Zehn Jahre 100-m-Radioteleskop Effelsberg

Autor(en): **Hintsches, Eugen**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 23

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74510

Nutzungsbedingungen

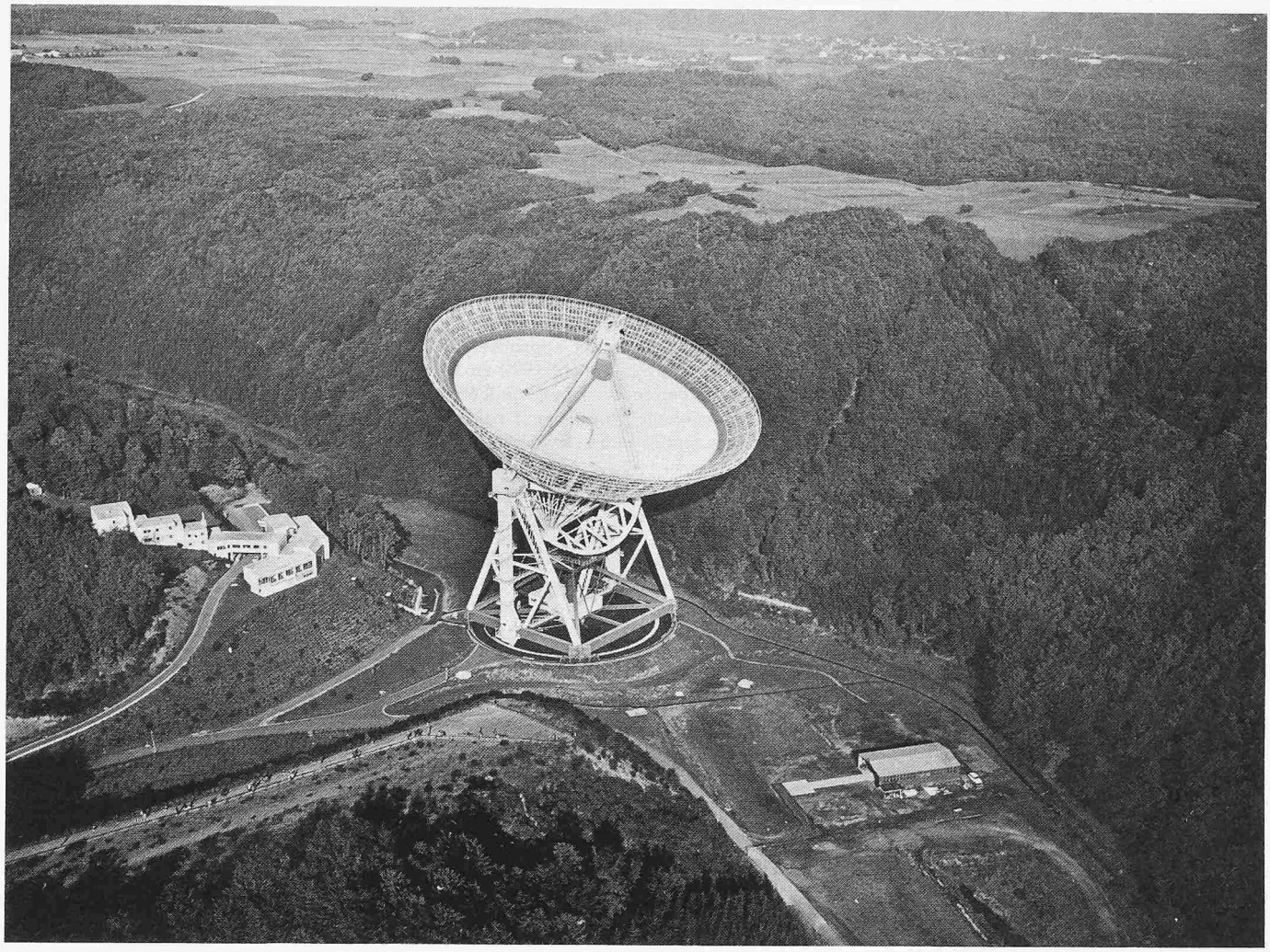
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch



