

Vorlesungsankündigung WS 17/18

Wahlvorlesung: Einführung in die

# Radioastronomie

Dr. Matthias Hoefft (TLS Tautenburg)

Dr. Alexey Potapov (IFK-Astrolabor Jena)

apl Prof. Katharina Schreyer (AIU Jena)

Diese Vorlesung vermittelt einen Eindruck in die moderne Astrophysik im Radiobereich: Submillimeter- bis Meterwellen und ist für Master-Studenten gedacht.

Als Voraussetzung wird die Vorlesung „Einführung in die Astronomie“ empfohlen, ist aber nicht zwingend.

**Vorlesung:** Montags 10-12 Uhr,  
Seminarraum der  
Sternwarte, Beginn: 16.10.17

**Übung/Seminar:**

**MSc Patricia Luppe**

Montags im Anschluss  
an die Vorlesung  
(12-14 Uhr) Seminarraum  
der Sternwarte,  
Beginn: 16.10.17

Modul-Leistungspunkte: 6 LP



# Quellen von Radiostrahlung

Sonne, Supernovaüberreste, Molekülwolken, ...

# Emissionsmechanismen

Plasmaemission, Synchrotronstrahlung, Molekülklinien, ...

# Grundlagen von Radiostrahlung und deren Messung

Welleneigenschaften der Strahlung

# Teleskope

LOFAR, Effelsberg, IRAM, SKA

Heute:

kurze Übersicht Radioquellen und Teleskope

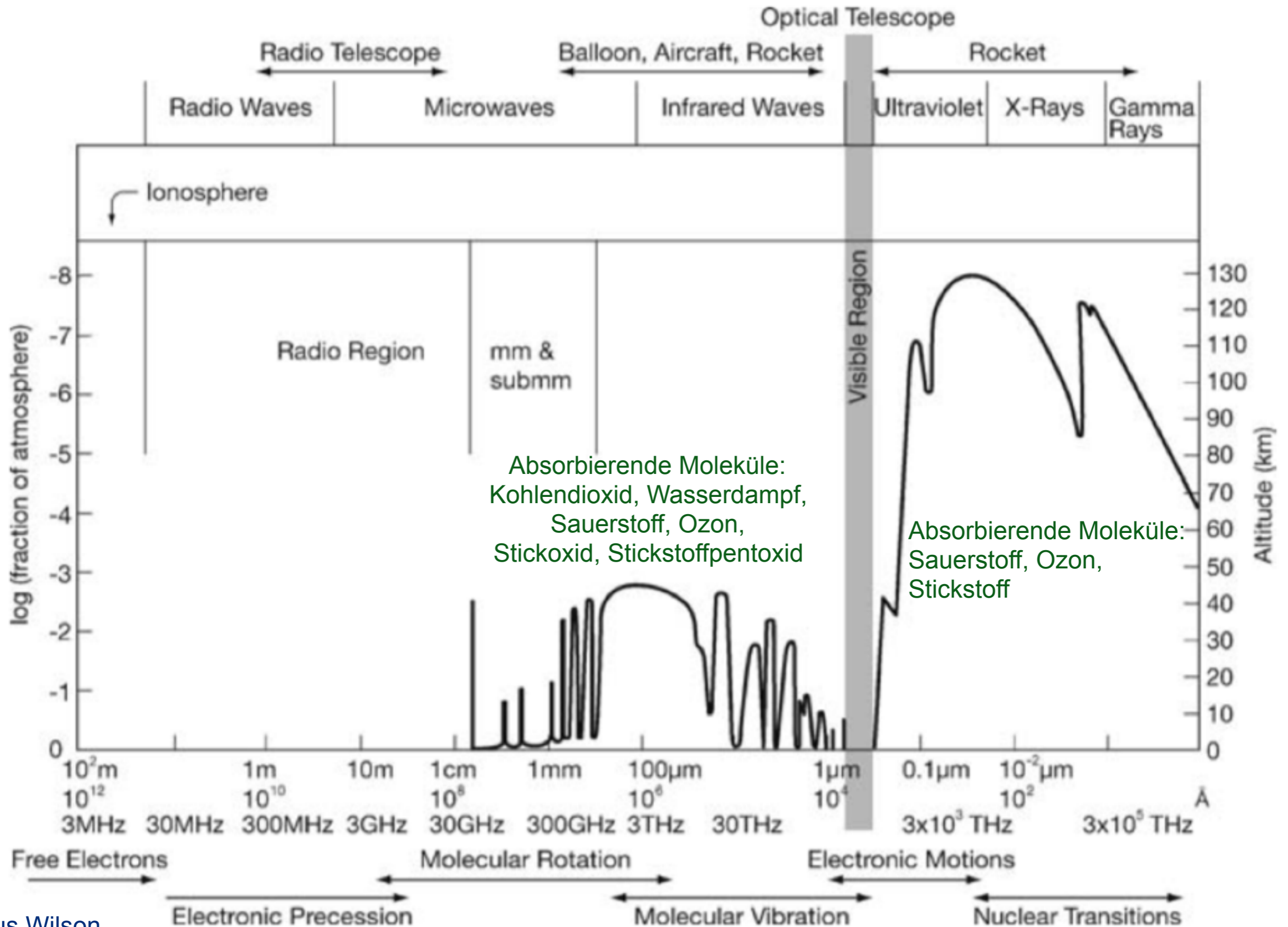
Formales zur Vorlesung

Intensität und Fluss

Übung:

Vorführung Small Radioteleskop

# Das "Radiofenster"





# Wellenlänge und Frequenz

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$\lambda$  : Wellenlänge,  $c$  : Lichtgeschwindigkeit,  $\nu$  : Frequenz

Beispiel: 21cm entspricht 1.4 GHz

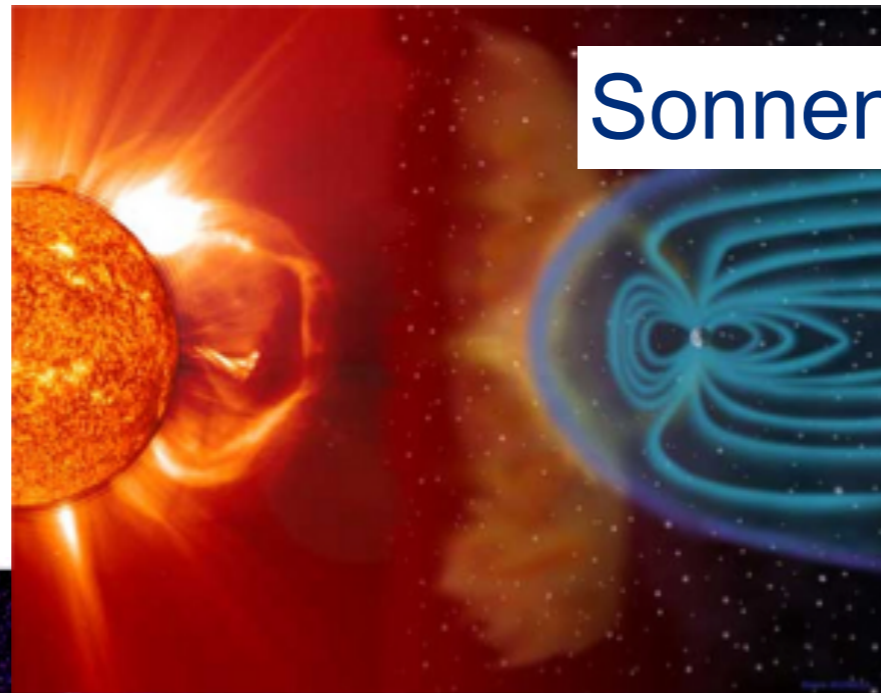
# Plasmafrequenz

$$\frac{\nu_p}{\text{kHz}} = 8.97 \sqrt{\frac{N_e}{\text{cm}^{-3}}}$$

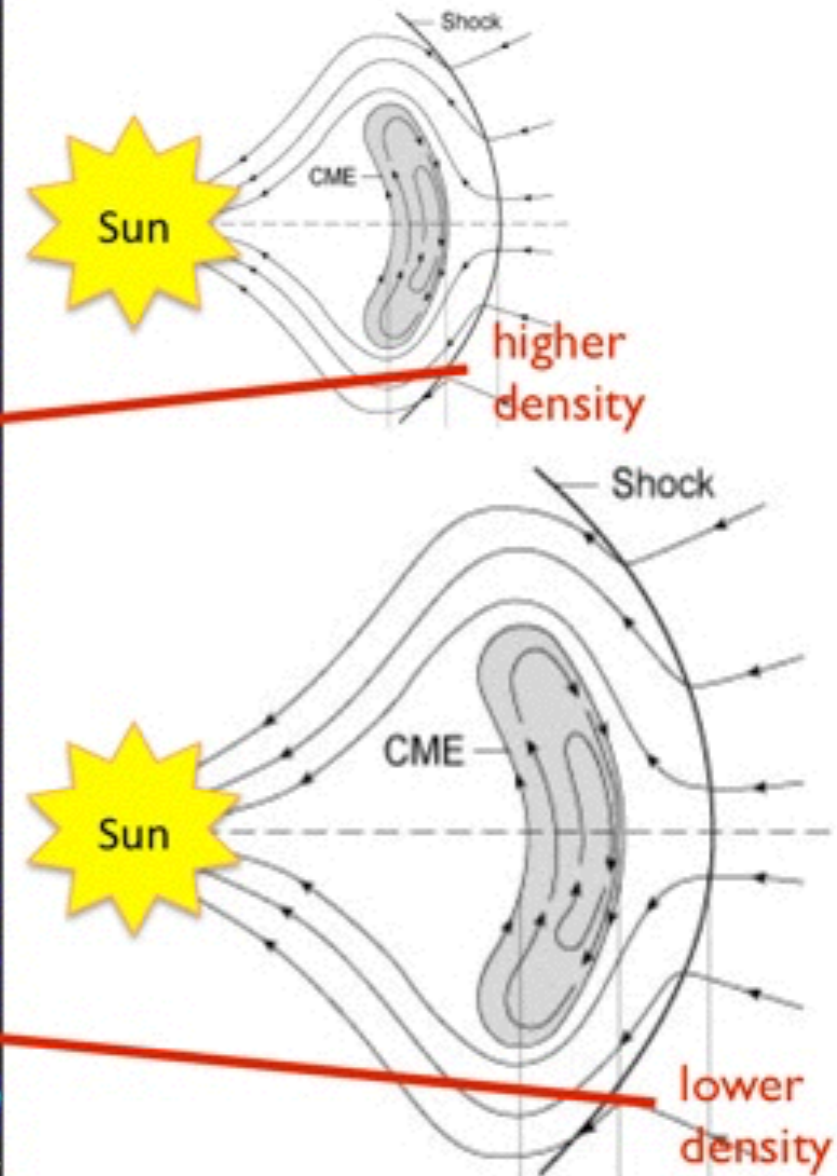
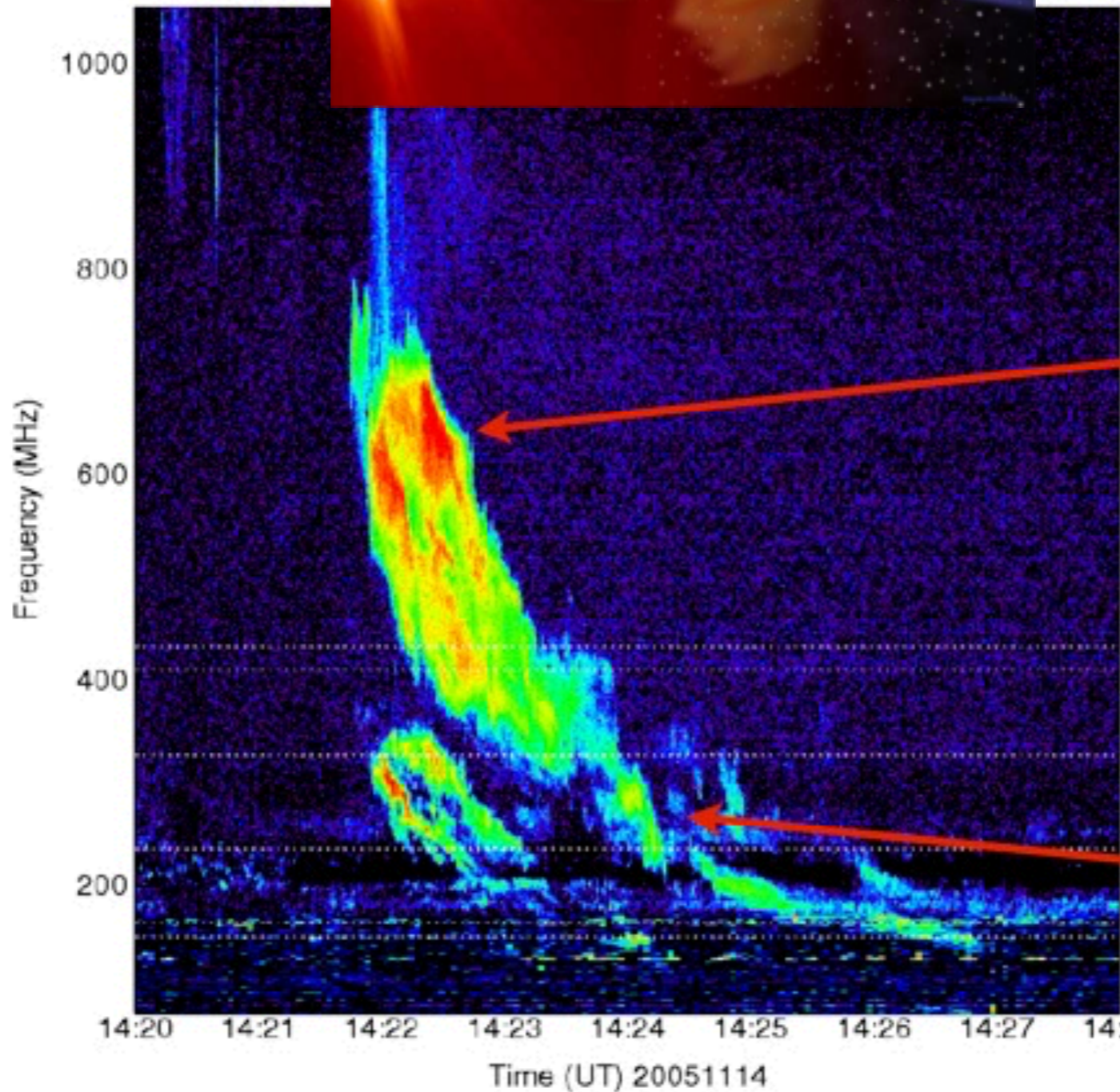
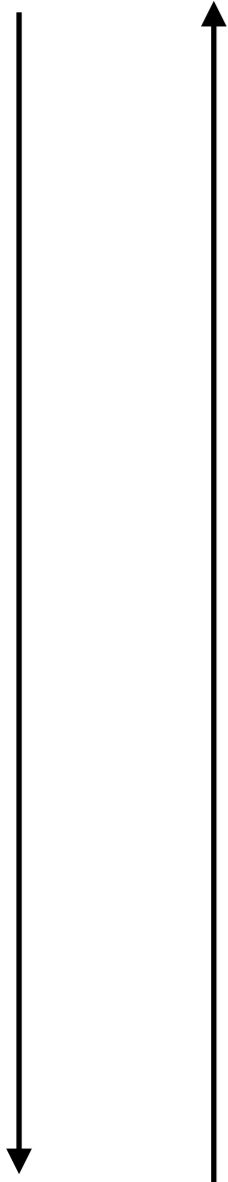
$N_e$  : Elektronendichte

