

# Das 100m-Radio-Teleskop des Max Planck-Instituts für Radioastronomie, Bonn

Autor(en): **Lammerer, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **35 (1977)**

Heft 158

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899391>

## **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.

# Das 100m-Radio-Teleskop des Max Planck-Instituts für Radioastronomie, Bonn

VON MAX LAMMERER, Lichtenfels

Elektromagnetische Strahlung in einem breiten Spektrum mit Wellenlängen von einem Hundertmilliardstel Zentimeter bis zu einer Million Zentimeter erfüllt den Kosmos und beinhaltet Information über das kosmische Geschehen. Nicht alle Strahlung dringt davon bis zur Erdoberfläche durch. Lange Radiowellen werden von der Ionosphäre reflektiert. Röntgenstrahlen, Gammastrahlen und Ultraviolettstrahlen werden von der Atmosphäre verschluckt.

Die Strahlung, die uns an der Erdoberfläche schliesslich erreicht, kann durch drei sogen. «Fenster» beobachtet werden.

1. Das «Optische Fenster», der sichtbare Bereich der Strahlung mit Wellenlängen von 4000 bis 8000 Angström.
2. Das «Infrarotfenster», das die Wärmestrahlung einlässt. Es ist vom Erdboden aus nur teilweise einsichtig. Infrarote Strahlung ist nicht dem Auge zugänglich, sondern nur Instrumenten.
3. Das «Radiofenster» mit Strahlung mit Wellenlängen von 1 Millimeter bis 20 Meter. Speziell für diesen Bereich hat sich in unserem Jahrhundert ein neuer Zweig der Astronomie entwickelt, der in der relativ kurzen Zeit seines Bestehens bereits gewaltige neue Erkenntnisse gebracht hat und die bisherigen Beobachtungsmöglichkeiten ausgezeichnet ergänzt.

Radioastronomie geht in ihren Anfängen zurück auf das Jahr 1931 als K. JANSKY, ein Radioingenieur der Bell Telephone Company in New Jersey in den USA Radiowellen beobachtete, die nicht von der Erde herrühren konnten. Er arbeitete dabei mit einer Richtantenne und einem empfindlichen Empfänger bei einer Wellenlänge von 14.7 m an der Untersuchung atmosphärischer Störungen. JANSKY konnte in der folgenden Zeit feststellen, dass das Maximum der Strahlung aus der Gegend des Milchstrassenzentrums im Sternbild des Schützen kommt.

Heute arbeitet die Radioastronomie mit einer ganzen Reihe verschiedenartiger Teleskop-Typen, die sich gegenseitig ergänzen. Alle anstehenden Probleme können nicht mit einem Gerät gelöst werden. So unterscheidet man:

1. Das grosse, vollbewegliche Teleskop. Es ist nach wie vor das grundlegende Instrument der Radioastronomie.
2. Das Synthese-Teleskop. Es besteht aus einer Anzahl einzelner mittelgrosser Teleskope, die z. T. gegeneinander verschiebbar sind. Ein Rechner

kombiniert die nacheinander gemessenen Werte nach Intensität und Phase derart, dass man Ergebnisse erhält, die einem Teleskop entsprechen, das die Grösse des gesamten Areals der Aufstellung der Einzelantennen hat.

3. Antennen, die meist dem *Mills'schen* Kreuz-Typ angehören, Geräte, wie sie z. B. seit mehreren Jahren in Italien bei Bologna in Betrieb sind.

## *Das 100 m-Teleskop in Effelsberg*

Das MAX PLANCK-Institut für Radio-Astronomie in Bonn hat in den Jahren 1969 bis 1971 in Effelsberg in der Eifel ein Radio-Teleskop errichtet, das dem zuerst genannten Typ zuzurechnen ist. Es ist gegenwärtig mit 100 m Reflektor-Durchmesser das grösste voll steuerbare Radio-Teleskop der Welt und zugleich das leistungsstärkste Einzelteleskop.

