Kosmische Radiowellen [Schluss]

Autor(en): **Waldmeier, R.M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen**

Band (Jahr): **26 (1953)**

Heft 8

PDF erstellt am: **05.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-561683

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

Kosmische Radiowellen

von Prof. R. M. Waldmeier, Zürich

Nachdruck mit freundlicher Bewilligung der «Neuen Zürcher Zeitung» / Klischees «NZZ»

(Fortsetzung und Schluss)

Das galaktische Rauschen, das von Jansky entdeckt worden ist, stammt aus dem Milchstrassengürtel, besonders aus der Gegend des Sagittarius. Abb. 5 zeigt Kurven gleicher Intensität der galaktischen Radiostrahlung. Der Zusammenhang der Emission mit den punktiert dargestellten Gebieten der hellen Sternwolken ist nur locker. Bei der der Untersuchung zugrunde liegenden Wellenlänge von 1,87 m nimmt die Intensität vom galaktischen Äquator bis zu 10° Abstand von demselben auf 50 % ab, bei $\lambda = 15$ m erst bei 40° und bei $\lambda = 25$ cm schon bei 4°. Diese starke Abhängigkeit der spektralen Zusammensetzung von der galaktischen Breite lässt vermuten, dass zumindest zwei Strahlungskomponenten zu unterscheiden sind, nämlich eine kurzwellige Komponente, deren Träger stark auf die galaktische Ebene konzentriert ist, und eine langwellige Komponente mit schwacher galaktischer Konzentration. Als Träger kommen in Frage einerseits das fast ganz auf die galaktische Symmetrieebene beschränkte interstellare Gas und anderseits die überwiegende Menge der Sterne, welche die sogenannten späten Spektralklassen repräsentieren und schwache galaktische Konzentration aufweisen. Theoretische Betrachtungen führen zu der Erkenntnis, dass im interstellaren Gas (es handelt sich hauptsächlich um Wasserstoff) bei der Begegnung von Elektronen mit Wasserstoffionen die hochfrequente Komponente erzeugt wird, während man die langwellige Komponente vorerst gewissen, noch unbekannten Himmelskörpern zuschreibt, die im Raum ähnlich verteilt sein mögen wie die Zwergsterne, die wir aber wegen des geringen Auflösungsvermögens der Geräte nicht einzeln «sehen», sondern nur in ihrer Gesamtheit, wie das Band der Milchstrasse, das sich erst im Fernrohr in einzelne Sterne auflöst. In diesem Sinne sprechen wir vorerst von hypothetischen «Radiosternen».

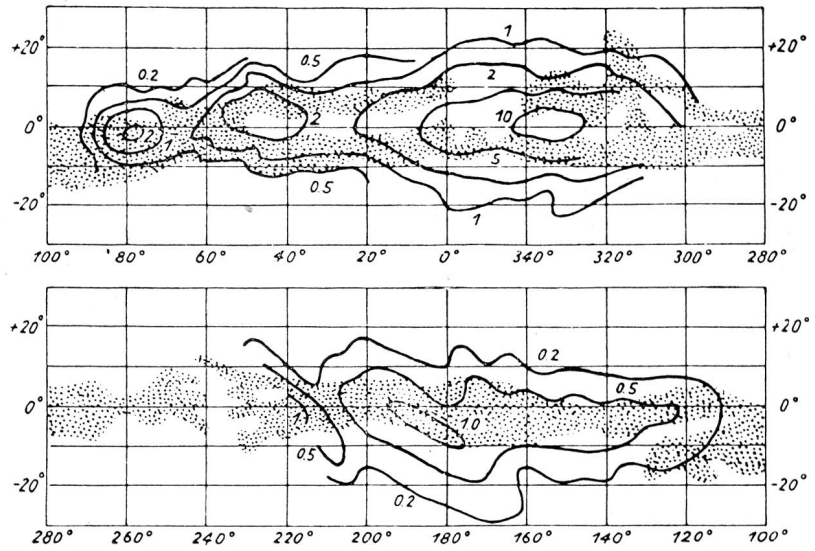

Abb. 5. Kurven gleicher Intensität der Radiostrahlung im Gebiet von $\lambda = 1{,}87$ m, nach G. Reber. Punktiert eingetragen sind die Sternwolken der Milchstrasse (schematisch)

