

Supernova-Überreste

Die Entwicklung massereicher Sterne endet in einer gewaltigen kosmischen Explosion. Dabei wird mehr Energie freigesetzt als unsere Sonne über einen Zeitraum von mehreren 100 Millionen Jahren produziert. In der thermonuklearen Explosionswelle werden die im Stern erzeugten mittelschweren Elemente wie Kohlenstoff und Eisen herausgeschleudert und teilweise zu schwereren Elementen (wie z.B. Gold, Uran) fusioniert. Durch die sich rasch ausbreitende Explosionswolke wird das umgebende interstellare Medium auf über 10 Millionen Grad aufgeheizt. Bei diesen Temperaturen emittiert das heiße Gas vorwiegend Röntgenstrahlung und kann als Supernova-Überrest über mehrere Zehntausende von Jahren beobachtet werden. Ein Großteil des in den interstellaren Raum hinausgeschleuderten Sternmaterials findet nach Jahrtausenden in nachfolgenden Generationen von Sternen und deren Planetensystemen Wiederverwertung.

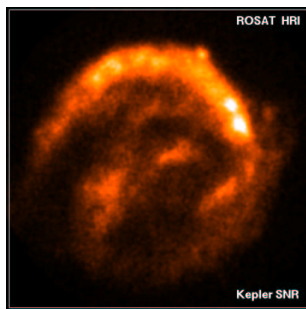


Fig. 1: Überrest einer Supernovaexplosion, die im Jahre 1604 von J. Kepler im Sternbild Ophiuchus beobachtet wurde.

Röntgenstrahlung von Supernova-Überresten

Mit den CCD-Detektoren an Bord der Röntgenteleskope Chandra und XMM-Newton erhält man sowohl Informationen über die räumliche Intensitätsverteilung (Bild), als auch über die Verteilung der Photonenenergie (Spektrum). Die im Stern und bei der Explosion durch Nukleosynthese produzierten Elemente können im Röntgenspektrum des Supernova-Überrestes aufgrund ihrer charakteristischen Linienemission eindeutig identifiziert werden. Daraus lassen sich Aussagen über den Explosionsmechanismus, Aufbau der Sternhülle und Zusammensetzung des interstellaren Mediums treffen.

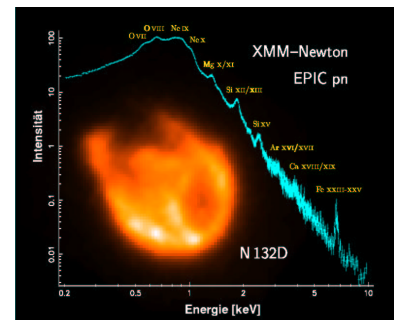


Fig. 2: N132D, Supernova-Überrest in der Großen Magellanischen Wolke, Alter etwa 3000 Jahre. Röntgenspektrum mit eingezetem CCD-Bild.

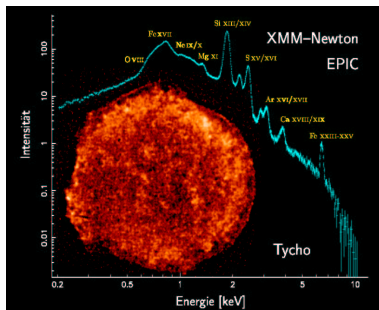


Fig. 3: Röntgenbild und -spektrum von Tycho's Supernova-Überrest.

Tycho's SNR

Im Jahre 1572 dokumentierte der dänische Astronom Tycho Brahe das Aufleuchten einer Supernovaexplosion im Sternbild Cassiopeia. 428 Jahre später beobachtete XMM-Newton an dieser Stelle die kreisförmige, sich rasch ausdehnende Explosionswolke mit einem Durchmesser von rund 12 Lichtjahren. Das Röntgenspektrum zeigt Emissionslinien der Elemente O, Ne, Mg, Si, S, Ar, Ca, Fe. Bilder im Röntgenlicht der einzelnen Emissionslinien zeigen die räumliche Verteilung der Elemente im Supernova-Überrest.

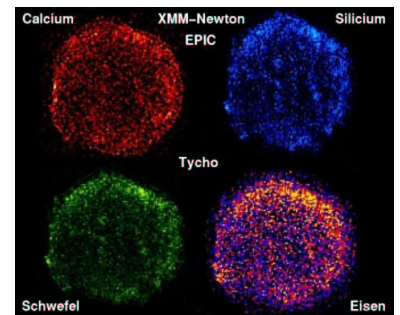


Fig. 4: Die räumliche Verteilung der Elemente Ca, Si, S, Fe in Tycho's Supernova-Überrest.

Supernova 1987A

Die erste Sternexplosion seit Kepler, die mit bloßem Auge sichtbar war, ereignete sich am 23. Februar 1987 in der Großen Magellanischen Wolke. Aufgrund der Entfernung von nur etwa 160000 Lichtjahren können die frühen Entwicklungsphasen dieses Supernova-Überrestes genau untersucht werden. Vom Stern abgestoßene Materie hoher Dichte leuchtet im sichtbaren Licht (HST) als heller Ring, der jetzt von der sich vom Zentrum ausbreitenden Schockwelle der Supernovaexplosion eingeholt wird. Es wird erwartet, dass die Helligkeit im Röntgenbereich eine dramatische Zunahme erfährt, sobald der gesamte Ring auf mehrere Millionen Grad erhitzt wird.

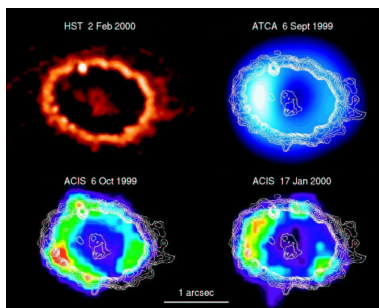


Fig. 5: SN 1987A im sichtbaren Licht (Hubble Space Telescope), Radio (Australia Telescope Compact Array) und Röntgenemission (Chandra, ACIS) überlagert mit Konturen des HST-Bildes.

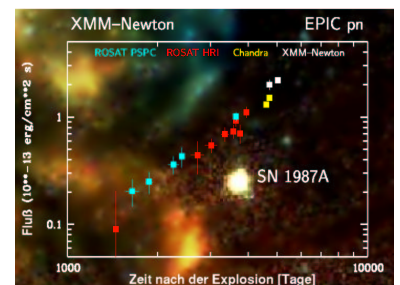


Fig. 6: Lichtkurve von SN 1987A mit p-CCD Aufnahme (Jan. 2000) als Hintergrund zeigt die Zunahme der Röntgenhelligkeit der Explosionswolke seit der ersten Beobachtung mit ROSAT im Februar 1991.