Elektronendichte in der Ionosphäre etwa:  $10^5 - 10^6 \text{ cm}^{-3}$

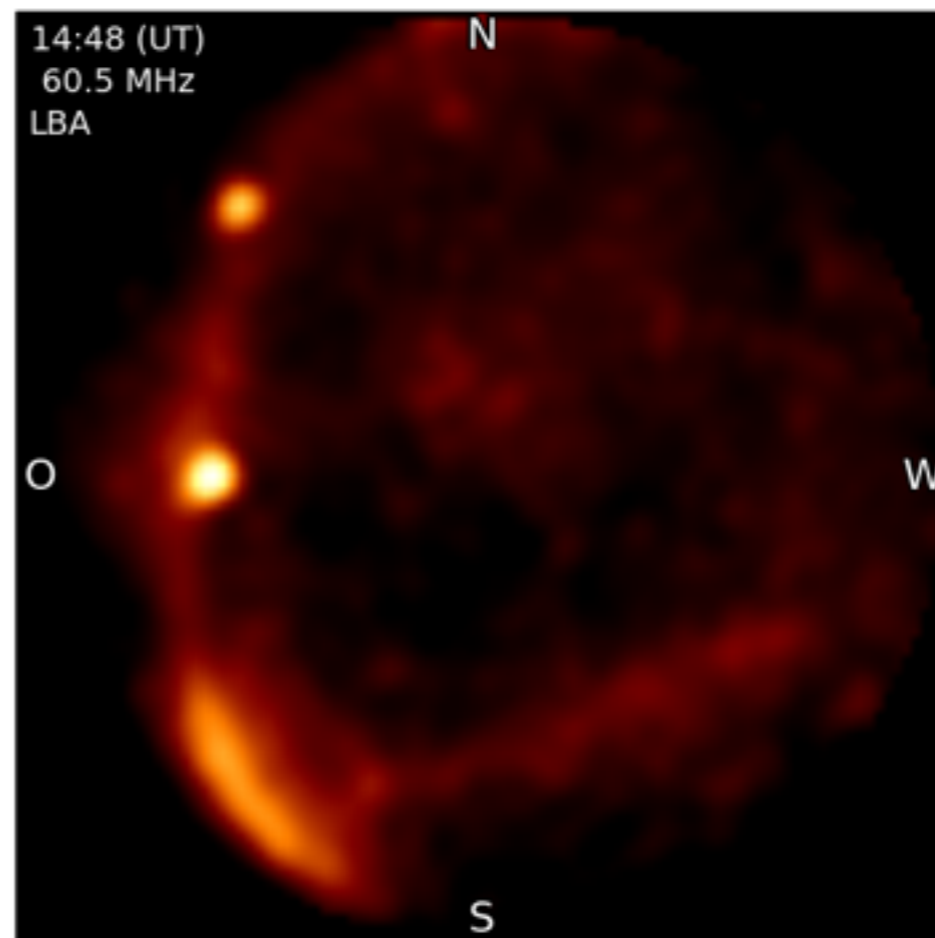
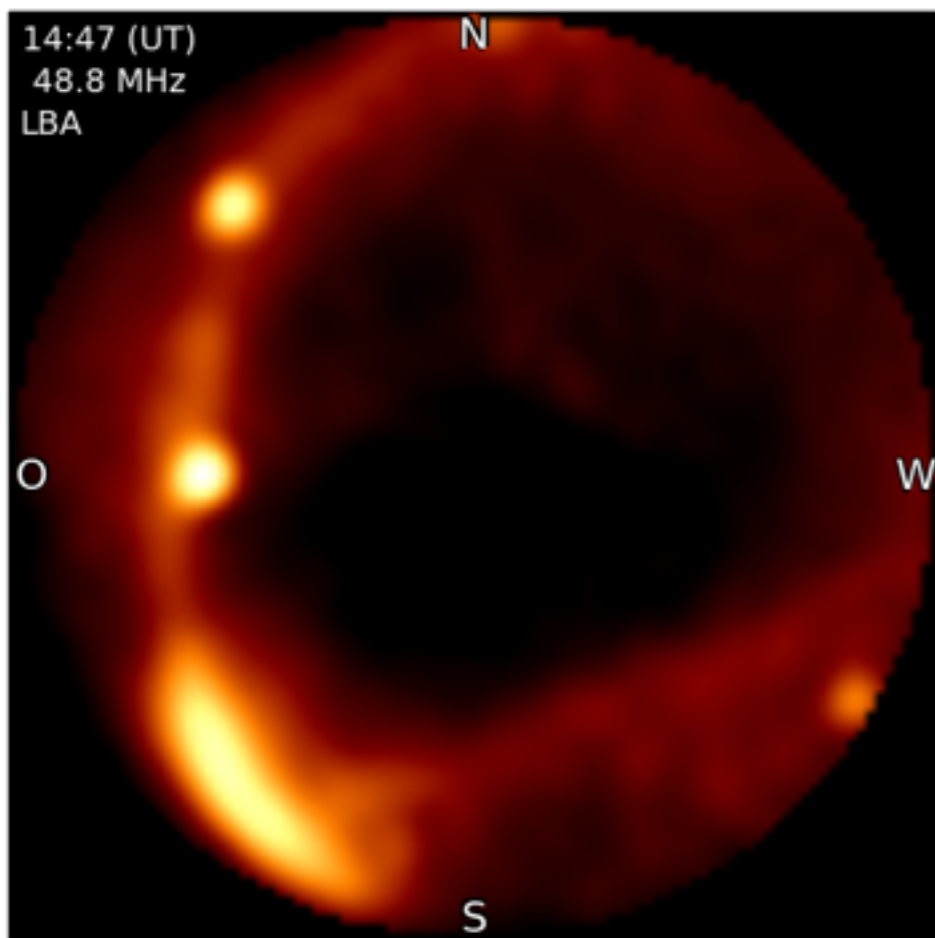
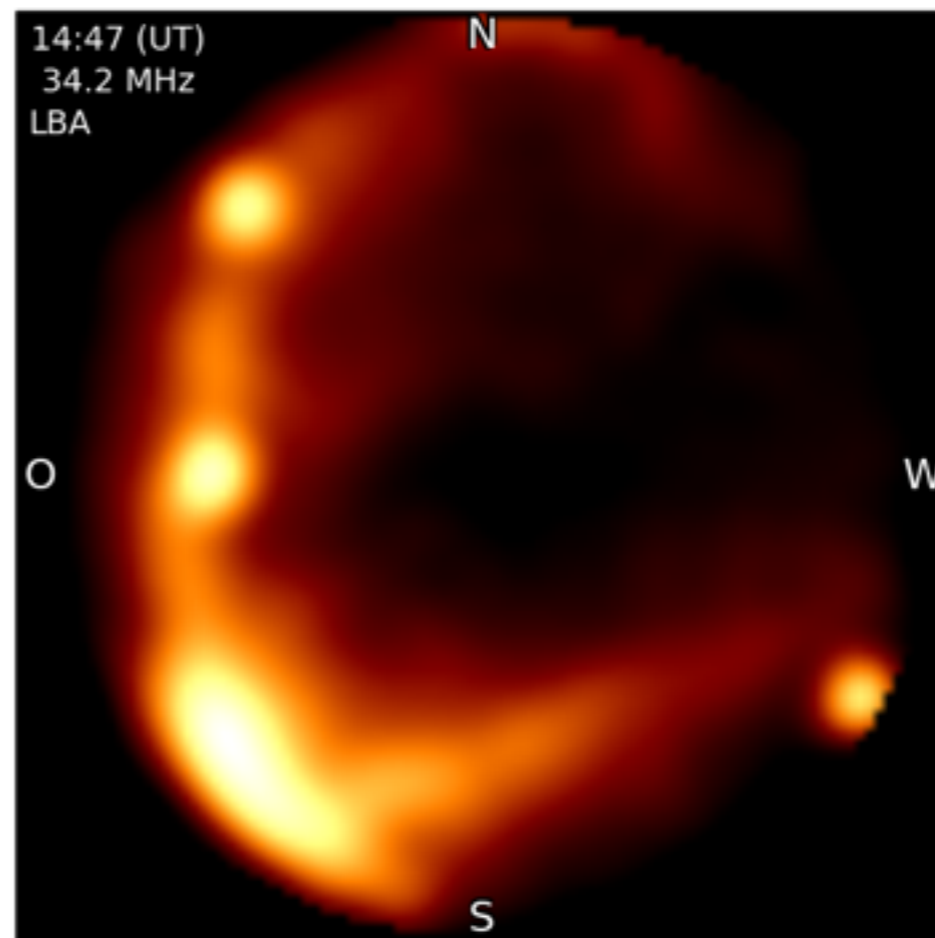
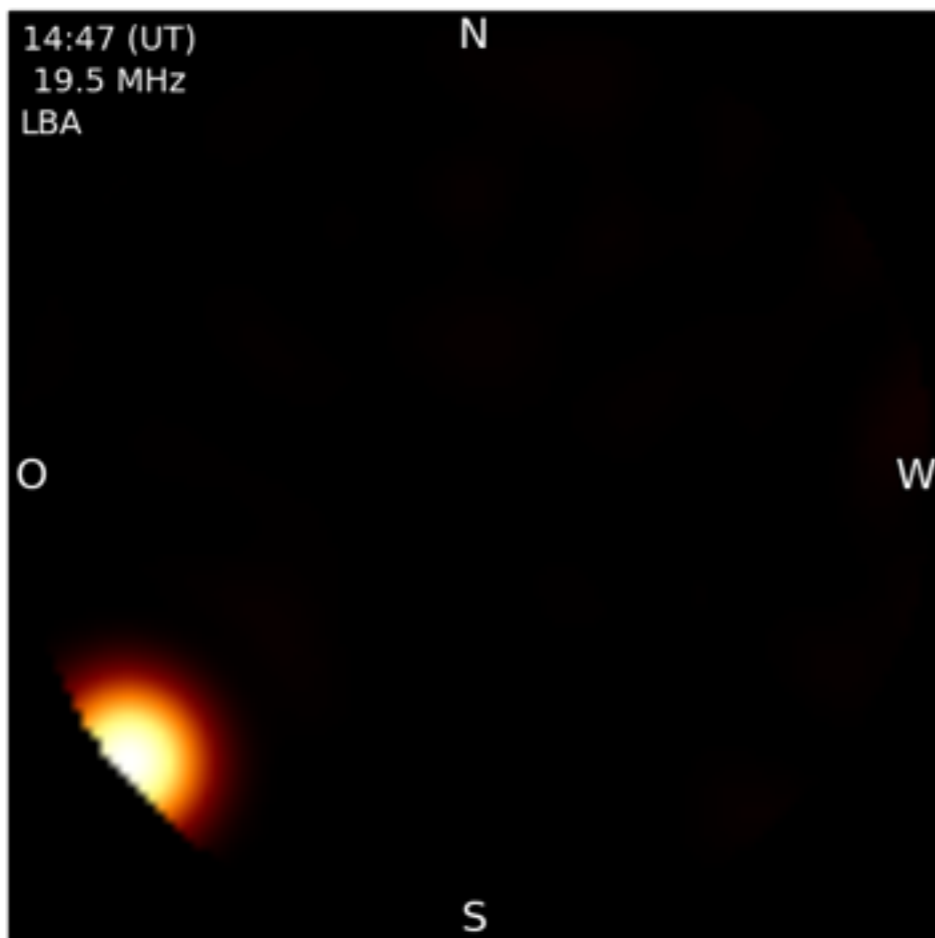
# Sonnenausbrüche ('Flares')



