

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 99 (1981)  
**Heft:** 47

**Artikel:** Neuer Radioatlas des Himmels  
**Autor:** Hintsches, Eugen  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74613>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

werks umgerechnet. Für die unteren Intensitätsstufen sind zusätzlich *Bemessungs-Spektralformen auf Maximalwert-Basis* vorgesehen.

Bemessungs-Spektralformen auf Mittelwert-Basis sind zusammen mit Starkbeben-Gefährdungskarten, die auf seismologischen oder empirischen Kenngrößen beruhen (z. B. Richter-Magnituden oder modified Mercalli-Intensitäten), als zwei Hauptfehlerquellen in der bestehenden Definitionsmethode erkannt worden. Mit der *vektoriellen seismischen Bewegungsintensität BI* wird eine seismische Kenngrösse eingeführt, die sich im Gegensatz zu den genannten Kenngrößen für die direkte, ingenieurmässige Anwendung eignet. Sie hat eine mathematische Form, die es ermöglicht, weitere Anforderungen an eine Neudefinition des Lastfalls zu erfüllen. So erlaubt sie die *Hauptachsen-Orientierung* der Bemessungsbeben. Diese Massnahme erleichtert deren ge-

zielten Einsatz bei der Suche nach den *ungünstigsten Einfallrichtungen* auf ein Bauwerk.

Die Anwendung der Methode ist grundsätzlich nicht auf die Extremalbebensicherung von Bauwerken in hochseismischen Regionen beschränkt. Sie kann in direkter Weise auch auf Starkbeben-ärmere Regionen wie die Schweiz übertragen werden.

Wesentliche Teile der vorgestellten Methode wurden mit gutem Erfolg zur theoretischen Untersuchung der Extremalbeben-Sicherheit räumlich schwimmend gelagerter Bauwerke eingesetzt.

Hauptachsen-orientierte Bemessungsbeben extremalen Charakters sollen an der University of California in Berkeley zur experimentellen Überprüfung der räumlich schwimmenden Lagerung auf Bauwerke verwendet werden.

## Verdankungen

Der Autor ist den Herren Prof. M.H. Derron und Prof. Dr. R. Walther (Institut de Statique et des Structures, EPFL) und Herrn Prof. M. Del Pedro (Institut des Métaux et Machines, EPFL) dankbar für die Unterstützung, die sie ihm in den letzten Jahren zukommen liessen. Besonderer Dank sei Herrn Prof. A. E. Süssstrunk (Geologisches Institut der Universität Bern), Herrn Prof. Dr. H. Bachmann (Institut für Baustatik und Konstruktion, ETHZ) und Herrn Prof. Dr. J. M. Kelly (University of California in Berkeley) ausgesprochen. Sie haben in offener fachlicher Auseinandersetzung Entscheidendes zur sachlichen Klärung der dargestellten Materie beigetragen.

Adresse des Verfassers: Dr. Konrad Staudacher, University of California, Berkeley, Dept. of Civil Engineering, USA - Berkeley, CA. IBK-ETHZ, CH-8093 Zürich.

## Neuer Radioatlas des Himmels

**Nahezu 20 Millionen Einzelmesswerte wurden während der letzten 15 Jahre gesammelt und schliesslich mit Hilfe von elektronischen Grossrechnern verarbeitet: So entstand die bisher genaueste Radiokarte des gesamten Himmels, die jetzt das Max-Planck-Institut für Radioastronomie in Bonn veröffentlicht hat. Sie zeigt unsere galaktische Umgebung im «Licht» kosmischer Radiostrahlung der Frequenz 408 Millionen Hertz (MHz) - das entspricht 73 Zentimetern Wellenlänge.**

«Mit dieser Durchmusterung des Radiohimmels haben wir endlich eine Karte, die uns erstmals mit allen Einzelheiten einen vollständigen Überblick zum Beispiel auch über unsere Milchstrasse verschafft», erklärt Dr. Glyn Haslam, der Leiter des Projekts. «Das ist Voraussetzung für weitere astrophysikalische Untersuchungen», ergänzt Prof. Richard Wielebinski, Direktor am Max-Planck-Institut für Radioastronomie. «Damit sind wir unserem Fernziel, eines Tages die gesamte Energiebilanz einer Galaxie verstehen zu können, wieder einen wesentlichen Schritt näher gekommen.»

