

Pressemitteilung

GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH

Dr. Ingo Peter

10.01.2020

<http://idw-online.de/de/news729749>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Physik / Astronomie
überregional



Explosion oder Kollaps? – Experiment über Beta-Zerfall wirft Licht auf das Schicksal von Sternen mittlerer Masse

Einer Gruppe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, unter ihnen mehrere vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung sowie der Technischen Universität Darmstadt, ist es gelungen, experimentell die Bedingungen von Kernprozessen in Materie, die zehn Millionen mal dichter und 25-mal heißer ist als im Mittelpunkt unserer Sonne, zu bestimmen. Ein Resultat der Messungen ist, dass Sterne mittlerer Masse mit hoher Wahrscheinlichkeit explodieren und nicht kollabieren, wie bisher angenommen. Die Ergebnisse sind nun im Fachmagazin *Physical Review Letters* veröffentlicht worden.

Sie verdeutlichen die faszinierenden Möglichkeiten, die zukünftige Beschleunigeranlagen wie FAIR bieten, um die Prozesse besser zu verstehen, die der Entwicklung des Universums zugrunde liegen.

Abhängig von ihrer Masse entwickeln sich Sterne im Laufe ihres Daseins sehr unterschiedlich. Sterne geringer Masse, wie etwa unsere Sonne, werden am Ende zu weißen Zwergen. Massereiche Sterne andererseits enden in einer spektakulären Explosion, die man als Supernova bezeichnet, und lassen entweder einen Neutronenstern oder ein schwarzes Loch zurück. Das Schicksal der massearmen und massereichen Sterne ist gut verstanden, aber die Situation bei Sternen mittlerer Masse, die zwischen sieben und elf Sonnenmassen aufweisen, war bisher unklar. Dies ist überraschend, da sie in unserer Galaxie weitverbreitet sind.

„Das Schicksal der Sterne mittlerer Masse hängt von einem winzigen Detail ab, nämlich wie leicht das Isotop Neon-20 im Inneren des Sterns sich Elektronen einfangen kann. Je nach Elektroneneinfangsrate wird der Stern entweder in einer thermonuklearen Explosion zerstört oder er kollabiert und bildet einen Neutronenstern“, erklärt Professor Gabriel Martínez-Pinedo aus der GSI-Forschungsabteilung Theorie und dem Institut für Kernphysik, TU Darmstadt. Professor Karlheinz Langanke, Forschungsdirektor von GSI und FAIR, ergänzt: „Die Arbeiten begannen, als wir erkannten, dass ein stark unterdrückter, bisher ignoriertes und experimentell unbekanntes Übergang zwischen den Grundzuständen von Neon-20 und Fluor-20 ein essentielles Puzzlestück zur Bestimmung der Elektroneneinfangsrate in Sternen mittlerer Masse ist.“ Durch eine Kombination präziser Messungen des Beta-Zerfalls von Fluor-20 mit theoretischen Berechnungen gelang einer internationalen Kollaboration unter Beteiligung von GSI und der TU Darmstadt nun die Bestimmung dieser wichtigen Rate. Das Experiment fand unter sehr viel friedvolleren Bedingungen statt als im Inneren von Sternen, nämlich am Beschleunigerlabor der Universität Jyväskylä. Gemessen wurde ein überraschend starker Übergang zwischen den Grundzuständen von Neon-20 und Fluor-20, was zu einem Elektroneneinfang in Neon-20 bei einer sehr viel geringeren Dichte führt als bisher angenommen. Für den Stern bedeutet dies, entgegen bisheriger Annahmen, dass er sehr viel wahrscheinlicher von einer thermonuklearen Explosion zerstört wird, als zu einem Neutronenstern zu kollabieren. „Es ist beeindruckend, dass ein einzelner Übergang so einen starken Einfluss auf die Entwicklung so eines großen Objekts wie eines Sterns haben kann“, sagt Dag Falin Strömberg, der als Doktorand an der TU Darmstadt für einen großen Teil der Simulationsrechnungen verantwortlich war.

Da thermonukleare Explosionen deutlich mehr Material ausstoßen als die von einem Gravitationskollaps ausgelöst, haben die Ergebnisse Auswirkungen auf die chemische Entwicklung der Galaxis. Das ausgestoßene Material ist reich an

Titan-50, Chrom-54 und Eisen-60. Daher könnten ungewöhnliche Titan- und Chrom-Isotopenverhältnisse, die man in einigen Meteoriten gefunden hat, sowie die Entdeckung von Eisen-60 in Tiefseesedimenten von Sternen mittlerer Masse produziert worden sein und somit bezeugen, dass diese in unserer galaktischen Nachbarschaft in der fernen (Milliarden Jahre) und nicht so fernen (Millionen Jahre) Vergangenheit explodiert sind.