Radius Dichte



# Der aktuelle Radiohimmel über Tautenburg



## Kleinster auflösbarer Winkel eines Teleskops

$$\Delta\phi = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

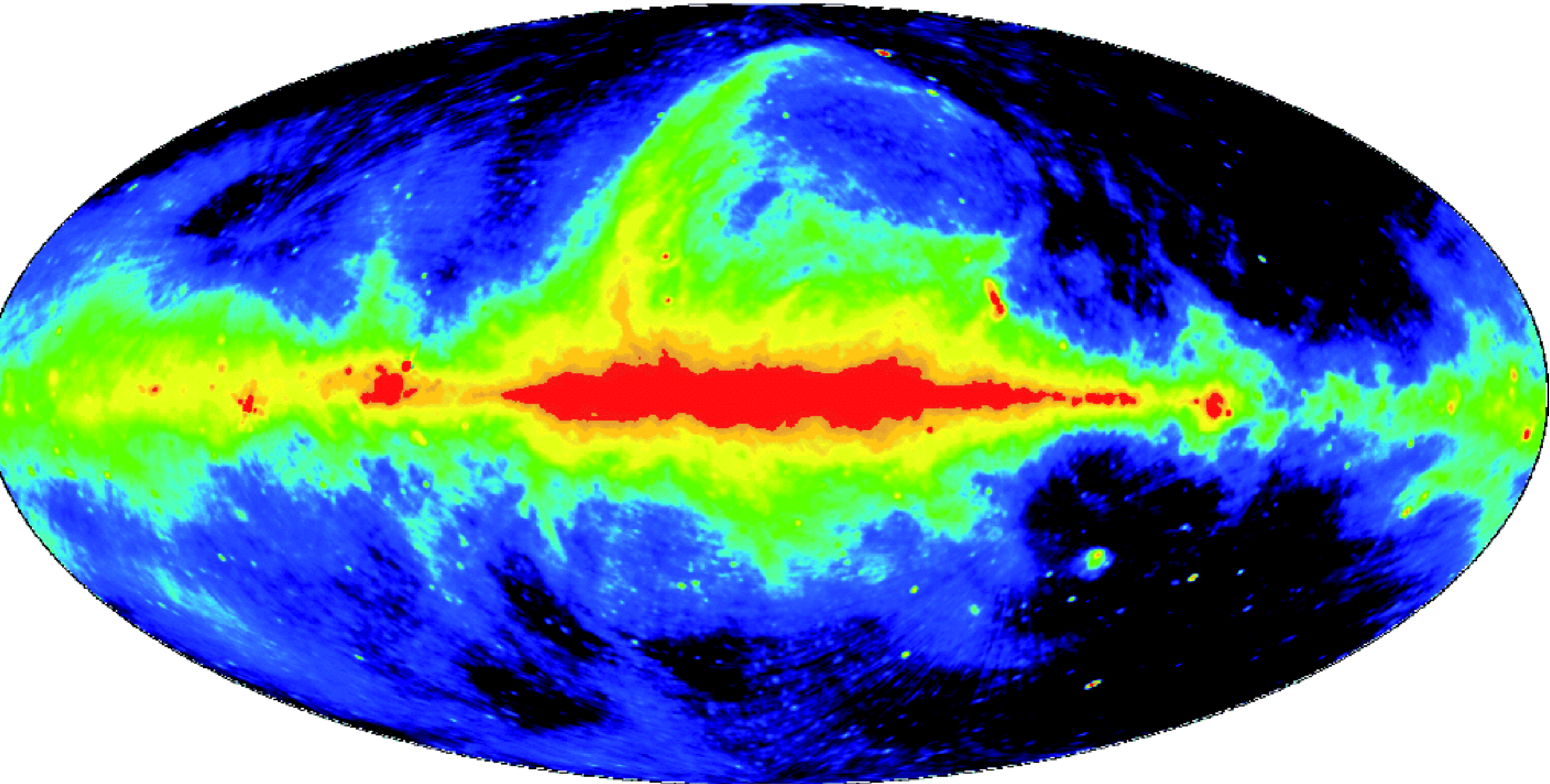
geometrische Sammelfläche: Teleskopfläche

$$A = \pi D^2$$



# Galaktische Emission

408 MHz



Jodrell-Bank 250-ft + Effelsberg 100-m + Parkes 64-m

# Elektrische Feldstärke im Fernfeld

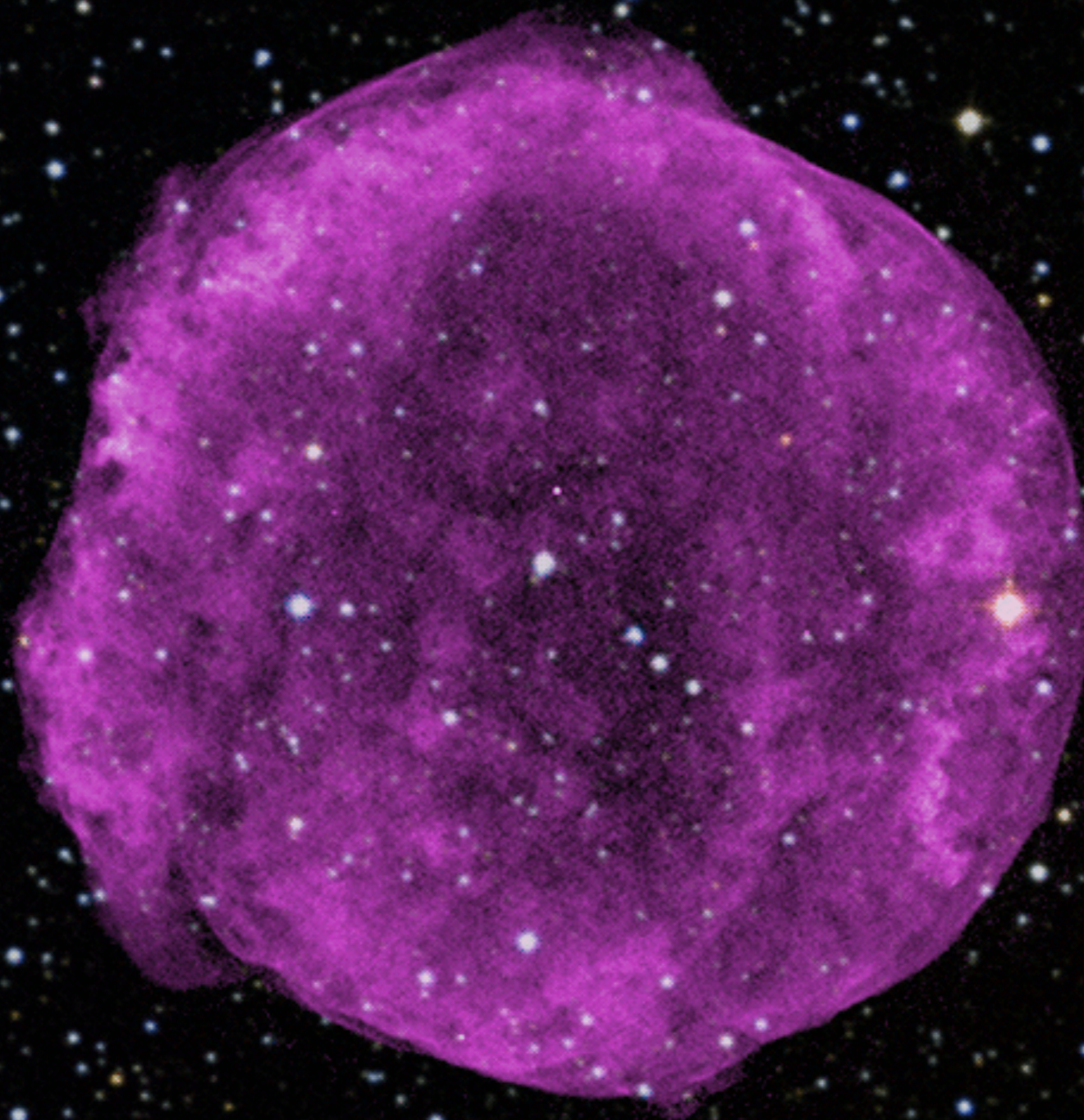
$$E \propto \ddot{x}$$

- Elektron erfährt i.d.R. stärkere Beschleunigung als Proton
- Ursachen der Beschleunigung:
  - Coulomb: Bremsstrahlung
  - Magnetfelder: Gyro- / Synchrotron
  - Kollektiv: Plasmastrahlung



