

Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie

# Poster für den Tag der Offenen Tür



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

*Schülerpraktikumsprojekt von Armend Topojani: Eine Serie von Postern für den Tag der Offenen Tür am Radioteleskop Effelsberg am Samstag, 9 September 2017. Die Poster basieren zum überwiegenden Teil auf Presseinformationen des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie.*

## Tag der Offenen Tür Radio-Observatorium Effelsberg Samstag, 9. September 2017, 10-17 Uhr

- Besichtigung des Observatoriums mit 100-m-Teleskop und LOFAR-Teleskopfeld

- Live-Messungen im Steuerraum

- Begehung des Teleskops bis 20 m Höhe (in kleinen Gruppen; festes Schuhwerk erforderlich)

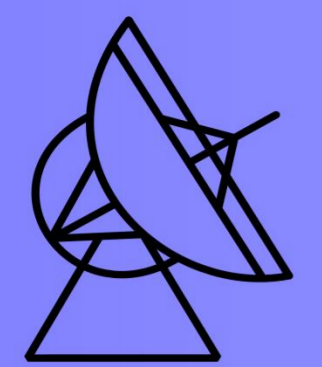
- Gelegenheit zu Gesprächen mit Astronomen

- Filmvorführungen und 3D-Kino

- Vorträge und Präsentationen

- Astronomische Wanderwege vor Ort

Info: <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/effelsberg/besucher/tdot2017.html>  
Tel. 02257 301-101 [public@mpifr-bonn.mpg.de](mailto:public@mpifr-bonn.mpg.de)



*Radioteleskope dienen zum Empfang elektromagnetischer Strahlung aus dem Universum zwischen einigen Metern und einigen Millimetern Wellenlänge. Diese Strahlung ist für das menschliche Auge nicht sichtbar, im Gegensatz zum Bereich des sichtbaren Lichts von 380-780 Nanometer (nm) Wellenlänge in der optischen Astronomie. Die Radiostrahlung aus dem Weltall ist im Vergleich zur terrestrischen Radiostrahlung sehr schwach; daher konnte sich die Radioastronomie erst in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts entwickeln.*

## Wie funktioniert ein Radioteleskop?

Radioteleskope messen elektromagnetische Strahlung aus dem Weltraum, die auf die Erde trifft. Diese Strahlung ist ein für uns unsichtbares Licht (auch das „Sonnenlicht“ ist elektromagnetische Strahlung, nur in einem Frequenzbereich, der für uns sichtbar ist), welches zudem sehr schwach ist. Anders als bei optischen Spiegel- oder Linsenteleskopen bedarf es zur Messung kosmischer Radiostrahlung sehr viel größerer Teleskope. Das 100m-Radioteleskop Effelsberg ist ein Teleskop für die Messung von Radiostrahlung in Zentimeter- und Millimeterwellenlängen. Es besteht aus einem Parabolspiegel, der die Strahlung reflektiert und in einem Brennpunkt bündelt. Im Brennpunkt kann ein Empfänger angebracht werden, der die einfallende Strahlung misst. Eine weitere Möglichkeit ist es, die Strahlung hinter dem Brennpunkt in einen weiteren Reflektor (Subreflektor) in einen zweiten Brennpunkt (Sekundärfokus) zu reflektieren. Dort sind eine Reihe von Empfängern nebeneinander untergebracht. Dies hat zum Vorteil, dass man nicht immer zur Messung verschiedener Wellenlängen die Empfänger oben im Primärfokus austauschen muss.

## Antenne

Die Hauptantenne für den Empfang der Radiowellen ist der Reflektor, seine Größe entscheidet primär über die maximal erreichbare Auflösung. In der Regel besteht die parabolische "Schüssel" aus Metall und ist auf einem Stahlgerüst über einem Betonfundament montiert. Die Größen der Antennen reichen bei freistehenden Radioteleskopen von wenigen Metern bis zu rund 100 Metern Durchmesser. Bei den meisten Radioteleskopen ist der gesamte Antennenaufbau beweglich, so dass kosmische Radioquellen gezielt mit dem Reflektor angepeilt und in ihrer Bewegung verfolgt werden können. Für die sowohl horizontale als auch vertikale Ausrichtung der Antenne sorgen ein zahnradartiger Neigemechanismus und der so genannte "Azimut Rotation Track", ein ringförmiges Fahrgestell, auf dem die gesamte Schüssel gedreht werden kann.



Abb. 2: Primär- und Sekundärfokuskabinen des Radioteleskops Effelsberg mit aktivem Empfänger im Primärfokus.  
Bild: Norbert Tacken/MPIfR

## Analyseelektronik

Über Kabelleitungen von ca. 300 m Länge werden die verstärkten Signale zum Observatorium geleitet. Dort befinden sich in einem speziellen Schutzraum (Faraday-Raum) die Backends zur Analyse der gemessenen Radiostrahlung. Die Backends bereiten das Signal soweit auf, dass es dann endgültig vom Computer ausgewertet werden kann. In der Spektroskopie wurden zunächst Autokorrelatoren oder akustooptische Spektrometer verwendet, die allerdings inzwischen vollständig durch Software-gesteuerte Systeme (Fast Fourier Transform Spectrometer/FFTS) ersetzt worden sind. Damit ist es über eine komplizierte mathematische Funktion möglich, aus der zeitabhängig gemessenen Spannung eine frequenzabhängige Spannung zu berechnen und wiederzugeben. In der Spektroskopie sollte dies auf möglichst vielen Kanälen passieren. Dabei müssen die Informationen auch immer wieder zwischengespeichert werden. Dies wurde zunächst mit Magnetbändern, aber inzwischen auch immer häufiger mit Festplatten realisiert. Bei Pulsarbeobachtungen kommt es dagegen auf eine möglichst hohe zeitliche Auflösung an. Dazu kommen weiterhin Kontinuumsmessungen und interferometrische Aufzeichnungen mit dem 100-m-Teleskop als einer Station in einem weltweiten Netzwerk von Radioteleskopen.

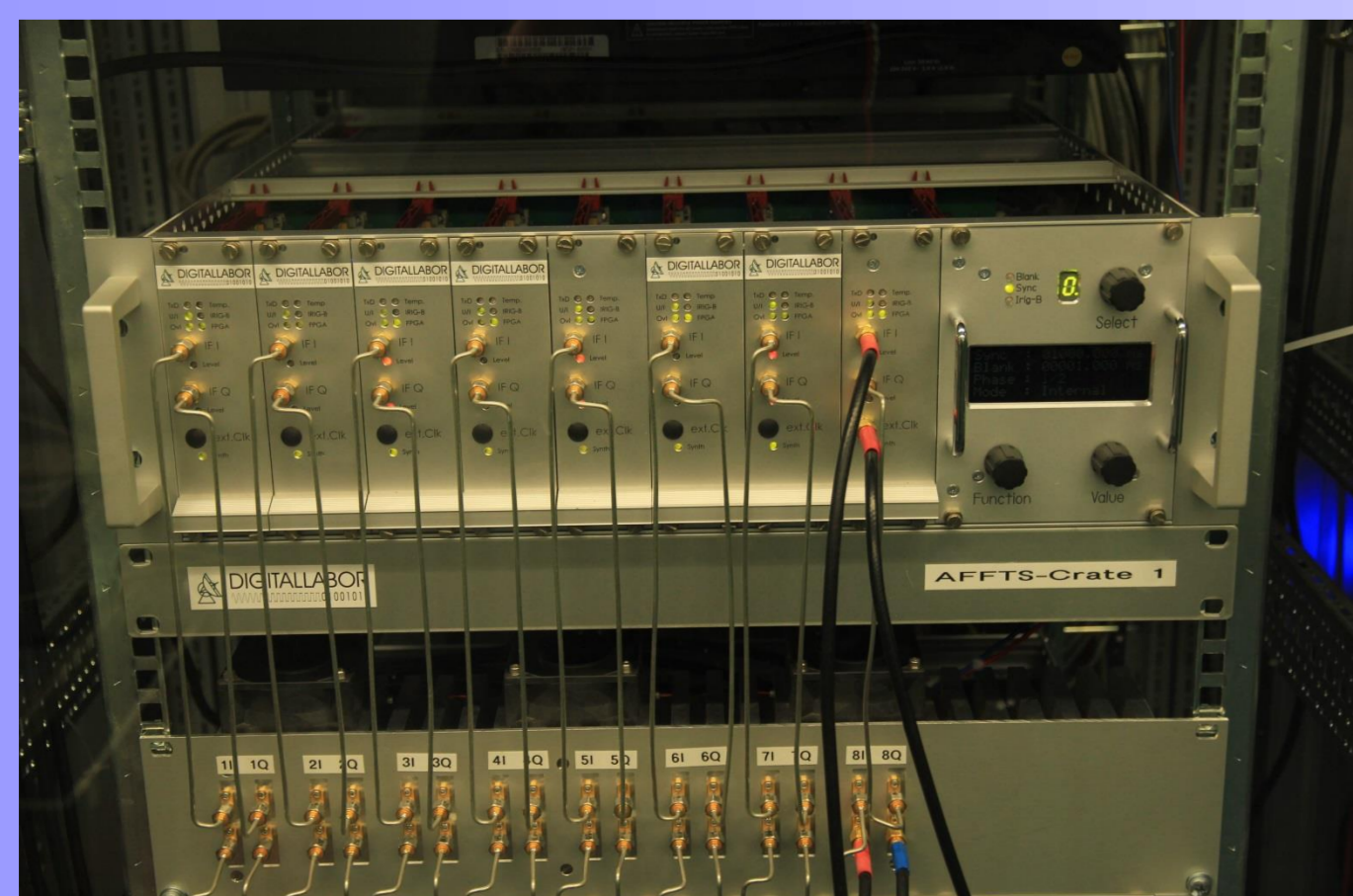


Abb. 4: FFTS-Spektrometer im Faraday-Raum des Radio-Observatoriums Effelsberg. Der Faraday-Raum schützt die empfindlichen Messungen mit dem Radioteleskop vor hochfrequenter Störstrahlung, verursacht durch die elektronischen Geräte zur Datenauswertung.  
Bild: Norbert Junkes/MPIfR



Abb. 1: 100-m-Radioteleskop Effelsberg. Bild: Norbert Junkes/MPIfR

## Empfänger

Die Empfänger sind in der Primär- oder in der Sekundär-fokuskabine angebracht. Im Primärfokus sind jeweils bis zu drei Empfänger zu finden. Allerdings kann immer nur ein Empfänger Messungen vornehmen. Dabei wird dieser Empfänger durch ein Loch im Zentrum des Subreflektors hinausgeschoben, so dass sich das Horn genau am Brennpunkt befindet. Um die anderen Empfänger benutzen zu können, muss man die Empfängerboxen austauschen. Dies ist sehr aufwendig, da dieser Austausch manuell geschieht und die Mitarbeiter der Systemgruppe dazu in die Fokuskabine gehen müssen. Hinter dem Brennpunkt an der Unterseite der Primärfokuskabine befindet sich der Sekundärspeigel mit 6,50 m Durchmesser, der die Strahlung in den Sekundärfokus umleiten kann, wenn im Primärfokus nicht beobachtet wird. Im Sekundärfokus kann man sehr flexibel und schnell zwischen den verschiedenen Empfängern umschalten. Dieses Umschalten geschieht durch eine Variation des Pointings, also der Positionierung auf die jeweilige Quelle am Himmel. Bei hohen Frequenzen benötigt man allerdings einen genauer definierten Brennpunkt. Da im Sekundärfokus der "Brennpunkt" schon etwas ausgedehnt ist, wird bei Messungen hoher Frequenzen lieber der Primärfokus verwendet, obwohl hier die Empfänger schwerer zu wechseln und zu warten sind.



