

Zwerge - Weiße Zwerge - Braune Zwerge - magnetische Zwerge

Peter B. Lehmann

Nach dem Missionsende 2007 von "Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer" (FUSE) genannt, sagte **Waren Moss**, Professor für Physik an der Johns Hopkins Universität, der das Projekt Fuse leitete: "Es war eine tolle Zeit. Wir hätten nie gedacht, dass diese nur für drei Jahre geplante Mission, acht Jahre lang wissenschaftliche Daten liefern könnte".

Aus den zurzeit fast 2000 Veröffentlichungen soll hier nur über drei interessante Ergebnisse zur Sternentwicklung berichtet werden. Bei diesen sich im Endstadium befindenden Zwergsternen werden immer noch unbekannte Varianten der Sternentwicklung entdeckt.

Tübinger Astronomen hatten mit Hilfe der Fuse-Daten einen Weißen Zwerg (WZ) mit der Bezeichnung KPD 0005+5106 ins Visier genommen, weil dieser WZ zu einer seltenen Klasse von WZ gehört, deren Atmosphären von Helium dominiert werden. Außerdem war seine Oberflächentemperatur von rund 120.000° Celsius einer der heißesten zurzeit bekannten Sterne. Weil dieser Stern auch als Kalibrations-Lichtquelle genutzt wurde, konnte ein Astronomenteam unter Prof. K. Werner sowie Dr. T. Rauch, Uni Tübingen et.al., diese gesammelten Beobachtungen nutzen, um einen Datensatz mit außergewöhnlich hoher Qualität zu erstellen. Die Analyse des Fuse-Spektrums lieferte das überraschende Ergebnis, dass dieses Objekt noch deutlich heißer ist als bisher gedacht, 200.000° statt 120.000° Celsius. Dabei entdeckten sie die Anwesenheit zweier Kalzium-Emissionslinien. Eine genaue Modellierung der Sternatmosphäre bestätigt den Ursprung dieser Linien und beweist, dass die Temperatur 200.000° Celsius betragen muss, um diese Emissionslinien überhaupt zu erzeugen. KPD 0005+5106 ist so heiß, dass er seine Photosphäre Emissionslinien im Ultraviolett-Spektrum zeigt, ein Phänomen, welches bisher nicht bekannt war.

Diese Emissionen stammen von extrem ionisiertem Kalzium (neunfach ionisiert, also Ca X), das ist die höchste Ionisationsstufe eines chemischen Elements, das bisher im Photosphärenspektrum eines Sterns gefunden wurde. Der Stern KPD 0005+5106 ist wegen seiner chemischen Zusammensetzung eine Herausforderung für die wissenschaftlichen Vorstellungen der Sternentwicklung. Die vorgefundene Kalziumhäufigkeit (ein bis 10facher Sonnenwert) in Kombination mit der heliumreichen Natur seiner Atmosphäre, stellt eine chemische Zusammensetzung dar, die von Sternentwicklungsmodellen bisher nicht vorher gesagt wird.

Eine andere kleine Gruppe sind die *Hydrogen-Deficient Stars*. Bei diesen wasserstofflosen Zwerge fehlt das üblicherweise häufigste Element, der Wasserstoff, vollständig. Diese Exoten sind für die Astrophysiker deshalb interessant, weil ihre Existenz mit den üblichen Theorien zur Entwicklung der Sterne nicht erklärt werden kann. Am Ende ihrer Entwicklung werden bei diesen WZ, die durch Kernfusion entstandenen Elemente, vorwiegend Kohlenstoff und Sauerstoff, im Sterninneren eingelagert, aber ihr Aussehen hat sich unter einer sehr dünnen Hülle aus Helium und

Wasserstoff-Resten für den Beobachter kaum verändert. Bei diesen erkalteten Sternleichen kann es überraschenderweise unter bestimmten Umständen durch überhöhten Temperaturdruck zu einem Wiedereinsetzen der Fusion des restlichen verbliebenen Heliums kommen, was bei der in kürzester Zeit freigesetzten Energie zu einem "Helium-Blitz", einer gewaltigen thermonuklearen Explosion, führt.