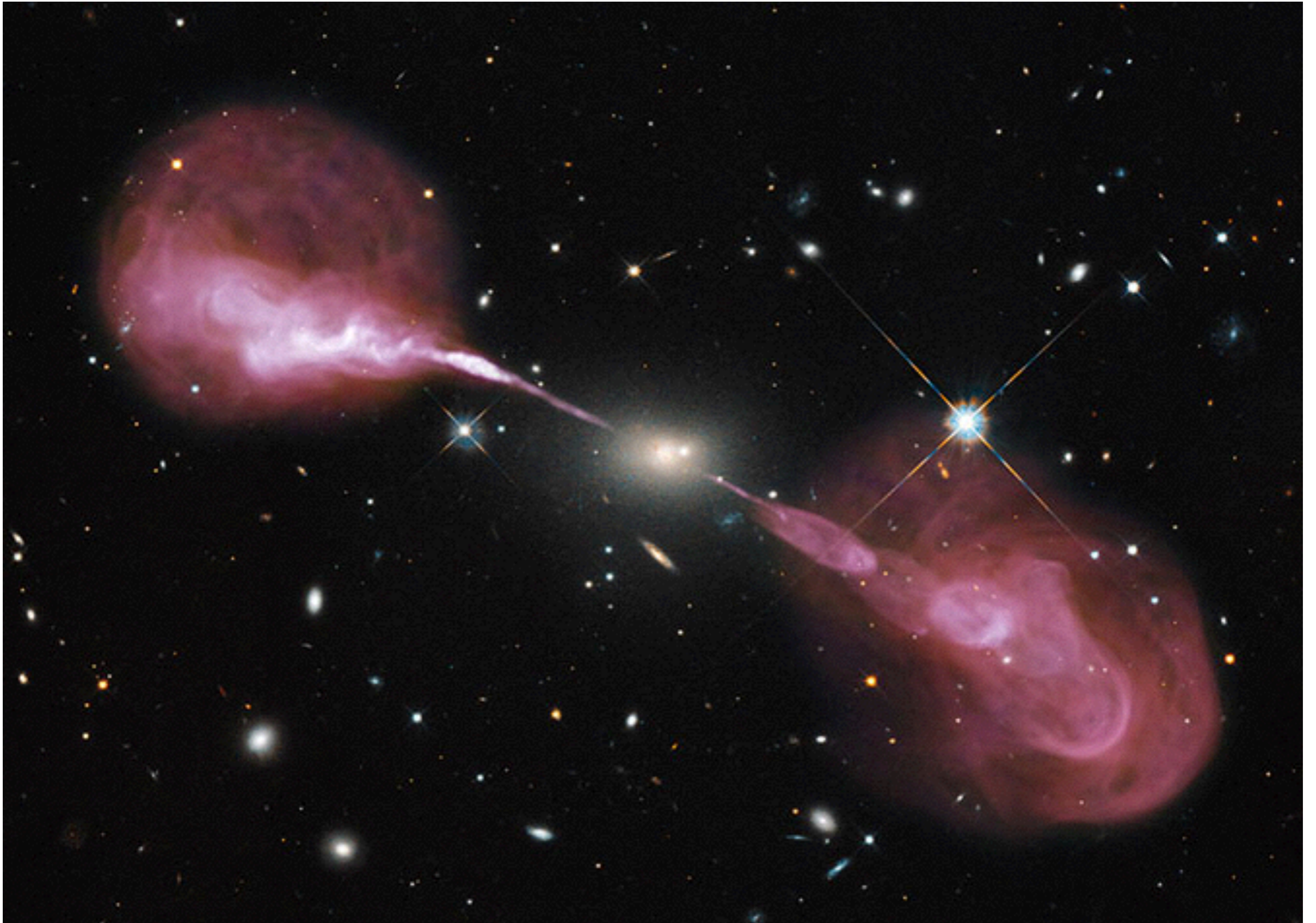
1983

Supernovaüberrest Tycho  
VLA 1.4 GHz





# Radiogalaxie Herkules A



NASA, ESA, S. Baum and C. O'Dea (RIT), R. Perley and W. Cotton



# Hubbles Entfernungsgesetz

$$v_r = H_0 D$$

$v_r$  : Radialgeschwindigkeit

$D$  : Entfernung

$H_0$  : Hubblekonstante

$$H_0 \sim 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

$$1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{18} \text{ cm}$$

# Rotverschiebung

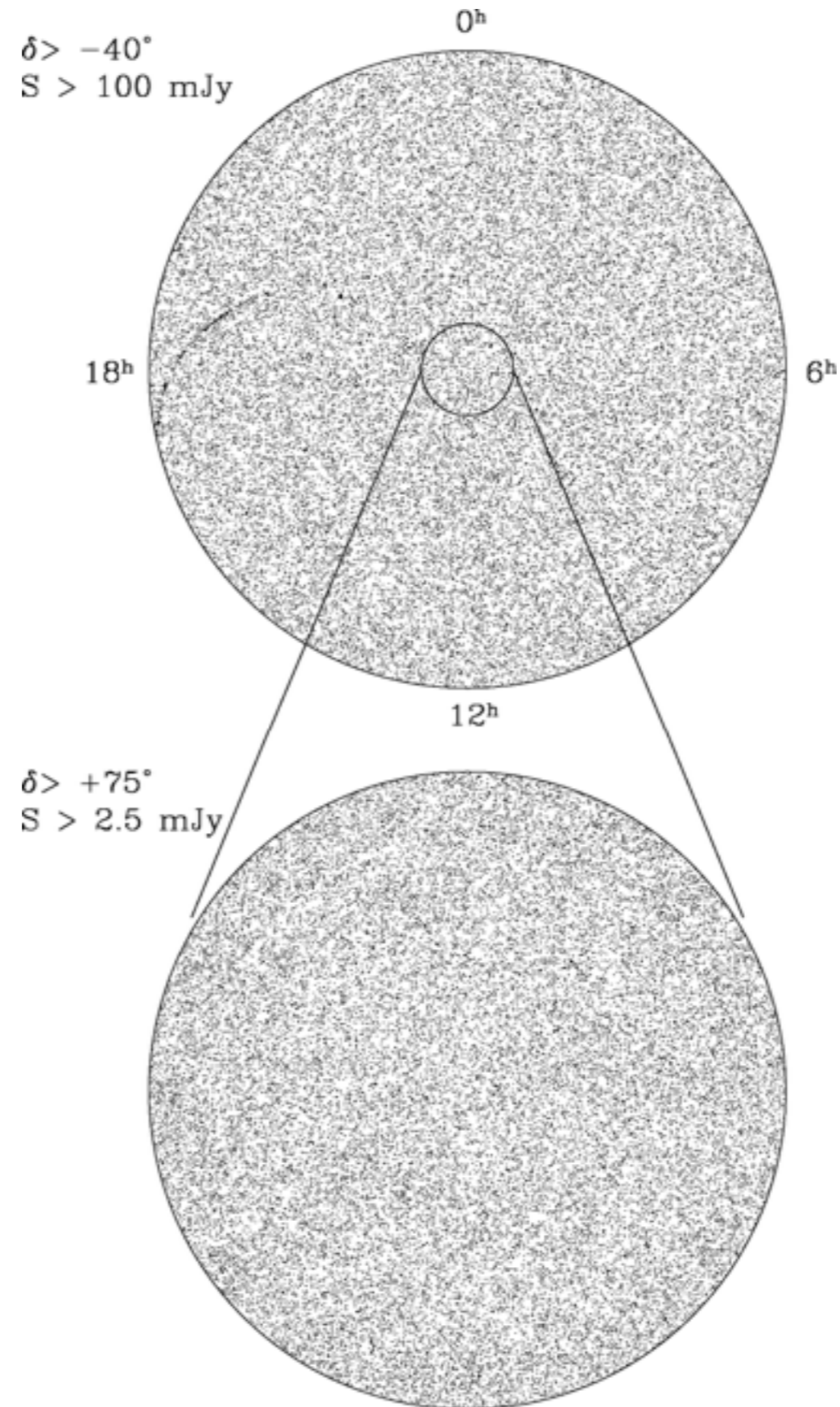
$$z = \frac{\lambda_{\text{rec}}}{\lambda_{\text{em}}} - 1$$

# Doppler-Effekt

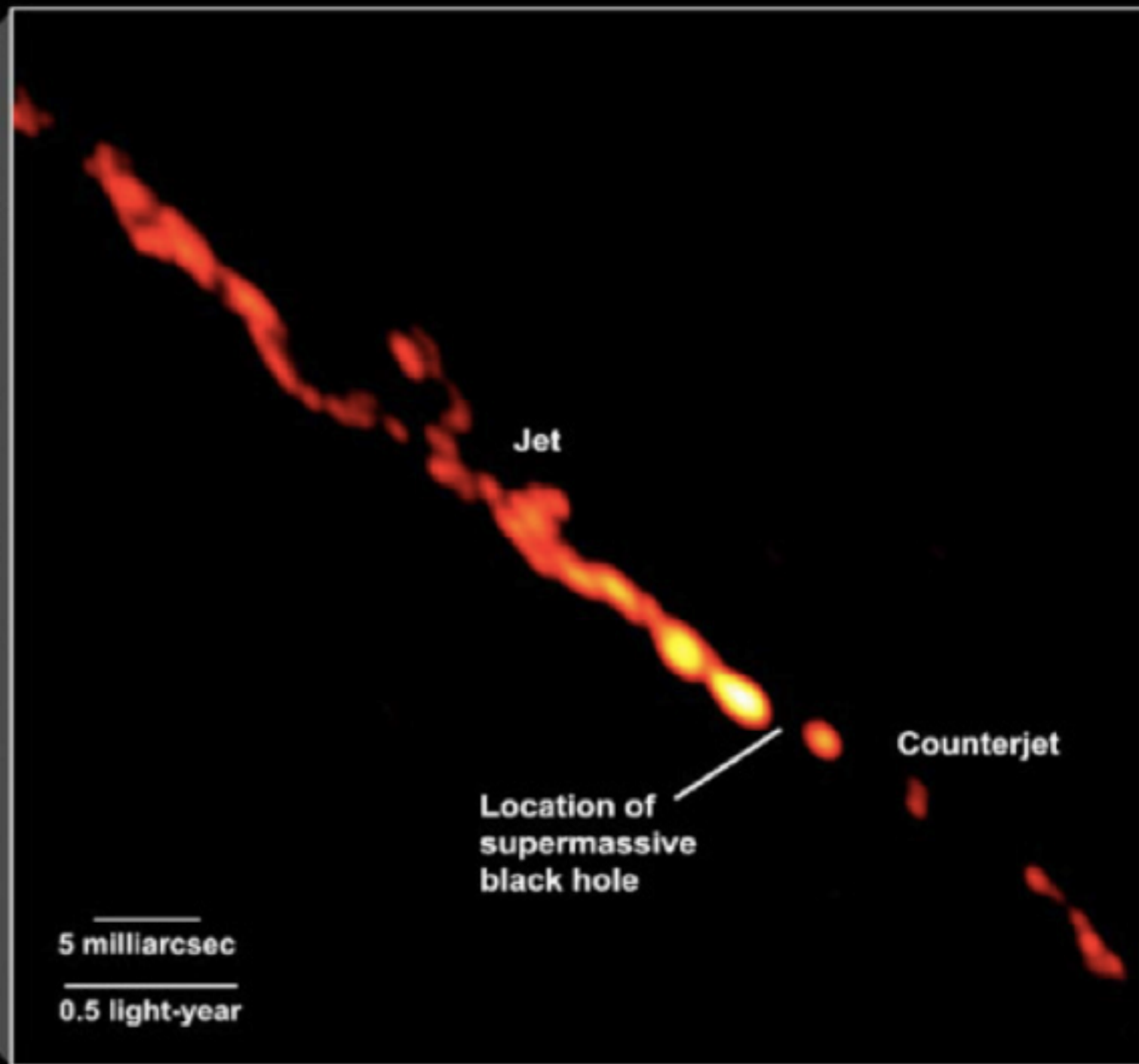
$$v_r = zc$$

(gilt auch für kosmologische Entfernungen)

