

## SOFIA

### Zusammenfassung

Bis 1995 haben Astronomen das 91 cm-Teleskop des Kuiper Airborne Observatory (KAO) der NASA benutzt, um astronomische Infrarot-Daten zu erhalten, die für bodengebundene Observatorien unzugänglich sind. Eines der herausragenden Ergebnisse der KAO-Messungen war die Entdeckung der Uranus-Ringe.

Zum Ende der Betriebszeit des KAO war der infrarote Bereich jedoch zum großen Teil immer noch unerforscht, so dass Wissenschaftler der USA und Deutschlands die Notwendigkeit einer zukünftigen, leistungsfähigeren Plattform für Infrarot-Astronomie aufgezeigt haben: mit 3-fach besserer Winkelauflösung, 10-fach höherer Empfindlichkeit und größerer spektraler Auflösung soll dieses neue flugzeuggetragene Observatorium fundamentale Fragen der modernen Astronomie beantworten.

Daher haben die NASA und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) beschlossen, gemeinsam ein neues Observatorium mit dem Namen SOFIA (Stratosphären-Observatorium für Infrarot Astronomie) zu entwickeln. Die Kooperation und Aufteilung der Aufgaben zwischen NASA und DLR ist in einem „Memorandum of Understanding“ vereinbart. Deutschland liefert das Teleskop und beteiligt sich mit 20% am Betrieb des Observatoriums. Dafür erhalten deutsche Institute etwa 30 Wissenschaftsflüge pro Jahr. NASA hat eine gebrauchte Boeing 747SP gekauft und für den Einbau des Teleskops umgerüstet und wird SOFIA von seiner Heimatbasis in Kalifornien betreiben.

Als Plattform für das 2,7 m große SOFIA Teleskop dient die modifizierte Boeing, die in Flughöhen von über 12 km mit geöffneter Teleskoptür operieren wird. Unterhalb dieser Höhe behindert der absorbierende Wasserdampf in der Troposphäre Beobachtungen im Infrarotbereich. Bodenteleskope können daher nur einen kleinen Teil der kosmischen Infrarotstrahlung empfangen.

Im September 2002 wurde das Teleskop mit einem Airbus-Großraumflugzeug Beluga zur Integration nach Waco, Texas, gebracht und dort erfolgreich in das Flugzeug eingebaut. Zwischen 2004 - 2006 fanden zunächst das zahlreiche Bodentests statt. Am 26. April 2007 hat SOFIA seinen ersten Flugtest erfolgreich bestanden und wurde Ende 2007 zur NASA Dryden Aircraft Operation Facility in Palmdale, nördlich von Los Angeles (Kalifornien), überführt. Hier wird SOFIA derzeit einem ausführlichen Flugtestprogramm unterzogen.

Ab Ende 2010 soll SOFIA den für 20 Jahre geplanten wissenschaftlichen Betrieb aufnehmen. Im vollen Routinebetrieb ab etwa 2014 können pro Jahr ca. 160 Beobachtungsflüge á 6 - 8 Stunden durchgeführt werden. Die Wissenschaftlerteams werden jährlich durch ein Gutachtergremium für die Flüge mit SOFIA ausgewählt.

### Wissenschaftliche Ziele

Das KAO, die Satelliten IRAS (Infrared Astronomical Satellite), ISO (Infrared Space Observatory), Spitzer und Herschel konnten zeigen, dass sich eine Vielzahl interessanter physikalischer Prozesse und astronomischer Phänomene im Infraroten beobachten lassen, die im visuellen durch interstellare Staubwolken verdeckt werden. SOFIA wird dieses Erbe mit Hilfe spektral und räumlich hoch aufgelöster Beobachtungen weiterführen und Forschung in folgenden Gebieten ermöglichen:

- Physik der interstellaren Wolken und Sternentstehung in unserer Milchstraße
- Protoplanetare Scheiben und Planeten-Entstehung in nahen Sternsystemen

Der Einsatz jeweils neuester Instrumente ermöglicht eine vielfältige wissenschaftliche Nutzung. Die Mobilität von SOFIA lässt weltweiten Zugang zu kurzfristig interessanten Beobachtungszielen zu. Dank der vergleichsweise kurzen Zyklen der Instrumenten-Entwicklung bietet SOFIA zudem eine ausgezeichnete Testplattform für zukünftige Weltraummissionen.