Radiosterne: Vom Jahre 1946 an wurden an verschiedenen Himmelsgegenden, an denen die galaktische Strahlung besonders intensiv war und an denen man deshalb einen Radiostern vermuten konnte, Fluktuationen dieser Strahlung festgestellt. Da diese oft nur wenige Sekunden dauerten, konnte die Strahlungsquelle nicht merklich grösser sein als einige Lichtsekunden, d. h. sie musste Sterndimension besitzen. Diese Überlegungen wurden jedoch hinfällig, als 1948 die terrestrische Ursache jener Fluktuationen erkannt wurde. Im gleichen Jahr gelang aber der australischen wie der Cambridger Gruppe die Entdeckung von Punktquellen der Radiostrahlung, also von Radiosternen. Dazu musste das Auflösungsvermögen der Apparaturen sehr weit gesteigert werden. Dies gescah mit Hilfe von Interferenzanordnungen. In Abb. 6 bedeuten I und II zwei identische Antennensysteme im Abstand D, die zu einem gemeinsamen Empfänger E führen; sie seien auf der Ost-West-Richtung angeordnet. Steht die Quelle im Süden, d. h. im Meridian, so treffen die beiden Strahlen 1 und 2 in gleicher Phase ein. Wenn sich die Quelle zufolge der täglichen Bewegung weiterdreht, so besteht zwischen 1′ und 2′ die Wegdifferenz $x = D \sin \vartheta$. Wächst diese bis $\lambda/2$ an, so kompensieren sich die beiden Strahlen, bei λ verstärken sie sich usw. Aus der Periode dieser Intensitätsschwankungen folgt die Deklination der Quelle, aus der Zeit des mittleren Intensitätsmaximums ihre Rektaszension. Je

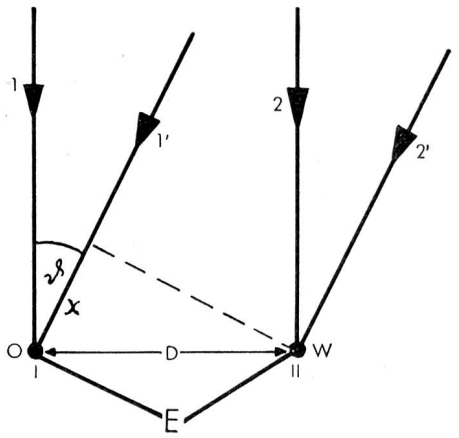

Abb. 6. Interferenzanordnung zur Messung der Koordinaten von Radioquellen

grösser D gewählt wird, um so schneller folgen sich die Interferenzmaxima und um so schärfer kann die Quelle am Himmel lokalisiert werden. Interferenzen können nur auftreten, wenn der Winkeldurchmesser kleiner ist als der Winkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maxima. Aus dem Verschwinden der Interferenzen bei zunehmender Distanz D kann somit der Winkeldurchmesser der Strahlungsquelle bestimmt werden. Von den heute etwa 100 bekannten Punktquellen gibt die nachfolgende Tabelle für sechs besonders gut erforschte Position und Grösse.

Tabelle über Lage und Durchmesser einiger Punktquellen

Quelle	Rektaszension 1950				Deklination 1950			Winkeldurchmesser
	h	m	s	s	°	′	″	′
Cygnus	19	57	44	±2,5	+40	35	±1,5	<10
Centaurus	13	22	30	±4	−42	46	±2	25±3
Virgo	12	28	15,5	±2,5	+12	44	±6	<10
Hydra	09	15	46	±4	−11	55	±8	<15
Taurus	05	31	29	±2,5	+22	00	±3	<10
Fornax	03	19	30	±6	−37	18	±3	20±5

Wenn auch für die meisten Objekte nur obere Grenzwerte ihres Durchmessers angegeben werden können, so zeigen die Objekte im Centaurus und Fornax Ausdehnungen, die nur wenig hinter derjenigen der Sonnenscheibe zurückbleiben. Einige andere Punktquellen weisen Winkeldurchmesser von bloss 1′ bis 2′ auf. Da zu erwarten ist, dass auch die übrigen Quellen flächenhafte Gebilde sind, so erscheinen die Bezeichnungen Radiosterne und Punktquellen nicht mehr passend, und diese Objekte würden treffender als «Radionebel» bezeichnet werden.