# Verteilung der Radiogalaxien: isotrop

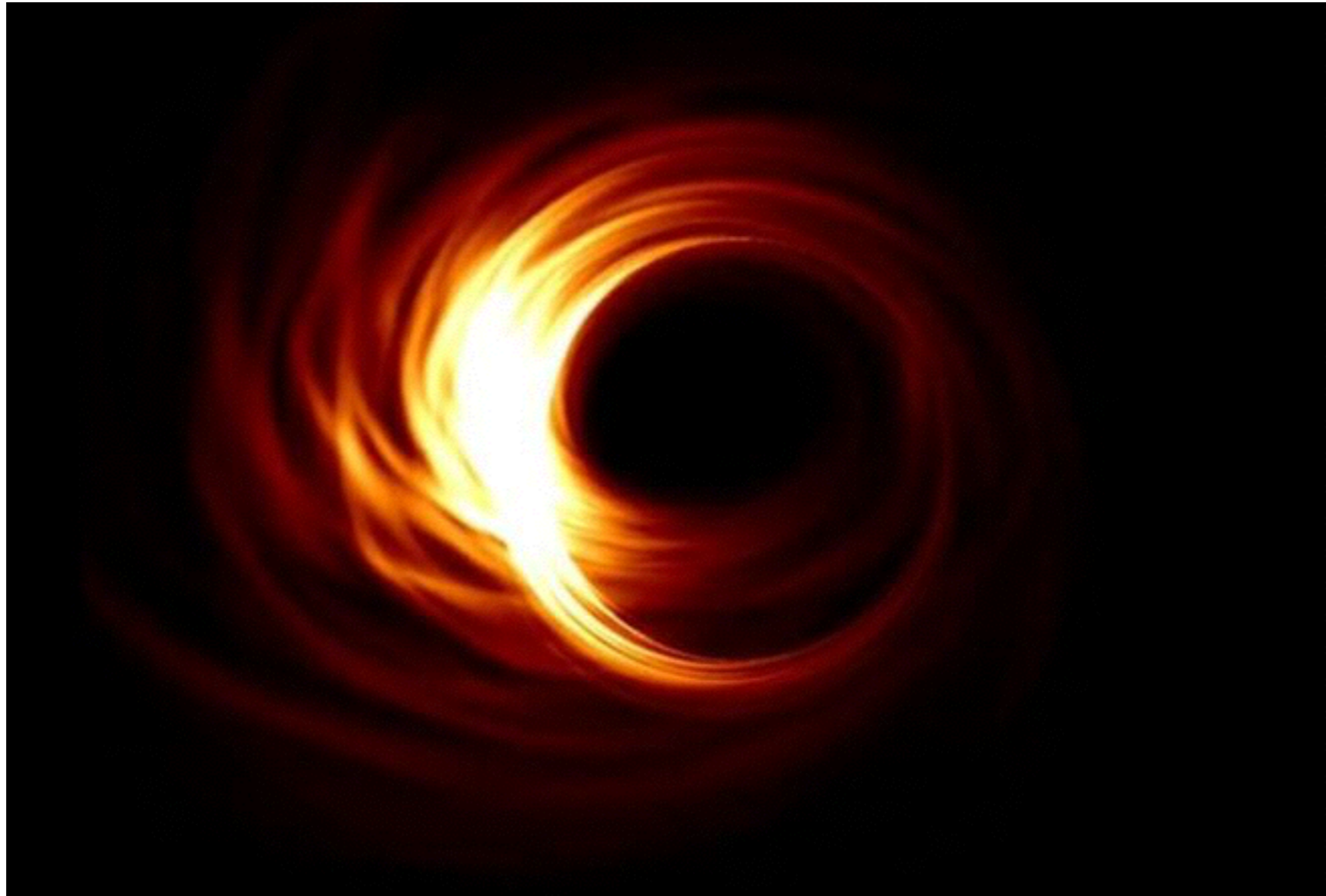


# Centaurus A's Inner Jets





# Event Horizon Telescope



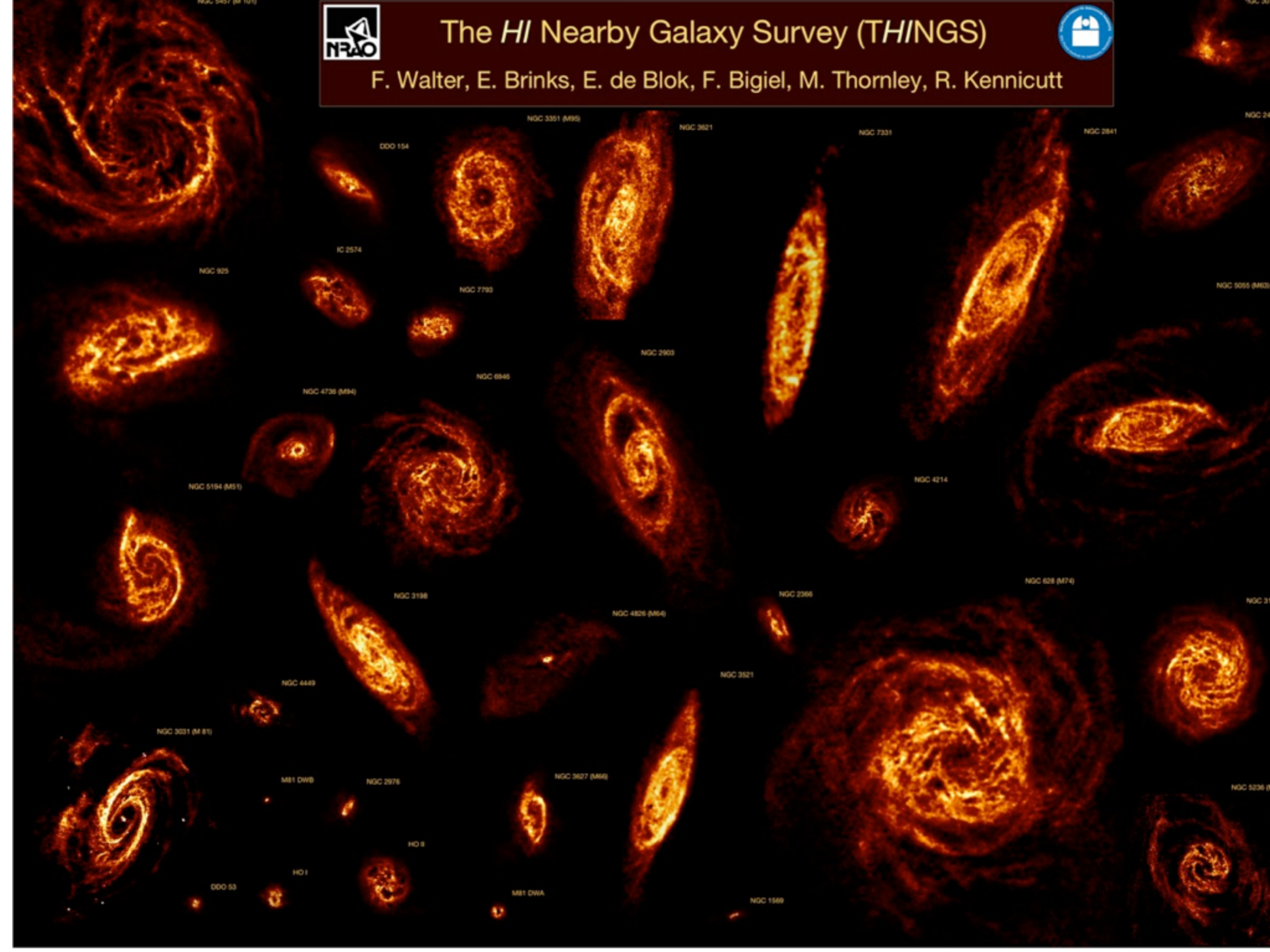




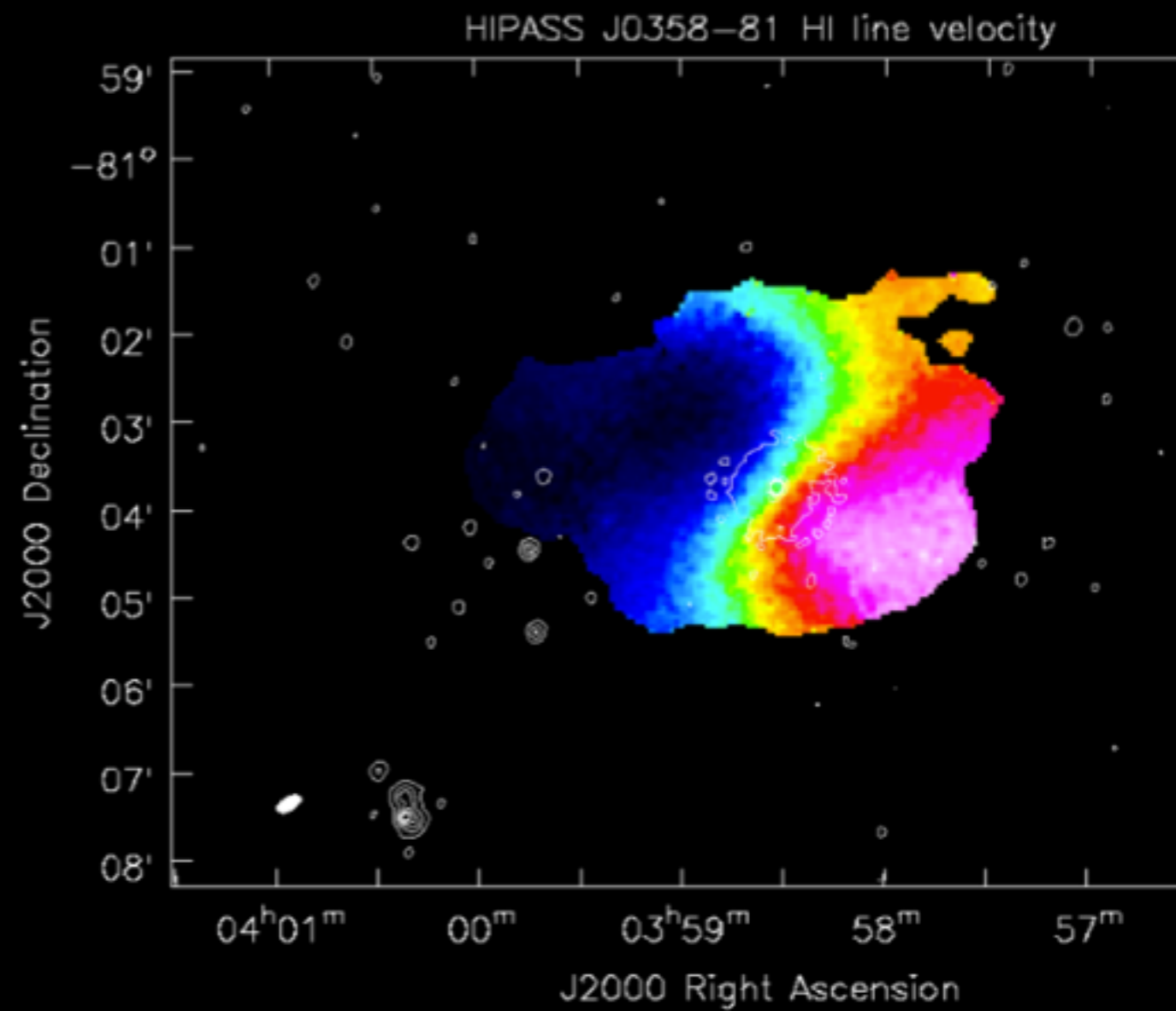
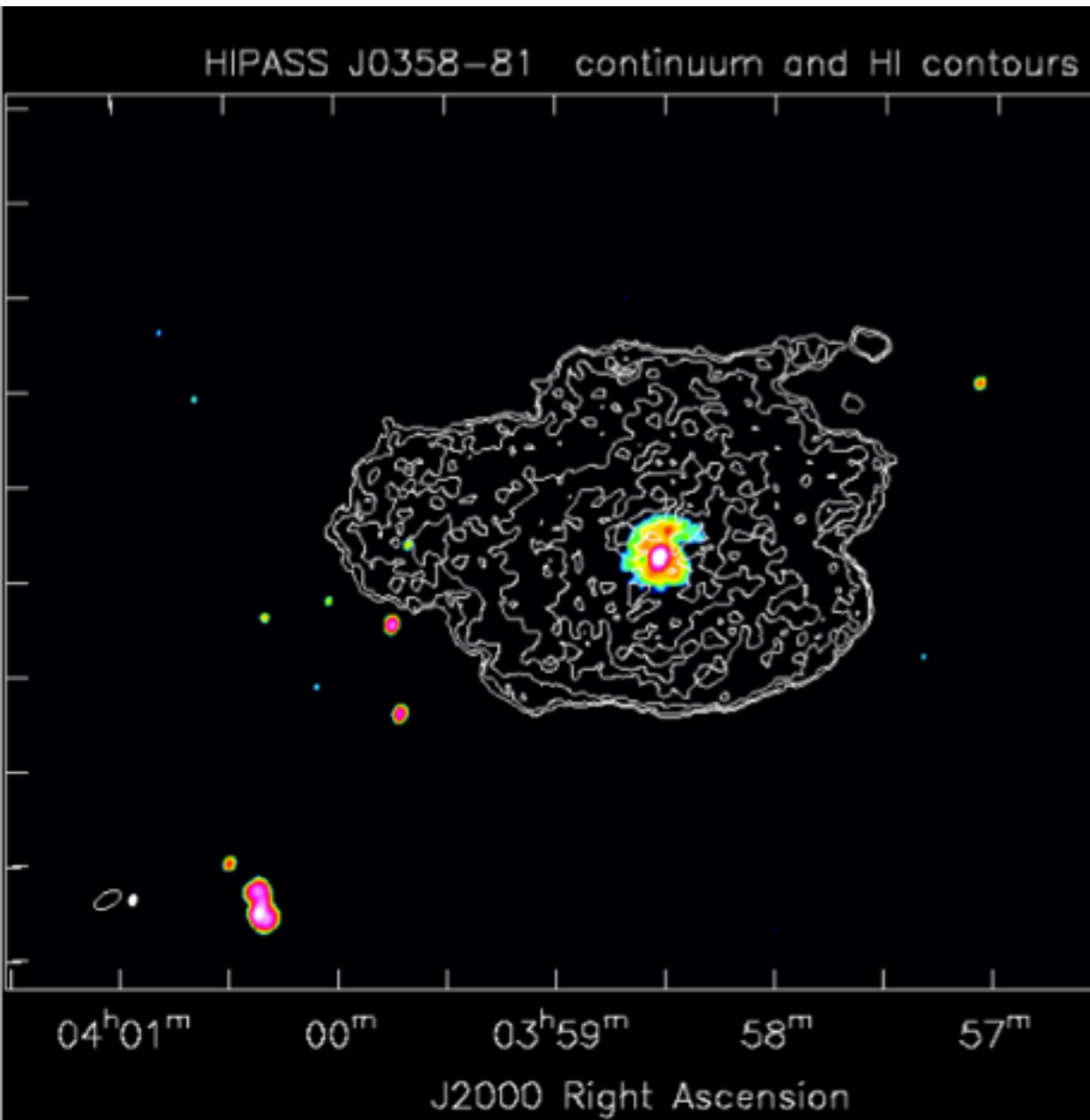
# The HI Nearby Galaxy Survey (THINGS)



