

SOFIA oder: Warum Astronomen in die Luft gehen*



von: Julia Jaschke

Inhalt

1. Einleitung
2. Wer oder was ist SOFIA?
 - 2.1 Das SOFIA-Teleskop
 - 2.2 Geschichte des SOFIA-Projekts
 - 2.3 Grunddaten von SOFIA
3. Warum gehen Astronomen in die Luft?
 - 3.1 Die Lösung
 - 3.2 Weltraumteleskop Herschel
 - 3.3 Herschel und SOFIA im Vergleich
 - 3.4 Vor- und Nachteile von Herschel und SOFIA

Inhalt (2)

4. Ein Flug

4.1 Der Aufbau

4.2 Platz für Besucher

5. Die Instrumente

5.1 Der Weg der Strahlung

6. Beobachtungen mit SOFIA

6.1 Infrarot-Aufnahmen des Milchstraßenzentrums

6.2 Sternbedeckung durch Pluto

6.3 Zwei neue Moleküle

1. Einleitung

Der Name „Sofia“ ist jedem bekannt.
Doch was sagt er aus, wenn Astronomen
darüber sprechen?

Reden sie wirklich über die
Hauptstadt Bulgariens, oder
doch über etwas anderes?

Bild: wikipedia: podobog

2. Wer oder was ist SOFIA?

Stratospheric **O**bservatory **F**or **I**nfrared
Astronomy

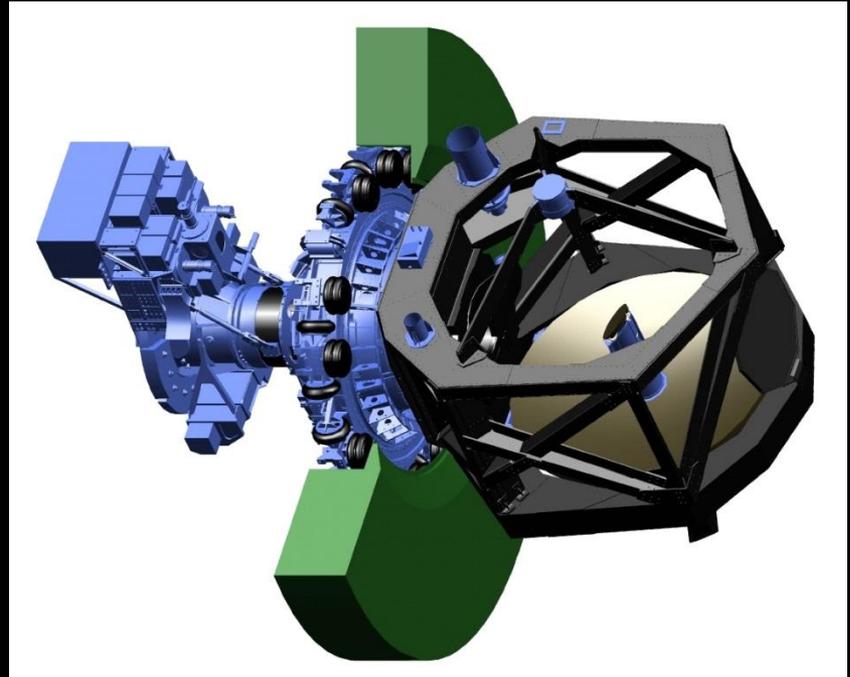
= **S**tratosphären-**O**bservatorium
für **I**nfrarot-**A**stronomie



Bild: NASA/SOFIA

2.1 Das SOFIA-Teleskop

- Cassegrain-Teleskop (Spiegelteleskop) in Nasmyth-Anordnung an Bord einer Boeing 747SP



- Deutsch-amerikanisches Vorhaben zur Erforschung des Weltalls

2.2 Geschichte des SOFIA-Projekts

- 1969 begann NASA-Programm der flugzeuggestützten Astronomie
 - 30 cm großes Teleskop an Bord eines Lear-Jets



Bild: wikipedia/NASA

Geschichte des SOFIA-Projekts (2)

- 1974: Kuiper-Airborne-Observatorium (KAO)
- Lockheed L200 Starlifter (C141)
 - 92 cm großes Cassegrain-Teleskop

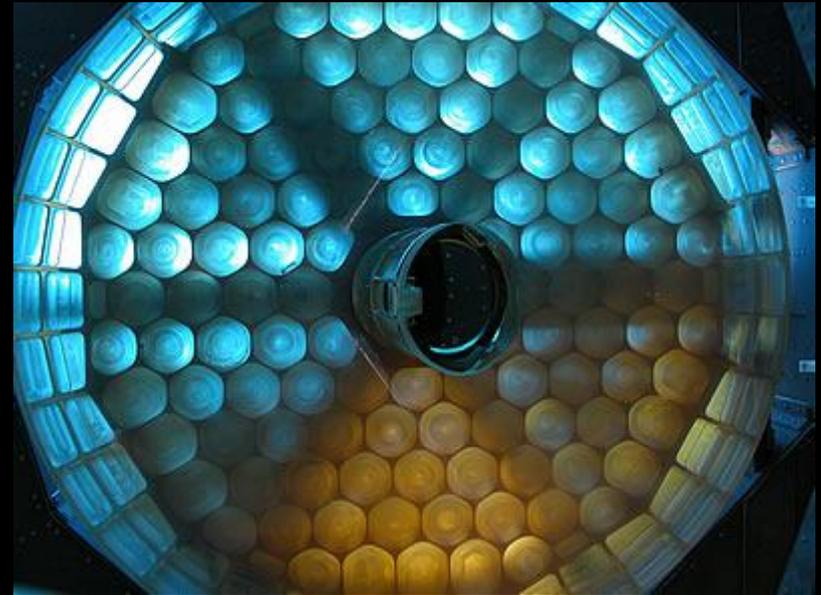


Bild:

<http://www.2001exhibit.org/2001exhibit/img5/sofia1.jpg>

Geschichte des SOFIA-Projekts (3)

- 1984: Plan eines neuen Flugzeugobservatoriums wird präsentiert
 - Boeing 747 und Teleskop mit Primärspiegel von etwa 2,7m Öffnung
(Bild: Spiegel-Rohling aus Glas-Keramik Zerodur vor Verspiegelung)
- 1987: ausgearbeitetes Konzept wird vorgestellt



Geschichte des SOFIA-Projekts (4)

Das Besondere

- eine während der Beobachtungsphase **geöffnete Luke** für das Teleskop von 6mx4m Öffnung