Der Standort des Teleskops in einem Tal in der Nähe des Ortes Effelsberg hat eine ganze Reihe von Vorteilen aufzuweisen. Er ist vom Institut in Bonn aus in einer knappen Autostunde zu erreichen und liegt auf halbem Weg zwischen Bad Münstereifel und Altenahr, etwa 35 km westlich von Bonn. Man hat für den Standort des Teleskops bewusst ein Tal gewählt, weil die Höhenzüge der Umgebung das Teleskop vor Beeinflussungen durch Radiosender und Radarstrahlen schützen. Da das Tal in Nord-Südrichtung verläuft, ist es möglich, auch interessante Objekte im Zentrum der Milchstrasse zu beobachten. Das Tal ist unbesiedelt und auch die nähere Umgebung zeigt nur eine sehr geringe Bevölkerungsdichte.

## *Der Bau des Teleskops*

Baubeginn für das Fundament des Teleskops war der Herbst 1967. Zuvor musste die Finanzierung gesichert sein. Ähnlich wie in Amerika grosse Stiftungen Mittel für Forschungs- und Bildungszwecke bereitstellen, hat sich im Jahre 1964 die mit der Privatisierung des VW-Werkes entstandene VW-Stiftung dazu entschlossen, die Mittel für den Bau eines grossen Radio-Teleskops zur Verfügung zu stellen, wenn die Finanzierung der laufenden Kosten von anderen Stellen sichergestellt würde. Dies konnte durch die Neugründung des MAX-PLANCK-Instituts für Radio-Astronomie erreicht werden, in dem das radioastronomische Institut der Universität Bonn aufging. Daraufhin konnte der Bau des Teleskops beginnen.

Der Bauauftrag wurde einem Firmenkonsortium gegeben, der ARGE-STAR, der Arbeitsgemeinschaft Stahlbau-Radioteleskop, an der die beiden Firmen Krupp, Rheinhausen, und MAN, Gustavsburg, zu je 50 Prozent beteiligt waren.

Bereits bei der Projektierung des Teleskops hatte

man ganz konkrete Forderungen, die das neue Instrument erfüllen sollte.

1. Es sollte möglichst hohe Frequenzen empfangen können, einschliesslich 25 GHz, was einer Wellenlänge von 1,2 cm entspricht.
2. Das Teleskop sollte sehr geringes Hintergrundrauschen im Zentimeter-Wellenlängen-Bereich haben.
3. Eine genügend hohe Genauigkeit der Steuerung des Teleskops sollte ein Verfolgen der Objekte am gesamten Himmel ermöglichen.

Um diese Forderungen zu erfüllen, ist man bei dem 100 m-Teleskop neue Wege gegangen. Die Aufgabe der Reflektorschale ist es, einfallende elektromagnetische Wellen in einem Brennpunkt zu vereinigen. Sie muss dazu die Form eines Rotationsparaboloids haben, dessen Abweichungen von der Idealform nur Bruchteile der Wellenlänge ausmachen darf, für die das Instrument noch mit vollem Wirkungsgrad eingesetzt werden soll.

Es ist dem Stahlbau nicht möglich, eine Konstruktion einer Reflektorschale mit 100 m Durchmesser zu erstellen, bei der die mechanische Verformung durch die Gravitationskräfte unter veränderten Winkeln für Zentimeterwellen vernachlässigbar wäre.

Durch Computerberechnungen hat man eine Konstruktion des Reflektors gefunden, bei der die Verformung für alle Punkte der Spiegeloberfläche gleich ist. Ist die Spiegeloberfläche einmal in die Form eines Rotationsparaboloids gebracht, so wird sie diese Form behalten, auch wenn sich die einzelnen Punkte der Oberfläche verschieben. Bei der Kippung des Spiegels entstehen dann neue Parabole mit anderen Scheitelpunkten, Brennweiten und veränderten

