



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 aus den 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 nun 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 stellt 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 betreibt SOFIA von seiner Heimatbasis in Südkalifornien aus.

Als Plattform für das 2,7 m große SOFIA Teleskop dient die modifizierte Boeing, die in Flughöhen von über 12 km mit geöffneter Teleskoptür fliegt. 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 zahlreiche Bodentests des integrierten Teleskops 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 wurde SOFIA einem ausführlichen Flugtestprogramm unterzogen.

Ende 2010 hat SOFIA den wissenschaftlichen Betrieb aufgenommen und bis Juni 2014 wurden die deutschen Instrumente GREAT und FIFI-LS sowie die amerikanischen Instrumente FORCAST, HIPO, FLITECAM, EXES und HAWC+ zum Einsatz gebracht. In 2013 wurde eine erste Beobachtungs-Kampagne von Neuseeland aus geflogen. Solche Kampagnen sind inzwischen Standard-Programm für SOFIA.

Ab Juli 2014 wurden das SOFIA-Flugzeug und das Teleskop während einer 5-monatigen Liegezeit bei Lufthansa Technik in Hamburg gründlich überholt und gewartet. Anfang 2015 hat SOFIA den vollen Routinebetrieb aufgenommen, mit ca. 110 Flügen á 8 Stunden Messzeit pro Jahr.

Der Einsatz jeweils neuester Instrumente ermöglicht eine vielfältige wissenschaftliche Nutzung. Die Wissenschaftlerteams werden jährlich durch ein Gutachtergremium für die Flüge mit SOFIA ausgewählt. 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-AFRC.

Das SOFIA Teleskop wurde im Auftrag des DLR von den Firmen MAN-Technologie (jetzt OHB-Systems) und Kayser-Threde (jetzt OHB-Systems) 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 das Land Baden-Württemberg einen substantiellen Beitrag.

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 und Chemie der interstellaren Wolken und Sternentstehung in unserer Milchstraße
- Protoplanetare Scheiben und Planeten-Entstehung in nahen Sternensystemen

- 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.

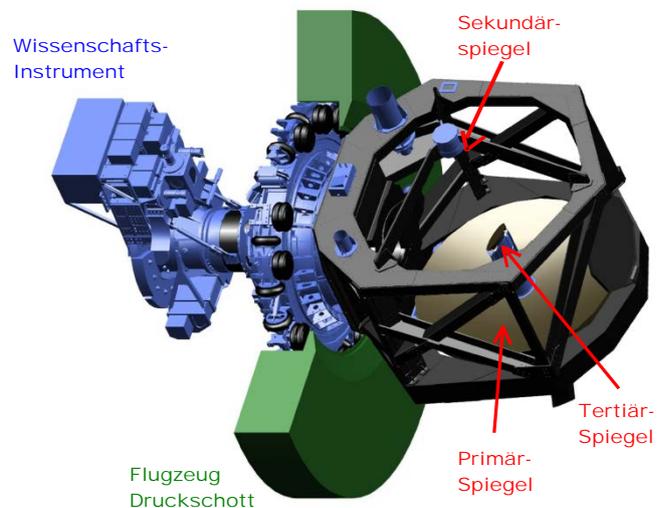
SOFIA wird zudem einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung von neuen Instrumenten und Beobachtungstechniken sowie zur Ausbildung junger Wissenschaftler leisten. Weiterhin ermöglicht SOFIA ein attraktives Bildungs- und Öffentlichkeitsprogramm.

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:	bis zu 8 Stunden
Beginn des Wissenschaftsbetriebs	Dezember 2010	Gesamtbeobachtungszeit pro Jahr:	ca. 1000 Stunden
Geplante Betriebsdauer:	20 Jahre	Temperatur im Teleskopraum (12 km Höhe):	210 bis 230 K
Jährliche Beobachtungsflüge:	ca. 120	Betriebsmannschaft im Flug:	3 Personen im Cockpit
Teleskop-Plattform:	Boeing 747SP		15-30 Operateure/Wissenschaftler/Gäste
	Gleittür als Teleskopöffnung auf der Backbord-Seite des hinteren Rumpfes	Heimatflughafen:	Armstrong Flight Research Center AFRC Bldg. 703 Palmdale, Kalifornien
			und regelmäßige Missionen in die südliche Hemisphäre nach Christchurch, Neuseeland.

SOFIA-Teleskop

- Gewicht des Teleskop Assembly (TA): ca. 17 Tonnen
- 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 μ 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 μ 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 μ m
- Bildstabilität: Beginn 0,8" (Ziel: 0,2")



Deutsche SOFIA-Instrumente

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

Ansprechpartner

DLR Heinz Hammes Postfach 300364 53183 Bonn Tel.: + 49 228 447 377	Deutsches SOFIA Institut Prof. Alfred Krabbe Pfaffenwaldring 29 70569 Stuttgart Tel.: + 49 711 6856 2406
--	--

www.dlr.de/sofia
www.nasa.gov/mission_pages/SOFIA/
www.sofia.usra.edu
www.dsi.uni-stuttgart.de
www.facebook.com/SOFIAtelescope

Stand: März 2017