

Stuttgart

Deutsches SOFIA Institut



Pfaffenwaldring 29, 70569 Stuttgart

0 Allgemeines

SOFIA, das Stratosphären Observatorium für Infrarot Astronomie (Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy), ist ein Gemeinschaftsprojekt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) und der National Aeronautics and Space Administration (NASA). Es wird im Auftrag des DLR mit Mitteln des Bundes (BMWK), des Landes Baden-Württemberg und der Universität Stuttgart durchgeführt. Die deutschen Instrumente von SOFIA wurden bislang durch die Max-Planck Gesellschaft, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Universität zu Köln, das Institut für Raumfahrtsysteme der Universität Stuttgart und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) finanziert. Das Deutsche SOFIA Institut (DSI) der Universität Stuttgart koordiniert den wissenschaftlichen Betrieb auf deutscher Seite, auf amerikanischer Seite das NASA Ames Research Center (ARC) und die Universities Space Research Association (USRA). Das gesamte Projekt wird zu 80% von der NASA und zu 20% vom DLR finanziert; dies betrifft sowohl den Bau des Observatoriums als auch den 20-jährigen Betrieb. Der deutsche Beitrag zum Bau umfasst das Teleskop mit seinem 2,7 m durchmessenden Hauptspiegel. Das DLR hat das DSI an der Universität Stuttgart im November 2004 beauftragt, die Fertigstellung des SOFIA Observatoriums und später dessen Betrieb und wissenschaftliche Nutzung zu koordinieren. Das DSI vertritt außerdem die Interessen der deutschen Astronomen im Projekt, unterstützt die deutschen Wissenschaftler beim Bau deutscher Instrumente und steht in ständigem Kontakt mit der German SOFIA Science Working Group (GSSWG). Der Flugbetrieb wird unter Federführung des NASA Armstrong Flight Research Centers (AFRC) durchgeführt. Das NASA Ames Research Center (ARC) bereitet die wissenschaftliche Nutzung und die astronomischen Beobachtungsflüge vor und führt diese durch.

Die Aufgaben des DSI erstrecken sich auf folgende Bereiche:

- Betrieb des deutschen Kompetenzzentrums für Infrarotastronomie
 - Koordination des wissenschaftlichen Programms
 - Unterstützung der GSSWG und der deutschen Instrumententeams
 - Unterstützung der deutschen Wissenschaftler bei der Benutzung des SOFIA Observatoriums und speziell des FIFI-LS und des FPI+ Instrumentes an Bord von SOFIA
 - Unterstützung der deutschen SOFIA Instrumententeams
 - Bewertungsverfahren der eingereichten SOFIA Beobachtungsanträge
 - Mitarbeit bei der Erstellung des Beobachtungszeitplans für SOFIA
- Betrieb und Wartung des SOFIA Teleskops
- Weiterentwicklung und Verbesserung des SOFIA Teleskopes und der Subsysteme
- Aufbau und Koordination eines akademischen Austauschprogramms
- Öffentlichkeitsarbeit sowie Aufbau und Koordination eines bundesweiten Bildungsprogramms
- Bereitstellung der nötigen Infrastruktur z.B. im Bereich der Personalentsendung, Archivierung des Datentransfers, und Rechnerunterstützung

Die Geschäftsstellen des DSI sind:

- Stuttgart : Hauptgeschäftsstelle am Institut für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 29, 70569 Stuttgart, Deutschland
- AFRC : Zweigstelle am NASA Armstrong Flight Research Center, Mail Stop: AFRC Bldg. 703, S231, P.O. Box 273, Edwards, CA 93523, USA
- ARC : Zweigstelle am SOFIA Science Center, NASA Ames Research Center (ARC), Mailstop N211-1, Moffett Field, CA 94035, USA

Die Webseite des DSI ist : <http://www.dsi.uni-stuttgart.de/>

1 Personal und Ausstattung

1.1 Personalstand

Direktoren und Professoren: 2

Direktoren: 1

Prof. Dr. Alfred Krabbe (Leitung des DSI, Stuttgart)

Professoren: 2

Prof. Dr. Alfred Krabbe (Leitung des DSI, Stuttgart), Prof. Dr. Jörg Wagner

Wissenschaftliche Mitarbeiter: 21

- Stuttgart : Benjamin Greiner, Dr. rer. nat. Christof Iserlohe, Dr. rer. nat. Maja Kazmierczak-Barthel, Dr.-Ing. Thomas Keilig (Geschäftsleiter), Prof. Dr. rer. nat. Alfred Krabbe (Direktor des DSI), Prof. Dr.-Ing. Jörg Wagner, Dr. rer. nat. Jürgen Wolf
- AFRC : Michael Beck, Dino Emes, Dr.-Ing. Christian Fischer, Nadine Fischer, Michael Hütwohl (Standortleiter AFRC), Dr. rer. nat. Holger Jakob, Andreas Siggelkow, Julia Sothmann, Rainer Valek, Dr.-Ing. Oliver Zeile
- ARC : Bastian Knieling, Dr.-Ing. Enrico Pfüller, Dr. rer. nat. Bernhard Schulz (stellvertretender SMO Leiter), Dr.-Ing. Manuel Wiedemann (Standortleiter ARC)

Doktoranden: 8

Stuttgart : Andre Beck, Sarah Bougueroua, Benjamin Greiner, Serina Latzko, Philipp Maier
 Externe Doktoranden: Aaron Bryant, Rainer Hönle
 ARC : Karsten Schindler

*Bachelor- und Masterstudenten: 2**Bachelorstudenten: 0**Masterstudenten: 2*

AFRC : Sonja Hofmann
 ARC : Jonas Früh

Sekretariat und Verwaltung: 6

Stuttgart : Barbara Klett (Sekretariat), Dr. rer. nat. Antje Lischke-Weis (Verwaltung - EPO), Dr. rer. nat. Dörte Mehlert (Verwaltung - EPO), Katja Paterson (Verwaltung), Sarah Peter (Verwaltung - Reisekosten), Monika Rößler (Verwaltung - Finanzen)

Technische Mitarbeiter: 6

Stuttgart : Steve Elsemüller
 AFRC : Florian Behrens, Oliver Gerhard, Alexander Grill, Marco Lentini, Rainer Strecker

Studentische Mitarbeiter: 1

Stuttgart : Julienne Böttger

Praktikanten: 1

ARC : Enes Güngör

Gäste: 3

Stuttgart : Aaron Bryant, Rainer Hönle, Dr. rer. nat. Hans Zinnecker

2 Wissenschaftliche Arbeiten**2.1 Wissenschaftliche Beobachtungsflüge mit SOFIA :**

Am 29. September des Jahres 2022 endete die operationelle Phase von SOFIA mit dem letzten Beobachtungsflug des Projektes. Am 13. Dezember wurde das Flugzeug dann zur Davis-Monthan Air Force Base in Tucson geflogen und von dort im neuen Jahr in das benachbarte Pima Air & Space Museum geschleppt. Das Observatorium hatte zuvor seinen zehnten Beobachtungszyklus (Cycle 9) mit insgesamt 155 Beobachtungsflügen beendet. Nachdem der US-Kongress eine Durchführung eines Senior Reviews für SOFIA untersagt hatte, wurden stattdessen von der NASA, unter Mitwirkung von DLR Delegierten, 2018 ein SOFIA Operations & Maintenance Efficiency Review (SOMER) und 2019 ein Flagship Mission Review (FMR) durchgeführt. Das SOFIA Science Mission Operations (SMO) hatte nach diesen intensiven Reviews die meisten der daraus hervorgegangenen Empfehlungen zeitnah umgesetzt und damit die wissenschaftliche also auch die operationelle Produktivität in den Folgejahren stetig erhöht. Ein Fahrplan der NASA zur Entwicklung neuer Instrumente, welche die Beobachtungsleistung um einen weiteren Faktor zehn erhöht hätte, war bereits beschlossen. Umso überraschender war die Entscheidung von NASA und DLR, aufgrund einer Empfehlung des Decadal Survey der US-amerikanischen National Academies for Sciences, Engineering and Medicine, ein Senior Review nicht mehr durchzuführen.

Am 26. April 2022 wurde in einer gemeinsamen Erklärung von der NASA (Dr. Thomas Zurbuchen) und der DLR Raumfahrtagentur (Dr. Walther Pelzer) bekannt gegeben, dass

der SOFIA Beobachtungsbetrieb mit dem Ende der laufenden SOFIA Extended Mission am 30. September 2022 eingestellt wird. Das hohe Gewicht des Decadal Survey wurde neben mangelnder wissenschaftlicher Leistung und einem zu hohen Budget als Grund angeführt.