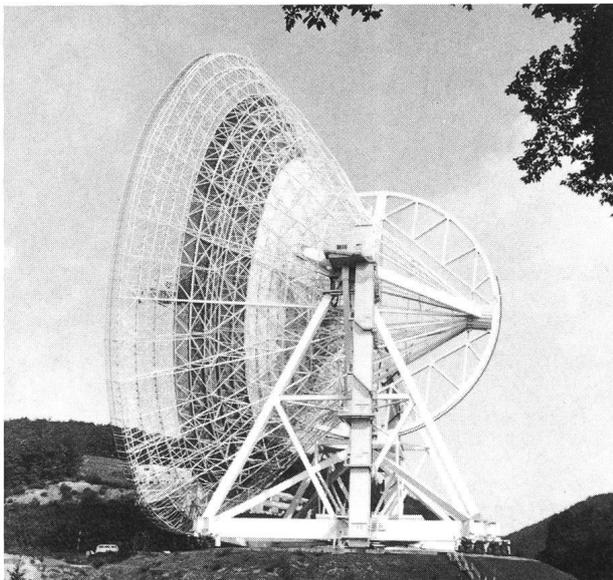


Abb. 1: Das Teleskop von der Rückseite. Deutlich ist die Gitterfachwerkstruktur der Reflektorschale zu erkennen. Zum Grössenvergleich beachte man den Kleinbus links vor dem Teleskop.

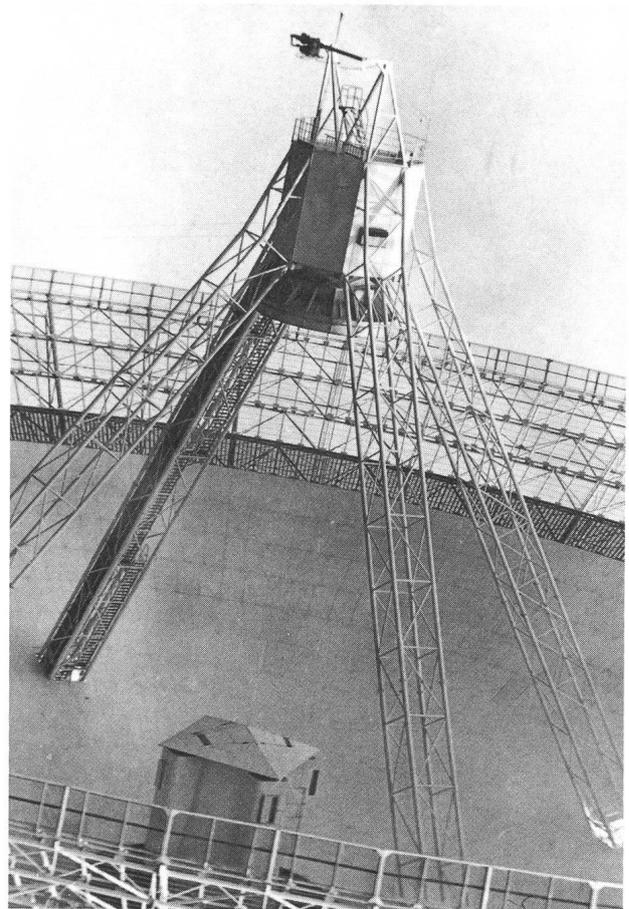


Abb. 2: Die beiden Fokuspositionen des Teleskops: oben Primärfokuskabine mit dem Sekundärspiegel, unten Sekundärfokus im Spiegelapex.

optischen Achsen. Wichtig dabei ist jedoch vor allem, dass die Parabolform erhalten bleibt. Man nennt ein derartiges Verhalten eines Körpers «homologe Deformation». Die oben genannten Veränderungen, vor allem der Lage des Brennpunkts und der Richtung der optischen Achse des Paraboloids kann man verhältnismässig einfach durch eine computergesteuerte Verschiebung des Empfängers kompensieren.

Technisch wird am 100 m-Reflektor die homologe Deformation durch eine systematische Veränderung der Stärke der einzelnen Stäbe des Spiegelfachwerks erreicht. Schliesslich hat man gefunden, dass es günstig wäre, die Reflektorschale in einen inneren, hochgenauen Teil, mit Aluminium-Panelen belegt, und in einen äusseren Teil, mit Maschendraht belegt, aufzuteilen. Im Fokus des Instruments lässt sich dann je nach verwendeter Wellenlänge, die Öffnung des Spiegels abblenden. Die volle Öffnung von 100 m lässt sich für Beobachtungen bis hinunter in den Bereich von 4 cm Wellenlänge verwenden, während für den inneren Teil des Reflektors (67%), Empfänger bis zu 0,9 cm Wellenlänge zur Verfügung stehen.