SOFIA bei einem Testflug mit offener Teleskoptür über der Mojave-Wüste in Kalifornien. Bild: NASA-DFRC.

Das SOFIA Teleskop wurde im Auftrag des DLR von den Firmen MAN-Technologie (jetzt MT-Mechatronics) und Kayser-Threde (KT) entwickelt, gebaut und in die USA geliefert. Zahlreiche weitere Firmen aus Europa haben hierbei mitgewirkt.

Mit der Universität Stuttgart hat das DLR Ende 2004 einen Vertrag zur Einrichtung des Deutschen SOFIA Institut (DSI) geschlossen, um den deutschen Betriebsbeitrag in den USA zu erbringen. Wesentliche Beiträge des DSI sind u.a. die Bereitstellung von Personal am Betriebszentrum, der ordnungsgemäße Betrieb des Teleskops, die Koordination deutscher wissenschaftlicher Flüge und die Öffentlichkeitsarbeit. Zum DSI leistet auch das Land Baden-Württemberg einen substantiellen Beitrag.

- Ursprung und Entwicklung von biogenetischen Atomen, Molekülen und Mineralien
- Zusammensetzung und Struktur von Planetenatmosphären, -ringen sowie Kometen
- Sternentstehung, Dynamik und chemische Bestandteile in anderen Galaxien; Suche nach schwarzen Löchern
- Dynamische Aktivität im Zentrum der Milchstraße.

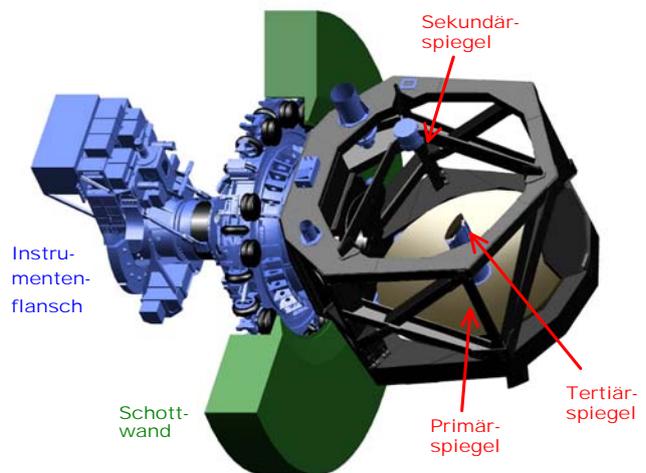
SOFIA wird zudem einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung von neuen Instrumenten und Beobachtungstechniken sowie zur Ausbildung junger Wissenschaftler leisten. Weiterhin ermöglicht SOFIA ein attraktives Bildungs- und Öffentlichkeitsprogramm.

## Kenndaten von SOFIA

Start der Entwicklungsphase:	Januar 1997	Flughöhe für astronomische Beobachtungen:	12 km bis 14 km
Erster Testflug	26. April 2007	Beobachtungszeit in 12 km Höhe:	6 - 8 Stunden
Beginn des Wissenschaftsbetriebs	2011	Gesamtbeobachtungszeit pro Jahr:	ca. 1000 Stunden
Geplante Lebensdauer:	20 Jahre	Temperatur im Teleskopraum (12 km Höhe):	210 bis 230 K
Jährliche Beobachtungsflüge:	ca. 160	Betriebsmannschaft im Flug:	3 Personen im Cockpit
Teleskop-Plattform:	Boeing 747SP		10-15 Operateure/Wissenschaftler/Gäste
	Gleittür als Teleskopöffnung auf der Backbord-Seite des hinteren Rumpfes	Heimatflughafen:	Dryden Aircraft Operation Facility Palmdale, Kalifornien regelmäßige Einsätze in der südlichen Hemisphäre