F. Walter, E. Brinks, E. de Blok, F. Bigiel, M. Thornley, R. Kennicutt

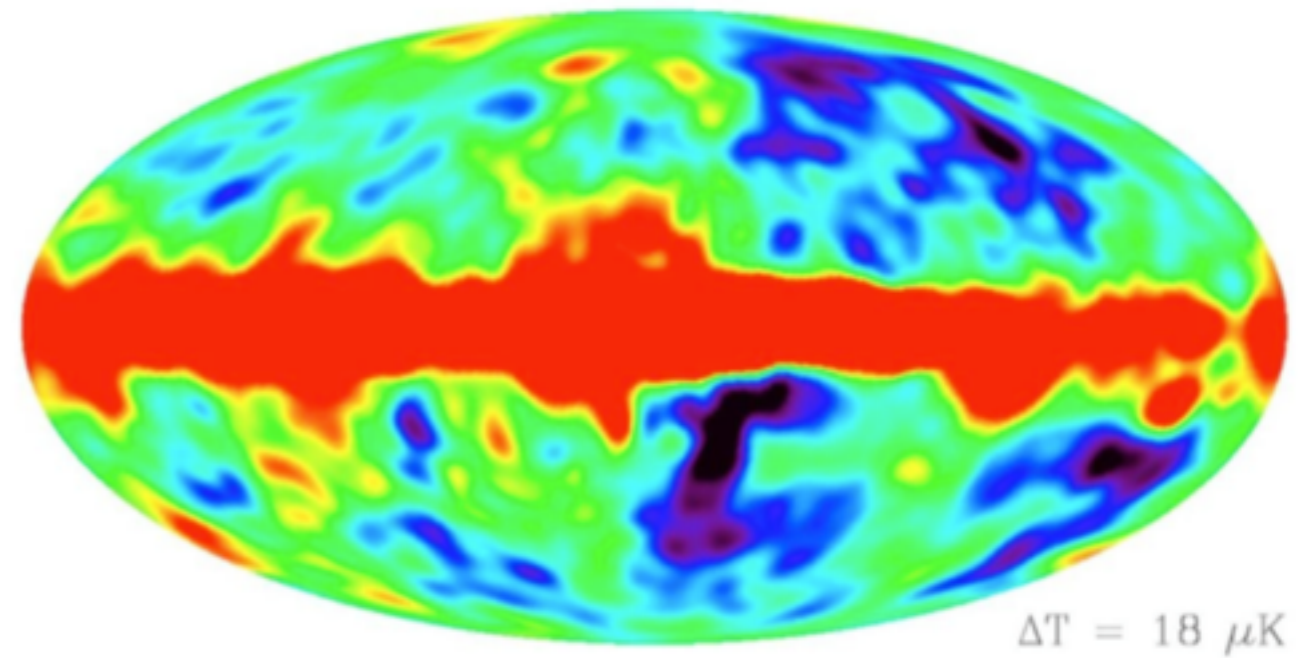
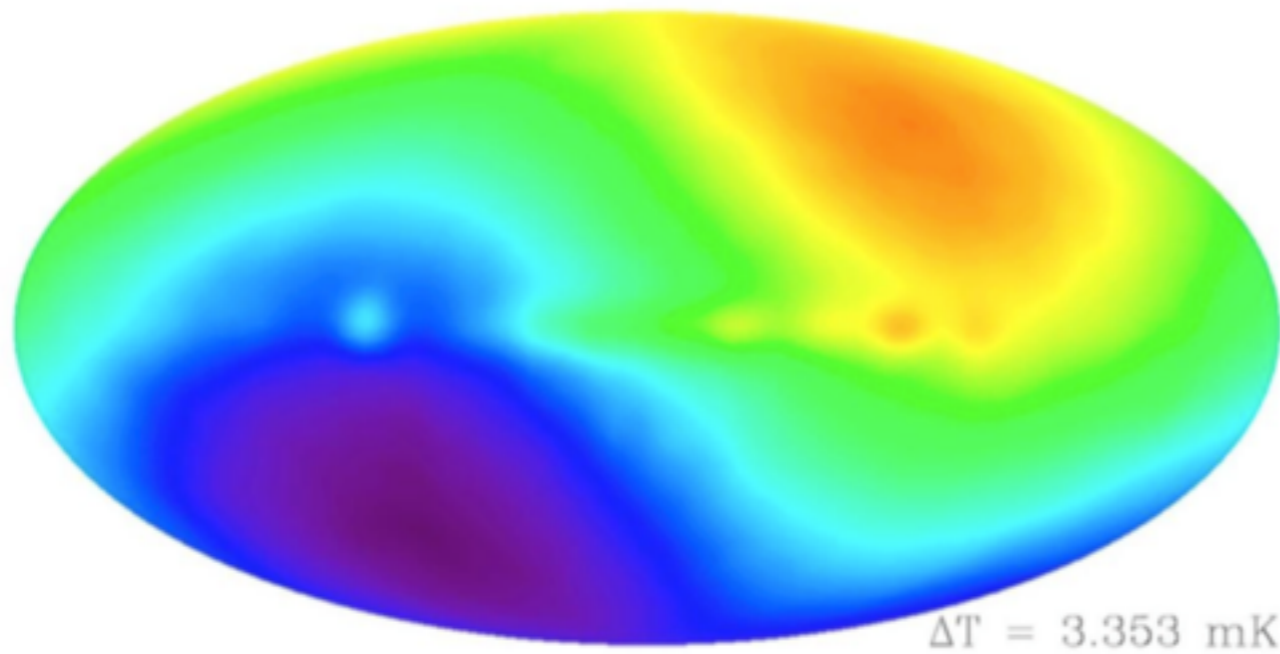


# Rotationskurven

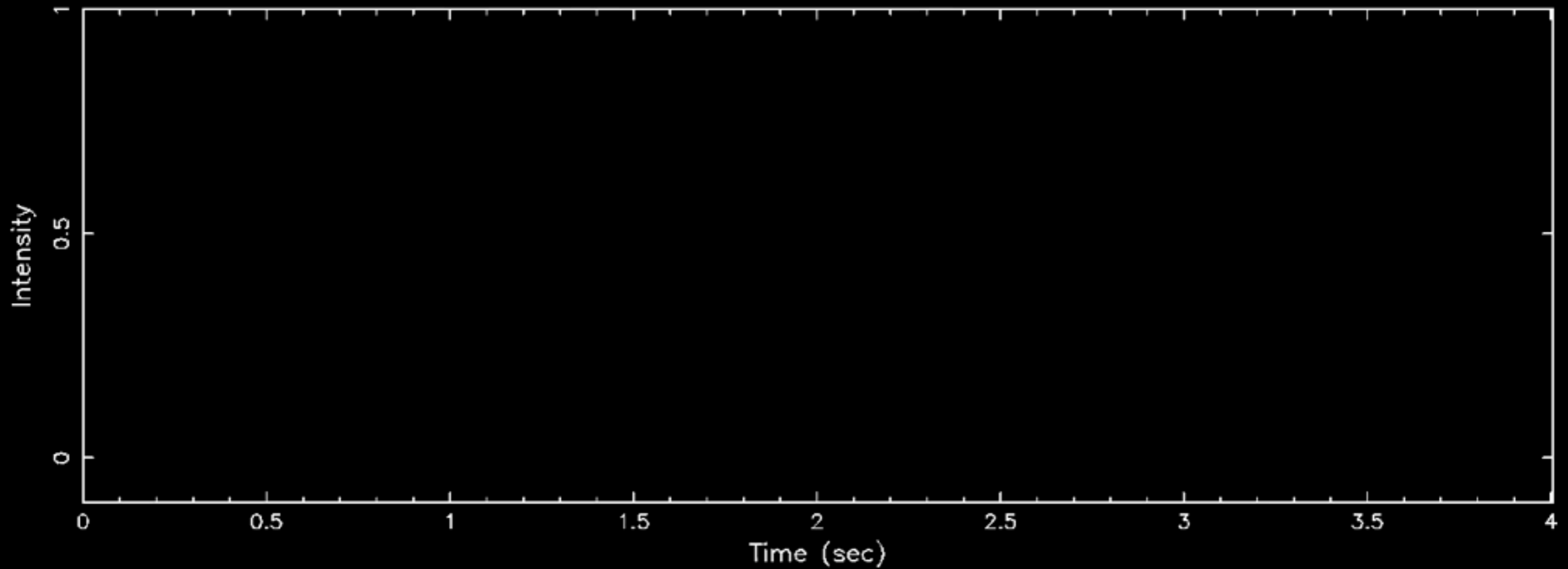




# Kosmischer Mikrowellenhintergrund



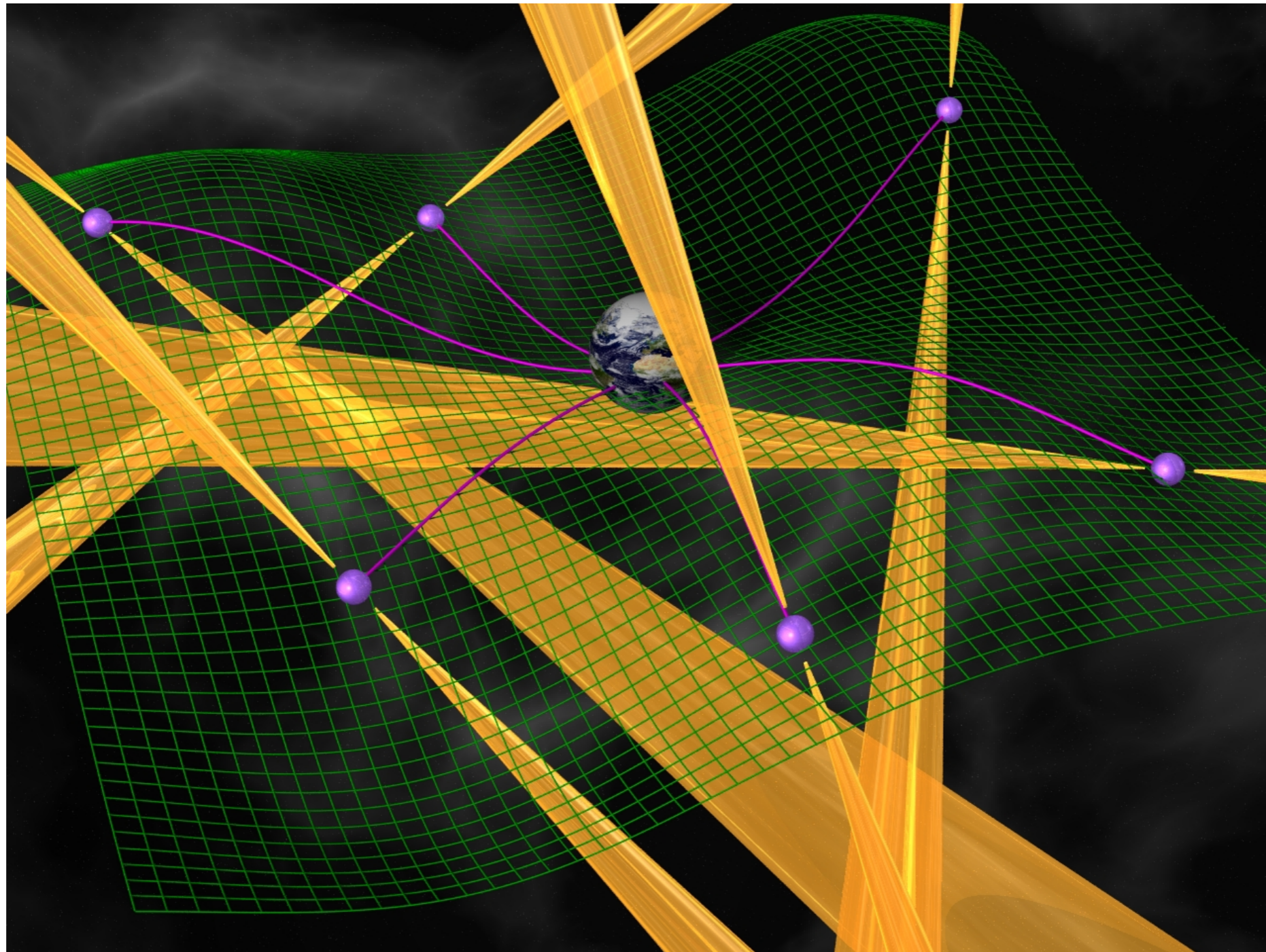
Pulsar B1055-52 observed with the Parkes telescope in Australia



