

Erfolgsgeschichte SOFIA

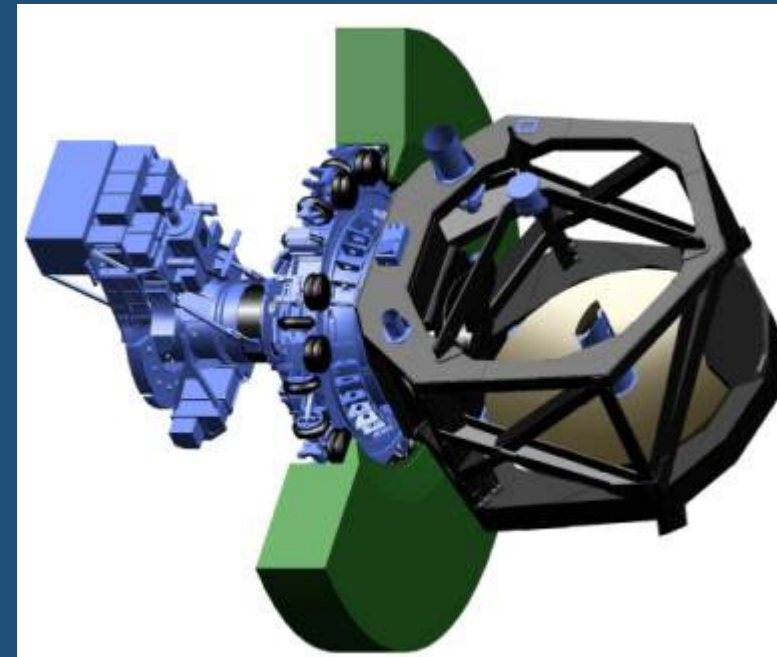
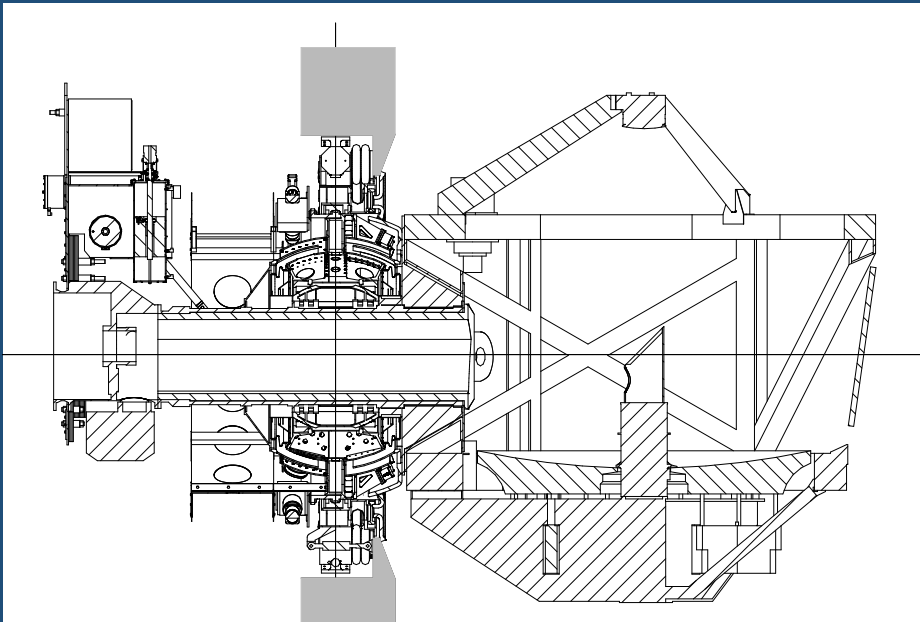
DESIGN UND BAU DES SOFIA TELESKOPS IM DEUTSCHLAND



- Projektleitung / System-Engineering
 - Structural Assembly
 - Suspension Assembly
-
- Secondary Mechanism
 - Attitude Control Unit / Gyros
 - Factory / Site Assembly



- Optical Assembly
- Cameras
- Star Tracker



DESIGN UND BAU DES SOFIA TELESKOPS IM DEUTSCHLAND

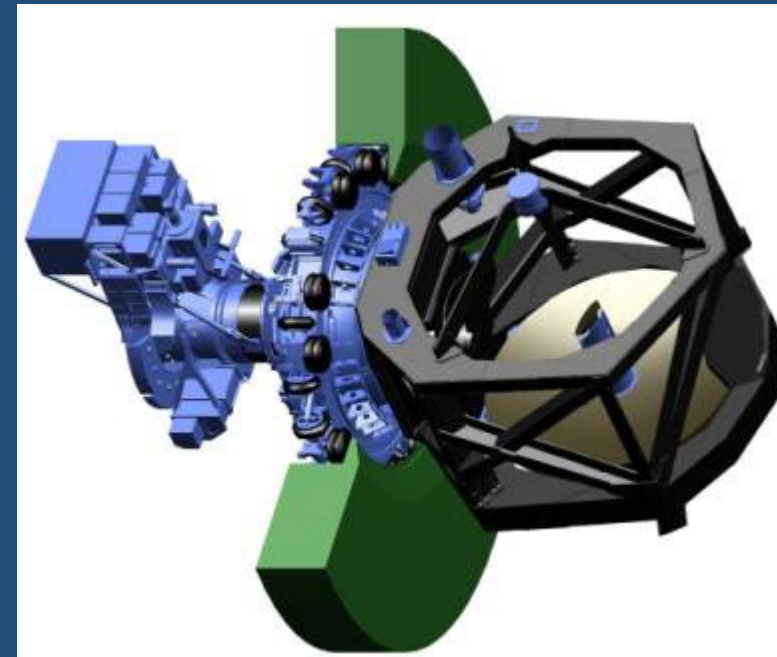
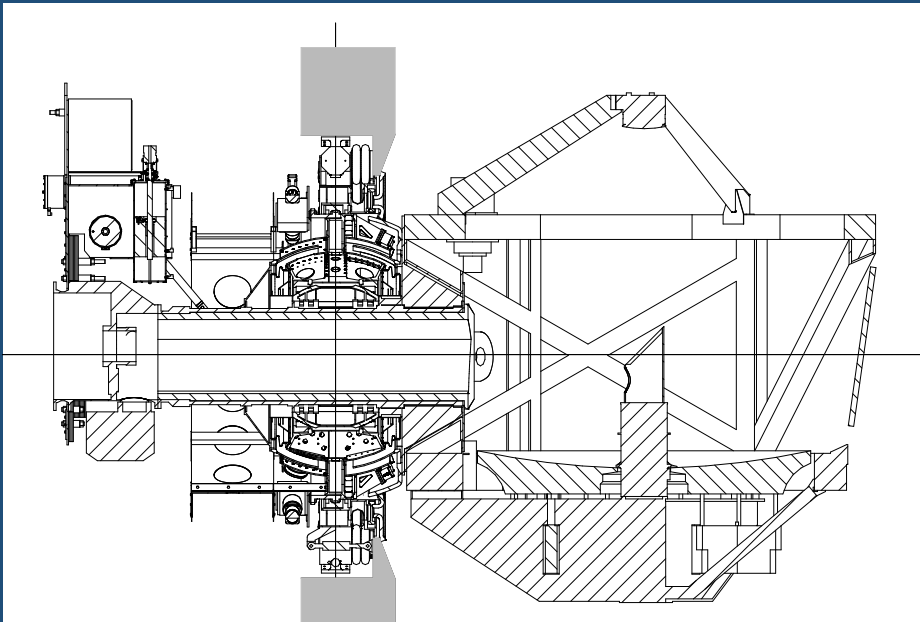


- Projektleitung / System-Engineering
 - Structural Assembly
 - Suspension Assembly
-
- Secondary Mechanism
 - Attitude Control Unit / Gyros
 - Factory / Site Assembly



- Optical Assembly
- Cameras
- Star Tracker

Große Begeisterung der US Kollegen: „Wir hätten es so in USA nicht bauen können“



SOFIA als Meilenstein in der Unternehmensentwicklung



SKAMPI & MeerKAT+

SOFIA markierte einen Entwicklungssprung der damaligen **MAN Technologie** in Mainz und **Kayser-Threde** in München. Beide Unternehmen gehören heute zu **OHB SE** und sind in wichtigen Astronomie-Projekten beteiligt.

