

# SOFIA – Erste Wissenschaftsflüge über Europa

Bernhard Schulz

Deputy Director

*SOFIA Science Mission Operations Center  
NASA Ames (Moffet Field, Kalifornien, USA)*



*Deutsches SOFIA Institut (DSI)  
Universität Stuttgart*



# Infrarot Flugzeugobservatorien

Learjet • 1968



Spiegel 30 cm

KAO • 1975



Spiegel 90 cm



bis ~13km Höhe

SOFIA • 2014

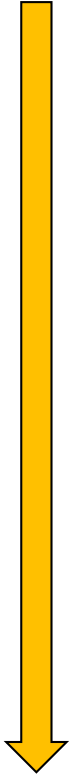


Spiegel 270 cm

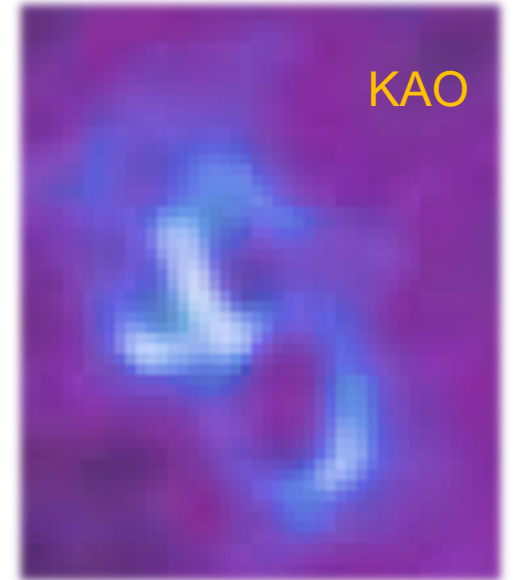


Mehr Licht

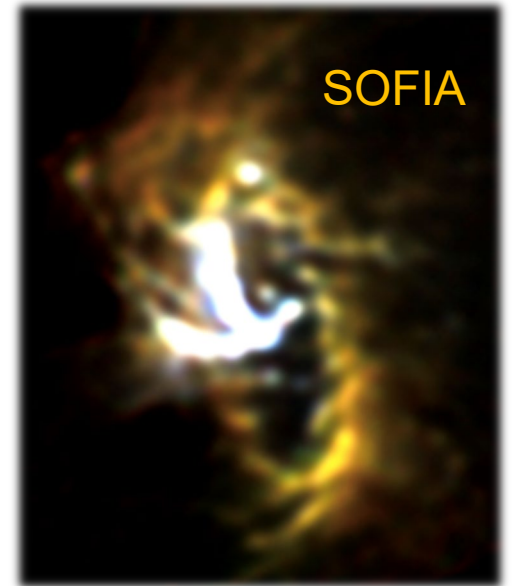
Schärfere Bilder



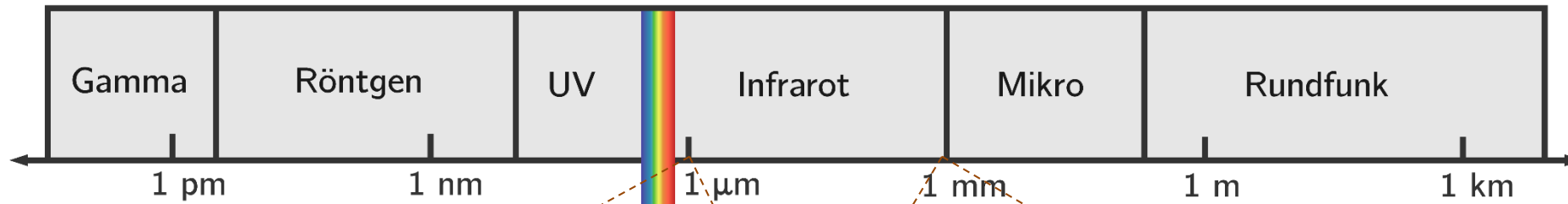