Die Ferninfrarotastronomie verliert mit dieser Entscheidung auf lange Zeit das einzige Observatorium, welches in diesem Wellenlängenbereich astronomische Beobachtungen mit moderner Instrumentierung machen konnte. Nach der Streichung der SPICA Weltraummission der ESA im Jahr zuvor, ist die nächste Mission mit Fähigkeiten im Ferninfraroten frühestes in 10 oder sogar 20 Jahren zu erwarten, je nachdem ob eine sogenannte Probe Mission der NASA für den Röntgen- oder Ferninfrarotbereich ausgesucht wird. Eine ausreichende wissenschaftliche Ausbeute der SOFIA Archivdaten ist wegen der zu kurzen Ramp-Down Phase der NASA von nur einem Jahr zur Zeit noch nicht gesichert. Dazu befindet sich auf deutscher Seite ein Antrag an das DLR in Vorbereitung.

Somit war das Jahr 2022 das letzte Jahr mit SOFIA Beobachtungsflügen und am 1. Oktober 2022 begann die SOFIA Post Operations Phase. Für den SOFIA Observing Cycle 10 wurde im März 2022 bereits eine Peer Review Liste der Selected Proposals erstellt. Die erfolgreichen Antragsteller wurden durch das SMO über das Ende von SOFIA informiert und darüber, dass der SOFIA Cycle 10 nicht mehr stattfinden wird. Der SOFIA Observing Cycle 9, welcher bereits am 03. Juli 2021 begonnen hatte, wurde bis zum 30. September 2022 verlängert, um die vorjährigen Verluste durch die Covid-19 Pandemie zumindest etwas auszugleichen.

# Flüge	Flugnummer	Instrument	Cycle
9	805 - 813	FIFI-LS	9I
14	814 - 828	FORCAST	9J
10	829 - 838	EXES	9K
2	839 - 840	FIFI-LS	9L
1	841	Transferflug von PMD nach SCL	
7	842 - 848	FIFI-LS von SCL aus	9M
1	849	Transferflug von SCL nach PMD	
9	850 - 858	GREAT	9N
8	859 - 866	EXES	9O
12	867 - 878	FORCAST	9P
8	879 - 886	HAWC+	9Q
2	887 - 888	Transferflug von PMD über HNL nach CHC	
7	889 - 895	HAWC+ Southern Hemisphere Deployment von CHC aus	9R
6	896 - 901	4GREAT/HFA Southern Hemisphere Deployment von CHC aus	9S
1	902	Functional Check Flight	
2	903 - 904	Transferflug von CHC über HNL nach PMD	
5	905 - 909	FIFI-LS	9T
6	910 - 915	FORCAST	9V
6	916 - 921	HAWC+	9W

Tabelle 1: SOFIA Beobachtungs- und Transferflüge 2022 in cycle 9. Christchurch (CHC), Honolulu (HNL), Palmdale (PMD), Santiago de Chile (SCL).

Am 18. Juli 2022 (vor Flug 902) kam es zudem auf dem Vorfeld des Flughafens in Christchurch zu einem Zwischenfall mit SOFIA auf ihrer Parkposition (siehe Kapitel 2.3). Am 20. Juli 2022 wurde daher beschlossen die laufende GREAT Kampagne sowie das Southern Hemisphere Deployment 2022 vorzeitig abzubrechen und schnellstmöglich nach Palmdale zurückzukehren.

Sonstige SOFIA Flüge nach dem 1. Oktober 2022 sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Flugnummer	Flug
922	Transferflug von PMD nach NUQ mit Führungen durch das Observatorium anlässlich des SOFIAs Last Visit to NASA Ames Research Center
923	Transferflug von NUQ nach EDW mit Teilnahme an der Aerospace Valley Air Show 2022 mit Open Door Vorbeiflügen und mit Führungen für die Öffentlichkeit durch das Observatorium.
924	Transferflug von EDW nach PMD
925	Pilot Proficiency Flight mit Touch-and-Go in FAT
926	Pilot Proficiency Flight
927	Transferflug von PMD nach DMA

Tabelle 2: Sonstige SOFIA Flüge. Davis-Monthan Air Force Base (DMA), Edwards Air Force Base (EDW), Fresno Yosemite International Airport (FAT), Airport Moffett Field (NUQ), Palmdale Regional Airport (PMD).

Flug 921 am 28. September 2022 mit dem HAWC+ Instrument war der letzte Beobachtungsflug von SOFIA. Flug 927 am 13. Dezember 2022 war der endgültig letzte Flug von SOFIA und führte ins Pima Air and Space Museum, Tucson (AZ).

Obwohl im Jahr 2022 aufgrund des Projektendes nur 9 Monate für Beobachtungsflüge zur Verfügung standen und in Christchurch 14 GREAT-Flüge wegen der Beschädigung des Flugzeugs ausgefallen waren, wurden im Jahr 2022 mit insgesamt 110 Beobachtungsflügen so viele wie noch nie zuvor durchgeführt (siehe Tabelle 1 und 3).

Jahr	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Flüge	84	84	85	78	93	37	102	110

Tabelle 3: Anzahl der jährlich mit SOFIA durchgeführten astronomischen Beobachtungsflüge (pro Kalenderjahr). In 2018 standen zahlreiche Wartungs- und Reparaturarbeiten an, das Jahr 2020 war geprägt von der Corona-Pandemie.

2.2 Arbeitsschwerpunkte der Hauptgeschäftsstelle Stuttgart :

Verwaltung :

Am Standort in Stuttgart befindet sich der Hauptverwaltungssitz des DSI, welches die Leitung und die Finanz- und Personaladministration wahrnimmt. Dort befindet sich ebenso die Abteilung für die deutsche Öffentlichkeits- und Bildungsarbeit zum SOFIA Programm, die auch das deutsche Lehrermitflug-Programm “SOFIA German Ambassador Program” (SGAP) betreibt. Siehe auch <http://www.dsi.uni-stuttgart.de/bildungsprogramm/SGAP> (siehe auch Kapitel 3.5). Die Koordination der Nutzung von SOFIA durch die deutsche astronomische Community findet in Stuttgart in einem Peer-Review Verfahren statt, bei dem die eingegangenen Beobachtungsanträge durch das unabhängige Time Allocation Committee (TAC) bewertet werden (siehe Kapitel 2.2).

Wissenschaft :

In der astronomischen Arbeitsgruppe mit Prof. Dr. A. Krabbe als Leiter werden u. a. Daten ausgewertet, die von SOFIA mit dem FIFI-LS Instrument (Far Infrared Field Imaging Line Spectrometer) gewonnen wurden. Forschungsschwerpunkte am DSI sind das Zentrum unserer Milchstrasse sowie die zentrale molekulare Zone (circum molecular zone, CMZ). Ein weiterer Forschungsschwerpunkt ist massive Sternentstehung in Galaxien wie z.B. M82 und NGC253. Hier werden unter anderem Ferninfrarot-Daten des abbildenden Spektrographen FIFI-LS ausgewertet und mit Modellrechnungen verglichen. Diesen Themen widmen

sich die Doktoranden Andre Beck, Aaron Bryant, Rainer Hönle und Serina Latzko sowie der wissenschaftliche Mitarbeiter Dr. Christof Iserlohe.

Ein wichtiger Forschungsaspekt am DSI betrifft die atmosphärische Kalibration von Daten, die mit Instrumenten an Bord von SOFIA genommen wurden. Hierbei spielt der ausfällbare Wasserdampf (precipitable water vapor, PWV) in der Stratosphäre als Hauptabsorber für Ferninfrarot-Strahlung eine grosse Rolle. Dieser wird aus Satellitenbeobachtungen und Modellrechnungen des European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) bestimmt und mit Messungen, die mit dem FIFI-LS und FORCAST Instrument gewonnen wurden, verglichen. Diesem Thema widmen sich die wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. Christian Fischer und Dr. Christof Iserlohe.

European Stratospheric Balloon Observatory, ESBO :

Ein weiteres Forschungsfeld ist die ESBO-Initiative (European Stratospheric Balloon Observatory), ein europäisches Forschungsvorhaben, das den Weg für ein breit zugängliches, regelmäßig fliegendes astronomisches Observatorium auf Basis von wissenschaftlichen Stratosphärenballons bereiten soll. Unter dem ESBO-Vorhaben wird unter anderem die UV-Prototypmission STUDIO (Stratospheric UV Demonstrator of an Imaging Observatory) entwickelt. Das Projektkonsortium wird vom Institut für Raumfahrtssysteme (IRS) der Universität Stuttgart geleitet und umfasst neben der Mitarbeit der Abteilungen Prof. S. Klinkner und Prof. A. Krabbe im IRS weiterhin die Swedish Space Corporation, das Institut für Astronomie und Astrophysik der Universität Tübingen, das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik und das Instituto de Astrofísica de Andalucia. Das Pilotprojekt ESBO DS (European Stratospheric Balloon Observatory - Design Study) wurde 2022 erfolgreich abgeschlossen. ESBO DS wurde im Rahmen des Horizont 2020 Förderprogramms für Forschung und Innovation der Europäischen Union unter Zuwendungsvereinbarung 777516 finanziert.

Fluxer :

Desweiteren wird am Standort Stuttgart das IDL-Softwarepaket FLUXER entwickelt, welches zur Visualisierung und Auswertung astronomischer Daten-Kuben wie z.B. von FIFI-LS Daten dient. Die Software wird interessierten Wissenschaftlern kostenlos zur Verfügung gestellt (Projektleiter Dr. Christof Iserlohe, Stuttgart).