ALMA



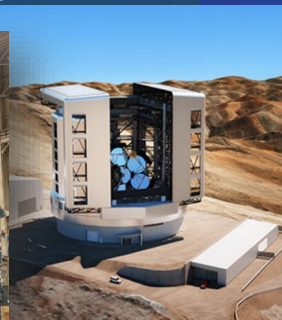
SRT



DKIST



GMT



...und viele andere

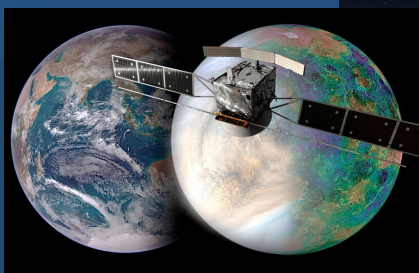


2020s

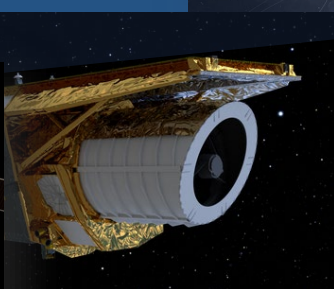
2000s



EnVision



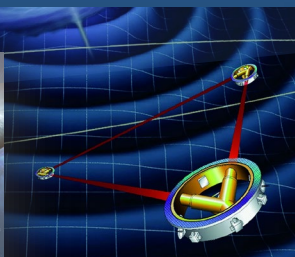
EUCLID



PLATO



LISA



SOFIA Mission Accomplished

Reduktion der Bildunschärfe des SOFIA Teleskops

2015

Messungen von HIPO, FORCAST:
beugungsbegrenzt ab $\lambda \geq 50 \mu\text{m}$

Ziel: beugungsbegrenzt ab $25 \mu\text{m}$
Verteilung $\leq 0,4 \text{ arcsec RMS}$

2015 Verteilung $\sim 1,5 - 2 \text{ arcsec RMS}$

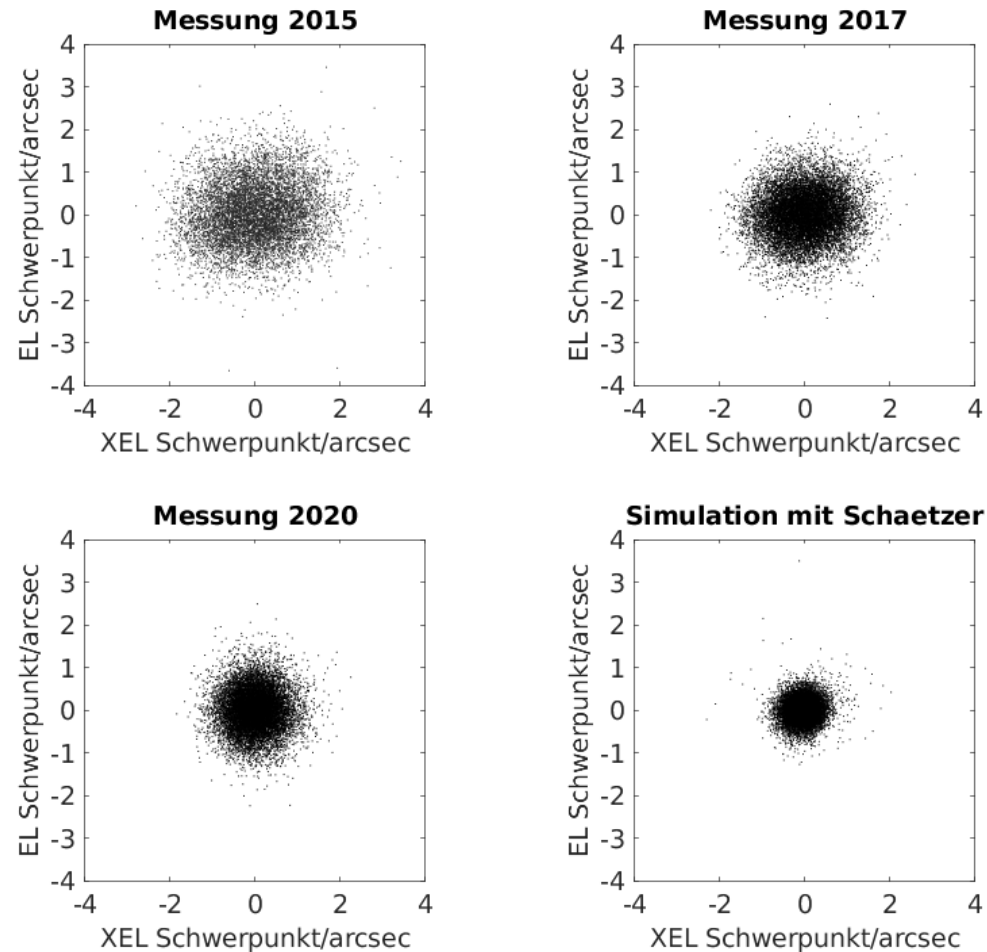
Reduktion der schnellen Bildbewegung

- Reduktion von Sensorrauschen
- Optimierung der Bewegungsschätzung
- Verbesserte Störgrößenabweisung

2017 Verteilung $\sim 1 \text{ arcsec RMS}$

2020 Verteilung $\sim 0,66 \text{ arcsec RMS}$

Ziel: Verteilung $\leq 0,4 \text{ arcsec RMS}$



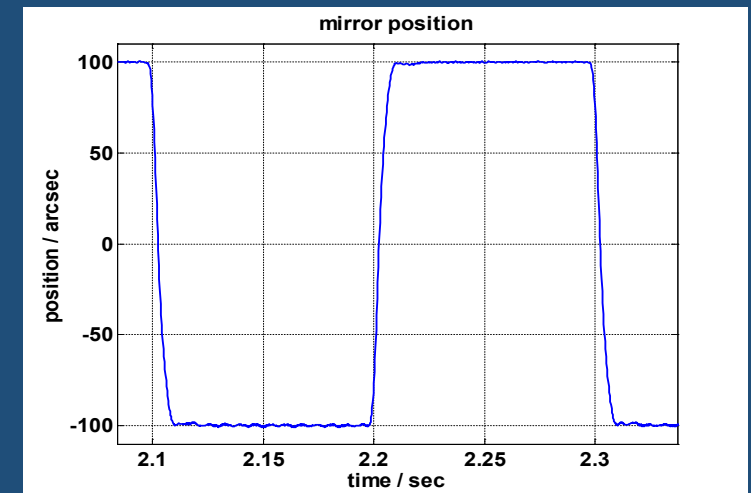
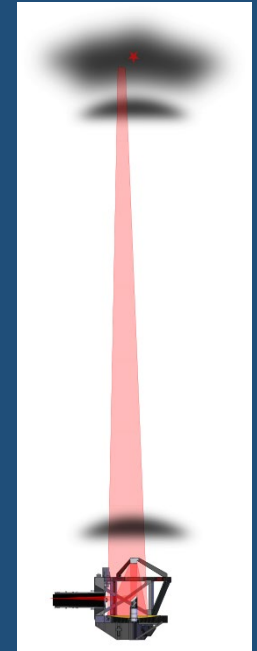
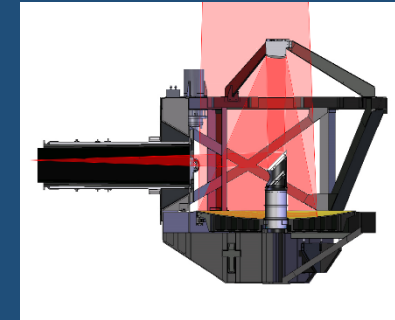
Messungen der Bildschwerpunkte mit FPI+
jeweils 20 s mit 400Hz

- Optimierter Schätzer
- Zusätzliche Sensoren
- MISO Polynommodell
- Verbesserter Regler des Sekundärspiegelmechanismus

Verteilung $\leq 0,4 \text{ arcsec RMS}$ erreichbar
beugungsbegrenzt ab $25 \mu\text{m}$