KAO



SOFIA



Quelle: NASA/SOFIA/L. Proudfit

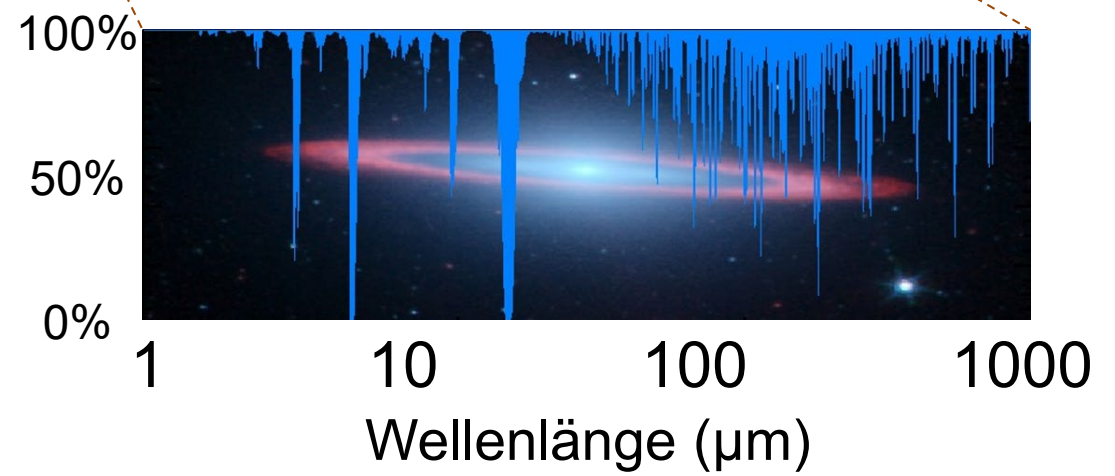
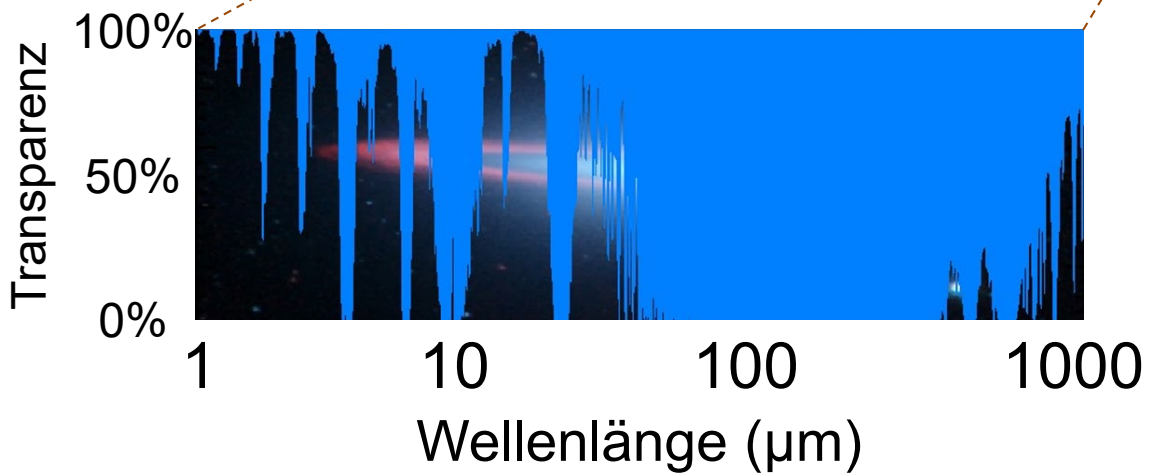


Wellenlänge

Licht

Berggipfel  
(Mauna Kea Hawaii)

Stratosphäre  
(SOFIA)



Quelle: Teile von quant.uni-graz.at



# Eigenschaften des Infrarot: Beispiel Pferdekopfnebel

Sichtbares Licht

Nahes-Infrarot  
Staub wird transparent

Mittleres-Infrarot  
Staub beginnt zu leuchten

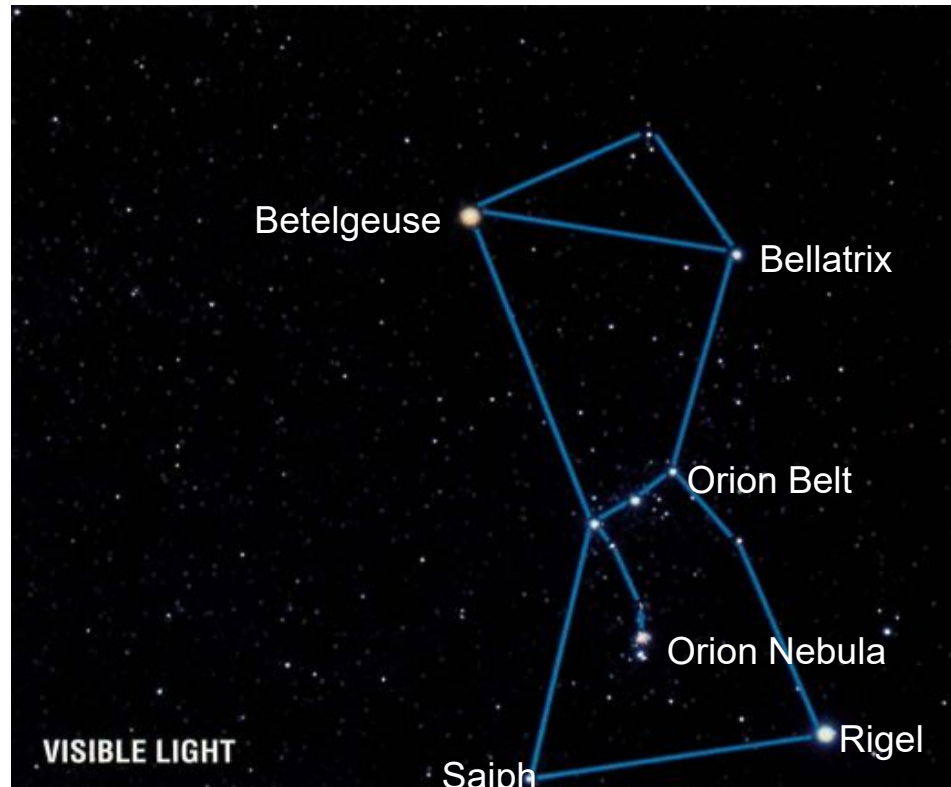


Sichtbares Licht (© Howard McCallon), Nahes-Infrarot (2MASS), und Mittleres-Infrarot (ISO) Bildzusammenstellung Robert Hurt.