Beitrag der Professur für Flugmesstechnik :

Der Beitrag der Professur für Flugmesstechnik bestand auch 2022 in der Unterstützung der Arbeiten am SOFIA-Teleskop und seinen Subsystemen auf den Gebieten der Mechatronik, Strukturmechanik und Messtechnik. Den Schwerpunkt bildeten wie in den Vorjahren drei Vorhaben zur Sicherung des langfristigen Betriebs des Teleskops unter Berücksichtigung verschärfter Anforderungen durch mögliche neue Instrumente. Das erste Vorhaben war aufgrund des vorzeitigen Endes von SOFIA neu zu fassen.

Die im Aufbau befindliche zweite, verbesserte inertielle Messeinheit des Teleskops aus drei sehr hochwertigen faseroptischen Kreiseln und drei Beschleunigungsmessern musste ursprünglich noch flugqualifiziert werden. Hierzu sollten zur Überprüfung der vorgegebenen Spezifikationen und zur Genauigkeitssteigerung die sechs Inertialsensoren im Labor der Professur auf einem Drehtisch nachkalibriert und insbesondere in der Lage ihrer Messachsen zueinander vermessen werden. Die hierzu aufgebaute Methodik soll nun zur Nachbearbeitung der Daten der bisherigen inertialen Messeinheit des Teleskops eingesetzt werden. Das zweite Vorhaben betrifft die Aufarbeitung und laufende Verbesserung des bestehenden Finite-Elemente-Modells des Teleskops. Das Modell wurde bereits für die Verbesserung von Subsystemen (wie z.B. der Sekundärspiegel in den vergangenen Jahren) verwendet und war auch für die strukturdynamische Auslegung möglicher neuer Instrumente vorgesehen. Dem Finite-Elemente-Modell liegt eine Fülle von Datenmaterial vom Bau des Teleskops bis hin zu aktuellsten Messungen der Teleskopstrukturdynamik im Flug zugrunde, womit sich die Struktur und wesentliche Parameter des Modells (z.B. für die verwendeten Werkstoffe)

anpassen und optimieren ließen. Eine Dissertation zu dieser Thematik wurde in 2022 abgeschlossen.

Im Mittelpunkt des dritten Vorhabens stand die Wiederinbetriebnahme und Weiterentwicklung der aktiven Schwingungstilger (Active Mass Damper system, AMD) am Primärspiegel des Teleskops für den operationellen Betrieb. Im Jahr 2022 wurden hierzu mehrere Beobachtungskampagnen vor Ort in Palmdale unterstützt, bei denen auch Messdaten für weitergehende Auswertung und Weiterentwicklung gewonnen wurden. Während der EXES Flugserien (Cycle 9K und Cycle 9O) wurde der Betrieb des AMD durch das DSI auf allen Flügen unterstützt. Damit wurde das AMD System erstmals im Dauerbetrieb für die Verbesserung astronomischer Beobachtungen eingesetzt. Durch den Wechsel auf stärkere AMD-Sicherungen und eine Anpassung der Strom-Limits konnte die Zuverlässigkeit des AMD Systems bei Turbulenzen deutlich gesteigert werden. Das EXES-Team geht von einer Verbesserung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses für Punktquellen von ca. 15% aus. Zeitlich hochaufgelöste Zentroidenmessungen mit dem FPI+ zeigen eine deutliche Reduktion der Sternbewegung im Bereich von 50 bis 80 Hz durch das AMD System. Im Rahmen einer sinnvollen Weiterverwendung von SOFIA Komponenten nach dem Ende des regulären SOFIA-Betriebs wurde das AMD System Ende 2022 vom Teleskop entfernt und für laborgestützte Nachuntersuchungen durch die Professur für Flugmesstechnik vorbereitet. Neben der Unterstützung von SOFIA führt die Professur auch historische Untersuchungen durch, die ihren Ausgangspunkt im wissenschaftlichen Werk des Tübinger Astronomen J.G.F. Bohnenberger haben.

Time Allocation Committee, TAC :

Das deutsche Komitee zur Beurteilung der eingereichten deutschen Beobachtungsanträge für SOFIA (Time Allocation Committee, TAC), tagte 2022 wieder virtuell und zwar am 7., 8. und 10. März 2022. Die Prozedur zur Planung des 10. Beobachtungszyklus wurde vollständig durchgeführt, da zu der Zeit immer noch die Hoffnung bestand, dass SOFIA zumindest diesen Zyklus noch erleben würde. Durch die Verlängerung des 9. Zyklus hatte sich im Jahr 2021 eine TAC-Pause ergeben. Es waren diesmal 21 deutsche Beobachtungsanträge zu beurteilen, von denen sich einer für ein amerikanisch/deutsches Legacyprogramm bewarb. Die Expertengruppe, bestehend aus dem Vorsitzenden Peter Schilke (Uni Köln), Gesa Bertrang (MPIA, Heidelberg), Jaime Pineda (MPE Garching), Thomas L. Wilson (MPIFR Bonn), Nicola Schneider (Uni Köln), Thomas Giesen (Uni Kassel), Frank Bigiel (Uni Bonn) und Tomasz Kaminski (CAMK Torun, Polen), wobei die beiden Letztgenannten externe Bewertungen vorab lieferten aber nicht an dem eigentlichen Treffen teilnahmen. DSI Direktor Alfred Krabbe und der SMO Deputy Director Bernhard Schulz nahmen ebenfalls ex officio teil.

Auch dieses Jahr ergab sich wieder durch starke Überbeantragung von GREAT Beobachtungszeit und der vom GREAT Team limitierten, unterstützbaren Flügen eine Verschiebung der Prioritäten zugunsten anderer Instrumente. Nach entsprechender Machbarkeitsanalyse des SMO und Verhandlungen mit dem SMO Direktor, teilte der stellvertretende SMO Direktor, als Verantwortlicher für die deutsche Programmauswahl, unter Berücksichtigung der TAC Empfehlungen, 4 Anträge in Kategorie I (WILL DO), 5 Anträge in Kategorie II (SHOULD DO) und 11 Anträge in Kategorie III (DO IF TIME AVAILABLE) ein. Insgesamt wurden 151.1 Stunden beantragt und 112.7 Stunden vergeben. Davon entfielen 51.9 Stunden der Beobachtungszeit in Kategorie I und II (GREAT: 27.8 Std., FIFI-LS: 10.8 Std., HAWC+: 6.4 Std., HAWC+ & FORCAST: 6.9 Std.). Kategorie III wurde diesmal um etwas mehr als ein Viertel überzeichnet, um genug Auswahlmöglichkeiten zur Erstellung geschlossener Flugpläne zu bieten. Zum Zeitpunkt zu dem die Planung für den 10. Beobachtungszyklus stand, handelte es sich leider nur noch um eine akademische Übung, da die Beendigung des Programms zum Ende September 2022 dann bereits beschlossen war. Die Ergebnisse und TAC Beurteilungen wurden den PIs trotzdem am 29.9.2022 übermittelt, um einen gewissen Abschluss und Feedback zu gewähren.

2.3 Arbeitsschwerpunkte der Zweigstelle AFRC :

Das NASA Neil A. Armstrong Flight Research Center, im kalifornischen Palmdale gelegen, ist der operative Standort und Heimatflughafen des SOFIA Observatoriums. Das dauerhaft dort stationierte DSI-Team verfügt über eine nominelle Personalstärke von 25 Mitarbeitenden der verschiedensten technischen Fachrichtungen und Qualifikationen. Die Arbeit der Gruppe hat im Wesentlichen zwei Zielrichtungen: Einerseits die Sicherstellung des operativen Betriebs und der Einsatzfähigkeit des SOFIA-Teleskops. Andererseits seine kontinuierliche Verbesserung, Weiterentwicklung sowie die langfristige Gewährleistung seiner Betriebsbereitschaft. Zudem muss erwähnt werden, dass die nominelle Gruppenstärke schon seit mehreren Jahren aufgrund der unsicheren Projektsituation nicht mehr erreicht wurde. Durch das im April durch NASA und DLR beschlossene Projektende ist die Zahl der Mitarbeitenden weiter gesunken und betrug Ende 2022 noch rund fünfzig Prozent der Sollstärke.