Das Teleskop ist als Gregory-Typ gebaut, d. h. der Sekundärspiegel liegt nicht vor dem Brennpunkt des Hauptspiegels wie beim Cassegrain, sondern da-

## Das 100 m-Radio-Teleskop des Max Planck-Instituts für Radioastronomie, Bonn in Effelsberg

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Durchmesser des Hauptspiegels                      | 100 m                      |
| Primäre Brennweite                                 | 30 m                       |
| Öffnungsverhältnis (primär)                        | 1:0,3                      |
|  |                            |
| Durchmesser des Sekundärspiegels                   | 6,5 m                      |
| Sekundäre Brennweite                               | 364 m                      |
| Öffnungsverhältnis (sekundär)                      | 1:3,64                     |
| Durchmesser der Azimutschiene                      | 64 m                       |
| Radius des Elevationszahnkranzes                   | 28 m                       |
| Länge der Elevationsachse                          | 45 m                       |
| Höhe der Elevationsachse<br>über der Azimutschiene | 50 m                       |
| Azimutbewegung                                     | $\pm 360^\circ$            |
| Elevationsbewegung                                 | $+ 7^\circ$ bis $94^\circ$ |
|  |                            |
| Nachführgenauigkeit                                | $\pm 6$ Bogensek.          |
|  |                            |
| Gesamthöhe   | 100 m                      |
| Gesamtgewicht                                      | 3 200 t                    |

hinter und ist dabei nicht konvex sondern konkav geformt. Die Gregory-Bauform wird vor allem bei grossen Radio-Teleskopen verwendet, weil sie es ermöglicht, Empfänger sowohl im Primärfokus des Teleskops, also im Brennpunkt des Paraboloids als auch im Sekundärfokus (Spiegelapex) zu installieren. In Effelsberg kann der Übergang der Beobachtung vom Primärfokus in den Sekundärfokus und umgekehrt in etwa einer halben Stunde durchgeführt werden. Dadurch kann für den Fall, dass in einem Empfänger eine Störung auftreten sollte, das Instrument dennoch voll ausgenutzt werden.

Für die Beobachtung stehen gegenwärtig an den Brennpunkten des Instruments Empfänger für folgende Wellenlängen zur Verfügung: 21 cm, 18 cm, 11 cm polarisiert, 3,8 cm, 3 cm, 2 cm, 1,2 cm, 0,9 cm und Empfänger für Empfang von Strahlung im Bereich von 327 MHz und 408 MHz.

### *Die Arbeitsweise des Teleskops*

Während optische Teleskope fast immer parallaxisch aufgestellt sind, ist das Effelsberger Radio-Teleskop azimutal montiert. Bei einer derartigen Montierung ist es nötig, dass die Drehgeschwindigkeiten in Azimut wie in Elevation variabel sind. Eine aufwendige Thyristorsteuerung in Verbindung mit einem Prozessor ermöglicht das Verfolgen eines Himmelsobjekts mit einer Genauigkeit von  $\pm 6$  Bogensekunden. 16 Elektromotoren zu je 25 KW Leistung drehen das Teleskop in Azimut und 8 Motoren

der gleichen Art in Elevation. Die Maximalgeschwindigkeiten zum Einstellen eines Objektes in den beiden Koordinaten betragen jeweils  $40^\circ/\text{min}$  bzw.  $20^\circ/\text{min}$ . Sowohl der Steuerrechner wie der Operateur und der beobachtende Astronom befinden sich in einem Steuerhaus, das an einem Hang nordwestlich des Teleskops erstellt ist. Durch ein grosses, sich über 2 Stockwerke erstreckendes Fenster, lässt sich das gesamte Teleskop überblicken. (Abb. 3).

Da das Teleskop hauptsächlich für Beobachtungen im Wellenbereich kürzer als 25 cm benutzt wird, ist die auf den Reflektor einfallende Radiostrahlung sehr schwach. Die ankommende Leistung der Antenne beträgt etwa  $10^{-10}$  W. Diese extrem schwache Leistung wird nun an den Brennpunkten des Instruments durch auf  $17^\circ$  Kelvin heliumgekühlte Empfänger aufgenommen und zunächst um den Faktor 1 000 bis 10 000 verstärkt. Die Heliumkühlung ist notwendig, um das Hintergrundrauschen der Strahlung weitgehend zu unterdrücken. Eine Oscillator-Mischstufe mischt dann das bereits verstärkte Signal auf 150 MHz herunter. Hierauf wird es weiter verstärkt um den Faktor von 1 000 000. Durch ein 300 m langes Kabel gelangt das Signal vom Instrument in das Steuerhaus, wo es mit einer Leistung von etwa 10 Milliwatt ankommt.