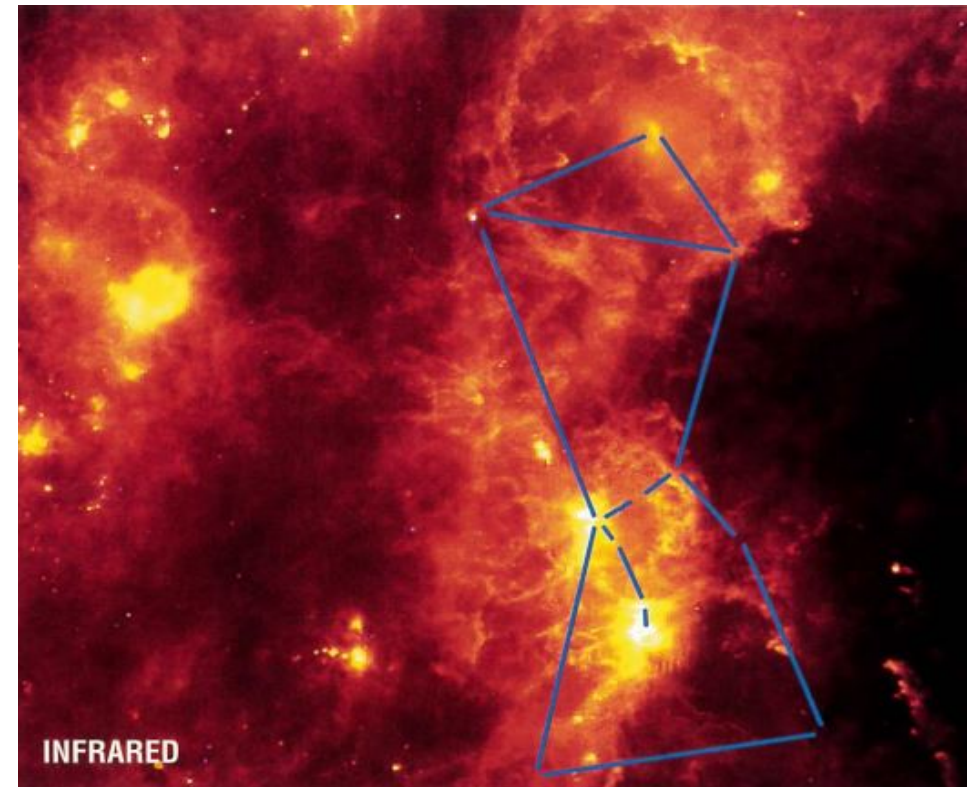
# Eigenschaften des Infrarot: Beispiel Orion

Der kälteste Staub strahlt im fernen Infrarot

Sichtbares Licht



Fernes Infrarot

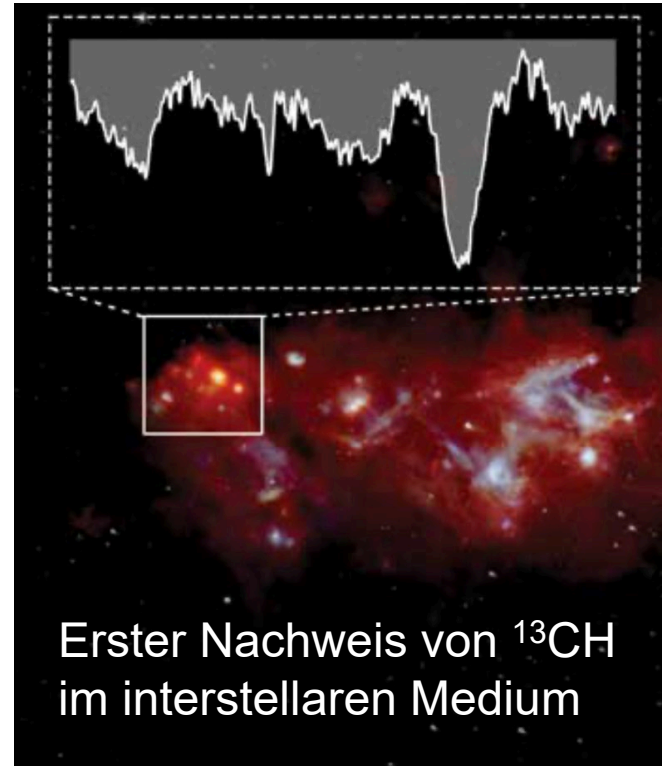
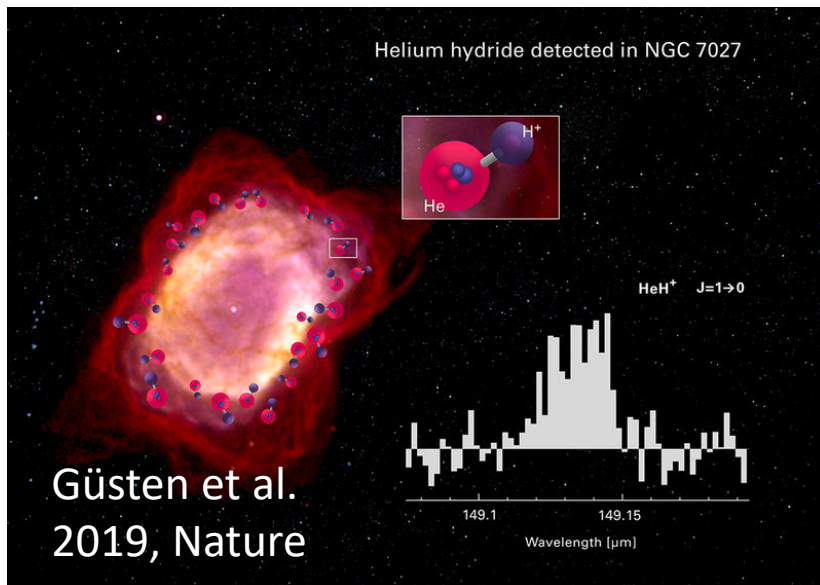


Bilder: Sichtbares Light: Akira Fujii; Infrarot: Infrared Astronomical satellite IRAS