Zehn Jahre alt wurde das 100-m-Radioteleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie: Die grösste bewegliche Empfangsantenne der Welt für kosmische Radiostrahlung im Bereich zwischen 75 Zentimeter und 7 Millimeter Wellenlänge hat die Erwartungen der Wissenschaftler noch übertroffen und ermöglicht Beobachtungen, die mit keinem anderen Teleskop gemacht werden können

Zehn Jahre 100-m-Radioteleskop Effelsberg

Ein 3200 Tonnen schwerer Stahlkoloss feiert Geburtstag: Am 12. Mai 1971, nahm das *Max-Planck-Institut für Radioastronomie,* Bonn, in der *Eifel* das mit 100 Metern Durchmesser grösste bewegliche Radioteleskop der Welt in Betrieb.

«Vor uns steht ein Turm aus Stahl und Eisen, eine in ihrer Art bisher einmalige wissenschaftliche und technische Leistung, ein Forschungsgerät neuer Dimension», beschrieb vor zehn Jahren bei der Eröffnungsfeier Prof. *Adolf Butenandt,* damals Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, die kühne Konstruktion. «Das Gerät hat unsere Erwartungen übertroffen», urteilt heute Prof. *G. Mezger,* Geschäftsführender Direktor des Instituts für Radioastronomie. «Ich bin überzeugt, dass dieses einzigartige Instrument für die Erforschung des Weltraums auf Jahre hinaus das grösste Radioteleskop seiner Art bleiben wird.» Nachdem sich die Wissenschaftler für ein grosses Einzelteleskop entschieden hatten, waren, so stellte der nach seinen Worten «ex officio als beratender Bauingenieur» mitbeteiligte damalige Wissenschaftsminister, Prof. *Hans Leussink,* fest, «die Anforderungen der Astronomie an die Technik schon exotisch»: Der Riesen-Radiospiegel – immerhin so gross wie ein Fussballplatz – sollte in allen Arbeitslagen mit möglichst geringen Abweichungen immer die Form eines Paraboloids behalten – trotz den bei Stahlkonstruktionen unvermeidlichen elastischen Verformungen.

Ungewöhnliches Konzept

Prof. *Otto Hachenberg,* inzwischen emeritierter Institutsdirektor, entwikkelte nach einem ursprünglich von Dr. *Sebastian von Hoerner,* Auswärtiges Wissenschaftliches Mitglied des Max-Planck-Instituts, vorgeschlagenen Prinzip eine ungewöhnliche Lösung: Er bezog die Verformungen, die etwa beim Kippen oder Neigen des Teleskops durch das verlagerte Eigengewicht des Stahls entstehen, in die Konstruktion mit ein. Um diese Idee zu verwirklichen, musste jedoch zuerst ein völlig neuartiges Berechnungsverfahren für Stahlbaufachwerke ausgearbeitet werden. Dazu wurde das *Stahlgerüst,* das die *möglichst formgenaue Sammelfläche für die kosmische Radiostrahlung* trägt, in insgesamt *816 Knotenpunkte* unterteilt. Sie sind besonders angeordnet und bemessen: Dadurch können sich die einzelnen Teile der Konstruktion nur derart zueinander verschieben, dass die wegen der Verformung des Stahls entstehenden neuen Flächen des Reflektors immer ein Paraboloid bilden – allerdings mit veränderter Brennweite. Doch solchen *Wanderungen des Brennpunkts* folgen die Radioastronomen automatisch durch Verschieben des Umlenkspiegels beziehungsweise der Empfangseinrichtungen: Dank dieser *«homologen Verformung»* der *8000 Quadratmeter grossen Antennenfläche* lässt sich die aus dem Weltraum kommende Radiostrahlung bei jeder Stel-

lung des Teleskops immer scharf bündeln. Das ist – ähnlich wie bei einem Feldstecher – Voraussetzung für genaues Beobachten.

Eine von den Firmen Krupp und Man gebildete Arbeitsgemeinschaft verwirklichte das Konzept Hachenbergs in etwa vier Jahren Bauzeit. Das Teleskop kostete 34 Millionen Mark, davon trug 28 Millionen die Stiftung Volkswagenwerk. Prof. *Hachenberg:* «Die Bauarbeiten verliefen zufriedenstellend, obwohl eine Fülle von speziellen bautechnischen Problemen auftrat. Mehrfach mussten technisch neue Verfahren angewandt und Methoden verwendet werden, die an der Genauigkeitsgrenze der optischen Messungen lagen.»