Die Identifikation der Radiosterne hat grosse Mühe bereitet, da die Himmelsphotographien an den Stellen dieser «Punktquellen» mit wenigen Ausnahmen keinerlei auffällige Objekte zeigten. Diese Ausnahmen betrafen einige extragalaktische Nebel, worunter auch den Andromedanebel

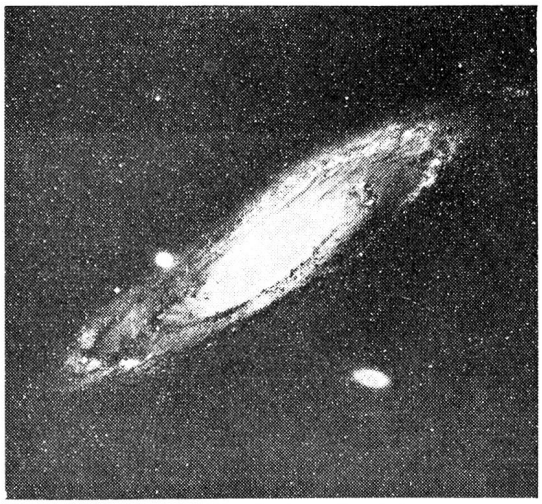

Abb. 7. Der Andromedanebel

(vgl. Abb. 7) sowie die Taurusquelle im Krabbennebel (vgl. Abb. 8). Die Identifikation mit extragalaktischen Sternsystemen war nicht überraschend, denn diese sind Sternsysteme ähnlich dem unsrigen galaktischen System, von denen also eine radiofrequente Strahlung zu erwarten war wie von dem unsrigen; sie bedeutete deshalb auch keinen entscheidenden Fortschritt. Richtungweisend war die Identifikation der Taurusquelle mit dem Krabbennebel. Dieses Objekt befindet sich in allseitiger Expansion mit einer Geschwindigkeit von etwa 12000 km/s. Bei dieser Geschwindigkeit hat der Nebel zur Erreichung seiner heutigen Ausdehnung rund 900 Jahre benötigt. Die chinesischen Annalen berichten im Jahre 1054 vom Aufleuchten eines neuen, auch am hellen Tag sicht-

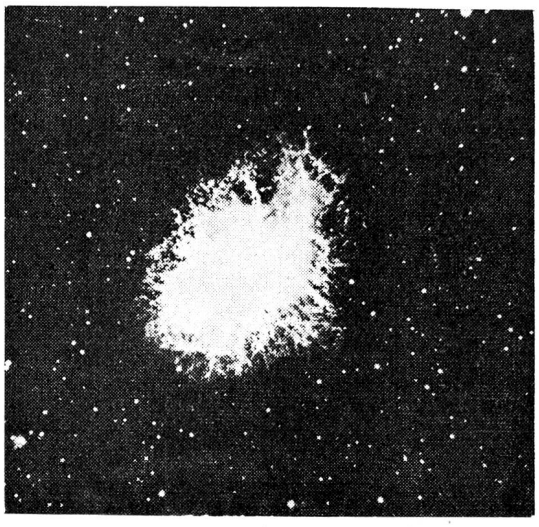

Abb. 8. Der Krabbennebel

baren Sternes gerade an der Stelle des heutigen Krabbennebels. Danach kann der ursächliche Zusammenhang: Sternexplosion (Supernova) — Entstehung des expandierenden Nebels — Radioquelle kaum mehr zweifelhaft sein. Wenn am Ort anderer historischer Supernovae keine Radioquellen gefunden werden, so kann darauf hingewiesen werden, dass diese auch keine Gasnebel erzeugt haben. Umgekehrt hat die gründliche optische Durchforschung der Gebiete anderer Radioquellen zur Entdeckung schwacher, in schneller Expansion begriffener Gasnebel geführt, weshalb man heute dazu neigt, verallgemeinernd die Radioquellen mit rasch bewegten Gasnebeln zu identifizieren. Von den mit extragalaktischen Nebeln identifizierten Radioquellen ist die schon lange bekannte und sehr intensive Quelle Cygnus A bemerkenswert, deren Radiogeräusch weit intensiver ist, als man aus der Entfernung des Nebels erwarten sollte. Derselbe hat eine komplexe Struktur, bestehend aus zwei Weltinseln, die nicht nur zufällig sich aufeinanderprojizieren, sondern nach dem spektroskopischen Befund im Begriffe stehen, zusammenzustossen.