Standen die beiden Vorjahre im Hinblick auf den SOFIA Wissenschaftsbetrieb noch sehr im Zeichen der Corona Pandemie, so sind im Jahr 2022 wieder weitgehend normale Verhältnisse zurückgekehrt, soweit es den SOFIA-Betrieb am Standort Palmdale betraf. Im Flugbetrieb konnte wieder auf Masken, Selbsttests und andere Vorsichtsmaßnahmen verzichtet werden, auf freiwilliger Basis standen diese natürlich weiterhin zur Verfügung. Lediglich die Einreiseformalitäten zu den beiden Deployment-Locations in der südlichen Hemisphäre, Chile und Neuseeland, waren noch mit erheblichem Zusatzaufwand verbunden. Im Kalenderjahr 2022 wurden, wie bereits auch in den Monaten zuvor während des Observing Cycle #9 (OC9), für das Observatorium standardmäßig Beobachtungswochen mit vier Flügen eingeplant, zudem stand meist ein Ausweichtermin am Freitag der jeweiligen Woche zur Verfügung. Dieser wurde aktiviert, wenn von den vier geplanten Flügen der Woche mindestens einer ausgefallen war. Zudem wurden alle Wechsel der Wissenschaftsinstrumente an Wochenenden durchgeführt, sodass für den SOFIA OC9 (2021/22) die Flugrate gegenüber den Vorjahren nochmals gesteigert werden konnte, und das nicht nur im Vergleich zu den Corona-Jahren 2020 und 2021. In diesem Zusammenhang war es auch hilfreich, dass in den letzten Betriebsmonaten von SOFIA keine längeren Wartungsphasen mehr eingeplant wurden. Lediglich die notwendigen Wartungsarbeiten zur Aufrechterhaltung der Flugtauglichkeit wurden durchgeführt, was sich wiederum günstig auf die Anzahl der Beobachtungsflüge ausgewirkt hat.

Neben dem Beobachtungsbetrieb am Standort Palmdale wurden im Berichtszeitraum zwei Beobachtungskampagnen in der südlichen Hemisphäre durchgeführt. Ein "Short-Deployment" mit acht geplanten Beobachtungsflügen nach Santiago de Chile sowie ein langes Deployment nach Christchurch auf der neuseeländischen Südinsel mit 32 geplanten Flügen. Die Bewertung des operativen Erfolgs dieser beiden "Auslandseinsätze" ergibt ein gemischtes Bild. In Chile konnten im Zeitraum von Mitte März bis Anfang April sieben der acht geplanten Flüge erfolgreich durchgeführt werden. Lediglich der erste Flug musste aufgrund einer defekten Kühlmittelpumpe des Teleskops abgesagt werden. Dem DSI gelang es aber das Problem mit einer Kraftanstrengung über Nacht zu beheben, sodass der Flug am Folgetag durchgeführt werden konnte. Alle weiteren Flüge verliefen danach reibungslos und das Deployment insgesamt kann als großer Erfolg gewertet werden. Der Beobachtungsbetrieb in Christchurch begann am 21.06.22 mit einer HAWC+ Flugserie mit 12 geplanten Flügen. Jedoch mussten insgesamt fünf Flüge mit HAWC+ aufgrund des Wetters und eines zeitweilig durch Corona stark dezimierten Teams ausfallen. Die anschließende GREAT Flugserie startete mit sechs reibungslosen Flügen bis sich dann am 18.07.2022 auf dem Vorfeld des Flughafens in Christchurch ein Zwischenfall mit SOFIA auf ihrer Parkposition ereignete. Die Passagiertreppe vorne rechts hatte sich bei starkem Wind/Böen von bis zu 35 Knoten verschoben und wurde gegen die rechte Flugzeugseite gedrückt. Beschädigt wurden ein Staudrucksensor (Pitot-Rohr) sowie die Außenhaut des Flugzeugs an mehreren Stellen zwischen Bug und Tür 1. Zudem wurden Strukturteile (Stringer) verformt, auch im Bereich des Staudrucksensors. Der Forward Bulkhead wies ebenfalls eine Verformung auf. Nach der ersten Begutachtung durch die NASA gemeinsam mit Experten von Air New Zealand stellte sich sehr schnell heraus, dass ein weiterer Wissenschaftsbetrieb

im Rahmen des Deployments nicht möglich sein würde. Daher wurden am 20.07.22 alle weiteren Beobachtungsflüge aus Christchurch gestrichen. Ab dem 31.07.22 war dann ein Boeing-Team vor Ort, um den Schaden zu begutachten und Optionen für eine Reparatur und das weitere Vorgehen aufzuzeigen. Das Resultat dieser Untersuchung war, dass Boeing SOFIA nach einigen notdürftigen Reparaturen u.a. des Staudrucksensors für 30 weitere Flüge (Druckzyklen) freigegeben hat. Danach müsste eine umfangreiche Reparatur der Schäden erfolgen, was angesichts des bereits beschlossenen Projektendes nicht mehr in Betracht kam. So verließ SOFIA am 11.08.2022, dem ursprünglich geplanten Termin, zum letzten Mal Christchurch in Richtung Palmdale. Von 32 geplanten Beobachtungsflügen in Neuseeland hatten 13 tatsächlich stattgefunden.

Zurück in Kalifornien wurde nach wenigen, unbedingt notwendigen Wartungsarbeiten am 23.08.22 der Flugbetrieb wieder aufgenommen. Zum Abschluss des SOFIA-Projektes wurden nochmals die Instrumente FORCAST, FIFI-LS und HAWC+ geflogen. In dieser Zeit zeigte sich das fliegende Observatorium äußerst robust und von seiner besten Seite. SOFIA beendete den aktiven Betrieb mit einer Serie von 15 einwandfreien Flügen am 29.09.2022 mit ihrem Flug Nummer 921, gerechnet von der Wiederinbetriebnahme nach dem Umbau bei L3 in Waco. Am selben Tag wurde das Projekt auch offiziell im Rahmen einer Feierstunde mit vielen aktiven und ehemaligen Teammitgliedern im Hangar Bldg. 703 beendet. Unmittelbar nach Abschluss des Wissenschaftsbetriebs wurde mit den Vorbereitungen zur Überführung des Flugzeugs an seinen endgültigen Standort begonnen. Nach einer mehrmonatigen Angebotsphase auf einer Versteigerungsplattform der amerikanischen Bundesregierung hatte sich als einziger Interessent für SOFIA das Pima Air and Space Museum aus Tucson, Arizona gemeldet. Versuche, SOFIA im Smithsonian Air and Space Museum in Washington unterzubringen, scheiterten an dem immensen Platzbedarf der 747SP. Auch Überlegungen für eine Übergabe von SOFIA an ein Museum in Deutschland scheiterten an Platzbedarf und Kosten. Daher wurde die fliegende Sternwarte am 13.12.2022 von Palmdale auf die Davis-Monthan Air Force Base in Tucson, Arizona verlegt. Von dort aus erfolgte die Überführung in das in unmittelbarer Umgebung befindliche Museum im Januar 2023. Dort werden ab 2023 die weiteren Vorbereitungen zur dauerhaften Ausstellung von SOFIA beginnen.

Vor der Verlegung nach Tucson hat das DSI bereits mit den Planungen zum Verbleib der wichtigsten Teleskopsysteme, bei denen es sich allesamt um deutsches Bundeseigentum handelt, begonnen. Komponenten, bei denen eine weitere Verwendung in DLR-Projekten oder in Forschung, Wissenschaft oder Lehre möglich ist, sollen ausgebaut und nach Deutschland überführt werden. So wurden noch in Palmdale neben anderen Systemen bereits der Sekundärspiegel samt seines sehr komplexen Steuerungsmechanismus aus dem Flugzeug entfernt. Gleiches gilt für die Nachführkamera in der Fokalebene (FPI+). Weitere Komponenten und Systeme werden in den kommenden Monaten folgen. Eine Besonderheit bildet die 2,7 Meter große und rund 2 Tonnen schwere Primärspiegelzelle, das von Schott aus Zerodur gefertigte Hauptelement des optischen Pfades des SOFIA-Teleskops. Sie soll in Zukunft ihren Platz im Foyer des derzeit im Neubau befindlichen Deutschen Optischen Museums in Jena finden. Der Ausbau des Primärspiegels aus dem Flugzeug befindet sich momentan in der Planung und wird im ersten Halbjahr 2023 erfolgen.

FIFI-LS :

Das DSI betreut den Betrieb des abbildenden Spektrographen für den ferninfraroten Wellenlängenbereich FIFI-LS (Far Infrared Field-Imaging Line Spectrometer). FIFI-LS ist ein facility instrument (Principal Investigator: Prof. Dr. A. Krabbe) an Bord von SOFIA. Das DSI betreut die Astronomen, die mit FIFI-LS beobachten, zusammen mit den Kollegen von USRA.

Das Jahr 2022 hielt einige Herausforderungen für das DSI/USRA FIFI-LS Team bereit. Anfang Januar wurde FIFI-LS kurzfristig für das defekte HAWC+ Instrument am SOFIA Teleskop installiert und geflogen. Hierfür musste die Vorbereitungszeit der Flugserie um mehrere Wochen gekürzt und zusätzliche Flüge geplant werden. Durch den großen Einsatz des gesamten Teams wurde es möglich die zusätzliche Beobachtungszeit für die Community

sinnvoll zu nutzen. Kurz darauf wurde das SOFIA Deployment nach Chile mit FIFI-LS durchgeführt. Trotz des extrem engen Zeitplans und herausfordernder Bedingungen vor Ort gelang es dem Team gewohnt effektiv zu beobachten, und damit insbesondere das SOFIA Legacy Projekt LMC+ voranzutreiben. Die letzte FIFI-LS Flugserie im August/September wurde wieder um 2 Wochen vorgezogen. Erneut gelang es dem immer kleiner werdenden Team das Instrument rechtzeitig am Teleskop zu installieren und alle Beobachtungsflüge mit 100% aufgenommenen Daten durchzuführen. Mehrfach wurden Flugserien durch Heliumknappheit im Projekt bedroht, hier machte sich die Erfahrung im DSI bezahlt und es gelang Flugverluste durch optimales Management des Heliums zu verhindern. Im Laufe des Jahres wurde die Personaldecke bei USRA immer dünner und DSI Personal sprang bei, Installation, Laborkalibration und In-flight Operations ein, teilweise wurde das Instrument im Flug komplett von DSI Personal bedient.