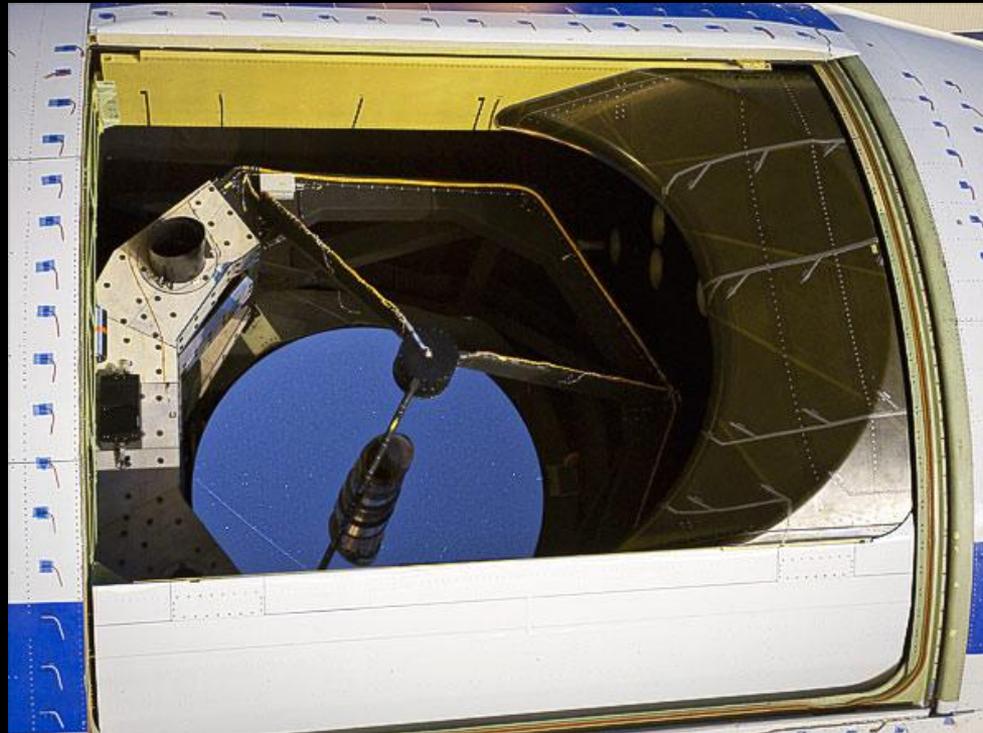


Bild: DLR/SOFIA

Geschichte des SOFIA-Projekts (5)

- 1997: Start der Entwicklungsphase
- 1999: Beginn des Umbaus in Waco, Texas
- Finanzierungsprobleme warfen das Projekt Jahre lang zurück
- April 2007: Erster Testflug nach Umbau



Bild: NASA

Geschichte des SOFIA-Projekts (6)

- 18.12 2009: Erster Testflug mit geöffneter Beobachtungsluke
- Erste Testreihe „first light“ Mai 2010
- Kostenaufteilung:
20% Deutschland,
80% USA



Bild: NASA/SOFIA

2.3 Grunddaten von SOFIA

Projekt:

Durchgeführt von

NASA und DLR

Dauer

20 Jahre

Betrieb:

Zahl der Flüge

ca. 120/Jahr

Flughöhe

12-14km

Flugzeit

10-12 Stunden

3. Warum gehen Astronomen in die Luft?

- Das Universum sendet uns Licht in allen Wellenlängen
- Das meiste erreicht uns nicht
 - Atmosphäre absorbiert viel
- Nicht durchgelassen werden
 - Röntgen-/Gammastrahlen
 - der größte Teil des ultravioletten (UV) Lichts
 - Infrarotstrahlen
 - Niederenergetische Radiowellen

Warum gehen Astronomen in die Luft? (2)

Durchgelassen werden

- sichtbares Licht
- die meisten Radiowellen
- Kurzwelliger Bereich des infraroten Lichts (NIR)

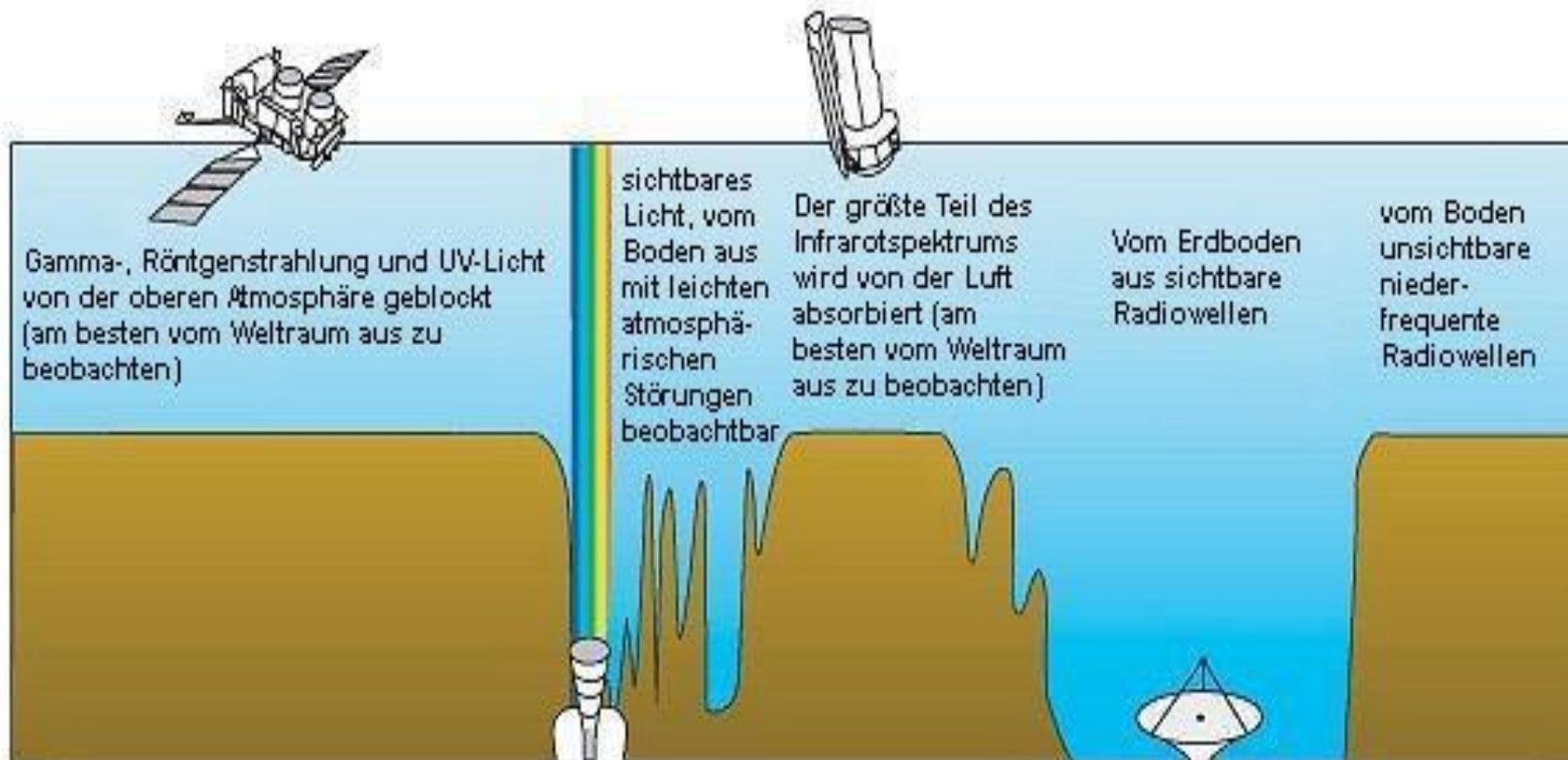
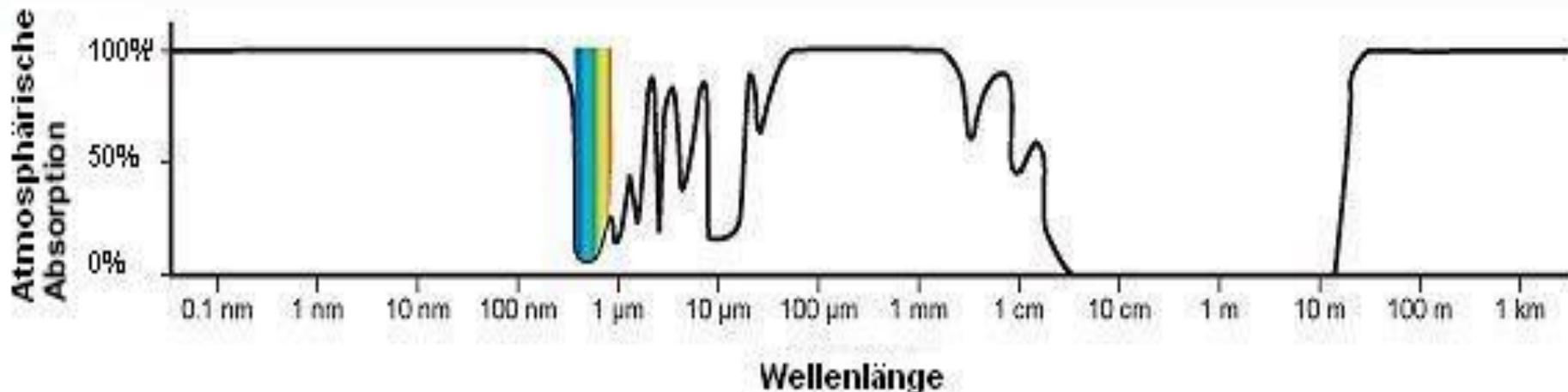