Der Stern wird dabei aber nicht zerstört, sondern wieder ein leuchtender Stern. In Folge dieses Helium-Blitzes kommt es zu großräumigen Materiebewegungen im Stern ("Konvektion"). Der eventuell noch vorhandene Rest Wasserstoff der Sternoberfläche wird bei der Durchmischung der Elemente ins Sterninnere gezogen. Die Produkte der Heliumfusion, Kohlenstoff, Sauerstoff sowie Spuren anderer Elemente, geraten an die Sternoberfläche und werden hier der direkten Beobachtung zugänglich. Es sind hier Aussagen darüber möglich, wie effektiv welche chemischen Elemente in Sternen erzeugt werden. Auch Aussagen über die chemische Entwicklung des Universums sind möglich. Dieses theoretische Szenario enthält eine Reihe von anderen beobachtbaren Vorhersagen, anhand derer es überprüft werden kann. Diese Vorhersagen stimmen aber nur zum Teil mit Beobachtungen überein. Das könnte daran liegen, dass Details noch unverstanden sind. Es wird auch diskutiert, dass diese exotischen Sterne sich ganz anders entwickelt haben. So wäre es denkbar, dass das Verschwinden von Wasserstoff durch großräumige Materie-Bewegung bei der Verschmelzung mit einem engen Begleitstern oder einem Planeten entstanden sein könnte. Eine Erklärung der anstehenden Fragen könnte aber auch noch in dem umfangreichem Datenschatz von FUSE schlummern.

Eine andere internationale Forschergruppe von Astrophysikern unter Beteiligung der Georg-August-Universität Göttingen hat entdeckt, warum **Magnetfelder in sogenannten kalten Weißen Zwergen** häufiger vorkommen als in den jüngeren heißen Weißen Zwergen. Das Wissenschaftler-Team unter Dr. Dennis Shulyak konnte zeigen, dass starke Magnetfelder in der Lage sind, die Konvektion (Wärmeströmung) über die gesamte Oberfläche eines kalten, magnetisch aktiven WZ zu unterdrücken. Sie kühlen sich deshalb im Vergleich zu WZ mit schwachen oder nicht messbaren Magnetfeldern, langsamer ab und erscheinen dadurch jünger, als sie in Wirklichkeit sind. Besitzt der Vorläuferstern eines WZ ein Magnetfeld, so wird dieses bei dem Kontraktionsprozess seiner Entwicklung, zu einem WZ um mehrere Größenordnungen verstärkt. Da die Magnetfelder mit der Zeit abklingen und sich die Oberflächentemperatur der WZ während Abkühlung verringert, könnte man erwarten, dass mehr WZ mit geringen oder nicht vorhandenen Magnetfeldern bei kühleren Temperaturen existieren. Das Gegenteil scheint der Fall zu sein, die Beobachtung ergab, dass das Magnetfeld möglicher Weise die globale Oberflächenkonvektion in kalten MWZ kontrolliert.

„Bei der Analyse der Lichtvariabilität von WZ 1953-011 haben wir einen direkten Zusammenhang zwischen der lokalen Magnetfeldstärke und der Oberflächentemperatur gefunden“, erklärt Dr. Shulyak von der Uni. Göttingen. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass das Magnetfeld die atmosphärische Konvektion unterdrückt, wodurch auf der Oberfläche des Sterns dunkle Flecken (Sonnenflecken) in den magnetisch aktiven Regionen entstehen. Im Gegensatz zu den relativ kurzlebigen Sonnenflecken, sind die magnetischen Verhältnisse und ihre assoziierten

Temperaturen auf WZ1953-01 seit mindestens zehn Jahren unverändert und damit äußerst stabil. Grundsätzlich sollte die Mehrheit der konvektiven magnetischen WZ photometrische Variabilität zeigen, die in der Tat auch beobachtet wurde.

Ein starkes globales Magnetfeld (mehrere 100 Kilo-Gauß und darüber) ist in der Lage, konvektive Strömungen auf der gesamten Oberfläche und selbst tief im Innerem des Sterns zu bremsen. In WZ unterhalb von etwa 12.000 Kelvin transportiert die Konvektion einen erheblichen Teil des gesamten Energie-Flusses aus tieferen Schichten zur Oberfläche. Diese Unterdrückung durch starke Magnetfelder vermindert somit die Leuchtkraft. Wenn man jetzt noch bedenkt, dass die Abkühlungszeit von WZ invers proportional zu ihrer Leuchtkraft ist, dann sollten Objekte mit global unterdrückter Konvektion längere Abkühlungszeiten als ihre nichtmagnetischen Zwillinge haben. Die magnetische Unterdrückung ist die natürliche Erklärung für die erhöhte Anzahl der MWZ. Dieses Ergebnis stimme vollkommen mit theoretischen Vorhersagen überein, sagte Dr. D. Shulyak.

Literatur: G. Valyavin et. al., Suppression of cooling by strong magnetic fields in white dwarf stars, Nature 515, 88-91 (2014)

www.astronews.com/news/artikel/2014/10/1410-024.shtml