Himmelskarten haben in Bonn bereits Tradition. Astronomen greifen, wenn sie mit dem Fernrohr Sterne wiederfinden wollen, zur «Bonner Durchmusterung»: Bereits vor 100 Jahren hat Friedrich Wilhelm Argelander alle am Himmel leuchtenden Objekte sorgfältig registriert und in Steinplatten eingegritzt - diese lithographischen Druckstöcke für den Stern-Atlas kann man noch immer in der Bonner Universität bewundern.

Radioastronomen setzten diese Tradition fort. Vor 25 Jahren stellten Wolfgang Priester und Franz Dröge die an der Universität Kiel begonnene Durchmusterung des Himmels für 200 MHz kosmischer Radiostrah-

lung in Bonn fertig. Drei Jahre brauchten die Wissenschaftler damals, um die mit einer 25 Quadratmeter grossen Dipol-Antennenwand in Deutschland und Australien gesammelten 10 000 Beobachtungswerte zur ersten Radiokarte des gesamten Himmels zu verarbeiten - die elektronischen Rechenmaschinen steckten zu der Zeit noch in den Kinderschuhen.

Die zweite Radio-Himmelskarte - diesmal bei 150 MHz - brachte Prof. Wielebinski «quasi als Mitgift» von Sydney nach Bonn mit, als er 1970 zum Direktor am Max-Planck-Institut für Radioastronomie berufen wurde. Sie zeigt noch mehr Einzelheiten - unter anderem, weil dafür das mit 64 Metern Durchmesser leistungsfähigste Radioteleskop auf der Südhalbkugel der Erde in Parkes/Australien eingesetzt wurde.

### Altes Manko

Diese Antenne lieferte jetzt auch für die dritte, bisher präziseste Radiokarte bei 408 MHz Frequenz einen entscheidenden Beitrag. «Das ist ein altes Manko», klagt Prof. Wielebinski. «Nicht nur, weil es sehr schwierig ist, bei so leistungsfähigen Geräten die

für Himmelsdurchmusterungen notwendigen, verhältnismässig langen Beobachtungszeiten zu bekommen.» Auf der südlichen Hälfte der Erde sind Radioteleskope ausserdem ungefähr zehnmal seltener als auf der Nordhalbkugel - «ohne den von Europa aus nicht beobachtbaren Südhimmel entwickelt man aber eine ganz andere Interpretation des Radiohimmels als von beiden Teilen.» Den nördlichen Himmel durchmusteren die Radioastronomen mit dem *100-m-Teleskop in Effelsberg* und mit der *76-m-Anlage in Jodrell Bank* (Grossbritannien). Die Empfangseinrichtungen tasten dazu den Himmel systematisch jeweils in schmalen Streifen ab - ähnlich wie der Elektronenstrahl in einer Fernröhre ein Bild liefert: Wenn die Antennenkeule des Radioteleskops über eine kosmische Radioquelle streicht, gibt es einen Ausschlag, der um so höher ausfällt, je stärker die erfasste Radioquelle ist. Aus vielen solchen Einzel-Zeilen - Streifen-Raster - setzt sich der Radioatlas zusammen. Er zeigt noch Einzelheiten von 50 Bogenminuten Grösse, das entspricht fast dem doppelten Durchmesser der Vollmondscheibe am Himmel.

«Früher hat man aus diesen Beobachtungen mit der Hand die Himmelskarte gezeichnet», schildert Dr. Haslam. «Wollte ein Einzelner auf die gleiche Weise alle bei der 408-MHz-Durchmusterung gesammelten Werte verarbeiten, bräuchte er mehr als 100 Jahre dazu.» Um die Datenflut dennoch bewältigen zu können, entwickelten die Radioastronomen *spezielle Rechner-Programme für die automatische Bild-Darstellung*: Die 408-MHz-Durchmusterung ist die erste Radiokarte, die vollständig automatisch - ohne menschliches Zutun - gezeichnet wurde.

Auf 160 Einzelblättern zeigt sie jeweils in Ausschnitten von 20 mal 30 Grad Grösse den gesamten Radiohimmel – doch ist dies mehr als nur eine Art Nachschlagewerk für Radioastronomen, die ein bestimmtes Objekt suchen.