SOFIA Mission Accomplished

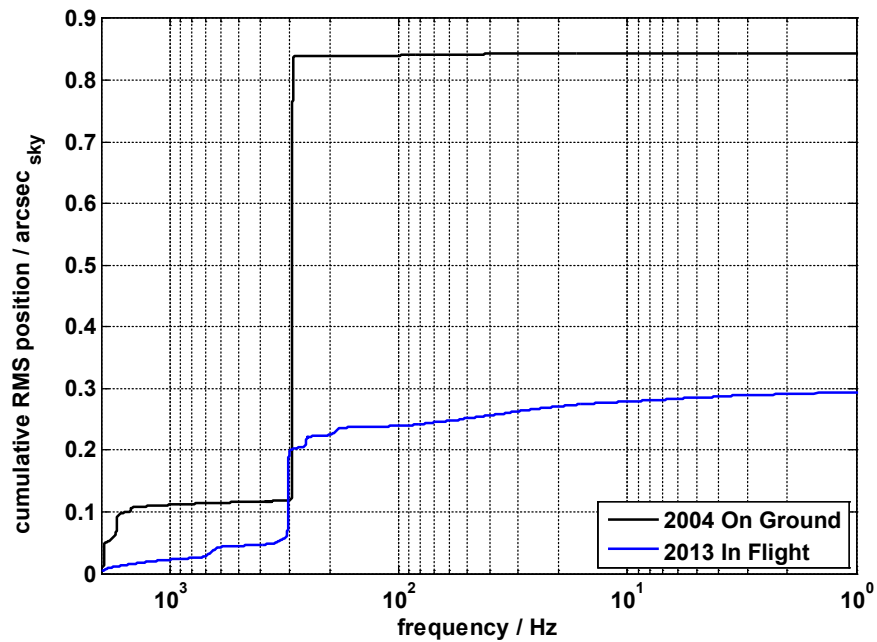
Sekundärspiegel Mechanismus



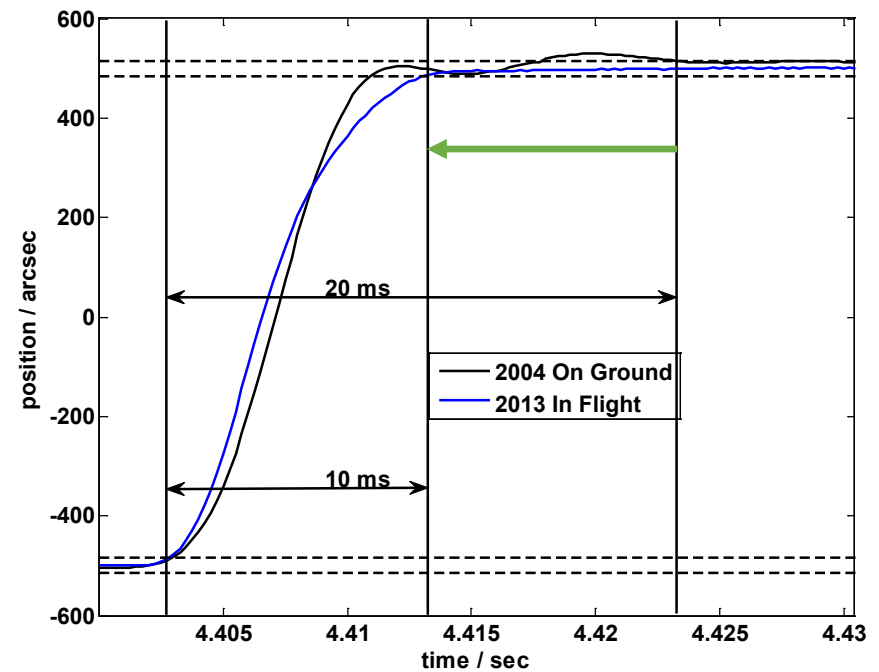
SOFIA Mission Accomplished

Verbesserte Algorithmen für die Sekundärspiegel-Regelung

Verbesserung der Bildschärfe
um den Faktor 2,5

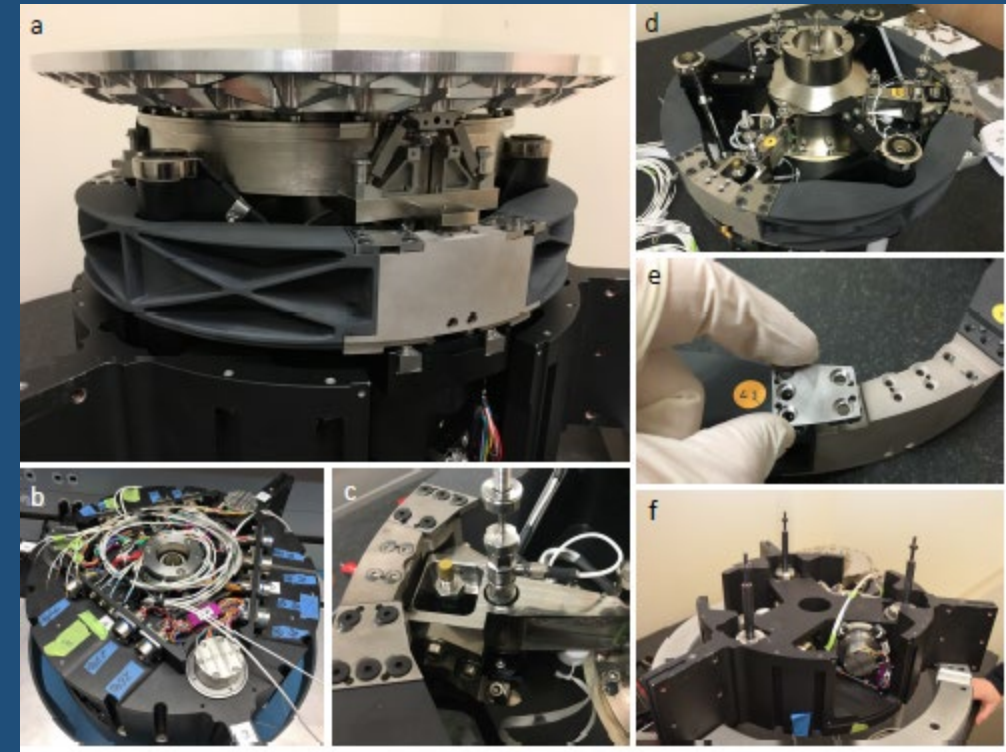
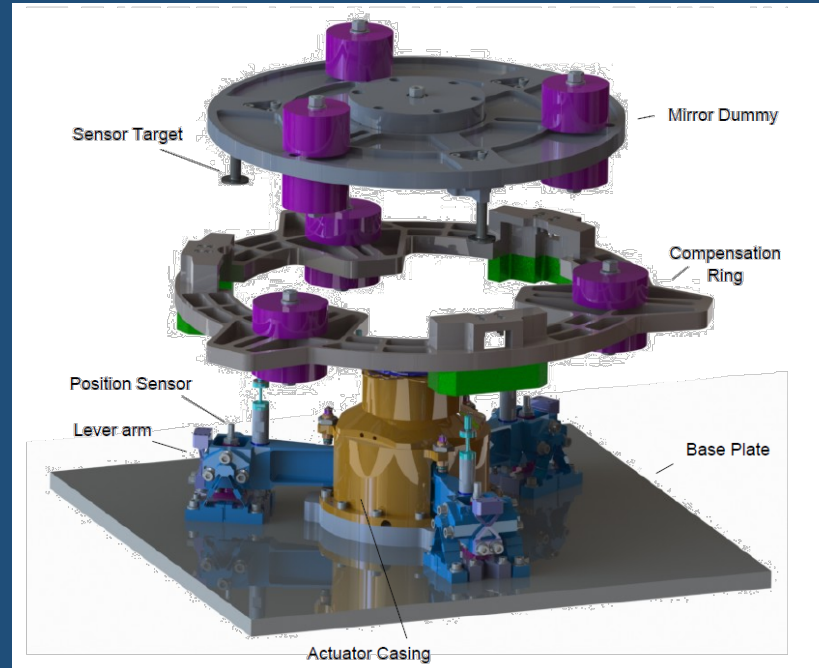
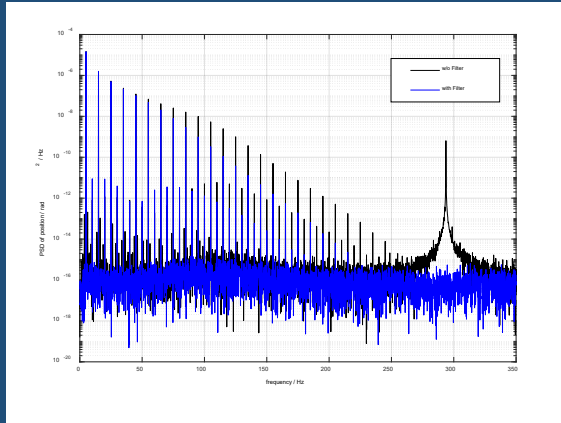


Verringerung der Einschwingzeit
von 20 ms auf 10 ms
→ Signifikante Steigerung der Effizienz



