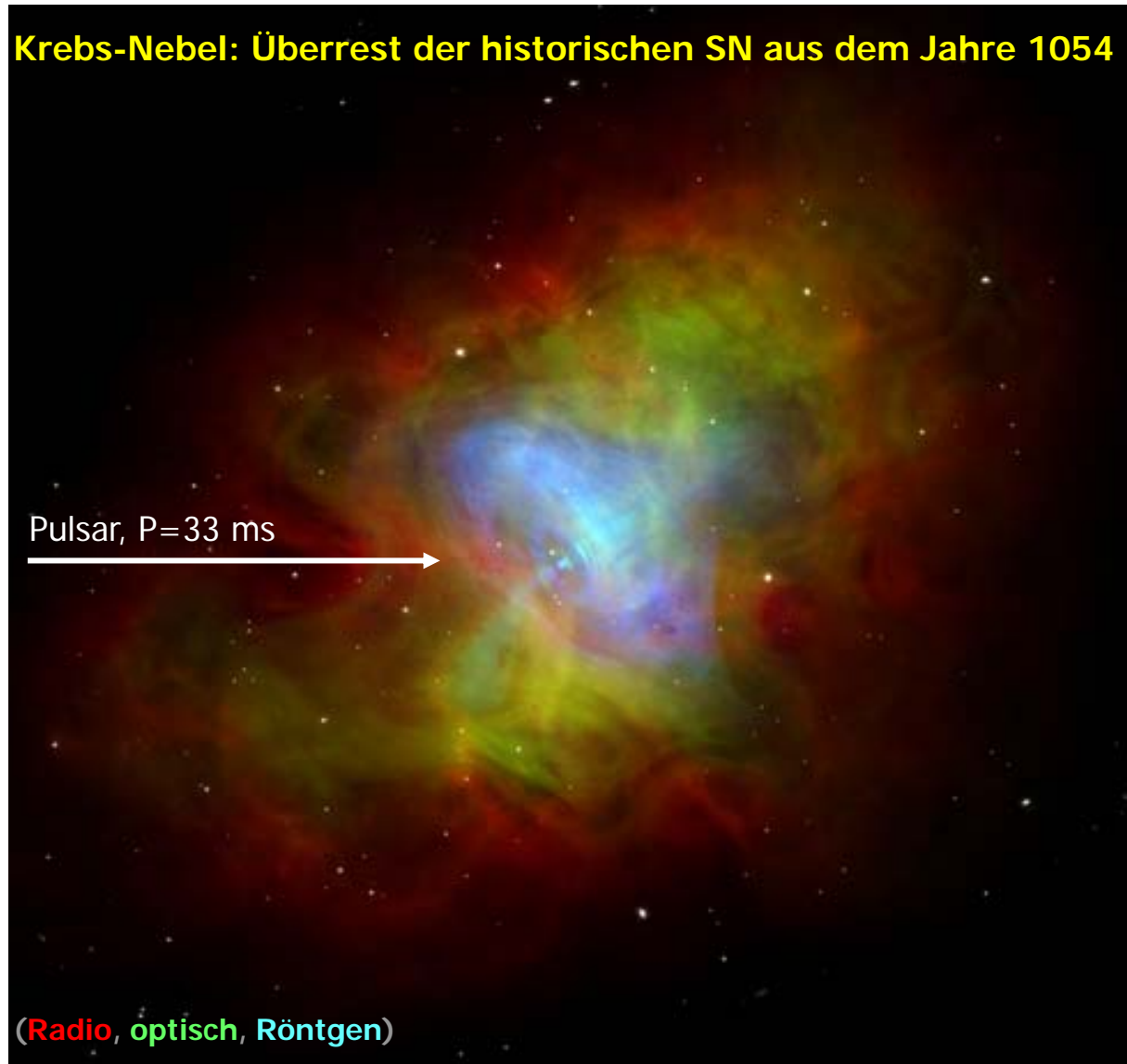


# Historische Supernovaüberreste: 3C58 (SN 1181)



# Historische Supernovaüberreste: Crab-Nebel (SN 1054)

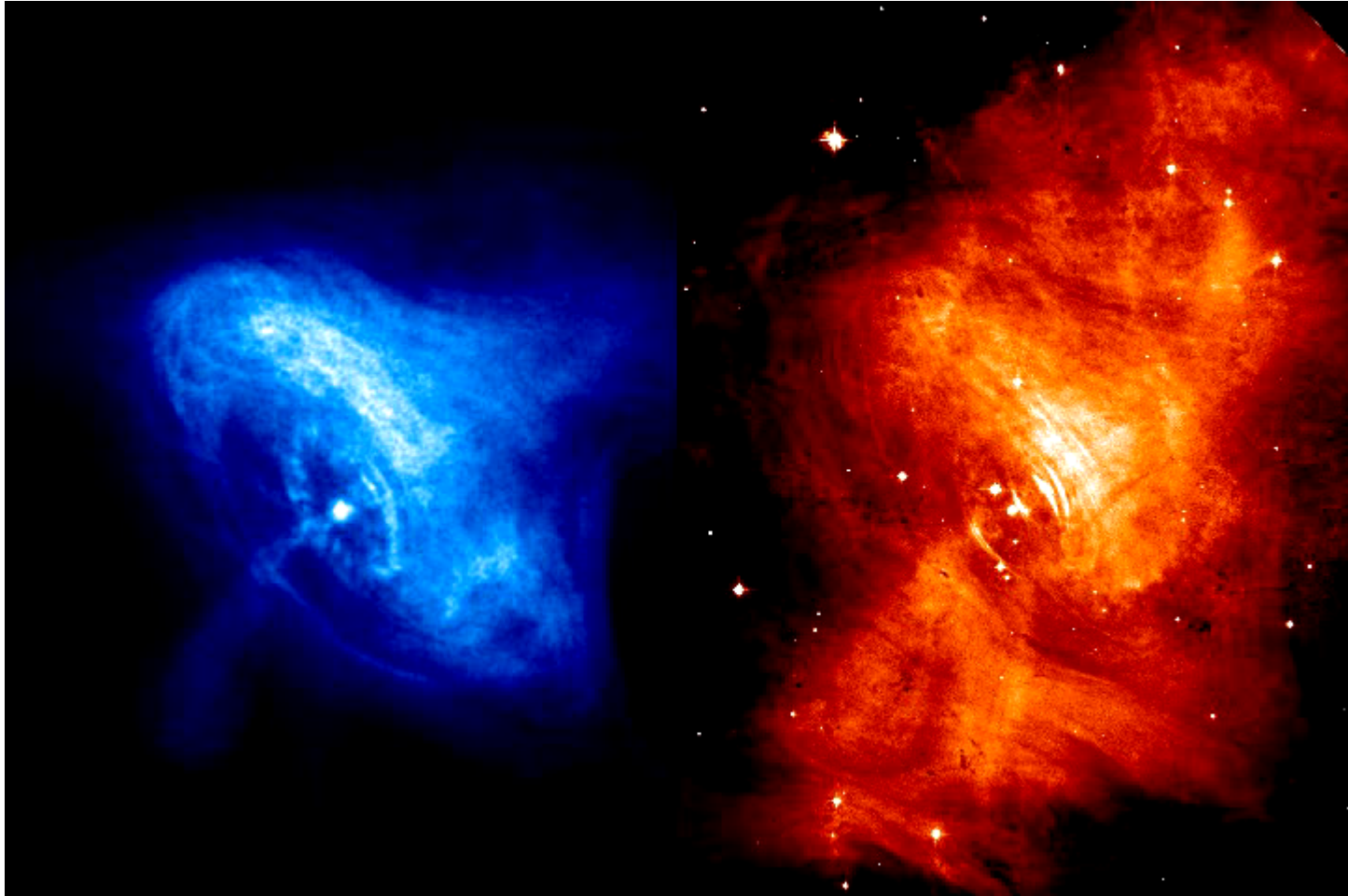
Krebs-Nebel: Überrest der historischen SN aus dem Jahre 1054



