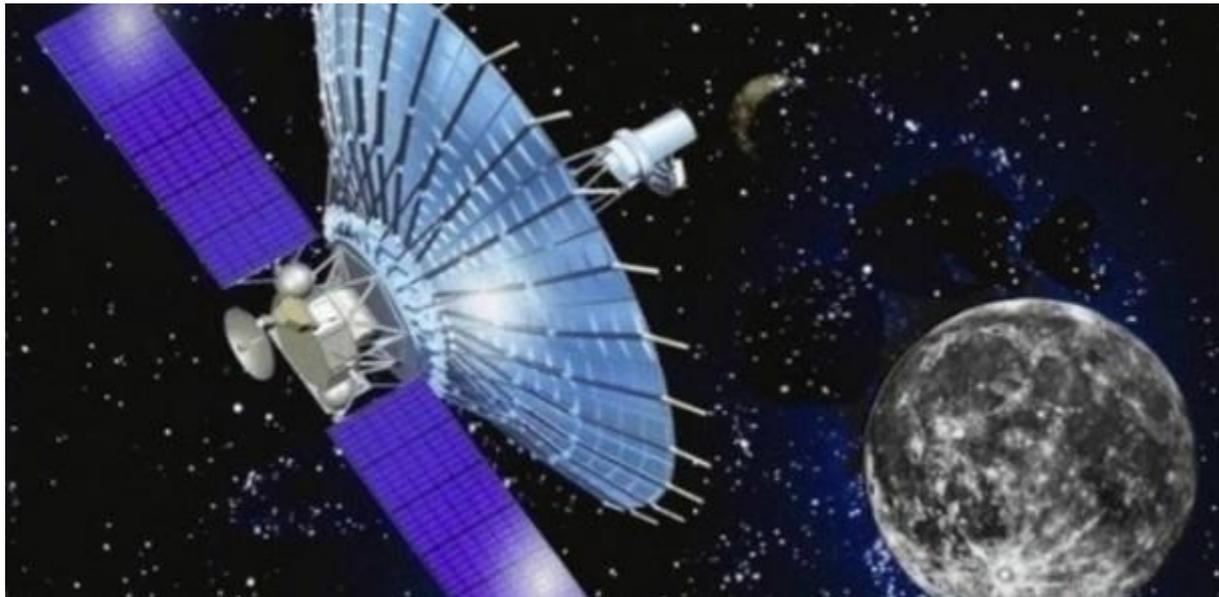


RadioAstron



<http://russianspacenews.com/russian-radioastron-telescope-got-a-tracking-station-in-usa/>

Projekt von
Ann-Kathrin Pesch

Inhaltsverzeichnis

- Was ist RadioAstron?
- Erdumlauf
- Weltraum-Radioteleskop und Winkelauflösung
- Geschichte von RadioAstron
- Steckbrief
- Welche Länder sind bei RadioAstron beteiligt?
- Bogensekunde
- Wellenlänge
- Größenordnungen
- Erstes Interferometrisches Signal („Fringe“) zwischen Spektr-R und Effelsberg
- BL Lacertae
- Quasar 0212+735
- Neue Erkenntnisse zu BL Lac und Jets
- Vision von Spektr-R
- Text-Quellen
- Bild-Quellen

Was ist RadioAstron?

- Das Weltraum-Radioteleskop Spektr-R der Raumfahrtmission RadioAstron hat einen Durchmesser von 10 Metern und befindet sich auf einer Umlaufbahn, auf der es sich bis zu 350.000 Kilometer von der Erde entfernen kann. Auf seiner Erdumlaufbahn beobachtet Spektr-R Radiostrahlung aus dem Weltraum.
- Die von Spektr-R aufgenommenen Daten werden mit Beobachtungen von Radioteleskopen auf der Erde kombiniert und dadurch erhält man schärfere Bilder und somit bessere Erkenntnisse.

Erdumlauf

- Der Radioastron-Satellit bewegt sich nicht auf einer kreisförmigen Umlaufbahn, sondern auf einer stark elliptischen Umlaufbahn um die Erde.
Damit kann der größtmögliche Abstand, wenn der Satellit am weitesten von der Erde entfernt ist, 280.000 bis 350.000 Kilometer betragen.
- Gleichzeitig werden mit dem 100-m-Radioteleskop Effelsberg des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie (MPIfR) und mit weiteren Radioteleskopen auf der Erde die Radioquellen beobachtet. Beim Zusammenspiel des kleinen Weltraum-Teleskops RadioAstron mit irdischen Radioteleskopen ist Effelsberg mit seinem 100 m Durchmesser als Partner sehr wichtig, um auch schwache Radiosignale aus dem Kosmos erfolgreich nachweisen zu können.

