

# **SOFIA in der Partnerschule – SOFIA in NwT**



# Wo sind die Partnerschulen?



Brandenburg, Hessen, Baden-Württemberg

Eberhard-Ludwig-Gymnasium, Stuttgart  
Johannes-Kepler-Gymnasium, Weil der Stadt  
Merz-Schule, Stuttgart  
Friedrich-Schiller Gymnasium, Marbach  
Michael Bauer Schule, Stuttgart  
Gottlieb-Daimler-Gymnasium, Stuttgart

.....  
(unvollständig)

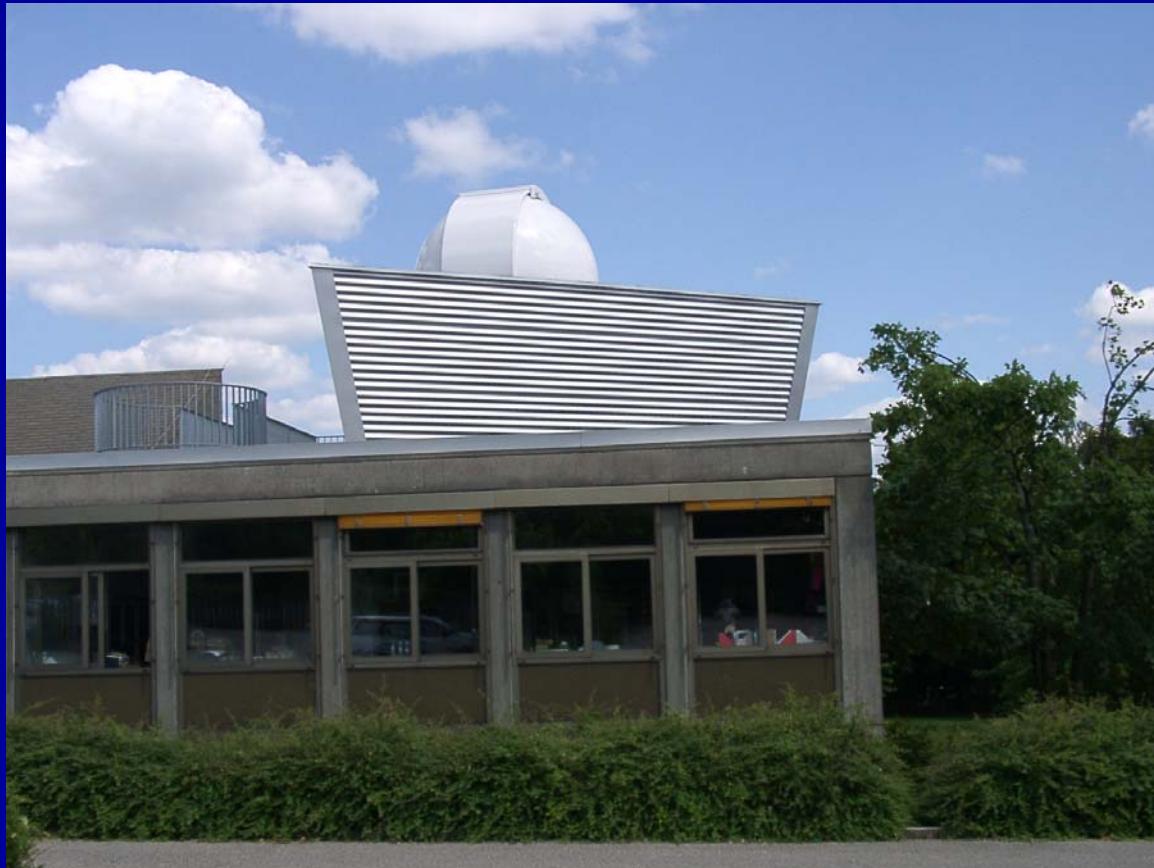
# Institutionen

LISUM Berlin-Brandenburg
WIS - Max-Planck-Institut für Astronomie
DLR -Schoollab Lampoldshausen
DLR -Schoollab Berlin Adlershof

