

Radioaktives Eisen – Fenster ins Herz der Sterne

Max-Planck-Forscher weisen in der Galaxis das Isotop Fe-60 nach

Mit dem europäischen Gamm Satelliten INTEGRAL haben Wissenschaftler radioaktives Eisen innerhalb der Milchstraße entdeckt. Obwohl die Eisenatome im interstellaren Gas verteilt sind – also außerhalb der Sterne –, gestatten sie gleichsam einen Blick ins Innere jener massereichen Sonnen, die unsere Galaxis und ihre Spiralarme prägen. Der Nachweis des Isotops Fe-60 gelang einem Team um Roland Diehl vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching bei München.

Seit langem fahnden die Forscher nach radioaktivem Eisen im interstellaren Raum. Vor fast 30 Jahren wurde dort bereits radioaktives Aluminium gefunden, und 1999 hat eine Gruppe der Technischen Universität München in einer Probe aus der südpazifischen Ozeankruste Spuren von Fe-60 entdeckt. Dieses Eisenisotop sollte auch im interstellaren Gas vorkommen. Tatsächlich gab es in den vergangenen Jahren vielversprechende Hinweise, die allerdings interpretationsabhängig waren und kontrovers bewertet wurden.

Für ihre Suche nutzten die Astrophysiker nun ein Gamma-Spektrometer auf INTEGRAL. Seit Oktober 2002 vermisst der Satellit der europäischen Raumfahrtagentur ESA den Himmel im Licht energiereicher Gammastrahlen. Jetzt spürten die Wissenschaftler um Roland Diehl vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik mit dem Observatorium in der Erdumlaufbahn die Fingerabdrücke des begehrten Stoffs auf: Signale bei den beiden für den radioaktiven Zerfall von Eisen-60 charakteristischen Energien 1173 und 1333 Kiloelektronenvolt (keV). Die beobachteten Gammalinien entstehen, wenn Eisen-60 mit einer Halbwertszeit von 1,5 Millionen Jahren zuerst zu kurzlebigen Cobalt-60 und dann (Halbwertszeit 5,3 Jahre) zu stabilem Nickel-60 zerfällt.

Roland Diehl glaubt, dass damit ein wichtiger Schritt zum Verständnis der Elemententstehung in massereichen Sternen gelungen ist: „Wir haben in letzter Zeit einige Berichte zum vermeintlichen Fund von Eisen-60 diskutiert. Aber das Spektrometer an Bord von INTEGRAL ist mittlerweile das einzige Instrument, das diese Messung genau genug durchführen kann. Jetzt sind wir uns sicher, dass radioaktives Eisen-60 in unserer Galaxis weiträumig existiert, noch heute produziert wird und zerfällt.“

Der definitive Nachweis eröffnet ein Fenster ins Innerste der massereichsten Sterne der Milchstraße. Diese Gaskugeln vereinen mehr als die zehnfache Sonnenmasse in sich und leben kurz aber intensiv: Von der Geburt bis zu ihrem

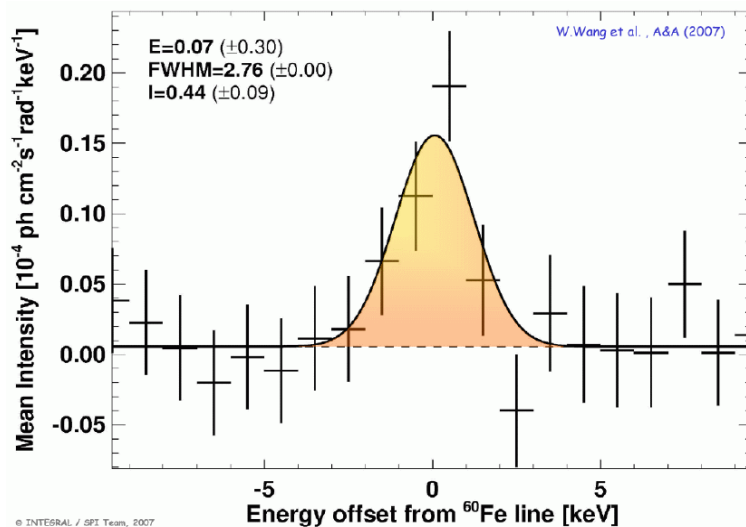
Ende in einer gewaltigen Supernova-Explosion vergehen gerade einmal 100 Millionen Jahre. Im Vergleich dazu ist unsere fast fünf Milliarden Jahre alte Sonne ein stellarer Methusalem. Die massereichen Sterne sind die Brutstätten der meisten chemischen Elemente im Universum.

Während der Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren im Wesentlichen Wasserstoff und Helium erzeugte, hat sich das interstellare Gas erst im Lauf der Zeit mit den schwereren Elementen angereichert, die in der jeweiligen Sterneneration durch Kernreaktionen neu entstanden sind. Wenn massereiche Sterne späterer Generationen dann schon geringe Mengen Eisen enthalten, können dort Neutronen-Einfang-Reaktionen ablaufen, die aus den stabilen Eisenisotopen das schwerere Fe-60 machen.