Die Linienemission der galaktischen Strahlung: Während die bisher betrachteten Radiogeräusche ein kontinuierliches Spektrum besitzen, wurde 1951 gleichzeitig an verschiedenen Stellen eine monochromatische Emission des Wasserstoffs bei $\lambda = 21{,}2$ cm entdeckt. Es handelt sich um einen Hyperfeinstrukturübergang im Grundzustand des Atoms. Wie die kontinuierliche ist auch die Wasserstoffstrahlung auf den galaktischen Aequator konzentriert. Die Bedeutung dieser Strahlung liegt vor allem darin, dass sie gestattet, aus Dopplereffekten Radialgeschwindigkeiten der Wasserstoffwolken zu messen. Da die kinematischen Verhältnisse in unserem Sternsystem genügend erforscht sind, folgen aus den Radialgeschwindigkeiten auch die Entfernungen der Wasserstoffwolken. In verschiedenen Richtungen erscheint die Wasserstofflinie aufgespalten in zwei Komponenten mit verschiedener Radialgeschwindigkeit, somit verschiedener Entfernung. Da die interstellare Materie nach Beobachtungen an andern Sternsystemen stets in den Spiralarmen anzutreffen ist, hat man den Beobachtungsbefund durch zwei in der Sehlinie hintereinander gelegene Spiralarme zu interpretieren, womit erstmals die schon lange vermutete Spiralstruktur unseres Sternsystems nachgewiesen ist.

Solare Radiowellen finden sich im ganzen Bereich des Radiofensters; hingegen konnte die Wasserstoffstrahlung nicht gefunden werden. Die solare Strahlung variiert von Tag zu Tag, von Stunde zu Stunde, oft sogar von Sekunde zu Sekunde, so dass die Sonnenstrahlung auf möglichst vielen Wellenlängen fortlaufend registriert werden muss.

Die von sämtlichen an der Sonnenüberwachung beteiligten Stationen erhaltenen Messungen werden auf der Eidgenössischen Sternwarte, der internationalen Zentralstelle für Sonnenforschung, gesammelt und mit den Ergebnissen der optischen Beobachtungen in dem «Quarterly Bulletin on Solar Activity» publiziert. Auf allen Wellenlängen lassen sich drei Komponenten unterscheiden: a) die Strahlung der ungestörten (d. h. fleckenfreien) Sonne, welche von Tag zu Tag nur geringen Schwankungen unterliegt, b) die verstärkte und dauernd variable Strahlung, welche im Zusammenhang mit grösseren Flecken auftritt, und c) die kurzdauernden Strahlungsstösse und- ausbrüche. Abb. 9 zeigt den parallelen Gang der Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen mit der solaren Strahlung auf $\lambda = 10{,}7$ cm. Der Zusammenhang ist so eng, dass man daran denken kann, die seit über hundert Jahren zur Charakterisierung der Sonnentätigkeit verwendeten Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen durch die Intensität der Sonnenstrahlung bei $\lambda = 10{,}7$ cm zu ersetzen, welche auch bei bedecktem Himmel gemessen werden kann. Auf den längeren Wellen ist der Zusammenhang weniger eng

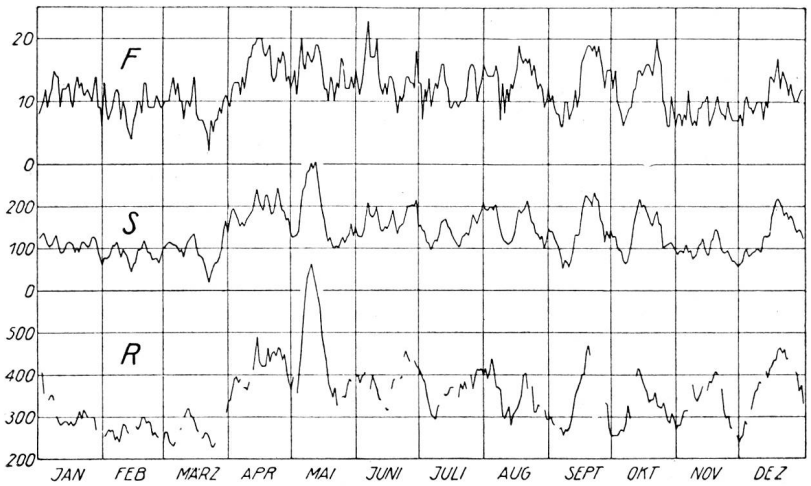

Abb. 9. Die radiofrequente Sonnenstrahlung R bei $\lambda = 10{,}7$ cm nach A. E. Covington, die Zürcher Sonnenfleckenrelativzahl S und die Zahl F der Fleckengruppen im Jahre 1948