SOFIA Mission Accomplished

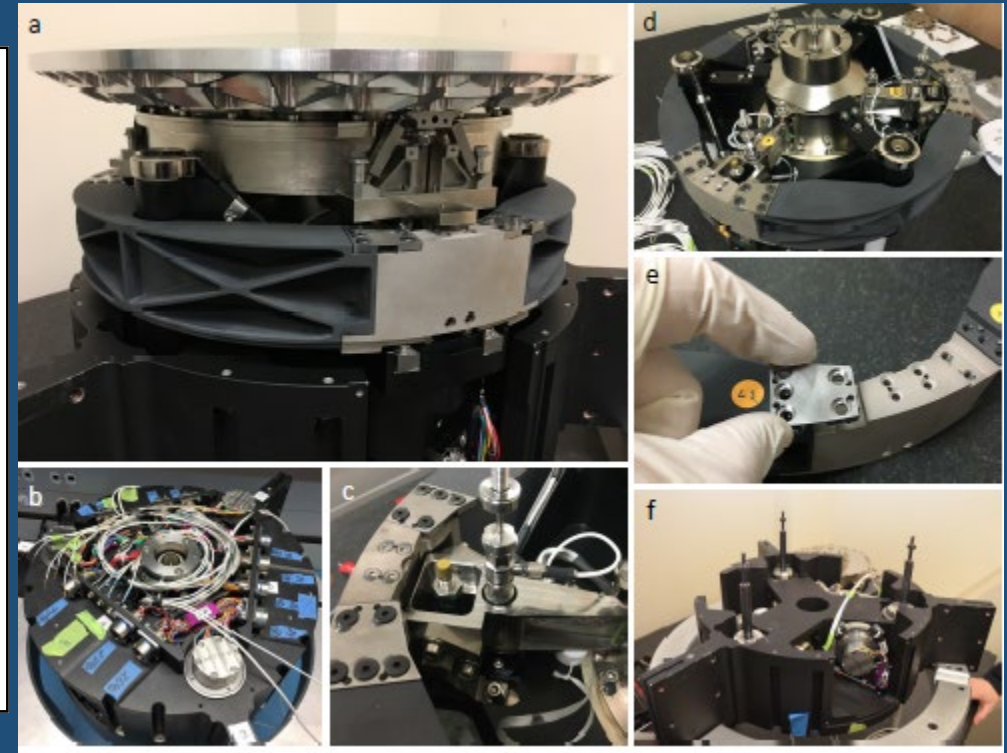
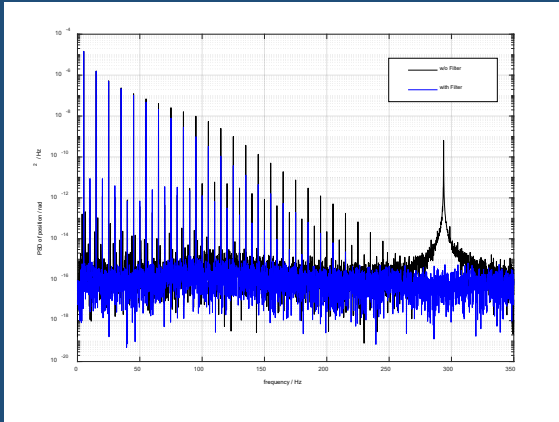
Masseumverteilung im Kompensationsring - Unterdrückung der 292 Hz Resonanz



- Kompensationsring mit geänderter Masseverteilung (Wolfram und SiC) und höherer Steifigkeit verhindert 292 Hz Resonanz
- Mittels Regleranpassung Bandbreitenanpassung 50 Hz → 114Hz, verbesserte Bildstabilität, z.B. Flexible Body Compensation

SOFIA Mission Accomplished

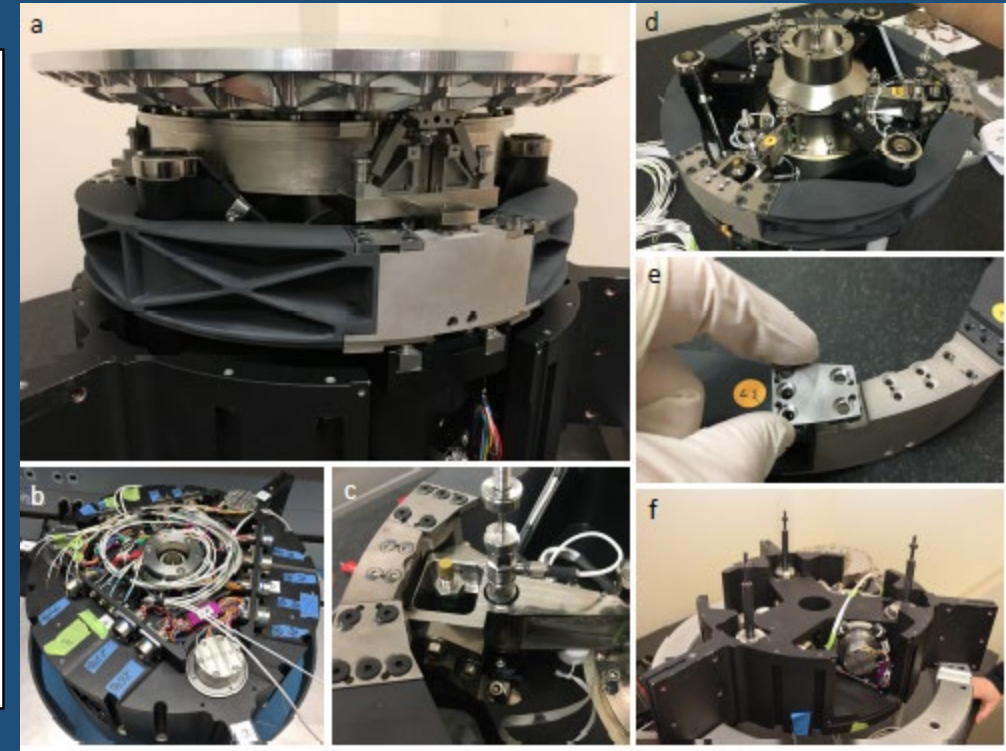
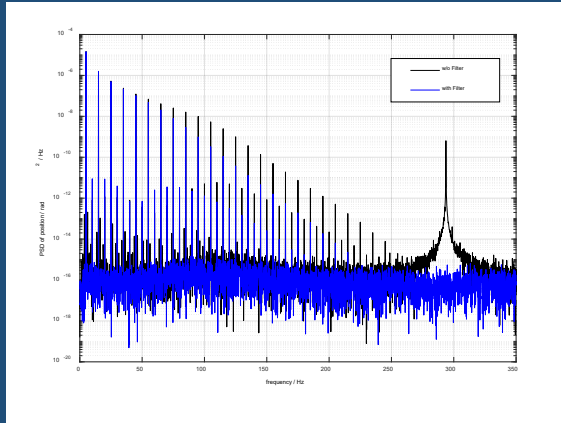
Masseumverteilung im Kompensationsring - Unterdrückung der 292 Hz Resonanz



- Kompensationsring mit geänderter Masseverteilung (Wolfram und SiC) und höherer Steifigkeit verhindert 292 Hz Resonanz
- Mittels Regleranpassung Bandbreitenanpassung 50 Hz → 114 Hz, verbesserte Bildstabilität, z.B. Flexible Body Compensation

