Die Energiequelle der Weißen Zwerge

Woher nehmen Weiße Zwerge ihre Energie? Es sind doch Sternleichen mit Kohlenstoff-Sauerstoff-Kern, die keine Kernfusion mehr betreiben, die aber trotzdem zehn Milliarden Jahre und mehr vor sich hin glimmen.

HEINZ SPANGENBERG, WÖRTH

Während der längsten Zeit eines Sternlebens wird der Energieverlust durch Abstrahlung elektromagnetischer Wellen und Neutrinos von der Kernfusion im Sterninneren ausgeglichen. Im Verlauf der Sternentwicklung gibt es aber auch einige Phasen, während derer ein Stern oder Teile von ihm schrumpfen oder sich ausdehnen. Bei einer Kontraktion wird Gravitationsenergie freigesetzt. Nach dem sehr grundlegenden Virialsatz der Physik kann der Stern davon aber nur 50 Prozent abstrahlen; die andere Hälfte erhöht unausweichlich die innere Energie, das heißt in den meisten Fällen die thermische Energie (siehe »Energiebilanz«): Der Stern wird bei Kontraktion heißer, bei Expansion dagegen kühler.

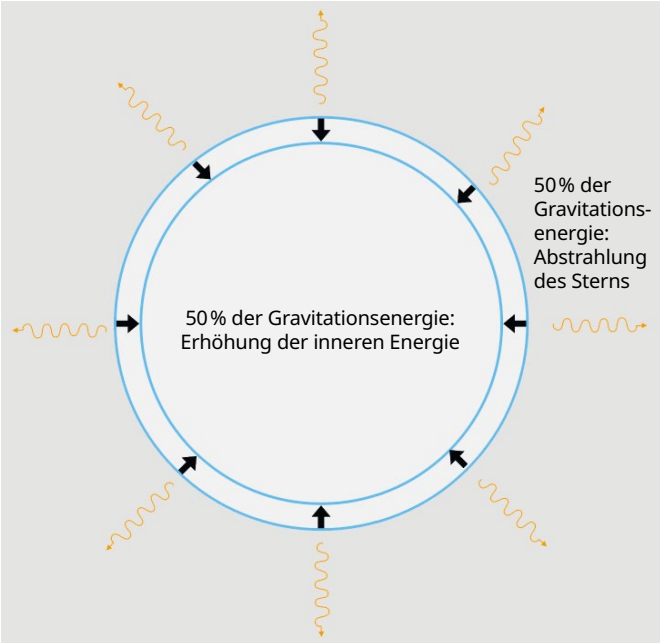
In einem Weißen Zwerg gibt es nur noch die folgenden Energiequellen: die Gravitationsenergie, die thermische Energie und die Energie auf Grund der Coulomb-Wechselwirkung elektrisch geladener Atomkerne und Elektronen. Wegen der extrem hohen Dichten kommt noch eine Eigenschaft der Elektronen hinzu: Sie sind Fermionen und unterliegen daher dem Pauliprinzip, einem der fundamentalen Gesetze der Quantenphysik. Es sorgt dafür, dass die Elektronen extrem schnell werden, wenn sich ihre Dichte erhöht. Damit steigt auch der Druck der Elektronen. Dieser Entartungsdruck stabilisiert Weiße Zwerge.

Anfangs sind Weiße Zwerge noch sehr heiß und leuchtkräftig. Ihr Energieverlust durch die Abstrahlung von Photonen und Neutrinos muss auf Grund des Virialsatzes zu einer Erhöhung der inneren Energie führen – und zu einer minimalen Schrumpfung von anfangs einem Meter, aber bald nur noch wenigen hundertstel Millimetern pro Jahr. Dabei wird der Weiße Zwerg aber nicht wie ein normaler Stern heißer, sondern die dabei leicht zunehmende Dichte zwingt die Elektronen dazu, energiereicher zu werden, und zwar genau um den Betrag der freigesetzten Gravitationsenergie. Damit wäre aber der Virialsatz verletzt, nach dem die innere Energie – zu der auch die Entartungsenergie der Elektronen zählt – nur halb so stark zunehmen darf. Die Bilanz wird dadurch ausgeglichen, dass die thermische Energie der Kohlenstoff- und Sauerstoff-Atomkerne angezapft wird. Dadurch kühlen Weiße Zwerge tatsächlich ab, und zwar sehr langsam, weil ihre Oberfläche winzig ist, meist kleiner als diejenige der Erde.

