

Woher kommen die schnellen Radioausbrüche? [12. März]

Erst innerhalb der letzten Jahre wurden sog. **schnelle Radioausbrüche** (*fast radio bursts* (FRBs)) [1] entdeckt. FRBs sind sehr selten: dabei handelt es sich um **starke Radioausbrüche, die lediglich einige Millisekunden andauern** (Abb. 2).

Die rätselhaften FRBs wurden erstmals im Jahr 2007 entdeckt und haben seitdem eine stetige Diskussion am Leben gehalten, bei der es vor allem um diese beiden Fragen geht:

(1) **Worum handelt es sich bei FRBs?** und (2) **Warum gibt es FRBs?**

Worum handelt es sich bei FRBs?

Das Problem der Messung von FRBs ist ihre **extrem kurze Dauer** (Abb. 2). Daher bleibt bei der Messung eines FRB nur wenig Zeit, um die Himmelskoordinaten des Signals zu messen. Einige Forscher sind der Auffassung, FRBs seien keine natürlichen Phänomene, sondern vielmehr *Interferenzen* [1] im Radiobereich. Dagegen spricht die Identifizierung eines FRB mit sog. *Peryton RFI Signalen* [1].

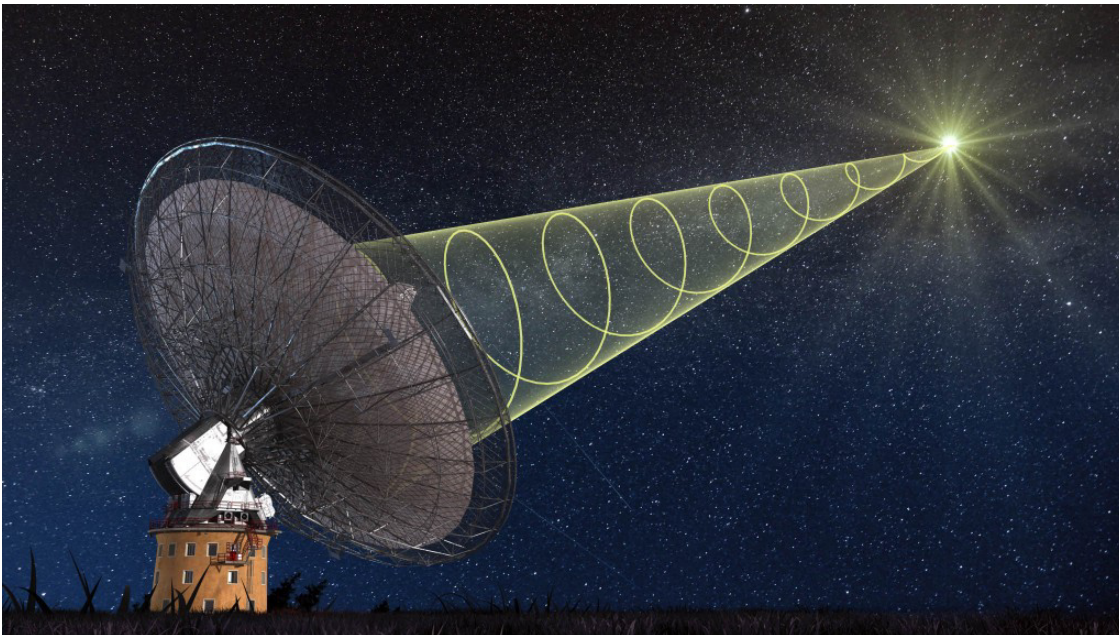


Abb. 1 Künstlerische Darstellung: Das Parkes-Radioteleskop empfängt einen FRB.
Das Parkes-Radioteleskop empfängt einen schnellen (kurzen) Radioausbruch am Himmel. Leider bleibt wenig Zeit, um die Koordinaten des Signals zu bestimmen.
© Swinburne Astronomy Productions

Eine andere Theorie deutet FRBs als Kollisionen von Sternen; jedoch müsste die Radiostrahlung in diesem Fall von Signalen in anderen *Spektralbereichen* [1] begleitet sein - was nicht beobachtet wird. Andere Wissenschaftler bringen die FRBs mit **extragalaktischen Quellen** [1] in Verbindung.

