Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 31 (1973)
Heft: 134

Artikel: Wie sitribt ein Stern?
Autor: Tammann, G.A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899681

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

«*Speckle-Interferometrie*» bezeichneten Methode ist grundsätzlich wiederum einfach. Die Methode ist aber keineswegs unmittelbar einleuchtend, und ihre Schilderung würde den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen. Erste Resultate der Speckle-Interferometrie sind bereits veröffentlicht worden[11]); sie betreffen aber vorläufig nur Sterne mit Durchmessern, die grösser als eine Hundertstel Bogensekunde sind.

Literatur

1) MICHELSON, A. A., und PEASE, F. G. Ap. J. *53*, 249–259, 1921.
2) PEASE, F. G. Armour Engineer *16*, 125–128, 1925.
3) PEASE F. G. Scientific American *143*, 290–293, 1930.
4) PEASE, F. G. Ergebn. d. Exakten Naturwiss. *10*, 84–96, 1931.
5) HANBURY BROWN, R., und TWISS, R. Q. Phil. Mag. *45*, 663–682, 1954.
6) HANBURY BROWN, R. und TWISS, R. Q. Proc. Roy. Soc. A *242*, 300 ff. 1957.
7) HANBURY BROWN, R. und TWISS, R. Q, Proc. Roy. Soc. A *243*, 291 ff. 1957.
HANBURY BROWN, R., DAVIS, J., und ALLEN, L. R. Monthly Notices Roy. Astron. Soc. *137*, 375–417, 1967.
9) HANBURY BROWN, R. Ann. Rev. Astron. Astroph. *6*, 13–38, 1968.
10) LABEYRIE, A. Astron. Astroph. *6*, 85–87, 1970.
11) GEZARI, D. Y., LABEYRIE, A., und STACHNIK, R. V. Ap. J. Letters *173*, L1–L5, 1972.

Der Autor dankt Herrn Prof. Dr. R. H. BROWN für die Überlassung der Fig. 1.

Adresse des Autors: PETER BUSER, Astronomisches Institut der Universität Basel, Venusstrasse 7, CH-4201 Binningen.

Wie stirbt ein Stern?

Vortrag von P. D. Dr. G.A. TAMMANN in Aarau am 5. 12. 1972.
Zusammengefasst von DANIEL WYLER, Aarau

Die wichtigste gestaltende Kraft im Universum ist die Gravitation (= Massenanziehung); sie ist weitreichend und kennt im Gegensatz zu allen anderen Kräften keine Abschirmung. Ohne Gravitation gäbe es keine Sterne.

Ein Stern entsteht aus einer Wasserstoffwolke, die sich unter ihrer eigenen Gravitation zusammenzieht. Im Normalfall wird durch die Kontraktion die Temperatur im Sterninnern so hoch, dass Kernprozesse beginnen. Die wichtigste Rolle spielt hierbei die Umsetzung von Wasserstoff in Helium, bei welchem Prozess sehr viel Energie frei wird. Die freiwerdende Energie hält die Kontraktion auf (unter Umständen für viele Milliarden Jahre), – aber wenn die Vorräte an Kernenergie erschöpft sind, das heisst wenn der Stern «tot» ist, kollabiert er weiter. Die Frage erhebt sich: bis zu welchem Stadium? Während der 12 Milliarden Jahre alten Geschichte unserer Milchstrasse waren etwa 5 Prozent ihrer Masse in Sternen gebunden, die heute «tot» sind. Der Sterntod kann daher an sich nichts Seltenes sein. Die Art des Endstadiums wird im Wesentlichen durch die Masse des Sterns bestimmt. Die Natur scheint vier grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten zu realisieren.