Abb. 3: Empfängerboxen zum Einsatz im Primärfokus des Radioteleskops Effelsberg. Links unten (in Weiß) ist der „Phased Array Feed“ (PAF)-Empfänger zu sehen.  
Bild: Norbert Junkes/MPIfR

## Auswertung

Sobald die Signale in den Backends soweit verändert wurden, dass der Computer sie verarbeiten kann, macht der Computer aus den Signalen ein Bild. Mit diesem Bild können Forscher dann arbeiten.

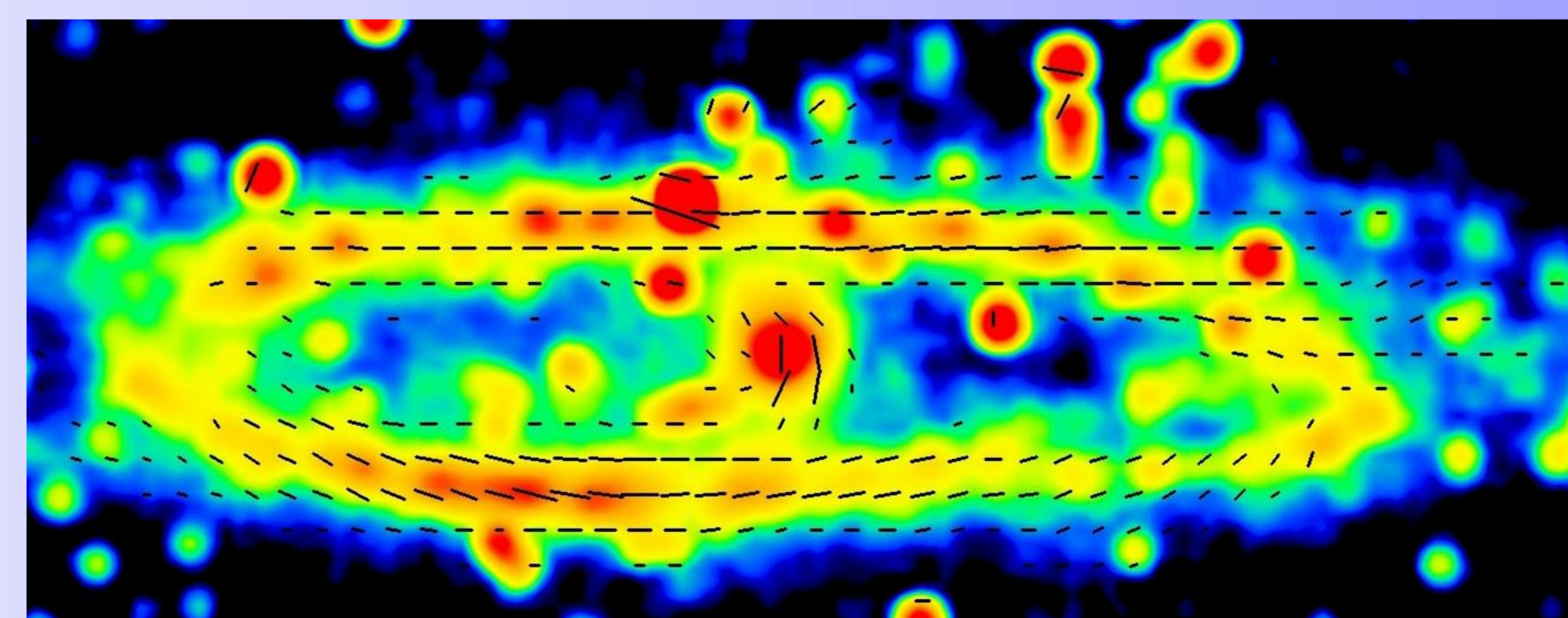
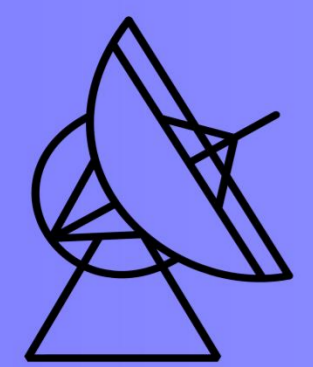


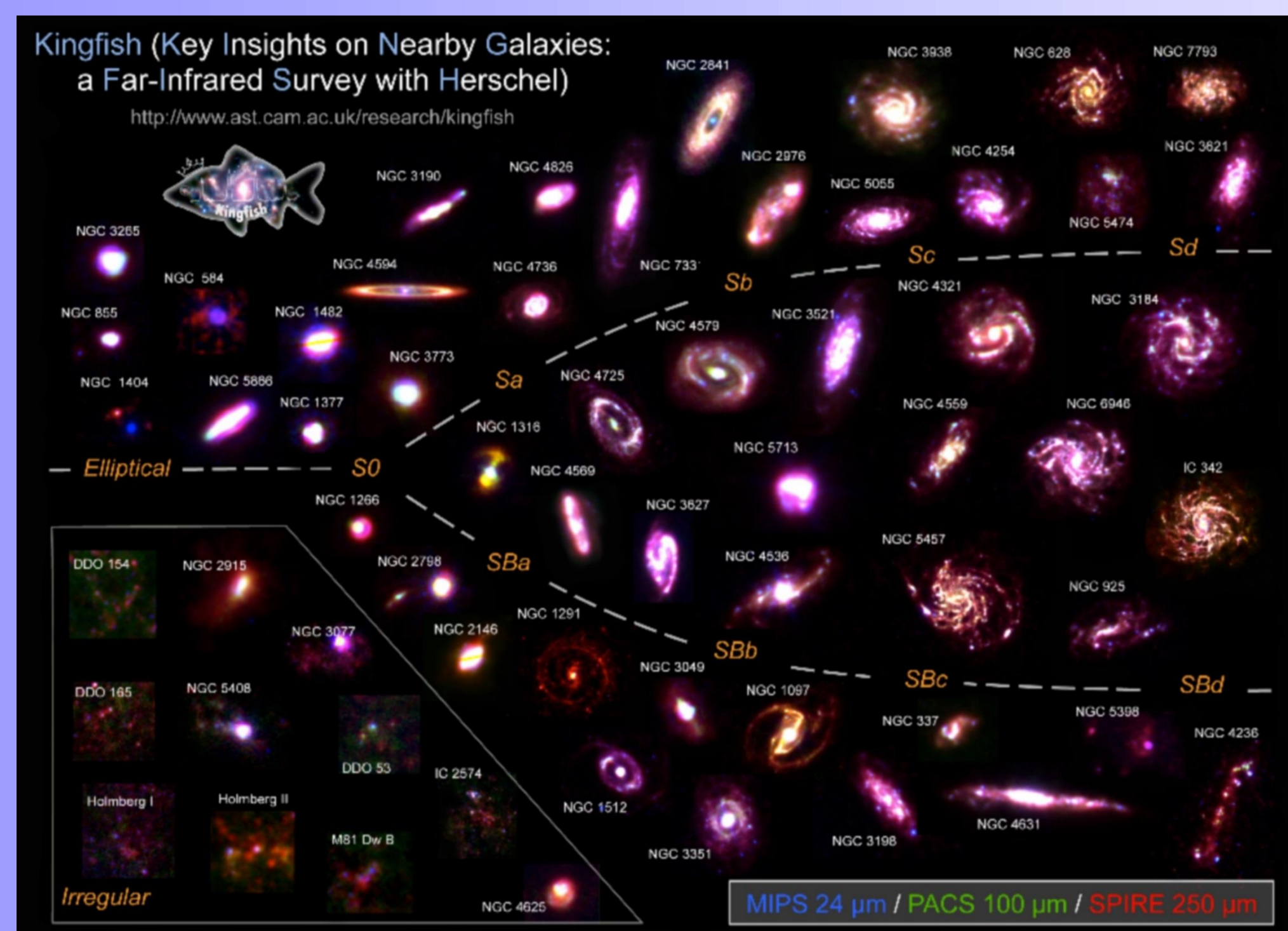
Abb. 5: Falschfarbendarstellung von Radiodaten der Andromeda-Galaxie, gemessen bei 6 cm Wellenlänge, mit Vektoren der Ausrichtung des Magnetfelds. Bild: Rainer Beck, Philipp Hörnes/MPIfR



*Aus 52 Galaxien konnte durch Beobachtungen mit dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg eine verlässliche Methode abgeleitet werden, die Sternentstehungsrate in Galaxien aus Radiobeobachtungen allein zu bestimmen, ohne Resultate aus anderen Spektralbereichen hinzuziehen zu müssen.*

## Sternentstehung in Galaxien

Fast das ganze Licht, das wir im Universum erblicken können, stammt von Sternen. Sie werden im Inneren von Gaswolken, in Galaxien geboren. Die Häufigkeit ihrer Entstehung wird als Sternentstehungsrate (Star Formation Rate, SFR) bezeichnet. Sie hängt ab vom Gasvorrat in der Galaxie selbst sowie von physikalischen Eigenschaften wie Dichte, Temperatur und Stärke des Magnetfelds.



**Abb. 1:** Die Zusammenstellung zeigt Infrarotbilder von Galaxien, die aus Beobachtungen mit den Satellitenteleskopen „Spitzer“ und „Herschel“ erzeugt wurden. Alle von Effelsberg aus erreichbaren Galaxien aus dieser Stichprobe wurden mit dem 100-m-Teleskop in Radiobereich beobachtet (Bild: Maud Galametz).

## Rolle des 100-m-Radioteleskops in Effelsberg in diesem Projekt

Das Forscherteam hat sich entschieden, systematische Radiobeobachtungen von nahegelegenen Galaxien (vgl. Abb. 1) bei einer ganzen Reihe von Wellenlängen durchzuführen. Als Einzelteleskop mit hoher Empfindlichkeit ist das 100-m-Radioteleskop in Effelsberg ein ideales Instrument, um verlässliche Radioflusswerte auch für schwache ausgedehnte Objekte wie diese Galaxien bestimmen zu können.