Bild: Uni Stuttgart / Deutsches SOFIA Institut

Warum gehen Astronomen in die Luft? (4)

Das meiste infrarote Licht wird von Wasserdampf und Kohlendioxid in der Erdatmosphäre **absorbiert**

→ Strahlen können (auf der Erde) nicht gemessen werden

Warum gehen Astronomen in die Luft? (5)

Zusätzliches Problem

Atmosphäre strahlt selbst infrarote Wellenlängen aus

- manchmal mehr als Objekt, das beobachtet werden soll

Warum gehen Astronomen in die Luft? (6)

Bester Blick auf das infrarote Universum, bei

- Wellenlängen, die durch die Atmosphäre kommen und die Erde nicht selber strahlt
- hoch liegendem Observatorium

→ Infrarot Teleskope meistens auf hohen, trockenen Bergen

(s. Bild: APEX Teleskop, Atacama-Wüste, Chile)



Bild: MPIfR/Arnaud Belloche

Warum gehen Astronomen in die Luft? (7)

Doch auch das reicht manchmal nicht

- Die meisten Wellenlängen werden trotzdem absorbiert
- Sie erreichen das Teleskop trotz der Höhe nicht

3.1 Die Lösung

Ein Teleskop, das über der
Atmosphäre ist
bzw. so viel wie möglich unter sich
lässt

Die Lösung (2)

Observatorien oberhalb der Troposphäre:

- Ballongetragene Teleskope
- Satelliten mit Teleskopen
- Flugzeugobservatorien

3.2 Weltraumteleskop Herschel

- Herschel Space Observatory
- Von ESA entwickeltes Infrarot-Weltraumteleskop
- Zusammen mit Planck-Weltraumteleskop 2009 gestartet



Bild: wikipedia.de/Herschel-Weltraumteleskop

Weltraumteleskop Herschel (2)

- 1,5 Millionen Kilometer von Erde entfernt
 - Etwa 5 Lichtsekunden
- 3,5m großes Cassegrain-Teleskop

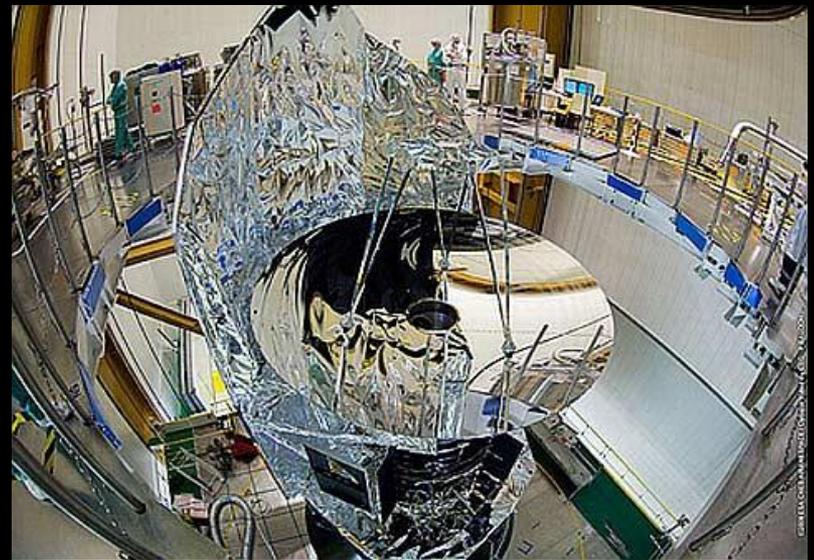


Bild: ESA-CNES-Arianespace / Optique
Vidéo du CSG - P Baudon

→ derzeit **größtes** und
am **weitesten entfernten**
Weltraumteleskop

3.3 Herschel und SOFIA im Vergleich

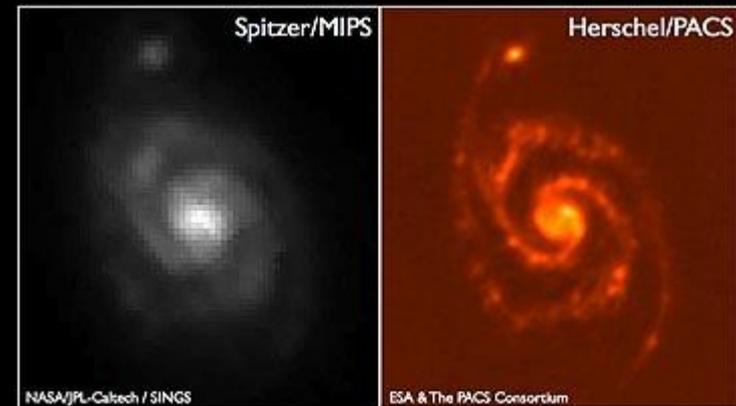
Herschel	Frage	SOFIA
3 ½ Jahre (bis März 2013)	← Laufzeit →	20 Jahre
1,5 Millionen km	← Flughöhe →	12-14km
Bei Start meistens schon 10-15 Jahre hinter neuester Technik	← Flexibilität →	Kann modernisiert werden
FIR und Submillimeter Wellenlängen	← Forschungs- bereich →	Ferninfrarot (FIR)

3.4 Vor- und Nachteile von Herschel und SOFIA

Herschel

Vorteile

- Weit über der Erdatmosphäre
 - Keine Absorption durch Atmosphäre
- Höhere Auflösung als andere IR-Teleskope →



Spiral Galaxy M51 ("Whirlpool Galaxy") in the Far Infrared (160 μ m)

Bilder: Links: NASA/JPL-Caltech/SINGS,
Rechts: ESA/PACS Consortium

Vor- und Nachteile von Herschel und SOFIA (2)