1) Hat ein Stern weniger als 0.07 $\mathfrak{M}_\odot$ (1 $\mathfrak{M}_\odot$ = Masse unserer Sonne), so genügt die erreichte Zentraltemperatur nicht, um Kernprozesse zu zünden. Wenn wir von der Möglichkeit absehen, dass er einige Zeit dank der Gravitationswärme leuchten kann, so ist sein Schicksal, dass er zu einem kalten Festkörper (*Schwarzen Zwerg*) erstarren muss. Die Coulombkräfte der sich abstossenden Elektronenhüllen genügen, um die Gravitationskraft zu balancieren. Solche Sterne sind sehr schwer zu beobachten; da trotzdem einige bekannt geworden sind, müssen sie sehr häufig sein. Natürlich gehören auch die Planeten in diese Klasse von Objekten.

2) Ist die Masse des Sternes grösser als die oben angegebene Grenze, aber kleiner als 1.4 $\mathfrak{M}_\odot$ (CHANDRASEKHAR-Grenze), so übertrifft die Gravitationskraft die Coulombkraft. Die Elektronenschalen werden zerquetscht, die Elektronen werden Kollektiveigentum der Atomkerne. Aber die Elektronen können nach einem fundamentalen, von W. PAULI gefundenen Prinzip nicht beliebig dicht gepackt werden. Nur widerstrebend beziehen sie auf den äusseren Druck hin ihre Plätze und bewirken so einen Gegendruck. Man sagt, die Elektronen seien «entartet», und in ihrer Entartung halten sie die weitere Kontraktion auf. Man hat jetzt einen *Weissen Zwerg* vor sich. Weisse Zwerge sind ausgebrannte, tote, sehr dichte Sterne, die wegen ihrer sehr hohen Temperatur nur langsam auskühlen und daher noch lange leuchten können. Wegen dieser Eigenschaft konnten bisher einige Hundert Weisse Zwerge entdeckt werden.

Überraschend vermögen auch Sterne oberhalb der CHANDRASEKHAR-Grenze zu Weissen Zwergen zu werden, und zwar bis etwa zu 3.5 $\mathfrak{M}_\odot$. Diesen an sich zu massereichen Sternen gelingt es nämlich, noch während in ihnen Kernprozesse ablaufen und speziell im Stadium der sogenannten Roten Riesen, Masse abzuwerfen. Diese abgestossene Masse umlagert den Stern dann schalenförmig und bildet, was wir als Planetarischen Nebel (z. B. den Ringnebel in der Leier) beobachten. Der Zentralstern eines Planetarischen Nebels schickt sich also gerade an, ein Weisser Zwerg zu werden (Nova-Ausbrüche sind eine «Krankheit» von engen Doppelsternsystemen und gehören nicht direkt hierhin).

3) Wird der Gravitationsdruck im Sterninnern noch grösser als bei den Weissen Zwergen, das heisst bei Sternen mit anfänglichen Massen zwischen 3.5 und 8 $\mathfrak{M}_\odot$, so kombinieren sich die Elektronen mit den Protonen in den Atomkernen zu Neutronen. Die

Folge ist ein katastrophaler Kollaps der Materie zu einem extrem dichten *Neutronenstern*, denn die bisher stabilisierenden entarteten Elektronen werden nun ja plötzlich aufgezehrt. Zwischen den elektrisch neutralen Neutronen wirken keine Coulombkräfte, und sie können daher unvorstellbar dicht gepackt werden, bis schliesslich die sehr grossen abstossenden Kernkräfte eine weitere Kontraktion aufhalten und den Stern auf diese Art stabilisieren.

Beim Kollaps wird sehr viel Energie frei und der Stern erhitzt sich auf mehrere Milliarden Grad. Hierdurch werden einerseits die exotischsten Kernprozesse in Gang gesetzt und die schweren Elemente gebildet (bei deren Bildung im Gegensatz zu den leichten Elementen Energie verbraucht wird), andererseits wird aber ein erheblicher Teil der Sternmasse in den interstellaren Raum geblasen. Diesen Prozess beobachten wir als *Supernova-Explosion;* eine solche ereignet sich etwa einmal in 25 Jahren in unserer Milchstrasse. Der zurückbleibende Neutronenstern hat eine Masse, die aus theoretischen Gründen kleiner als $2\,\mathfrak{M}_\odot$ sein muss. Wegen der Erhaltung des Drehimpulses muss ein neugebildeter Neutronenstern sehr schnell rotieren; wie ein Leuchtturm sendet er dabei Strahlungspulse in den Raum. Diese wurden vor einigen Jahren bei den sogenannten *Pulsars* tatsächlich entdeckt.