Weltraum-Radioteleskop und Winkelauflösung

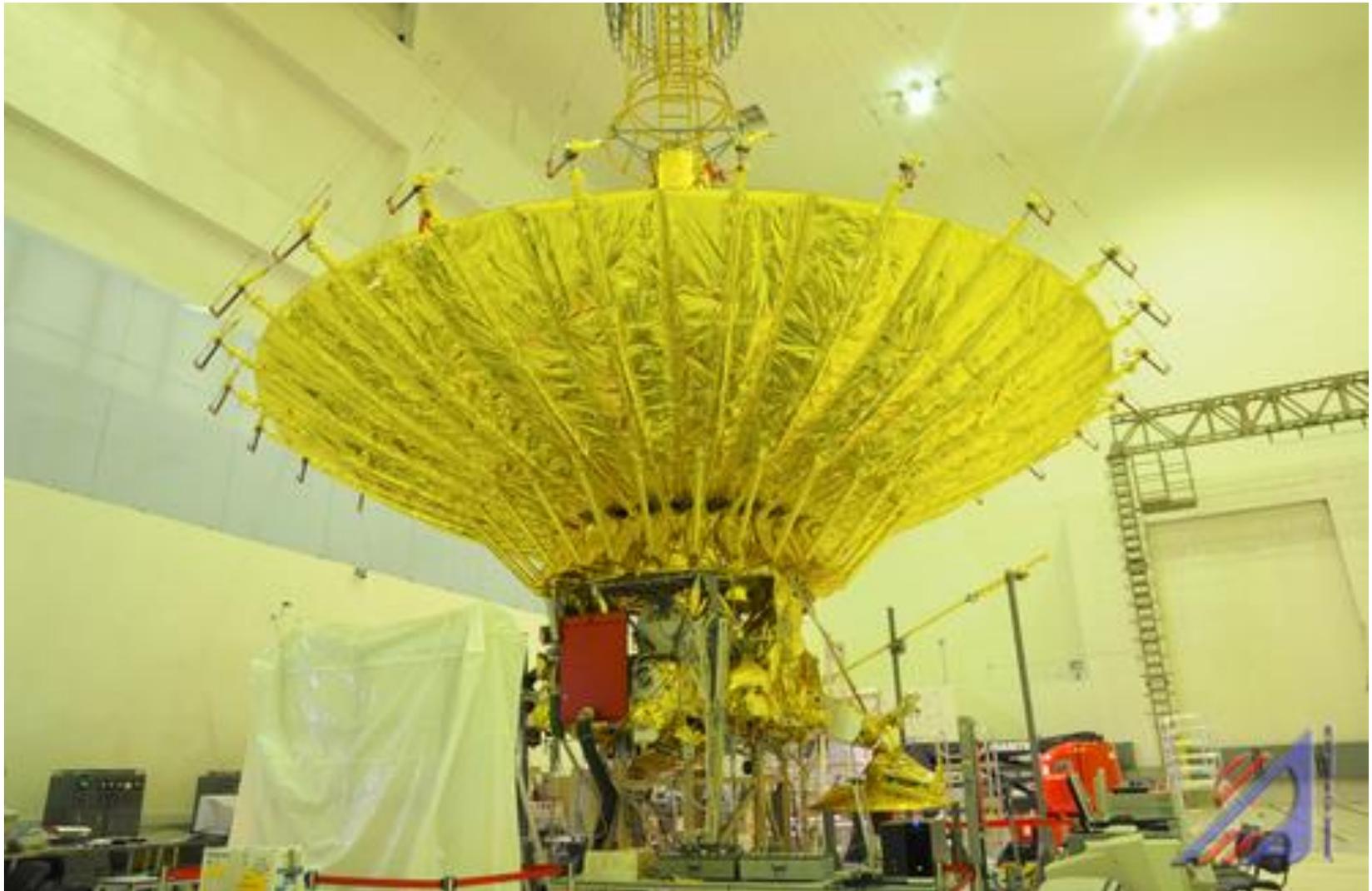
- Durch gemeinsame Messungen mit dem Radioteleskop in Effelsberg und weiteren irdischen Radioteleskopen zusammen mit dem russischen Satelliten-Radioteleskop „Spektr-R“ im Weltraum, erreicht man eine extrem hohe Winkelauflösung oder Bildschärfe, so hoch wie die von einem einzelnen (virtuellen) Radioteleskop von bis zu 350.000 km Durchmesser.

Mit „Winkelauflösung“ ist gemeint, wie scharf man am Himmel hingucken kann. Sonne und Mond sieht man zum Beispiel unter einem Winkel von 0,5 Grad am Himmel. Einmal komplett herum sind 360 Grad, das heißt, einmal rundherum am Himmel könnte man die Sonne 720mal nebeneinander setzen. Mit RadioAstron wird nun bei einer Wellenlänge von 1,3 cm eine Rekordwinkelauflösung von nur 21 Mikrobogensekunden erreicht, das sind 21 Millionstel Bogensekunden oder (1 Grad hat 60 Bogenminuten bzw. 3600 Bogensekunden) 5 Milliardstel Grad am Himmel. Das ist so, als ob man ein Zwei-Euro-Stück auf der Mondoberfläche erkennen könnte.



<https://en.wikipedia.org/wiki/Spektr-R>

Bei der Herstellung von RadioAstron.



<http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2011/12/16/radioastron-das-dreihunderttausend-kilometer-grosse-teleskop/>

Das Weltraumteleskop RadioAstron, fertig
gebaut, noch auf der Erde.

Geschichte von RadioAstron

- In der Öffentlichkeit weitgehend unbeachtet, startete am 18. Juli 2011 vom Weltraumbahnhof Baikonur in der Ukraine um 6:31 Ortszeit eine russische Zenit-3F ins All.
Als Nutzlast trug die Rakete das zusammengefaltete Radioteleskop „Spektr-R“, das Astronomen in den nächsten fünf bis zehn Jahren bisher unerreicht scharfe Beobachtungen naher und ferner Himmelskörper und physikalischer Prozesse im Universum erlauben sollte. Erstmals könnte auch die Chance bestehen, Schwarze Löcher, die ultimativen Grenzzustände der Astrophysik, direkt abzubilden.
- Die Projektidee von „RadioAstron“ ist mehr als dreißig Jahre alt, verzögerte sich jedoch immer wieder durch technische Probleme und wurde durch den Zerfall der Sowjetunion völlig ausgebremst. Nach der Reorganisation der staatlichen und wissenschaftlichen Institutionen wurde das Projekt im Raumfahrtprogramm der zivilen russischen Raumfahrtbehörde Roskosmos für 2006 – 2015 erneut aktiviert.
- Auch im letzten Anlauf verschob sich der Start noch einmal vom November 2009 um beinahe zwei Jahre. Grund dafür war die Erprobung des neuen „Navigator“-Bus, der Versorgungs- und Steuerungs-Einheit, die aus Kostengründen für Spektr-R verwendet und zunächst mit dem Wettersatelliten „Elektro-L 1“ erprobt werden sollte.