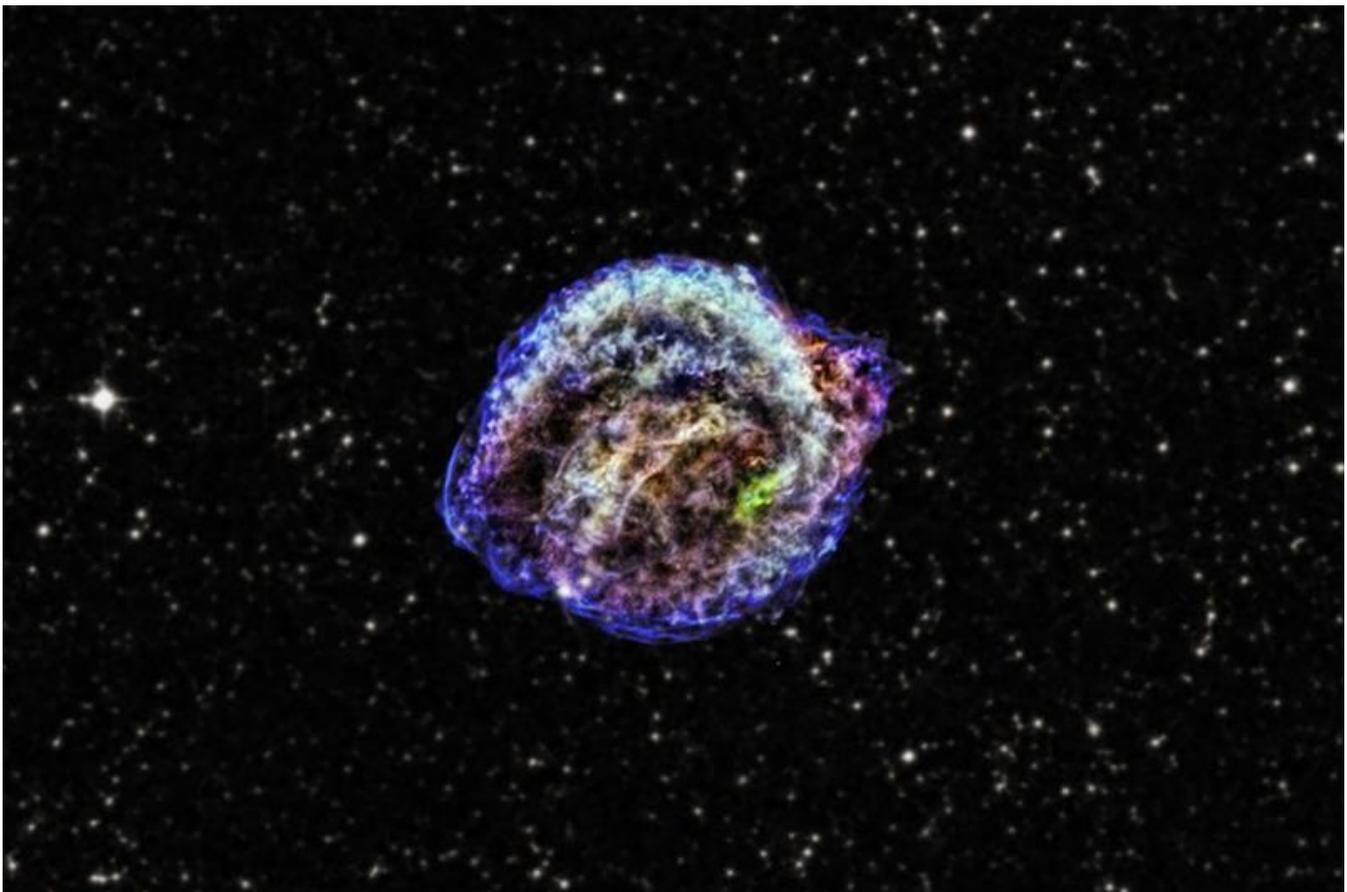
Im Licht dieser neuen Funde scheint das wahrscheinlichste Schicksal eines Sterns mittlerer Masse eine thermonukleare Explosion zu sein, die eine weniger leuchtstarke Supernova vom Typ Ia und eine spezielle Art des weißen Zwergs, genannt weißer Sauerstoff-Neon-Eisen-Zwerg, erzeugt. Die (Nicht-)Entdeckung eines solchen weißen Zwergs in der Zukunft würde wichtige Einblicke in den Explosionsmechanismus ermöglichen. Eine weitere offene Frage ist die Rolle der Konvektion, also der Bewegung großer Materialmengen im Inneren des Sterns, in der Explosion.

An bestehenden und an zukünftigen Beschleunigerzentren wie der internationalen FAIR-Anlage (Facility for Antiproton and Ion Research), die aktuell bei GSI errichtet wird, können bisher unerforschte Isotope und ihre Eigenschaften untersucht werden. Auch weiterhin holen sich die Forscherinnen und Forscher auf diesem Weg das Universums ins Labor, um den ungeklärten Fragen zu unserem Kosmos auf den Grund zu gehen.

Originalpublikation:

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.262701>

URL zur Pressemitteilung: https://www.gsi.de/start/aktuelles/detailseite/2020/01/10/explosion_oder_kollaps.htm



Keplers Supernovaüberrest: Explosionen wie die diskutierten würden einen Überrest produzieren, der vergleichbar mit Kepler ist, jedoch einen weißen Sauerstoff-Neon-Eisen-Zwerg im Zentrum hat.
Foto: X-ray: NASA/CXC/NCSU/M. Burkey et al.; Optical: DSS