indem sich nur die grösseren Fleckengruppen durch eine Intensitätszunahme bemerkbar machen und nur wenn die Gruppe in der Nähe des Zentrums der Sonnenscheibe steht. Dann aber kann die Intensität hundert- bis tausendmal diejenige der ungestörten Sonne übertreffen. Meistens liegt die Strahlungsintensität zwischen 5 und $1000 \cdot 10^{-22}$ Watt pro m² und pro Hz Bandbreite.

Die Strahlungsausbrüche dauern einige Minuten, selten länger als eine halbe Stunde, werden aber häufig von einer längeren Periode gesteigerter Intensität, einem sogenannten

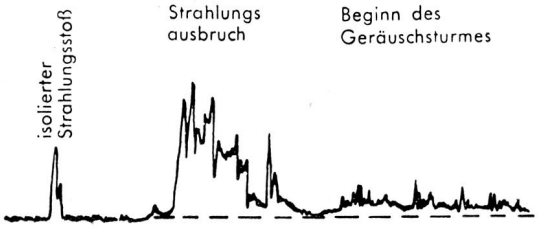

Abb. 10. Beispiel einer einstündigen Registrierung der solaren radiofrequenten Strahlung (schematisch)

Geräuschsturm, gefolgt (vgl. Abb. 10). Sie sind meistens Begleiterscheinungen von optisch zu beobachtenden Sonneneruptionen, wenngleich sie gelegentlich auch ohne optische Begleiterscheinungen auftreten. Für die Strahlungsstösse, die nur wenige Sekunden dauern und gelegentlich schwarmweise, gelegentlich auch isoliert auftreten, lässt sich im allgemeinen keine optische Begleiterscheinung feststellen.

Theorie der solaren Geräusche: Nach dem Planckschen Strahlungsgesetz emittiert jeder heisse Körper radiofrequente Strahlung. Für lange Wellen nimmt dieses Gesetz die einfache Form an: $I_\lambda = \frac{2 c k T}{\lambda^4}$, wobei I_λ die Intensität bei der Wellenlänge λ bedeutet, T die absolute Temperatur, c die Lichtgeschwindigkeit und k die Boltzmannsche Konstante. Da die Intensität der Temperatur proportional ist, kann man dieselbe auch dadurch charakterisieren, dass man die sogenannte äquivalente Temperatur angibt, d. h. die Temperatur, welche der betreffende Körper haben müsste, um als schwarzer thermischer Strahler die beobachtete Strahlungsintensität zu liefern. Für Millimeterwellen ergibt sich eine Temperatur, die nahezu mit derjenigen der leuchtenden Sonnenoberfläche übereinstimmt (6000°).

Die Abhängigkeit der Aequivalent-Temperatur von der Wellenlänge

λ cm	0,85	1,25	3,18	10,7
T	6 700	10 000	19 300	47 000
λ cm	25	50	150	370
T	100 000	500 000	600 000	1 000 000

Das gewaltige Ansteigen der Aequivalenttemperatur bis auf eine Million Grad wäre höchst rätselhaft erschienen, wenn nicht kurz vor Beginn der Radioastronomie die Temperatur der äussersten Sonnenatmosphäre, der Korona, mit optischen Methoden zu rund einer Million Grad bestimmt worden wäre. So aber war es naheliegend, die Quelle der radiofrequenten Sonnenstrahlung mit der Korona (vgl. Abb. 11) zu identifizieren. Es fehlte nur noch die theoretische Begründung, dass die Korona, die im optischen Gebiet praktisch völlig transparent ist und deshalb trotz ihrer hohen Temperatur nur sehr schwach leuchtet, im Meterwellengebiet undurchsichtig ist und damit als schwarzer Strahler betrachtet werden darf. Der Grund der Opazität ist die Absorption der Radiowellen durch sogenannte frei-frei-Übergänge der Elektronen im Feld der Wasserstoff- und Heliumionen der Korona. Die Opazität ist proportional dem Quadrat der Elektronendichte und umgekehrt proportional dem Quadrat der Frequenz. Für Meterwellen ist die Korona undurchsichtig, während für kürzere Wellen die Opazität so weit heruntergeht, dass die Strahlung der Sonnen-