SOFIA Data Center :

Die aktive Flugphase von SOFIA endete im September 2022 ohne einen langfristigen Plan zur wissenschaftlichen Verwertung inklusive Nutzerunterstützung und Datenaufbereitung. Es gab lediglich einen kurzfristig erstellten Plan der NASA von nur einem Jahr, um wenigstens Datenhandbücher zu vervollständigen und eine konsistente Datenreprozessierung der letzten 5 Beobachtungszyklen durchzuführen. Eine vollständige zukünftige Archivdatennutzung erfordert jedoch einen deutlich größeren Aufwand für ein Projekt dieser Größenordnung als derzeit geplant. Dieser ist auch durchaus gerechtfertigt, wenn man bedenkt, dass neue Ferninfrarot Observatorien für die breite wissenschaftliche Gemeinde erst wieder in frühestens 10 bis 20 Jahren zu erwarten sind. Unter den ausstehenden Aufgaben befinden sich - neben der Fortführung kompetenter Beratung für aktiv Forschende - insbesondere eine Nachbereitung der früheren SOFIA Zyklen 0 bis 4, eine Vervollständigung der Datenreduktionspipelines, die Nutzbarmachung der Bilder der festen Teleskopkameras, die Analyse und nachträgliche Verbesserung der Kenntnis des Teleskoppointings und die Einbeziehung der neuesten Erkenntnisse zum Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre in die Datenreduktion. Daher befindet sich ein Vorschlag zur Gründung eines SOFIA Data Centers an die DLR in Vorbereitung, der damit die Schaffung einer leistungsfähigen wissenschaftlichen Ressource für eine Zeit von 5 Jahren nach der aktiven Flugphase zum Ziel hat. Eine solche würde nicht nur die Ausführung der oben genannten ausstehenden Arbeiten ermöglichen, sondern würde auch die langfristige wissenschaftliche Produktivität dieser aufbereiteten Daten sichern, nachdem diese zum Ende der Data Center Phase zusammen mit verbesserter Dokumentation in ein permanentes Archiv überführt worden sind.

2.4 Arbeitsschwerpunkte der Zweigstelle ARC :

Nachdem die Entwicklung des Shack-Hartmann Testinstruments bis April 2022 vorangetrieben wurde, führte die Ankündigung der Einstellung des SOFIA-Projekts zu einer grundlegenden Überarbeitung des Instrumentendesigns. Ziel war es, ein modulares und schnell zu realisierendes Instrument zu entwickeln, das bereits beschaffte Komponenten, insbesondere die CCD-Kameras, weiterverwendet. Das neue Instrument mit dem Namen "Shack-Hartmann Instrument Fast-Tracked" (SHIFT) soll durch seinen modularen Aufbau einfach an verschiedene mittlere und große Teleskope angepasst werden können. SHIFT verfügt über einen Shack-Hartmann Kanal und einen abbildenden Kanal, sowie eine interne Punktlichtquelle für Referenzmessungen. Die (opto-)mechanischen Komponenten wurden bis Ende des Jahres fertiggestellt. Mit der Herstellung, Montage und Justierung des Mikrolinsenarrays wurde die Firma Optocraft in Erlangen beauftragt. Die erste Inbetriebnahme und Testmessungen von SHIFT sind für Anfang 2023 geplant.

Neben dem Bau der Hardware für SHIFT wurde auch mit der Entwicklung der Auswertesoftware begonnen. Mit einem am DSI entwickelten Raytracing-Algorithmus können verschiedene Teleskopkonfigurationen und deren resultierende Wellenfront simuliert werden. Mit diesem Datensatz werden Modelle trainiert, die schließlich den Raytracing-Algorithmus umkehren, d.h. aus der Wellenfront die Teleskopkonfiguration vorhersagen. So

kann die Software die gemessenen Wellenfrontfehler ihren Ursachen zuordnen und feststellen, welche Wellenfrontfehler durch Spiegelfehlstellung und welche Wellenfrontfehler durch Spiegeloberflächenfehler verursacht werden. In Zukunft sollen so Spiegelfehlstellungen direkt erkannt und korrigiert werden können.

Um eine genaue Auswertung der auf mehr als 18 SOFIA Flüge verteilten Mondbeobachtungen mit FORCAST (Detektion der $6\ \mu\text{m}$ Emissionslinie von molekularem Wasser) zu ermöglichen, wurden die während der Beobachtungen aufgenommenen FPI+ Bilder auf Basis interner Housekeeping-Daten mit WCS-Headern versehen. Da die Mondbeobachtungen in Abschnitten von jeweils mehreren Minuten ohne die Möglichkeit einer Nachführkorrektur durchgeführt werden mussten, akkumulierte sich die Drift der faseroptischen Gyroskope, bis ein Leitstern zur Pointingkorrektur bewusst angefahren wurde; hinzu kam die nicht-siderische Nachführung auf der Ephemeride des Mondes von einer sich bewegenden Beobachtungsplattform. Die mit WCS-Daten versehenen FPI+ Bilder erlauben es nun, die Positionierung des FORCAST-Eintrittsspalts im Nachhinein genau zu bestimmen und somit die gewonnenen Spektren genauer auf der Mondoberfläche zu referenzieren.

Für die Vorhersage von Sternbedeckungen wurden Ephemeridenkorrekturmodelle (ECMs) auf der Basis von öffentlich zugänglichen Beobachtungen der Zwicky Transient Facility (Mount Palomar, Kalifornien) erstellt. Um systematische Fehler in den Beobachtungsdaten zu korrigieren, wurden eigene Modelle entwickelt. Die ECMs wurden mit historischen Sternbedeckungen validiert und mit jedem neuen Data Release von Beobachtungen der Zwicky Transient Facility konnte die Genauigkeit der ECMs verbessert werden. Um eigens gemessene Sternbedeckungen wissenschaftlich besser nutzen zu können, wurde eine auf Gaußschen Prozessen basierende Methode entwickelt, mit der Lichtkurven ohne Modellannahmen ausgewertet werden können. Eine Veröffentlichung dieser Methode ist in Vorbereitung.

Dank weiterer Softwareverbesserungen konnten mit dem ATUS-Teleskop zeitlich hochaufgelöste Bilder von Objekten im erdnahen Orbit aufgenommen werden, wie beispielsweise eine fünfminütige Aufnahme des Kleinsatelliten Flying Laptop mit einer Bildwiederholrate von 8,5 Hz. Räumlich aufgelöste Bilder der Internationalen Raumstation mit einer Winkelgröße von bis zu 0.98 arcmin in einer Entfernung von ca. 430 km wurden bei Überflügen im Juli 2022 aufgenommen und belegen eindrucksvoll die Einsatzreife des Teleskops für Beobachtungen im Bereich Space Situational Awareness.

SMO Aktivitäten

Die Rolle des SMO Deputy Directors Bernhard Schulz war auch im Jahre 2022 von intensiver Vermittlungsarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren im SOFIA Projekt geprägt. Dabei sind insbesondere die Verhandlungen zwischen NASA, dem SMO und dem GREAT Team über den Gegenwert der von NASA beschafften Lokaloszillatorkomponenten in Garantiezeitflügen zu nennen, welche nach zähem Ringen zu einem für beide Seiten akzeptablen Ergebnis führten. Da SOFIA im Jahr 2022 sowohl ein kurzes wie ein langes Deployment in die südliche Hemisphäre absolvierte (Chile und Neuseeland), bestand auch hier erheblicher Vermittlungsbedarf. Eine wichtige Aufgabe bestand in der Wahrung der Belange des deutschen Wissenschaftsprogramms während dieser Deployments, da der Beobachtungszeit im Süden ein besonders hoher wissenschaftlicher sowie qualitativer Wert zu kommt.

Der wissenschaftliche Outreach sowie die Öffentlichkeitsarbeit für SOFIA wurden vom SMO Deputy Director auch in diesem Jahr wieder tatkräftig unterstützt, sowohl durch Mitarbeit bei vier DSI Pressemitteilungen, durch Besucherführungen auf SOFIA in Neuseeland und dortigen Besuchen bei den Instituten für Physik, Chemie und Biologie der Universität von Canterbury und der Firma Kea Aerospace in Christchurch. Hilfestellung wurde ebenfalls bei der Koordination der Öffentlichkeitsarbeit zwischen DSI und NASA geleistet. Infolge des erhöhten Interesses der Presse am Schicksal des Observatoriums, gab Bernhard Schulz drei Interviews zu SOFIA für Beiträge in *Popular Mechanics*, *Sky & Telescope* und *BBC Sky at Night*.

