

Spektrum
der Wissenschaft

KOMPAKT

NEUTRONENSTERNE

Bizarre Schwergewichte im All

Röntgenteleskop

Ins Innere von
Pulsaren blicken

Rätselhafte Radioblitze

Sind Magnetare die
Strahlungsquelle?

Gravitationswellen

Das Raumzeitbeben
von NGC 4993



Antje Findekle
E-Mail: findekle@spektrum.de

Liebe Leserin, lieber Leser,

wenn massereiche Sterne ihr »Lebensende« erreichen, verabschieden sie sich mit einem spektakulären Feuerwerk – einer Supernova. Manchmal bleibt dabei ein besonders kompaktes Objekt zurück, ein so genannter Neutronenstern. Dieser Sterntyp ist gerade mal 20 Kilometer groß, vereint aber auf diesem Raum die Masse unserer Sonne. Materie wird im Inneren der Exoten ähnlich stark komprimiert wie in einem Atomkern.

Entsprechend spannend sind Neutronensterne für Astrophysiker, zumal es verschiedene Varianten der bizarren Weltraumkugeln gibt: Pulsare schießen in regelmäßigen Abständen Strahlenbündel ins All, Magnetare werden von unvorstellbar starken Magnetfelder umgeben. Viele Fragen rund um Neutronensterne sind noch unbeantwortet, aber Wissenschaftler haben dabei in den vergangenen Jahren deutliche Fortschritte gemacht. Im August 2017 beobachteten sie beispielsweise, wie zwei Neutronensterne in der Galaxie NGC 4993 verschmolzen sind und dabei das Universum mit Gravitationswellen fluteten.

Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 05.03.2018

Folgen Sie uns:

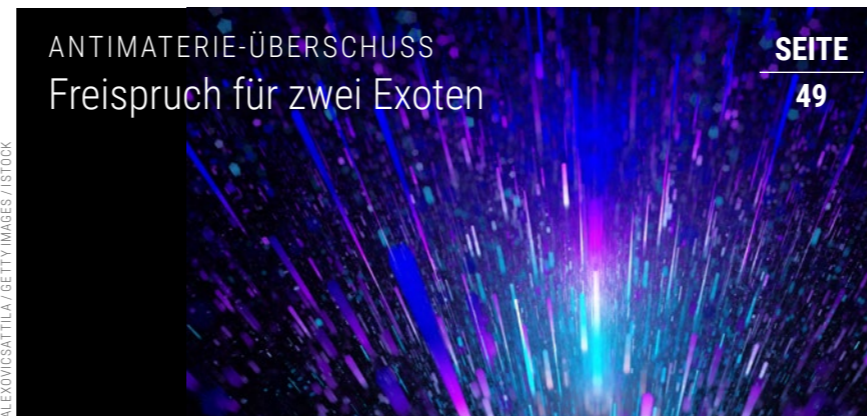
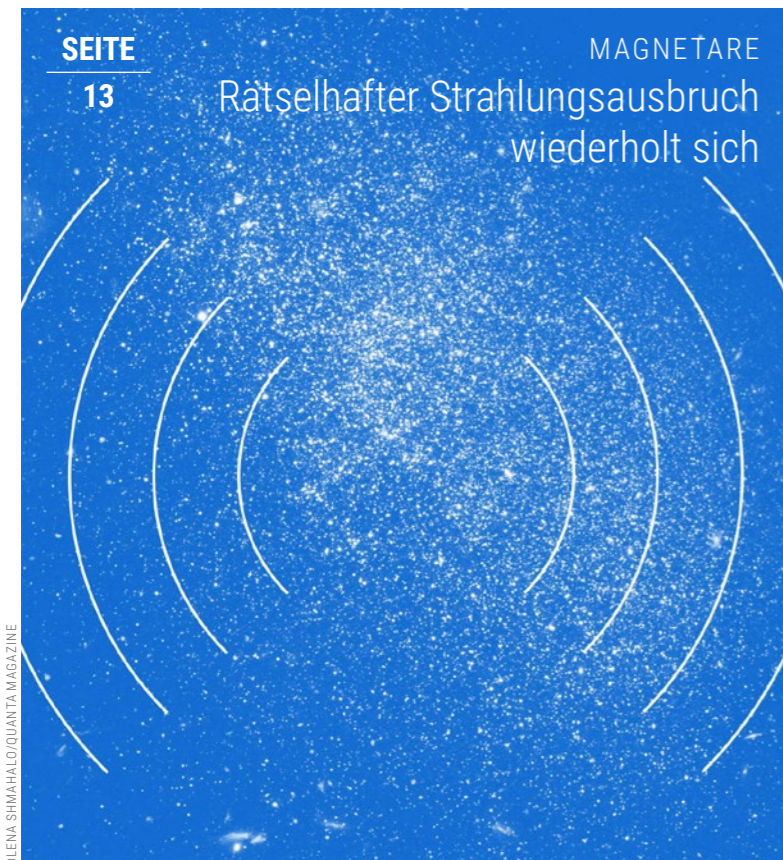