oberfläche entsprechend einer Temperatur von nur 6000°, hindurchscheint, womit die Aequivalenttemperatur absinkt, bis schliesslich bei Millimeterwellen die Korona transparent wird, so dass diese Strahlung nur noch von der Sonnenoberfläche (Chromosphäre) stammt. Während auf diese Art die Strahlung der ungestörten Sonne als thermische Emission der Korona verstanden werden kann, bieten

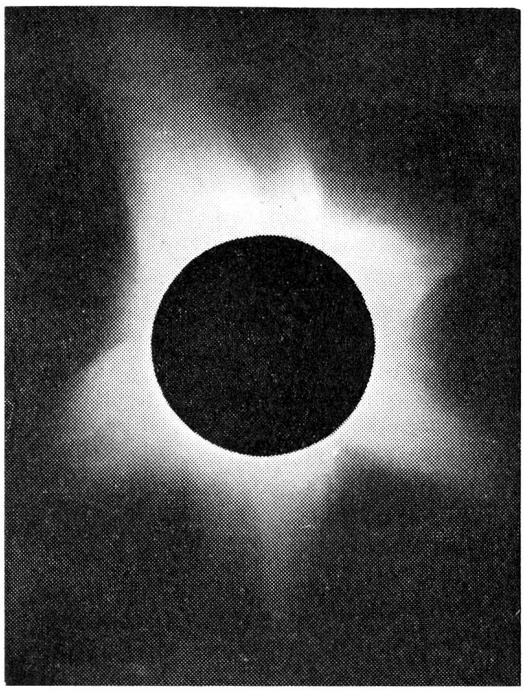

Abb. 11. Die Sonnenkorona bei der Sonnenfinsternis vom 19. Juni 1936

der Interpretation die Strahlungsausbrüche, in denen die Aequivalenttemperatur bis auf $6 \cdot 10^{16}$ Grad ansteigt, noch grosse Schwierigkeiten. Verschiedene Beobachtungen deuten darauf, dass es sich um Schwingungen des Koronaplasmas handelt, die durch bei der Eruption emittierte Korpuskularstrahlen angeregt werden. Dass auch die magnetischen Felder der Flecken eine Rolle spielen, geht aus der häufig beobachteten zirkularen Polarisation der Fleckenstrahlung hervor. Die erwähnte maximale Aequivalenttemperatur entspricht einer Teilchenenergie von 10^{13} eV. Das sind Energien, wie sie in der primären kosmischen Partikelstrahlung auftreten. Tatsächlich zeigt sich in Begleitung grosser Sonneneruptionen jeweils ein Anstieg der Intensität der kosmischen Strahlung um etwa 10%.

Die Lokalisierung der Strahlungsquellen: Der enge Zusammenhang der Radioemission mit Sonnenflecken und Eruptionen zeigt, dass diese Strahlung nicht gleichförmig von allen Stellen der Sonne ausgeht. Sonnenfinsternisse sind hervorragend geeignet, die Verteilung der Strahlungsquellen auf der Sonne zu untersuchen, indem der Mond sukzessive die einzelnen Stellen bedeckt und wieder freigibt. Unabhängig von den seltenen Sonnenfinsternissen lassen sich die Radioquellen auch mit Interferenzmethoden lokalisieren. Abb. 12 zeigt eine Radioquelle, die sich mit grosser Geschwindigkeit verschob. Die Registrierung begann 1 Uhr 30, fünf Minuten nach Beginn einer grossen Eruption. Die rückwärtige Verlängerung des Weges der Quelle weist so genau auf die Eruption hin, dass an einem ursächlichen Zusammenhang nicht zu zweifeln ist. Die Quelle bewegt sich schnell von der Eruption weg, überschreitet 1 Uhr 33 den Sonnenrand und wird um etwa 2 Uhr 00 in 420000 km vom Sonnenrand «unsichtbar». Die Verschiebung entspricht einer transversalen Geschwindigkeitskomponente von 390 km/s; die Totalgeschwindigkeit dürfte etwa doppelt so gross sein. Solche Wanderungen sind oftmals verbunden mit Auswürfen sichtbarer Materie. Mehr noch; häufig fällt die aufgeworfene Materie wieder auf die Sonne zurück, wobei gleichzeitig eine auf die Sonne zu bewegte Radioquelle in Erscheinung tritt. Dies ist der unmittelbarste Beweis für die Anregung der Radioemission durch Korpuskularstrahlen.