# SOFIA am JKG Weil

- GK Astro erstellt einen Film
- Astro-AG beschäftigt sich mit SOFIA, IR-Koffer, Fernsehfilm
- Begleitausstellung zu Vortrag von Herr Prof. Röser: Objekte im Sichtbaren und Infraroten
- Ausstellungsbeiträge bei Tag der Astronomie, Langen Nacht der Sterne, Vorträgen der Kepler-Gesellschaft

# Sternwarte von Westen

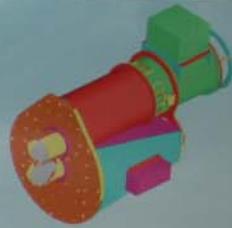




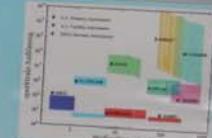


First Light Infrared Test  
Experiment Camera

FLITECAM wurde konstruiert, um die Bildqualität des SOFIA-Teleskops zu testen und Fehler auf dem Hauptspiegel zu finden. Ebenso soll sie den Abgasstrahl des Triebwerks analysieren. Durch verschiedene Filter kann man in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen beobachten.



Durch die Kopplung von HIPO und FLITECAM werden neue Möglichkeiten der Erforschung geschaffen, da simultan Strahlung im infraroten und im sichtbaren Bereich aufgenommen werden kann. Im Sichtbaren nicht wahrzunehmende Objekte können auf diese Weise durch Infrarottechnik abgebildet und so besser untersucht werden.



Universität Stuttgart



## SOFIA Stratosphären Observatorium Für Infrarot-Astronomie

### Das Flugzeug



Trägerflugzeug für SOFIA ist eine Boeing 747SP, eine verkürzte Version des Jumbo Jets, die von 1977 bis 1995 im Liniendienst eingesetzt wurde. Um Platz für das Teleskop zu schaffen und den freien Blick ins Weltall zu ermöglichen, wurde in den linken hinteren Teil des Flugzeugrumpfes ein Loch geschlagen und eine dreckdichte Trennwand eingebaut, die den Passagierraum mit Instrumenten und Wissenschaftlern gegen den Teleskopraum abschottet. Das Teleskop ist damit direkt den äußeren Umgebungsbedingungen wie etwa einer Außentemperatur von rund minus 50 Grad Celsius ausgesetzt.

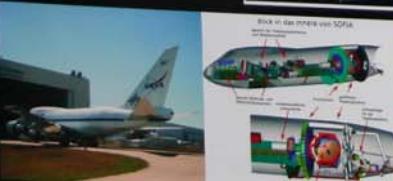
Flughöhe: - 14 km  
Flüge: - 160 Jahr  
Wissenschaft: - 7 h / Nacht  
Missionsdauer: 20 Jahre

*Erstflug im April 2007*

### Das Teleskop

Masse des Teleskops: 17.000 kg  
Hauptspiegel: 2,7 m Durchmesser  
Spectralbereich: 0,3 - 1600 μm  
Ausrichtungsgenauigkeit: 0,2 arcsec rms

### Die Wissenschaft:



Der Flugzug nach der Landung im September 2006 vor dem Flug nach dem ersten L-160-Meter-Flug. Die weißen Markierungen für den unteren Bereich sind ebenfalls sichtbar.

Sicht durch das Flugzeug. Der Kabinen ist im Innern voll mit Instrumenten und Wissenschaftlern besetzt. Der Flugzeug und die Raumfahrtexperten arbeiten mit einem kleinen Team zusammen, um die SOFIA-Flüge zu unterstützen. Ein Team besteht aus Wissenschaftlern und Technikern, die die Instrumente und die Fluglogistik überwachen.

Ist Partnerschule von  
**SOFIA**  
Deutsche Forschungsanstalt für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR) und der National Aeronautics and Space Administration (NASA). Es wird auf Verantwortung des DLR von Wissen und Technologie für die Raumfahrt und die Erde ausgetauscht.

