

Radiowellen aus dem Weltraum

«Wie das Gemurmel, wenn tausend Stimmen durcheinander reden, oder wie das Geräusch eines Radioapparates beim Durchgang eines Gewitters», so beschrieb Max Waldmeier vor 60 Jahren im Neujahrsblatt 1954 die Signale, welche die damals neu aufkommende Radioastronomie untersucht. Waldmeier war Professor und Vorsteher der eidgenössischen Sternwarte an der ETH Zürich und bekannt durch die Führung des Welt-Sonnenfleckenentrums. Während seiner Amtszeit von 1945 bis 1979 wurden Sonnenbeobachtungen von über 30 Observatorien nach Zürich geliefert, wo sie zusammen mit eigenen Beobachtungen in Zürich und Locarno zur Zürcher Sonnenflecken-Relativzahl kondensiert wurden. Es entstand eine lückenlose Reihe, die bis 1610 zurückreicht und später im Rahmen der Klimaforschung viel Beachtung fand.

Zu geringe Empfindlichkeit

Bereits um 1900 haben Physiker gezielt nach Radiosignalen aus dem Weltraum gesucht. Das zu dieser Zeit von Max Planck formulierte Strahlungsgesetz sagt aus, dass jeder Körper elektromagnetische Strahlung aussendet, deren Intensität bei einer bestimmten Wellenlänge nur von seiner absoluten Temperatur abhängt. Also sollte die Sonne mit einer Oberflächentemperatur von 6000 °C auch im Radiowellenbereich Energie abstrahlen. Alle Versuche, dies nachzuweisen, scheiterten jedoch an der zu geringen Empfindlichkeit der Geräte.

Kosmische Radiowellen wurden erst 1931 bei der Untersuchung von Störungen im kommerziell wichtigen Kurzwellenbereich gefunden. Eine längere Beobachtungsreihe zeigte, dass die Störungsquelle jeden Tag rund 4 Minuten früher im Osten erschien. Sie musste also weit entfernt im Sternbild Sagittarius auf der Milchstrasse liegen. Die Störungen wurden deshalb als galaktisches Rauschen bezeichnet. Erstaunlicherweise wurde dieser bedeutenden Entdeckung keine Beachtung geschenkt. Erst 1942, als in England Versuche mit Radargeräten

durchgeführt wurden, konnten Radiowellen mit einer Wellenlänge um 5 Meter nachgewiesen werden, die eindeutig von der Sonne stammen mussten. Nun erkannten die Astronomen die Brisanz der Entdeckung.

Neues Fenster zu den Sternen

Die Radioastronomie öffnete ein neues Fenster zu den Sternen. Aufgrund der Absorptionseigenschaften der Atmosphäre ist das traditionelle sichtbare Fenster auf einen engen Spektralbereich begrenzt, der nicht wesentlich über das sichtbare Licht hinausreicht. Zudem wird die Sicht oft durch Wolken beeinträchtigt. Erst bei viel längeren Wellen im Millimeterbereich wird die Atmosphäre wieder durchsichtig. Dies bleibt so bis zu einer Wellenlänge von rund 10 Metern (Kurzwellenbereich), wo das Spektrum durch ionisierte Schichten in 100 bis 400 Kilometer Höhe erneut abgeschnitten wird.

Dieses riesige Fenster steht auch bei getrüübter Sicht weitgehend offen; die Radioastronomie wird durch die Atmosphäre also wenig gestört. Ihre Begrenzung liegt vielmehr in der Schwäche der Signale, im Eigenrauschen der Empfänger und in der Überdeckung durch terrestrische Funksignale. Die über alle Wellenlängen hinweg summierte Leistung der auf die gesamte Erdoberfläche einfallenden galaktischen Strahlung beträgt nur rund 1 Watt. Die Empfangsantennen und die angeschlossenen Hochfrequenzverstärker erzeugen selbst Radiowellen nach demselben Planck'schen Strahlungsgesetz, nach dem auch die Sterne Radiowellen aussenden. Trotz der viel niedrigeren Temperatur der Empfangseinrichtungen gegenüber derjenigen der Sterne spielt das Eigenrauschen eine wichtige Rolle, wenn derart kleine Leistungen verstärkt werden sollen.

Man entschärft das Problem durch den Bau von Antennen mit grossen parabolischen Reflektoren, welche die Radiowellen auf eine kleine Antenne im Zentrum fokussieren. So wird die Leistung der schwachen galaktischen Strahlung um viele Zehnerpotenzen erhöht. Das Lovell



Drei der sechs 22-Meter-Radioteleskop-Antennen des Paul Wild Observatoriums bei Narrabri in Australien kurz vor dem Sonnenaufgang. Neben dem Mond ist die Venus zu sehen, am oberen Bildrand zudem der Merkur.

Teleskop der Jodrell Bank Station, 40 Kilometer südlich von Manchester (GB), hat einen Durchmesser von 76 Metern und war bei der Inbetriebnahme 1957 das weltweit grösste in alle Richtungen drehbare Radioteleskop. Seit 2002 steht das grösste Radioteleskop mit einem Durchmesser von 100 Metern im Observatorium Green Bank in West Virginia (USA).

Zusammenschluss verbessert Auflösung

Die bei langen Wellen schlechte Richtungsauflösung war eine weitere Herausforderung für die Radioastronomen. Das Auflösungsvermögen eines Radioteleskops ist deshalb millionenfach kleiner als dasjenige eines optischen Teleskops mit demselben Durchmesser. Selbst das 100-Meter-Teleskop kann bei einer Wellenlänge von 2 Metern zwei Quellen nur dann als getrennt wahrnehmen, wenn diese um mehr als 2 Winkelgrade auseinander liegen. Die Sonnenscheibe mit einem Durchmesser von $1/2$ Grad kann also beispielsweise nicht aufgelöst werden.

Werden jedoch mehrere Antennen zusammengeschlossen, wirken sie wie ein einzelnes Radioteleskop mit entsprechend grossem Antennendurchmesser. Die Auflösung kann so fast beliebig verbessert werden. Das im Bild gezeigte Paul Wild Observatorium etwa besteht aus sechs zusammengeschalteten Antennen.

Welche neuen Erkenntnisse brachte die Radioastronomie? Da Radiowellen kaum von intergalaktischen Staubwolken absorbiert werden, lassen sich mit ihnen das Zentrum der Milchstrasse oder Zwerggalaxien hinter der galaktischen Scheibe erkunden. Mit Hilfe von Radiowellen wurden nicht nur interstellare Wasserstoffwolken entdeckt, sondern auch Überreste von Supernovae, Pulsare, Quasare und Radiogalaxien. Auch bezüglich der Sonne wurden viele Erkenntnisse gewonnen. Und nicht zuletzt wird die Radioastronomie auch bei der Suche nach ausserirdischer Intelligenz eingesetzt.

Fritz Gassmann