CHEFREDAKTEURE: Prof. Dr. Carsten Könneker (v.i.S.d.P.), Dr. Uwe Reichert
REDAKTIONSLEITER: Dr. Hartwig Hanser, Dr. Daniel Lingenhöhl
ART DIRECTOR DIGITAL: Marc Grove
LAYOUT: Oliver Gabriel, Marina Männle
SCHLUSSREDAKTION: Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
BILDREDAKTION: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
PRODUKTMANAGERIN DIGITAL: Antje Findekle
CONTENT MANAGER DIGITAL: Dr. Michaela Maya-Mrschtik
VERLAG: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600, Fax 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114, USt-Id-Nr. DE229038528
GESCHÄFTSLEITUNG: Markus Bossle, Thomas Bleck
MARKETING UND VERTRIEB: Annette Baumbusch (Ltg.)
LESER- UND BESTELLSERVICE: Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ilona Keith, Tel. 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

Die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH ist Kooperationspartner der Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation gGmbH (NaWik).

BEZUGSPREIS: Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer
ANZEIGEN: Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an service@spektrum.de.

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2018 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bildnachweise: Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.



- 09 SUPERNOVAE
Heavy-Metal-Hypernova
- 21 PSR J0952-0607
Ultrakompakte Sternleiche bricht
Rotationsrekord
- 23 ENTSTEHUNG DER ELEMENTE
Werden Neutronensterne von winzigen
Schwarzen Löchern gefressen?
- 25 EIERNDE NEUTRONENSTERNE
Wenn der Pulsar austickt
- 29 1E 161348-5055
Der langsamste Pulsar im All?
- 31 NGC 5907 ULX
Der fernste und hellste Röntgenpulsar
- 34 XB091D
Verjüngungskur für einen Pulsar
- 38 INTERSTELLARES MEDIUM
Ein toter Stern als Staubsauger
- 42 EINSTEIN@HOME
13 neue Gammapulsare entdeckt
- 45 DOPPELSYSTEM
Neutronensterne auf dem Smartphone



INS INNERE VON **Pulsaren** blicken

NICER

von Elizabeth Gibney

Im Kern von Neutronensternen ist die Materie ungemein dicht. Unter anderem mit einem neuen Röntgendetektor auf der Internationalen Raumstation ISS versuchen Forscher, mehr über diesen ungewöhnlichen Zustand herauszufinden.

Seit einem halben Jahrhundert beobachten Astronomen und Physiker Pulsare, das sind schnell rotierende Neutronensterne, und fragen sich: Wie kann ein Körper mit nur 10 bis 20 Kilometer Durchmesser so viel Masse enthalten wie unsere Sonne? Wie ordnen sich die Bausteine der Materie an, um eine derart unvorstellbare Dichte zu ermöglichen? Mit Hilfe von Experimenten im Labor lassen sich diese Fragen nicht beantworten. Doch ein spezielles Röntgenteleskop, das Anfang Juni 2017 an Bord einer Dragon-Kapsel des Unternehmens SpaceX zur Internationalen Raumstation ISS gebracht wurde, könnte endlich Antworten liefern. Der »Neutron Star Interior Composition Explorer«, kurz NICER, soll den Astronomen erstmals einen Blick in die Herzen dieser geheimnisvollen Objekte ermöglichen.

Als eine Art kosmischer Leuchtturm schießen die Pulsare gebündelte Strahlen durchs All – ebendiese Eigenschaft führte

Elizabeth Gibney schreibt für »Nature« in London.

