

# Die Endstadien der Sterne

## und wie es die Physik schafft, sie zu beschreiben

Franz Embacher  
Fakultät für Physik der Universität Wien

Das Leben und Sterben der Sterne ist geprägt von einem Generalthema: Was hat die Materie der anziehenden Natur der Schwerkraft entgegenzusetzen? Wie schafft es ein Stern – zumindest vorübergehend – einem durch seine Eigengravitation verursachten Kollaps zu entgehen?

Sterne „leben“ in der Regel einige Milliarden Jahre lang. Während dieser Zeit fusionieren sie Wasserstoff zu Helium und erzeugen auf diese Weise den für die Aufrechterhaltung eines Gleichgewichts nötigen Gegendruck. Geht der Wasserstoffvorrat zur Neige, so können sich – je nach der Masse des Sterns – noch weitere Phasen der Kernfusion anschließen, wodurch der Stern immer heißer und kompakter wird. Aber irgendwann ist auch der letzte verfügbare Brennstoff aufgebraucht, und dann treibt die Gravitation die Ereignisse in dramatischer Weise voran.

Ist der Stern nicht allzu leicht und nicht allzu schwer, so betritt er am Ende seines Lebens die Welt der *entarteten Materie*, die in erster Linie weder durch thermische Energie noch elektromagnetische Kräfte, sondern durch das Quantenphänomen des *Entartungsdrucks* charakterisiert ist. Die Beschreibung der Endstadien dieser Sterne zählt zu den großen Triumphen der modernen Naturwissenschaft – sie wurde insbesondere mit dem Nobelpreis an Subrahmanyan Chandrasekhar gewürdigt – und stellt ein faszinierendes Zusammenspiel von Quantentheorie und Gravitationsphysik dar. Die astrophysikalischen Dimensionen der *Weißen Zwerge* und *Neutronensterne* sind in nahezu atemberaubender Weise mit physikalischen Größen verbunden, die traditionell der Physik des Kleinen angehören – eine Erkenntnis, die einmal mehr belegt, dass die Welt im Kleinen wie im Großen den gleichen physikalischen Gesetzen gehorcht.

Manch schwerer Stern kämpft vergebens gegen seine eigene Schwerkraft und kollabiert zu einem *Schwarzen Loch* – einem abgekapselten Bereich der Raumzeit. Entgegen jeder intuitiven Vorstellung bildet sich – so sagt es zumindest die allgemeine Relativitätstheorie voraus – eine Singularität, die nicht als „unendlich kleine Konzentration“ von Materie zu denken ist, sondern von jedem Ereignis innerhalb des *Ereignishorizonts* aus betrachtet in der Zukunft liegt!

Der Kollaps zu einem Neutronenstern oder zu einem Schwarzen Loch ist begleitet von einer ungeheuren Energiefreisetzung, einer *Supernova*, deren Quelle nicht die Kernenergie, sondern – wie eine überraschend einfache Rechnung zeigt – die gravitative Bindungsenergie ist.

Kontakt:

Doz. Dr. Franz Embacher  
Fakultät für Physik der Universität Wien  
A-1090 Wien, Boltzmannngasse 5  
E-Mail: [franz.embacher@univie.ac.at](mailto:franz.embacher@univie.ac.at)  
Homepage: <http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/>