der Gravitationslinse auch im Gammalicht nachzuweisen. Die Ortsauflösung des LAT reicht bei weitem nicht aus, um die beiden lediglich 0,3 Bogensekunden voneinander getrennten Blazarbilder einzeln darzustellen (siehe Bild S. 28 oben): Für Fermi ist B0218+357 nur ein einzelnes punktförmiges Objekt. Die Zeitdifferenz eines Flares sollte sich aber messen lassen. Schon lange vor Fermis Start im Juni 2008 hatten Astronomen eine solche Beobachtung geplant – denn ein Gammateleskop zur Beobachtung gravitationsgelinster Blazare einzusetzen, ist trotz seiner schlechteren Winkelauflösung keineswegs abwegig. Blazare sind sehr helle Gammaquellen, ihre Ausbrüche sind im Gammalicht typischerweise ausgeprägter als im Radiobereich oder im sichtbaren Licht.

Zunächst aber mussten sich die Forscher gedulden. Über mehrere Jahre hinweg verhielt sich B0218+357 völlig ruhig. Erst im Spätsommer 2012 ließen sich in einen Zeitraum von etwa einem Monat mehrere helle Flares beobachten. Von September bis Oktober 2012 suchten Cheung und seine Kollegen gezielt nach auffälligen Wiederholungen im Helligkeitsprofil des Blazars – mit Erfolg. Indem sie die charakteristischen Berge und Täler der Gammastrahlenlichtkurve analysierten, fanden die Astronomen, dass sich die Strukturen nach einer Zeitdifferenz von 11,5 Tagen wiederholten. Dieser Wert ist in ungefährer Übereinstimmung mit den früheren Radiomessungen. Die Differenz von immerhin einem vollen Tag liegt laut Cheung möglicherweise daran, dass Radio- und Gammastrahlung in unterschiedlichen Bereichen des relativistischen Blazarjets erzeugt werden und daher leicht unterschiedlichen Linsengeometrien unterliegen.

Testfall B0218+357

Die Forscher hoffen nun, durch die Beobachtung anderer Blazare weitere Gravitationslinsen aufzuspüren zu können. Das Datenmaterial des LAT eignet sich für diese Suche ausgezeichnet, denn das Teleskop durchforstet auf der Suche nach Gammastrahlungsausbrüchen ständig große Himmelsareale. B0218+357 war bereits vorher als gravitationsgelinstes Objekt bekannt und diente somit als eine Art Testfall.

Das Ziel ist es, mit der neuen Methode auch bislang unbekannte Gravitationslinsen aufzuspüren. Weil viele Blazare im Gammalicht stärkere Helligkeitsvariationen zeigen als im Radiobereich, wären vielleicht sogar Gravitationslinsen nachweisbar, die den Astronomen bislang entgangen sind – etwa weil die Abbilder zu geringe Winkelanstände aufweisen und auch mit Radioteleskopen räumlich nicht zu trennen sind.

JAN HATTENBACH ist Physiker und an der Sternwarte der Volkshochschule Aachen tätig. In seinem Blog »Himmelslichter«, zu finden unter www.scilogs.de/kosmologs, schreibt er über alles, was am Himmel passiert.

Literaturhinweis

Cheung, C. C. et al.: Fermi-LAT Detection of Gravitational Lens Delayed Gamma-ray Flares from Blazar B0218+357. In: Astrophysical Journal Letters, 2014 (akzeptiert). arXiv:1401.0548

Interaktives Programm zur Darstellung der Zeitverzögerung verschiedener Lichtpfade bei einer Gravitationlinse: http://goo.gl/k8kO3K

Animation der Zeitverzögerung: http://goo.gl/iG9e8C

ZUM NACHDENKEN

Zeitverzögerte Signale

Der helle Blazar B0218+357 liegt von der Erde aus gesehen genau hinter einer Spiralgalaxie. Sein Licht erreicht uns auf zwei verschiedenen Wegen, weil die Galaxie als Gravitationslinse wirkt. Sie hat die Rotverschiebung $z_d = 0{,}6847$, was einer Winkeldurchmesser-Entfernung von $d_d = 1{,}4601$ Gpc entspricht. Der weiter entfernte Blazar hat die Rotverschiebung $z_s = 0{,}944$ und $d_s = 1{,}6337$ Gpc .

Aufgabe 1: Über mehrere Jahre hinweg verfolgten Astronomen mit Hilfe des Large Area Telescope (LAT) an Bord des Gammastrahlen-Weltraumobservatoriums Fermi die Helligkeit des Blazars und warteten auf einen Helligkeitsausbruch. Im Jahr 2012 schließlich wurde ihre Ausdauer belohnt. Der mittlere Fluss von Gammaphotonen betrug in der Ruhephase $F_\gamma = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ cm^{-2} s^{-1} und während des Ausbruchs $F_\gamma^* \approx 5 \cdot 10^{-6}$ cm^{-2} s^{-1} **a)** Welche Photonenrate R_γ, R_γ^* konnte das LAT mit seiner Sammelfläche von $A = (1{,}8\ \mathrm{m})^2$ dabei jeweils registrieren? **b)** Wie groß war die mittlere Zeit t_γ, t_γ^* zwischen zwei Photonen im Ruhezustand und während des Ausbruchs? **c)** Wieviele Gammaphotonen n_6, n_6^* sammelte das LAT im Zeitraum von $\Delta t = 6$ Stunden (siehe untere Lichtkurve auf S. 29) auf?

Aufgabe 2: Unter Verwendung der Winkeldurchmesser-Entfernungen d_d, d_s und $d_{ds} = d_s - d_d$ sowie des Winkelabstands $\theta = 0{,}33''$ der beiden Blazar-Bilder zueinander lässt sich die Größenordnung der Zeitverzögerung der beiden Signalpfade angeben:

$$\Delta t = \frac{1 + z_d}{2\,c}\,\frac{d_d\,d_s}{d_{ds}}\,\hat{\theta}^2.$$

Dabei ist $\hat{\theta} = \theta\,(\pi/180°)$ und die Lichtgeschwindigkeit $c = 2{,}998 \cdot 10^8$ m/s. Man beachte auch, dass $1'' = (1/3600)°$. Welche Zeitverzögerung ergibt sich unter diesen Voraussetzungen?

Aufgabe 3: Die gemessene Zeitverzögerung zwischen den beiden Pfaden beträgt $\Delta t_m = 11{,}46$ Tage. Welcher Pfaddifferenz entspricht diese Zeitspanne?

AXEL M. QUETZ

Literaturhinweis

Oguri, M.: Gravitational Lens Time Delays. The Astrophysical Journal 660, S. 1, 2007

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **9. April 2014** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377.
Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern **Preise** verlost: siehe S. 109