Unerwünschte Schwingungen

In der Anfangsphase des Teleskop-Betriebs bereitete der *Kippantrieb* Schwierigkeiten. Bei bestimmten Fahrgeschwindigkeiten entstanden unerwünschte Schwingungen. Doch die Techniker kamen der Störung rasch auf die Spur: Seitdem sie die Zahl der Antriebseinheiten von vier auf zwei verringert haben, arbeitet das Teleskop einwandfrei – selbst bei Sturmböen von mehr als 120 km/h Geschwindigkeit.

Auch die angestrebte *Präzision der Antennenfläche* wurde übertroffen: Statt dem errechneten einen Millimeter, um den der Reflektor von der Form eines idealen Paraboloids höchstens abweichen durfte, wurde eine Genauigkeit von sogar 0,6 Millimeter erreicht – obwohl die tatsächlichen elastischen Verformungen der Stahlkonstruktion bis zu vier Zentimeter betragen. Das Effelsberger Riesenteleskop kann deshalb noch *Radiowellen bis zu 7 Millimeter Länge* empfangen – ursprünglich waren 2,8 Zentimeter Wellenlänge als unterste Grenze vorgesehen. Mit der Antenne lässt sich also der *gesamte Bereich der kosmischen Radiostrahlung* zwischen 75 Zentimeter und 7 Millimeter Wellenlänge untersuchen.

«Dieses Spitzengerät erlaubt Beobachtungen, die mit keinem anderen Teleskop gemacht werden können», betont Prof. *Mezger*. «Der grosse Spiegeldurchmesser ist bedeutsam für empfindliche Beobachtungen ausgedehnter Radioquellen und erhöht die Nachweis-Chancen bei spektroskopischen Untersuchungen.» So gelang den Radioastronomen des Instituts mit dem 100-m-Teleskop die *Entdeckung zahlreicher Spektrallinien*, die von unerwartet kompliziert gebauten *Molekülen aus dem interstellaren Raum* gesendet werden, etwa von Methanol (CH_3OH), Ameisensäure (HCOOH), Methylformat ($HCOOCH_3$) oder den Zyanoazethylenen HC_5N und HC_7N. Ungefähr 50 Prozent der Beobachtungszeit der Effelsberger Radioantenne werden für solche spektroskopischen Untersuchungen verwendet.

Sehr viele Untersuchungen mit dem 100-m-Teleskop befassen sich mit Fragen nach der *Entstehung von Sternen*. Dazu gehören Beobachtungen der Spektrallinien vor allem der *Ammoniak- und Formaldehyd-Moleküle*. Sie geben Aufschluss über den physikalischen Zustand der sehr dichten und kalten Wolken aus interstellarer Materie, in denen Sterne geboren werden. Die verhältnismässig seltenen massereichen Sterne mit sehr hoher Oberflächentemperatur und grosser Leuchtkraft ionisieren das sie umgebende interstellare Gas und bilden dadurch die sogenannten *HII-Regionen*, die ebenfalls zu den bevorzugten Beobachtungs-Objekten mit dem 100-m-Teleskop gehören.

Aufsehen erregte auch eine weitere Entdeckung der Radioastronomen mit dem Effelsberger 100-m-Teleskop: Als erste fanden sie *ausserhalb unserer Milchstrasse Wasserdampf* im Nebel IC133 der Galaxie M33. Das bestätigte die Vermutung, dass auch in anderen Spiralgalaxien ähnliche physikalische Verhältnisse wie in unserer eigenen Milchstrasse herrschen. Weitere Hinweise für diese Annahme könnten die detaillierten Beobachtungen bringen, mit denen die Bonner Radioastronomen die Häufigkeit verschiedener Isotope beispielsweise von Kohlenstoff, Sauerstoff oder Stickstoff untersuchen.

Besondere Bedeutung hat zudem die Bestimmung der *Häufigkeit von Helium und Wasserstoff in weiten Bereichen unserer Milchstrasse* – denn nur aus diesen beiden einfachsten Elementen bestehen 98 Prozent aller im Weltraum vorkommenden Materie. Ihre Verteilung gibt den Astrophysikern Hinweise auf die vergangene und künftige Entwicklungsgeschichte des Universums: Das Effelsberger 100-m-Teleskop lieferte die bisher besten Häufigkeitsbestimmungen der Helium 3- und -4-Isotope.