© Jodrell Bank Centre for Astrophysics pulsar group

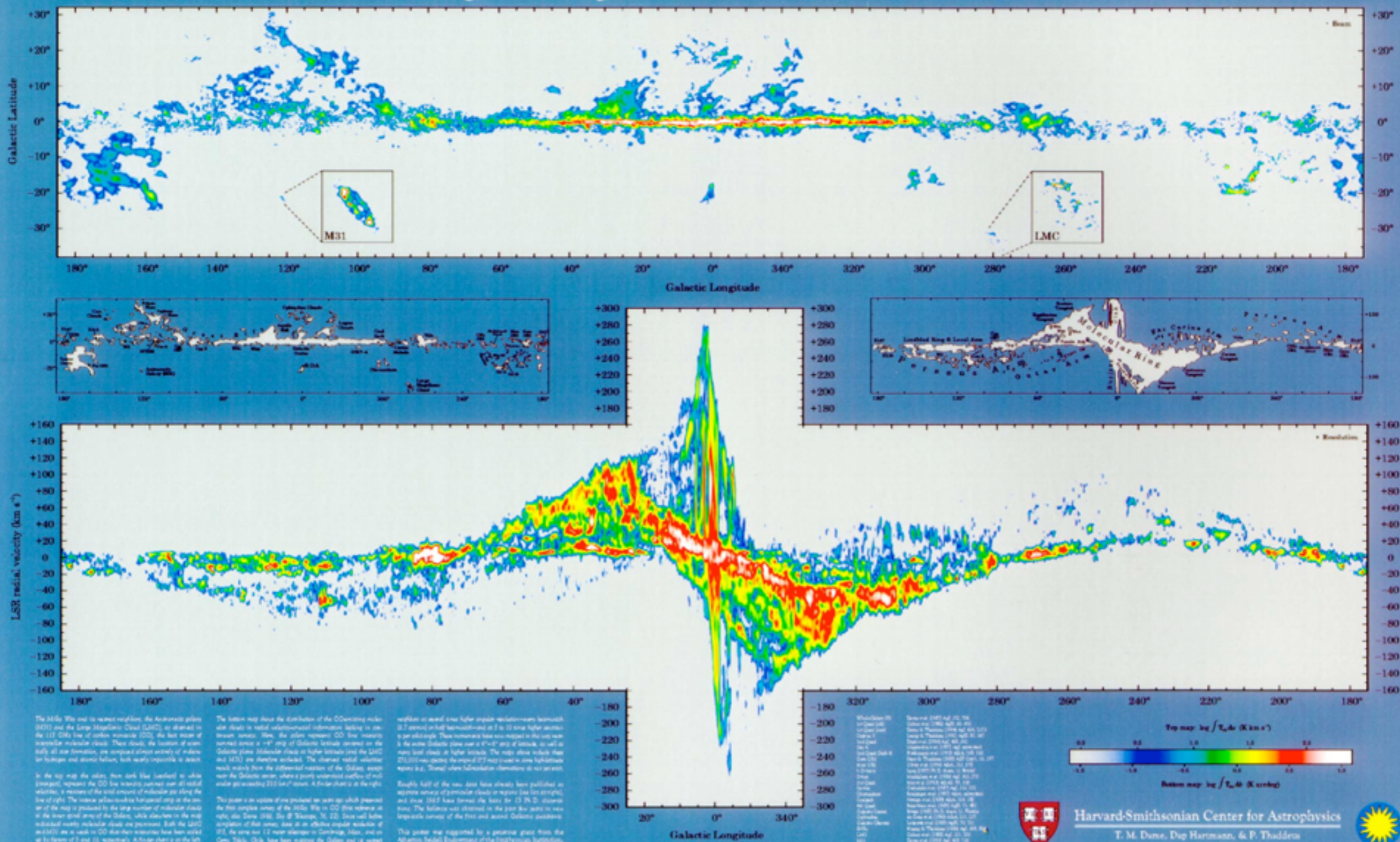


# Pulsare als Gravitationswellen-Detektoren





# The Milky Way in Molecular Clouds



The Milky Way and its nearest neighbors, the Andromeda galaxy (M31) and the Large Magellanic Cloud (LMC), are shown in the top panel. The color-coded map shows the distribution of molecular clouds in the Galactic plane. The color scale represents the intensity of the clouds, with red indicating the highest density. The map shows a clear concentration of clouds along the Galactic plane, with a prominent peak at Galactic Longitude 0°.

The bottom map shows the distribution of the CO-emitting molecular clouds in radial velocity space. The color scale represents the intensity of the clouds, with red indicating the highest density. The map shows a clear concentration of clouds at 0 km s<sup>-1</sup>, which corresponds to the Galactic rotation curve. The map also shows a secondary peak at approximately 100 km s<sup>-1</sup>, which is associated with the LMC and M31.

Several key features of the Milky Way molecular cloud distribution are highlighted in the figure. The color-coded map shows a clear concentration of clouds along the Galactic plane, with a prominent peak at Galactic Longitude 0°. The bottom map shows a clear concentration of clouds at 0 km s<sup>-1</sup>, which corresponds to the Galactic rotation curve. The map also shows a secondary peak at approximately 100 km s<sup>-1</sup>, which is associated with the LMC and M31.

The figure is supported by a grant from the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. The color-coded map shows the distribution of molecular clouds in the Galactic plane. The color scale represents the intensity of the clouds, with red indicating the highest density. The map shows a clear concentration of clouds along the Galactic plane, with a prominent peak at Galactic Longitude 0°.

The figure is supported by a grant from the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. The color-coded map shows the distribution of molecular clouds in the Galactic plane. The color scale represents the intensity of the clouds, with red indicating the highest density. The map shows a clear concentration of clouds along the Galactic plane, with a prominent peak at Galactic Longitude 0°.

The figure is supported by a grant from the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. The color-coded map shows the distribution of molecular clouds in the Galactic plane. The color scale represents the intensity of the clouds, with red indicating the highest density. The map shows a clear concentration of clouds along the Galactic plane, with a prominent peak at Galactic Longitude 0°.

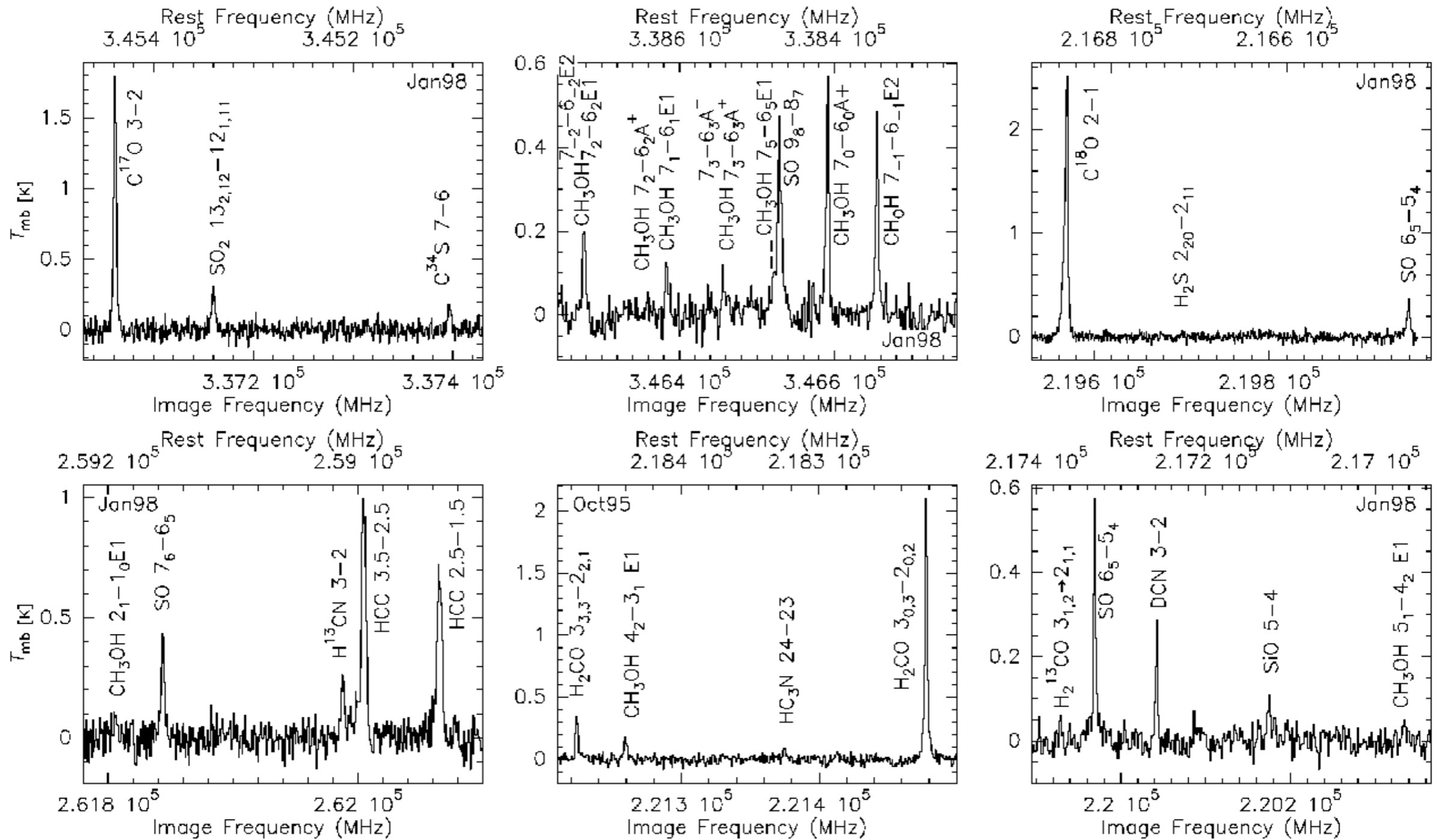


Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics  
T. M. Dame, Dup Hermann, & P. Thaddeus





# Linienpektren eines Molekülwolkenkerns NGC 2264 IRS1





# ATLASGAL mit APEX



[www.eso.org](http://www.eso.org)

orange: 0.87 mm, blau: Spitzer IR, rot Planck

[https://www.eso.org/public/archives/videos/large\\_qt/eso0924a.mov](https://www.eso.org/public/archives/videos/large_qt/eso0924a.mov)

# Ein Empfänger für kosmische Signale



kosmische Quellen:

Emission ist nicht kohärent (i.d.R.)

Detektoren registrieren 'Rauschen'



Spaß am Entdecken

# DETEKTOR-RADIO

**Radiohören als wissenschaftliches Abenteuer**

- Was beeinflusst den Empfangsbereich?
- Der Dreh mit der Spule
- Antennenforschung
- Wozu Erdung?
- Wie der Ohrhörer Laute erzeugt



**20**  
EXPERIMENTE



jugend  forsch  
schüler experimentieren

***mach mit***

# START



# Erster Nachweis kosmischer Radiostrahlung

20 MHz (15 m)  
Karl Jansky 1931  
(USA)



“The data give for the coordinates of the region from which the disturbance comes a right ascension of 18 hours and a declination of -10 degrees.”  
Karl G. Jansky