Die früher beschriebene Interferenzanordnung zur Lokalisierung der Quellen kommt bei der Sonne nur in Frage, wenn die Strahlung der Quelle viel stärker ist als diejenige der übrigen Sonnenscheibe. Für die Erfassung kleinerer Ungleichförmigkeiten der Intensitätsverteilung sind die Interferenzstreifen zu breit. Durch Zwischenschalten weiterer Antennensysteme kann die Breite der Streifen (bei unverändertem Abstand derselben) stark reduziert werden, bis etwa $^1/_{10}$-Sonnendurchmesser. Während nun die Sonne durch diesen Interferenzstreifen hindurchwandert, wird die Strahlungsverteilung über ihre Oberfläche registriert.

Spektroskopie der solaren Strahlung: Dieser Forschungszweig, bei welchem gleichzeitig die Intensität auf allen Frequenzen gemessen wird, ist noch in voller Entwicklung. Bei dem ersten, von der australischen Gruppe 1949 gebauten Spektrographen wurden die Frequenzen 70 bis 130 Megahertz (1 MHz = 10^6 Hz, $\lambda = 300/\text{MHz}$ m) jeweils in einer Drittelssekunde abgetastet, beim neuesten Gerät der Frequenzbereich 40 bis 240 MHz in einer halben Sekunde. Spektren einiger typischer eruptiver Erscheinungen und ihre zeitliche Variation sind in den Abb. 13 bis 15 gezeigt.

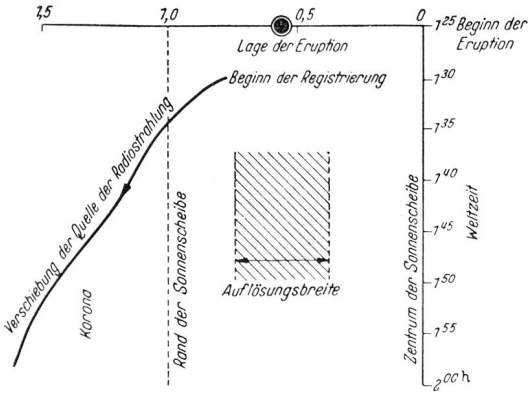

Abb. 12. Bewegung eines Quellgebietes der Radiostrahlung aus dem Gebiet der Eruption bis weit über den Sonnenrand hinaus, nach R. Payne-Scott und A. G. Little

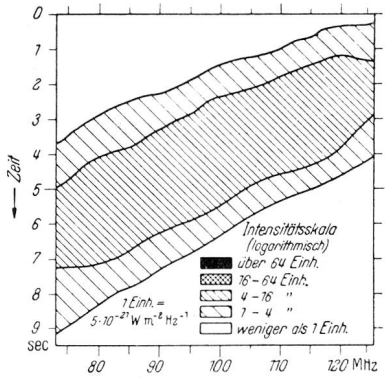

Abb. 13. Radiospektrum eines isolierten Strahlungsstosses, nach J. P. Wild und L. L. McCready