Erste Präzisions-Radiokarte

Auch die Untersuchung der *kontinuierlichen (gleichmässigen) kosmischen Radiostrahlung* gehört zu den Aufgaben der Bonner Radioastronomen. Anhand ihrer Messungen mit dem 100-m-Radiospiegel erarbeiteten sie sehr genaue Radiokarten von ausgedehnten Galaxien wie M31 oder M33. Sie untersuchten ausserdem die Verteilung der Stahlung in zahlreichen Überresten von Supernova-Explosionen. Erst in diesen Tagen stellte das Max-Planck-Institut die neueste, unter der Leitung von Dr. *Glyn Haslam* vollendete *Präzisionsradiokarte des gesamten Himmels* vor: Sie zeigt unsere galaktische Umgebung erstmals vollständig im «Licht» der Radiostrahlung von 73 Zentimetern Wellenlänge – das Effelsberger Radioteleskop lieferte entscheidende Messdaten dazu.

Jetzt hat sich nach Angaben Prof. *Mezgers* «das Interesse an Radiodurchmusterungen mehr und mehr in den Bereich der kurzen Zentimeter-Wellen verlagert, in dem das 100-m-Teleskop in Effelsberg nahezu konkurrenzlos ist». Andere Wissenschaftler können daran teilhaben: 40 Prozent der Beobachtungszeit der Effelsberger Riesenantenne sind für Forscher reserviert, die nicht dem Max-Planck-Institut angehören.

Gleichwohl machten sich die Wissenschaftler des Instituts schon im Jahre 1972 Gedanken über das «wohl geeignetste Radioteleskop der nächsten Generation». Denn wie überall, so Prof. *Mezger*, «gilt für die Wissenschaft ganz besonders, dass Stillstand gleich Rückschritt bedeutet. Unser Max-Planck-Institut für Radioastronomie hat heute ungefähr 170 Mitarbeiter, und wir wollen uns nicht in zehn Jahren in der Lage befinden, dass anderswo in der Welt andere, leistungsfähigere Radioteleskope entstehen und unsere fähigsten Wissenschaftler dann zu diesen neuen Instrumenten abwandern.»

Zwei Entwicklungs-Richtungen

Nach der Ansicht *Mezgers* verläuft die *Entwicklung* künftiger Radioteleskope in zwei Richtungen:

- Die Ausdehnung der Beobachtungsmöglichkeiten auf noch kürzere Wellenlängen in den Millimeter-, Submillimeter- und Ferninfrarot-Bereich und
- die Verbesserung des Winkelauflösungsvermögens konventioneller Teleskope.

Prof. *Mezger:* «Das Max-Planck-Institut für Radioastronomie beteiligt sich an beiden Entwicklungsrichtungen.»

Die beim Bau des Effelsberger 100-m-Teleskopes gewonnenen Erfahrungen kommen jetzt der *neuesten Antenne* zugute, die das Bonner Institut als Teil des *deutsch-französischen Instituts für Radioastronomie im Millimeterwellenbereich* (IRAM) konzipiert hat: Dieses wieder zusammen mit Krupp/Man entwickelte Teleskop soll noch Radiostrahlung bis zur untersten Grenze von nur einem Millimeter Wellenlänge

beobachten. Das aber erfordert noch grössere Genauigkeit beim Bau der Antennenfläche als beim Effelsberger Gerät – eine Präzision, die sich bisher erst für ein Teleskop von «nur» 30 Meter Durchmesser erreichen lässt. Weil diese kosmischen Millimeter-Radiowellen vom *Wasserdampf in der Erdatmosphäre* stark gedämpft werden, mussten sich die Radioastronomen einen möglichst trockenen, hochgelegenen Standort suchen. Sie fanden ihn in der *Sierra Nevada* auf dem mehr als 3000 Meter hohen Berg *Pico Veleta in Südspanien.* Im Jahre 1983 soll dort die 30-m-Antenne den Betrieb aufnehmen. Neue Erkenntnisse durch die Beobachtung solcher Millimeterwellen erhoffen sich die Radioastronomen besonders über die interstellaren Moleküle im Weltraum – denn «die Dichte der Spektrallinien von Molekülen wächst mit abnehmender Wellenlänge an». Deshalb sei man sich «bei der internationalen Forschungsplanung mit seltener Einmütigkeit einig, dass in den nächsten Jahren die Millimeterwellen- und Infrarot-Astronomie die interessantesten Ergebnisse bringen wird» oder – anders ausgedrückt – «dass man im Millimeterwellen- und Infrarot-Bereich die meiste Wissenschaft pro investierter DM erhält».