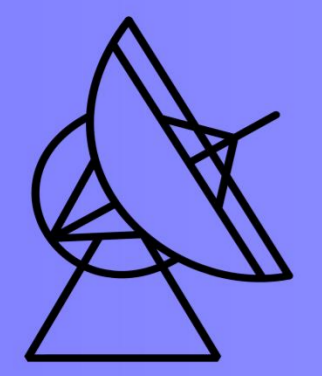
**Abb. 2:** Spiralgalaxie NGC 4725. Die weißen Konturlinien zeigen Radiokontinuumsstrahlung bei einer Frequenz von 8,5 GHz, gemessen mit dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg, überlagert auf ein optisches Bild der Galaxie. (Bild: Ancor Damas-Segovia (Radiokarte & kombiniertes Bild), Martin Pugh/martinpughastrophotography.id.au (optisches Bild))

## Bestimmung von Sternentstehungsraten

Ein internationales Forscherteam hat die spektrale Energieverteilung für eine systematische Stichprobe von nahen Galaxien durch Beobachtungen mit dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg bestimmt. Es handelt sich dabei um alle diejenigen Galaxien in Abb.1, die von Effelsberg aus beobachtbar sind. Die Astronomen haben dabei die abgestrahlte Energie dieser Galaxien im Radiofrequenzbereich gemessen, aus der sie unmittelbar die Sternentstehungsraten für diese Galaxien ableiten konnten.



**Abb. 3:** Das Bild zeigt das 100-m-Radioteleskop in Effelsberg. (Bild: Norbert Junkes/MPIfR).



Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie

# Schnelle Radiostrahlungsausbrüche

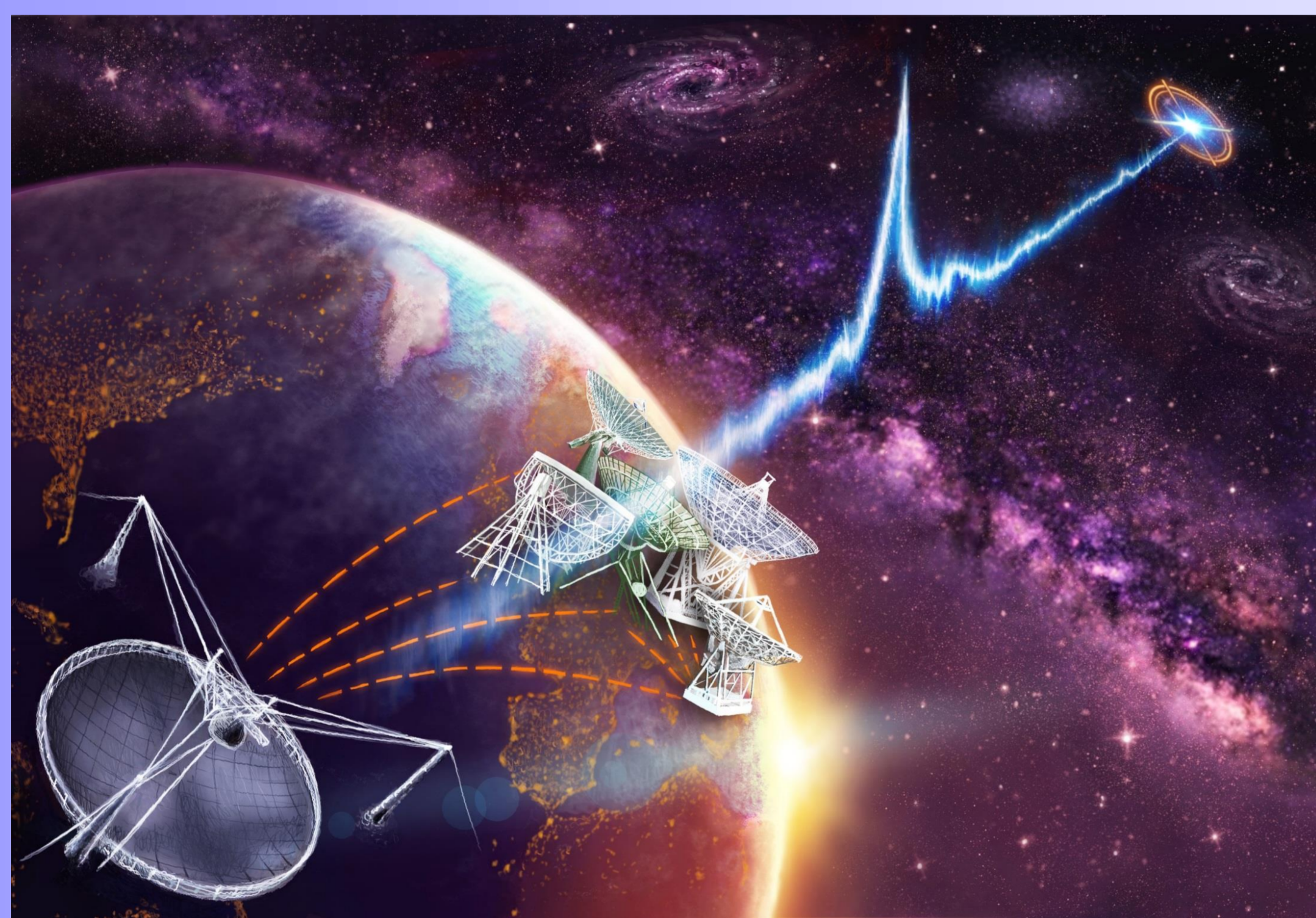


MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

*Schnelle Radiostrahlungsausbrüche (Fast Radio Bursts, FRBs) wurden zum ersten Mal 2007 von Duncan Lorimer entdeckt. Seitdem wurden 19 weitere FRBs gefunden. Darunter ist mit FRB 121102, gefunden von Laura Spitler, das erste Objekt, aus dessen Richtung mehr als ein Ausbruch nachgewiesen werden konnte.*

## Was sind Fast Radio Bursts?

Schnelle Radiostrahlungsausbrüche (im Englischen: Fast Radio Bursts) sind Ausbrüche im Radiofrequenzbereich, die nur für Sekundenbruchteile aufleuchten. Ursache und Ursprung sind bis jetzt noch nicht geklärt, da man für die präzise Ortung des Ursprungs zum richtigen Zeitpunkt ein Netzwerk miteinander verbundener Radioteleskope braucht, um damit Radiobilder von sehr hoher Winkelauflösung zu erhalten.



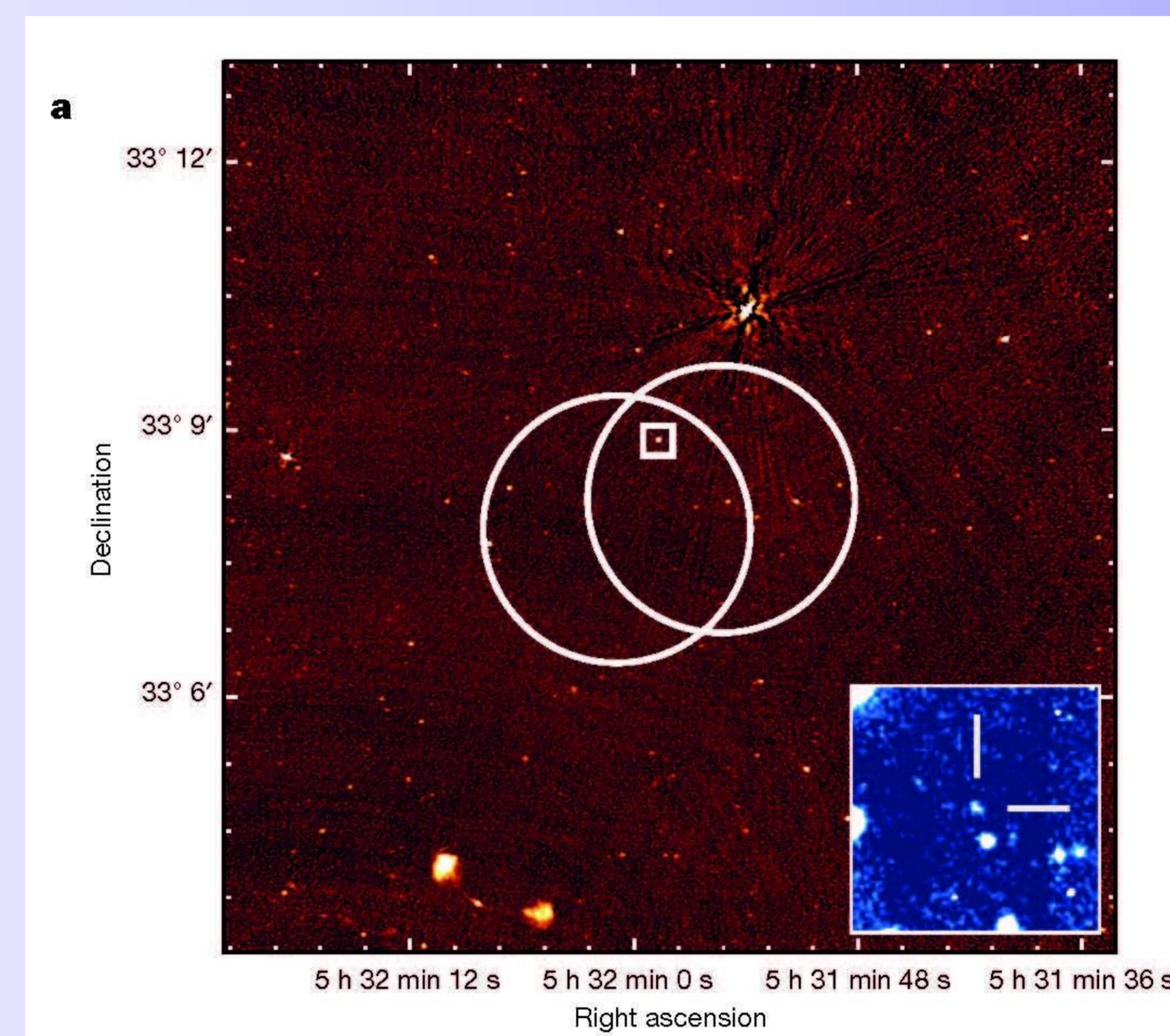
**Abb. 1:** Künstlerische Darstellung der Radiobeobachtungen von FRB 121102 mit dem Europäischen EVN-Netzwerk und dem Arecibo-Teleskop (Bild: Danielle Futselaar).

## Modelle zur Herkunft der FRBs

In der Zwerggalaxie könnten extrem massereiche Sterne als Supernovae explodiert sein, und der Ursprung der FRBs liegt im kollabierten Überrest dieser Sterne. Als alternatives Modell erwägen die Forscher die Erzeugung der Strahlungsausbrüche im unmittelbaren Bereich eines sehr massereichen Schwarzen Lochs, das Gas aus seiner Umgebung aufsaugt, einem sogenannten aktiven Galaxienkern.