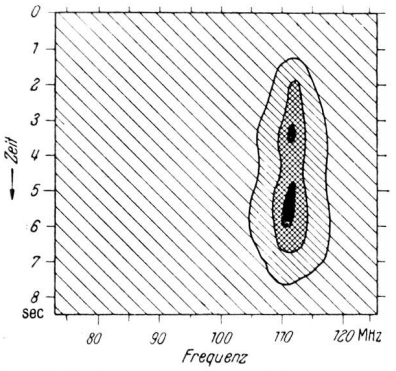

Abb. 14. Radiospektrum eines Schwarmstosses

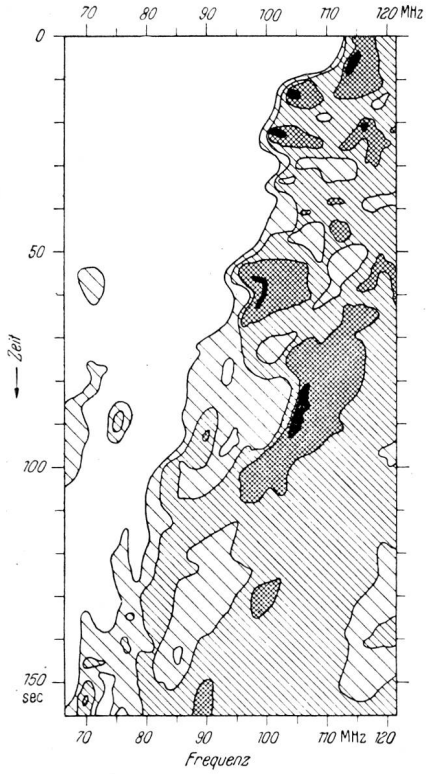

Abb. 15. Radiospektrum eines Strahlungsausbruches während einer Eruption

a) Der isolierte Strahlungsstoss in Abb. 13 dauert etwa 10 Sekunden; sein Spektrum besitzt eine Breite von etwa 20 MHz, und die Frequenz maximaler In ensität verschiebt sich bemerkenswerterweise nach kleineren Frequenzen, um etwa 15 MHz/s.

b) Abb. 14 zeigt das typische Spektrum eines Schwarmstosses, wie sie zu Zeiten durch Sonnenflecken gesteigerter Radioemission an einem Tag zu Hunderten auftreten können. Der kontinuierliche Untergrund des Spektrums erscheint verstärkt und zirkular polarisiert. Der Schwarmstoss ist gekennzeichnet durch ein schmales Spektrum von nur wenigen Megahertz Breite und durch eine Dauer von nur wenigen Sekunden. Die Frequenz mit maximaler Intensität zeigt im allgemeinen keine systematische Verschiebung, ist jedoch bei den einzelnen Stössen sehr verschieden, indem diese im ganzen untersuchten Spektralgebiete auftreten.

c) Die Spektren der Strahlungsausbrüche, die meist in Verbindung mit optisch zu beobachtenden Eruptionen auftreten, zeigen eine komplexe Struktur (Abb. 15). Bemerkenswert ist die ziemlich scharfe langwellige Grenze des Spektrums, welche sich um etwa ein Viertel Megahertz je Sekunde nach kleineren Frequenzen verlagert. Da die hohen Frequenzen in den inneren, die niedrigen in den äussern Schichten der Sonnenkorona entstehen, kann jene Frequenzverschiebung als eine Verlagerung der die Radiostrahlung anregenden Ursache betrachtet werden, welche mit einer Geschwindigkeit von etwa 500 km/s von der Sonne weg erfolgt. Dies ist wieder ein Hinweis auf die Anregung der Radioemission durch Korpuskularstrahlen.

Die Radioastronomie ist erst durch die Ultrakurzwellen- und Radartechnik ermöglicht und durch diese eingeleitet worden. Standen am Ausgang jene Probleme, die durch die vorhandene Technik gelöst werden konnten, so geht die Radioastronomie heute ihre eigenen Wege, stellt die Probleme voran und entwickelt die notwendigen Methoden zur höchsten Raffiniertheit, die ihrerseits früher oder später auch wieder die Aufgaben der kommerziellen Ultrakurzwellentechnik befruchten werden.

Die interessante Anleitung für Funker- und Telegraphenpioniere:

Apparaten-Kenntnis

für die Telephonmannschaften aller Truppengattungen

Von Major Adolf Merz

Verkauf: E. Abegg, Schrennengasse 18, Zürich 3
Postscheckkonto VIII 19460, Tel. (051) 33 44 00

Neueste Auflage. Umfang 94 Seiten, mit einer Einführung in die Grundlagen der Elektrotechnik. Reichhaltig illustriert und für jedermann verständlich. Preis broschiert Fr. 2.25.

Dieses Buch wurde speziell für die Telephonsoldaten aller Waffengattungen geschrieben und berücksichtigt sämtliches Telephonmaterial der Armee. Aus dem reichhaltigen Inhalt: Grundlagen der Elektrotechnik, Armeetelephon Mod. 32, Feldtelephon Mod. 41, Vermittlungskästchen Mod. 32 und 38, Pionierzentralen, Tischzentrale Mod. 43, Zentralekasten, Übertrager usw.