

Sternatmosphären

Stephan Geier, Denny Hoyer, Lisa Löbling, Thomas Rauch, Valery Suleimanov, Klaus Werner

Institut für Astronomie und Astrophysik

Heiße Sternreste

Die quantitative Spektralanalyse von entwickelten Sternen erlaubt es uns, Rückschlüsse auf Nukleosyntheseprozesse zu ziehen. Diese Objekte dienen auch als stellare Laboratorien für Untersuchungen in der Atomphysik und für das Verhalten von Materie unter extremen Bedingungen. Grundlage ist die numerische Simulation von Atmosphärenmodellen zur Berechnung des beobachtbaren elektromagnetischen Spektrums. Wir betrachten insbesondere Weiße Zwerge und ihre unmittelbaren Vorläufer (Heiße Unterzwerge, Zentralsterne planetarischer Nebel) und Neutronensterne.

Neben theoretischen Modellrechnungen führen wir auch regelmäßig Beobachtungen an Observatorien in Chile, Spanien sowie mit verschiedenen Weltraumteleskopen durch.

Weiße Zwerge und Zentralsterne planetarischer Nebel

Durch Konvektion erscheint nuklear prozessierte Materie an der Oberfläche von Zentralsternen planetarischer Nebel. Im extremsten Fall kann das Zünden der Heliumfusion sehr tiefe Konvektionszonen verursachen, wobei praktisch das Sterninnere freigelegt wird. Wir sehen schwere Elemente, die durch Neutroneneinfang entstanden sind.

In den Atmosphären heißer weißer Zwerge können Metalle, die normalerweise nicht nachweisbar sind, durch Strahlungsauftrieb extrem stark angereichert werden. Sie sind ideale Laboratorien für atomphysikalische Studien. Quantenmechanisch vorhergesagte atomare Eigenschaften können durch die Beobachtung von Spektrallinien getestet werden (Abb. 1).

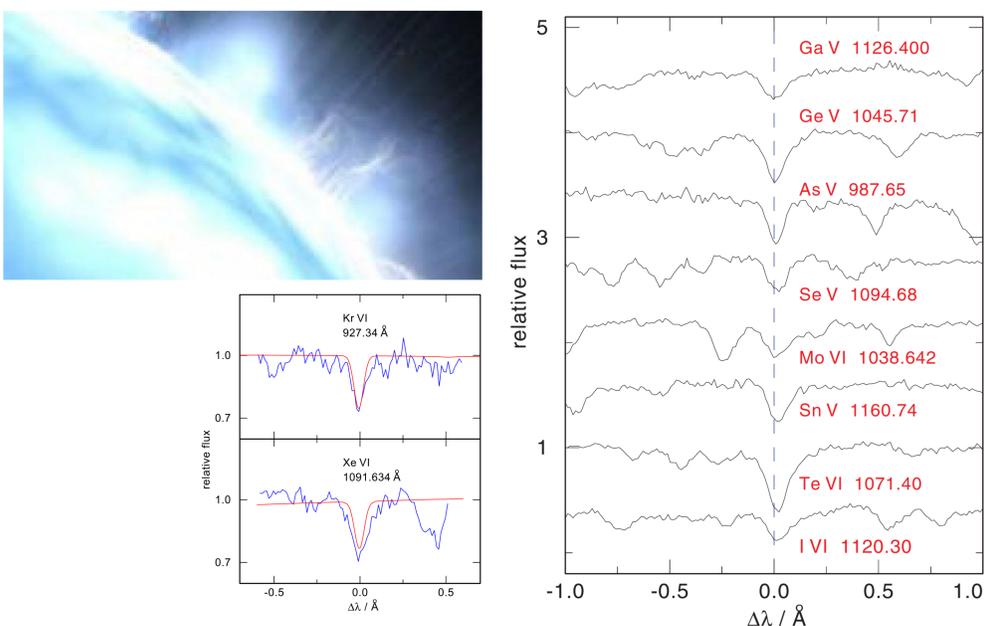


Abb. 1: Erste Entdeckung von Krypton and Xenon (links) sowie anderen schweren Elementen (rechts) in einem weißen Zwerg. Die Elemente sind um viele Größenordnungen angereichert, vermutlich durch Strahlungsauftrieb und Nukleosynthese (Werner, Rauch, Ringat, Kruk, 2012).