Hier wird es von einem Computer aufgenommen und wird dann nach 4 Methoden ausgewertet:

1. Intensität, 2. Frequenz (Frequenzanalyse), 3. Zeitabhängigkeit (Pulsare), 4. VLBI (Very Long Baseline Interferometry).

Für VLBI werden zeitgleich Messungen mit anderen Radio-Observatorien durchgeführt und die Ergebnisse auf Magnetband gespeichert. Die Bänder werden dann gegenseitig ausgetauscht und gemeinsam ausgewertet. Als Gegenstationen für Effelsberg bieten sich Stationen in Amerika an und so werden gemeinsame Beobachtungen mit folgenden Radio-Observatorien durchgeführt: Green Bank, Virginia, Fort Davis, Texas, und Goldstone in Kalifornien.

---

Nur wenige Tage vor der Drucklegung dieses Berichts wurde eine neue sensationelle Entdeckung bekannt. Einer internationalen Gruppe von Wissenschaftlern ist es erstmals mit Hilfe des Effelsberger Teleskops gelungen, Wasser in einem extragalaktischen System nachzuweisen. Die Astronomen und Astrophysiker fanden die Wasserdampf Wolke im Nebel IC 133 am Rande der Galaxie M 33 im Sternbild Dreieck. Die Zukunft wird die Tragweite und die möglichen Konsequenzen dieser aufsehenerregenden Entdeckung zeigen.