# Infrarot-Spektroskopie und Infrarot-Polarimetrie

Nachweis von Atomen und Molekülen durch Spektroskopie

Erster Nachweis von Heliumhydrid, das erste Molekül nach dem Urknall



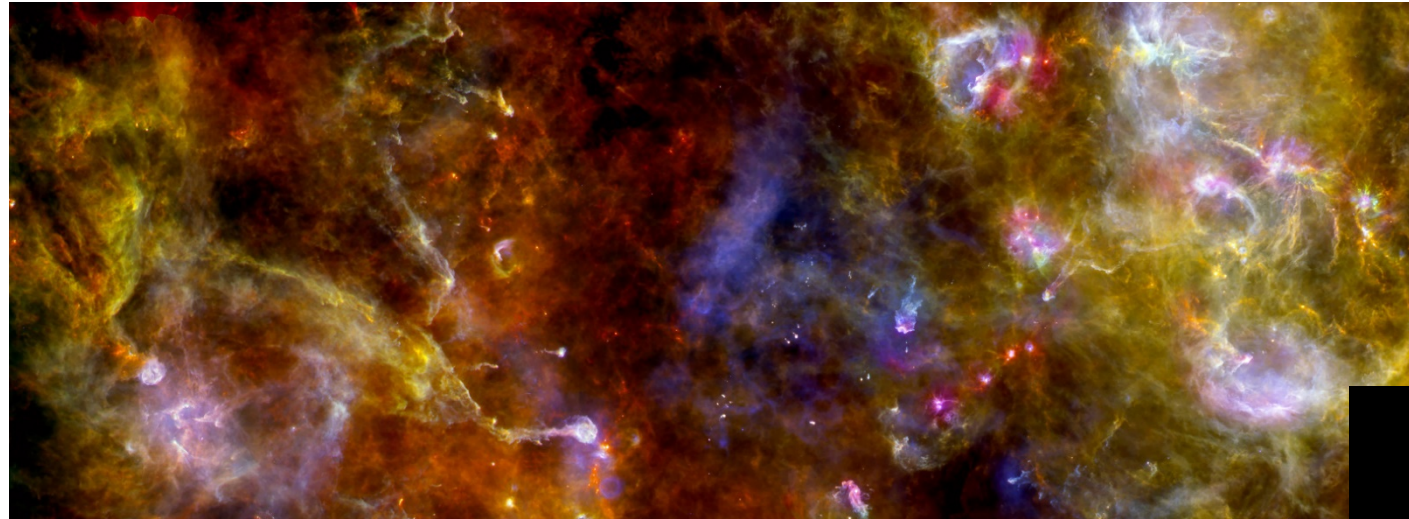
Arshia, M. Jacob et al. (2020)

Polarisiertes Infrarot macht detaillierte Struktur von Magnetfeldern sichtbar



Quelle: NASA, SOFIA, HAWC+, Alejandro S. Borlaff;  
JPL-Caltech, ESA, Hubble;

# Geplante Beobachtungen von Köln/Bonn



## Herschels Cygnus X:

Quelle: ESA/PACS/SPIRE/ Martin Hennemann & Frédérique Motte, Lab. AIM Paris-Saclay, CEA/Irfu - CNRS/INSU - Univ. Paris Diderot, France

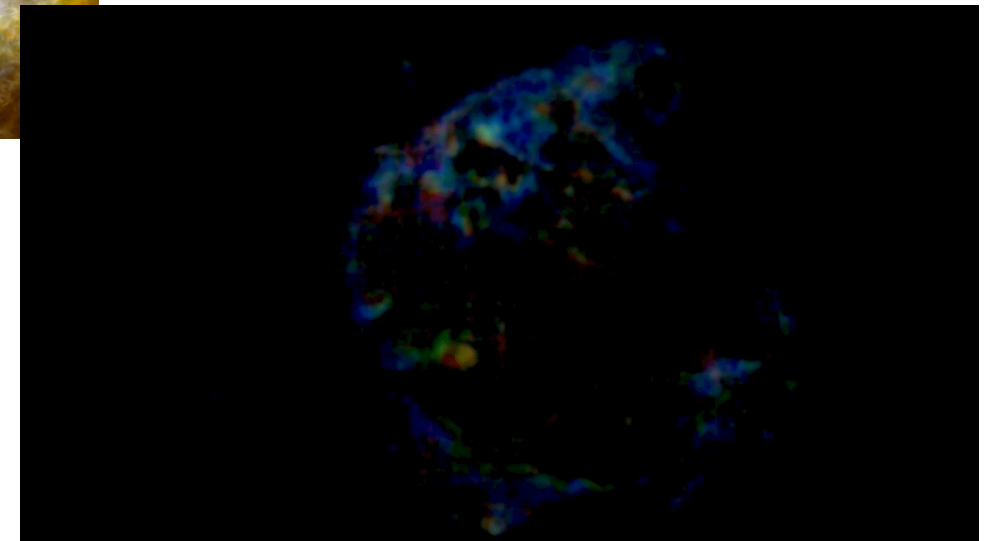
Beobachtung von ionisierten Kohlenstoffatomen [CII] und atomarem Sauerstoff [OI]

Wechselwirkung von massiven jungen Sternen mit ihrer eigenen Kinderstube (Gaswolken)

Geschwindigkeit der Sternentstehung

## FEEDBACK Programm

PIs: Xander Thielens (NL)  
und Nicola Schneider (D)



Orion bei verschiedenen Geschwindigkeiten  
Pabst et al. (2019)

# Beobachtungen von Köln/Bonn

## HyGal Programm

PIs: David Neufeld (USA) und Peter Schilke (D)

Beobachtung leichter Hydride sowie ionisiertem Kohlenstoff und atomarem Sauerstoff

Studium von:

- Molekularem Wasserstoff
- Kosmischer Strahlung
- Turbulenzen und ihrer Wirkung auf die Chemie im Interstellaren Medium