Entfernung: ca. 6000 LJ, Ausdehnung ca.  $7 \times 10$  LJ

# Historische Supernovaüberreste: Crab-Nebel (SN 1054)

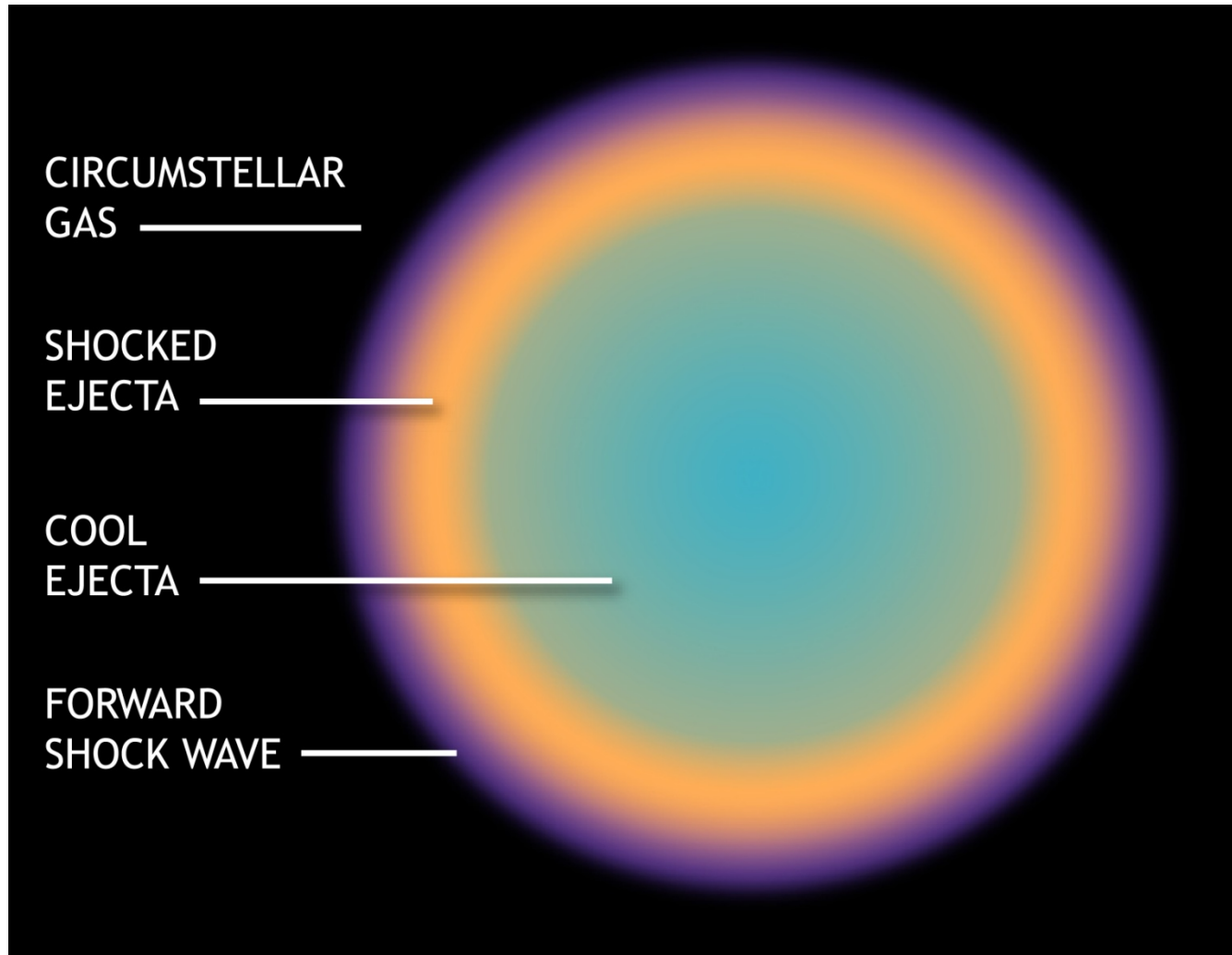
---



Chandra X-ray Observatory

Hubble Space Telescope

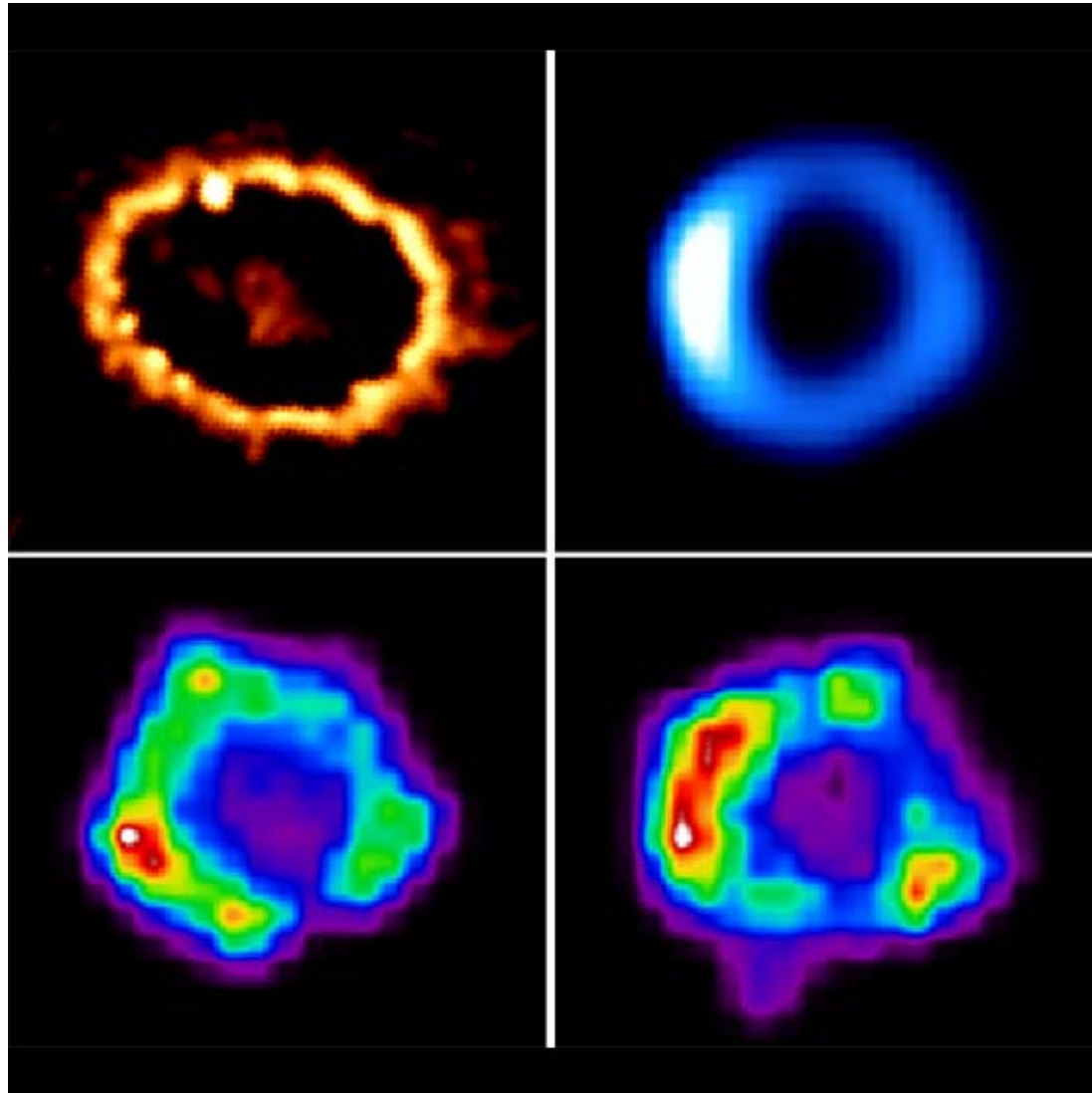