SOFIA Mission Accomplished

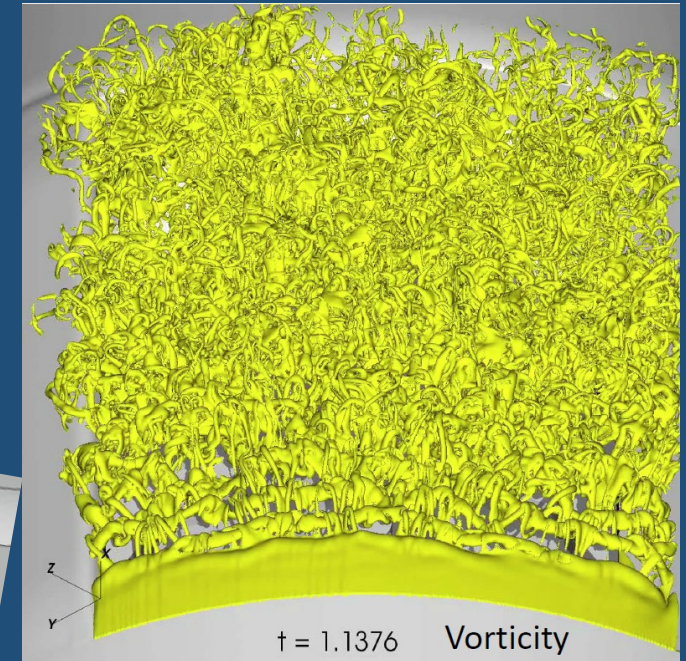
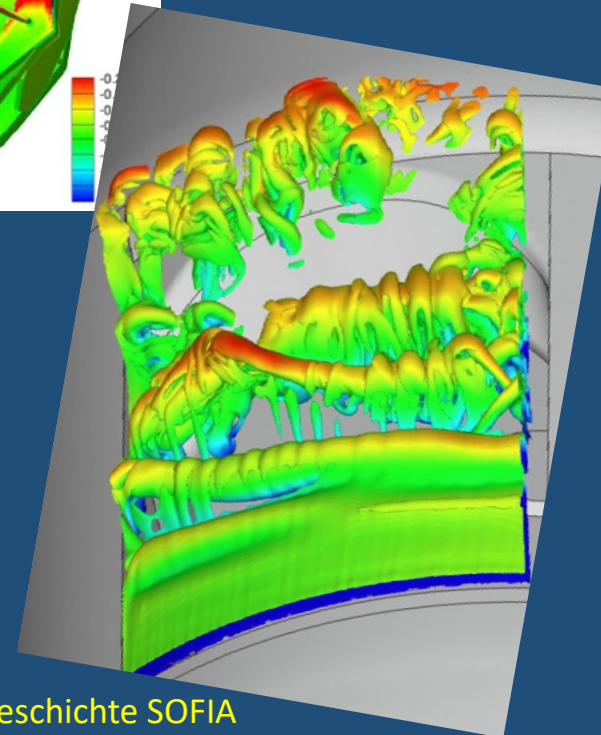
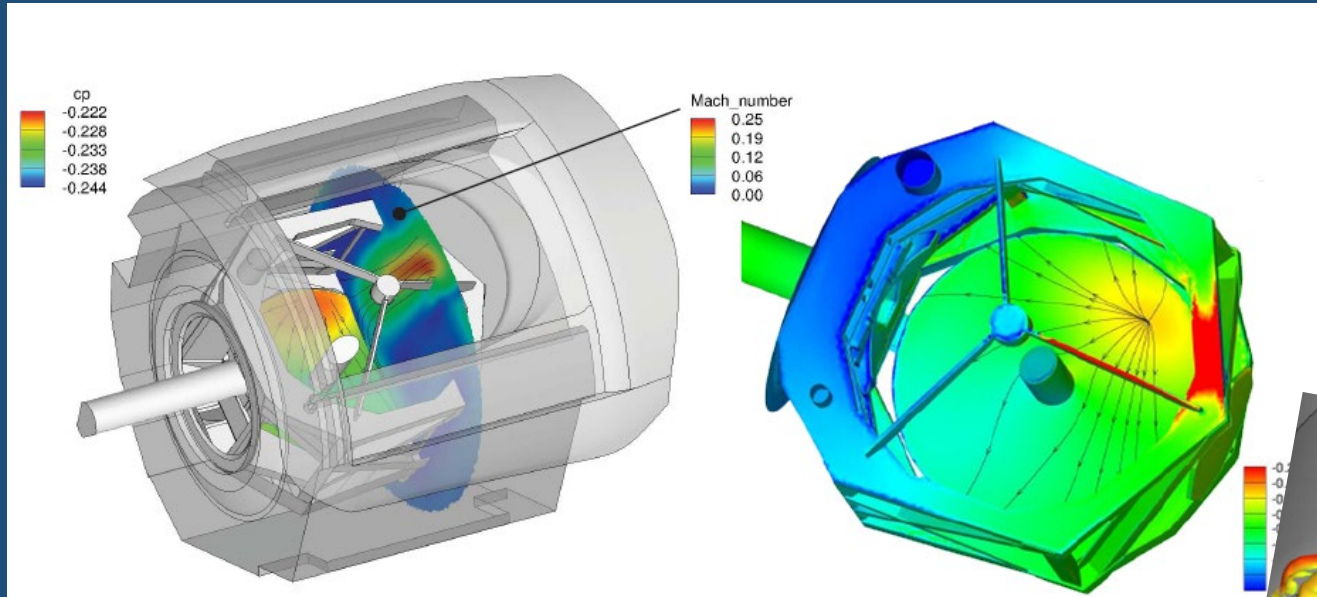
Masseumverteilung im Kompensationsring - Unterdrückung der 292 Hz Resonanz



- Kompensationsring mit geänderter Masseverteilung (Wolfram und SiC) und höherer Steifigkeit verhindert 292 Hz Resonanz
- Mittels Regleranpassung Bandbreitenanpassung 50 Hz \rightarrow 114Hz, verbesserte Bildstabilität, z.B. Flexible Body Compensation

SOFIA Mission Accomplished

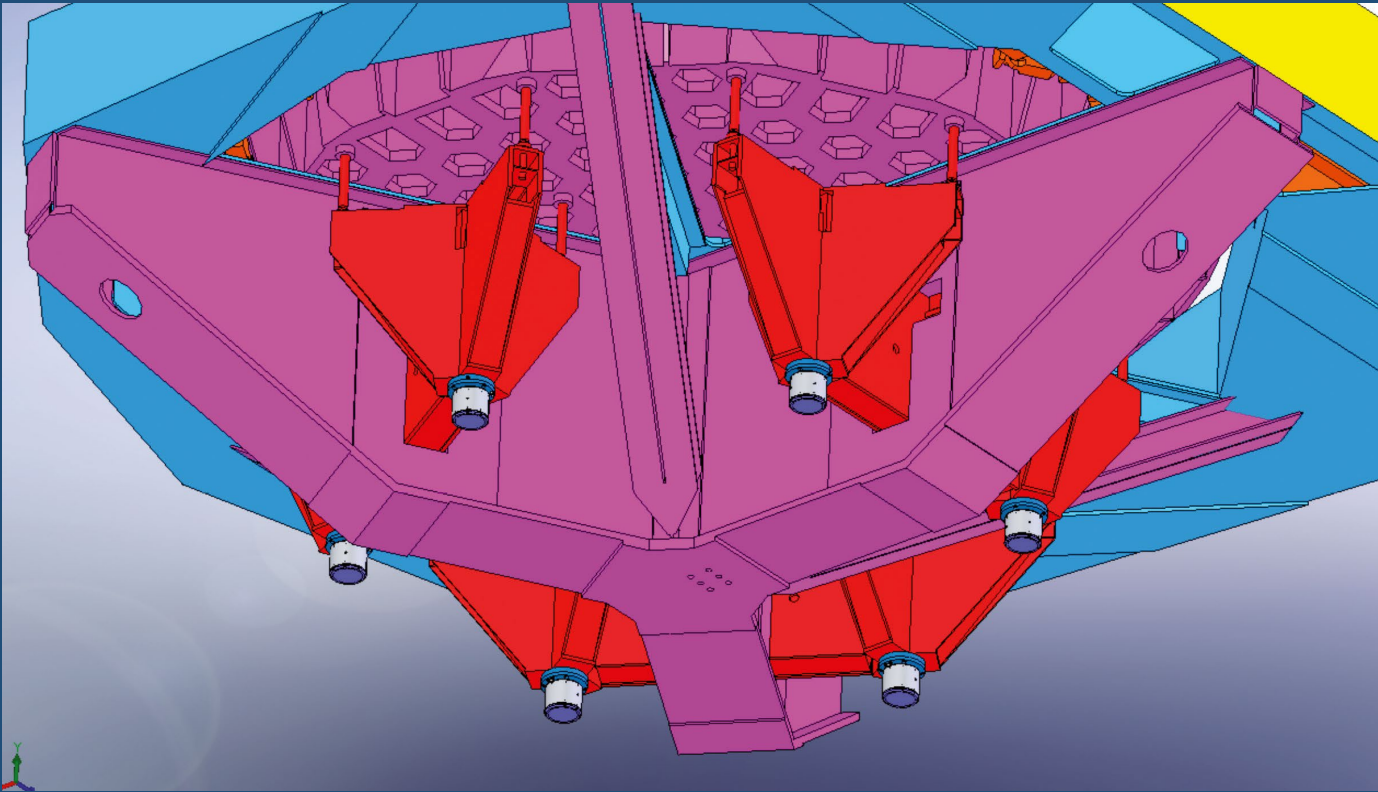
CFD (Computational Fluid Dynamics) der Teleskop-Umströmung und der Shear-Layer