Nachteile

- Instrumente für Infrarot-Beobachtungen müssen gekühlt werden, damit sie nicht selber strahlen
 - Nur begrenzte Mitnahmemöglichkeit von Helium zum Kühlen
- Begrenzte Laufzeit; Ende der Mission, wenn Kühlmittel verbraucht (Herschel: März 2013)

Vor- und Nachteile von Herschel und SOFIA (3)

- Versorgungsflüge zu Herschel sind aufgrund großer Distanz nicht möglich
- Kann nicht modernisiert werden
- Reparaturen sind unmöglich

Vor- und Nachteile von Herschel und SOFIA (4)

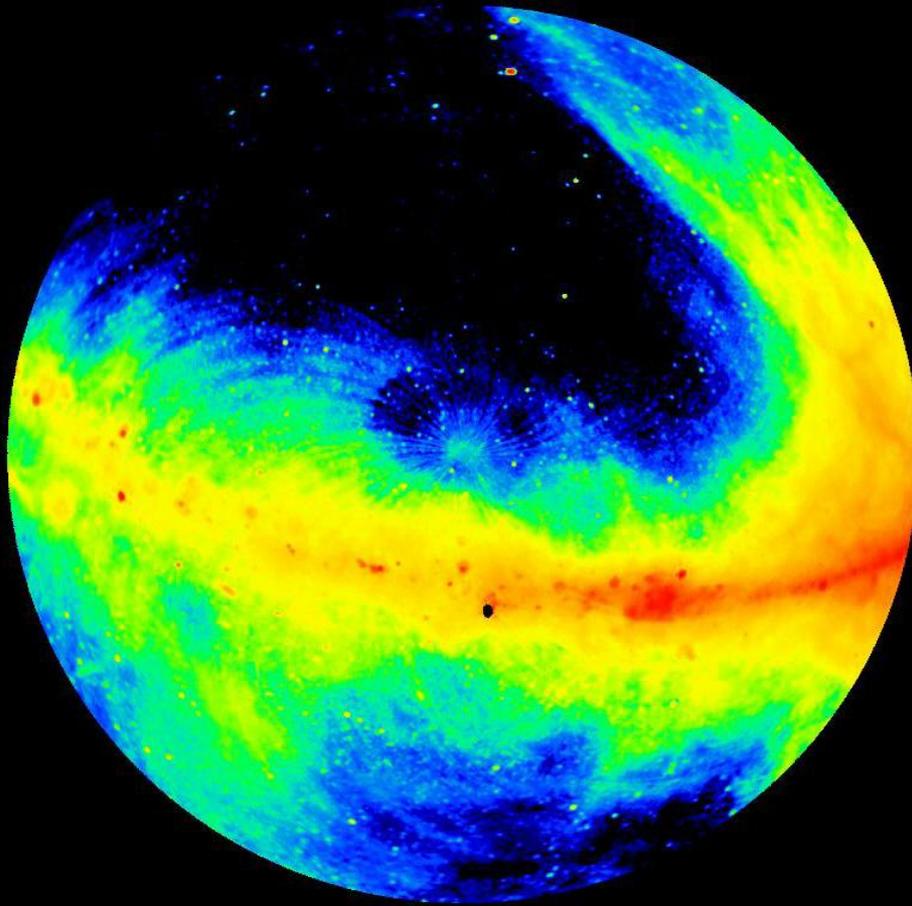
SOFIA

Vorteile

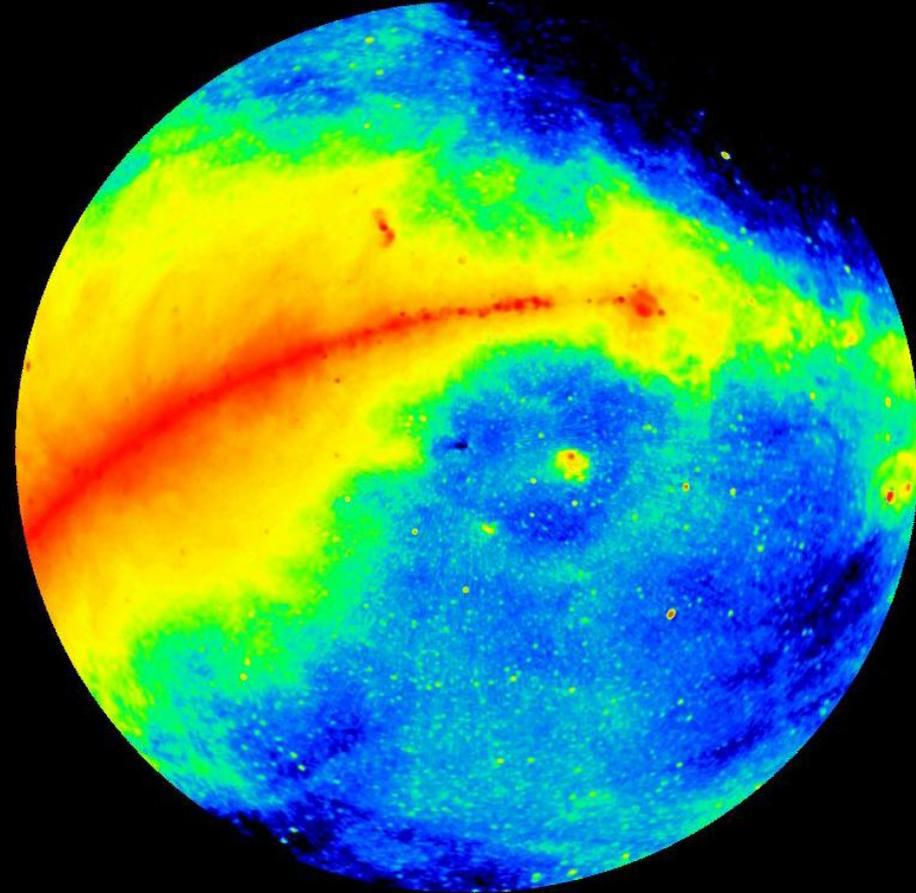
- Lässt große Teile der Atmosphäre unter sich
 - hat weitgehend „klare“ Sicht
- Kann am Boden modernisiert und aufgetankt werden
 - immer auf dem neuesten Stand
 - ist lange Zeit einsatzfähig

Auf beiden Hemisphären einsetzbar

Radiokarte des Nordhimmels



Radiokarte des Südhimmels



Kann lokal beobachtbare Ereignisse (z.B. Plutobedeckung) verfolgen

Vor- und Nachteile von Herschel und SOFIA (6)

Nachteile

- Beobachtungszeit jedes Mal auf wenige Stunden begrenzt
- Trotz großer Höhe immer noch störende Atmosphäre, dadurch einige Frequenzbereiche immer noch nicht zugänglich

4. Ein Flug

- Ein Flug muss durchgeplant werden
 - Flugroute muss mit Beobachtungsquelle abgestimmt werden
 - eine Richtung = eine Quelle
 - alles muss passen, denn Flugzeit ist begrenzt