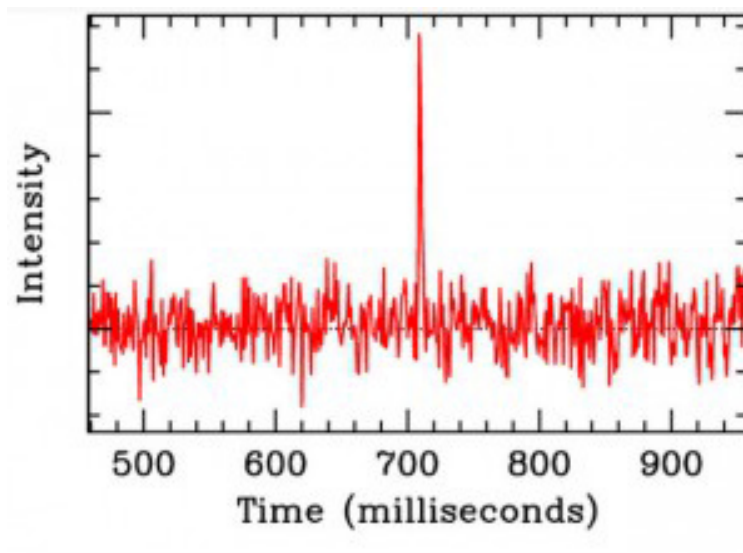


Abb. 2 Intensitätsprofil eines FRB.

Das Intensitätsprofil verdeutlicht wie schnell die Signalstärke (*Intensity*) innerhalb kürzester Zeit (*Time*) ansteigt und nur einige Millisekunden andauert. Das auftretende Intensitätsmaximum macht sich als Signalspitze bemerkbar. Vor und nach dem Intensitätsmaximum besteht die Anzeige nur aus *Rauschen* [1].

© Swinburne Astronomy Productions

Hoffnung auf Klärung

Die Hoffnung vieler Forscher ruht auf der hochauflösenden Beobachtung des *Radiohimmels* [1] sowie der Identifikation möglicher Vorgängerquelle(n) von derartigen Ereignissen: möglicherweise handelt es sich bei FRBs um eine völlig neue Klasse astronomischer Objekte.

Wenn man weitere FRBs entdecken und deren *Rotverschiebung* [1] messen könnte, würde dies möglicherweise bei der Suche der fehlenden *Baryonen** [1] im *intergalaktischen Medium* [1] helfen. Aus den Ergebnissen könnte man Rückschlüsse auf *intergalaktische Magnetfelder* [1] und die *Dunkle Energie* [1] ziehen. [2]

Bekannte FRBs

Der erste FRB, der nicht mit dem australischen *Parkes-Radioteleskop* [1] entdeckt wurde, stammt aus einer erneuten Datenanalyse des *Arecibo-Radioteleskops* [1]. **FRB41** [1] wurde mithilfe des *Green Bank-Radioteleskops* [1] entdeckt. Dabei handelt es sich um das erste Ereignis ausserhalb des Frequenzbandes von 1,4 GHz [1]. Die Entdeckung gelang bei einer Frequenz von 800 MHz [1].

Bei **15 von bisher 16 entdeckten FRBs** wurden die Signale erst lange nach ihrem Auftreten am Himmel entdeckt (Abb. 3); einige FRBs entdeckte man erst bei der Sichtung von Archivdaten. Gegenwärtig wird die Entdeckung von FRBs erleichtert: Supercomputer können die Signale in Realzeit analysieren und ein Ereignis entdecken, wenn es gerade eintritt.