## SOFIA - Das Teleskop

Das ca. 17 t schwere SOFIA-Teleskop ist hydrostatisch gelagert, um es von den Gießbewegungen des Flugzeugs zu entkoppeln. Im linken Bild ist das sphärische Gleitlager zu sehen. Es hat einen Durchmesser von 1,2 m bei einer Masse von etwa 600 kg. Im Bild rechts sind die in den beiden Lagerungen eingefrästen Taschen erkennbar in die das Öl gedrückt wird. So entsteht ein 50 μm dicker Gleiftisch zwischen Lagerkugel und Lagerung. Diese Lagerung ermöglicht eine Rotation des Teleskops von ±3° um alle drei Achsen. Mit Hilfe von zwölf gleichmäßig am Rumpf angebrachten Motorsegmenten wird das Teleskop so ausgerichtet und nachgeführt und es können außere Störkräfte ausgleichen werden. Der Elevationswinkel des Teleskops relativ zum Flugzeug ist in einem Bereich von 15 bis 70° varierbar.

Ein Feder-Dämpfer-System, das so genannte Vibration Isolation System, entkoppelt das Teleskop von den Schwankungen des Flugzeugs. Im Bild rechts sieht man 2 der 24 symmetrisch angeordnete pneumatischen Federn. Jeweils die Hälfte der Federn arbeiten in axialer bzw. tangentialer Richtung.



Der Primärspiegel hat einen Durchmesser von 2,7 m und eine Masse von 650 kg. Durch Verwendung einer, auf dem Bild erkennbaren, Honeycombstruktur können, bezogen auf den Rohling, 75% Masse eingespart werden. Das verwendete Material ist Zerodur und zeichnet sich durch einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten und einen hohen Elastizitätsmodul aus. Die zum Zeitpunkt der Aufnahme noch nicht aufgebrachte Aluminiumbeschichtung soll halbjährlich erneuert werden um die optischen Eigenschaften des Teleskops zu garantieren.

Der aus SiC gefertigte Sekundärspiegel hat einen Durchmesser von 35 cm und kann um die beiden Querachsen mit einer Frequenz bis zu 20 Hz um maximal 0,35 ° gekippt werden. Dies dient in der Infrarotastronomie dazu, die allgegenwärtige Hintergrundstrahlung vom Zielsobjekt zu subtrahieren. Um die empfängende Strahlung zentrieren und fokussieren zu können, stehen zusätzlich zu den rotatorischen die drei translatorischen Freiheitsgrade zur Verfügung. Der Sekundärspiegel wird außerdem zur so genannten Flexible Body Compensation eingesetzt. Dadurch werden durch Windlasten angelegte Eigenschwingungen der aus Kohlefaserverbundwerkstoff und Stahl bestehenden Teleskopstruktur kompensiert.

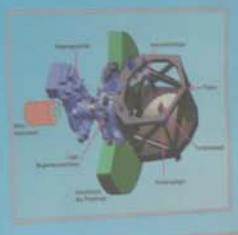
In diesem Bild sind schematisch der Strahlengang, die Spiegel sowie das hydrostatische Lager des Sekundärspiegels (M3) und wird hier nach Wellenlängenbereichen getrennt. Die Infrarotsstrahlung wird durch das Sekundärspiegel reflektiert, während die optische Strahlung zu einer der Nachführkameras gelangt. Diese Strahlführung erlaubt die Beobachtung astronomischer Objekte von der mit Druck beaufschlagten Kabine aus.

# Wissenschaftliche SOFIA

## FIFI LS

(Far-Infrared Field-Imaging Line Spectrometer)

FIFI LS nutzt die hohe Auflösung und Empfindlichkeit von SOFIA, um Schlüsselfragen der modernen Astronomie zu klären. FIFI LS ermöglicht die gleichzeitige Beobachtung in zwei verschiedenen infraroten Wellenlängenbereichen und kann unter anderem Informationen über den Zusammenhang zwischen aktiven Galaxienkernen und Sternentstehungsgebieten liefern.



## FLITECAM

First Light Infrared Test Experiment Camera

FLITECAM wurde konstruiert, um die Bildqualität des SOFIA-Teleskops zu testen und Fehler auf dem Hauptspiegel zu finden. Ebenso soll sie den Abgasstrahl des Triebwerks analysieren. Durch verschiedene Filter kann man in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen beobachten.