SOFIA Flight Path

Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy



Objects Observed on May 6 Flight

- bet Peg: beta Pegasi, variable red giant star
- iota Gem: infrared standard star
- Frosty Leo: protoplanetary nebula with ice crystals
- gamma Dra: gamma Draconis, infrared standard star
- CB230: dense cloud with embedded young stars
- mu Cep: mu Cephei, red supergiant star
- alf Boo: alpha Boötis = Arcturus, red giant star
- V407 Cyg: V407 Cygni, binary star emitting gamma rays
- HD 161868: gamma Ophiuchi, infrared standard star
- bet Peg: beta Pegasi, variable red giant star

Flight Plan Name: Basic Science Flight 1

Est. Takeoff Time: 2011-May-06 02:44 UTC

Est. Landing Time: 2011-May-06 12:11 UTC

Flight Duration: 09:27

www.nasa.gov/sofia

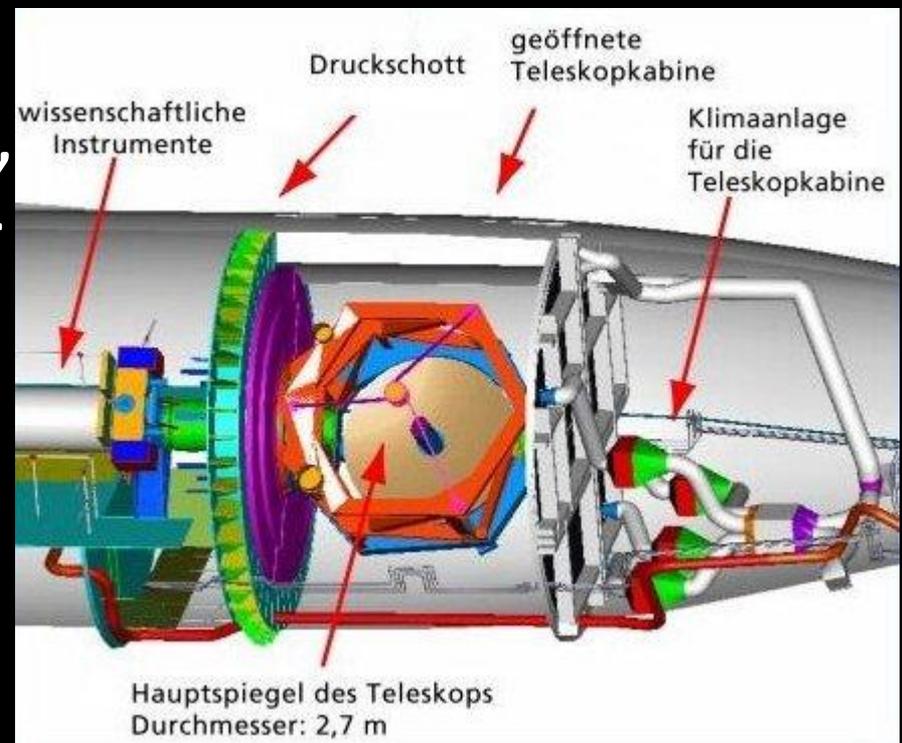
4.1 Der Aufbau

Die Forscher sitzen während des Flugs im Bereich zwischen den Flügeln



Der Aufbau (2)

- Teleskop im hinteren Teil des Flugzeugs, im Druckschott
- Teleskopkabine wird durch leicht versenkte, tonnenförmige Tür zur Außenluft abgeschlossen



Der Aufbau (3)

Vorderer Teil des Flugzeugs

- Antrieb des Teleskops
- Gegengewichte
- Größte Teil des Nasmyth-Tubus



Erreichbar
während des
Fluges

Erster Stock und „erste Klasse“

- Platz für Besucher

Der Aufbau (4)

Hinterer Teil des Flugzeugs

- Teleskopkabine
- Anlagen zur Kühlung des Teleskops



Am Boden
erreichbar,
durch Tür
im hinteren
Rumpfteil

4.2 Platz für Besucher

Im vorderen Bereich ist Platz für Journalisten, Lehrer und andere Gäste



← Zwei amerikanische Lehrerinnen

Die ersten beiden deutschen Lehrer auf dem Weg zu ihrem Flug →



5. Die Instrumente

Deutsche Instrumente

- Hochauflösendes Heterodyn-Spektrometer GREAT (German Receiver at Terahertz Frequencies)