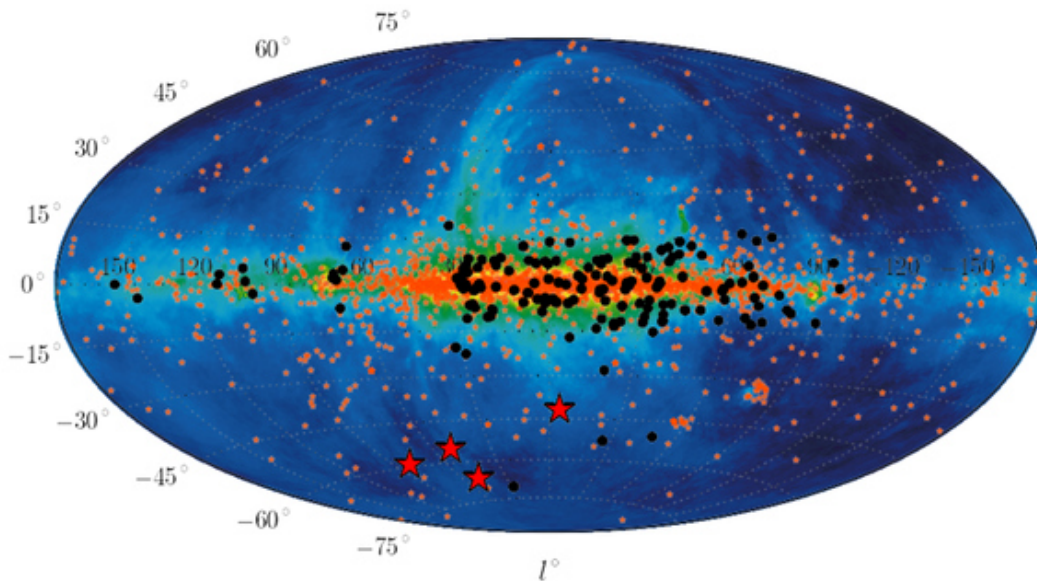


Abb. 3 Der Radiohimmel und die Position einiger FRBs.

Die roten Sterne markieren vier im Jahr 2013 entdeckte FRBs (am südlichen Sternenhimmel). Die schwarzen Kreise markieren die Position sog. *Pulsare* [1]; sie befinden sich hauptsächlich in der *Ebene der Milchstrasse* [1]. Diese Ebene befindet sich in der Bildmitte (waagrecht, Lage bei 0 Grad). Dagegen befindet sich die Position der meisten bekannten FRBs ausserhalb dieser Ebene.

Die Darstellung erfolgt in *galaktischen Koordinaten* [1].

© MPIfR/C. Ng; Science/D. Thornton et al.

Die neue Entdeckung

Nun konnte ein FRB entdeckt **und** ein sich abschwächendes Radiosignal gemessen werden, das 6 Tage nach der Entdeckung des FRB zur Identifikation der *Galaxie* [1] verhelfen konnte, aus der der FRB möglicherweise stammt [3].

Die Rotverschiebung der Galaxie beträgt $z=0,492$ [3] bzw. rund 6 Milliarden *Lichtjahre* (Lj) [1]. Aus den Messungen und der Rotverschiebung kann die kosmische Dichte der *ionisierten Baryonen* [1] des intergalaktischen Mediums zu 4,9 gemessen werden; der Wert stimmt mit den Ergebnissen des Satelliten *WMAP* [1] überein, der das *Nachglühen des Urknalls* [1] gemessen hat.

Das 6 Tage andauernde Radiosignal ist im Groben mit einem kurzen *Gammastrahlenausbruch* (GRB) [1] mit einem "Nachglühen" im Radiobereich zu erklären. Dabei können aufgrund der Dauer Signale von *Pulsaren* [1] und *Supernovae* [1] ausgeschlossen werden und steht im Gegensatz zur Interpretation eines anderen kürzlich entdeckten FRB.