4) Gelingt es dem Stern nicht, vor dem Kollaps seine Masse auf weniger als $2\,\mathfrak{M}_\odot$ zu reduzieren, – und das scheint möglicherweise für Sterne mit Anfangsmassen von mehr als $8\,\mathfrak{M}_\odot$ zuzutreffen – so gibt es keinen Halt mehr für die Kontraktion. Nach dem Unterliegen der Kernkräfte kennt man keine weitere Kraft, die der Gravitation entgegenwirken könnte. Der Stern kontrahiert, bis sein Radius theoretisch null und seine Dichte unendlich wird. Man nennt solche Gebilde *Schwarze Löcher*. Ein Schwarzes Loch schnürt sich vom übrigen Universum völlig ab: keinerlei Strahlung und kein Signal kann sein Gravitationsfeld verlassen. Masse, die hineinfällt, kann niemals wieder herausgelangen. Nach aussen kann ein Schwarzes Loch sich einzig durch seine Gravitationswirkung bemerkbar machen. Da die Suche nach der Auswirkung eines solchen unsichtbaren Objekts in Doppelsternen bisher keine eindeutigen Ergebnisse geliefert hat, sind die wundersamen Schwarzen Löcher heute noch hypothetisch.

Für einige typische Parameter der «toten» Sterne, in denen keine Kernreaktionen (mehr) ablaufen, gab der Referent die folgende Tabelle:

	Schwarze Zwerge	Weisse Zwerge	Neutronensterne	Schwarze Löcher
Ursprüngliche Sternmasse (in)	< 0.07	0.07–3.5	3.5–8	> 8
Masse nach Bildung (in)	< 0.07	0.07–1.4	< 2	> 2
Dichte (in g/cm³)	1–10	10^5–10^8	10^{14}	∞
Durchmesser	Planetengrösse	— Erdgrösse	40 km	0
Stabilisiert durch	Coulombkräfte	entartete Elektronen	Kernkräfte	–
Die Erde hätte einen Durchmesser von	12700 km	~ 100 km	200 m	0
Beobachtet während Bildung als	–	Planetar. Nebel	Supernova	–
nach Bildung als	Kalter Körper	Weisser Zwerg	Pulsar	–
Gestorbene Sterne in der Milchstrasse:	Sternmasse:	Anzahl gestorbener Sterne:		
	< 1	keine (da lhre Lebenszeit länger als das Alter der Milchstrasse [12 Mia. Jahre] ist)		
	1 –1,4	$3 \cdot 10^8$		
	1,4–3,5	$1 \cdot 10^9$		
	3,5–8	$4 \cdot 10^8$		
	< –8	$4 \cdot 10^7$		

Gesamtmasse der gestorbenen Sterne: $5 \cdot 10^{10}\,\mathfrak{M}_\odot$, wovon ein Teil an den interstellaren Raum (Planetarische Nebel, Sternexplosionen) zurückgegeben wurde (Gesamtmasse der Milchstrasse: $20 \cdot 10^{10}\,\mathfrak{M}_\odot$)

Adresse des Referenten: DANIEL WYHLER, Vordere Vorstadt 14, CH-5000 Aarau

BBSAG Bulletin No. 6

ist am 6. Dezember 1972 erschienen. Es bringt auf 6 Seiten wiederum eine Fülle von Daten und Hinweisen, sowie zwei Graphiken. Interessenten können dieses Bulletin bei Herrn K. LOCHER, Rebrainstrasse, CH-8634 Grüt bei Wetzikon, anfordern.