SOFIA Mission Accomplished

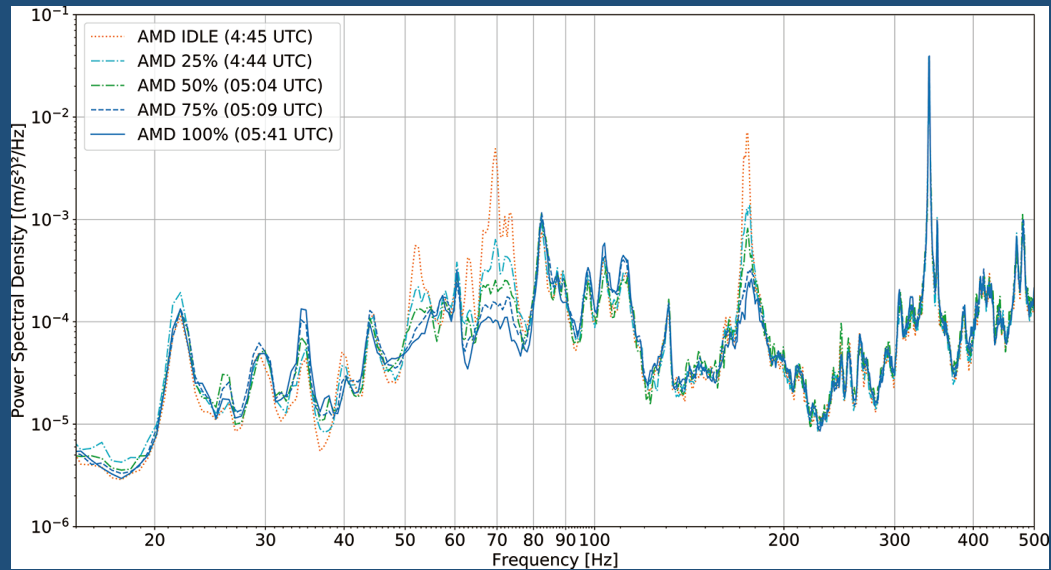
Aktive Massedämpfer (AMD)

Im Flug regen Windlasten und Flugzeugbewegungen durch Turbulenzen Vibrationen in der Teleskopstruktur sowie Vibrationen des Hauptspiegels an → AMDs auf der Rückseite des PM

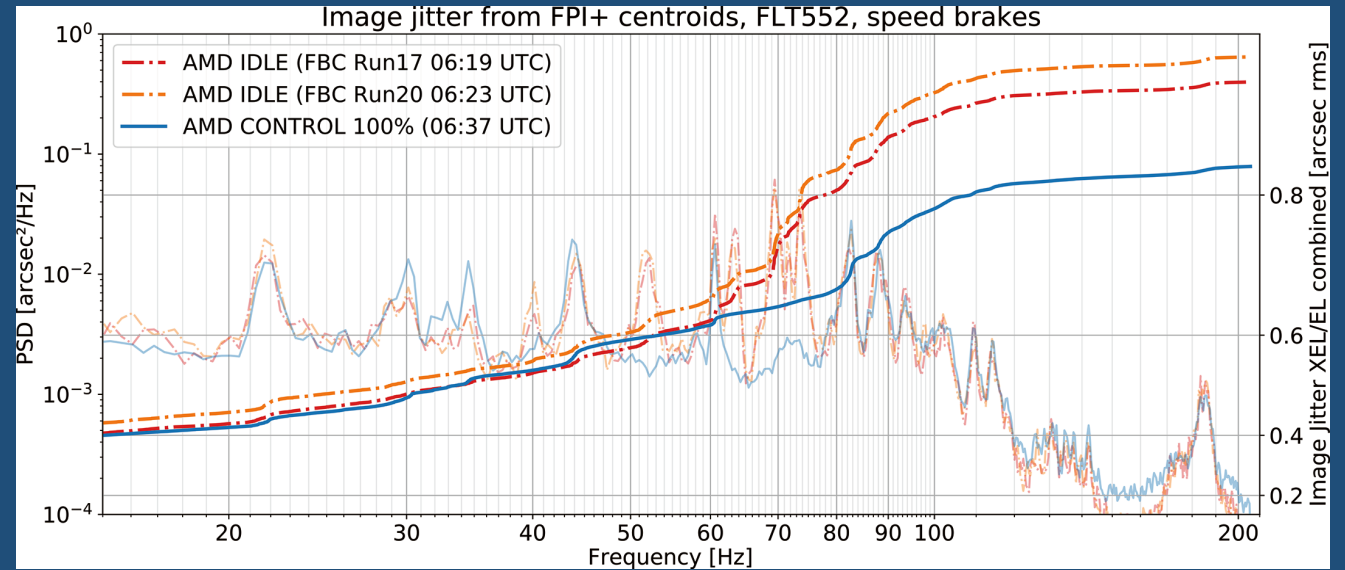


SOFIA Mission Accomplished

Aktive Massedämpfer (AMD)



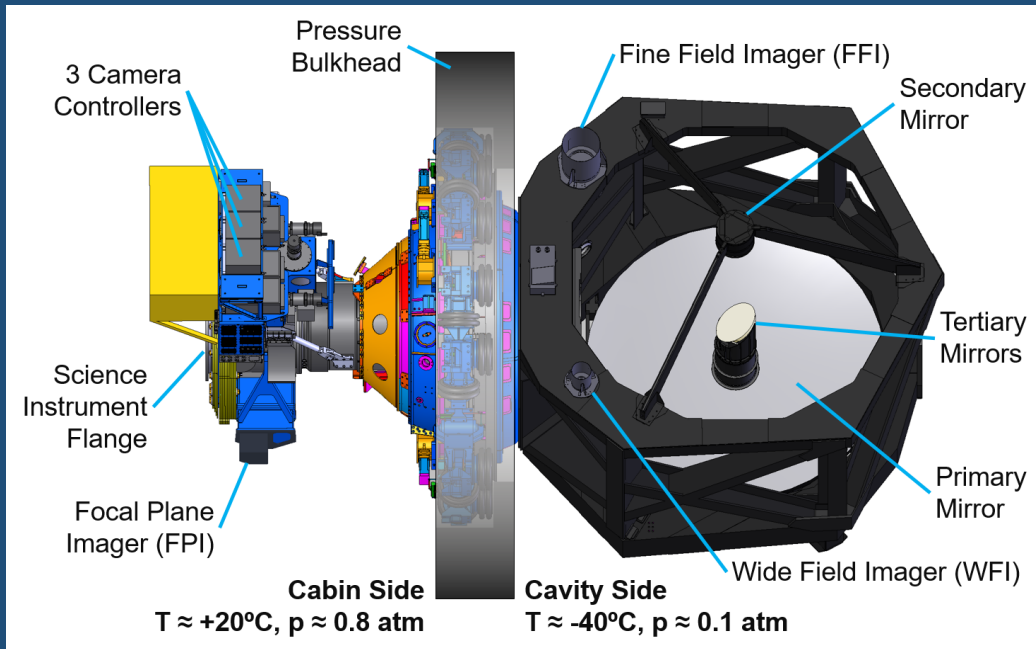
Die Resonanzpeaks der Schwingungsmoden zwischen 50 und 90 Hz sowie bei 170 Hz werden durch die AMDs unterdrückt.



FPI+ Messung des Image Jitter: Verbesserung durch AMDs

SOFIA Mission Accomplished

Sucher- und Nachführkamas



	WFI	FFI	FPI
Gesichtsfeld	6 Grad	69 Bogenminuten	9 Bogenminuten
Pixel Gesichtsfeld	21 Bogensekunden	3.9 Bogensekunden	0,5 Bogensekunden
Brennweite	136 mm	733 mm	5240 mm
Öffnung	68 mm	254 mm	2500 mm
Optik	Petzval Objektiv	Schmidt-Cassegrain	SOFIA Teleskop
Grenzgröße, Ziel	11 mag	13 mag	16 mag
Grenzgröße, ist	9,8 mag	11 mag	12 mag
Betriebs - T	+ 20° C ... - 40° C		+ 20° C

- FPI: Dunkelstrom bei $+20^{\circ}\text{C}$ um 30.000-fach zu hoch → **Nachführen nur an den hellsten Sternen möglich**
- FFI: stark defokussierte Optik in der Abkühlphase (2 Stunden)
- WFI: Bildqualität im Randbereich schlecht