Der neue FRB wurde **am 18. April 2015** um 04:29:07 *UT* [1] mit dem Parkes-Radioteleskop bei einer Frequenz von 1382 MHz entdeckt (*FRB150418* [1]) und dauerte lediglich 0,8 Millisekunden (ms). (Abb. 4)

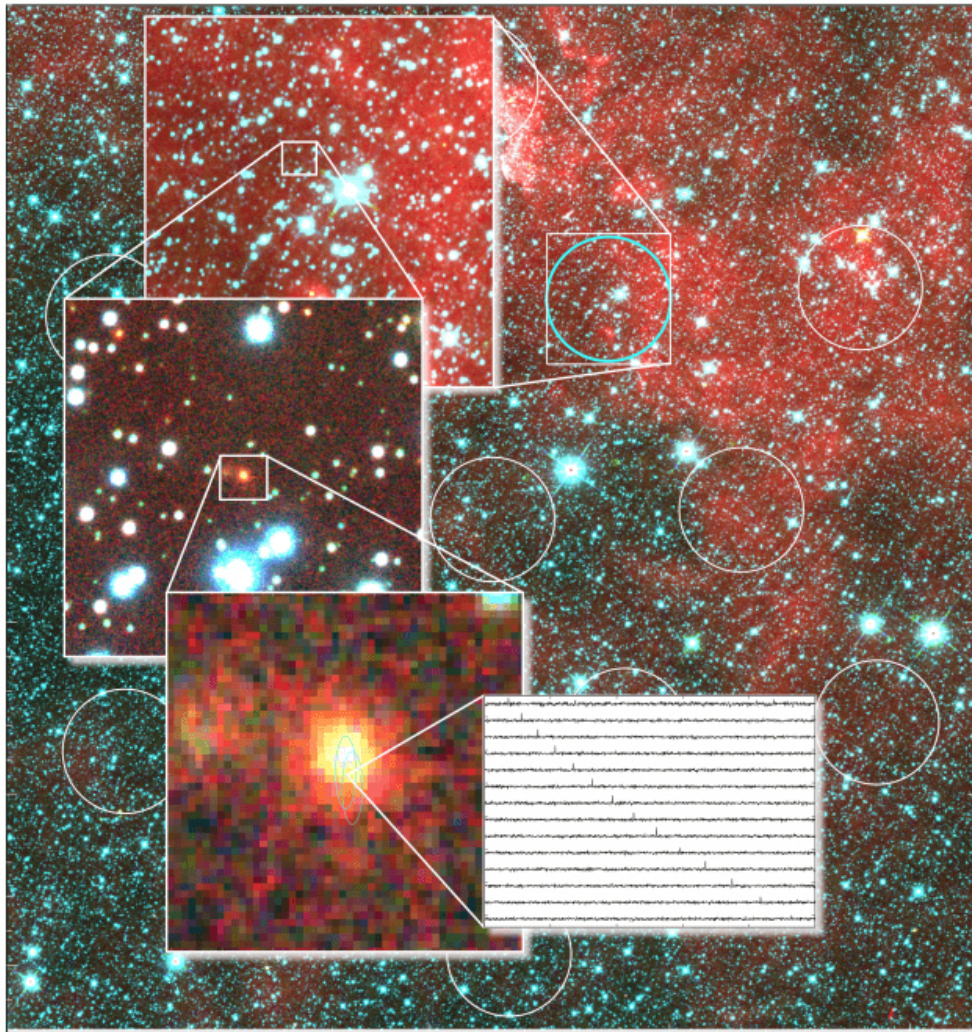


Abb. 4 Der FRB vom 08. April 2015.

Die überlagerten Aufnahmen zeigen die Spitze des Radiosignals (unten rechts), die bis zu einer Galaxie (oben rechts) in rund 6 Milliarden Lichtjahren Entfernung zurückverfolgt werden kann.

© Kaplan & Keene (2016)

Damit gehört der FRB vom letzten April zu den kürzesten, die man bisher entdeckt hat. Doch Parkes war leider nicht in der Lage, die genauen Koordinaten der gemessenen Signale zu bestimmen.