Steckbrief

Typ:	Weltraumteleskop
Land:	Russland
COSPAR-Bezeichnung:	2011-037A
Masse:	3.295 kg
Start:	18. Juli 2011, 02:31 UTC
Startplatz:	Baikonur
Trägerrakete:	Zenit-3F/Fregat-SB
Umlaufzeit:	8,5-9,0 Tage
Bahnneigung:	-10° bis 80°
Apogäum:	280.000-350.000 km
Perigäum:	1000-50.000 km
Exzentrizität:	0,6947
Auftragnehmer:	Roskosmos
Wellenlängen:	92; 18; 6; 1,3 cm
Brennweite:	4,22 m
Spiegeldurchmesser:	10 m

Welche Länder sind bei RadioAstron beteiligt?

- Das RadioAstron-Projekt, wird vom Astro Space Center (ASC) und Lebedev Physical Institute of Russian Academy of Sciences (RAS) in Zusammenarbeit mit anderen Instituten von RAS und Federal Space Agency (FSA) in Russland durchgeführt. Heute hat sich das Projekt RadioAstron zu einer breiten internationalen Zusammenarbeit erweitert: Wissenschaftler aus über 20 Ländern konstruieren die Instrumente, planen das Einsatzprofil und beteiligen sich mit bodengebundenen Radioteleskopen an RadioAstron.
- An einer speziellen Beobachtungstechnik namens VLBI (Very Long Baseline Interferometry) nehmen Radioteleskope in Deutschland, in der Ukraine, in Australien, in Chile, in China, in Indien, in Japan, in Korea, in Mexiko, in Russland, in Südafrika und in den USA teil. Mit dem Weltraum-Radioteleskop RadioAstron wird diese Beobachtungsmethode über die Grenzen der Erde hinaus erweitert.

Bogensekunde

- Die Bogensekunde ist eine Einheit, um die Größe von Winkeln im Gradmaß anzugeben. Wie bei den Zeiteinheiten Stunde, Minute und Sekunde nutzt man zur Angabe von Winkeln im Gradmaß das Sexagesimalsystem. Deshalb hat das Winkelgrad 60 Bogenminuten und die Bogenminute 60 Bogensekunden. Entsprechend ergeben 3600 Bogensekunden genau ein Grad. Die Symbole, um diese Einheiten abzukürzen sind $^{\circ}$ für das Grad, $'$ für die Bogenminute und $''$ für die Bogensekunde.
- In der Astronomie ist die Bogensekunde generell relevant für die Angabe von Winkeln - besonders gebräuchlich ist die Bogensekunde als Einheit bei der scheinbare Größe von Himmelsobjekten. Auch das Auflösungsvermögen von Teleskopen wird im Gradmaß angegeben, z.B. in Bogensekunden, Millibogensekunden (Tausendstel Bogensekunden; milliarcseconds, mas) oder Mikrobogensekunden (Millionstel Bogensekunden; microarcseconds, μ as).

Wellenlänge

- Unter dem Begriff „Wellenlänge“ versteht man den entfernungsmäßigen Abstand zwischen zwei gleichen, aufeinander folgenden Schwingungszügen einer periodischen Wellenbewegung. Die Wellenlänge ist abhängig von der Signallaufzeit und wird mit dem griechischen Buchstaben Lambda (λ) bezeichnet. Sie errechnet sich aus der Frequenz und der Geschwindigkeit, mit der die Welle übertragen wird.