## Wie hat man den Ursprung von FRB 121102 entdeckt?

Man hat FRB 121102 über einen längeren Zeitraum, mit dem „Very Large Array“-Radioteleskop (VLA) in New Mexico, USA, beobachtet; dadurch konnte man den Ursprung des Bursts auf den Bruchteil einer Bogensekunde festlegen. Mithilfe des Europäischen Radioteleskop-Netzwerks EVN, verbunden mit dem 300m-Arecibo-Radioteleskop, konnte man diese Positionsgenauigkeit nochmals verzehnfachen.



**Abb. 2: Hauptbild:** Genaue Festlegung der Position von FRB 121102 in Radiomessungen mit dem VLA.

**Inlet:** Optische Identifikation der Galaxie aus Beobachtungen mit dem Gemini-Teleskop (Chatterjee et al., Nature, 5. Januar 2017)

## Wie weit ist FRB 121102 entfernt?

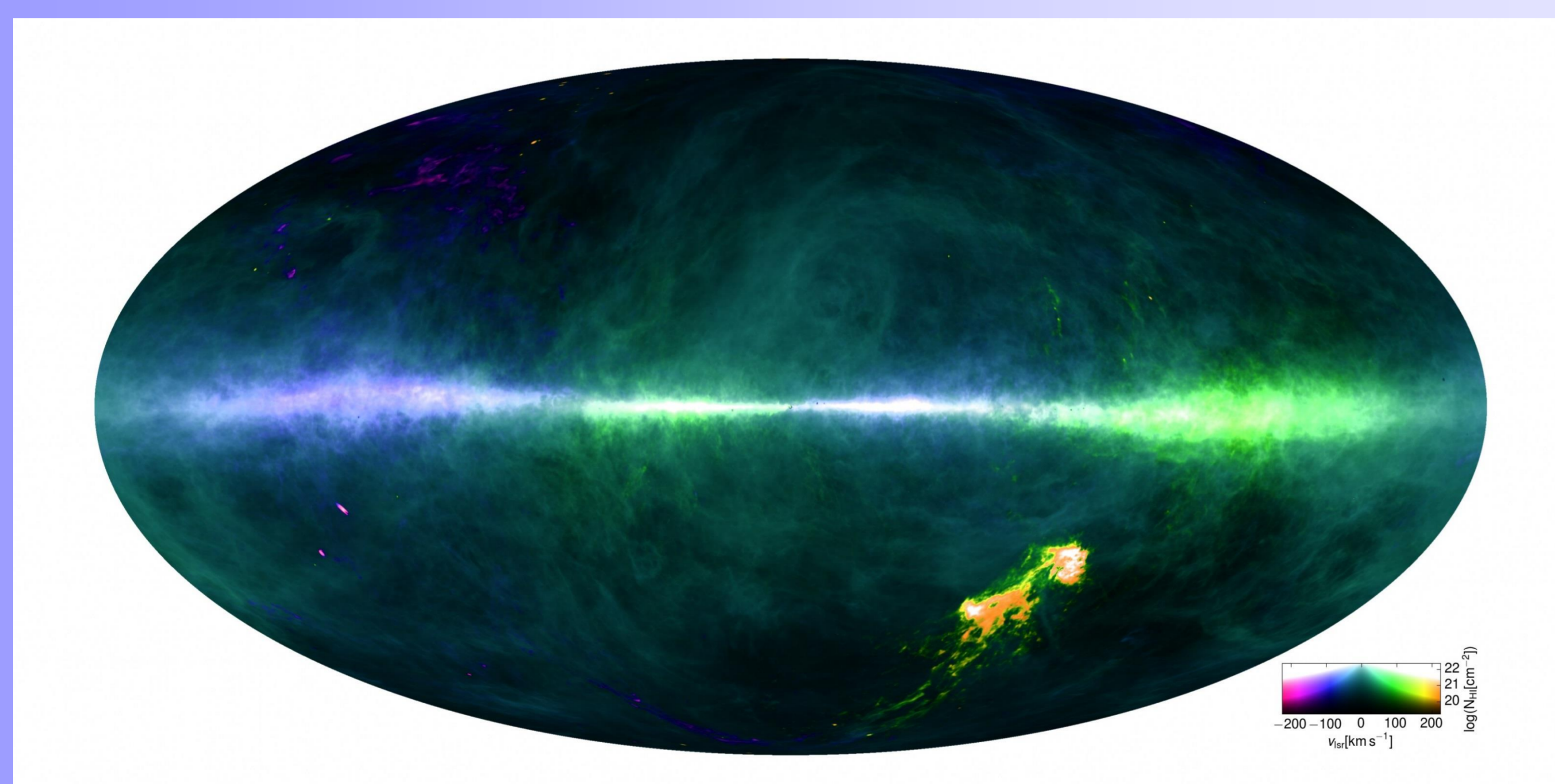
Mit dem 8-m-Gemini-Nord-Teleskop konnte man die Ursprungsgalaxie identifizieren und über das gemessene Spektrum die Entfernung zu dieser Galaxie bestimmen. Es handelt sich dabei um eine Zwerggalaxie in über 3 Milliarden Lichtjahren Entfernung.

**Poster:** Armend Topojani  
(auf der Basis der MPIfR  
Presseinformation vom  
4. Januar 2017).

Zwei der weltweit größten voll beweglichen Radioteleskope, das 100-m-Teleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie bei Effelsberg, 40 km südwestlich von Bonn, sowie das 64-m-Teleskop bei Parkes, ca. 400 km westlich von Sydney/Australien, wurden dazu eingesetzt, die detaillierte Verteilung des neutralen Wasserstoffs, des häufigsten Elements im Universum, am Nord- und Südhimmel zu vermessen. Die Daten der kompletten Himmelskarte im Lichte der Wasserstofflinie stehen unter der Bezeichnung HI4PI zur Verfügung. Sie zeigen eine Vielzahl von Details in der großskaligen Struktur des Gases in unserer Milchstraße und in benachbarten Galaxien.

## Was heißt HI4PI?

Atomarer Wasserstoff ist das häufigste Element im Universum. Er ist überwiegender Bestandteil von so gut wie allen Himmelsobjekten wie z.B. Sterne, Galaxien und sogar Galaxienhaufen. Wasserstoff besteht aus nur einem Proton im Kern und ist damit auch das einfachste Element, das sich bereits in der ursprünglichen Elemententstehung im Urknall gebildet hat. Wenn das Proton mit einem Elektron kombiniert wird, liegt neutraler Wasserstoff vor, der auch als HI bezeichnet wird. Zusätzlich zu den bekannten Spektrallinien des Wasserstoffs in optischen Wellenlängen wird extrem schwache Linienstrahlung des Wasserstoffs auch im Radiobereich beobachtet; die sogenannte 21cm-Linie (Frequenz: 1420 MHz). Die so abgestrahlte Energie ist extrem gering, aber durch die riesige Menge von Wasserstoff im Universum kann die 21cm-Linie in fast allen kosmischen Bereichen nachgewiesen werden, sogar weit außerhalb von Galaxien. **HI4PI** (Abb. 1) steht als Akronym für HI über den ganzen Himmel (wobei die Oberfläche einer kompletten Kugel einen Flächeninhalt von 4 PI Steradian aufweist).



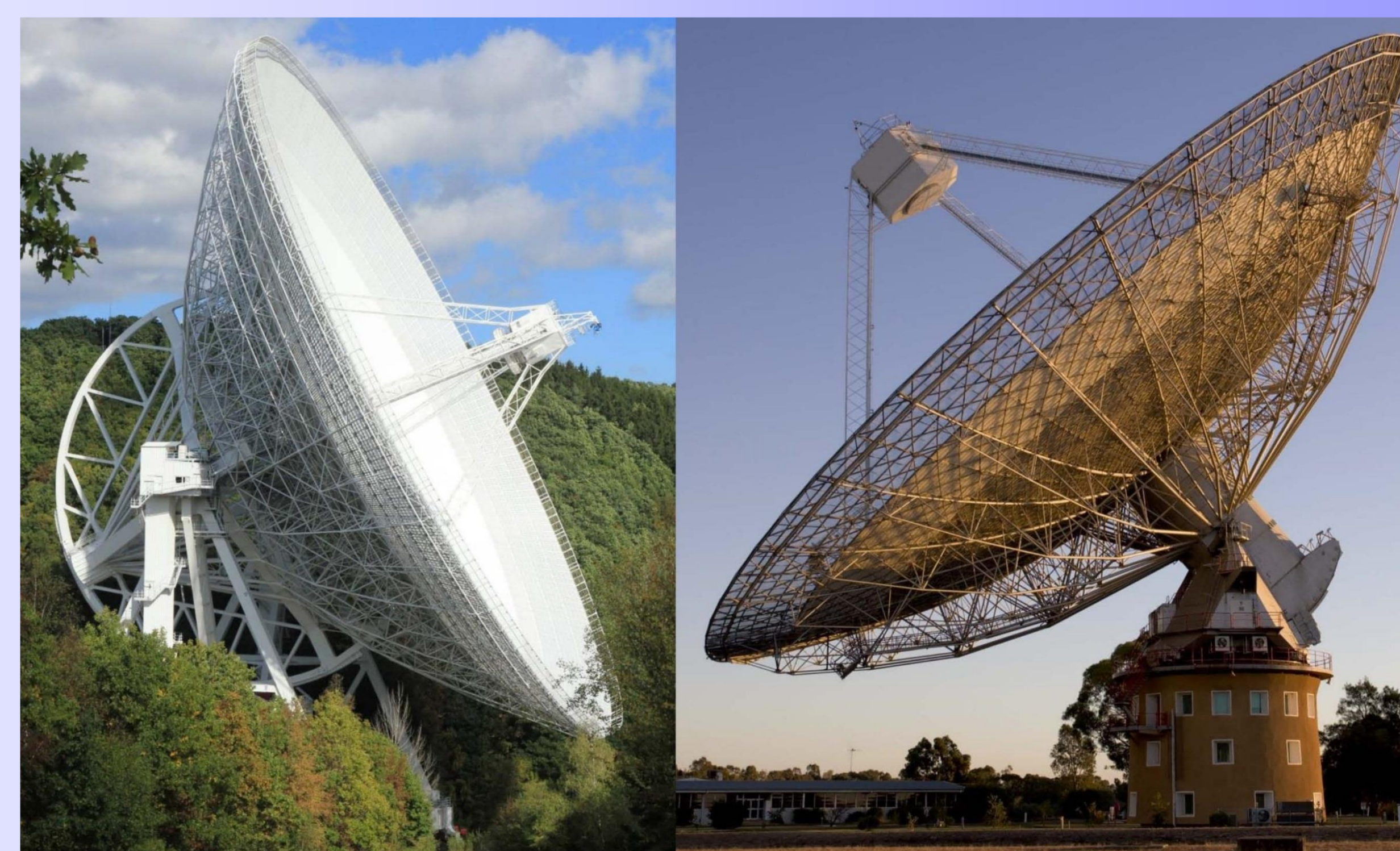
**Abb. 1:** Der gesamte Himmel im Licht des neutralen Wasserstoffs (HI), gemessen mit den Parkes- und Effelsberg-Radioteleskopen. Unsere Heimatgalaxie, die Milchstraße, erscheint hier als hell leuchtendes Band entlang des Himmels.. Bild: HI4PI-Kollaboration.