# Supernovaüberreste: SNRs



# Supernovaüberreste: SNRs

---

SN 1987A

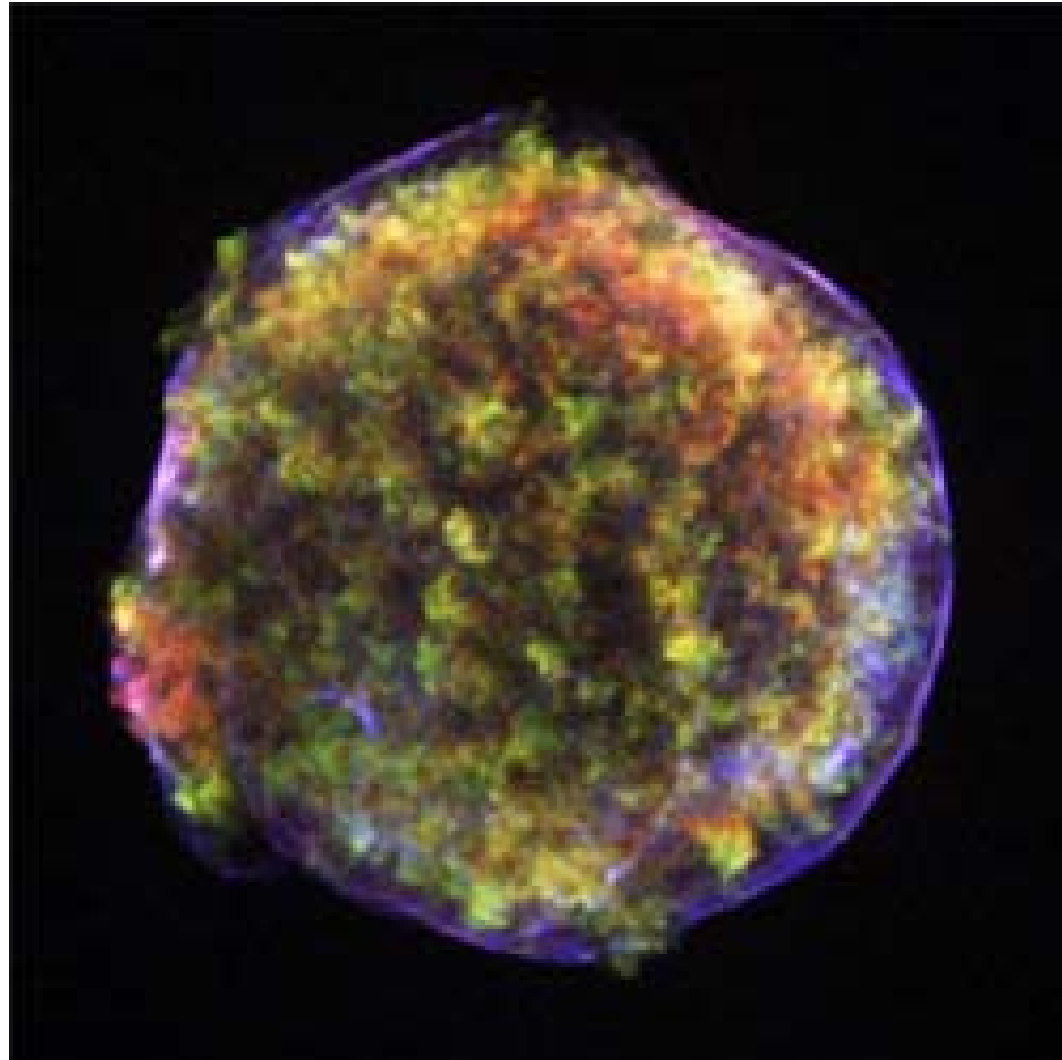




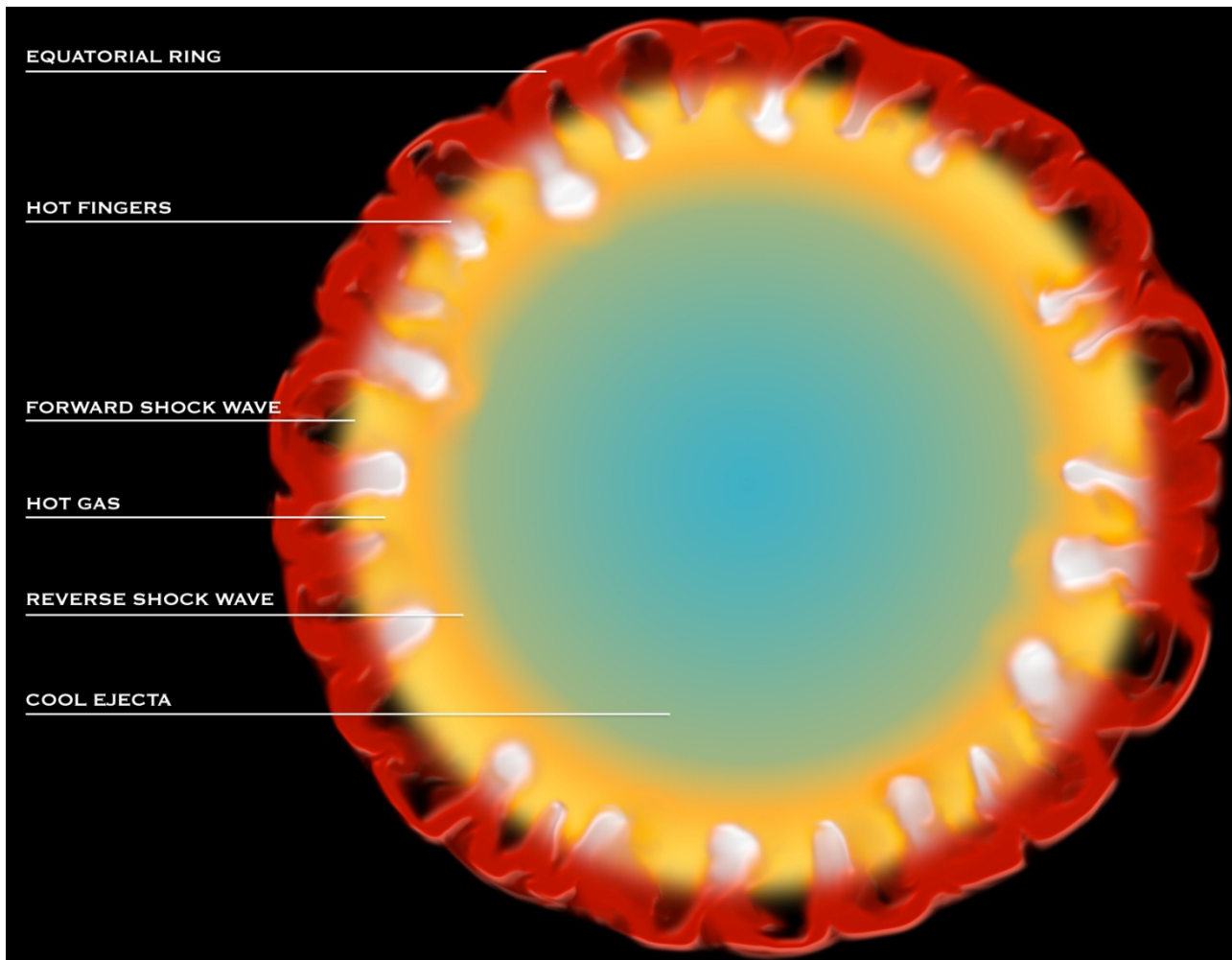
# Supernovaüberreste: SNRs

---

Tycho-SNR  
(Alter: ~400 Jahre)