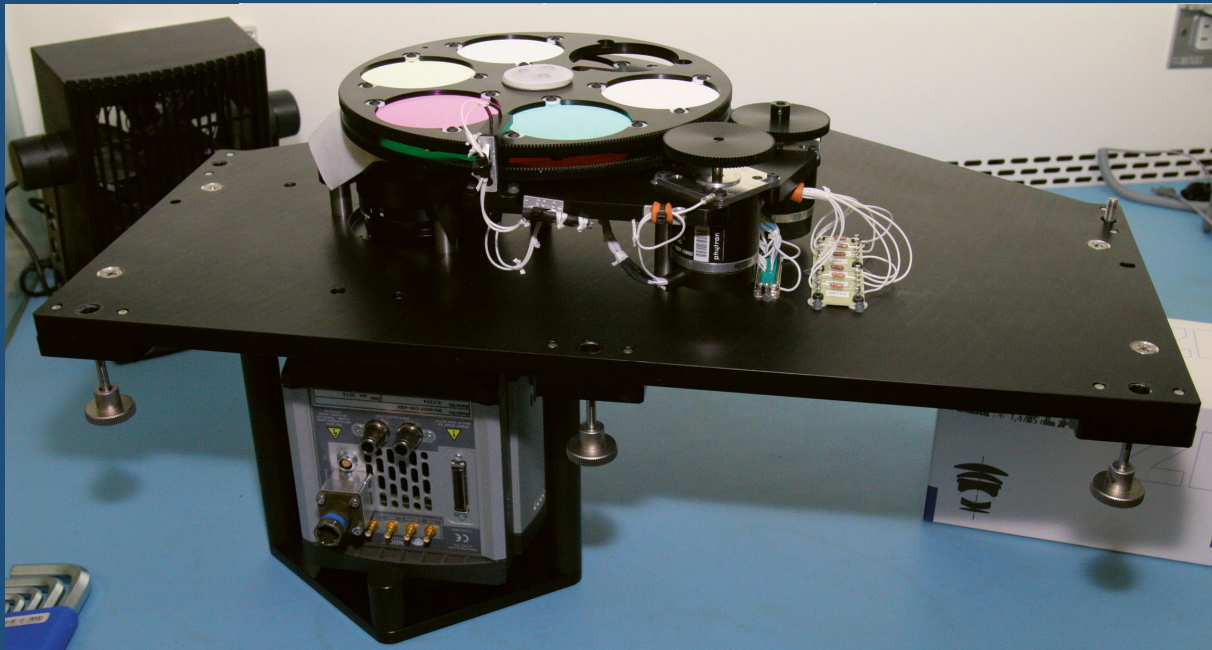
SOFIA Mission Accomplished

Sucher- und Nachführkamas

FPI → FPI+

Ersatz der Kamera durch iXon DU-888 von Andor:

- CCD TH888A front-illuminated → e2v CCD201-20 Sensor, back-illuminated
- thermo-elektrische Kühlung bis 100°C unter Umgebung



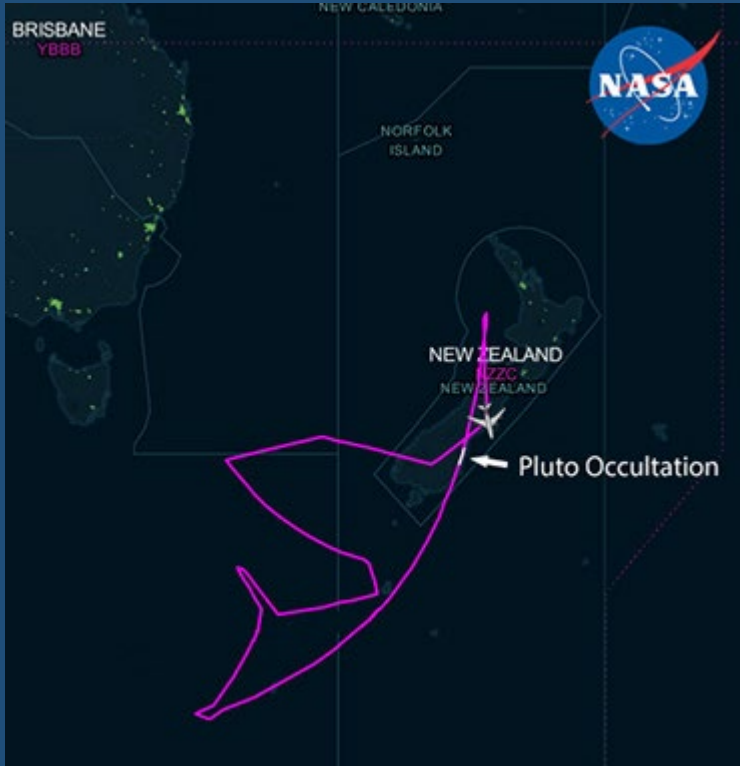
FPI
9 Bogenminuten
0,5 Bogensekunden
5240 mm
2500 mm
SOFIA Teleskop
16 mag
17 mag
- 40° C



Faktor 100 !

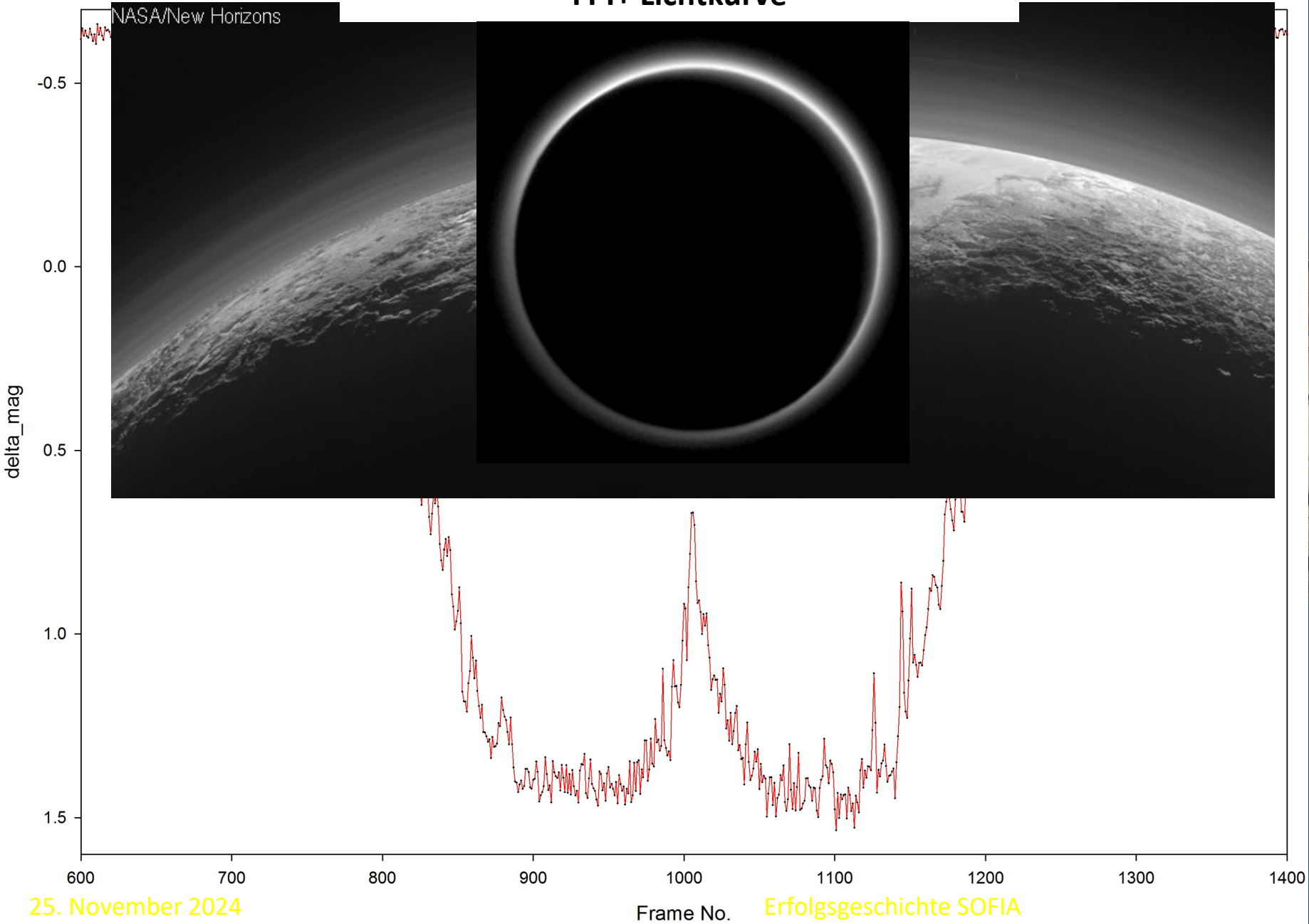
SOFIA Mission Accomplished

FPI+ wurde zu einem Wissenschaftsinstrument
Beispiel: Sternbedeckung durch Pluto am 29. Juni 2015



