

ZUM NACHDENKEN

Kilonova GBR 200522A



Der am 22. Mai 2020 um 11:41:52 Uhr UT mit dem Satellitenobservatorium Swift registrierte Gammastrahlenausbruch GBR 200522A steht im Verdacht, aus einer so genannten Kilonova zu resultieren. Bei dem Ereignis handelt es sich vermutlich um die Verschmelzung zweier Neutronensterne, wobei um drei Größenordnungen mehr Energie freigesetzt wurde als bei einer Nova – daher das »Kilo«. Bei der Verschmelzung entstehen auch schwere Elemente. Der Zerfall instabiler Isotope speist zumindest teilweise das bei verschiedenen Wellenlängen beobachtbare Nachleuchten. Im Fall von GBR200522A ist womöglich kein Schwarzes Loch entstanden, sondern ein Magnetar. Dessen Energie trug vermutlich zum Nachleuchten bei, das im Radiobereich mit dem Karl G. Jansky Very Large Array (VLA) und mit dem Weltraumteleskop Hubble (HST) im nahen Infrarot untersucht werden konnte.

Aufgabe 1: Der Ausbruch ereignete sich in der jungen Galaxie mit Sternentstehung SDSS J002243.71–001657.5, rund ein Kiloparsec von deren Zentrum entfernt. Die Galaxie zeigt eine Rotverschiebung von $z = 0,5536$. Bei den kosmologischen Parametern $H_0 = 69,6 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $\Omega_M = 0,286$ und

$\Omega_{\text{vac}} = 0,714$ ist ihre mitbewegte Entfernung (englisch: comoving distance) bei Annahme eines flachen Universums (siehe [suw.link/2107-CosmoCalc](http://www.suw.link/2107-CosmoCalc)) $d = 2,084 \text{ Gpc}$, und die Abbildungsskala ist $s = 6,504 \text{ kpc}''$. Bei der Wellenlänge $1,55 \mu\text{m}$ (HST-Band F160W) betrug der Abstand δ_R zwischen der Position des nahinfraroten Nachleuchtens von GRB200522A und der Galaxie $\delta_R = 0,143''$. **a)** Welcher in die Himmelsebene projizierten Distanz R entspricht der Winkel δ_R ? **Hilfe:** Bedienen Sie sich dabei der Abbildungsskala. **b)** Wie groß wäre R ohne Berücksichtigung der gekrümmten Raumzeit, also naiv über die Winkelfunktion $\tan \delta_R = R/d$ berechnet?

Aufgabe 2: Als Ursache für das Aufleuchten kommt den Autorinnen und Autoren der dem Kurzbericht zu Grunde liegenden Forschungsarbeit zufolge eine leuchtkräftige Kilonova mit vorwärts gerichteter, Synchrotronstrahlung ausstrahlender Stoßwelle in Frage. Sie haben aber auch untersucht, ob nicht ein eng gebündelter, relativistischer Jet mit vorwärts und rückwärts (RS) gerichteter Stoßwelle die Beobachtungen erklären könnte. In dem Fall gilt für die Materie des Nachleuchtens im Jet ein Lorentzfaktor von der Größenordnung

$\Gamma_0 \approx (\nu_{\text{m,RS}}/\text{GHz})^{-0,5} (t_{\text{dec}}/(0,2 \text{ d}))^{-1,5}$. Dabei ist $t_{\text{dec}} \lesssim 0,0059 \text{ d}$ der Zeitpunkt der ersten Sichtung des Nachglühens im Röntgenbereich, und $0,2 \text{ d}$ nach dem Gammastrahlenblitz lag die charakteristische Synchrotronfrequenz höchstens bei $\nu_{\text{m,RS}} \lesssim 6 \text{ GHz}$. Wie groß ist Γ_0 ?

Aufgabe 3: Welchem Verhältnis v/c entspricht der in Aufgabe 2 berechnete Lorentzfaktor $\Gamma_0 = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$? AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg, Fax: 06221 528377. E-Mail: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einsendeschluss ist der 2. Juli 2021. Alle Leser, die bis einschließlich des Maihefts 2022 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt; siehe S. 95. Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf Seite 13! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.

Die Astronomin und ihr Team erklären es so, dass der Zusammenstoß der Neutronensterne an Stelle eines Schwarzen Lochs in diesem Fall einen Magnetar hervorgebracht hat: »Die Magnetfeldlinien wirbeln etwa 1000-mal pro Sekunde um den schnell rotierenden Magnetar und erzeugen einen magnetischen Wind, der Rotationsenergie in die auseinanderstrebenden Explosionswolken des Verschmelzungsereignisses transferiert«, erklärt Tanmoy Laskar von der University of Bath in Großbritannien und Mitautor der in der Fachzeitschrift »The Astrophysical Journal« veröffentlichten Studie. »Das sorgt für die zusätzliche Energie, die das Nachglühen heller macht.«

Schwarzes Loch oder Magnetar?

Die Entstehung eines Magnetars durch die Verschmelzung zweier Neutronensterne ist jedoch noch nie zuvor beobachtet worden. Wenn diese Hypothese stimmt, dann sollte also an Stelle eines Schwarzen Lochs ein besser beobachtbarer Überrest als Ergebnis der Kollision entstanden sein. In den kommenden Jahren würde es somit möglich sein, weitere elektromagnetische Strahlung, vor allem Radiowellen, von den Explosionsresten zu empfangen. Fong und ihr Team erwarten, dass sich in spätestens fünf Jahren mit Radioteleskopen wie dem Very Large Array in New Mexiko die Frage beantworten lässt, ob der Gammastrahlenausbruch GBR200522A tatsächlich die alternative Geburt eines Magnetars angezeigt hat.

JAN HATTENBACH ist Physiker und Amateurastronom. Auf seiner Blogseite www.himmelslichter.net schreibt er über alles, was am Himmel passiert.

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



368 Seiten. Preis: 25 €. Bestell-Link:
<https://amzn.to/2sIYh6L>

Literaturhinweise

Fong, W. et al.: The broadband counterpart of the short GRB 200522A at $z = 0.5536$: A luminous kilonova or a collimated outflow with a reverse shock? The Astrophysical Journal 906, 2021
Pössel, M.: Erster Nachweis: Verschmelzende Neutronensterne – Ein Meilenstein für die Astronomie. Sterne und Weltraum 12/2017, S. 24–33

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1051499