## SOFIA-Teleskop

- Gewicht des Teleskops 17.000 kg
- Cassegrain-Konfiguration mit Nasmyth-Fokus, permanenter Zugang zum Instrument
- Kohlefaser-Struktur in Hantelform, Spiegeltubus in Gitterbauweise
- Hydrostatisches Öllager mit 2 Ringsegmenten zur Rotationsisolation,  $\varnothing$  1.200 mm, 20-30 $\mu$ m Spalthöhe, 10-30 bar Versorgungsdruck
- Zahnkranztrieb für Grob-Elevation, Gleichstrom-Linearmotoren für alle Bewegungsrichtungen
- Je 12 Luftfedern und 3 Dämpferelemente zur Vibrationsisolation
- Primärspiegel: ZERODUR-Wabenstruktur, 2,7m Durchmesser, 2,5m effektive Öffnung, Blendenzahl  $f / 1,28$
- Sekundärspiegel aus Silizium-Karbid,  $\varnothing$  352 mm, für Fokussierung, Justage & Chopping
- Tertiärspiegel mit 2 ebenen Spiegeln, teildurchlässig (Gold) und reflektierend (Aluminium)
- Blendenzahl des Gesamtsystems:  $f / 19,6$
- Spektralbereich von 0,3 bis 1.600  $\mu$ m
- Unvignettiertes Gesichtsfeld: 8 Bogenminuten
- Bewegungsfreiheit in Grob-Elevation 15-70° und  $\pm 3^\circ$  Feintrieb in allen Richtungen
- 80% Energie in einem Kreis mit 1,5" Durchmesser bei 0,6  $\mu$ m
- Bildstabilität: Beginn 0,8" (Ziel: 0,2")



## Deutsche SOFIA-Instrumente

Instrumenten-Name	Frequenz-/Spektralbereich	Beteiligte Institute
<b>GREAT</b> (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies) Hochauflösendes Heterodyn-Spektrometer	Kanal 1 1,25 - 1,50 THz (240 - 200 $\mu$ m)	MPIfR Bonn Universität zu Köln DLR-PF Berlin MPS Katlenburg-Lindau
	Kanal 2 1,82 - 1,92 THz (165 - 156 $\mu$ m)	
	Kanal 3 2,40 - 2,70 THz (125 - 111 $\mu$ m)	
	Kanal 4 4,70 THz (63 $\mu$ m)	
<b>FIFI-LS</b> (Far-Infrared Field-Imaging Line Spectrometer) Abbildendes Linienspektrometer	Kanal 1 1,43 - 2,72 THz (210 - 110 $\mu$ m)	MPE Garching MPIA Heidelberg IRS Stuttgart
	Kanal 2 2,72 - 7,15 THz (110 - 42 $\mu$ m)	

## Ansprechpartner

DLR Alois Himmels Postfach 300364 53183 Bonn Tel.: + 49 228 447 346	Deutsches SOFIA Institut Universität Stuttgart Prof. Alfred Krabbe Pfaffenwaldring 31 70569 Stuttgart Tel.: + 49 711 6856 2406	MT Mechatronics David Fischer Postfach 3480 55024 Mainz Tel.: + 49 6131 2777 140	Kayser-Threde GmbH Torsten Levin Wolfratshäuser Str. 48 81379 München Tel.: + 49 89 72495 451	<a href="http://www.dlr.de/sofia">http://www.dlr.de/sofia</a> <a href="http://www.nasa.gov/mission_pages/SOFIA/">http://www.nasa.gov/mission_pages/SOFIA/</a> <a href="http://www.sofia.usra.edu">http://www.sofia.usra.edu</a> <a href="http://www.dsi.uni-stuttgart.de">http://www.dsi.uni-stuttgart.de</a>
---	---	--	---	--