Sternbedeckung durch Pluto am 29. Juni 2015 aplished

FPI+ Lichtkurve



25. November 2024

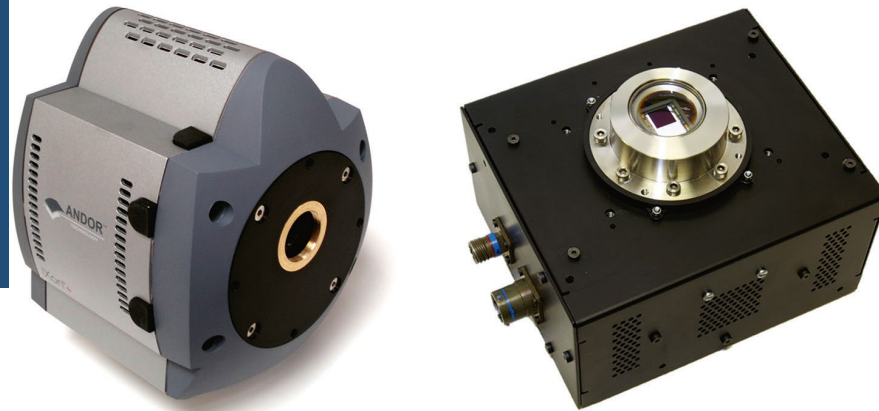
Erfolgsgeschichte SOFIA



Dr. Jürgen Wolf, Universität Stuttgart 15

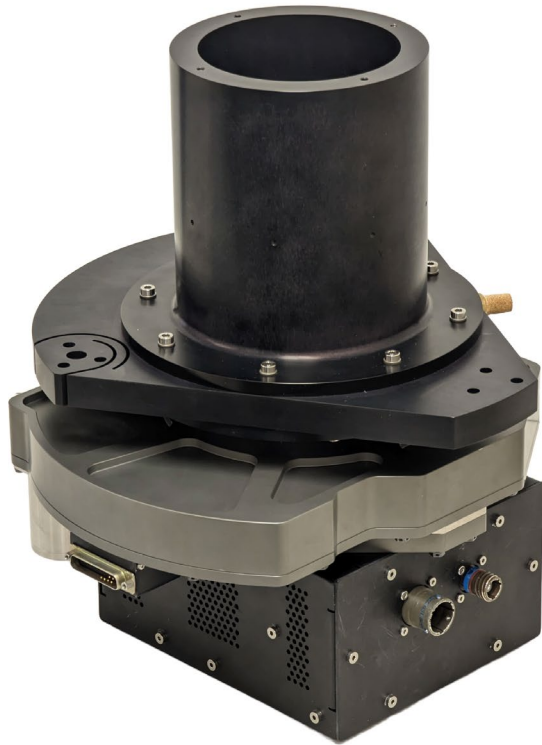
SOFIA Mission Accomplished

WFI und FFI Aufrüstung



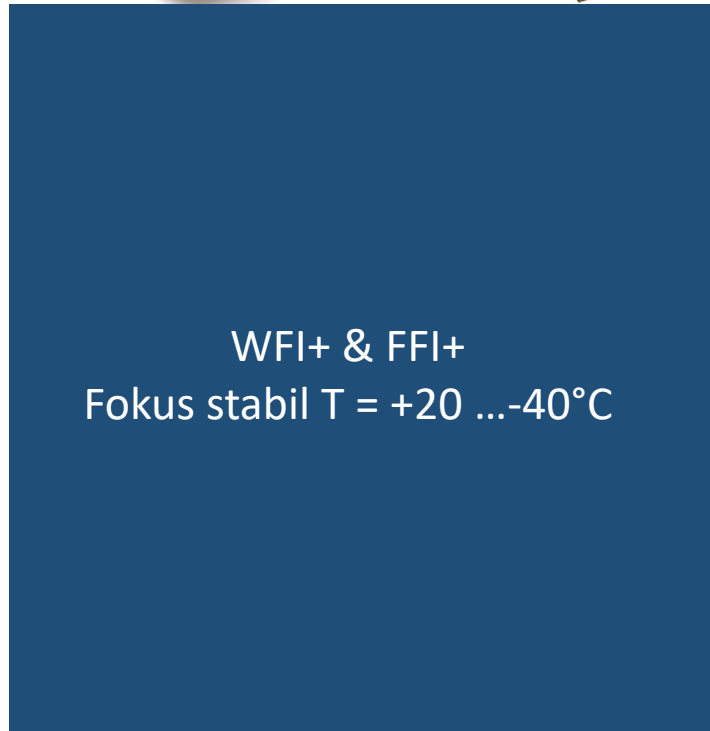
Stratosphärentaugliche Kamera
Andor iXon DU-888

Canon Cine Objektiv 85mm T1.3

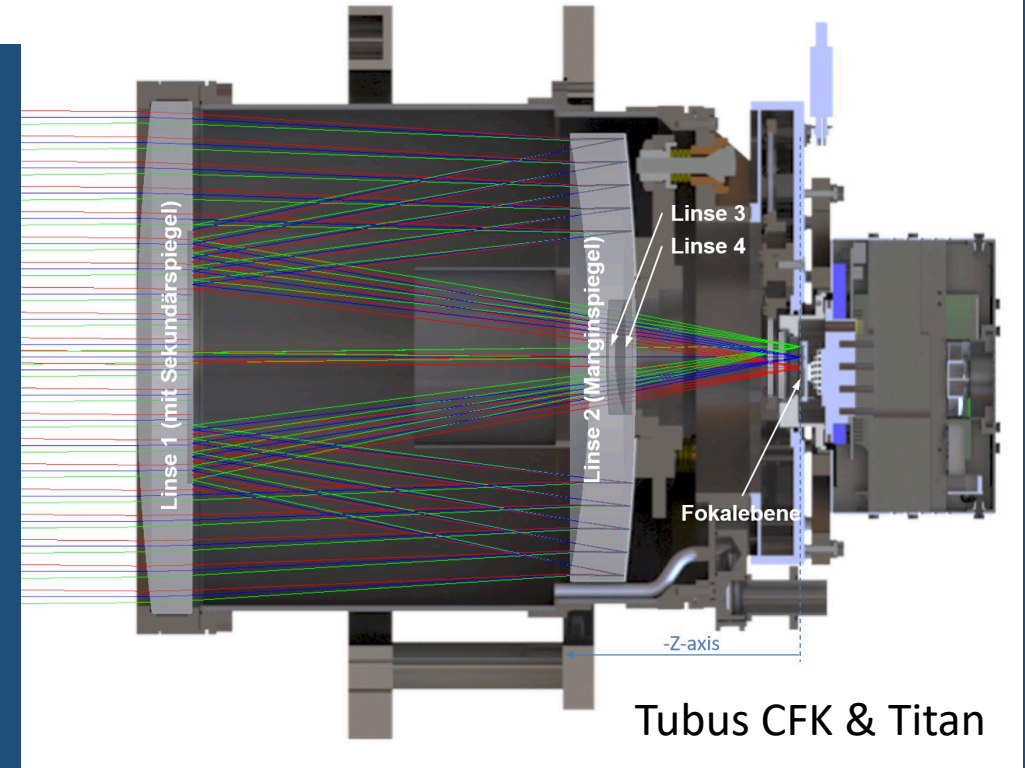


WFI+

FFI+ 300mm f2,2 Riccardi-Honders Quarz



WFI+ & FFI+
Fokus stabil T = +20 ...-40°C



Tubus CFK & Titan

SOFIA Mission Accomplished

FFI+ im Test



SOFIA Mission Accomplished

Friederike Graf
Andreas Reinacher
Yannick Lammen
Sven Schmid, Christian Engfer
Benjamin Greiner
Enrico Pfüller
Manuel Wiedemann

Reduktion der Bildunschärfe
Verbesserte Algorithmen für die Sekundärspiegel-Regelung
Unterdrückung der 292 Hz Resonanz
CFD der Teleskop-Umströmung und der Shear-Layer
Active Massedämpfer, Vibrationssimulation im FEM, z.B. SMM 292 Hz
Entwicklung & Einbau FPI+/Wissenschaftsinstrument
Entwicklung WFI+ und FFI+

Studentische Arbeiten im SOFIA Projekt

Standorte: Stuttgart, Palmdale, CA und Ames in Moffett Field, CA

Insgesamt 145 Arbeiten, darunter 15 Dissertationen



Universität Stuttgart
Germany



SOFIA Mission Accomplished

ENDE