## Anderer Entstehungsprozess

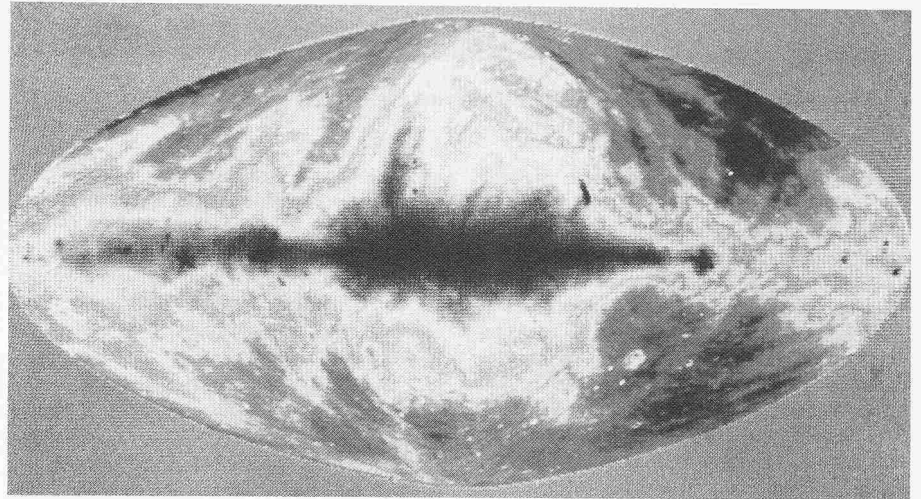
Denn anders als die Beobachtungen des sichtbaren Lichts – der «thermischen» Strahlung, die von heisser Materie ausgesandt wird – zeigt die Radiokarte Strahlung «nicht-thermischen» Ursprungs. Diese für das Auge unsichtbare kosmische Radiostrahlung entsteht nämlich in einem völlig andersartigen Prozess als das Licht – er wurde zuerst auf der Erde entdeckt: beim Betrieb der für die Kernphysik eingesetzten Teilchen-Beschleuniger, den *Elektronen-Synchrotronen*. Sie heisst deshalb auch *Synchrotron-Strahlung*.

Der deutsche Astrophysiker *Karl Otto Kiepenheuer* erkannte im Jahr 1950, dass derselbe Mechanismus wie im Elektronen-Beschleuniger auch die «nicht-thermische» kosmische Radiostrahlung verursacht: Nahezu lichtschnelle Teilchen, vor allem Elektronen, werden wegen ihrer elektrischen Ladung von den überall im Kosmos vorhandenen schwachen Magnetfeldern auf Spiralbahnen gezwungen und dadurch langsamer. Wie beim mechanischen Bremsen Wärme entsteht, so wird die Bewegungsenergie bei diesem magnetischen Abbremsen in Strahlung umgewandelt. «Durch die magnetische Abbremsung fangen die Teilchen an zu strahlen, die mit unseren Antennen beobachtete kosmische Radiostrahlung ist also das Endprodukt dieser Abbremsung», erklärt Prof. Wielebinski. Weil die beteiligten Teilchen Geschwindigkeiten nahe der des Lichts – 300 000 Kilometer je Sekunde – haben, sprechen die Astrophysiker von «*relativistischen Teilchen*»: Zur Beschreibung ihres dynamischen Verhaltens muss die Relativitätstheorie von Albert Einstein herangezogen werden.

Beobachtungen haben inzwischen gezeigt, dass dieser «nichtthermische» Prozess und die dabei entstehende Synchrotron-Strahlung tatsächlich den überwiegenden Teil der von Milchstrassensystemen ausgesandten Radio-Energie ausmachen. Eine wichtige Frage ist freilich noch offen: Welche Mechanismen liefern die ungeheure Energie für die Beschleunigung der Teilchen bis nahezu auf Lichtgeschwindigkeit, so dass man dann ihre Synchrotron-Strahlung mit Radioteleskopen beobachten kann? Prof. Wielebinski: «Die Herkunft und Entstehung dieser exotischen, hochenergetischen Partikel ist eines der faszinierendsten, noch weitgehend ungelösten Rätsel der astrophysikalischen Forschung.»

## Kosmische Katastrophen

Ansätze dafür gibt es jedoch schon. Prof. Wielebinski: «Wir sind ziemlich sicher, dass diese Partikel bei Supernova-Explosionen entstehen»: Supernova-Explosionen sind kosmische Katastrophen, die das Leben eines alternden Fixsterns abrupt beenden.