# Supernovaüberreste: SNRs

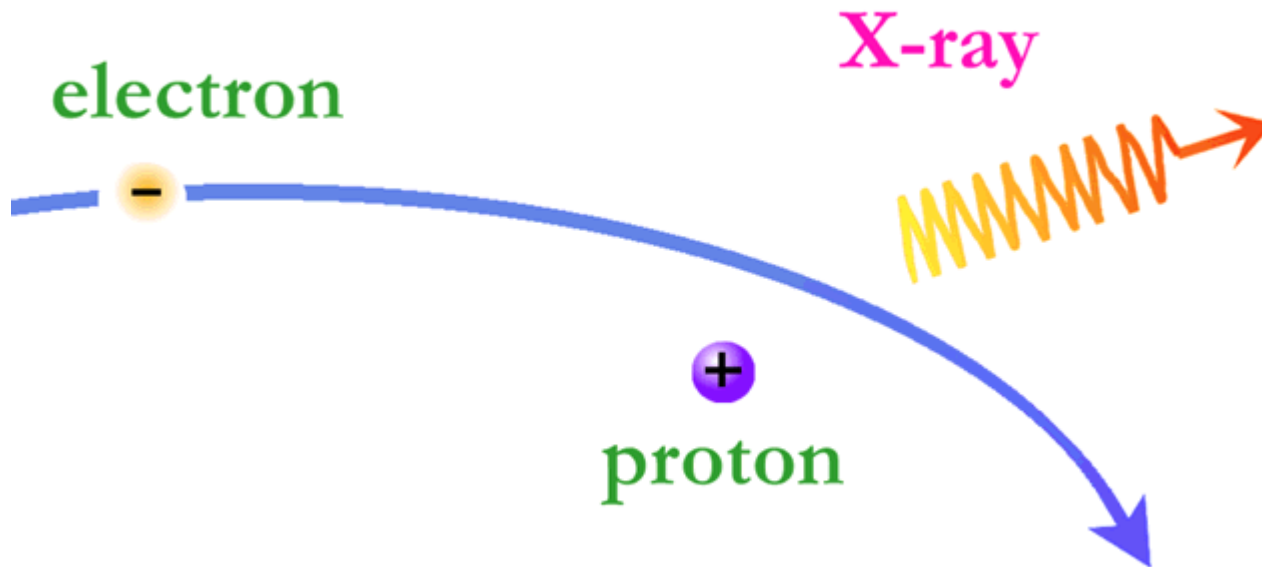


Turbolenzen lassen die Schale der ringförmigen Röntgenemission instabil werden.

# Supernovaüberreste: Strahlungsprozesse

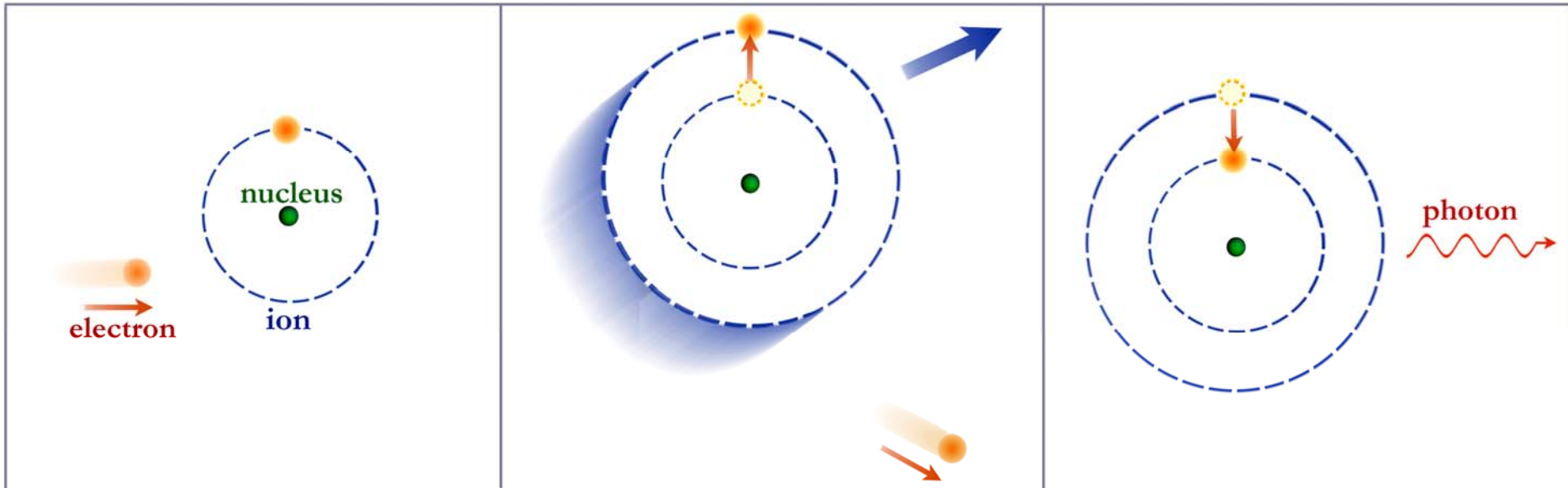
---

Bremsstrahlung:



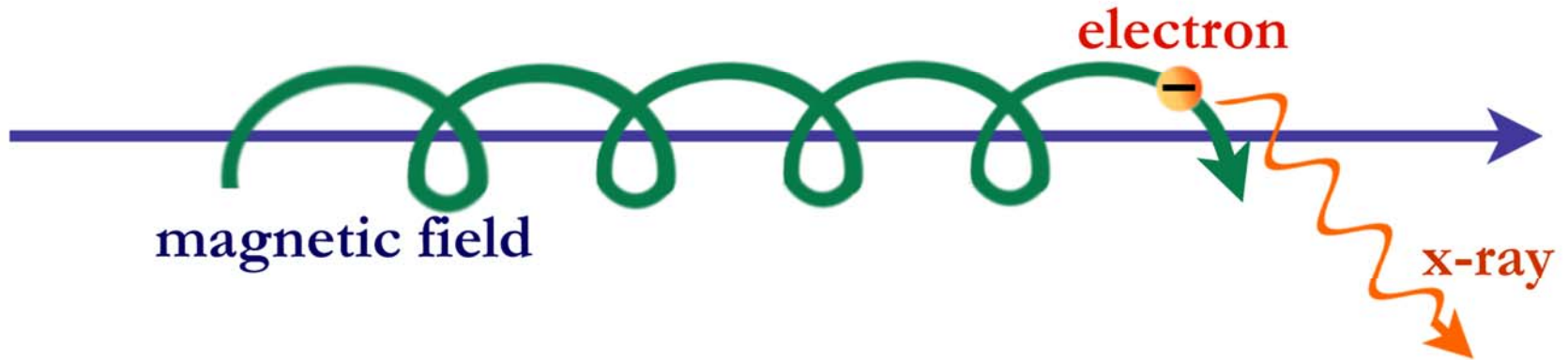
# Supernovaüberreste: Strahlungsprozesse