Zwei Stunden nach der Entdeckung konnte das *ATCA (Australia Telescope Compact Array)* [1] zwei variable kompakte Quellen in der gleichen Himmelsrichtung identifizieren. Eine der beiden Quellen besitzt ein *Spektrum* [1], das man bereits kennt. Die andere variable Quelle zeigte 2 Stunden nach dem FRB ein Helligkeitsmaximum. Danach wurde es um beide Quellen wieder ruhig.

Die Auswertung

Die Auswertung der Messungen - auch mithilfe des 8,2 Meter-*Subaru-Teleskops* [1] (vom 19. und 20. April sowie dem 3. November 2015) - deutet auf eine *elliptische Galaxie* [1] bei einer Rotverschiebung von rund $z=0,5$ [3].

Die Astronomen sind relativ sicher, dass die Quelle der beiden Strahlungspulse aus einer Galaxie in einer Entfernung von 6 Milliarden Lichtjahren [1] stammt.

Diese Galaxie ist relativ alt, dort entstehen nur selten neue Sterne. Das zur Bildung von Sternen notwendige Material ist sozusagen bereits aufgebraucht. Daher stammen die Signale wahrscheinlich von zwei kollidierenden Neutronensternen, die sich in einer Todesspirale umkreisen und anschliessend verschmolzen, so einer der beteiligten Wissenschaftler [3].

Die **Kürze des Signals** stimmt mit dem erwarteten zeitlichen Verlauf eines derartigen Ereignisses überein, jedenfalls besser als mit einer Kollision von grösseren Objekten wie *Weissen Zwergsternen* [1] oder massereichen *Supernovae* [1]. Falls es sich bei dem Ereignis tatsächlich um das Verschmelzen von Neutronensternen handelt, müssen ebenfalls *Gravitationswellen* [1, 5] abgestrahlt worden sein.

Jedoch favorisieren nicht alle bisher gemessenen FRBs eine Kollision von Neutronensternen. **Im Dezember 2015** wurde mit dem Green Bank-Radioteleskop ein Ereignis entdeckt, das von einem sehr jungen Neutronenstern zu stammen scheint, der ein starkes Magnetfeld besitzt und intensive Strahlungsausbrüche zeigt. Möglicherweise deutet das auf die Existenz **verschiedener Arten von FRBs** mit unterschiedlichem Ursprung.

Oder ist alles ganz anders?

Kritiker [4] sehen den Ursprung des FRB vom April 2015 eher in der Variabilität eines Aktiven Galaxienkerns (AGN) [1] und verweisen auf das bisher "ruhige" Verhalten der vermeintlichen Ursprungsgalaxie *WISE 0716-19* [1]. Insbesondere dieses Verhalten weist auf die Existenz eines AGN.

Mithilfe der bekannten Entfernung des FRBs vom 18. April können die Forscher aus der Länge des Signals berechnen, durch wieviel Material diese Strahlung bis zum Erreichen der Erde hindurchging und zur Aufklärung eines Mysteriums verhelfen:

Die Messungen der kosmischen Hintergrundstrahlung, dem Nachglühen des Urknalls, lassen vermuten, dass nur rund 4 Prozent des heutigen beobachtbaren Universums aus *gewöhnlicher Materie** [1] bestehen. Jedoch kommen die Beobachtungen lediglich auf rund 2 Prozent. Möglicherweise kann das Signal des neuen FRB auf diese versteckte Materie hinweisen.

Weitere identifizierbare FRBs am gesamten Himmel könnten diese verborgene Materie entdecken und ebenso über das Auftreten intergalaktischer Magnetfelder zwischen Galaxien Aufschluss geben.

Eine weitere Kuriosität

Kurz vor dem Abschluss dieses Kurzaufsatzes hat uns eine weitere neue, interessante Facharbeit erreicht: Folgebeobachtungen eines **FRB aus dem Jahr 2012 (FRB 121102 [1])** [7] zeigen **10 weitere Radioausbrüche** aus der Richtung des bereits beobachteten Strahlungsmonsters (Abb. 5).