Die 408-MHz-Radiokarte des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bonn zeigt erstmals den gesamten Himmel im «Licht» kosmischer Radiostrahlung von 73 Zentimetern Wellenlänge. Besonders auffällig im Vergleich zu optischen Durchmusterungen ist bei dieser Radiokarte der sogenannte Nordsporn, eine jetförmige Struktur, die sich von der Milchstrassen-Ebene aus zum galaktischen Nordpol erstreckt

Hat er seinen Vorrat an Kernbrennstoff – vor allem Wasserstoff – erschöpft, kann das bis dahin gleichmässig brennende thermokernare «Feuer» der übermächtig werdenden Schwerkraft nicht mehr standhalten. Andere Kernreaktionen beginnen, in denen statt der leichten Helium-«Asche» schwere Atomkerne wie Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Eisen entstehen. Die dabei plötzlich freigesetzten riesigen Energiemengen verursachen eine *Schockwelle*. Innerhalb kürzester Zeit bläht sich der Stern auf, seine Helligkeit wächst dadurch millionenfach an, ehe schliesslich die äussere Hülle mit grosser Geschwindigkeit – 1000 bis 3000 Kilometer je Sekunde – davonfliegt. Dann nimmt die optische Helligkeit rasch wieder ab. Allein in unserer Milchstrasse ereignet sich durchschnittlich alle 30 Jahre eine solche kosmische Katastrophe. «Die Supernova-Explosionen sind quasi kosmische Knallfrösche, die uns nicht nur zeigen, wo die relativistischen Teilchen entstehen, sondern auch wie sie sich durch den Weltraum bewegen», erklärt Prof. Wielebinski. «Wir beobachten also im Endeffekt das Abklingen vieler Supernova-Explosionen, und die dabei auf spektakuläre Weise freigesetzte Energie wird durch unsere Radiomessungen sichtbar.»

## Ewiger Kreislauf

Damit haben die Radioastronomen offenbar einen Weg gefunden, Einblick in den ewigen kosmischen Kreislauf zu bekommen: Das beim Tod von Sternen ausgeschleuderte Material wird an den interstellaren Raum zurückgegeben – an den Raum, in dem sich aus Gas- und Staubwolken schliesslich wieder neue Sterne bilden. «Es gibt starke Hinweise, dass in Gebieten, in denen Sternentstehung stattfindet, eine ähnlich starke Supernova-Rate vorhanden ist», sagt Prof. Wielebinski. «Es scheint sogar so zu sein, dass die Supernova-Explosionen sterbender Sterne die Geburt neuer Sterne auslösen.»

Um diese Zusammenhänge jedoch eindeutig nachweisen zu können, sind noch sehr viele Beobachtungen erforderlich – unter ande-

rem weitere Durchmusterungen des Himmels bei anderen Frequenzen des elektromagnetischen Spektrums. Durch den Vergleich der verschiedenen Himmelskarten wollen die Astrophysiker den verschlungenen Wegen des Kreislaufs von Energie und Materie im Kosmos auf die Spur kommen. Die Forscher betrachten es daher als «glückliche Fügung», dass erst vor kurzem Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik anhand der von dem europäischen Forschungssatelliten Cos-B gesammelten Daten eine erste *Himmelskarte der Gammastrahlung* unserer Milchstrasse ausgearbeitet haben. Ein Vergleich zeigt, dass Gammastrahlen und 408-MHz-Radiostrahlung offenbar gleichzeitig in denselben Gebieten unserer Milchstrasse – im Zentrum der galaktischen Scheibe – entstehen, sich dann aber auf unterschiedlichen Wegen ausbreiten.

## Weitere Projekte

Inzwischen arbeiten die Bonner Radioastronomen unter der Leitung von Dr. *Wolfgang Reich* an einer weiteren Durchmusterung des Radiohimmels – diesmal bei 1420 MHz Frequenz (21 Zentimeter Wellenlänge). Die Kartierung des nördlichen Himmels mit dem *25-m-Teleskop auf dem Stockert* in der *Eifel* ist bereits abgeschlossen. Jetzt versuchen die Bonner Wissenschaftler zusammen mit dem *Instituto Argentino Radioastronomia* (IAR) mit dessen *30-m-Radiospiegel* in der Nähe von *Buenos Aires* auch den südlichen Himmel bei 1420 MHz zu durchmusteren. «Das dauert einschliesslich der Computer-Auswertung noch mindestens drei, vielleicht sogar fünf Jahre», schätzt Dr. Haslam. «Dabei ist eine positive Seite des Max-Planck-Instituts, dass wir derart langfristige Arbeiten hier durchführen können – dies wäre beispielsweise an amerikanischen Instituten undenkbar.» Die beteiligten Radioastronomen sind überzeugt, dass «die mühseligen Arbeiten der Himmelsdurchmusterungen wertvolles wissenschaftliches Kapital bringen werden».

Eugen Hintsches, München