Enge Doppelsterne

Kompakte Objekte wie etwa heiße Unterzwerge (sdO/Bs) oder Weiße Zwerge bilden die engsten bekannten Doppelsterne mit Umlaufperioden von Stunden oder gar Minuten. Sie entstehen, wenn Sterne in einer früheren Lebensphase miteinander interagieren. Solche Objekte emittieren Gravitationswellen und sind mögliche Vorläufer von Supernovae Ia. Diese Explosionen stehen im Verdacht, Sterne aus unserer Milchstraße katapultieren zu können (Abb. 2). Auch Interaktionen mit Braunen Zwergen und Exoplaneten sind möglich.

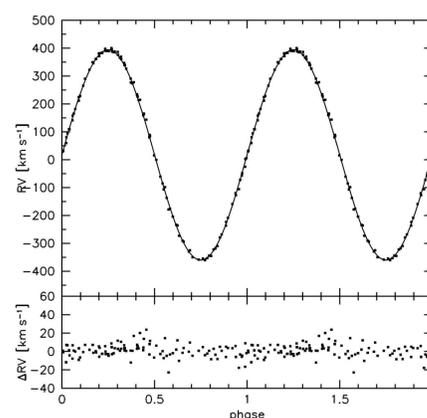


Abb. 2: Enge Doppelsterne umlaufen einander mit sehr hohen Geschwindigkeiten. Kommen sie sich zu nahe, wird Masse übertragen. Dies kann eine Supernova auslösen, die einen der beiden Sterne zerstört und den anderen aus der Galaxie schleudert (Geier et al. 2013, 2015).

Neutronensterne; X-ray Bursters

Der „heilige Gral“ der Neutronensternforschung ist die Zustandsgleichung der Materie bei extrem hohen Dichten. Die Suche wird geleitet durch die Bestimmung von Massen und Radien (Abb. 3). Eine Voraussetzung ist die Temperaturbestimmung mit Hilfe von Modellatmosphären. Extremste Bedingungen (Temperaturen, Dichten, Magnetfeldstärken) sind dabei echte Herausforderungen. Besondere Bedeutung hat die Beobachtung von X-ray Bursters, thermonuklearen Explosionen auf Neutronensternoberflächen.

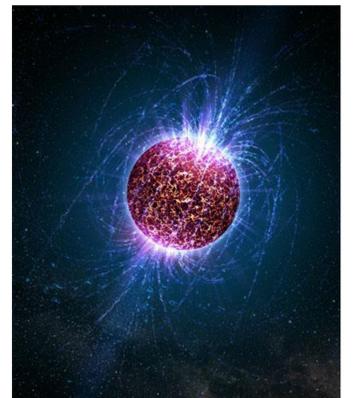
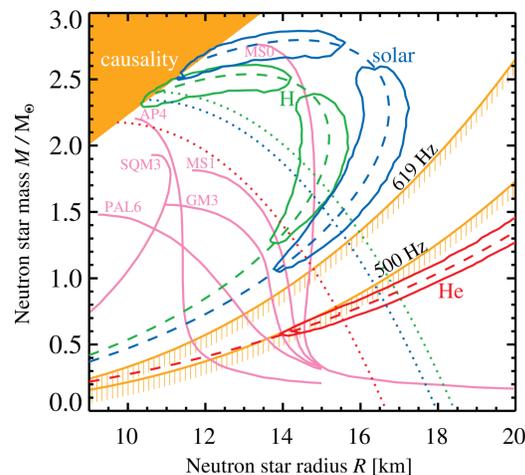


Abb. 3: Verschiedene Zustandsgleichungen sagen unterschiedliche Masse-Radius-Relationen vorher. Einschränkung gelingt durch Beobachtungen, hier abgeleitet aus dem Abkühlverhalten thermonuklearer Explosionen auf 4U1724-207 (Suleimanov, Poutanen, Revnitsev, Werner, 2011).