## Stoßanregung

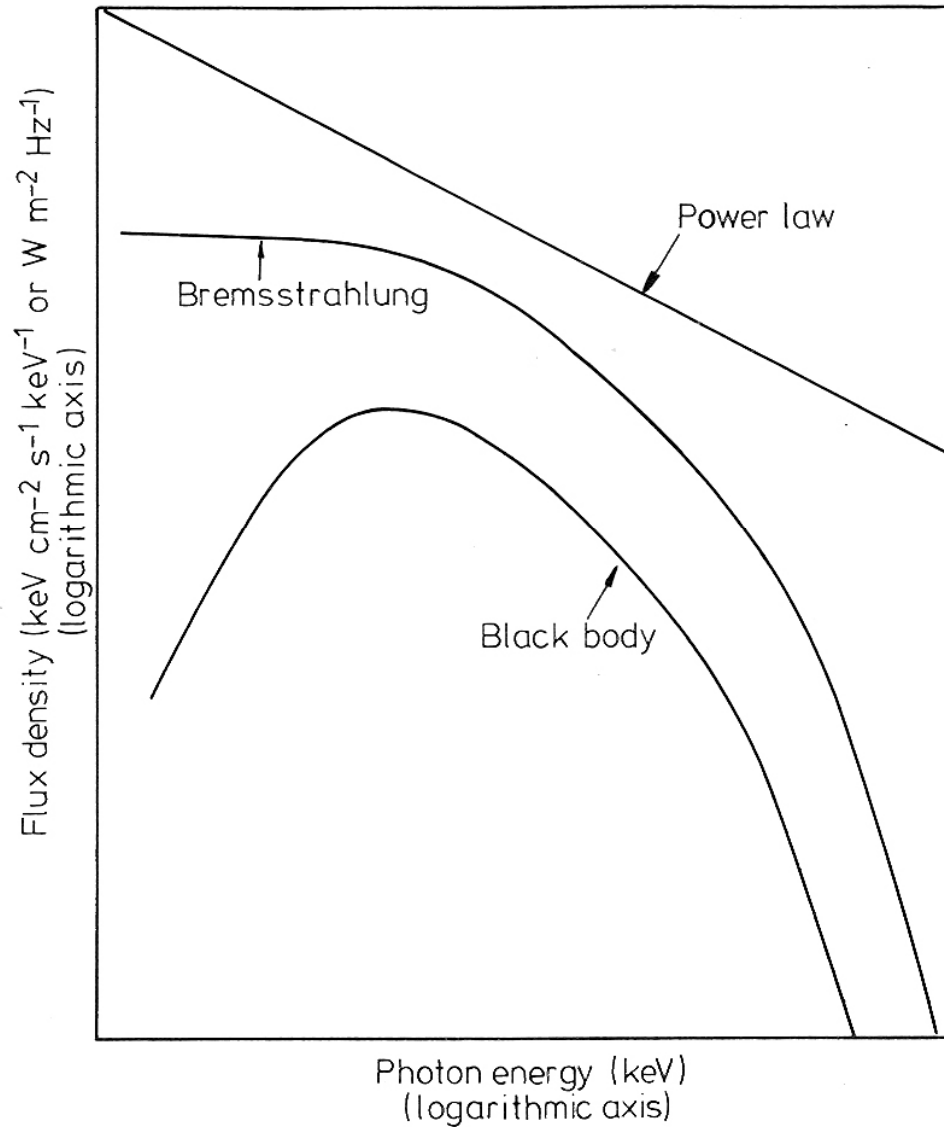


# Supernovaüberreste: Strahlungsprozesse

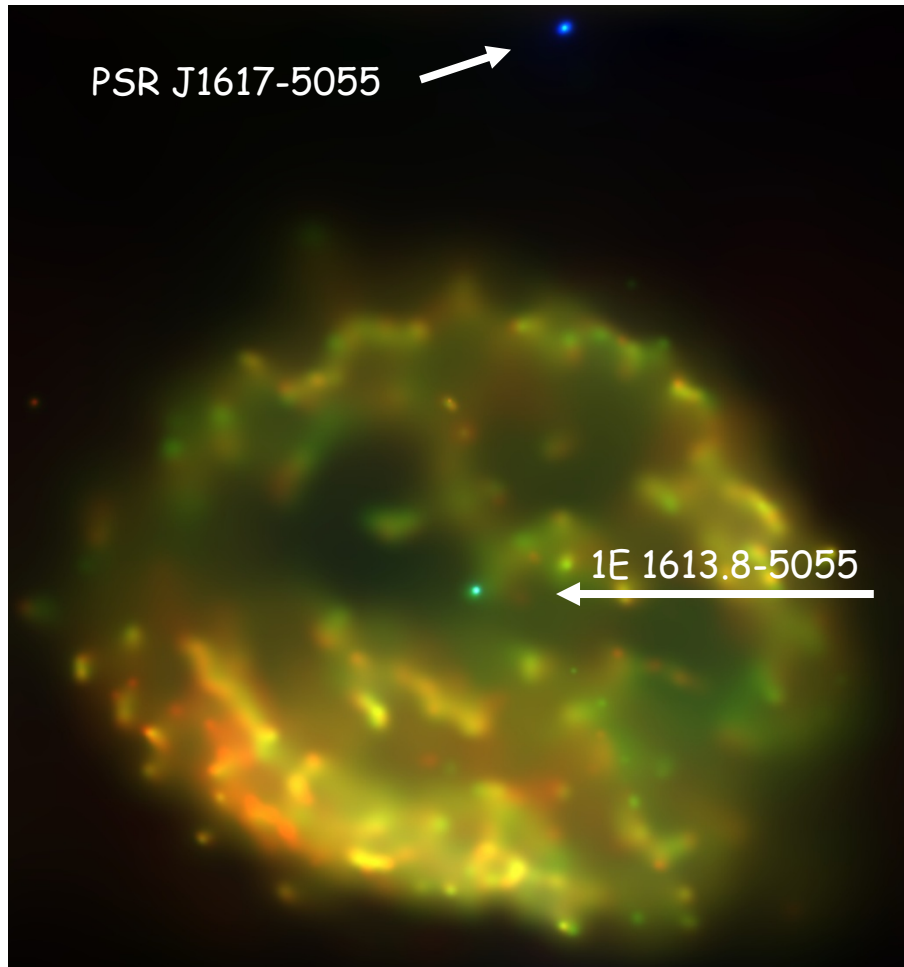
## Synchrotron- und Zyklotronstrahlung



# Supernovaüberreste: Strahlungsprozesse



# Historische Supernovaüberreste: RCW 103 (SN 300BC)

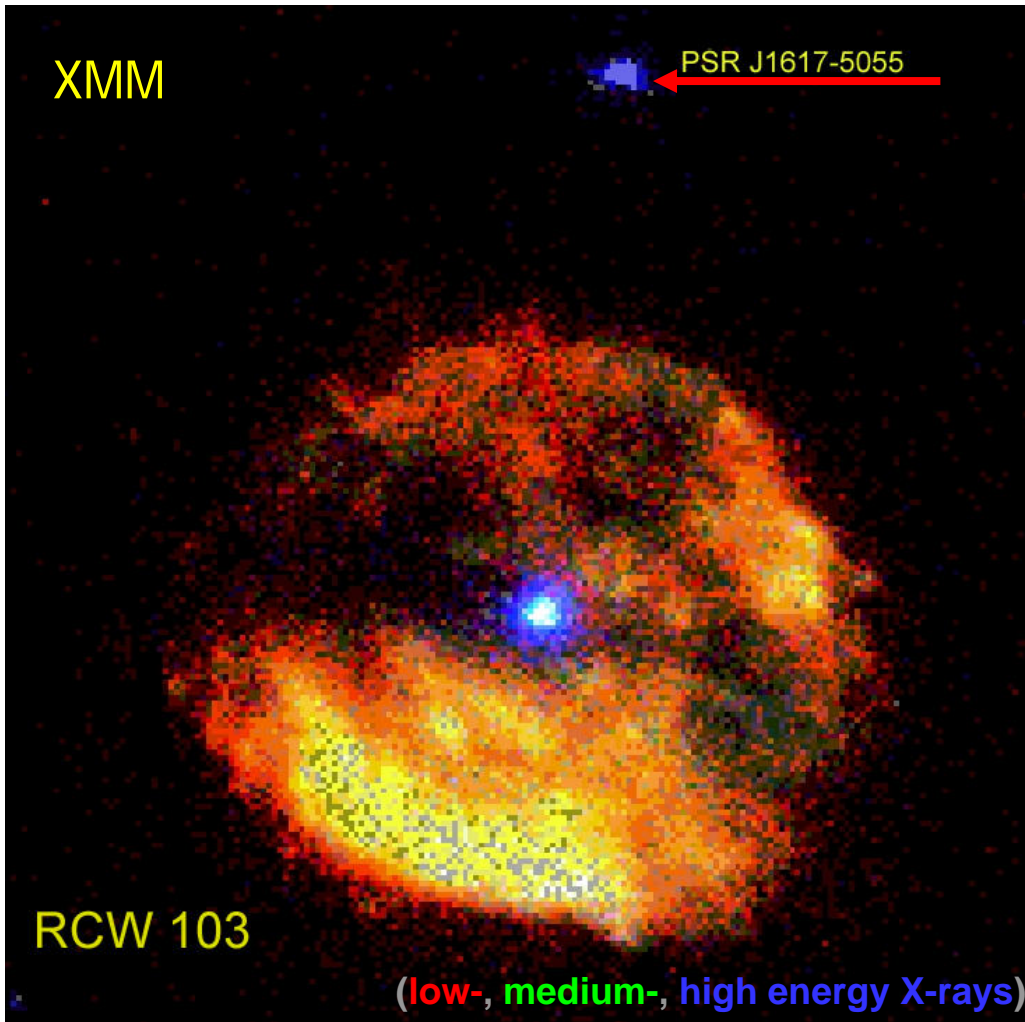


Alter  $\sim$  2000 Jahre

Entfernung = 10 000 LJ

- Zentrale Punktquelle mit Schwarzkörper ähnlichem Spektrum  $\rightarrow T \sim 4-5 \cdot 10^6$  K
- Starke Flussvariabilität in ROSAT + ASCA Daten

