

GRAVITATIONSWELLEN

Start in eine **neue Astronomie**



NANOGrav

Hintergrundsignal mit
Pulsaren entdeckt?

Multimessenger-Astronomie

Neutronensterne beflügeln
Kosmologie

Detektor im Untergrund

Der Traum vom
Einstein-Teleskop



Andreas Müller
E-Mail: andreas.mueller@spektrum.de

Liebe Leserin, lieber Leser,
seit dem direkten Nachweis kosmischer Gravitationswellen von kollidierenden Schwarzen Löchern im September 2015 nimmt eine nie dagewesene Erforschung des Alls mächtig an Fahrt auf. Was sind die nächsten Schritte?

Dieses Kompakt nimmt Sie mit zu ganz neuen Erkenntnissen dieser spannenden Disziplin und gibt einen Ausblick auf künftige große Projekte der Gravitationswellenastronomie.

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 05.07.2021

Folgen Sie uns:



CHEFREDAKTION: Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)

REDAKTIONSLEITUNG: Alina Schadwinkel (Digital),
Hartwig Hanser (Print)

CREATIVE DIRECTOR: Marc Grove

LAYOUT: Oliver Gabriel, Marina Männle

SCHLUSSREDAKTION: Christina Meyberg (Ltg.),
Sigrid Spies, Katharina Werle

BILDREDAKTION: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

REDAKTION: Antje Findekle, 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-IdNr.: DE229038528

GESCHÄFTSLEITUNG: Markus Bossle

MARKETING UND VERTRIEB: Annette Baumbusch (Ltg.),
Michaela Knappe (Digital)

LESER- UND BESTELLSERVICE: Helga Emmerich, Sabine Häusser,
Ilona Keith, Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

BEZUGSPREIS: Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer

ANZEIGEN: Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an
anzeigen@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: © 2021 (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. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

SEITE

04

PULSAR TIMING ARRAYS
Hintergrundsignal mit
Pulsaren entdeckt?

NASA/JPL-CALTECH

SEITE

21

WEITERER DURCHBRUCH IN DER
MULTIMESSENGER-ASTRONOMIE
Neutronensterne beflügeln
Kosmologie und Kernphysik

GREMLIN / GETTY IMAGES / ISTOCK

WELTRAUMGESTÜTZTE BEOBACHTUNG

LISA: Das größte
Observatorium der Welt

SEITE

29

AKINOSTANCI / GETTY IMAGES / ISTOCK

SEITE

45

DETEKTOR IM UNTERGRUND
Der Traum vom
Einstein-Teleskop

MICROSTOCKHUB / GETTY IMAGES / ISTOCK

NOBELPREIS FÜR PHYSIK 2015
Auf Einsteins Fährte

SEITE

53

BRIGHTSTARS / GETTY IMAGES / ISTOCK

04 PULSAR TIMING ARRAYS
Hintergrundsignal mit Pulsaren
entdeckt?

21 MULTIMESSENGER-ASTRONOMIE
Neutronensterne beflügeln
Kosmologie und Kernphysik

29 WELTRAUMGESTÜTZTE BEOBACHTUNG
LISA: Das größte Observatorium
der Welt

45 DETEKTOR IM UNTERGRUND
Der Traum vom Einstein-Teleskop

53 NOBELPREIS FÜR PHYSIK 2015
Auf Einsteins Fährte

PULSAR TIMING ARRAYS

HINTERGRUNDSIGNAL MIT PULSAREN ENTDECKT?

von Kai Schmitz



Mit Laserinterferometern wurden einige Dutzend Gravitationswellenereignisse von kollidierenden Schwarzen Löchern und Neutronensternen aufgespürt. Gänzlich andersartige Detektoren – Pulsar Timing Arrays – nutzen ein Netzwerk von Radiopulsaren, deren extrem periodisches Blinken durch Gravitationswellen aus dem Takt gerät. Nach Jahren der Suche vermeldet nun das Projekt NANOGrav einen spannenden Fund.