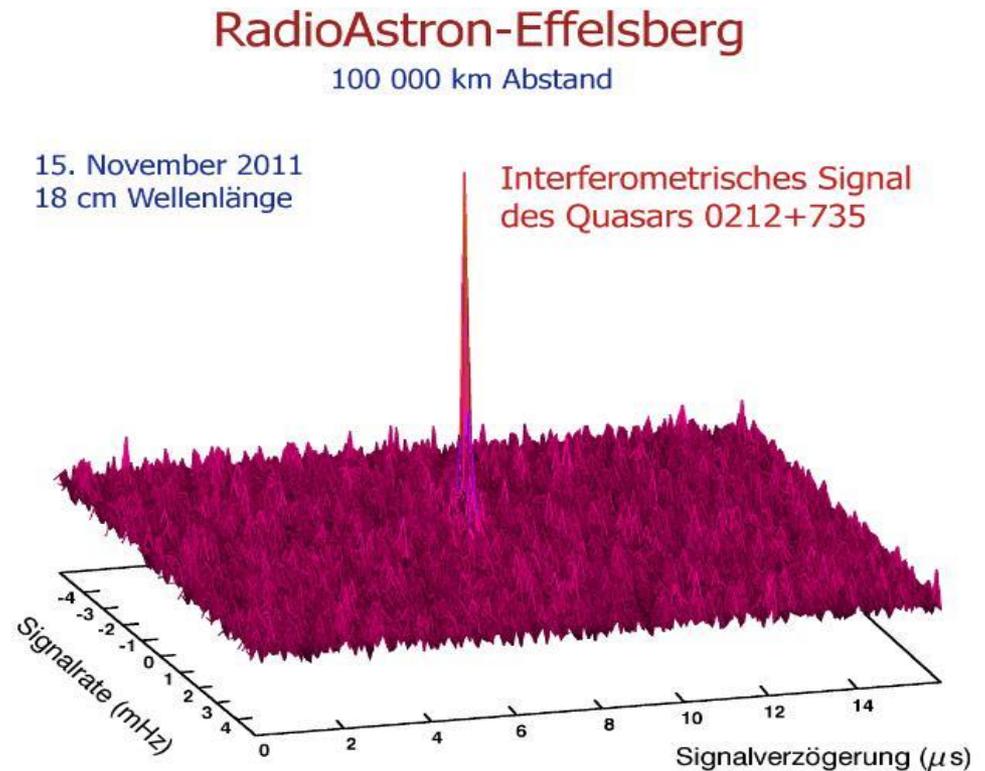
Größenordnungen

Symbol	Name	Faktor
y	Vokto	10^{-24}
z	Zepto	10^{-21}
a	Atto	10^{-18}
f	Femto	10^{-15}
p	Pico	10^{-12}
n	Nano	10^{-9}
μ	Micro	10^{-6}
m	Milli	10^{-3}
c	Centi	10^{-2}
d	Deci	10^{-1}

Symbol	Name	Faktor
Y	Yotta	10^{24}
Z	Zetta	10^{21}
E	Exa	10^{18}
P	Peta	10^{15}
T	Tera	10^{12}
G	Giga	10^9
M	Mega	10^6
k	Kilo	10^3
h	Hekto	10^2
da	Deka	10^1

Erstes interferometrisches Signal ("fringe") zwischen Spektr-R und Effelsberg

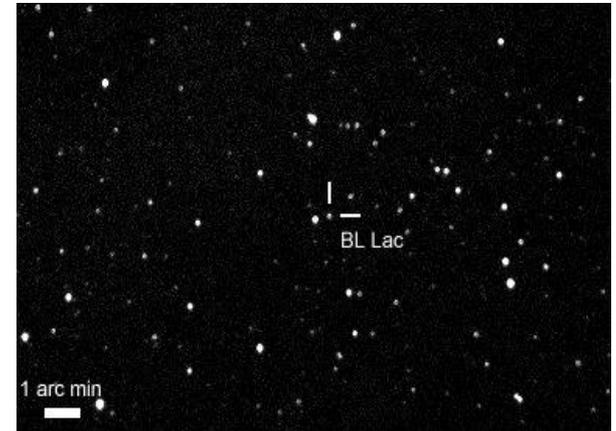
Die Beobachtungen vom Quasar 0212+735, wurden am 15. November 2011 bei einer Wellenlänge von 18 cm gemacht. Der Quasar 0212+735 wurde wegen seines kompakten Aufbaus und der hohen Oberflächenhelligkeit ausgewählt.



<http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2011/12/16/radioastron-das-dreihunderttausend-kilometer-grosse-teleskop/>

BL Lacertae

Die ersten Messergebnisse (“Fringes”) des Radioastron-Projekts wurden 2011 mit Spektr-R und Radioteleskopen auf der Erde, darunter Effelsberg, aufgenommen und am Bonner Korrelator ausgewertet (MPIfR- Presseinformation 2011).



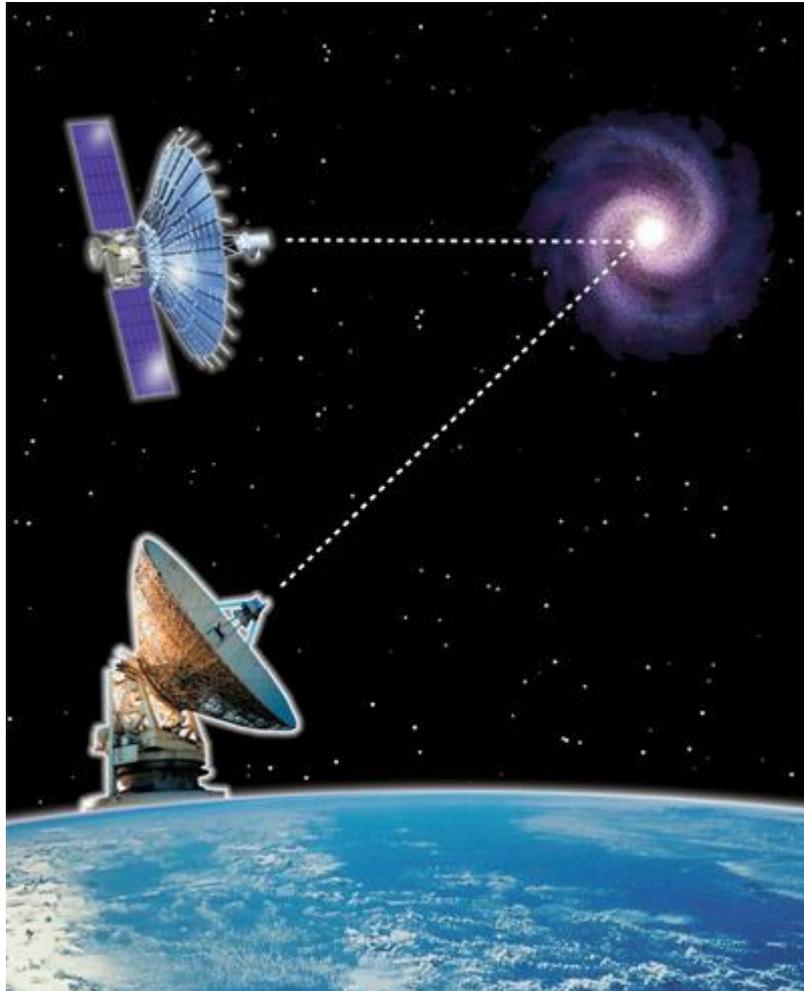
http://www.richweb.f9.co.uk/astro/active_galactic_nuclei.htm15

Die aktuellen Beobachtungen beschreiben BL Lac, das Zentrum einer aktiven Galaxie (“Active Galactic Nucleus”, AGN), im Sternbild Lacerta (die Eidechse) in einer Entfernung von ungefähr 900 Millionen Lichtjahren.