Universität Stuttgart



## Instrumente

### GREAT

(German Receiver for Astronomy at THz Frequencies)  
Auf Grund der sehr hohen spektralen Auflösung bei unterschiedlichen Frequenzen ist es möglich, mit diesem Instrument wichtige Erkenntnisse über Schlüsselfenomene der modernen Astrophysik, wie z.B. Fragen über Planetenatmosphären bis hin zu Untersuchungen des frühen Universums, zu gewinnen. Die Erschließung des Terahertzbereichs ermöglicht wichtige Informationen über die Sternentstehung und Formationen in nahen Galaxien.



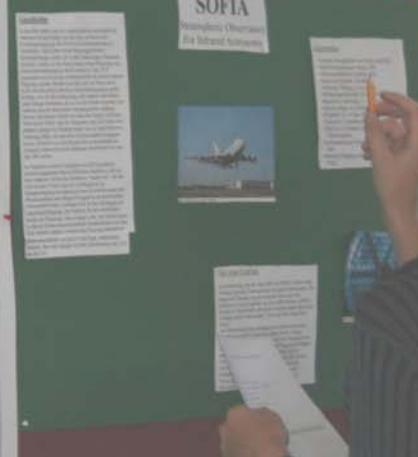
### HIPO

High-Speed Imaging Photometer for Occultations

HIPO wird zur Überprüfung des Observatoriums SOFIA verwendet. Es kann gleichzeitig Strahlung in zwei verschiedenen sichtbaren Wellenlängenbereichen untersuchen und auswerten.



Durch die Kopplung von HIPO und FLITECAM werden neue Möglichkeiten der Erforschung geschaffen, da simultan Strahlung im infraroten und im sichtbaren Bereich aufgenommen werden kann. Im Sichtbaren nicht wahrnehmbare Objekte können auf diese Weise durch Infrarottchnik abgebildet und so besser untersucht werden.



# Wissenschaftliche SOFIA

## Instrumente

### FIFI LS

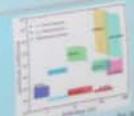
(Far-Infrared Faint Imaging Line Spectrometer)  
FIFI LS nutzt die hohe Auflösung und Empfindlichkeit von SOFIA, um Schätzungen der modernen Astronomie zu klären. FIFI LS ermöglicht die gleichzeitige Beobachtung in zwei verschiedenen infraroten Wellenlängenbereichen und kann unter anderem Informationen über das Zusammenhang zwischen aktiven Galaxienkerzen und Sternentstehungsgebieten liefern.



### FLITECAM

First Light Infrared Test Experiment Camera

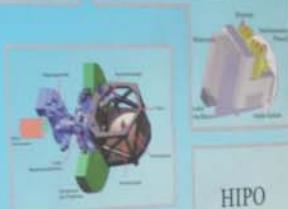
FLITECAM wurde konstruiert, um die Bildqualität des SOFIA-Triebwerks zu testen und Fehler auf dem Hauptspiegel zu finden. Ebenso soll sie den Abgusstrahl des Triebwerks analysieren. Durch verschiedene Filter kann man in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen beobachten.



Universität Stuttgart

### GREAT

(German Receiver for Ionospheric Tomography at 120 GHz) Der Grund für viele hohen spektakulären Auflösungen bei unterschiedlichen Projektoren ist es möglich, mit diesem Instrument einige Informationen über die Schallausbreitung der modernen Antennen, wie z.B. Fragen über Phasenverschiebungen, bis hin zu Untersuchungen des Turbulenzspektrums, zu gewinnen. Die Encodierung des Turbulenzspektrums ermöglicht wichtige Informationen über die Herstellung, und Perzessionen in ruhigen Galaxien.

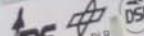


### HIPPO

High-Speed Imaging Photometer for Oscillation  
HIPPO wird zur Überprüfung des Observatoriums SOFIA verwendet. Es kann gleichzeitig Strahlung in zwei verschiedenen Wellenlängenbereichen aufnehmen und untersuchen.



Durch die Kopplung von HIPPO und FLITECAM werden neue Möglichkeiten der Erforschung geschaffen, da simultane Strahlung in infraroten und im sichtbaren Bereich aufgenommen werden kann. Im Sichtbaren nicht widerstandsfähige Objekte können auf diese Weise durch Infrarotspektroskopie abgedeckt und besser untersucht werden.