---

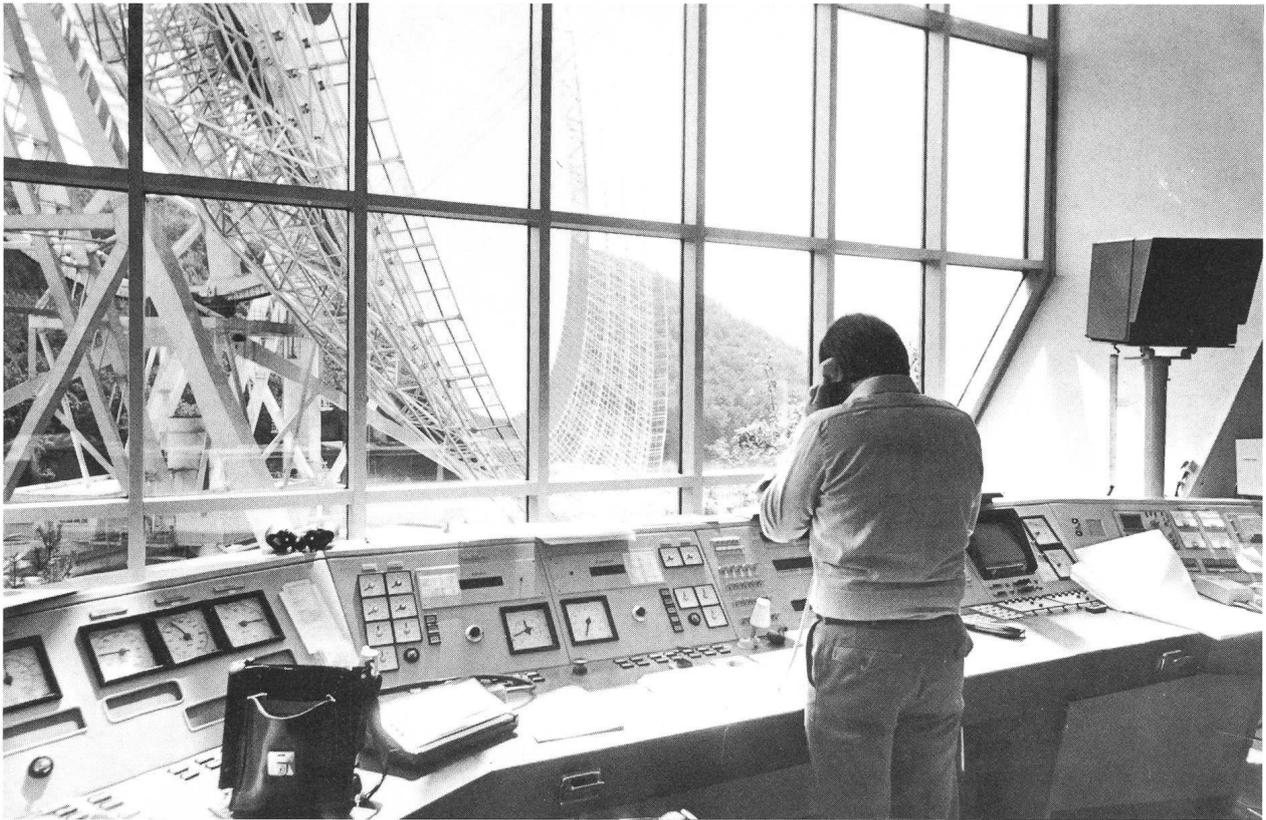


Abb. 3: Die Anzeiginstrumente für die Bewegungen des Teleskops im Steuerhaus. Durch ein grosses Fenster, das sich über zwei Stockwerke erstreckt, kann das Teleskop beobachtet werden.

### *Einsatz des Teleskops*

Wie zu Eingang dieses Artikels erwähnt, haben die verschiedenen Typen von Radio-Teleskopen ganz bestimmte Eigenschaften, die sie für bestimmte Untersuchungen prädestinieren. Ein voll steuerbares Paraboloid wie das Effelsberger Teleskop ist dank der sehr präzisen Ausführung der Oberfläche seines Reflektors in der Lage, Untersuchungen bei sehr kurzen Wellenlängen durchzuführen. Ein weiterer Vorteil des Teleskops ist seine sehr grosse Auffangfläche, mit der es momentan die Leistung der ankommenden Wellen aufnehmen und analysieren kann. Es kann aber auch einem Objekt eine Zeit lang folgen und die ankommende Leistung über mehrere Stunden aufsummieren und so zu sehr schwachen Objekten vordringen. Die Winkelauflösung von  $\frac{1}{2}$  Bogenminute ist nur mittelgut, doch kann sie durch VLBI extrem gesteigert werden und dabei sogar die optischer Teleskope übertreffen.

Das Teleskop wird für das Studium von Radiogalaxien, Quasaren und Pulsaren verwendet. Radiogalaxien sind Sternsysteme, die eine extrem starke Radiostrahlung aufweisen, die bis zu einer Million mal intensiver ist als die Strahlung der normalen Galaxien. Quasare, quasi stellare Radioquellen, sind vergleichsweise kleine Objekte von gewaltiger Leuchtkraft in ungeheuren Entfernungen. Pulsare sind jene seltsamen Erscheinungen, die vor einigen Jahren in

Cambridge entdeckt worden sind. Diese Objekte können nur dadurch festgestellt werden, dass sie uns etwa im Sekundenrhythmus sehr kurze Radioimpulse zusenden. Zwischen den Impulsen sind sie un beobachtbar. Es gilt bei diesen Objekten die Strahlungsimpulse von  $\frac{1}{100}$  sec. Länge zu analysieren.

Ein anderes, sehr breites Arbeitsgebiet in Effelsberg ist die Linienspektroskopie, mit deren Hilfe das interstellare Medium untersucht wird. Im Jahre 1951 fanden mehrere Forscher in verschiedenen Teilen der Welt die Spektrallinie des Wasserstoffs bei 21 cm Wellenlänge, nachdem sie bereits 1945 theoretisch vorausgesetzt worden war. Man hat inzwischen eine ganze Reihe anderer Linien gefunden, so die Rekombinationslinien des Heliums oder des Kohlenstoffs. Es wurden jedoch auch eine Reihe von Moleküllinien im Radiospektrum entdeckt und so konnte man auf diese Weise inzwischen über 30 Moleküle im interstellaren Gas nachweisen wie z. B. Formaldehyd, Cyanogen-Acetylen oder Ameisensäure. Das Effelsberger Radio-Teleskop ist für derartige Untersuchungen besonders gut geeignet.