# Low Frequency Array Station in Tautenburg





# Das erste Radioteleskop

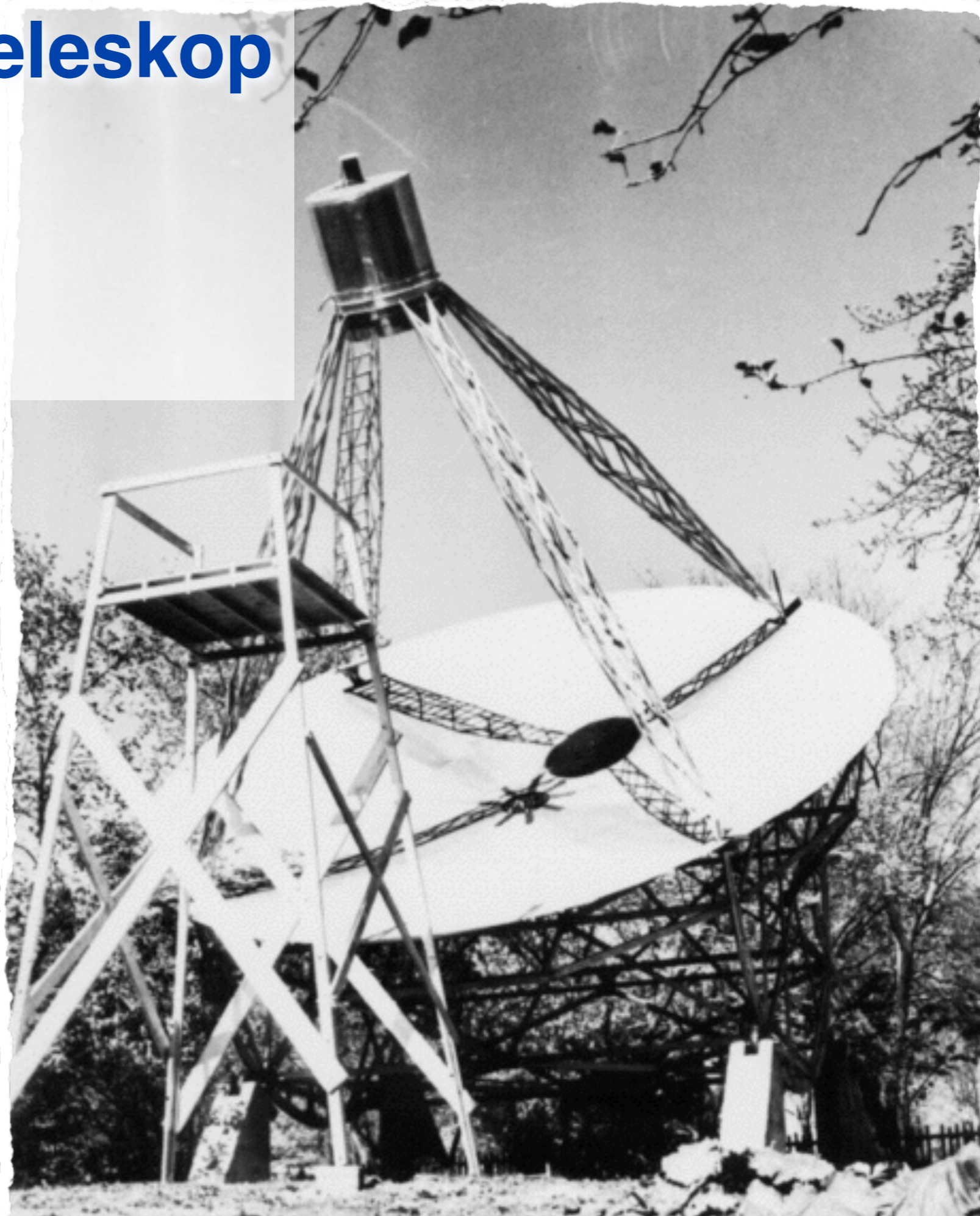
Grote Reber, Illinois, 1937

Durchmesser: 9m

3,3 GHz: keine Entdeckung

900 MHz: keine Entdeckung

160 MHz: erste Entdeckung!!





# Effelsberg

Durchmesser 100 m





# Areceibo Observatory

Durchmesser 305 m



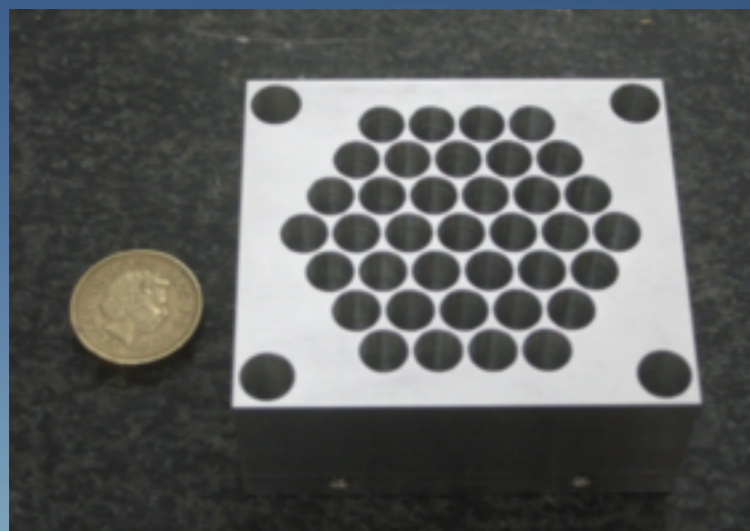


# Very Large Array Interferometrie





# IRAM





ALMA







# Organisatorisches

## Vorlesung

Montag 10:15 - 11:45

Seminarraum Sternwarte Schillergässchen

Medien, Tafel

## Übung

Montag 12:00 - 13:30

Seminarraum Sternwarte Schillergässchen

Präsentationen der Aufgaben durch Studenten

Übungen

## Klausur

Mindestens 50% der Übungsaufgaben erfolgreich bearbeitet

## Leistungspunkte

6



Modulnummer:	
Modulbezeichnung:	<b>Einführung in die Radioastronomie</b>
Modulverantwortliche(r), Dozent:	PD Dr. habil Katharina Schreyer, Dr. Matthias Hoefft
Sprache:	deutsch
Zuordnung zu den Studiengängen:	Wahlflichtmodul für Master Physik, Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Zyklus)	alle 2 Jahre im Wintersemester, in geraden Jahren
Dauer des Moduls:	1 Semester
Lehrform / SWS:	Vorlesung 2 SWS, Übung 2 SWS
Arbeitsaufwand (work load):	<u>Präsenzstunden:</u> Vorlesung: 30, Übung 30 <u>Selbststudium:</u> Nacharbeit, Lösen von Übungsaufgaben 90 Prüfungsvorbereitung: 30 <u>Gesamtarbeitsaufwand:</u> 180 Stunden
Leistungspunkte (ECTS credits):	6
Voraussetzungen:	Inhalte des Moduls Einführung in die Astronomie
Lernziele / Kompetenzen:	Vermittlung grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Radioastronomie (Submm bis Meterwellenlängen) Fähigkeiten, eigene Beobachtungen mit einem Radioteleskopen vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten
Inhalt:	Antennentechnik & -parameter, Empfängertypen, Backends, Arbeitsweise von Einzelteleskopen und Radiointerferometern Kalibration von Radiomessungen, Datenanalyse und Interpretation, Anwendungsbeispiele Kosmische Radiostrahler: Radiokontinuumsstrahlung und Radiolinienspektren
Voraussetzungen für die Zulassung zur Modulprüfung (Prüfungsvorleistungen)	Regelmäßige Teilnahme an der Vorlesung und Abgabe der Übungsaufgaben (mindestens 80%)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform):	Erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Klausur oder mündliche Prüfung am Ende des Semesters (Art der Prüfung und Wiederholung der Prüfung wird zu Beginn der Vorlesung bekannt gegeben)
Medienformen:	Medienunterstützte Vorlesung (Tafel, Overheadfolien, Beamer) mit Übungen
Literatur:	Rohlfs, Tools of Radio Astronomy (Springer) Burke, Graham-Smith, An introduction to radio astronomy (Cambridge Univ. Press) Thompson, Interferometry and synthesis in radio astronomy (Wiley) Wilson, Tools of radio astronomy: problems and solutions (Springer)

ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS LIBRARY

T.L. Wilson  
K. Rohlfs  
S. Hüttemeister

# Tools of Radio Astronomy

*Fifth Edition*



 Springer

AN INTRODUCTION TO

# Radio Astronomy

Bernard F. Burke and F. Graham-Smith

THIRD EDITION

CAMBRIDGE



# Übungsblätter

ein Übungsblatt zu jeder VL (max. 12)

abgeben zu Beginn der Übung in darauf folgender Woche

Präsentation der Lösung (auch) durch Studenten





# Definition “Intensität”

equivalent Flächenhelligkeit, engl. brightness, intensity, or specific intensity,

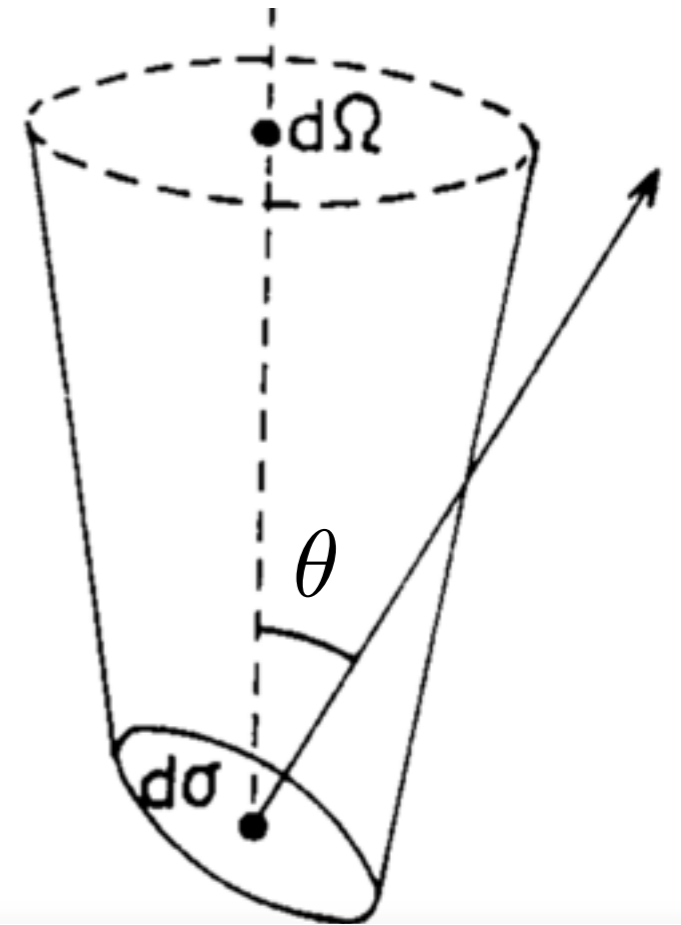
$$\frac{dP_{\nu, \text{rec}}}{d\sigma d\nu d\Omega \cos \theta} =: I_{\nu}$$

$dP_{\nu, \text{rec}}$  : registrierte Leistung

$d\sigma$  : infinitesimale Detektorfläche

$d\nu$  : infinitesimal Detektorbandbreite

$d\theta$  : Winkel Flächennormale Beob.-Richtung



- ‘Intensität’ ist Eigenschaft auf Sphäre um Detektor  
Entfernung der Quelle spielt keine Rolle

z.B. Sonne hat eine Intensität von

$$1.8 \times 10^{-17} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1} \text{ sr}^{-1} \quad @ 100 \text{ MHz}$$

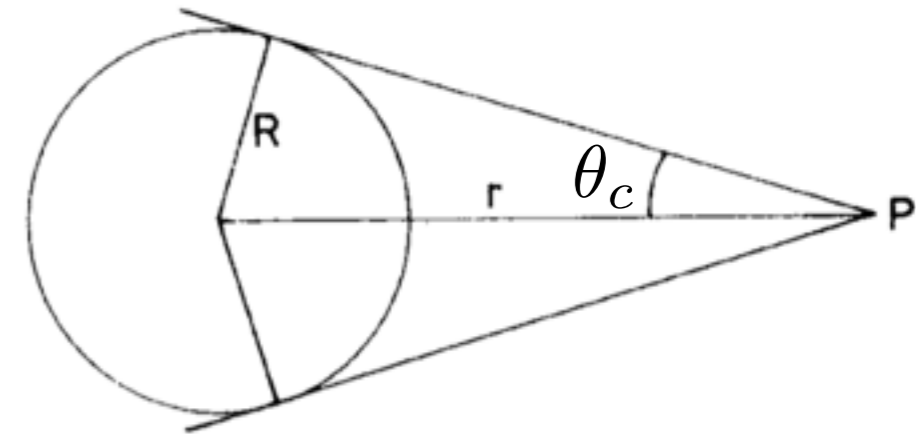
- Energiedichte  $u_{\nu} = \frac{1}{c} I_{\nu}$

# Definition “Fluss”

auch Flussdichte, engl. flux, flux density

$$S_\nu = \int_{\Omega_s} d\Omega I_\nu(\theta, \phi) \cos \theta$$

- Beispiel Sonnenscheibe mit homogener Intensität



$$S_\nu = \int_{\Omega_s} d\Omega I_\nu \cos \theta = 2\pi I_\nu \int_0^{\theta_c} d\theta \sin \theta \cos \theta$$

$$\sin \theta_c = \frac{R}{r}$$

$$S_\nu = I_\nu \pi \sin^2 \theta_c = I_\nu \Delta\Omega$$

Entfernung zur Sonne: 150 mio km, Durchmesser Sonne: 1.4 mio km

$$\theta_{c,\text{Sonne}} = 0.0093$$



$$S_{100\text{MHz},\text{Sonne}} = 5 \times 10^{-21} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$

## Definition “Jansky”

$$1 \text{ Jy} = 10^{-23} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$

$$S_{100\text{MHz},\text{Sonne}} \sim 500 \text{ Jy}$$

- Punktquelle in Entfernung  $r$  mit isotrop abgestrahlter Leistung verursacht den Fluss

$$S_\nu = \frac{P_\nu}{4\pi r^2}$$

$$S_\nu(\nu) = \frac{P_\nu(\nu \times (1+z))}{P_\nu(\nu)} \frac{1}{1+z} \frac{P_\nu(\nu)}{4\pi r^2} \quad (\text{kosmologisch})$$

# Zusammenfassung

- Radiofenster: meter bis submm
- Ionosphäre verursacht 'Plasmakante'
- typische Strahlungsquellen:
  - Synchrotron, neutraler Wasserstoff, Moleküllinien
  - beschleunigte Ladung erzeugt E-Feld
- Auflösungsvermögen eines Teleskops
- geometrische Sammelfläche
- Rotverschiebung
- Hubbles Entfernungsgesetz, Hubblekonstante
- Intensität (Flächenhelligkeit, brightness, intensity)
- Fluss
- Maßeinheit für Fluss: Jansky