Beispielobjekt: Gigantische Molekülwolke W3



Quelle: ESA/PACS & SPIRE consortia, A. Rivera-Ingraham & P.G. Martin, Univ. Toronto, HOBYS Key Programme (F. Motte)“



# Geplante Beobachtungen von Köln/Bonn

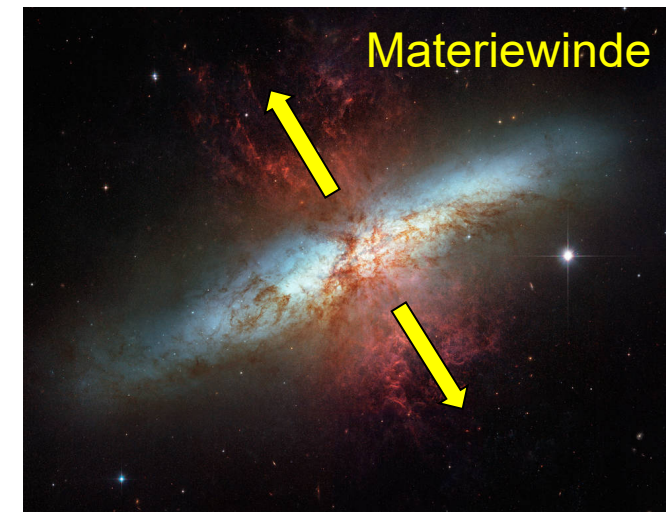
## Galaxie M82

PI: Rebecca Leavy (USA)



Credit: NASA/SOFIA/E. Lopez-Rodiguez; NASA/Spitzer/J. Moustakas et al.

Hochaufgelöste Spektroskopie  
Messung der  
Windgeschwindigkeiten mittels  
ionisiertem Kohlenstoff

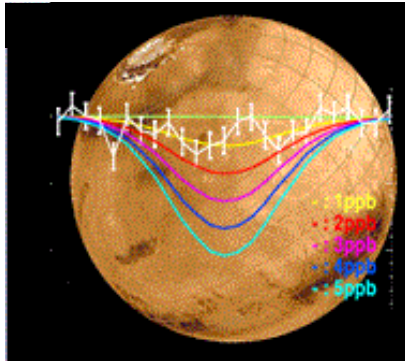


Credits: NASA, ESA and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

Viele weitere Beobachtungsprogramme!

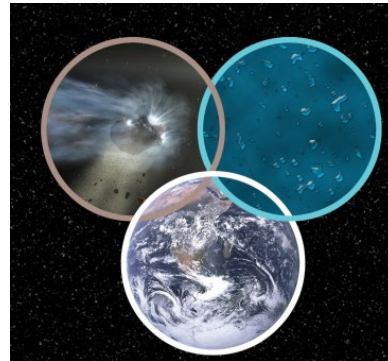
# Wissenschaftliche Schwerpunkte von SOFIA