Mit seiner hohen Variabilität und signifikanten optischen Polarisation bildet BL Lac den Prototyp für eine ganze Klasse von AGNs.

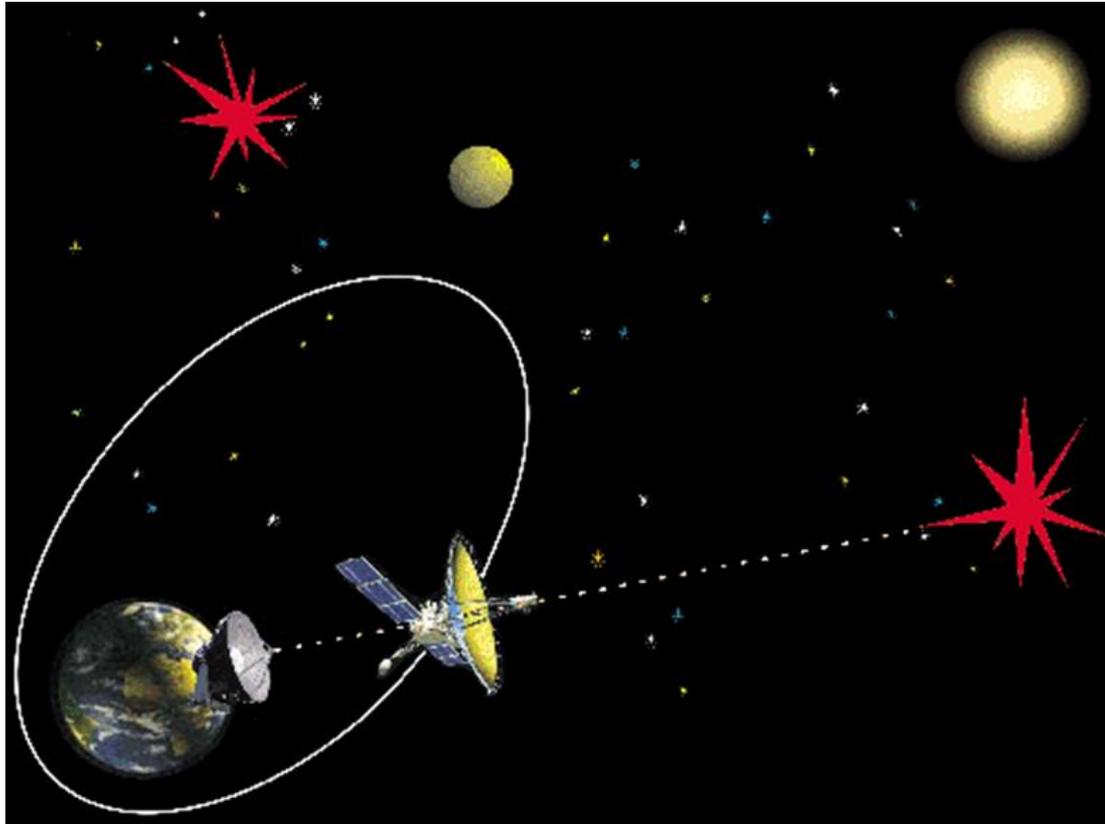
Quasar 0212+735

- Am 15. November 2011, arbeitete das 100-Meter Radioteleskop in Effelsberg, mit drei russischen und einem ukrainischen Teleskop zusammen. Die fünf Teleskope nahmen an den ersten interferometrischen Beobachtungen in Zusammenspiel mit der erdumlaufenden 10-Meter-Antenne Spektr-R des russischen Radioastron-Projekts teil.
- Die Beobachtungen wurden bei einer Wellenlänge von 18 Zentimetern durchgeführt und waren auf den entfernten und sehr kompakten Quasar 0212 + 735 gerichtet.
- Interferometrische Signale wurden im Rahmen des RadioAstron-Projekts mit einer speziellen Analyseverfahren („Korrelation“) von Signalen von Spektr-R und den Bodenantennen erhalten. Damit stellte das Forscherteam einen neuen Weltrekord für die Größe eines astronomischen Interferometers auf und leitete gleichzeitig eine neue Ära in interferometrischen Untersuchungen der kosmischen Radiostrahlung ein.



<http://www.nkau.gov.ua/nsau/newsnsau.nsf/mainsubjectsE/DA4157C709EB6E64C2257B8E003C70E3?openDocument&Lang=E>

In diesem Bild sieht man, wie das stationäre Radioteleskop in der Ukraine und der Satellit „Spektr-R“ auf seiner Erdumlaufbahn gemeinsam eine ferne Galaxie im Weltall anpeilen. Bei Weltraum-VLBI-Messungen (Very Long Baseline Interferometry) im Rahmen des RadioAstron-Projekts wird normalerweise eine größere Zahl von bodengebundenen Radioteleskopen eingesetzt.



http://www.asc.rssi.ru/radioastron/description/orbit_eng.htm

In diesem Bild sieht man ein Radioteleskop auf der Erde als Bodenstation, um die Daten von RadioAstron auf der Erde aufzunehmen.