Bisher konnten sich die Astrophysiker bei kernphysikalischen Studien der Entstehung neuer Elemente im heutigen Universum nur auf ein einziges Element stützen: das im Jahr 1978 von einem amerikanischen Satelliten erstmals aufgespürte Aluminium-26-Isotop. Es zerfällt mit einer Halbwertszeit von 740.000 Jahren und ist mittlerweile von mehreren Teleskopen auf verschiedene Weise vermessen worden. „Studien zu radioaktivem Aluminium-26 haben sich zu einem eigenständigen astronomischen Bereich entwickelt“, sagt Roland Diehl.

Eisen-60-Radioaktivität gibt den Astrophysikern neue Möglichkeiten, da es in denselben Sterntypen produziert wird wie Aluminium-26, allerdings in anderen Regionen und zu anderen Entwicklungsphasen – nämlich später und weiter innen. Massereiche Sterne durchlaufen nacheinander Phasen der Kernfusion von zunächst leichten zu zunehmend schwereren Elementen (letztere nennen Astronomen „Metalle“) und entwickeln so ihren charakteristischen zwiebelschalenähnlichen inneren Aufbau.

Eisen-60 entsteht in den durch Konvektion gut durchmischten Zonen, in denen Helium- und Kohlenstoff-Fusionsreaktionen ablaufen. Das geschieht allerdings so spät im Entwicklungszyklus des Sterns, dass die radioaktive Asche dieser Zonen erst durch die Supernova am Ende des Sternlebens in den freien Weltraum geschleudert wird. Bei radioaktivem Aluminium-26 nimmt man an, dass bereits die intensiven Sternwinde der sogenannten-Wolf-Rayet-Phase die Produkte von frühen, auch Aluminium-26 erzeugenden Fusionsphasen enthalten.



*Abbildung: Das Signal des radioaktiven Zerfalls von Fe-60 im interstellaren Gas unserer Galaxis ist deutlich erkennbar. In dieser Grafik sind beide Gammalinien bei ihren Soll-Energien (1173 bzw. 1332 keV) überlagert, um das schwache, mit INTEGRAL gemessene Signal (es treffen nur wenige Photonen pro Tag ein) sichtbar zu machen.
 Bild: MPE 2007 / Wang et al. 2007*

Formatted: Font: 9 pt, Italic, German (Germany)

„Eisen-60 ist unser Eingangstor zu den Studien, die Neutronen-Einfang-Reaktionen in aktuellen Sternenerationen untersuchen“, sagt Max-Planck-Forscher Diehl. „Etliche Kernphysik-Laboratorien haben Messungen neu aufgelegt, um den radioaktiven Zerfall verschiedener Eisenisotope zu untersuchen und nachzumessen, wie leicht oder schwer Neutronen von diesen Isotopen eingefangen werden können.“

Mit INTEGRAL sind in den vergangenen Jahren neue und detailreiche Messungen zu Aluminium-26 gelungen. Daher können die Astrophysiker nun das Verhältnis der Gammastrahlung von Eisen-60 zu Aluminium-26 genau bestimmen – und damit die Modellvorstellungen zur Elemententstehung in diesen Sternen testen. Studien haben im vergangenen Jahrzehnt für das Isotopverhältnis Werte zwischen 10 und 100 vorhergesagt, wobei die neuesten Vorhersagen erfreulicherweise mit den INTEGRAL-Messungen in Einklang stehen. Das könnte aber eher glückliche Fügung sein. Die INTEGRAL-Messung zu Eisen-60 hat Theoretiker und Kernphysiker stimuliert, diesen Test jetzt noch einmal genauer unter die Lupe zu nehmen.

Obgleich INTEGRAL die Gammastrahlung des interstellaren Eisen-60 klar sieht, ist die Intensität noch zu gering, um ein Abbild des Himmels (eine Intensitätskarte) zu erstellen. Es wäre interessant, die hellen und dunklen Stellen der Milchstraßenebene im Gammalicht von Eisen-60 mit der von Aluminium-26 zu vergleichen. Die Max-Planck Forscher wollen die nächsten INTEGRAL-Betriebsjahre nutzen, um erste Vorstellungen davon zu erhalten. „Die Kartografie der Verteilung von Eisen-60 in unserer Galaxis ist ein Projekt für eine zukünftige Generation von Gammateleskopen“, sagt Roland Diehl.

Originalveröffentlichung:

Wang W., Harris M., Diehl R., Halloin H., Cordier B., Strong A.W., Kretschmer K., Knödlseher J., Jean P., Lichti G.G., Roques J.-P., Schanne S., von Kienlin A., Weidenspointner G., Wunderer C.

SPI observations of the diffuse ^{60}Fe emission in the Galaxy

Zur Veröffentlichung in „*Astronomy & Astrophysics*“ angenommen 26. April 2007, DOI: 10.1051/0004-6361:20066982; erschienen im ARXIV Preprint-Service als arXiv:0704.3895

Verwandte Links:

ESA-Pressenotiz auf Englisch

http://www.esa.int/esaSC/SEM6FS8OY2F_index_0.html

Weitere Informationen erhalten Sie von:

Priv.Doz. Dr. Roland Diehl

Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching

Tel.: +49 89 30000-3850

Fax: +49 89 30000-3569

E-Mail: rod@mpe.mpg.de