## Warum hat man HI4PI erst jetzt beobachtet

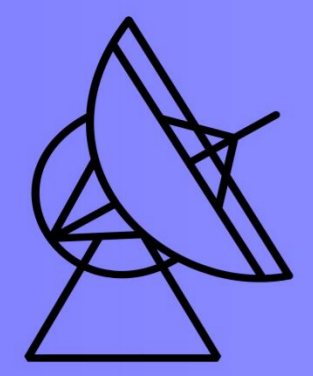
Die neuen Beobachtungen wurden nur dadurch möglich, dass die technische Ausstattung der Radioteleskope im Lauf des letzten Jahrzehnts enorm verbessert wurde. Zum einen haben neue Multipixel-Empfangssysteme die Messgeschwindigkeit um nahezu eine Größenordnung erhöht, zum anderen stehen inzwischen sehr leistungsfähige Spektrometer auf der Basis von neuartigen Digitalprozessoren für eine hohe Bandbreite zur Verfügung. Der bisherige Standard von Himmelskartierungen in der HI-Linie wurde durch die Leiden-Argentinien-Bonn-Kartierung (LAB) gesetzt, die auf Messungen mit Radioteleskopen der 30m-Klasse basiert. HI4PI hat eine zweimal höhere Empfindlichkeit und viermal bessere Winkelauflösung im Vergleich zu LAB.

## Wie hat man die Beobachtungen durchgeführt?

Mit modernen Radioteleskopen ist es recht einfach, HI in so gut wie jeder Richtung am Himmel nachzuweisen. Eine Kartierung des gesamten Himmels im Licht der Wasserstofflinie ist aber nach wie vor extrem zeitintensiv und aufwändig. Die komplette Kartierung erforderte mehr als eine Million individueller Beobachtungen mit zwei der größten Radioteleskope der Erde, dem Effelsberg-100m-Radioteleskop bei Bonn und dem Parkes-64m-Radioteleskop in Australien (Abb. 2). Insgesamt wurden einige Dutzend Terabyte an Daten aufgenommen. Die Rohdaten wurden von den Astronomen des Argelander-Instituts für Astronomie und des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bonn zur nun fertigen Himmelskarte verarbeitet. Neben einer sorgfältigen Kalibration der Daten musste eine Reihe von Störsignalen entfernt werden. Im Fachjargon bezeichnet der Astronom diese als Radiointerferenzen (Radio Frequency Interference oder RFI). Sie können unter anderem von Telekommunikations- und Fernsehstationen oder auch von RADAR-Systemen hervorgerufen werden.



**Abb. 2:** Zwei der größten Radioteleskope der Erde wurden für die Vermessung des gesamten Himmels im Rahmen des HI4PI-Projekts eingesetzt: das Effelsberg-100m-Radioteleskop bei Bonn (links) und das Parkes-64m-Radioteleskop 400 km westlich von Sydney/Australien (rechts). Bilder: Norbert Junkes (linkes Bild), Shaun Amy (rechtes Bild)



Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie

# Ins Herz des hellsten Quasars am Himmel

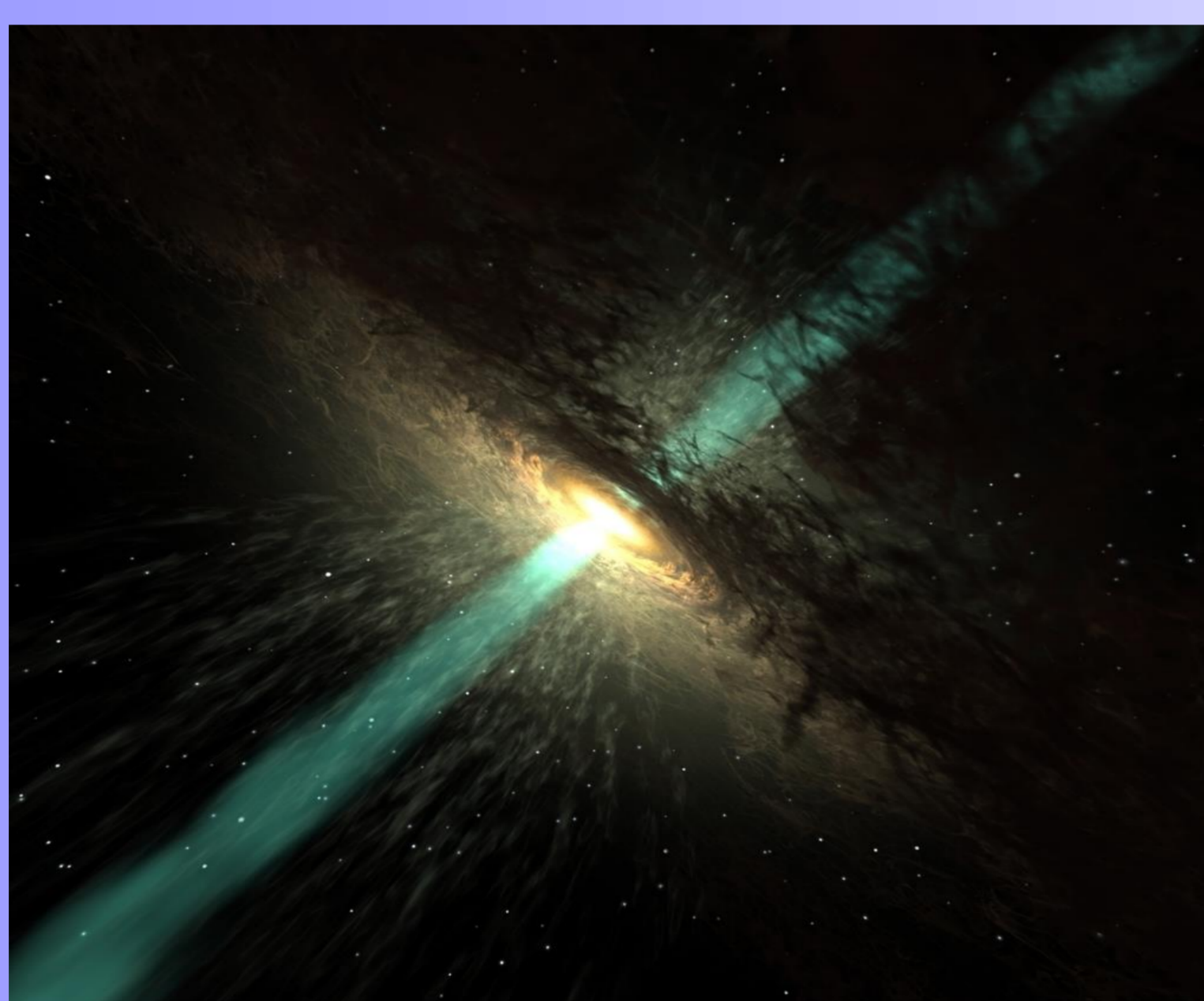


MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

*Im Rahmen der Weltraummission RadioAstron ist es unter Verwendung eines 10-m-Radioteleskops an Bord des russischen Satelliten Spektr-R gelungen, einen hochauflösenden Blick auf die detaillierte Radiostruktur der Zentralregion des Quasars 3C 273 bei drei verschiedenen Wellenlängen (18, 6 und 3 cm) zu erhalten.*

## Was ist ein Quasar?

Ein Quasar ist der aktive Kern einer Galaxie, der im sichtbaren Bereich des Lichtes nahezu punktförmig (wie ein Stern) erscheint und sehr große Energiemengen in anderen Wellenlängenbereichen ausstrahlt. Er besteht aus einem Schwarzen Loch, umgeben von einer Scheibe leuchtender Materie. Der Name Quasar leitet sich von „Quasi-stellar Radio Source“ („sternartige Radioquelle“) ab. Der Quasar 3C 273 ist der erste entdeckte Quasar und der hellste. Er ist rund 2,4 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt.



**Abb. 1:** *Künstlerische Darstellung eines Quasars: ein supermassereiches Schwarzes Loch im Zentrum wird von einer umgebenden Gas- und Staubscheibe mit Materie „gefüttert“. Dadurch entsteht ein gebündelter Jet, in dem Materie bis nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt wird (Bild: Wolfgang Steffen, Institute for Astronomy, UNAM, Mexico)*

## Was hat man herausgefunden?

Supermassereiche Schwarze Löcher mit millionen- bis milliardenfacher Masse unserer Sonne sitzen in den Zentren von massereichen Galaxien. Diese Schwarzen Löcher bilden den Motor für energiereiche Materiestrahlen oder Jets. Es gibt eine physikalische Grenze für die Gesamtheit der Jets – wenn nämlich die Elektronen eine Temperatur von rund 100 Milliarden Grad übersteigen kühlen diese durch Wechselwirkungen mit ihren Abstrahlungen ab. Im Fall der aktuellen Radiobeobachtungen des Quasars 3C 273 scheint eine verblüffende Verletzung dieses theoretischen Grenzwerts aufzutreten. Man hat Temperaturen von über 10 Billionen Grad im Zentralbereich dieses Quasars gemessen.

## Mit was konnte man das Innere des Quasars beobachten?

Diese Beobachtungen hat man mit Weltraum-Interferometrie durchgeführt. Dazu wurde RadioAstron, das 10-m-Radioteleskop auf einer Umlaufbahn um die Erde, mit einigen der größten Radioteleskope auf der Erde verbunden, dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg, dem 110-m-Green-Bank-Radioteleskop, dem 300-m-Arecibo-Teleskop sowie den Radioantennen des „Very Large Array“ (VLA) in den USA. Im Interferometriebetrieb zusammengeschaltet, erreichen diese Observatorien die höchste Winkelauflösung überhaupt in der Astronomie, einige Tausend Mal höher als die des Hubble-Teleskops in optischen Wellenlängen.