In Zusammenarbeit mit dem SMO schlug Bernhard Schulz der DLR im Juni 2022 noch ein

Zusatzflugprogramm für die Zeit Oktober bis Dezember 2022 vor, welches den Abschluss weiterer Wissenschaftsprogramme zum Ziel hatte. Das Programm schlug zwischen 18 und 33 zusätzliche Flüge innerhalb von 6 bis 11 Wochen vor. Damit hätten sich bis zu 11 weitere Offenzeitprogramme sowie die Legacy Programme auf 100% vervollständigen lassen. Leider gab es insbesondere bei der NASA keinerlei Interesse an einer Ausdehnung des Flugbetriebs über das Ende des US Finanzjahres hinaus und viele Programme mussten unvollständig bleiben. Bernhard Schulz nahm an den entsprechenden Planungen des SMO für die letzten Flüge teil und beriet das USRA Team bei der Erstellung des kurzfristig angeforderten Ramp-Down Plans für die NASA.

Als Mitglied der wiss. Organisationskomitees half Bernhard Schulz bei dem online Workshop „The next generation mid/far-IR space missions - Formulating a European perspective“ am 19.-21.1.2022 mit, sowie bei dem EAS Symposium S15a/b: „The Golden Decade of Infrared Astrophysics“, welches am 27.6.-1.7.2022 in Valencia in Spanien stattfand. Er begann ebenfalls eine Mitwirkung im wiss. Organisationskomitee zum SOFIA Meeting bei der Sommer AAS in Albuquerque, New Mexico, USA.

Das Astronomische Teleskop der Universität Stuttgart, ATUS

Das Astronomische Teleskop der Universität Stuttgart (ATUS) ist ein vom DSI betriebenes 0.6 m Ritchey-Chrétien Teleskop in der kalifornischen Sierra Nevada, welches vollständig über das Internet ferngesteuert wird. ATUS wird aktiv in der Forschung und Lehre des Instituts verwendet, z.B. um Studenten eine Einführung in die Astronomie und der Fernsteuerung komplexer Systeme zu geben. Darüber hinaus dient das Teleskop als Testplattform für neue Hard- und Software für den späteren Einsatz auf SOFIA.

Im Dezember 2022 wurde ein im Rahmen einer Masterarbeit entwickelter Off-Axis-Guider für das ATUS-Teleskop erfolgreich in Betrieb genommen. In ersten Tests waren damit Belichtungszeiten von 10 Minuten ohne messbare Verschlechterung der Bildqualität und des Pointings möglich. Damit konnte der wissenschaftliche Einsatzbereich des Teleskops erheblich erweitert werden. Um bei der Messung von Exoplanetentransits ein subpixelgenaues Pointing über mehrere Stunden hinweg zu ermöglichen, wurden bisher die notwendigen Nachführkorrekturen meist direkt aus den Bilddaten der Hauptkamera abgeleitet; aufgrund der für die Nachführung notwendigen Sampling-Rate der Zentroidenpositionen waren die Belichtungszeiten in der Praxis damit auf etwa 120 Sekunden begrenzt. Aufgrund der strukturbedingten differentiellen Durchbiegung zwischen Leit- und Hauptfernrohr war auch die Nachführgenauigkeit mit einer Kamera am Leitfernrohr begrenzt. Der Off-Axis-Guider eröffnet nun interessante neue Möglichkeiten zur Aufnahme von Lichtkurven lichtschwächerer Objekte und stellt eine wesentliche Verbesserung des ATUS-Teleskops dar, das konsequent für Beobachtungen in der Zeitdomäne optimiert wurde.

3 Veröffentlichungen

3.1 In referierten Zeitschriften (4)

- Beck, A., Lebouteiller, V., Madden, S. C., et al.: Infrared view of the multiphase ISM in NGC 253. I. Observations and fundamental parameters of the ionised gas. *A&A*, **665** (2022), A85
- Iserlohe, C., Vacca, W. D., Fischer, C., et al.: Probing the Atmospheric Precipitable Water Vapor with SOFIA, Part III. Atlas of Seasonal Median PWV Maps from ERA5, Implications for FIFI-LS and in situ Comparison Between the ERA5 and MERRA-2 Atmospheric Re-analyses. *PASP*, **134**, 2022, doi:10.1088/1538-3873/ac82c5
- Pahler, A., Böttger, J., Bougueroua, S., et al.: Hardware qualification for scientific ballooning missions. *Advances in Space Research* **71** (2022), 2702-2710
- Spinoglio, L., Fernandez-Ontiveros, J. A., Malkan, M. A., et al.: SOFIA Observations of Far-IR Fine-structure Lines in Galaxies to Measure Metallicity. *Apj* **926** (2022), 55S

3.2 Konferenzbeiträge (8)

- Bougueroua, S., Ångerman, M., Barnstedt, J., et al.: Status, flight preparation, and future instrument opportunities of the STUDIO balloon-borne telescope. In: Proceedings SPIE Ground-based and Airborne Telescopes IX **12182** (26 August 2022), 121822N
- Lê, N., Karska, A., Fischer, C., et al.: 2022, XL Polish Astronomical Society Meeting, 12, 195
- Maier P., Ångerman M., Barnstedt J., et al.: Status, Flight Preparation, and Future Instrument Opportunities of the STUDIO balloon-borne telescope platform, 44th COSPAR Scientific Assembly, 16-24 July, 2022. Online at <https://www.cosparathens2022.org/Abstract/PSB.1-0007-22>
- Maier, P., Ångerman M., Barnstedt J., et al.: Stratospheric Balloons as a Complement to the Next Generation of Astronomy Missions, Proc. 71st International Astronautical Congress, 12-14 October 2020, DOI: <https://arxiv.org/abs/2202.04651>
- Maier P., Wolf J., Krabbe A., et al.: Stratospheric balloons as a platform for the next large far infrared observatory, Proc. 69th International Astronautical Congress, 1-5 October 2018, DOI: <https://arxiv.org/abs/2202.04580>
- Müller, S., Bonidis, A. N., Lange, C., et al.: Progress of the development for a bus system for small high altitude balloon experiments. In: Proceedings of the 25th ESA Symposium on European Rocket & Balloon Programmes and related research (2022)
- Pahler, A., Bougueroua, B., Janson, O., et al.: Development of the modular and flexible payload electronics for the STUDIO balloon astronomy mission within the ESBO initiative. In: Proceedings of the 25th ESA Symposium on European Rocket & Balloon Programmes and related research (2022)
- Taheran Vernoozfaderani M., Maier P., Pahler A., et al.: Creating a highly flexible and autonomous stratospheric observatory: the essential elements of the European Stratospheric Balloon Observatory payload control software, in Proc. of SPIE, vol. 12189, id. 1218908 17 pp.

3.3 Lehrtätigkeiten

Eine Zusammenstellung der vom DSI in 2022 betreuten Vorlesungen und Seminare findet sich in Tabelle 4.

Dr. Bernhard Schulz hielt am 24.05.2022 die eintägige Vorlesung “Astronomische Datenverarbeitung”.

Vom 25.07.-08.08. fand erneut das zur Vorlesung “Experimentelle Methoden der Infrarotastronomie II” gehörige Seminar statt, das praxisnah die Grundlagen von astronomischen Beobachtungen, Beobachtungstechnik & Datenreduktion vermittelt. Studierende führen nach einer Einführung selbstständig Messungen von Exoplanetentransits mit ATUS durch, werten die gewonnenen Daten aus und präsentieren die Ergebnisse in einem kurzen Vortrag. Das Seminar wurde hybrid durchgeführt; d.h. die teilnehmenden Studierenden haben das ATUS-Teleskop entweder unter virtueller Aufsicht der Betreuer von zu Hause aus oder von einem dafür vorgesehenen Arbeitsplatz im RZBW gesteuert. Im Rahmen einer Masterarbeit wurden außerdem weitere zahlreiche Transits gemessen. Das Teleskop kam u.a. auch für Live-Beobachtungen während einer Vorlesung der Vorlesungsreihe “Planetenmissionen” zum Einsatz.

Tabelle 4: Vorlesungen und Seminare.

Art	Titel	Umfang	Dozenten
<hr/> WS21/22 <hr/>			
Vorlesung	Astronomiemissionen	2 SWS	A. Krabbe, S. Latzko
Vorlesung	Experimentelle Methoden der Infrarot-Astronomie I	2 SWS	A. Krabbe, M. Kazmierczak-Barthel, S. Latzko
Vorlesung	Raumfahrt aus Leidenschaft	1 SWS	S. Fasoulas, S. Klinkner, A. Krabbe, R. Srama
<hr/> SS22 <hr/>			
Vorlesung	Planetenmissionen	2 SWS	A. Krabbe, D. Mehler und Gäste
Vorlesung	Einführung in die Elektronik für Luft- und Raumfahrtingenieure	2 SWS	A. Krabbe, S. Klinkner, A. Beck, J. Burgdorf
Vorlesung	Experimentelle Methoden der Infrarot-Astronomie II	2 SWS	A. Krabbe, M. Kazmierczak-Barthel, S. Latzko
Seminar	Experimentelle Methoden der Infrarot-Astronomie II	2 SWS	K. Schindler, A. Beck, S. Latzko

3.4 Gremientätigkeit

Sonstige Gremientätigkeiten

Dr. Christian Fischer ist Vollmitglied der German SOFIA Science Working Group (GSSWG).