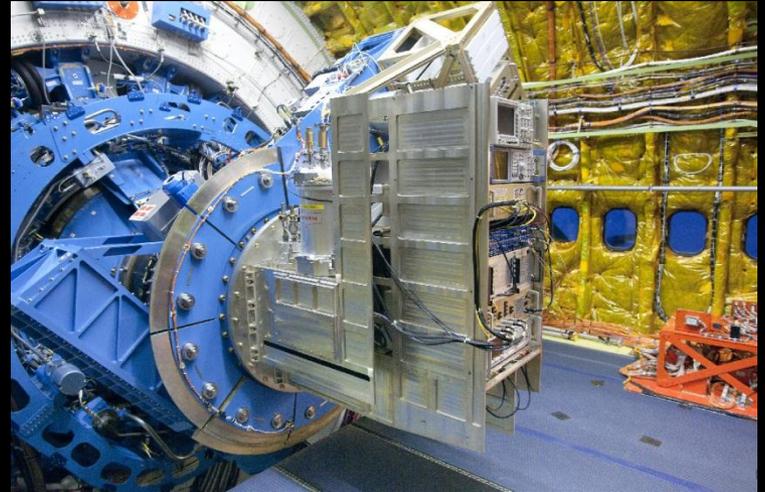


Bild: NASA /Tom Tschida

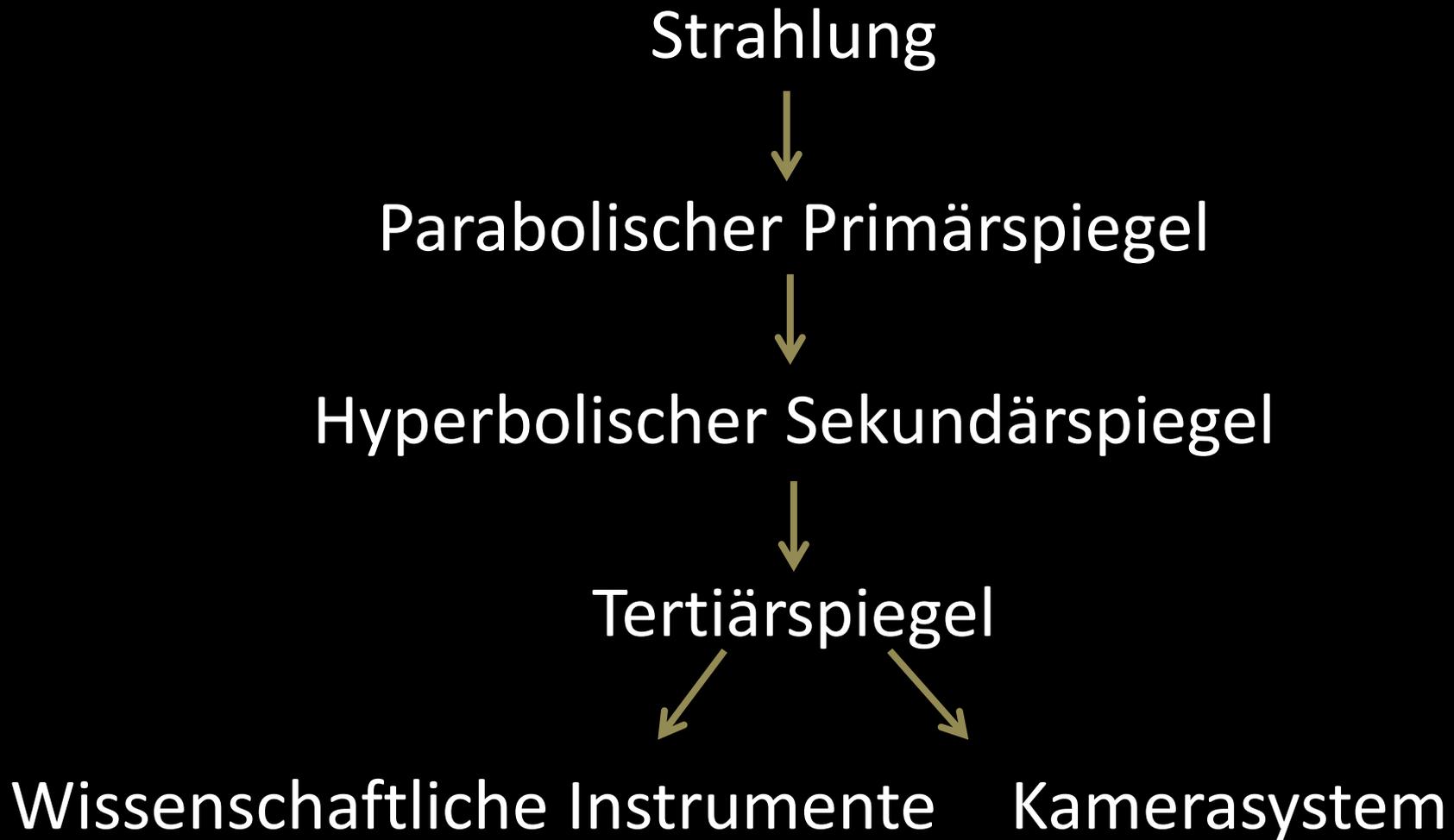
- abbildendes Linienspektrometer FIFI-LS (Far Infrared Field Imaging Line Spectrometer)

GREAT vor dem Einbau in SOFIA



Bild: NASA Photo / Tom Tschida

5.1 Der Weg der Strahlung



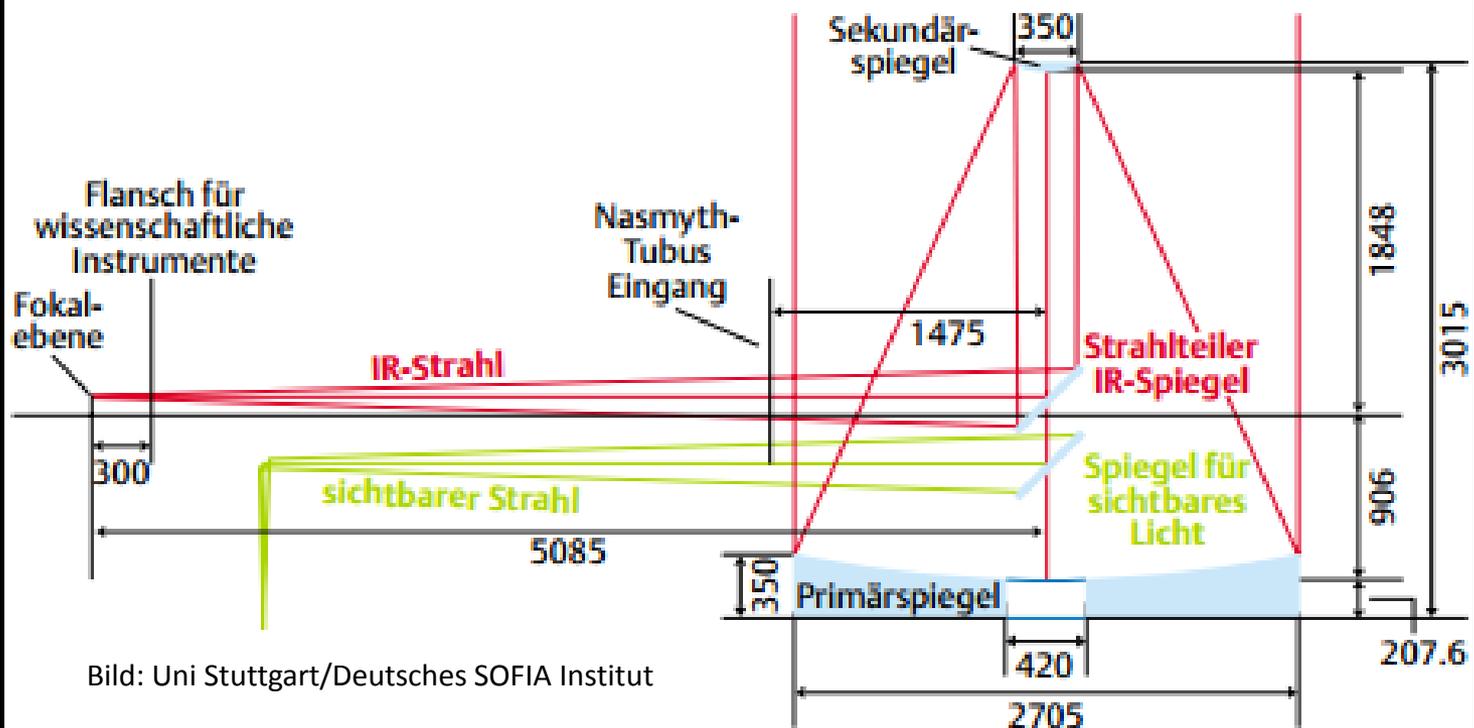
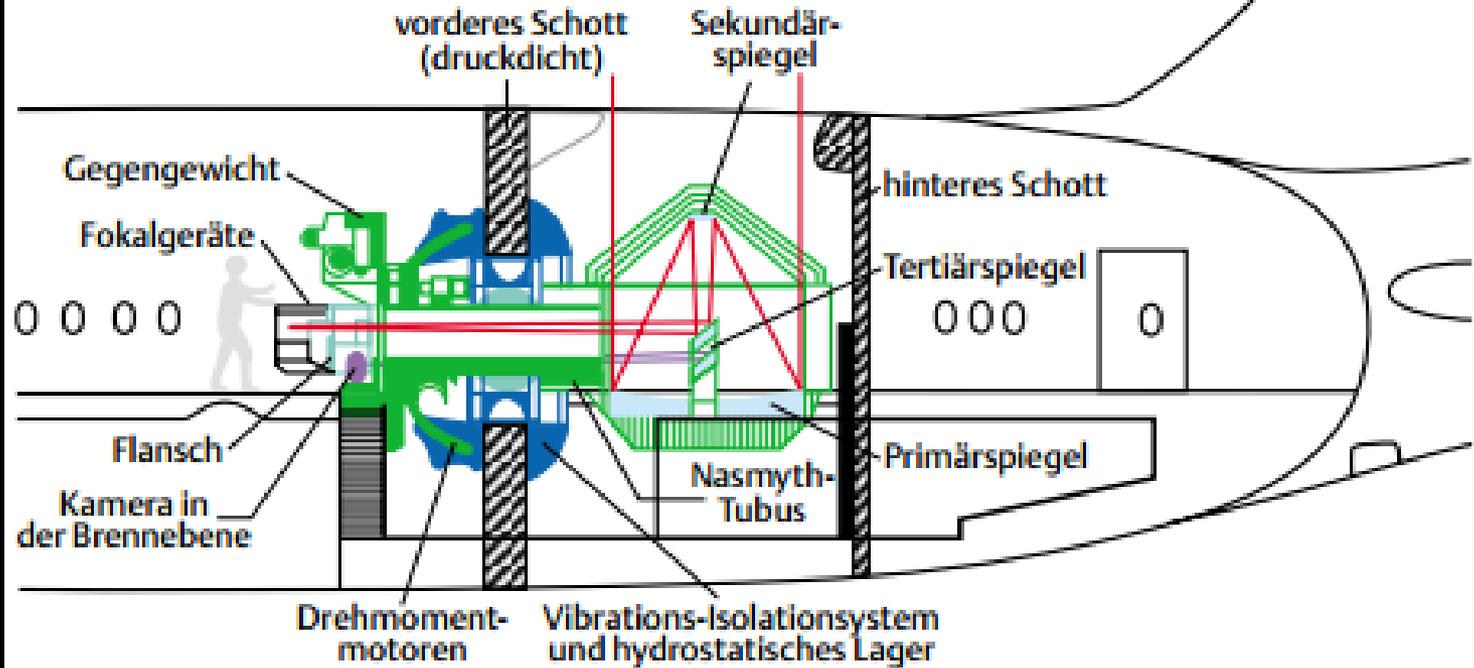