Folgt das Instrument über eine längere Integrationszeit einem Punkt des Himmels, so kann es dank seines hochempfindlichen Eingangverstärkers und mit Hilfe eines Vielkanalspektrometers bei verhältnismässig guter Frequenzauflösung auch noch ganz schwache Linienmissionen des interstellaren Gases nachweisen.



Abb. 4: Eines der 4 Azimutfahrwerke des Teleskops. Einen Grössenvergleich bietet der Arbeiter links am Treppenaufgang.  
Alle Abbildungen: Aufnahmen des Verfassers.

Die 100 m-Antenne mit ihrer extremen Reichweite von etwa 8 bis 10 Milliarden Lichtjahren wird den Astronomen helfen, elementare Fragen nach der «Struktur der Welt im Grossen» einer Klärung näher zu bringen; Fragen nach dem Aufbau und der Entwicklung der Sternsysteme, nach der Entwicklung der Materie und nicht zuletzt nach dem Urknall, dem «Big Bang», mit dem nach unserem heutigen Wissensstand die Geschichte des Weltalls begann. Der Kosmos ist für den beobachtenden Astronomen zu einem grossen physikalischen Laboratorium geworden, in dem beobachtet werden kann, was in seinen extremen Bedingungen auf der Erde niemals realisiert werden könnte. Das 100 m-Radio-Teleskop des MAX PLANCK-Instituts für Radioastronomie wird als grösstes seiner Art bei der Lösung der Fülle der Probleme, die hier nur andeutungsweise gestreift werden konnten, unsere Kenntnisse erweitern und vertiefen.

Der Verfasser dieses Berichts möchte den Wissenschaftlern des MAX PLANCK-Instituts für Radioastronomie für das gezeigte Entgegenkommen und für die freundliche Aufnahme in Effelsberg danken, besonders Herrn Prof. Dr. OTTO HACHENBERG, geschäftsführender Direktor des Instituts, Herrn Dipl. Phys. VAN DIEPENBEEK, Systemgruppenleiter Elektronik in Effelsberg, und Herrn Dr. K. WEILER, Astronom.

*Literatur:*

- O. HACHENBERG, *Sky and Telescope*, 40, 338 (1970).  
K. ROHLFS, *Sterne und Weltraum*, 9, 140 (1970).  
O. HACHENBERG, *Sterne und Weltraum*, 10, 185 (1971).

*Anschrift des Verfassers:*

MAX LAMMERER, Langheimer Str. 34, D-862 Lichtenfels, BRD.

## La courbe de lumière d'une comète

par W. BURGAT, Berne

*Zusammenfassung:*

Auf Grund einer empirischen Formel ist es möglich, das Verhalten eines Kometen einigermassen vorauszusagen. Jedoch können (zum Teil noch unbekannt) Prozesse nicht berücksichtigt werden, welche zu Überraschungen führen: Ausbrüche, Teilung des Kerns, vorzeitiges Erschöpfen.

Die Beobachtungen von Komet WEST (1975n) werden mit den vorausgerechneten Helligkeitskurven verglichen und es wird auf verschiedene Anomalien aufmerksam gemacht.

Les comètes ont la réputation d'être imprévisibles dans leur comportement. L'aurait-on oublié que la déception provoquée par la comète de KOHOOTEK (1973 XII) suffirait à le rappeler.

Le propos de ces lignes est de montrer, avec l'exemple de la belle comète du printemps 1976, les difficultés liées à la prévision en ce domaine. Nous nous intéressons plus particulièrement au comportement à faible distance du soleil (inférieure à 3 u.a.).

*Considérations théoriques*

Nos connaissances de la composition des comètes et des phénomènes qui s'y produisent sont encore

très incomplètes. Nous utiliserons ici une formule établie sur la base de nombreuses observations; elle est empirique et son interprétation par conséquent difficile.

Si la tête de la comète était une sphère réfléchissant simplement la lumière solaire, on exprimerait son intensité apparente par:

$$J = \frac{J_0}{r^2 \Delta^2} \Phi(\alpha)$$

où  $J_0$  = intensité de référence  
 $r$  = distance héliocentrique (unités astronomiques)