Prof. Dr. Alfred Krabbe ist ex officio Mitglied der GSSWG, die zweimal im Jahr tagt, und stimmberechtigter Vertreter des DSI im Rat deutscher Sternwarten.

Prof. Dr. A. Krabbe nimmt an den halbjährlichen RDS Sitzungen teil.

Dr. Bernhard Schulz ist Mitglied bei: Astronomische Gesellschaft (Vollmitglied), European Astronomical Society (Affiliated), American Astronomical Society (Vollmitglied), GSSWG (ex officio Mitglied).

Jörg Wagner ist Mitglied im Fachausschuss "Inertialsensorik" der "Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation" und im Programmkomitee der Tagung "Symposium on Inertial Sensors and Systems" (ISS).

3.5 Projekte der Abteilung Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit am Standort Stuttgart

Bildungsarbeit:

Alle Lehrkräfte, die vor der Corona-Pandemie eine Zusage für einen Mitflug bekommen hatten oder sich für einen Mitflug im Rahmen des SOFIA Ambassador Programm (Mitflug deutscher Lehrkräfte) beworben hatten konnten im Jahr 2022 ihre Mitflüge absolvieren. Im Mai konnten fünf Lehrkräfte an jeweils zwei SOFIA Flügen teilnehmen, im September konnten zehn Lehrkräfte an jeweils zwei SOFIA Flügen teilnehmen. Damit sind jetzt aus allen Bundesländern (außer Bremen) Lehrkräfte mit SOFIA mitgeflogen. Im Anschluss an ihre Mitflüge konnten die Lehrkräfte nicht nur in ihren eigenen Klassen und Kursen und in ihrem Kollegium, sondern auch in der Öffentlichkeit Themen aus dem MINT-Bereich mit ihren eigenen Erlebnisberichten vermitteln. Aufgrund der Einstellung des SOFIA-Flugbetriebes wurde das Mitflugprogramm für die Lehrkräfte eingestellt.

Bei der bundesweiten WE-Heraeus-Lehrerfortbildung zur Astronomie am Haus der Astronomie in Heidelberg wurden die anwesenden DSI-Netzwerklehrkräfte über Aktuelles zu SOFIA informiert. Die Lehrkräfte, die an einem SOFIA-Mitflug teilnehmen konnten, erschienen bei dieser Veranstaltung mit ihren blauen Flugjacken und wecken auch noch Jahre nach dem Mitflug Interesse und Begeisterung für das SOFIA-Projekt. Beim SOFIA-Thementreff haben die Lehrkräfte eindrucksvoll gezeigt, wie sie ihre Mitflugerfahrung in ihren Unterricht einbringen können. Vom Kindergarten über die Grundschule und die Mittelstufe bis in die gymnasiale Oberstufe hinein bereichern die Mitflugerfahrungen den Unterricht in unterschiedlichen Schulfächern und Fächerverbänden.

Der SOFIA-Planetariumsfilm vom Planetarium Laupheim ist jetzt auch in englischer Sprache unter dem Titel "Red-Eye to the Stars - the flying observatory SOFIA" online und wurde bereits in einigen US-amerikanischen Planetarien gezeigt.

In der Neuauflage des Dorn-Bader Physik-Schulbuchs wird SOFIA in der Rubrik "Moderne astronomische Forschung" zusammen mit dem Extremely Large Teleskope und dem James-Webb-Weltraumteleskop erwähnt und ist dort auch abgebildet. SOFIA wird in diesem Standardwerk noch einigen Schuljahrgängen im Physikunterricht präsent bleiben.

Das DSI Schulnetzwerk wurde weiter gepflegt und regelmäßig mit Informationen zu SOFIA versorgt. Bei Bedarf und Möglichkeit wurden wie gewohnt Modelle, Experimentierkoffer, Wärmebildkameras und Infomaterial für verschiedene Schulveranstaltungen und öffentliche Vorträge zur Verfügung gestellt. Auch wurden die DSI-Netzwerkschulen kontinuierlich mit Info-, Bild- und Videomaterialien versorgt, die unter anderem in den Online-Unterricht eingebunden werden können.

Öffentlichkeitsarbeit :

Medienmitflüge : Anfang Juni haben sechs Medienvertreter, die sich noch vor der Corona-Pandemie beim DSI um einen Mitflug beworben hatten, je 2 Flüge an Bord von SOFIA absolviert und sind dabei vor Ort betreut worden. Daraus sind verschiedene Print- und Film-Beiträge entstanden.

Deployments : Zum Chile Deployment (16. März - 1. April) wurden folgende öffentlichkeitswirksame Aktivitäten durchgeführt:

- News zur Landung in Santiago de Chile
- Berichte über Beobachtungsflüge und den Aufenthalt auf Twitter, Facebook und Instagram
- Besuch und Mitflug von Mitgliedern der deutschen Botschaft
- Begleitung eines Videoteams der deutschen Botschaft
- Vortrag von Alfred Krabbe zu SOFIA und den Beobachtungen von Chile aus (organisiert über SOCHIA)

Zum Neuseeland Deployment (19. Juni - 11. August) wurden folgende öffentlichkeitswirksame Aktivitäten durchgeführt:

- News zur Landung in Christchurch
- Berichte über Beobachtungsflüge und den Aufenthalt auf Twitter, Facebook und Instagram
- Rund 20 SOFIA-Führungen seitens des DSI Teams vom 1. - 8. August für knapp 200 Personen
- Die für August geplanten Medienmitflüge von neuseeländischen Medien mussten abgesagt werden, da die Flugserie wegen eines Schadens an SOFIA vorzeitig abgebrochen werden musste.

Medienbetreuung : Die für September geplanten Mitflüge von zehn deutschen Medienvertretern konnten nicht stattfinden, da NASA kurzfristig alle weiteren Medienmitflüge an Bord von SOFIA untersagt hatte. Sechs der Medienvertreter haben sich alternativ für Führungen und Besichtigungen vor Ort am NASA Armstrong Flight Research Center entschieden, die vom DSI durchgeführt und betreut wurden. Daraus sind bereits verschiedene Print-Beiträge entstanden; weitere sind in Planung und Produktion. Desweiteren wurden für die Sendung Nano und andere SWR Fernsehbeiträge zum Ende der SOFIA Mission am 30.09.2022 die Interviews koordiniert sowie Bild- und Video-Material bereit gestellt.

Soziale Medien : News, die auf der DSI Homepage veröffentlicht und per E-Mailverteiler und über Soziale Medien verbreitet wurden:

- SOFIA-Planetariumsshow auf Englisch, 02. Februar
- SOFIA-Ergebnisse 2021 - Von der Erde zu fernen Galaxien: Einzigartige SOFIA-Ergebnisse aus dem Jahr 2021, 11. Februar
- Wie Magnetfelder ein supermassives Schwarzes Loch füttern, 07. März
- Wie Magnetfelder ein supermassives Schwarzes Loch füttern, 18. März
- SOFIA - eine deutsch-amerikanische Erfolgsgeschichte, 13. April
- SOFIA - Das letzte Wort ist noch nicht gesprochen, 03. Mai
- Begeisterung - SOFIA als Basis für naturwissenschaftlichen Unterricht, 25. Mai
- Rückkehr nach Neuseeland: SOFIA reist zum siebten Mal nach Christchurch, 21. Juni
- SOFIA hebt ein letztes Mal vom Flughafen Christchurch ab, 11. August
- Unterricht soll für die Wissenschaft begeistern: Neun Lehrkräfte aus Deutschland an Bord von SOFIA, 22. September

Weitere Veröffentlichungen : Beitrag in der März Ausgabe des Magazins "forschung leben" der Universität Stuttgart zum Thema "Gemeinsam Wissen schaffen - Public Engagement": "PR statt weißer Kittel - Die Astronomin Dr. Dörte Mehlert spricht über die Öffentlichkeitsarbeit des Deutschen SOFIA Instituts", S. 56

Öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen :

- Die Ausstellung “WUNDERKAMMER MODERN” im Stadtmuseum Kassel anlässlich des 50-jährigen Bestehens der Universität Kassel wurde durch SOFIA-Ausstellungsutensilien und Infomaterialien bereichert, 15. Oktober 2021 - 18. April 2022.
- SOFIA Präsentation beim Kinder-und Jugendtag des 2. Wissenschaftsfestivals der Universität Stuttgart, 24. Juni
- SOFIA Präsentation beim Tag der Wissenschaft der Universität Stuttgart am, 25. Juni
- Vorbereitung und Durchführung der SOFIA-Präsentation im Rahmen der Aktion Try Science der Universität Stuttgart, 2.11.
- SOFIA Führungen für verschiedenen Besuchergruppen am RZBW
- Vortrag “SOFIA, die fliegende Infrarotsternwarte”, Poliomyelitis Verband e.V., Stuttgart, 22. Oktober
- Vortrag “SOFIA, die fliegende Infrarotsternwarte”, Universitätssternwarte Pfaffenwald, Stuttgart, 16. November
- Vorträge von Nadine Fischer bei zwei Outreach Events für chilenische High School Schüler und Universitätsstudenten, unter der Leitung der Universidad de Talca und mit Teilnahme des amerikanischen Botschafters in Chile.

