

Die Anfänge der Radioastronomie

Max Planck veröffentlichte um 1900 das allgemeine Strahlungsgesetz. Demnach sendet ein schwarzer Körper bei jeder Wellenlänge elektromagnetische Strahlung aus, die nur von dessen Temperatur abhängt. Die Sonne strahlt mit ihrer Oberflächentemperatur von rund 6000 Grad Kelvin am meisten Energie im grünen Bereich des sichtbaren Spektrums aus. Gegen kürzere und längere Wellen fällt die Intensität stark ab.

Im Radiobereich mit Meter- bis Kilometerwellen ist die Strahlung 10^{24} bis 10^{36} mal schwächer, weshalb sie mit den einfachen Empfangsgeräten der damaligen Zeit trotz gezielter Suche nicht festgestellt werden konnte. Erst 1931 stiess Karl G. Jansky bei der Untersuchung von Störungen im kommerziell wichtigen Kurzwellegebiet auf bestimmte Störkomponenten, die von der Konstellation Sagittarius (Schütze) her kamen. Dies ist die Richtung zum hellen Zentrum der Milchstrasse und die Störungen wurden deshalb als galaktisches Rauschen bezeichnet. Erst 1942 war die Radartechnik mit 5-Meter-Wellen so weit entwickelt, dass die entsprechende Radiostrahlung der Sonne untersucht werden konnte. Damit wurde erstmals gezeigt, dass Sterne wirklich Radiostrahler sind und es sich lohnen würde, Radiowellen aus dem Weltraum zu untersuchen.

Entwicklung der Radioastronomie

In den 1950er Jahren waren bereits parabelförmige Gitterantennen mit Durchmesser von 75 Metern in Betrieb, um auch schwächere kosmische Radiowellen detektieren zu können. Um die Auflösung zu verbessern, stiessen die Radioastronomen zu immer kleineren Wellenlängen vor (vgl. Artikel S. 6). Da die Technik beim Übergang von Meter- zu Dezimeter- und schliesslich Millimeterwellen immer anspruchsvoller wird, dauerte diese Entwicklung viele Jahrzehnte. Erstaunlich ist aber, dass Max Waldmeier in seinem Neujahrsblatt auf 1954 bereits detailliert Interferenzbeobachtungen mit zwei voneinander entfernten Radioteleskopen beschreibt, um die Auflösung in einer Dimension entscheidend zu verbessern. 1974

erhielt Martin Ryle den Nobelpreis für seine Arbeiten zur Radio-Interferometrie. Seine Ideen wurden beharrlich weiterentwickelt und gipfelten im kürzlich publizierten Bild des Schwarzen Loches M87* (vgl. Artikel S. 4).

Potenzial der Radioastronomie

Radioteleskope ergänzen die klassischen Spiegelteleskope in idealer Weise, indem sie durch Wolken in der Atmosphäre wie auch durch kosmische Staub- und Gaswolken hindurchsehen können. Eine wichtige Rolle spielt dabei die 21 Zentimeter Spektrallinie von atomarem Wasserstoff, das weitaus am häufigsten anzutreffende Element im Weltraum.

Im Grundzustand können die Spins des Protons und des Elektrons eines Wasserstoffatoms parallel oder antiparallel angeordnet sein, wobei die antiparallele Anordnung eine etwas tiefere Energie hat. Aus der Energiedifferenz kann die Wellenlänge von emittierter oder absorbierter Strahlung berechnet werden. Mit Beobachtungen in diesem 21 Zentimeter-Bereich lassen sich Wasserstoffkonzentrationen bestimmen und aus der Dopplerverschiebung erhält man die radiale Geschwindigkeit dieser Wolken gegenüber der Erde. Die Zusammensetzung vieler Beobachtungen ergab ein detailliertes Bild der dynamischen Struktur der Milchstrasse, das beispielsweise zeigt, wie die Gase immer schneller um das galaktische Zentrum rotieren, je näher sie ihm sind.

Entdeckung der Pulsare

Eine spektakuläre Entdeckung waren die Radiopulsare, die durch Jocelyn Bell und Antony Hewish 1967 am Mullard Radio Astronomy Observatory in der Nähe von Cambridge (England) entdeckt wurden (Bell Burnell 1979). Der aus Österreich stammende Physiker Thomas Gold, Professor für Astronomie an der Harvard University, vermutete sogleich, dass Pulsare rotierende Neutronensterne sind. Obwohl der bekannte Astronom Fritz Zwicky aus Mollis (Kt. Glarus) Neutronensterne bereits in den 1930er-Jahren postulierte, wurde Golds Idee vorerst als absurd abgelehnt.



Jocelyn Bell (unten) analysierte 1967 täglich rund 30 Meter Papierstreifen, auf denen Radiosignale aus dem Weltraum aufgezeichnet waren. Sie entdeckte innerhalb von 5 Kilometern etwa 5 Zentimeter, die eigenartige Signale zeigten. Aufzeichnungen mit schnelleren Schrieben für dieselbe Himmelsregion zeigten regelmässige Pulse im Abstand von 1,33 Sekunden. Das Radioteleskop (oben) bestand aus über 2000 Dipolantennen und benötigte etwa 200 Kilometer Drähte und Kabel auf einer Fläche von 2 Hektaren.

Heute weiss man, dass nach einer Supernova Neutronensterne entstehen können, die etwa 1,4 bis 3 Sonnenmassen besitzen, aber trotzdem nur um die 20 Kilometer Durchmesser haben. Sie rotieren teilweise relativ langsam wie ein Leuchtturm, können sich aber auch bis mehrere hundertmal pro Sekunde um ihre Ach-

se drehen. Ihr starkes Magnetfeld steht in einem bestimmten Winkel zur Drehachse und dreht sich mit, wobei es ein Plasma aus Protonen, Elektronen und Positronen mitreisst. Beim Entstehungsmechanismus der emittierten Strahlung sind immer noch Fragen offen, es dürfte sich aber um Synchrotronstrahlung handeln, die im Radiowellenbereich sogar kohärent sein könnte (Contopoulos 2009). Falls die Verbindungslinie zwischen der Erde und dem Pulsar vom sich drehenden Strahlungskegel überstrichen wird, kann man Pulse beobachten, deren Frequenz teilweise so stabil ist wie bei einer Atomuhr.

Fritz Gassmann

Literatur

Bell Burnell S. J. 1979. Little Green Men, White Dwarfs or Pulsars? *Cosmic Search* 1(1): 16ff

Contopoulos I. 2009. The pulsar synchrotron: coherent radio emission. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 396: 6-10

Waldmeier M. 1954. Radiowellen aus dem Weltraum. *NGZH, Neujahrsblatt* 156