# **SOFIA in der Partnerschule**

## **Wünsche und Möglichkeiten**

Mitarbeit am SOFIA-IR-Koffer (Weiterentwicklung)

Betreuung von SOFIA-Bildungsaktivitäten

Organisation von Treffen mit anderen SOFIA-Partnern

Kontakt zu US-amerikanischen SOFIA-Partnerschulen

Exklusive Information und Versorgung mit Material (auch IR-Koffer)  
... bis hin zum Höhepunkt: Mitfluggelegenheit für Lehrer und Schüler

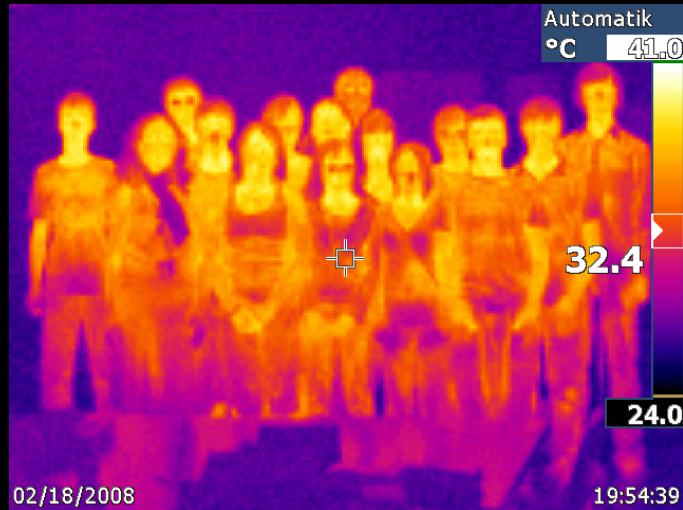


# SOFIA-AG

Teilnehmer eines ehemaligen Astronomiekurses der Science Academy BW  
(Thema: „SOFIA ...“, 2008) treffen sich regelmäßig am DSI oder in Heidelberg  
(LSW, HdA)

Mehr Astronomie lernen

Herstellung und Weiterentwicklung von IR-Experimenten und Modellen  
Planung und Betreuung von SOFIA-Bildungsaktivitäten



# Bildungsstandards NWT

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Himmelsanblick dokumentieren und erklären,
- Objekte identifizieren und sich damit auf der Erde orientieren;
- Methoden astronomischer Beobachtung und Forschung erläutern;
- astronomische Vorgänge einordnen und erklären;
- die Entwicklung des Sonnensystems beschreiben;
- die Bedeutung der Sonne für das Leben auf der Erde erläutern;
- bedeutende Schritte der Geschichte des Lebens beschreiben;
- Zusammenhänge und Wechselwirkungen am Beispiel eines ausgewählten Stoffkreislaufes erklären und die Prinzipien auf andere Kreisläufe übertragen;
- Veränderungen des Systems Erde durch menschliches Eingreifen analysieren und bewerten

# **SOFIA in NwT**

- Enthält beides: Nw und T

Themen:

IR-Strahlung (Ph), Erdatmosphäre (Geo, Ph, Ch), Treibhausgase (Ch, Geo, Astro), Strömungslehre (Ph), Wetterkunde (Ph, Geo), Fernrohre (Ph, T), Flugzeugbau (T), Strahlungsnachweis (Ph, T), Flugplanung (Ma), Astronomie (...)

# Spektrum

Außer dem sichtbaren Licht gibt es:

- Infrarot
- Radiostrahlen
- Ultraviolett
- Röntgenstrahlen
- Gammastrahlen

# Instrumente, Technik

- Teleskop: Kepler, Galilei
- IR-Teleskop
- Röntgenteleskop
- Radioteleskop
- Neue Teleskope
- Adaptive Optik

# Aufgaben für Partnerschulen

- Geeignete Unterrichtseinheiten entwickeln
- Exkursionen z.B. zu SOFIA nach Stuttgart

# SOFIA, Johannes-Kepler-Sternwarte, JKGS

- Wunschtraum:  
Schüler beobachten mit und für SOFIA  
auf der Sternwarte