Wenn die Abkühlung sehr weit fortgeschritten ist, wird sie übrigens für einige Zeit stark verlangsamt, während die Atomkerne ein Kristallgitter bilden und ähnlich wie ein Wärmekissen (latente) Wärme abgeben. Derzeit haben die ältesten Weißen Zwerge in unserer Milchstraße noch eine Oberflächentemperatur von etwa 3000 Kelvin.

Michael Block

Dreifachstern 40 Eridani Einige der extremen Weißen Zwerge sind für Amateure gut zu beobachten, so wie hier im Sternbild Eridanus: der 9 mag helle, bläuliche Begleiter 40 Eridani B (oben) des hellen Sterns 40 Eridani A (4,4 mag, ganz unten). Der Dritte im Bunde ist der schwache rote Stern (11 mag, oben), ein M-Zwerg, der seinen blauweißen Partner mit rund 250 Jahren Periode umläuft. Das Bild nahm Michael Block mit einem Zehn-Zoll-Schmidt-Teleskop von Meade auf.



S. Jordan/SuW-Grafik

Energiebilanz Beim Schrumpfen und Abkühlen eines Weißen Zwergs wandeln sich Energieformen nach einem festen Schema um.

Stefan Jordan arbeitet am Astronomischen Rechen-Institut (Universität Heidelberg) an Weißen Zwergen und der ESA-Mission Gaia.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

STERNE UND **WELTRAUM** ist die auflagenstärkste Zeitschrift für Astronomie und Raumfahrt im deutschsprachigen Raum und erscheint monatlich (Print/digital).

Die **Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH** in Heidelberg sucht zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine/einen

Redakteurin / Redakteur (m/w/d)

mit dem Schwerpunkt Astronomie in der Redaktion von **Sterne und Weltraum**.

Für das Magazin **Sterne und Weltraum** recherchieren Sie aktuelle Themen, die Sie teils auch selbst in verschiedenen journalistischen Formen umsetzen (Kurzberichte, Bildstrecken, Interviews, Kommentare, etc.). Sie betreuen hauptverantwortlich Rubriken des Hefts. Zudem planen und redigieren Sie regelmäßig die Beiträge Dritter. Sie gestalten und produzieren das Magazin **Sterne und Weltraum** mit und entwickeln es weiter.

Wir erwarten

- einen sehr guten fachlichen Hintergrund in Astronomie und Physik, erworben durch ein einschlägiges Fachstudium (gerne mit Promotion)
- gute Kenntnisse und Praxis in astronomischen Beobachtungen; Kenntnisse in Astrofotografie von Vorteil
- journalistische Erfahrung im Online- und Printbereich
- Meinungsstärke sowie die Fähigkeit, einzuordnen und zu kommentieren
- einen abwechslungsreichen und verständlichen Schreibstil, nachzuweisen durch aussagekräftige Arbeitsproben
- einen sicheren Umgang mit der deutschen und englischen Sprache in Wort und Schrift
- große Vertrautheit mit englischsprachiger Fachliteratur und wissenschaftlichen Fachpublikationen
- hohe Affinität zu sozialen Medien, sowohl zu Recherchezwecken als auch zum Verbreiten eigener redaktioneller Inhalte
- Kenntnisse in Gestaltung und Bearbeitung von Grafiken und astronomischen Aufnahmen sind von Vorteil
- Gespür für die optische Gestaltung von populärwissenschaftlichen Artikeln
- ein hohes Maß an Kreativität, Teamfähigkeit, Flexibilität und Belastbarkeit
- idealerweise die Bereitschaft, den Verlag bei öffentlichen Veranstaltungen wie Redaktionsbesuchen und Podiumsdiskussionen zu repräsentieren

Die unbefristete Position ist in Vollzeit (38,5 Stunden/Woche) zu besetzen und bietet flexible Arbeitszeiten sowie Home-Office. Eintritt ab sofort. Bitte bewerben Sie sich online via SuccessFactors unter Angabe Ihrer frühestmöglichen Verfügbarkeit und Gehaltsvorstellungen.

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an:
Dr. Andreas Müller, Chefredakteur **Sterne und Weltraum**, Telefon: 06221 528-151

ADOBEBOX / GETTY IMAGES / ISTOCK