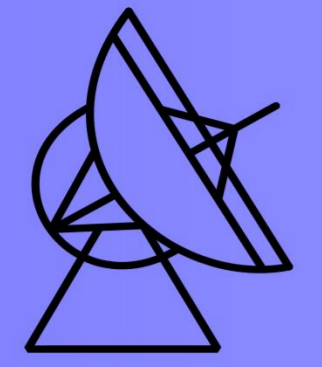


**Abb. 2:** *Künstlerische Darstellung des 10-m-Weltraum-Radioteleskops an Bord des russischen Spektr-R Satelliten, der die Weltraumkomponente des RadioAstron-Projekts darstellt. (Bild: Astro Space Center of Lebedev Physical Institute)*

## Was haben diese Beobachtungen zu bedeuten?

Die Beobachtungen des Quasars 3C 273 mit RadioAstron zeigen, dass man neue physikalische Annahmen zur Erklärung der Energiequellen für die Strahlung in Quasaren benötigt.

**Poster:** Armend Topojani  
(auf der Basis der MPIfR  
Presseinformation vom  
29. März 2016).



Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie

# Verdrillte Magnetfeld-Schleife in der Galaxie IC 342

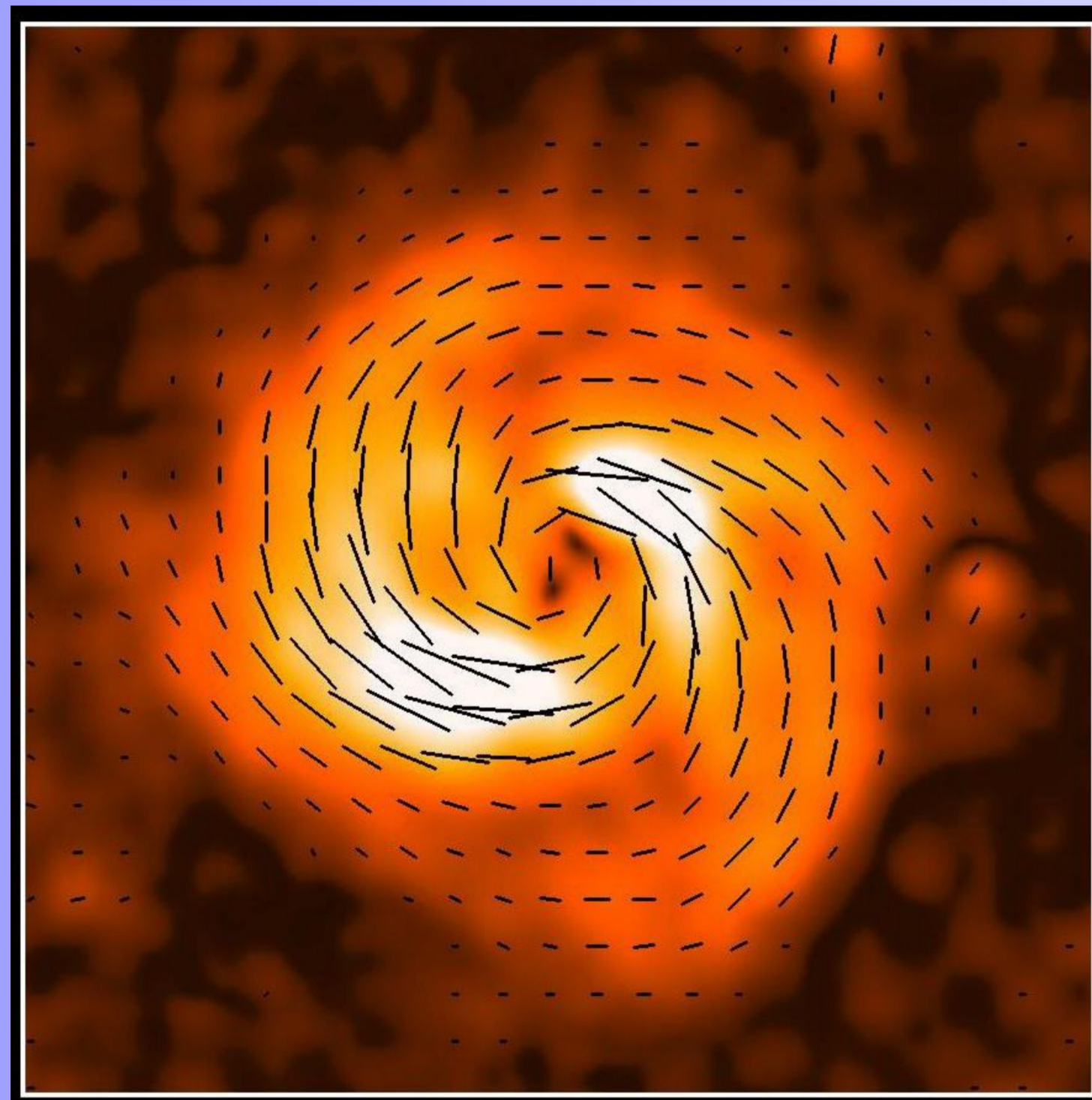


MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

*Magnetfelder existieren überall im Universum. Bisher war wenig darüber bekannt, ob **Magnetfelder** eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von kosmischen Objekten spielen. Dabei stellen Radiowellen ein ideales Mittel zur Messung von Magnetfeldern dar.*

## Was sind Magnetfelder?

Als magnetisches Feld oder Magnetfeld bezeichnet man z.B. den Zustand des Raumes um Magnete, in dem auf beliebige Objekte, insbesondere auch solche aus ferromagnetischen Stoffen, Kräfte ausgeübt werden. Ein Magnetfeld können wir mit unseren Sinnesorganen nicht wahrnehmen; es ist nur an seinen Wirkungen erkennbar. Magnetfelder können wie andere Arten von Feldern mithilfe von Feldlinienbildern oder feldbeschreibenden Größen charakterisiert werden.



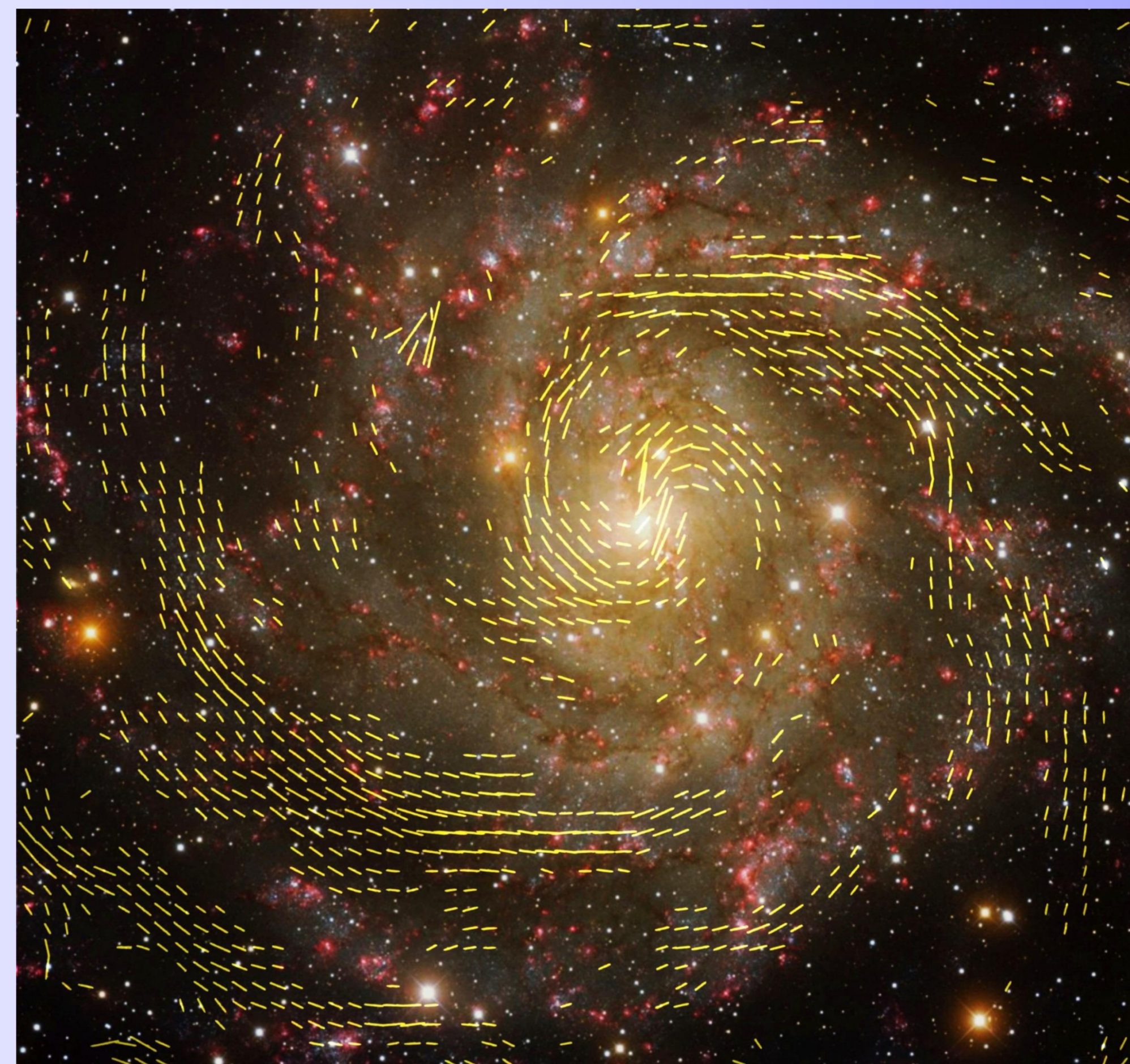
**Abb. 1:** Polarisierte Radiostrahlung von IC 342 bei 6 cm Wellenlänge, aufgenommen mit dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg. Die schwarzen Linien zeigen die Orientierung des Magnetfeldes (Bild: R. Beck., A&A Vol. 578, A93).

## Was hat man beobachtet und wie?

Die Wissenschaftler haben eine Galaxie mit der Bezeichnung IC 342 ins Visier genommen, die ca. 10 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt in Richtung des Sternbilds Camelopardalis (Giraffe) am nördlichen Sternhimmel liegt. Dazu wurden das 100-m-Radioteleskop Effelsberg und das amerikanische Very Large Array (VLA) Teleskopnetzwerk eingesetzt und die damit erhaltenen Resultate miteinander verbunden, um die Magnetfeldstrukturen in dieser Galaxie auf unterschiedlichen Winkelskalen gleichzeitig zu erfassen.

## Was ist Polarisation?

Elektromagnetische Wellen schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Diese kann natürlich in unendlich viele Richtungen erfolgen. Wenn nun das Licht (oder irgendeine andere elektromagnetische Welle) polarisiert wird, dann schwingt es nur noch in eine bestimmte Richtung. Durch ein Magnetfeld werden Wellen polarisiert und schwingen dann alle in die gleiche Richtung.