Bild: Uni Stuttgart/Deutsches SOFIA Institut

6. Beobachtungen mit SOFIA

6. 1 Neue Infrarot-Aufnahmen des Milchstraßenzentrums

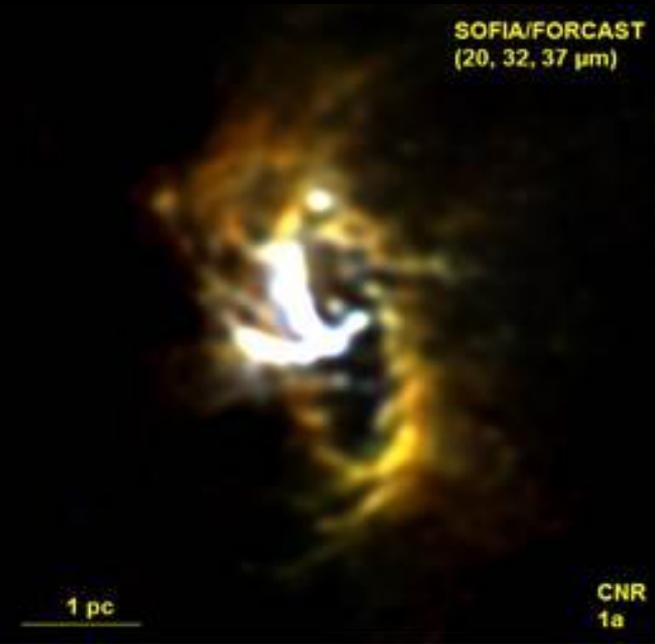
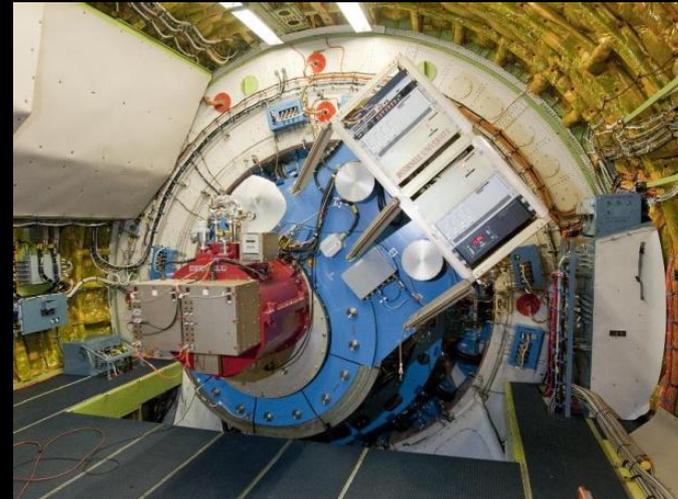


Bild: NASA/SOFIA



FORCAST-Empfänger. Bild: NASA

→ Genaue Untersuchung der physikalischen Bedingungen in der Nähe unseres Milchstraßenzentrums