# Historische Supernovaüberreste: RCW 103 (SN 300BC)



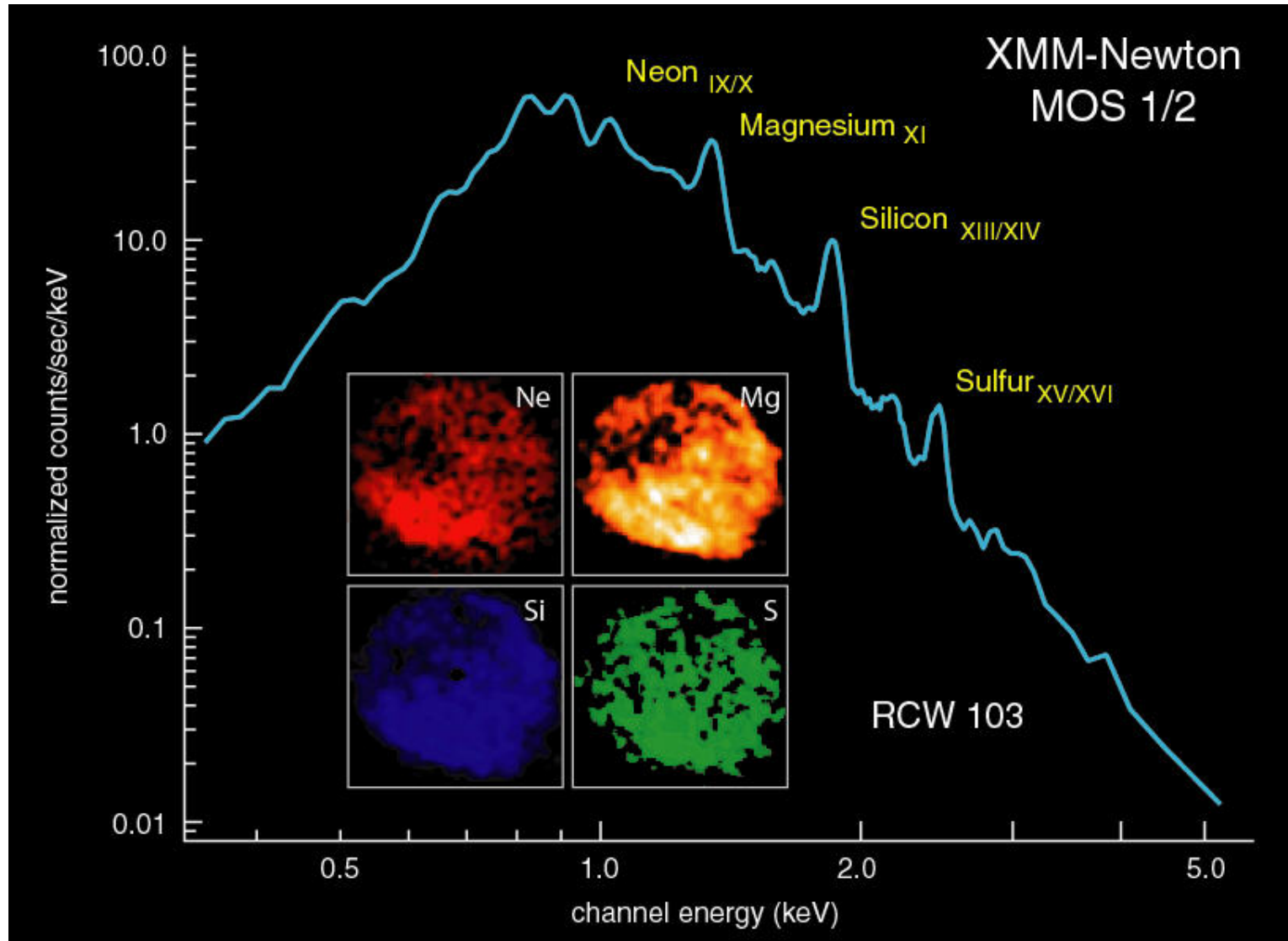
Alter ~ 2000 Jahre

Entfernung = 10 000 LJ

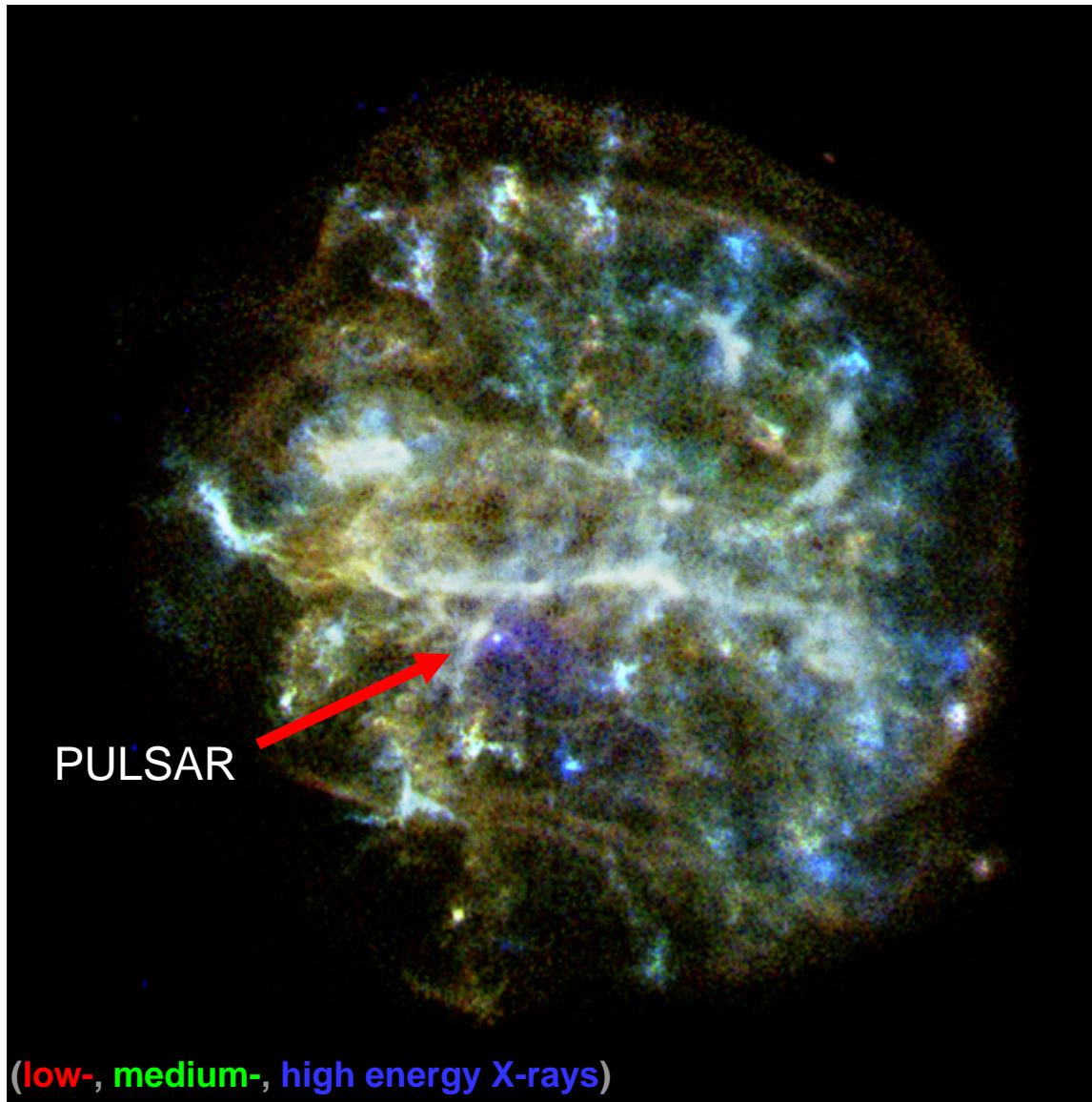
- Zentrale Punktquelle mit Schwarzkörper ähnlichem Spektrum  $\rightarrow T \sim 4-5 \cdot 10^6$  K
- Starke Flussvariabilität in ROSAT + ASCA Daten



# Historische Supernovaüberreste: RCW 103 (SN 300BC)



# Historische Supernovaüberreste: G292.0+1.8 (SN ??)



Junger,  
sauerstoffreicher  
Supernovaüberrest mit  
einem Pulsar. Andere, im  
Spektrum beobachtet  
Elemente sind Neon,  
Magnesium, Silizium,  
Schwefel.

Ausdehnung des SNRs ca.  
36 Lichtjahre. Alter ca.  
1600 Jahre

# Supernovaüberreste in der Nachbargalaxie LMC

**E0102-72**



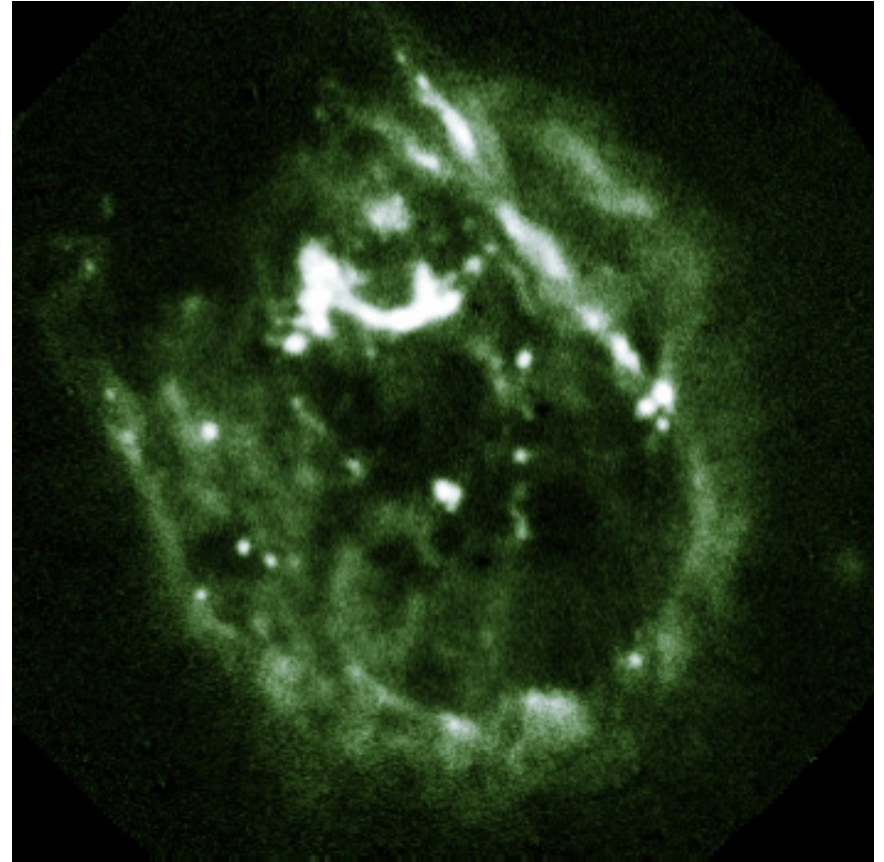
Supernovaüberrest in der kleinen Magellanschen Wolke, einer Satellitengalaxie der Milchstraße, in einer Entfernung von  $\sim 190.000$  Lichtjahren. Das Alter des SNR wird auf nur 1000 Jahre geschätzt.