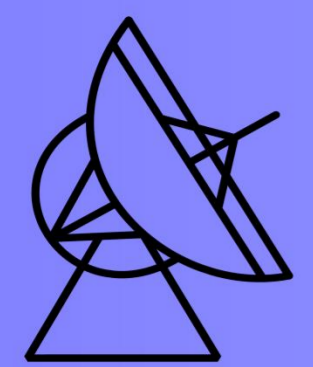


**Abb. 2:** Klein- und großskalige polarisierte Radiostrahlung von IC 342 bei 6 cm Wellenlänge, zusammengesetzt aus Beobachtungen mit dem VLA und dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg (Bild: Rainer Beck, Uli Klein).

## Was hat man gemacht?

Die Magnetfeldstruktur in der Galaxie IC 342 wurde durch die Messung der Orientierung bzw. Polarisation der von ihr abgestrahlten Radiowellen bestimmt. Die Polarisationrichtung der Radiowellen ist senkrecht zur Richtung des Magnetfelds. Die Beobachtung der Galaxie bei mehreren unterschiedlichen Wellenlängen ermöglicht es zusätzlich, die Drehung der Polarisationsebene dieser Wellen herauszurechnen, die durch ihren Durchgang durch interstellare Materie entlang der Sichtlinie zur Erde erfolgt.

**Poster:** Armend Topojani  
(auf der Basis der MPfR  
Presseinformation vom  
18. Juni 2015).



Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie

# Rätselhafte Explosion aus dem 17. Jhd. durch Sternkarambolage erklärt



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

*Das APEX-Teleskop in Chile konnte zeigen, dass ein „neuer“ Stern, den europäische Astronomen im Jahr 1670 am Himmel aufleuchten sahen, keine gewöhnliche Nova darstellte, sondern eine viel selteneres Phänomen in Form einer heftigen Karambolage zwischen zwei Sternen. Die heute noch vorhandenen Spuren sind so schwach, dass es einer sorgfältigen Analyse von Beobachtungen mit modernen Submillimeterteleskopen bedurfte, um das Rätsel um Nova Vul 1670 nach 340 Jahren lösen zu können.*

## Was geschah 1670?

Einige der größten Astronomen der Geschichte, darunter Cassini und Hevelius, der Vater der Kartographie des Mondes, haben sorgfältige Aufzeichnungen der Erscheinung eines neuen Sterns am Himmel im Jahr 1670 hinterlassen. Hevelius beschrieb seine Beobachtung als „Nova sub capite Cygni“ – also einen neuen Stern unter dem Kopf des Schwans, aber die heutigen Astronomen kennen das Objekt unter dem Namen Nova Vul 1670.

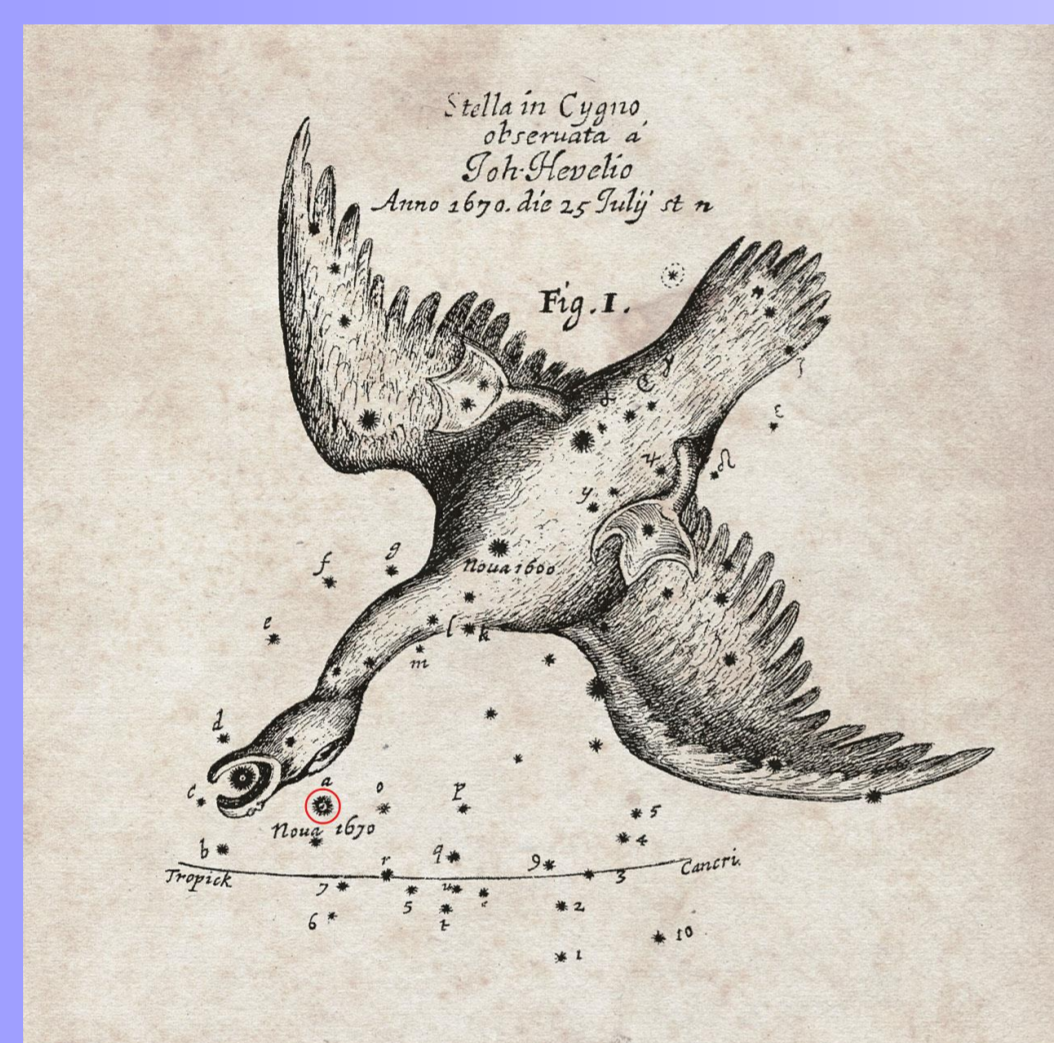


Abb.1: Beobachtung der Nova von 1670 durch den berühmten Astronomen Hevelius. Die Zeichnung mit der Position der Nova stammt aus dem Jahr 1670 und wurde von der Royal Society in England in deren Journal „Philosophical Transactions“ veröffentlicht. (Bild: Royal Society)

## Was ist eine Sternenkarambolage?

Die Antwort liegt in einer seltenen und spektakulären Kollision zweier Sterne, die leuchtkräftiger ausfällt als der Ausbruch einer Nova, aber weniger leuchtkräftig als eine Supernova. Die entsprechenden Sterne werden als „Red Transients“ bezeichnet. Es handelt sich dabei um ein sehr seltenes Ereignis, bei dem ein Stern aufgrund des Zusammenstoßes mit einem weiteren Stern explodiert. Es wird Materie aus dem Innersten des zerstörten Sterns in die Umgebung hinausgeschleudert und es verbleibt ein nur schwach leuchtender Überrest, eingebettet in eine kalte Hülle aus Molekülen und Staub.

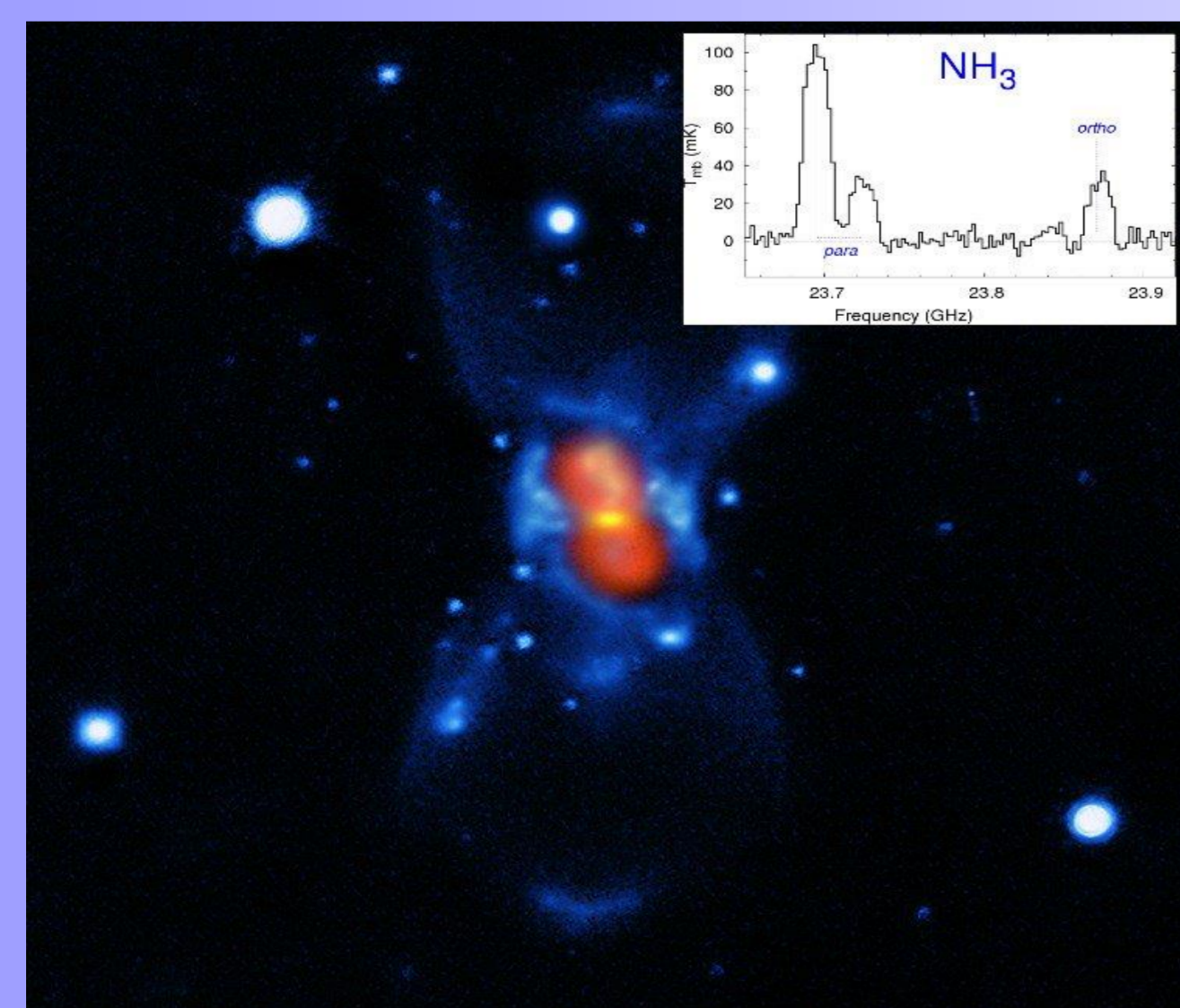


Abb.2: Das Bild zeigt die Überreste des im Jahr 1670 beobachteten neuen Sterns. Inset: Spektrallinien des Ammoniak-Moleküls, beobachtet mit dem 100-m-Radioteleskop (Bild: ESO/T. Kamiński)

## Wie kam es dazu, dass Nova Vul 1670 inzwischen als Sternenkarambolage erklärt wird?

Während des 20. Jahrhunderts kamen die Astronomen zu dem Schluss, dass die meisten Novae als explosive Ausbrüche in engen Doppelsternsystemen erklärt werden können. Das Verhalten von Nova Vul 1670 war mit diesem Modell jedoch nicht vernünftig zu erklären und blieb ein Rätsel. Man hat das Gebiet in Submillimeter- und Radiowellenlängen untersucht. Und dabei hat man herausgefunden, dass die gesamte Umgebung dieses Überrests in kühles Gas eingebettet ist, das eine Vielzahl von Molekülen in ungewöhnlicher chemischer Zusammensetzung enthält.