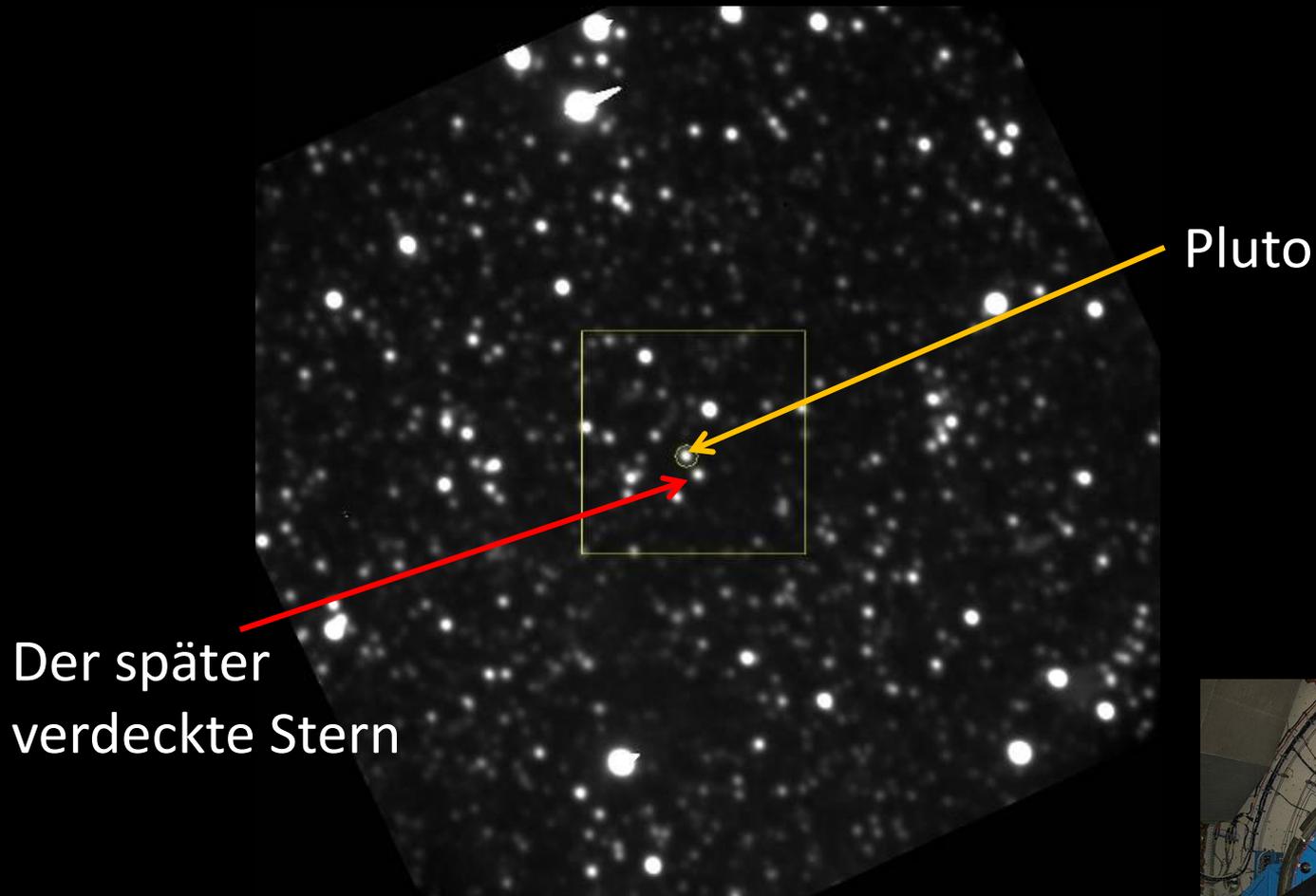
6.2 Sternbedeckung durch Pluto

- Nacht vom 22. zum 23. Juni 2011
- Von Kalifornien 2900 km auf den Pazifik hinaus um zu beobachten:

Wie Zwergplanet Pluto vor einem weit entfernten Stern durchzieht
(Bedeckung/Verfinsterung)

→ Pluto und seine Atmosphäre untersuchen

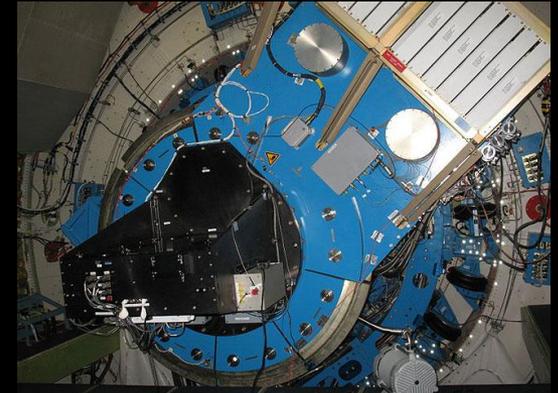
3 Stunden 23 Minuten vor der Sternverdeckung



Der später verdeckte Stern

Pluto

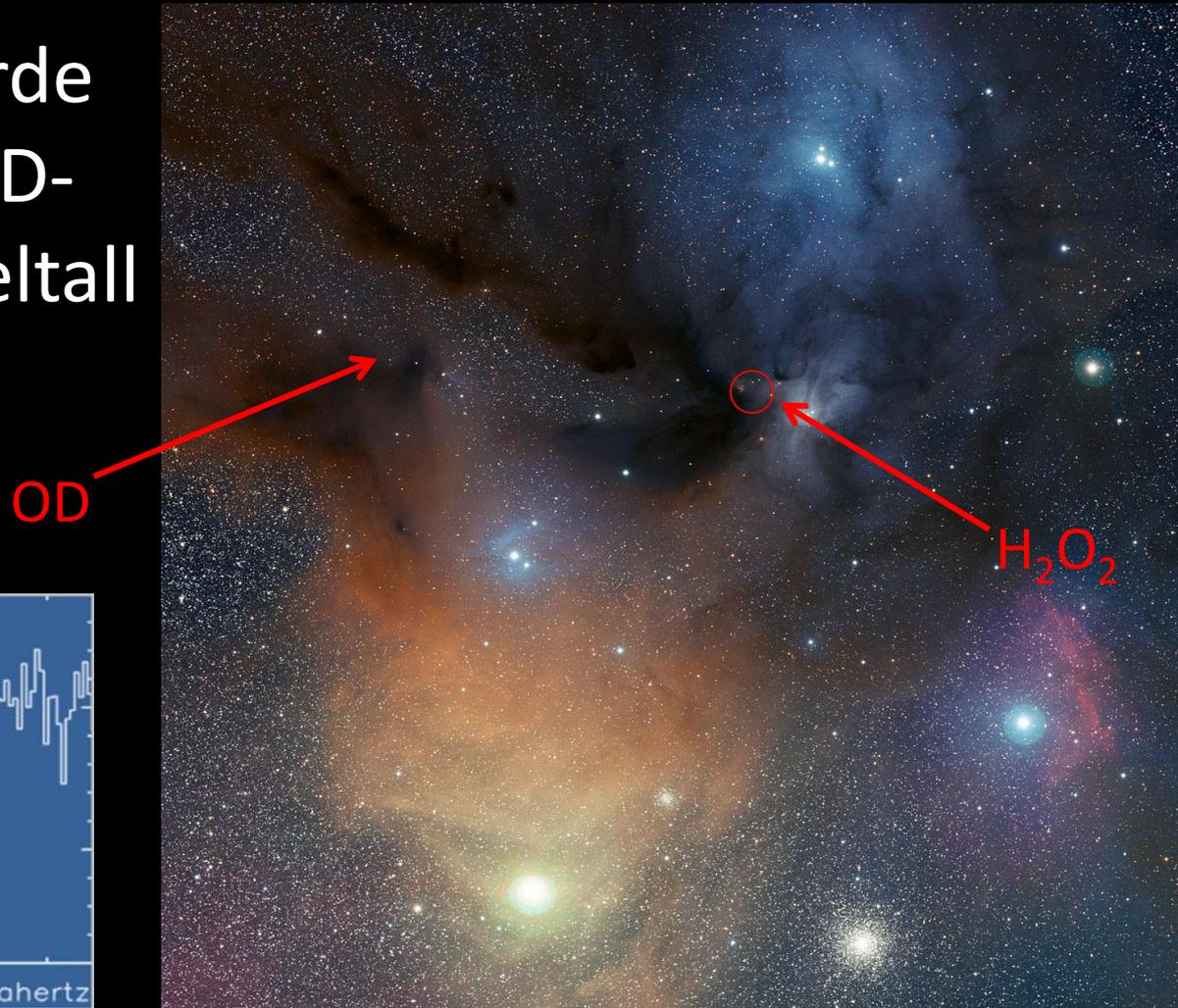
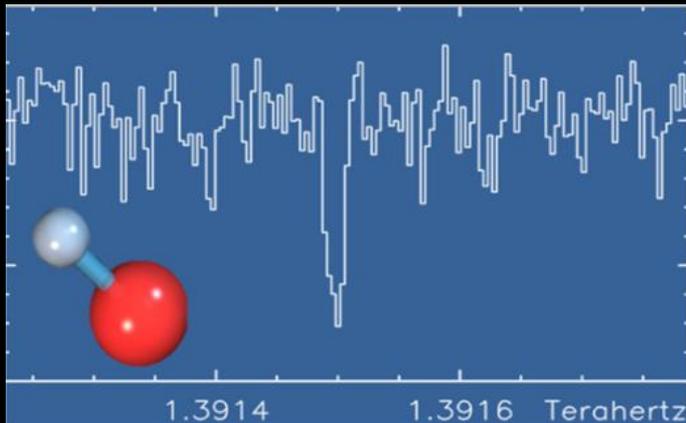
Bild: Uni Stuttgart / Deutsches SOFIA Institut



HIPO-Empfänger. Bild: NASA

6.3 Zwei neue Moleküle

- Mit GREAT wurde erstmals das OD-Molekül im Weltall entdeckt



Ende

OD