## Planeten



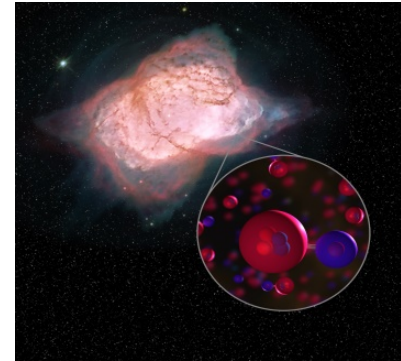
Mars

## Kometen



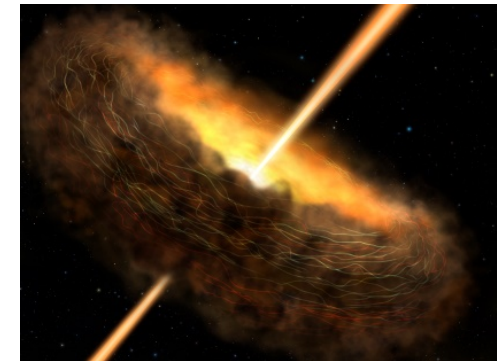
Comet 46P/Wirtanen

## Astrochemie



Helium Hydrid NGC 7027

## Extragalaktik



Cygnus A

## Galaktisches Zentrum



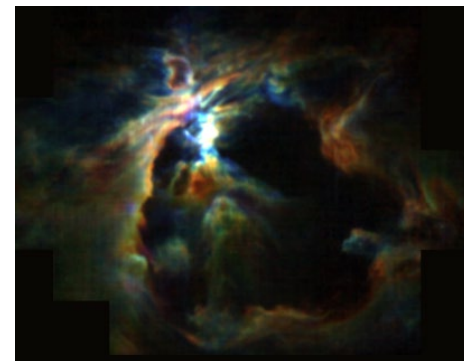
Zentrum der Milchstraße

## Supernovae



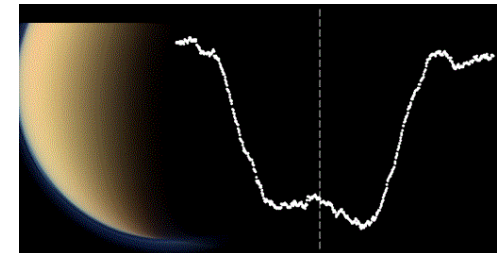
Supernova 1987 A LMC

## Sternentstehung



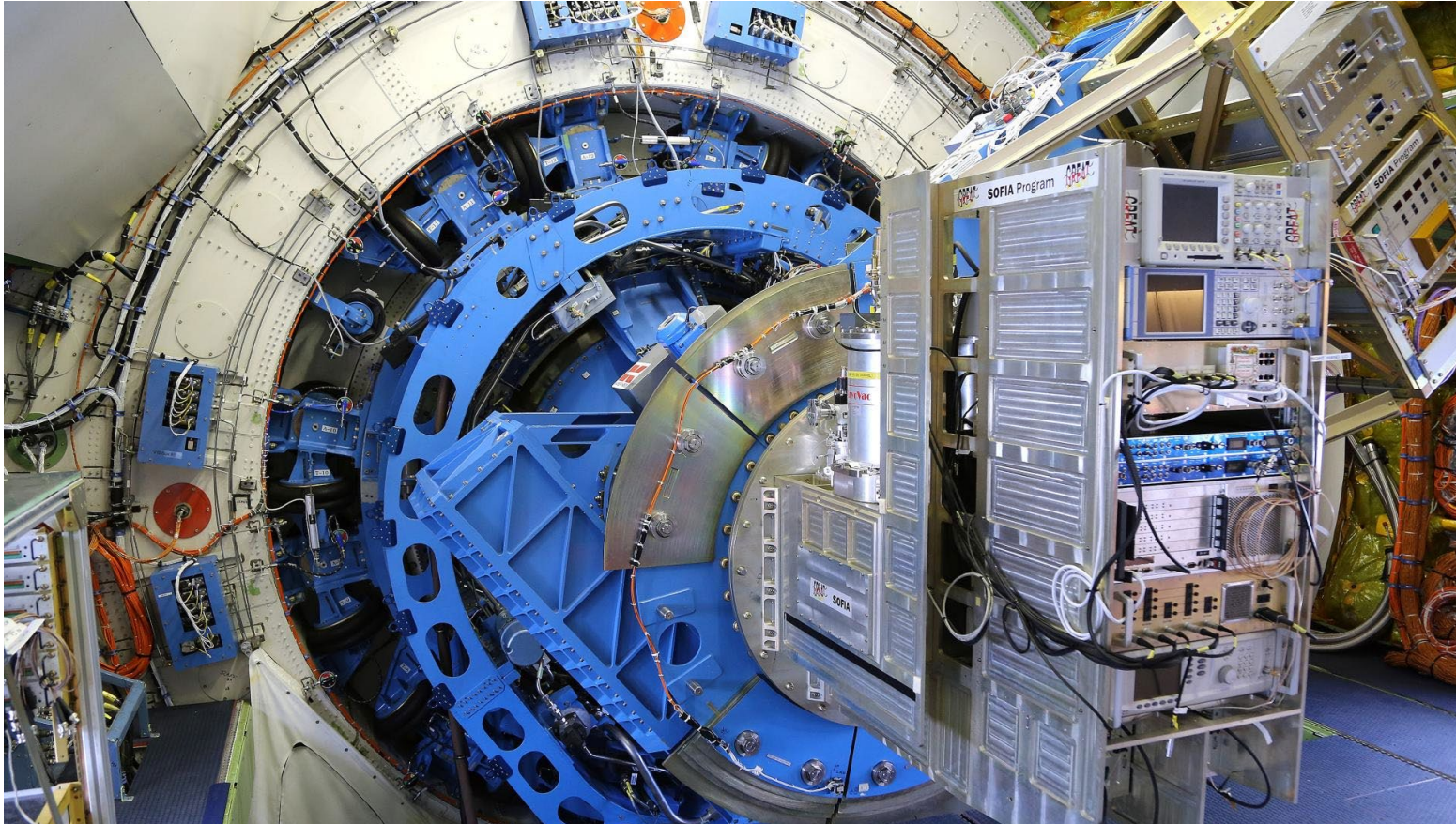
Orionnebel

## Sternbedeckungen



Triton's Atmosphäre