3.6 Nationale und internationale Tagungen

Vorträge:

Bryant, A., “Far-Infrared Imaging Spectroscopy of the Galactic Centre’s Circumnuclear Disk”, Jährliche Tagung der Europäischen Astronomischen Gesellschaft (EAS), Valencia, Spanien, 27.06-01.07

Bryant, A., “Far-Infrared Imaging Spectroscopy of the Galactic Centre’s Circumnuclear Disk”, 7. Chile-Köln-Bonn Symposium “Physics and Chemistry of Star Formation The Dynamical ISM Across Time and Spatial Scales”, Puerto Varas, Chile, 26.09-30.09

Krabbe, A., “SOFIA’s legacy and future stratospheric FIR platforms”, Tagung der Deutschen Astronomischen Gesellschaft, Bremen, 14.09.2022

Latzko, S., “Investigating the [CII] deficit in M82 with FIFI-LS on SOFIA”, Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft in Bremen, 12.9. - 16.9.2022

Maier, P., “Status of the ESBO initiative and its first platform STUDIO”, 25th ESA Symposium on European Rocket & Balloon Programmes and related research, Biarritz, France, 01.-05. May 2022

Müller, S., “Progress of the development for a bus system for small high altitude balloon experiments”, 25th ESA Symposium on European Rocket & Balloon Programmes and related research, Biarritz, France, 01.-05. May 2022

Schulz, B., “Status: Deutsches Wissenschaftsprogramm” und “Bericht: Instrument Roadmap Workshop II”, GSSWG Videocon, 9.3.2022

Schulz, B., “A German/European SOFIA Instrumentation Effort”, Infrared Astrophysics Workshop 2022, Boulder, Colorado, USA, 30.3.-1.4.2022

Schulz, B., “SOFIA All Hands Nachlese”, DSI Ames & Palmdale Team Meeting, 8.4.2022

Schulz, B., “SOFIA im Kontext der Wissenschaft”, DSI-Offsite, 17.5.2022

Schulz, B., “Argumente für SOFIA”, zusammen mit Dr. Eberhard Bachem (DLR), Dr. Alessandra Roy (DLR), Heinz Hammes (DLR), 31.5.2022

Schulz, B., “Argumente für SOFIA”, Paul-Löbe-Haus, Berlin, Vortrag für Klaus-Peter Willsch (MdB), 2.6.2022

Schulz, B., Review Talk: “Current and Future Space/airborne Observatories for ISM studies”, The 7th Chile-Cologne-Bonn-Symposium “Physics and Chemistry of Star Formation - The Dynamical ISM across Time and Spatial Scales”, Puerto Varas, Chile, 26.-30.9.2022

Schulz, B., “SMO / SOFIA Beobachtungsprogramme” und “German SOFIA Science Center”, GSSWG Videocon, 28.10.2022

Taheran, M., “Development of an extensible and flexible flight software for the European Stratospheric Balloon Observatory”, 25th ESA Symposium on European Rocket & Balloon Programmes and related research, Biarritz, France, 01.-05. May 2022

Poster:

Beck, A., “Infrared view of the multiphase interstellar medium in NGC253”, Annual Meeting of the European Astronomical Society, 27.06.2022 - 01.07.2022

Beck, A., “Infrared view of the multiphase interstellar medium in NGC253”, The 7th Chile-Cologne-Bonn-Symposium, Puerto Varas, Chile, 26.09.2022 - 30.09.2022

Bougueroua, S., “Status, flight preparation, and future instrument opportunities of the STUDIO balloon-borne telescope”, SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation, Montréal, Canada, 17.-22. Juli 2022

Fischer, C., et al., “Probing the ionized gas in the core and outburst of the nearby starburst galaxy M82 with FIFI-LS/SOFIA”, The 7th Chile-Cologne-Bonn-Symposium, Puerto Varas, Chile, 26.09.2022 - 30.09.2022

Klein, R., et al., “Radiative Feedback: Multi-line Study of the Photo-Dissociation Region M17”, The 7th Chile-Cologne-Bonn-Symposium, Puerto Varas, Chile, 26.09.2022 - 30.09.2022

Le, N., et al., “Probing physical conditions and UV radiation fields in the Gy 3-7 cluster in the outer Galaxy with SOFIA/FIFI-LS”, The 7th Chile-Cologne-Bonn-Symposium, Puerto Varas, Chile, 26.09.2022 - 30.09.2022

Mirocha, A., “UV radiation and large-scale outflow from DR 21 with SOFIA FIFI-LS”, The 7th Chile-Cologne-Bonn-Symposium, Puerto Varas, Chile, 26.09.2022 - 30.09.2022

Pahler, A., “Development of the modular and flexible payload electronics for the STUDIO balloon astronomy mission within the ESBO initiative”, 25th ESA Symposium on European Rocket & Balloon Programmes and related research, Biarritz, France, 01.-05. May 2022

3.7 Kooperationen

- 1. Physikalisches Institut der Universität zu Köln: KOSMA Translator.
- SOFIA Science Mission Operations Center, NASA Ames Research Center, SOFIA Data Processing System team: FIFI-LS Datenreduktionspipeline.
- Thüringer Landessternwarte Tautenburg, Dr. Jochen Eisloffel: Kalibration von FIFI-LS Daten.
- Universities Space Research Association (USRA), University of Illinois at Urbana-Champaign, Leslie Looney: Sternentstehungsregionen im Ferninfraroten.
- Zusammenarbeit im Bereich der FIFI-LS Datenanalyse besteht mit den Arbeitsgruppen um J. Pineda (JPL) und J. Stutzki (Universität zu Köln) sowie der Arbeitsgruppe um P. Appleton (Caltec) und S. Madden (CEA).
- Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern am Massachusetts Institute of Technology (MIT), Planetary Science Institute (PSI) und Lowell Observatory auf dem Gebiet

der Vorhersage, Messung und Auswertung von Sternbedeckungen durch Körper des Sonnensystems.

- Zusammenarbeit mit dem Departamento de Astronomia der Universidad de Guanajuato, Mexiko und der Hamburger Sternwarte.
- Zusammenarbeit im Bereich der Modellierung des Interstellaren Mediums naher Galaxien mit der Arbeitsgruppe um Vianney Leboutteiller (CEA/Laboratoire Formation des Etoiles et Milieu Interstellaire, LFEMI).
- Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA), Heidelberg, auf dem Gebiet der Entwicklung astronomischer Instrumente.

4 Abkürzungsverzeichnis

AFRC	: NASA Armstrong Flight Research Center, ehemals NASA Dryden Flight Research Center (DFRC)
ARC	: NASA Ames Research Center
ATUS	: Astronomical Telescope of the University of Stuttgart, siehe https://www.dsi.uni-stuttgart.de/forschung/atus.html
BMWK	: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CHC	: Christchurch International Airport, Christchurch, Neuseeland
DLR	: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
DMA	: Davis-Monthan Air Force Base, USA
DSI	: Deutsches SOFIA Institut
EDW	: Edwards Air Force Base, USA
ESBO DS	: European Stratospheric Balloon Observatory - Design Study
FAT	: Fresno Yosemite International Airport, Fresno, USA
FIFI-LS	: Far Infrared Field-Imaging Line Spectrometer
FMR	: Flagship Mission Review
GSSWG	: German SOFIA Science Working Group
HAM	: Hamburg Airport Helmut Schmidt, Deutschland
HNL	: Daniel K. Inouye International Airport, Honolulu, Hawai'i
IRS	: Institut für Raumfahrtsysteme an der Universität Stuttgart
LHT	: Lufthansa Technik
MPIA	: Max-Planck-Institut für Astronomie
MSP	: Minneapolis-Saint Paul International Airport, USA
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NUQ	: Moffett Federal Airfield, Moffett Field, USA
PMD	: Palmdale Regional Airport, Palmdale, USA
SCL	: Arturo Merino Benítez International Airport, Santiago de Chile, Chile
SOFIA	: Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy
SMO	: SOFIA Science Mission Operations
SOMER	: SOFIA Operations & Maintenance Efficiency Review
TAC	: Time Allocation Committee
ToO	: Target of Opportunity
USRA	: Universities Space Research Association
VHS	: Volkshochschule

Leiter des DSI, Alfred Krabbe