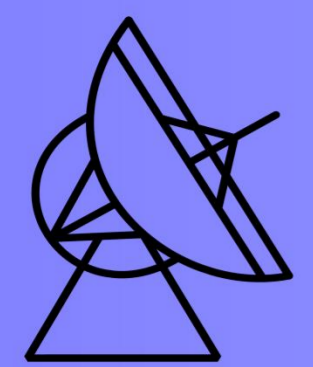
Neben APEX nutzten die Wissenschaftler das „Submillimeter Array“ (SMA) in Hawaii und das 100-m-Radioteleskop Effelsberg zum Nachweis der chemischen Zusammensetzung sowie der Häufigkeitsverhältnisse unterschiedlicher Isotope in dem Gas. Beides zusammen ergibt ein sehr detailliertes Bild des Aufbaus und der chemischen Zusammensetzung dieser Gaswolke, das zeigt, wo das Material herkommt. Wie das Forscherteam herausfand, ist die Masse des kalten Gases zu groß, um in einem Nova-Ausbruch entstanden zu sein. Dazu sind auch die im Bereich von Nova Vul 1670 gemessenen Isotopenverhältnisse unterschiedlich zu dem, was man von einer Nova erwarten würde.



Abb.3: Links: Atacama Pathfinder Experiment (APEX), ein Radioteleskop mit 12 m Durchmesser in 5100 m Höhe in Chile. Rechts: 100-m-Radioteleskop Effelsberg (Bilder: Norbert Junkes/MPIfR)

Poster: Armend Topojani  
(auf der Basis der MPIfR  
Presseinformation vom  
23. März 2015).





Max-Planck-Institut  
für Radioastronomie

# Elektronenwirbel in der Strudelgalaxie



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Die Galaxie Messier 51 (M51) in ca. 30 Millionen Lichtjahren Entfernung wird wegen ihres Aussehens auch als Strudelgalaxie bezeichnet. Man sieht die Galaxie fast genau von oben und sie zeigt ein sehr schön ausgeprägtes System von Spiralarmen. Ein europäisches Team von Astronomen hat dieses Sternsystem mit dem internationalen LOFAR-Teleskop in einem Frequenzbereich von 115 bis 175 MHz beobachtet; das ist unmittelbar oberhalb des kommerziellen UKW-Bereichs von 88 bis 108 MHz. Das Team hat damit das bisher tiefste und empfindlichste Bild überhaupt von einer Galaxie bei Frequenzen unterhalb von 1 GHz erstellt. Mit der hohen Empfindlichkeit des LOFAR-Teleskops konnte die Scheibe der Galaxie M51 wesentlich weiter in die Außenbereiche hinaus abgebildet werden als jemals zuvor.

## Was ist LOFAR?

Das "Low Frequency Array" (LOFAR) wurde entworfen und konstruiert von ASTRON in den Niederlanden. Es ist ein Radioteleskop völlig neuer Bauart, das den Zugang zu sehr niedrigen Radiofrequenzen ermöglicht. LOFAR erforscht einen bisher kaum erfassten Frequenzbereich unterhalb von 240 MHz und besteht aus einer Vielzahl von kleinen Antennen (Dipolen) einfacher Bauart ohne jegliche beweglichen Teile. LOFAR setzt sich zusammen aus 38 Stationen in den Niederlanden, sechs Stationen in Deutschland, drei Stationen in Polen und jeweils einer Station in Großbritannien, Frankreich und Schweden. Das neuartige Prinzip besteht aus der Online-Verbindung von Signalen aus allen Stationen in einem leistungsstarken Computercluster in der Universität Groningen (Niederlande).

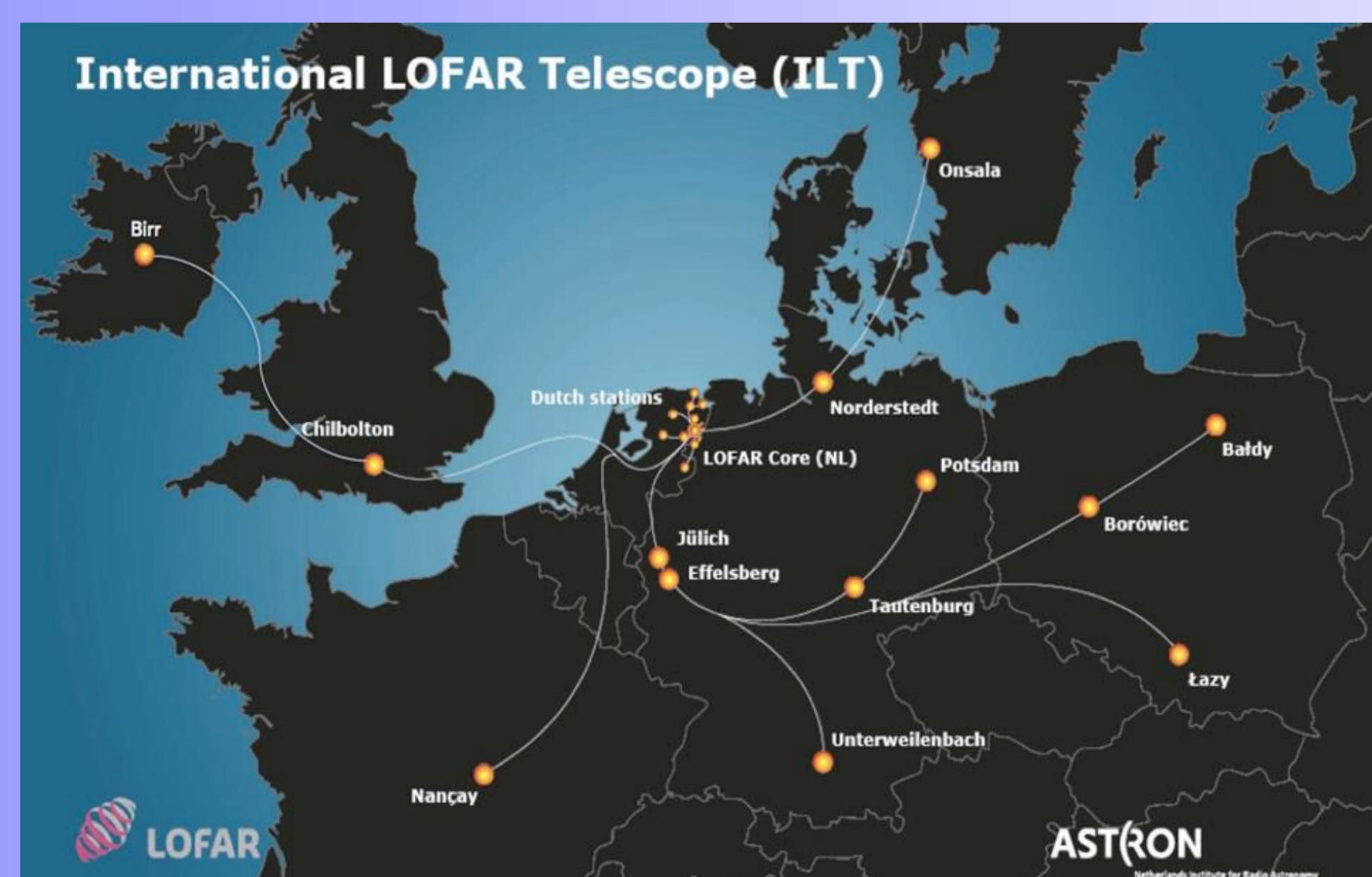


Abb. 1: LOFAR-Stationen in Europa. Die irische Station (Birr) kommt im Jahr 2017 dazu (Bild: ASTRON, Niederlande)

## Wie entsteht Synchrotronstrahlung?

Die Elektronen sind Partikel der so genannten kosmischen Strahlung, die in den von gigantischen Supernova-Explosionen verursachten Stoßwellen erzeugt werden. Magnetfelder wiederum werden durch Dynamo-Prozesse erzeugt, die von der Bewegung des Gases in der Galaxie angetrieben werden. Wenn Elektronen sich auf spiralförmiger Bahn um Magnetfeldlinien bewegen, werden Radiowellen abgestrahlt, die auch als Synchrotronstrahlung bezeichnet werden. Die Intensität der Strahlung steigt dabei mit der Anzahl und Energie der Elektronen sowie mit der Stärke des Magnetfeldes an.

## Weshalb hat man M51 ausgewählt

Das Aussehen von Galaxien im Radiobereich ist sehr unterschiedlich zu ihrem optischen Erscheinungsbild. Während im Optischen das sichtbare Licht von den Sternen dominiert, zeigen Radiowellen zwei Bestandteile von Galaxien, die von optischen Teleskopen nicht erfasst werden können, nämlich Magnetfelder und bis fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigte Elektronen. Man versucht herauszufinden, welche Rolle sie für die Stabilität und die Entwicklung von Galaxien spielen.



Abb.2: LOFAR-Radiokarte der Strudelgalaxie M51 bei einer Frequenz von 115 bis 175 MHz. Das Bild zeigt die Radiostrahlung von M51 (weiße Konturlinien) als Überlagerung auf ein optisches Bild aus dem „Digital Sky Survey“ (DSS). (Bild: David Mulcahy et al., Astronomy & Astrophysics)

## Was hat man herausgefunden?

Den Astronomen ist es gelungen, schnelle kosmische Elektronen und Magnetfelder bis in eine Entfernung von 40000 Lichtjahren vom Zentrum von M51 hinaus nachzuweisen. Mit der hohen Winkelauflösung von LOFAR werden die Spiralarme der Galaxie deutlich getrennt sichtbar. Dabei treten Magnetfelder und kosmische Elektronen in den Spiralarmen selbst am stärksten hervor. Im Vergleich zu noch höheren Radiofrequenzen erscheinen die Spiralarme hier breiter aufgrund der Ausbreitung kosmischer Elektronen weg von den Spiralarmen, in denen sie entstanden sind.

Poster: Armend Topojani  
(auf der Basis der MPIfR  
Presseinformation vom  
20. August 2014).