Russia's RadioAstron space observatory

The RadioAstron observatory with an unprecedented high resolution capability will make it possible to observe remote objects in space

- Parabolic antenna**
- Diameter: 10 meters
 - Comprises 27 carbon-plastic "petals"

This is the first Russian orbital radio telescope

It will study:

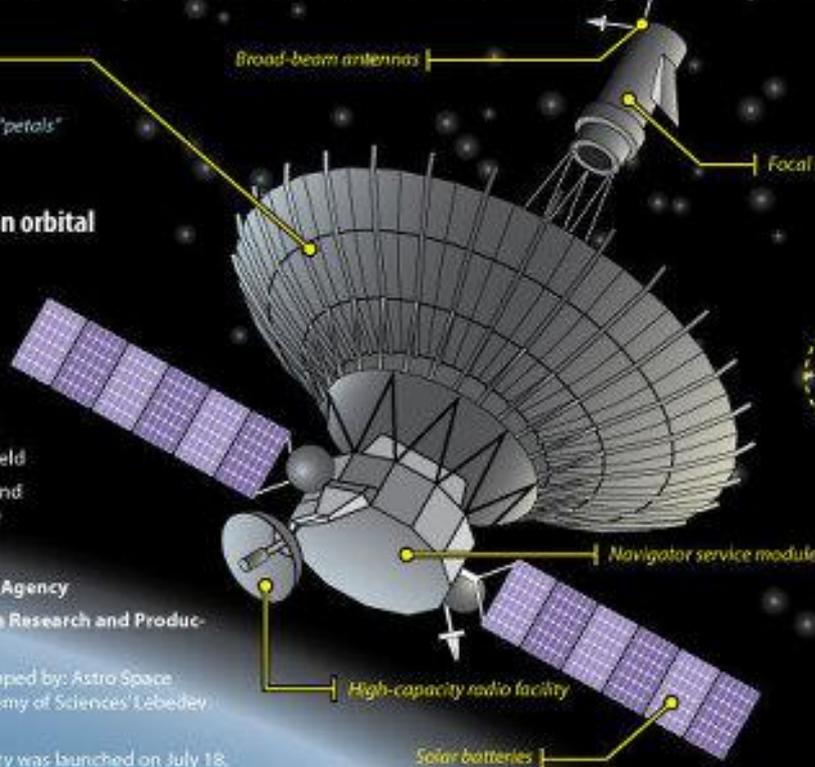
- Galaxy nuclei
- Black holes
- Neutron stars
- Interstellar plasma clouds
- The Earth's gravitational field
- And many other objects and phenomena in the Universe

Ordered by: Federal Space Agency

Chief contractor: Lavochkin Research and Production Association

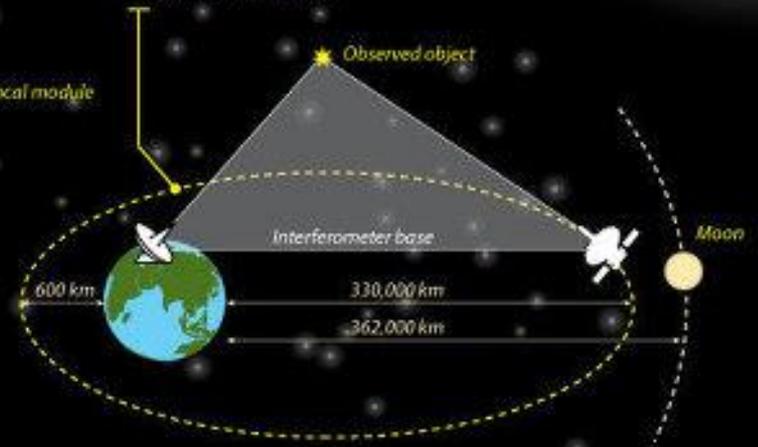
Scientific equipment developed by: Astro Space Center of the Russian Academy of Sciences' Lebedev Physics Institute