Gravitationswellen zählen wohl zu den spektakulärsten Vorhersagen der einsteinschen Relativitätstheorie. Die Tatsache, dass bewegte Massen die sie umgebende Raumzeit nicht nur krümmen, sondern auch Wellen darin auslösen können, geht weit über unsere alltägliche Erfahrung hinaus. Das Phänomen lässt sich in Analogie zu Wasserwellen auf der Oberfläche eines Sees auffassen, die durch hineinfallende Steine ausgelöst werden. Und es gibt sie wirklich:

Kai Schmitz ist theoretischer Physiker am CERN und veröffentlichte mehrere Forschungsarbeiten zur Interpretation des NANOGrav-Signals. Von 2015 bis 2018 war er Postdoc am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg.

Seit wenigen Jahren eröffnen uns Gravitationswellen einen vollkommen neuen Blick auf das Universum, der sich wesentlich von herkömmlichen astronomischen Beobachtungen unterscheidet. Ein charakteristisches Merkmal von Gravitationswellen ist, dass sie sich nach ihrer Erzeugung auf Grund der Schwäche der Gravitationskraft, die ihre zeitliche Entwicklung beschreibt, mehr oder weniger ungestört ausbreiten und kaum mit der Umgebung, die sie durchqueren, wechselwirken. Gravitationswellen sind daher wahrlich kosmische Botschafter, die uns in besonders ungetrübter Form Einblicke in die hochenergetischen Prozesse gewähren können, die sie in den Tiefen des Alls entstehen lassen.

AUF EINEN BLICK

Ferne Signale

01 Seit dem Jahr 2015 sind Gravitationswellen direkt messbar. Der Durchbruch erntete den Physik-Nobelpreis 2019.

02 Auch Radioastronomen suchen mit Hilfe von in unserer Galaxie verteilten Pulsaren, schnell rotierenden Neutronensternen, nach den einsteinschen Wellen.

03 Das Projekt NANOGrav dokumentiert nun ein rätselhaftes Signal, dessen Interpretation einen neuen Durchbruch bedeuten könnte.

Das wurde bisher beobachtet

Dies trifft insbesondere auf die gut vier Dutzend Verschmelzungen von kompakten Objekten, vor allem von Schwarzen Löchern, aber auch von Neutronensternen, zu, die bislang beobachtet wurden. Ihre Gravitationswellensignale breiteten sich über Strecken von 100 Millionen oder sogar mehreren Milliarden Lichtjahren aus, bis sie mit irdischen Laserinterferometern registriert wurden.

Der erste direkte Nachweis von Gravitationswellen überhaupt gelang am 14. September 2015 mit den beiden Detektoren des Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, kurz LIGO, in den USA. Seit diesem triumphalen Durchbruch ist der Katalog von offiziell bestätigten Ereignissen auf nunmehr 50 Einträge angewachsen, worin sich der beeindruckende und rasante Fortschritt in diesem noch sehr jungen Forschungsgebiet der beobachtenden Gravitationswellenastronomie widerspiegelt.

Die bislang detektierten Signale decken eine Bandbreite von Ereignissen ab: die Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher, mit zum Teil ungewöhnlich schweren stellaren und mittelschweren Schwar-



NASA

zen Löchern im Ausgangszustand (siehe »Sterne und Weltraum«, 2/2019, und »Sterne und Weltraum«, 11/2020); die Kollision zweier Neutronensterne (siehe »Sterne und Weltraum«, 12/2017), was in einem Fall eine umfangreiche Beobachtungskampagne im elektromagnetischen Spektrum nach sich zog, und womöglich sogar die Verschmelzung eines Schwarzen Lochs mit einem Neutronenstern.

Bei allen Signalen handelt es sich um vorübergehende Signale aus fernen Ga-

EIN RASEND SCHNELL ROTIERENDES RELIKT | Ein Pulsar ist ein schnell rotierender Neutronenstern, der gerichtete Synchrotronstrahlung entlang seiner magnetischen Dipolachse aussendet. Im Allgemeinen stimmt diese Achse nicht mit der Drehachse des kompakten Sternüberrests überein. Dies macht den Pulsar zu einem kosmischen Leuchtturm, dessen Radiopulse uns in einem äußerst stabilen Takt erreichen. Viele solcher Pulsare spannen ein Netzwerk von über das Milchstraßensystem verteilten hochpräzisen Uhren auf.