Ausdehnung des SNR ca. 40 Lichtjahre.

# Supernovaüberreste in der Nachbargalaxie LMC: N132D



Im Röntgenlicht beobachtet  
mit dem Röntgenobservatorium  
Chandra (NASA)

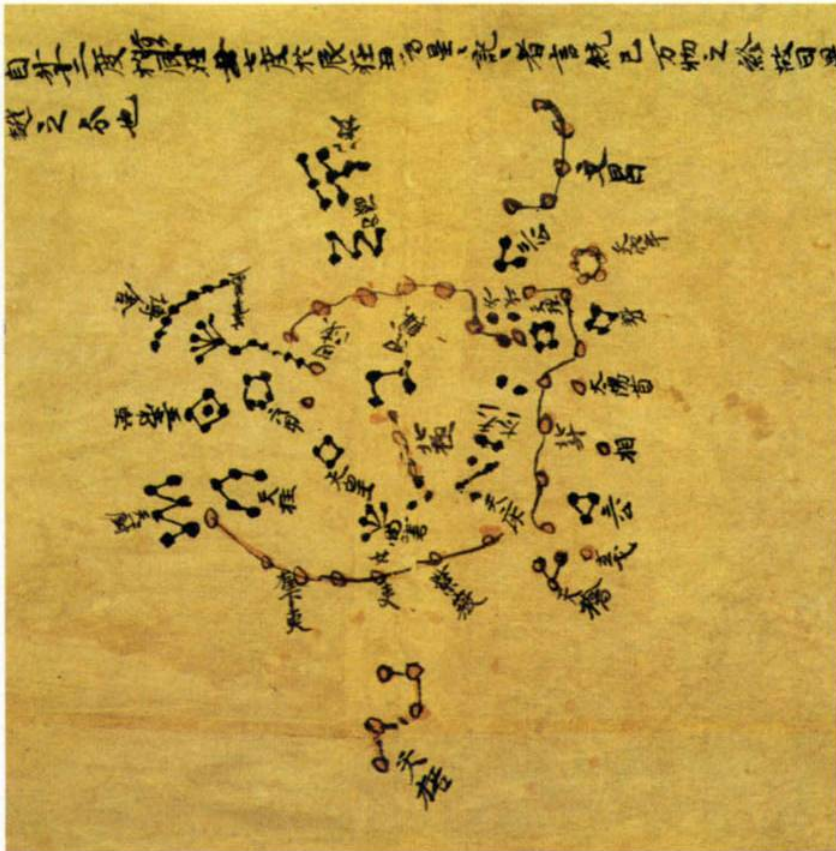


optisches Aufnahme

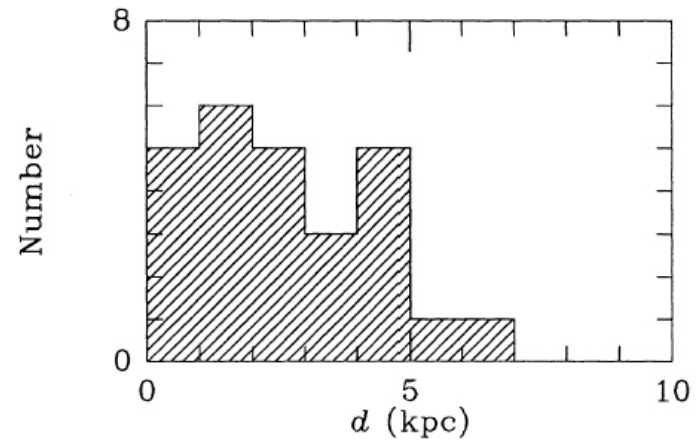
Alter des SNR  $\sim 3000$  Jahre, Entfernung ca. 160 000 Lichtjahre. Temperatur des Gases ca. 10 Mio. Grad, Ausdehnung des SNR ca. 80 Lichtjahre

# Supernovaüberreste: SNRs

<http://www.mrao.cam.ac.uk/surveys/snrs>



Chinesische Astronomen beobachteten einige „Gaststerne“, von denen man heute annimmt, dass es sich um Supernovae in unserer Galaxie gehandelt hat.



Verteilung der Entfernungen der optisch detektierten Supernovaüberreste

# Historische Supernovaüberreste:

Man kennt nur 11 historische Supernovaüberreste

Table 1. Supernovae and remnants from 200 BC to 1800 AD

| Year of SN | Land*  | Duration (d) | Remnant               | $d$ (kpc) | $D$ (pc) | $b$ (°) | $z$ (pc) | Age (yr) | Basis for young <sup>†</sup> |
|------------|--------|--------------|-----------------------|-----------|----------|---------|----------|----------|------------------------------|
| 1604 AD    | C,K    | 330          | Kepler                | 4.4       | 4.1      | +6.8    | 525      | 375      | $v,D$                        |
| 386 AD     | C      | 90           | G 11.2−0.3            | 5         | 5.8      | −0.3    | 26       | 1595     | $D$                          |
| §          | —      | —            | Cas A                 | 2.8       | 4.1      | −2.1    | 103      | 315      | $v,D$                        |
| 1572 AD    | C,K    | 480          | Tycho                 | 2.3       | 5.6      | +1.4    | 56       | 410      | $v,D$                        |
| 1181 AD    | C,J    | 185          | 3C 58                 | 2.6       | 6.8      | +3.1    | 141      | 800      | $v,D$                        |
| 1054 AD    | C,J    | 540          | Crab                  | 2         | 4.1      | −5.8    | 203      | 930      | $v,D,P$                      |
| —          | —      | —            | G 292.0+1.8           | 3.6       | 12.6     | +1.8    | 113      | —        | $v,D$                        |
| 185 AD     | C      | ≥ 140        | MSH 14−6 <sup>‡</sup> | 0.95      | 12.4     | −2.3    | 38       | 1795     | $v,D$                        |
| 1006 AD    | C,J,K? | 240          | PKS 1459−41           | 1.4       | 12.2     | +14.6   | 365      | 975      | $v,D$                        |
| —          | —      | —            | RCW 103               | 3.3       | 8.6      | −0.4    | 23       | —        | $v,D,(P)$                    |
| 393 AD     | C      | 210          | —                     | —         | —        | ≲ 5     | —        | —        | —                            |

Columns give: year of the “guest star”, where observed in the Orient and for how long, SNR name, distance from the Sun, linear size, galactic latitude, distance from galactic plane, assumed age, and basis for presuming the SNR to be 2200 years old or less.

\*C: China; J: Japan; K: Korea

<sup>†</sup>Grounds for presuming SNR to be young, based on:  $v$  — expansion velocity;  $D$  — SNR size; P — pulsar age

<sup>‡</sup>While not recorded in the Orient, Flamsteed may have seen the SN associated with Cas A about AD 1680 (Ashworth 1980)

Strom, A&A, 288, L1-4 (1994)