

## ZUM NACHDENKEN

# Das Nachglühen des Gammablitzes GRB 190829A



Etwa einmal täglich werden mit Welt- raumobservatorien wie Swift und Fermi sowie abbildenden Tscherenkow- Teleskopen wie H.E.S.S. und MAGIC Gammablitz registriert. Sie stammen aus allen Ecken des Kosmos und ihre Quellen haben daher sehr unterschiedliche Entfernungen zur Erde. Der am 29. August 2019 erfasste Gammablitz GRB 190829A wurde offenbar in der Galaxie SDSS J025810.28-085719.2 im Sternbild Eridanus freigesetzt. Mit ihrer Rotverschiebung von  $z = 0,0785$  kommt der hochenergetische Blitz demnach aus der vergleichsweise geringen Entfernung (mitbewegte Distanz) von 332 Millionen Parsec. Dem Gammablitz folgte ein Nachleuchten, bei dem mit H.E.S.S. Energien bis zu 3,3 Teraelektronvolt nachgewiesen wurden. Entgegen den Erwartungen ähnelt das registrierte Spektrum der Strahlung im Gammabereich dem viel energieärmeren Spektrum im Röntgenbereich, und auch das Abklingen über drei Tage verläuft in beiden Spektralbereichen synchron.

**Aufgabe 1:** Die Dynamik der Vorwärtsstoßwelle ist durch zwei Faktoren bestimmt: die freigesetzte Energie und die Dichte des die Quelle umgebenden Mediums. Das Nachglühen zeugt auch von einer vorwärts – auf uns zu – gerichteten Stoßwelle mit relativistischer Geschwin-

digkeit. Sie weist daher einen erheblichen Lorentzfaktor auf (siehe »Zum Nachdenken: Kilonova GBR 200522A« in SuW 7/2021, S. 22):

$$\Gamma_M = \sqrt{\frac{E^{\text{iso}}}{M c^2}}.$$

Dabei ist  $\Gamma_M = 4,7$ , abgeleitet aus Messungen mit H.E.S.S. in der ersten Nacht, nur wenige Stunden nach dem Ausbruch.  $E^{\text{iso}}$  ist die in alle Richtungen als gleich betrachtete – isotrope – Energie. Mit dem Röntgenteleskop XRT (X-Ray Telescope) auf dem Gammastrahlensatelliten Swift wurde die isotrope Energieabgabe zu  $E_{\text{XRT}}^{\text{iso}} \approx 5 \cdot 10^{43}$  J bestimmt. Die Lichtgeschwindigkeit ist  $c = 2,998 \cdot 10^8$  m/s. Man bestimme die gesamte, durch die Stoßwelle mitgerissene Masse  $M$ . Man vergleiche das Ergebnis mit der Sonnenmasse  $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30}$  kg.

**Aufgabe 2:** Die vorwärts gerichtete Stoßwelle pflanzt sich in Richtung Erde ja fast mit Lichtgeschwindigkeit fort. Das führt auf eine Gleichung für den Radius der Stoßwelle:

$$R \approx k \Gamma_M^2 c \Delta t.$$

Für die Umgebung, in der sich die Stoßwelle fortbewegt, gibt es zwei Modelle: Zum einen kann es sich um ein homogenes interstellares Medium handeln ( $k_{\text{ISM}} = 8$ ), zum anderen auch ein heftiger

Sternwind sein ( $k_{\text{Wind}} = 4$ ). Die zeitliche Verzögerung zwischen Blitz und erster Beobachtung ist  $\Delta t = 4,3$  h. Welchen Radius  $R$  hatte die Stoßwelle in den beiden Szenarien? AXEL M. QUETZ

## ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



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

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](mailto:zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de). Einsendeschluss ist der 5. November 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 S. 14. Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter [service@spektrum.de](mailto:service@spektrum.de) kontaktieren.

nisse wurden mehr oder weniger zufällig in den 1960er Jahren entdeckt. GRBs treffen aus allen Richtungen auf die Erde und Satelliten auf ihren Umlaufbahnen. Dort lauert dann ein Weltraumteleskop für die Gammaastronomie wie Fermi oder Swift. Die beiden waren es auch, die an jenem 29. August 2019 den Gammablitz GRB 190829A erfasst hatten.

## Gammablitz geschah in kosmischer Nachbarschaft

Während der eigentliche Gammablitz ein eher kurzes Ereignis von oft nur wenigen Sekunden Dauer ist, kann sein Nach-

glühen mehrere Tage anhalten. Es deckt einen großen Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums ab, bis hin zur hochenergetischen Strahlung von einigen Teraelektronvolt (TeV): Dabei handelt es sich um Photonen, die Billionen Mal so energiereich sind wie sichtbares Licht. Teams auf der Erde bekommen davon eher selten etwas mit.

Das liegt hauptsächlich daran, dass Gammablitz meistens ziemlich weit weg entstehen – viel weiter, als die rund eine Milliarde Lichtjahre von GRB 190829A. Auf ihrem langen Weg durch Raum und Zeit des Alls wird gerade die energiereiche

Strahlung durch Kollisionen mit intergalaktischer Materie abgeschwächt und geht sozusagen verloren.

Aber wie steht es bei rund einer Milliarde Lichtjahre Entfernung wie bei GRB 190829A? Das zählt gewissermaßen zur kosmischen Nachbarschaft. Wegen dieser Nähe gelang es den Wissenschaftlern der H.E.S.S.-Kollaboration, das Nachleuchten von GRB 190829A auf der Erde bei Energien bis hin zu 3,3 Teraelektronvolt nachzuweisen.

Direkt wäre das übrigens nicht möglich: Die hochenergetischen Lichtteilchen, die Photonen, treffen nach ihrer Reise