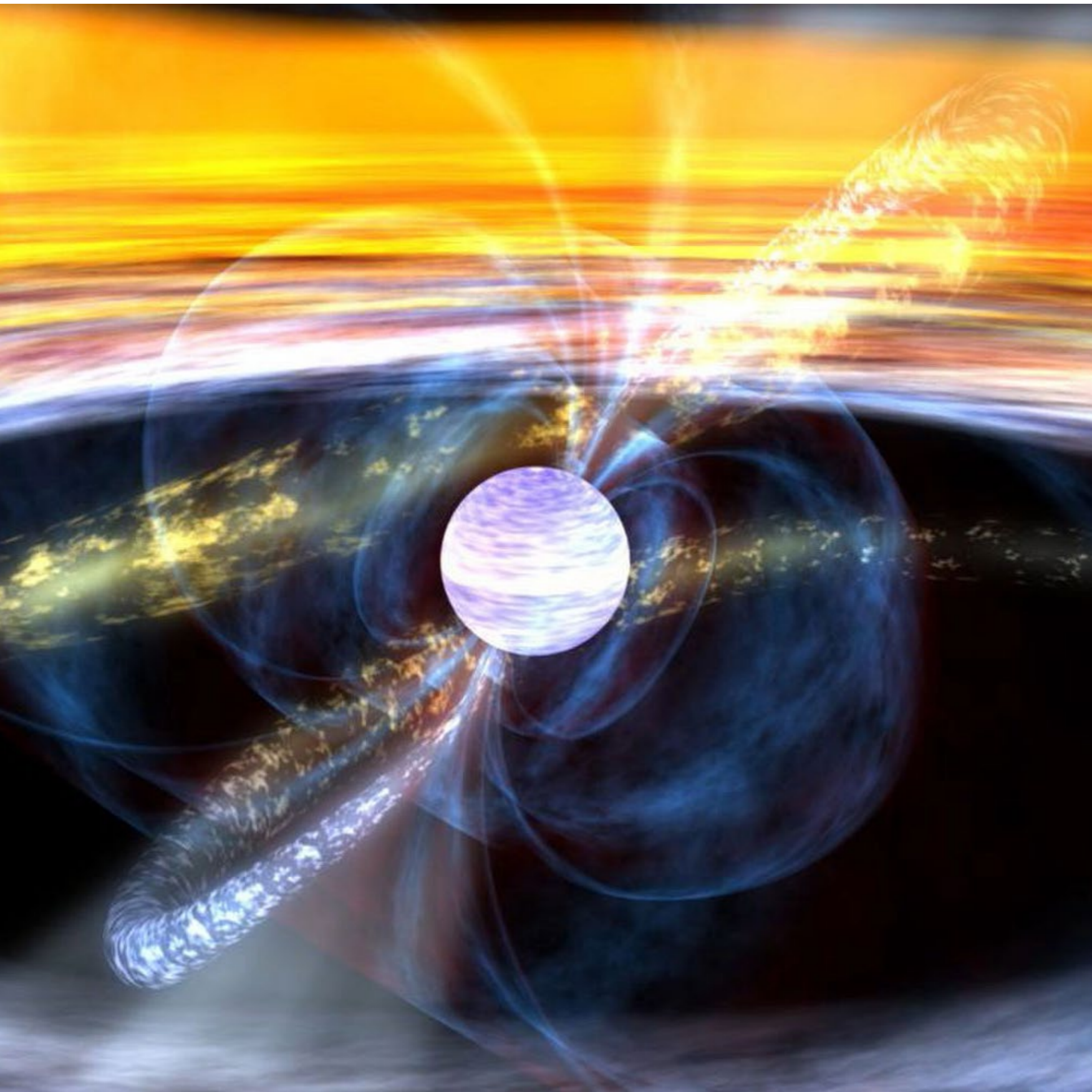
im Jahr 1967 zu ihrer Entdeckung. Ein Neutronenstern ist der kollabierte Überrest eines explodierten Sterns. Das Verhalten der Materie in seinem dichten Kern könnte Erkenntnisse liefern über die fundamentalen Wechselwirkungskräfte von Elementarteilchen und über Schwarze Löcher sowie andere kosmische Objekte.