# GREAT Instrument für die Februar-März Kampagne 2021



**PI: Jürgen Stutzki, Uni zu Köln**  
**Co-PI: Bernd Klein, MPIfR Bonn**

**German REceiver for  
Astronomy at Terahertz  
Frequencies**

**Seit 2011 im Einsatz auf  
SOFIA**

**Prinzipiell ein ausgesprochen  
hochempfindlicher  
Radioempfänger**

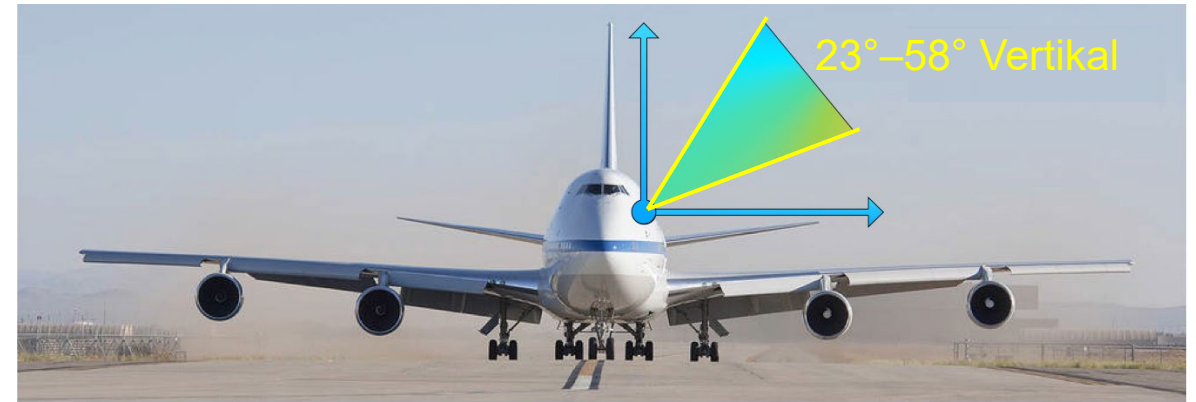
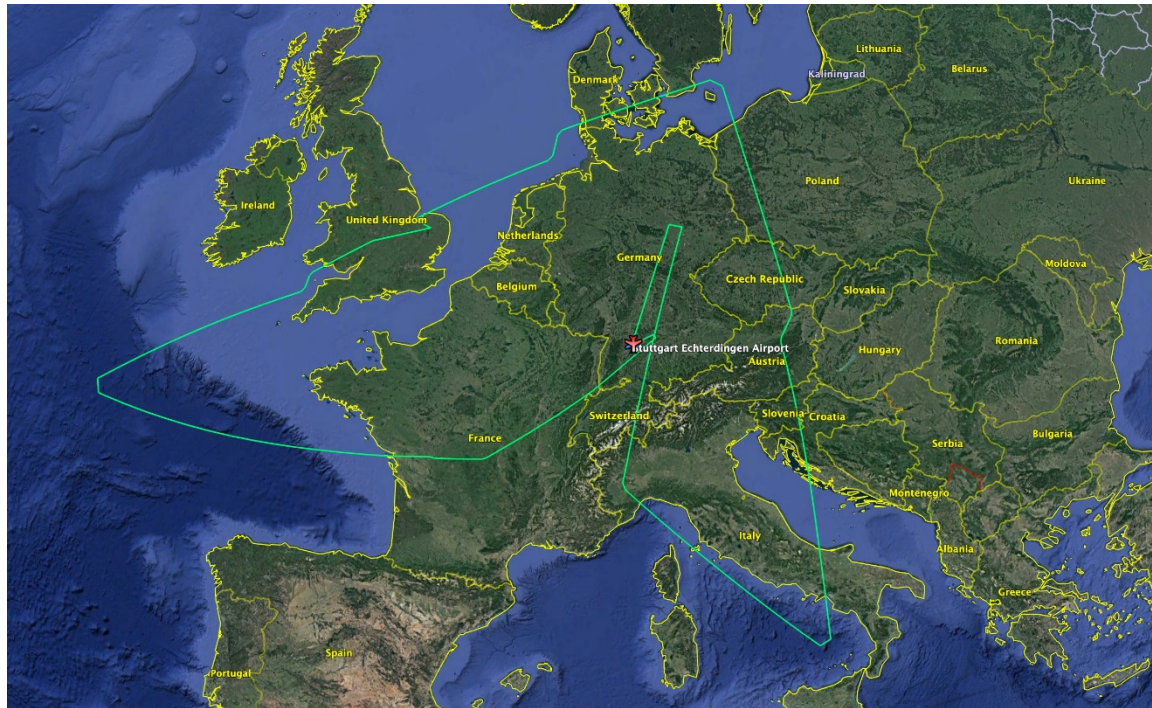
# SOFIA Flugplanung

Beobachtungen nur bei Nacht

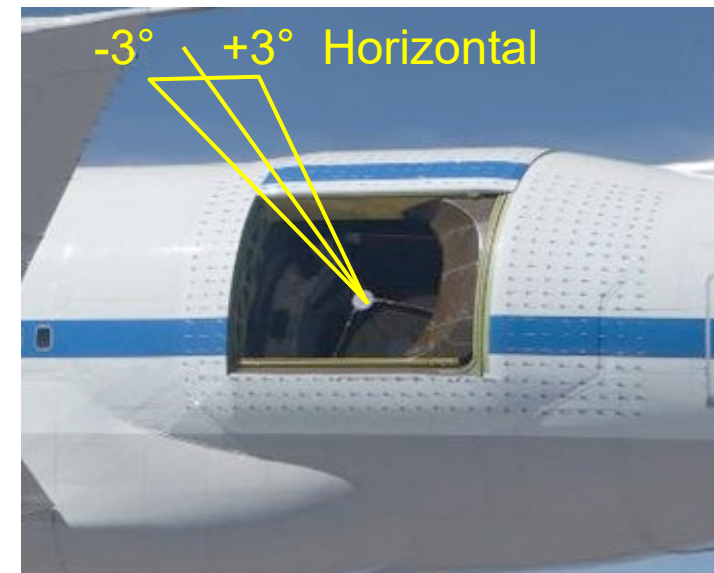
Je höher desto besser

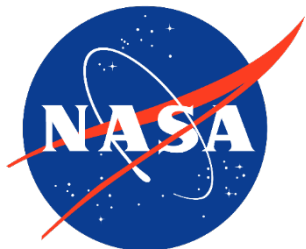
Flugzeug muss in einem 90 Grad Winkel zum Objekt fliegen.