The RadioAstron observatory was launched on July 18,



Highly elliptical orbit

- Apogee: 330,000 kilometers
- Perigee: 600 km
- Orbital period: 8.2 days

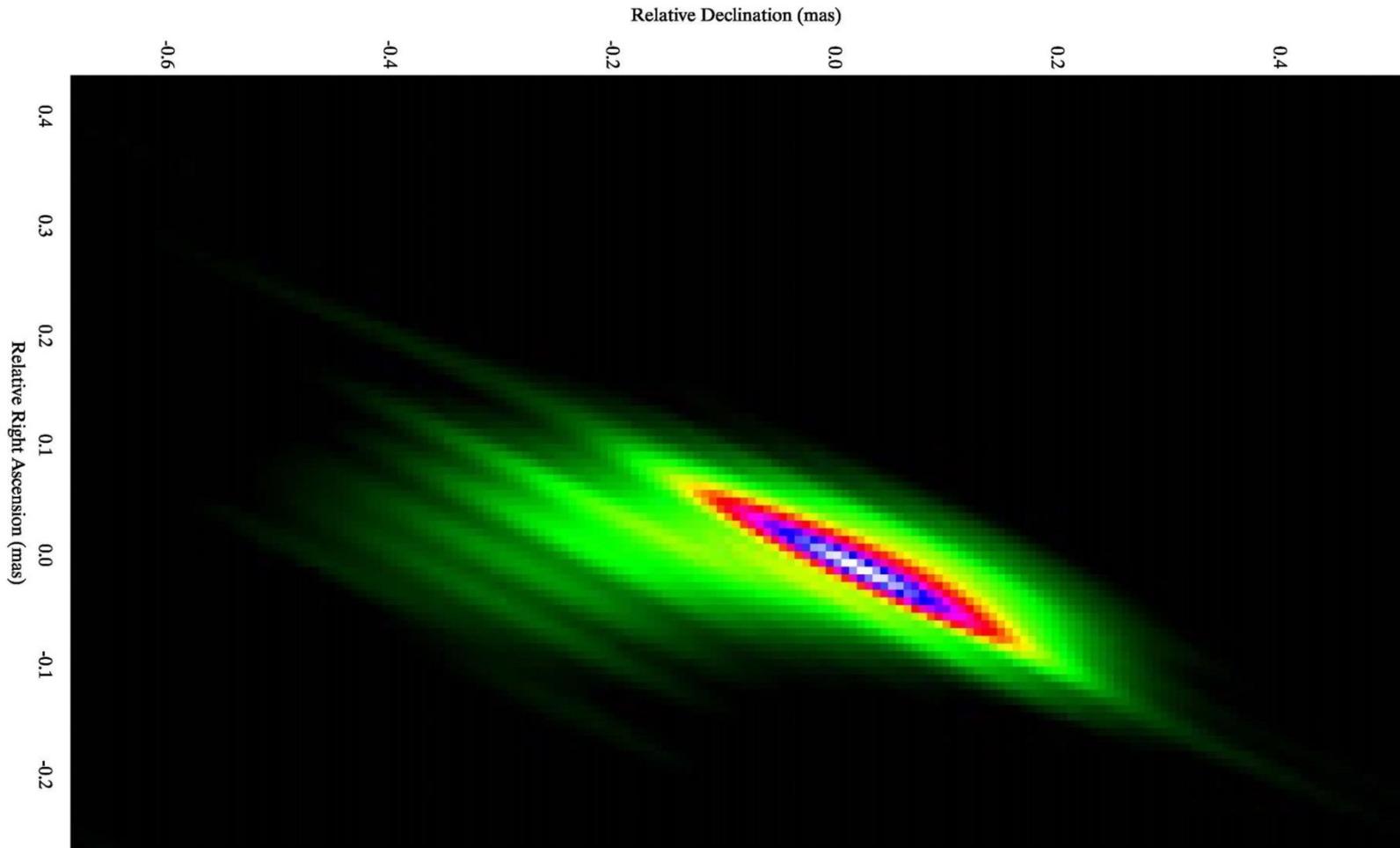


The RadioAstron observatory will operate with an international network of ground-based radio telescopes. This huge ground- and space-based telescope system, also called an interferometer, will provide the finest angular resolution.

This will make it possible to obtain images of remote objects with a resolution exceeding that of NASA's