»Die Mission ist ein gewaltiger Schritt dahingehend, die Eigenschaften der dichtesten Materie im Kosmos zu verstehen«, sagt Tetsuo Hatsuda, theoretischer Physiker am japanischen Forschungszentrum RIKEN. »Seit der Entdeckung der Pulsare zählt der Zustand der Materie bei der im Kern eines Neutronensterns herrschenden extrem hohen Dichte zu den ungelösten Problemen sowohl der Kernphysik als auch der Astrophysik.«

»Mit NICER können wir erstmals eine ungefähre Vorstellung davon bekommen, wie Neutronensterne im Inneren aussehen«, hofft Nathalie Degenaar, Astrophysikerin an der Universität Amsterdam. Auf der Internationalen Raumstation soll das waschmaschinen große Instrument Rönt-

»Mit NICER können wir erstmals eine ungefähre Vorstellung davon bekommen, wie Neutronensterne im Inneren aussehen«

[Nathalie Degenaar]



genstrahlen von Hotspots an den magnetischen Polen der Neutronensterne empfangen. Daraus wollen die Forscher schließlich die Größe der Sterne berechnen.

Dieser Wert ist von entscheidender Bedeutung: Bei einer bestimmten Größe dürfte der Kern des Neutronensterns starr sein, um dem Druck der Gravitation standzuhalten. Er besteht dann vermutlich aus frei beweglichen Neutronen, die dichter gepackt sind als in Atomkernen. Ist der Neutronenstern aber noch kleiner, so ist sein Kern vermutlich »weich«, eine Art Flüssigkeit, in der die Neutronen in ihre Bestandteile, die Quarks, aufgelöst sind. In noch exotischeren Modellen besteht der Kern aus so genannten Hyperonen. In normaler Materie kommen sie nicht vor; sie enthalten »Strange-Quarks«, also »seltsame Quarks«.

NEUTRONENSTERN

Ein Neutronenstern hat in seinem Kern eine unglaublich hohe Dichte. Anhand der Strahlen, die dieser rotierende Stern (Pulsar) aussendet, lässt sich seine Größe und schließlich die Masse bestimmen.

»Ferner hoffen wir, die kritische Masse von Neutronensternen zu bestimmen, oberhalb der die Gravitation den Druck überwiegt und der Stern zu einem Schwarzen Loch kollabiert«, so Zaven Arzoumanian, der am Goddard Space Flight Center der NASA tätig ist und als einer der wissenschaftlichen Leiter der NICER-Mission fungiert. Hätte man eine bessere Vorstellung von den extrem dichten Materiezuständen, ließen sich außerdem die Modelle für die letzten Momente der Verschmelzung zweier Neutronensterne verbessern – ein Ereignis, das die Gravitationswellendetektoren von LIGO im August 2017 erstmals auf der Erde nachgewiesen haben. Die Gravitationswellen solcher Kollisionen werden Physikern mittelfristig enorm dabei helfen, das Innere von Neutronensternen besser zu verstehen – und so vermutlich eine wichtige Ergänzung zu den von NICER gewonnenen Einsichten darstellen.

Masse bestimmt über Krümmung des Lichts

Das ISS-Instrument fängt von Pulsaren ausgesandte elektromagnetische Wellen auf. Das starke Gravitationsfeld der Neutronensterne verbiegt diese Strahlung. Über

IM INNEREN EINES NEUTRONENSTERNS

Die NASA-Mission nutzt Röntgenspektroskopie, um Aufschluss über das Innenleben von Neutronensternen zu erhalten – also über die dichteste Art von Materie im Kosmos.