Trick gegen Schwäche

Eine Schwäche der herkömmlichen Radioteleskope überwinden die Wissenschaftler mit der zweiten Entwicklungsrichtung: Das *geringe Winkelauflösungsvermögen,* also die Fähigkeit, zwei getrennte Punkte am Himmel noch unterscheiden zu können. Trotz seines grossen Durchmessers hat das Effelsberger 100-m-Radioteleskop bei zwei Zentimetern Wellenlänge ein Winkelauflösungsvermögen von etwa einer Bogenminute. «Das ist nicht besonders viel», meint Prof. *Mezger.* «Das entspricht genau dem Winkelauflösungsvermögen unserer Augen, das heisst, mit einem so grossen Radioteleskop sieht man Einzelheiten des Radiohimmels nicht viel genauer als die des optischen Sternenhimmels mit blossem Auge.» Zum Vergleich: Optische Teleskope sind 60mal besser, sie haben Winkelauflösungsvermögen von etwa einer Bogensekunde. Wollte man diese «Sehschärfe» auch für ein Radioteleskop erreichen, müsste man eine Antenne mit sechs Kilometern Durchmesser bauen. Prof. *Mezger:* «Das wäre nicht nur eine spezielle Art der Umweltverschmutzung, sondern auch finanziell nicht möglich.» Die Wissenschaftler halfen sich mit einem Trick: Sie beobachten gleichzeitig – durch Atomuhren kontrolliert – mit mehreren, auf verschiedenen Kontinenten verteilten Radioteleskopen ein und dasselbe Objekt am Radiohimmel. Die auf Magnetbändern aufgezeichneten Messdaten aller Beobachtungen werden dann in einem Spezial-Rechner ausgewertet. Diese Technik der *«Very Long Baseline Interferometry»* (VLBI) bringt die gleichen Ergebnisse, als hätte man ein einziges gigantisches Radioteleskop mit einem Durchmesser verwendet, der dem Abstand der beiden am weitesten auseinander liegenden Beobachtungsstationen entspricht – im günstigsten Fall also einer Radioantenne mit dem Durchmesser der Erde: Damit können die Radioastronomen sogar noch Einzelheiten in den Kernen der geheimnisvollen quasistellaren Radioquellen, den *Quasars,* erkennen, die am Rande unserer heute überschaubaren Welt, 15 Milliarden Lichtjahre entfernt, existieren, und so – weil deren Strahlung seitdem zu uns unterwegs ist – Vorgänge beobachten, die vor 15 Milliarden Jahren stattfanden: Das VLBI-Verfahren ermöglicht Winkelauflösungen bis zu einem Zehntausendstel einer Bogensekunde. Das ist 10 000mal besser als das Auflösungsvermögen optischer Fernrohre und kann genutzt werden, weil – anders als bei optischen Beobachtungen – die Erdatmosphäre die Schärfe der Radiomessungen nicht beeinträchtigt.

Inzwischen sind sowohl auf dem nordamerikanischen Kontinent als auch in Europa solche VLBI-Radiobeobachtungs-Netzwerke entstanden. Zu dem europäischen System mit dem Max-Planck-Institut für Radioastronomie als *Auswertezentrale* gehören auch zwei Radioteleskope der *Sowjetischen Akademie der Wissenschaften.* Bei weltweit organisierten VLBI-Aktionen steht das 100-m-Radioteleskop in Effelsberg im Mittelpunkt: Es ist dann Verknüpfungsstelle der in Ost und West gleichzeitig eingesetzten Beobachtungs-Netzwerke – zu denen in diesem Sommer erstmals auch ein chinesisches Radioteleskop gehören soll.

Eugen Hintsches, München