Flugplan vom 18.9.2019



Einstellbereiche des Teleskops





Physical Map of the World, April 2007

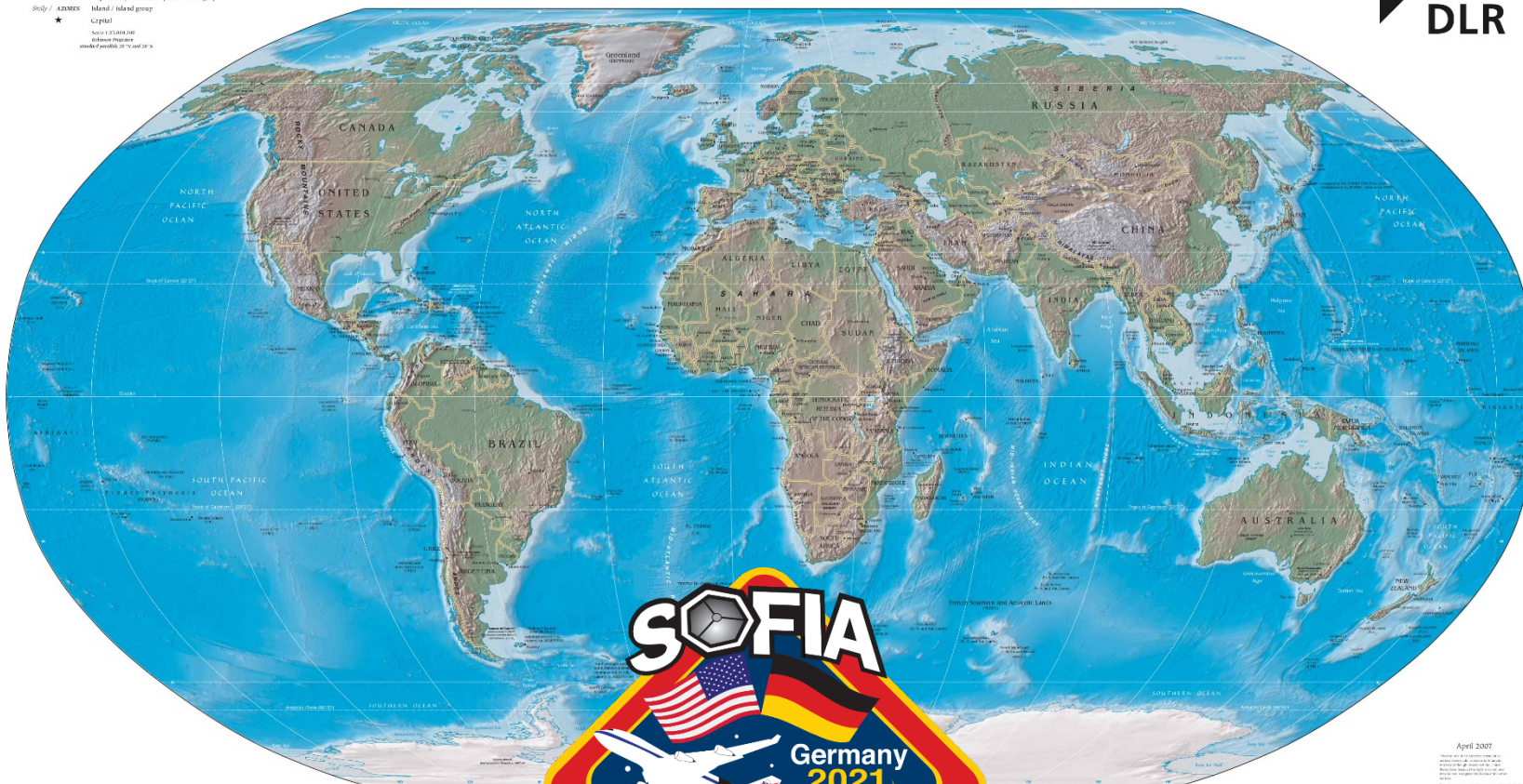
AUSTRALIA Independent state  
 Bermuda Dependency or area of special sovereignty  
 City - CITIES Island / Island group  
 Capital  
 Sea - ISLANDS AND DEPENDENCIES  
 Standardized world map of 2007



# Köln Bonn Airport



# Deutsche Raumfahrtagentur



# Alle Instrumente von SOFIA

permanent installiert

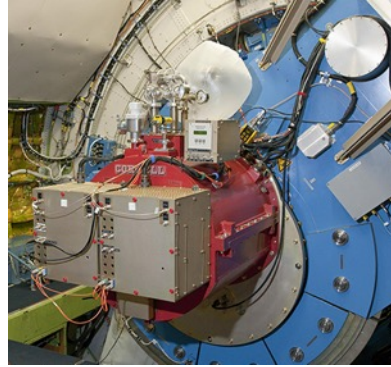
## FPI+



Sichtbares  
Licht

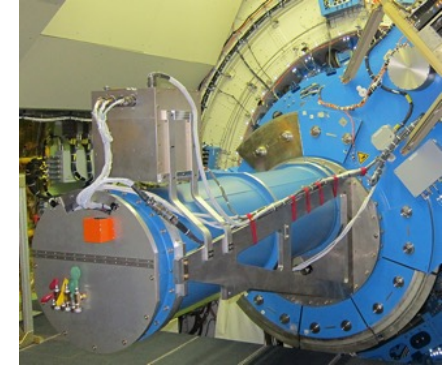
Optische Leitkamera

## FORCAST



Kamera und Grism Spektrometer

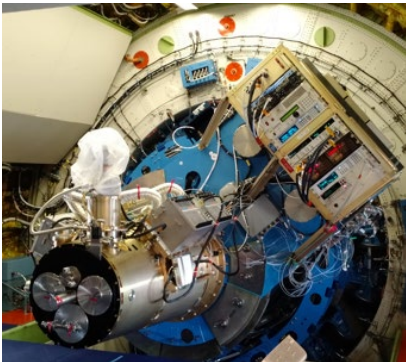
## EXES



Hochauflösendes Gitter-Spektrometer

Mittleres  
Infrarot

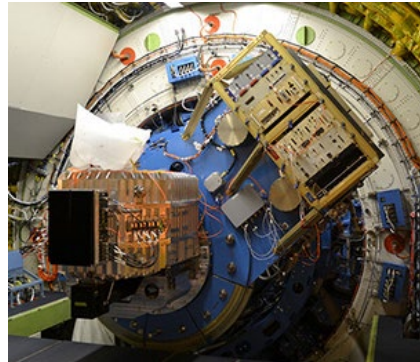
## HAWC+



Bolometer Kamera & Polarimeter

Fernes  
Infrarot

## FIFI-LS



Abbildendes Gitter-Spektrometer

Fernes  
Infrarot

## GREAT



Heterodyn Spektrometer