Sämtliche Messungen sowie Positionsbestimmungen weisen eindeutig auf die Richtung des FRB aus dem Jahr 2012. Die weiteren Ausbrüche zeigen ein jeweils unterschiedliches spektrales Verhalten sowie verschiedene zeitliche andauernde Ausbrüche bis zu einigen Minuten.



Abb. 5 Der FRB vom 02.11.2012.

Der FRB vom November 2012 (grüner Kreis) befindet sich im Sternbild *Fuhrmann* (Aur) [1]. In seiner Nähe am Sternenhimmel befinden sich die Objekte *S147* [1] und *IC 410* [1]. In Richtung der Position des FRB wurden nun 10 weitere Radioausbrüche unterschiedlicher Länge beobachtet [7].

© R. B. Andreo (DeepSkyColors.com)

Selbst wenn man für den Ursprung von FRBs unterschiedliche physikalische Ursachen verantwortlich macht, scheint im Fall der sich wiederholenden Radioausbrüche des FRB 121102 alles eher auf einen **jungen, hochgradig magnetischen extragalaktischen Neutronenstern** hinzuweisen [7].

Aussichten

Die Entdeckung des neuen FRB aus dem Jahr 2015 könnte die längst überfällige Zuordnung zu einer astronomischen Quelle sein. Aus den merkwürdigen astrophysikalischen Kuriositäten, den FRBs, könnte sich bald ein wichtiges Forschungsgebiet entwickeln. Die Messung weiterer FRBs und ihrer Entfernung könnte Licht auf die **Entwicklung des Universums** werfen.

In Zukunft sollen drei Instrumente helfen weitere FRBs zu entdecken: das Kanadische *Hydrogen Intensity Mapping Experiment* [1], das erweiterte australische *Molonglo Observatory Synthesis Telescope* [1] und das *500 Meter-Aperture Spherical Radio Telescope* [1] in China.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter **kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu**

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

* Problem der fehlenden Baryonen

Als Baryonen oder *gewöhnliche Materie* [1] bezeichnet man Teilchen wie *Protonen* [1] und *Neutronen* [1]. Unser Universum besteht nur aus rund 5 Prozent Baryonen. Dazu zählen Sterne, Planeten oder *leuchtende Gaswolken* [1].

Aus Bewegungen entfernter Objekte, die die Milchstrasse umkreisen, schätzen die Astronomen, dass die *Galaxis* [1] etwa eine Billion Mal massereicher ist als unsere Sonne (= 1 *Sonnenmasse* [1]).

Gemäss der Verteilung von Masse und Energie im Universum sollte der baryonische Anteil der Masse der Milchstrasse rund 170 Milliarden Sonnenmassen ausmachen. Addiert man jedoch sämtliche Sterne der Milchstrasse und die darin enthaltene *Interstellare Materie* (ISM) [1], summiert sich die entsprechende Masse auf nur rund 60 Milliarden Sonnenmassen: dabei stecken rund 50 Milliarden Sonnenmassen in Sternen und 10 Milliarden Sonnenmassen in interstellarem Gas und Staub. Zwar enthält die Milchstrasse über 100 Milliarden Sterne, jedoch ist die Mehrzahl kleiner und leichter als die Sonne. Wo stecken die restlichen rund 110 Milliarden Sonnenmassen, die nicht aus gewöhnlicher Materie besteht und woraus besteht sie?

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] Keane, E. F., *WSPC Proceedings* (2015)

[3] Keane, E. F., et al., *Nature* **530**, 453–456 (25 Feb 2016)

[4] Williams, P. K. G., et al., *Nature* (26 Feb 2016)

[5] http://ig-hutzi-spechtler.eu/aktuelles_gravitationswellen_hauptseite.html

[6] Spitler, L. G., *Nature* **531**, 202–205 (10 March 2016)