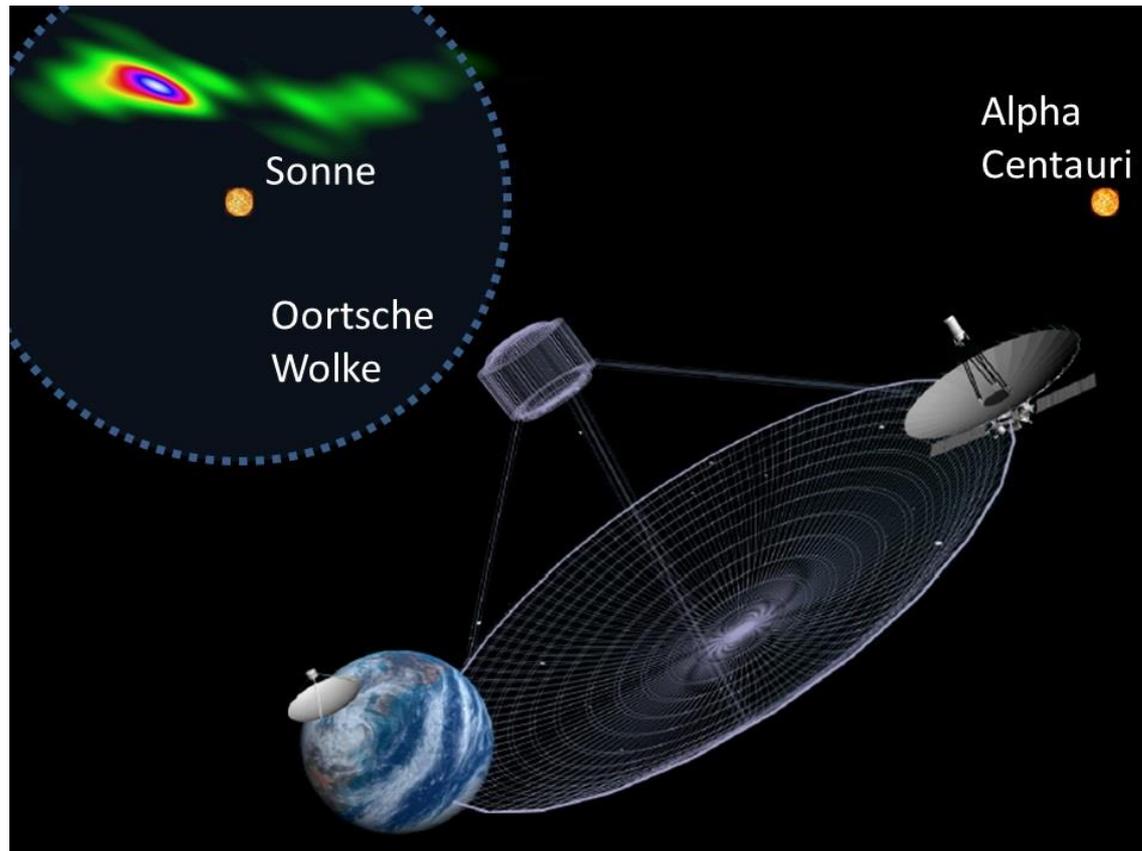
Neue Erkenntnisse zu BL Lac und Jets

- Jets sind die größten Teilchenbeschleuniger des Universums.
- Für die Radioastronomie sind die Jets besonders relevant, weil die Elektronen im ausströmenden Jetplasma Synchrotronstrahlung im Radiobereich erzeugen.
- Bei den Beobachtungen mit BL Lac werden fast lichtschnellen Bewegungen von hochenergetischen Elektronen in Magnetfeldern Radiostrahlung erzeugt.
- Da die meisten Jets in Galaxienzentren viele Millionen oder sogar Milliarden von Lichtjahren entfernt sind, werden Messungen mit höchster Winkelauflösung benötigt, um Stoßwellen oder Turbulenzen zu untersuchen.
- Somit erkennt man wie viel Strahlung jeweils freigesetzt wird.



<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemeldungen/2016/1>

In diesem Bild sieht man Radiostrahlung von BL Lac bei einer Wellenlänge von 1,3 cm mit einer Winkelauflösung von 21 Mikro-Bogensekunden



<http://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemitteilungen/2016/1>

Die Grafik zeigt ein virtuelles Radioteleskop, das durch die Kombination von einem erdgebundenen Radioteleskop (z.B. Effelsberg) und einem in einer Erdumlaufbahn befindlichem Weltraumteleskop (Spektr-R) ermöglicht wird.

Durch diese Zusammenschaltung werden selbst Strukturen von 6.000 AE (1 AE = Abstand Erde zu Sonne) in dem 900 Millionen Lichtjahre entfernten BL Lac sichtbar. Auf dem Bild wird gezeigt, wie groß die Oortsche Kometenwolke im Sonnensystem und der Abstand der Sonne zum Nachbarstern Alpha Centauri im Vergleich zu BL Lac erscheinen würden.

Vision von Spektr-R

- Erst die Kombination von erd- und weltraumgestützten Teleskopen zu einem neuartigen virtuellen Radioteleskop bei kleinen Wellenlängen (1,3 cm) ermöglicht die Rekord-Winkelauflösung von etwa 20 Mikro-Bogensekunden.
- Mit der nun zur Verfügung stehenden Winkelauflösung sowie einem extrem leistungsstarken Rechner samt spezieller Software (Korrelator am Bonner MPIfR) wird dieser Leistungssprung erst ermöglicht.
- Jetzt haben Forscher das Werkzeug, das ihnen Untersuchungen von aktiven, entfernten Galaxien wie z.B. BL Lac im Detail ermöglicht.
- Mit Weltraum-VLBI, also interferometrischen Beobachtungen bei höchster Winkelauflösung, kann in die innersten Regionen von fernen Galaxien geschaut werden, um die Vorgänge dort zu verstehen.
- Sogenannte Schwarze Löcher sind nun weniger mysteriös und könnten vielleicht Konturen bzw. Farben erhalten.
- Die Ergebnisse von Forschern in den nächsten Jahren werden unseren Wissensdurst weiter stillen und den Weltraum noch ein bisschen klarer erscheinen lassen.

Text-Quellen

- <http://www.schattenblick.de/infopool/natur/astronom/nafor459.html>
- <http://www.relativ-kritisch.net/blog/astronomie/%E2%80%9Espektr-r%E2%80%9C-%E2%80%93blick-aufs-schwarze-loch>
- http://www.asc.rssi.ru/radioastron/description/intro_eng.html
- <http://phys.org/news/2011-12-birth-telescope-larger-earth.html>
- <http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2011/12/16/radioastron-das-dreihunderttausend-kilometer-grosse-teleskop>
- <http://scitechdaily.com/radioastron-an-international-project-for-vlbi-observations-in-space/>
- <http://www.raumfahrer.net/news/astronomie/25022013212257.shtml>
- <http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2011/12/16/radioastron-das-dreihunderttausend-kilometer-grosse-teleskop/>
- http://ilrs.gsfc.nasa.gov/missions/satellite_missions/current_missions/radi_general.htm
- <http://wikipedia.de/radioastron>
- <http://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/>
- <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/>
- <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemeldungen/2016/1>

Bild-Quellen

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Spektr-R>
- <http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2011/12/16/radioastron-das-dreihunderttausend-kilometer-grosse-teleskop/> (Bild: Tigovik, CC-BY-SA 3.0)
- <http://www.extremnews.com/berichte/wissenschaft/e46913fcb801bee/1c8813fcb801e0c/info>
- <http://www.russia-ic.com/news/show/11315/#.VqcrcVKZNzk>
- <http://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemitteilungen/2016/1>
- <http://orbiterchspacenews.blogspot.de/2013/03/new-results-of-project-spektr-r.htm>
- http://www.asc.rssi.ru/radioastron/description/orbit_eng.htm
- <http://russianspacenews.com/russian-radioastron-telescope-got-a-tracking-station-in-usa/>
- <http://www.nkau.gov.ua/nsau/newsnsau.nsf/mainsubjectsE/DA4157C709EB6E64C2257B8E003C70E3?openDocument&Lang=E>
- <http://www.elmar-baumann.de/fotografie/techtutorial/objektiv-5-02.html>
- http://www.richweb.f9.co.uk/astro/active_galactic_nuclei.htm25