äußere Kruste

Atomkerne, freie Elektronen

innere Kruste

schwerere Atomkerne, freie Neutronen und Elektronen

äußerer Kern

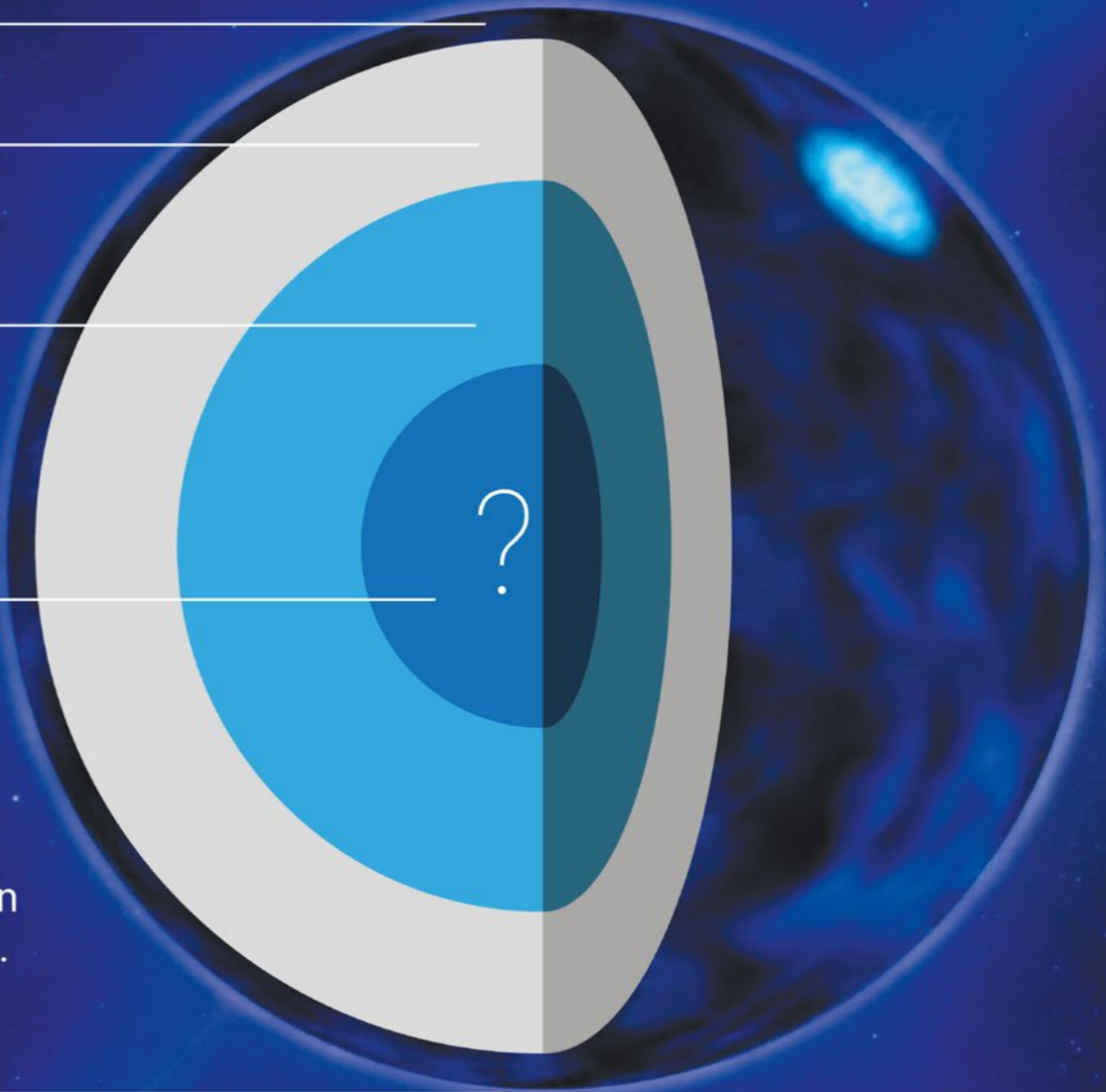
Quantenflüssigkeit aus Neutronen, Protonen und Elektronen

innerer Kern

unbekannte Form extrem dichter Materie; es ist unklar, ob Neutronen und Protonen dort noch als individuelle Teilchen existieren, in ihre Quarks zerfallen oder gar »Hyperonen« bilden.

Atmosphäre

Wasserstoff, Helium, Kohlenstoff



gebündelte Röntgenstrahlung, ausgehend von den magnetischen Polen des Neutronensterns; durch die Rotation des Sterns streifen diese Strahlen ähnlich wie bei einem Leuchtturm durchs All.

©nature

NATURE; GIBNEY, E.: NEUTRON STARS TO OPEN THEIR HEAVY HEARTS. IN: NATURE 546, S. 18, 2017; NACH: NASA GODDARD SVS; DT. BEARBEITUNG: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT