

# CFK in der Astronomie nach LINC-NIRVANA

Ralf-Rainer Rohloff  
Konstruktion

# Herstellung

- Fasern im 19.Jh: Elektrische Glühfäden (Pyrolyse von Bambusfasern)
- Heute: Graphitisierung (1800°C bis 3000°C) von Polyacrylnitritfasern (PAN) in inerter Atmosphäre → „Verkohlter Kunststoffaden“
- Weitere Ausgangsmaterialien: Polyamid, Pech, Viskose, ....
- Aufgrund der Kristallstruktur: Kohlenstofffasern anisotrop (orthotrop)

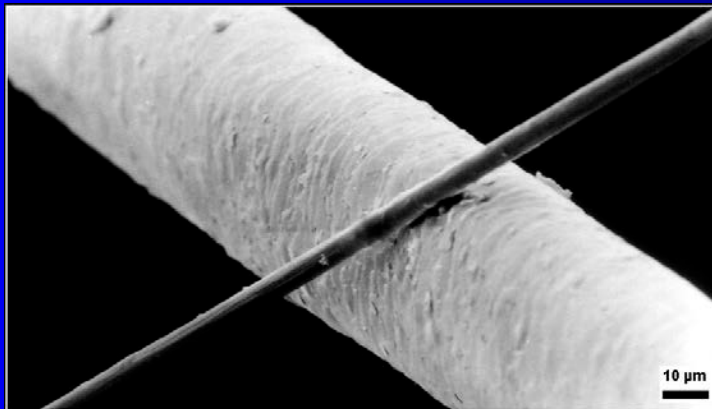


Bild: Wikipedia

Filament = Einzelfaden

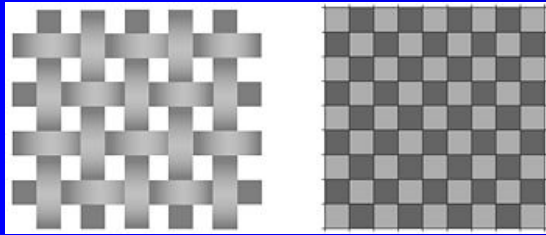
# Herstellung

- Schlichte: Oberflächenbehandlung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit
- Nächster Schritt: Roving (Bündel, Strang oder Multifilamentgarn)
- Übliche Rovings: 1k – 24k (1k = 1000 Filamente)
- Längenbezogene Masse [tex]: 1 tex = 1g/1000m
- Kosten: 15 bis 40 €pro kg
- Weltweite Produktion 2017: 180.000 t

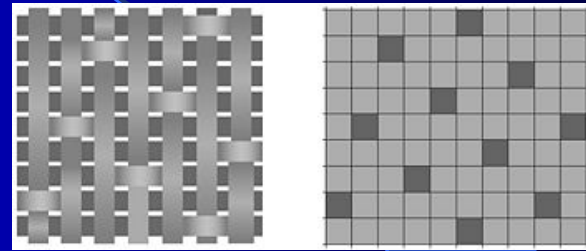
SIGRAFIL 50k Roving



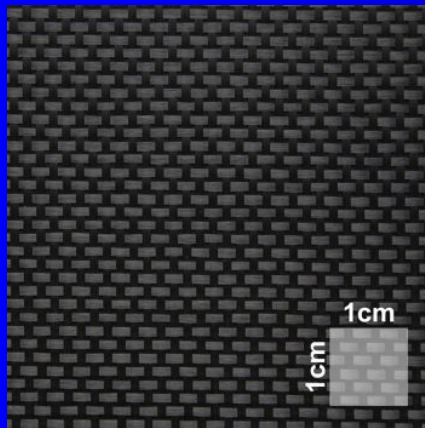
# Halbzeuge: Gewebe / Gelege



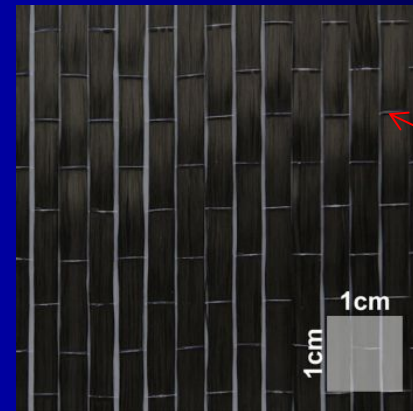
Leinwandgewebe (Platten)



Atlasgewebe (gekrümmte Flächen)



„Sicht-Carbon“



Schussfaden

UD-Gelege



# Halbzeuge: Prepreg

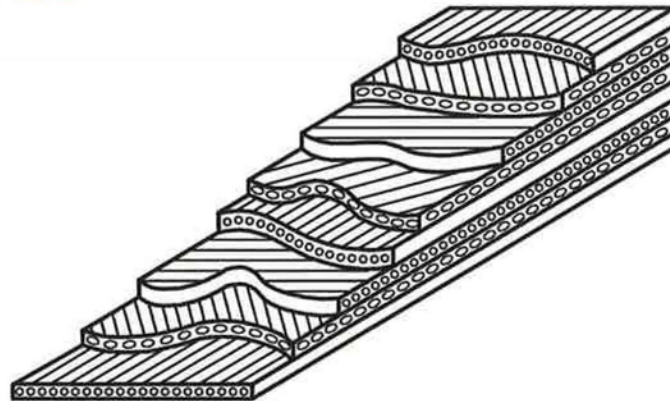
- Prepreg: „Preimpregnated Fibres“ (Vorimprägnierte Fasern) werden unter Druck und Temperatur ausgehärtet
- Lagertemperatur im Kühlhaus:  $-20^{\circ}\text{C}$  (Harz soll nicht mit Härter reagieren, Haltbarkeit  $\sim 1$  Jahr)



# Laminat

Mehrschichtverbund oder Laminat:

- Ein aus mehreren Einzelschichten aufgebauter Werkstoff.
- Die Schichten sind fest miteinander verklebt.
- Die Orientierung der Schichten sowie die Art der Schichten (UD, Gewebe, Matte, etc.) kann unterschiedlich sein.



Matrix: Epoxidharz (Duroplast)

Laminat: 50-60% Faseranteil wird angestrebt

FE-Simulation: Aufwendiger als bei einem isotropen Werkstoff

# Eigenschaften CFK

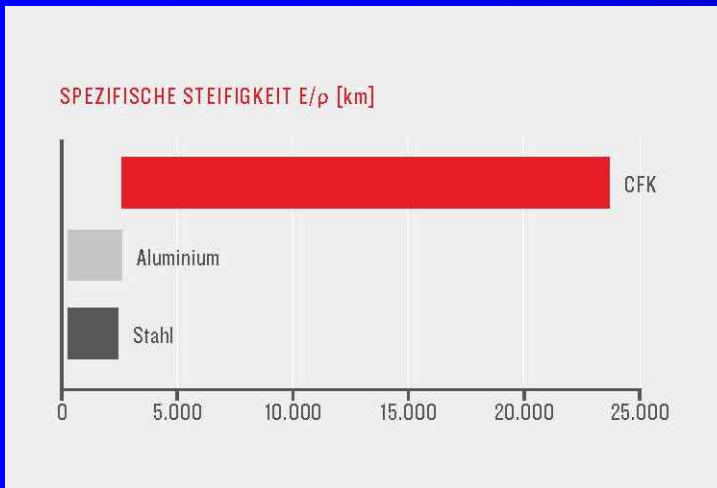


Bild: XPERION



- Formel 1: 30 Tote bis 1994
- G. Fisichella 1997 Jordan (Silverstone):  
in 0,72 sec von 227 km/h auf Null  
(Auswertung der Blackbox)

# Eigenschaften CFK

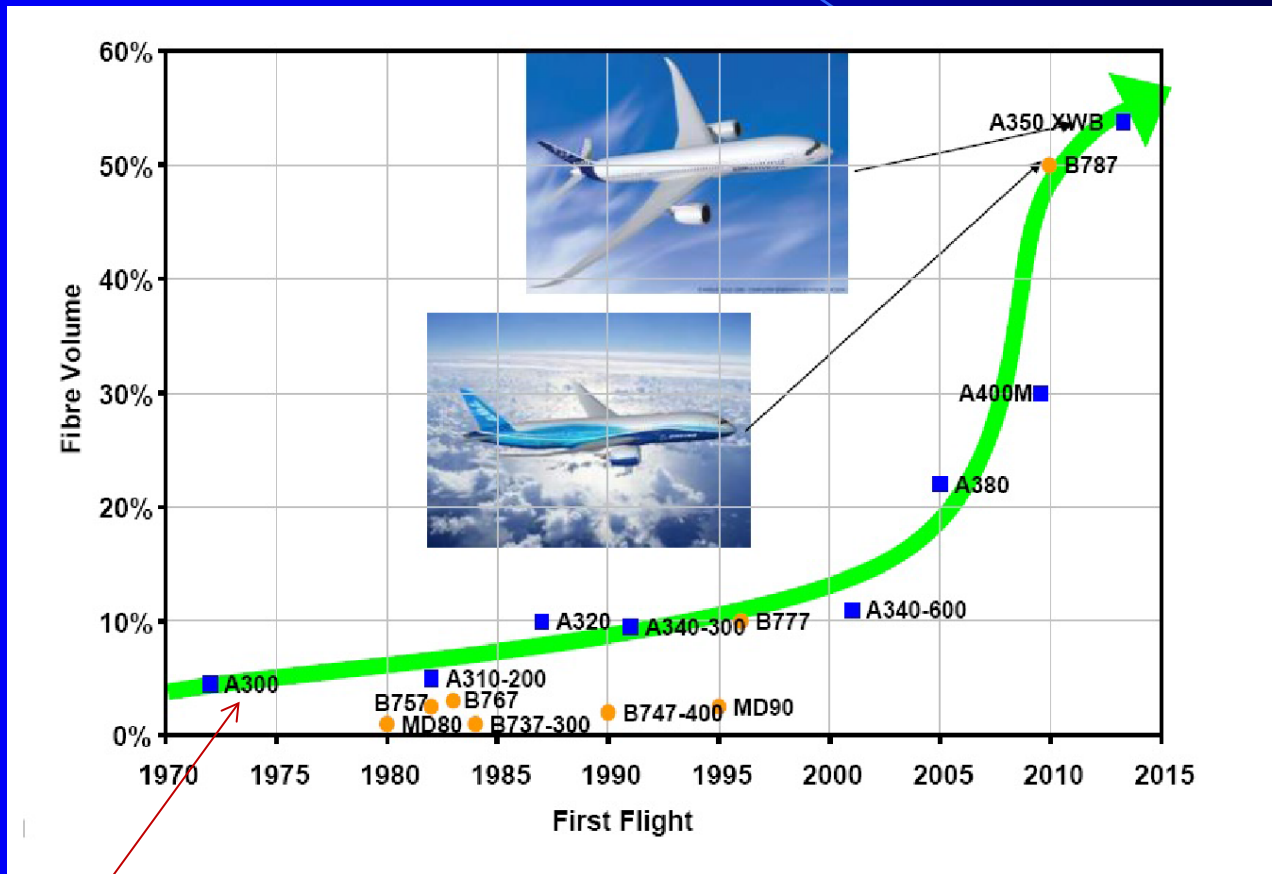


Lotus 1962  
Leichtmetall

Monocoque McLaren MP4/1:  
Erstes Team mit CFK-Modul

Hauskolloquium 26. Juli 2019

# CFK im Flugzeugbau



Seitenleitwerk A300 AA587  
12.11.2001

Bild: TU Berlin



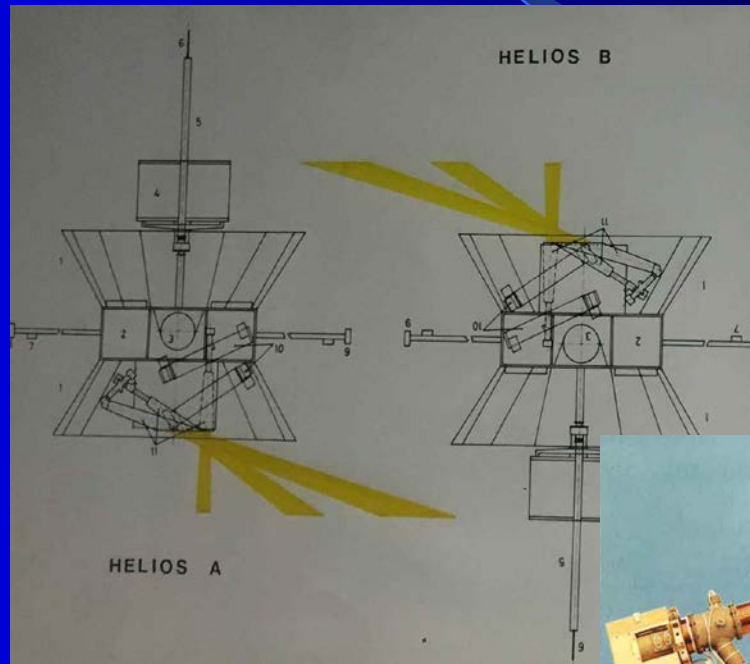
# CFK im Flugzeugbau



Bild: Airbus

A 350 (Rumpf, Leitwerk, Tragflächen): CFK Anteil 52%

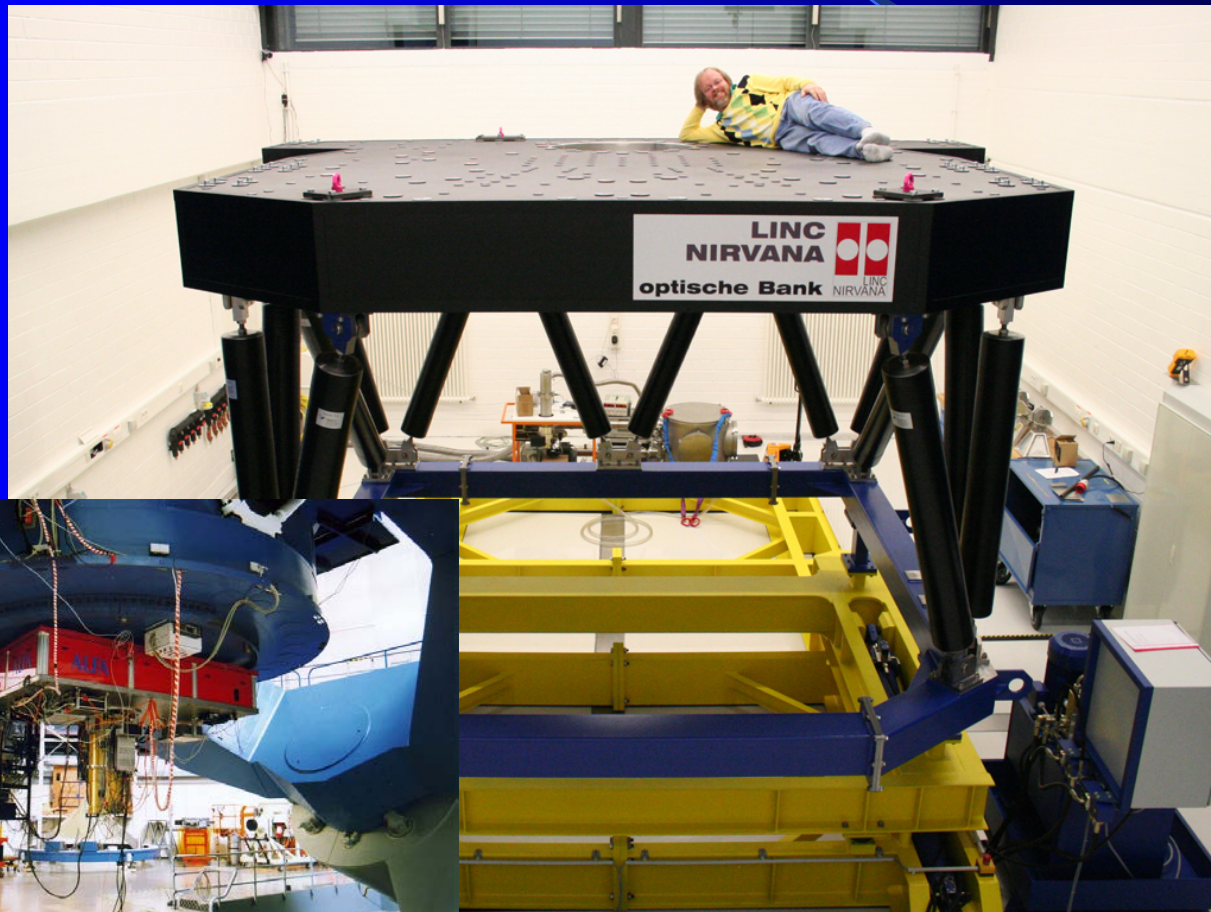
# Erster Einsatz CFK MPIA (HELIOS 1974/1976)



Bilder: Ch. Leinert

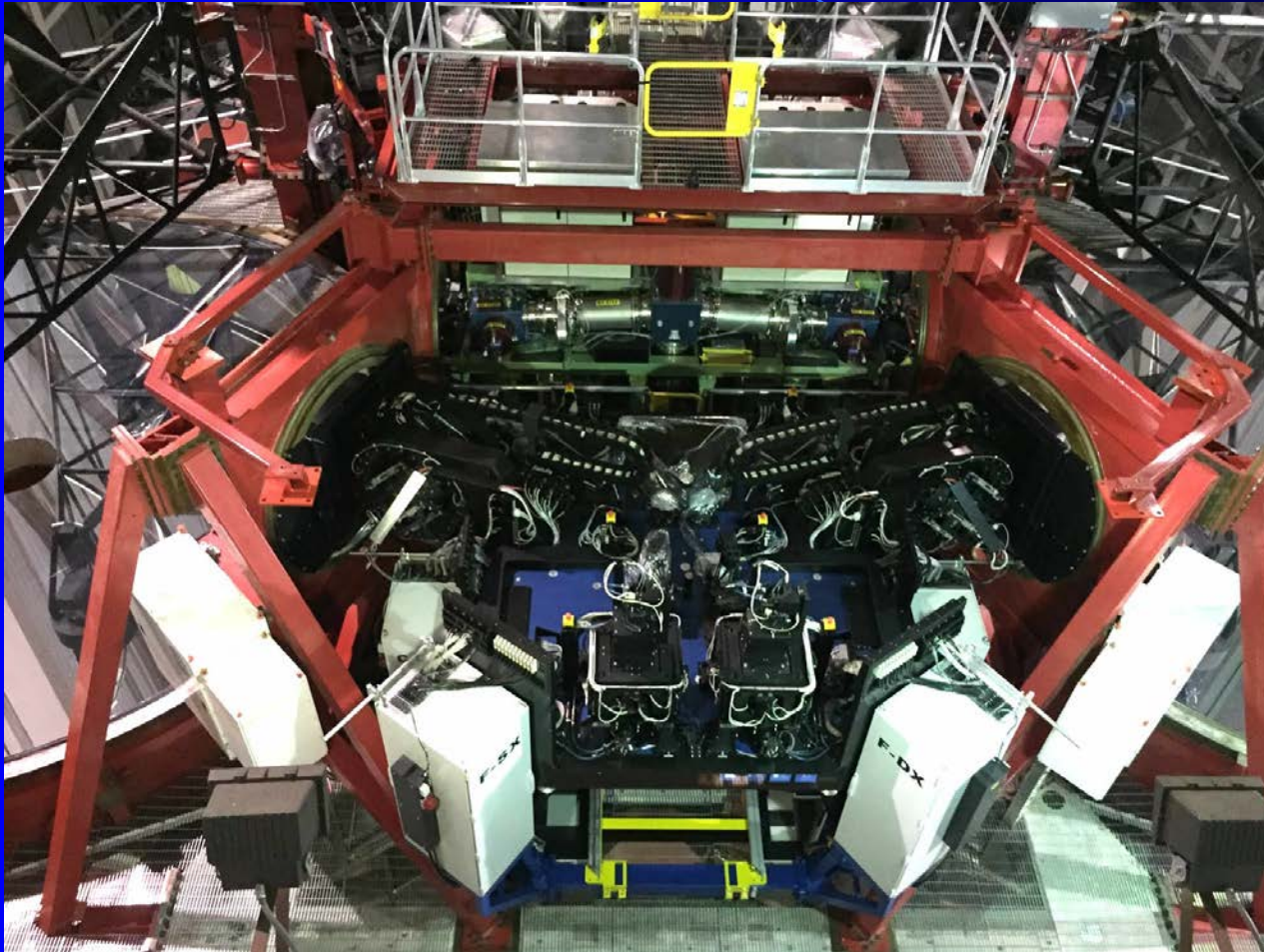
CFK: Baffle Zodiaklichtexperimente

# CFK-Bauteile LINC-NIRVANA



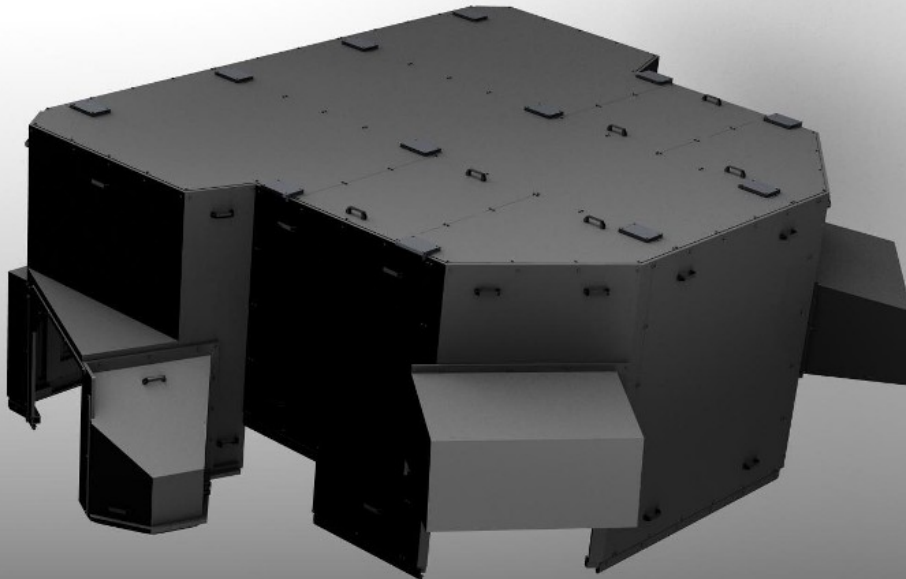


# LINC-NIRVANA am LBT



# LINC-NIRVANA Cover

Gewicht !  
M ~ 300 kg



Platten: CFK / Schaum Sandwich  
Gerüst: CFK Hohlprofile  
Probleme: Inserts

Hauskolloqium 26. Juli 2019



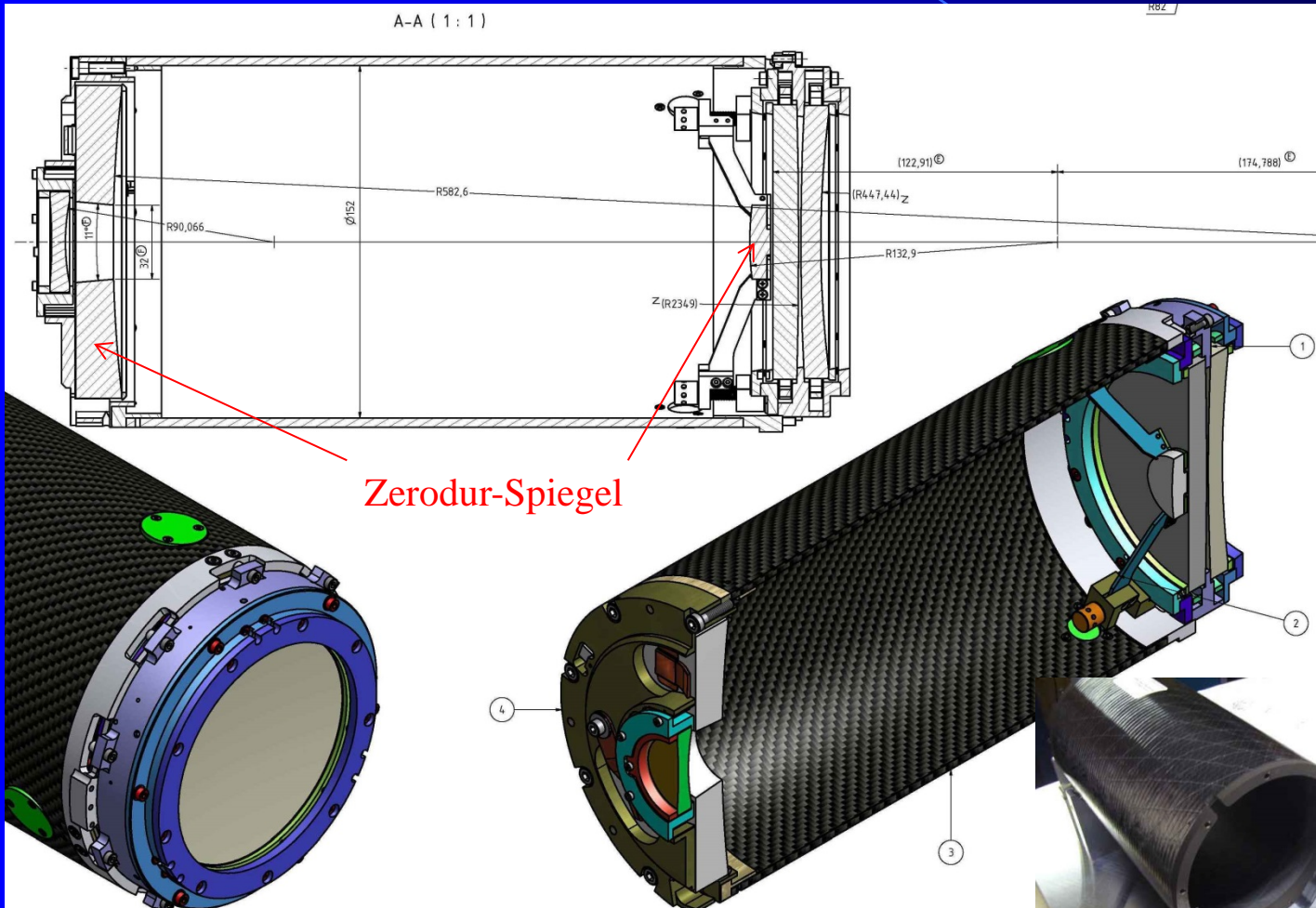
# Amateurteleskope



Masse, CTE !

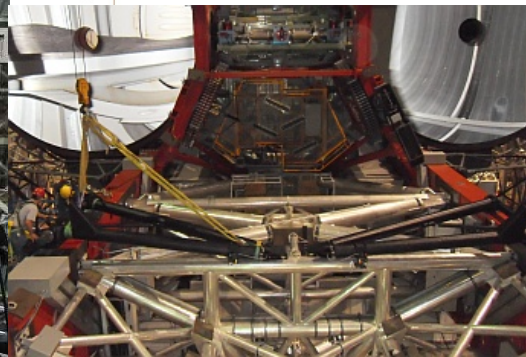
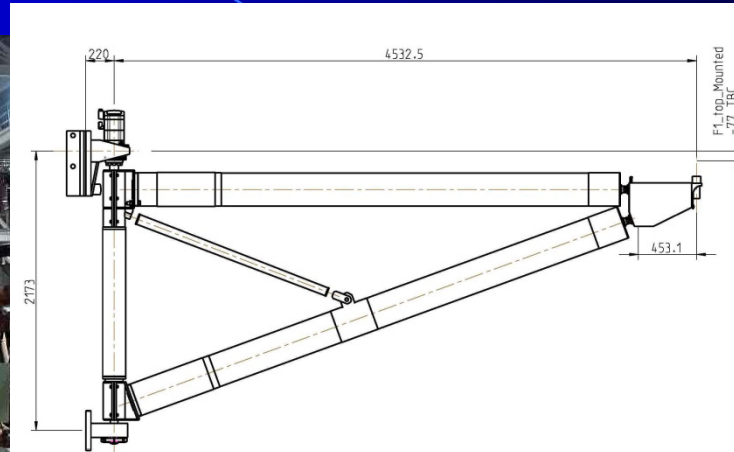
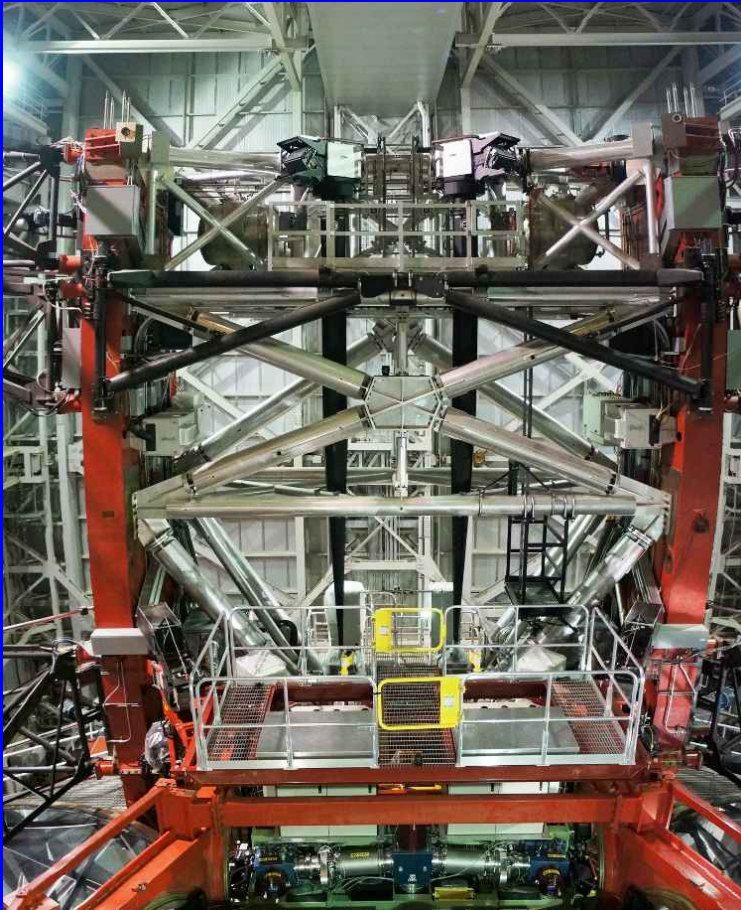
Hauskolloqium 26. Juli 2019

# LUCI N30 Kamera





# ARGOS Calibration Arm



Kosten CFK-Rohre: €21.150

Gewicht !

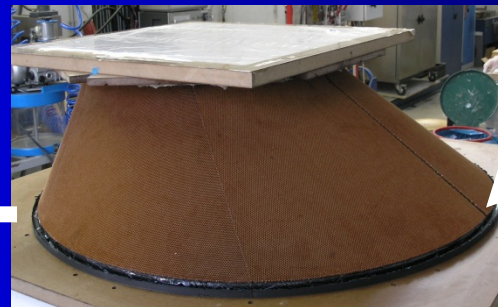
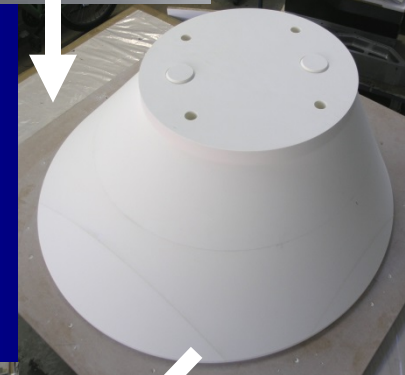
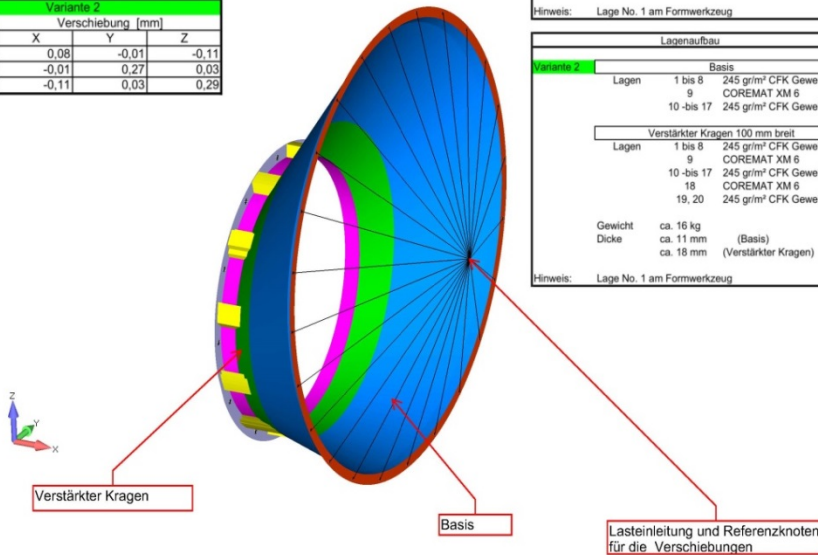
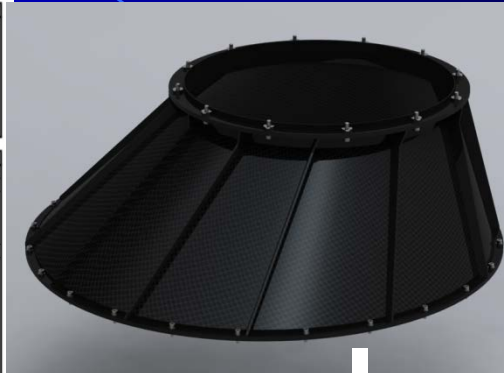
# PANIC Teleskopadapter

Variante 1				
Last	Verschiebung [mm]			
	X	Y	Z	
F <sub>x</sub> = 3000 N	0,08	-0,01	-0,11	
F <sub>y</sub> = 3000 N	-0,01	0,28	0,03	
F <sub>z</sub> = 3000 N	-0,11	0,03	0,30	

Variante 2				
Last	Verschiebung [mm]			
	X	Y	Z	
F <sub>x</sub> = 3000 N	0,08	-0,01	-0,11	
F <sub>y</sub> = 3000 N	-0,01	0,27	0,03	
F <sub>z</sub> = 3000 N	-0,11	0,03	0,29	

Lagenaufbau				
Variante 1	Lagen	1 bis 8	245 gr/m <sup>2</sup> CFK Gewebe	
		9	COREMAT XM 10	
		10 - bis 17	245 gr/m <sup>2</sup> CFK Gewebe	
	Gewicht	ca. 17 kg		
	Dicke	ca. 15 mm		
Hinweis: Lage No. 1 am Formwerkzeug				

Lagenaufbau				
Variante 2	Basis			
	Lagen	1 bis 8	245 gr/m <sup>2</sup> CFK Gewebe	
		9	COREMAT XM 6	
		10 - bis 17	245 gr/m <sup>2</sup> CFK Gewebe	
		18	COREMAT XM 6	
		19, 20	245 gr/m <sup>2</sup> CFK Gewebe	
	Gewicht	ca. 16 kg		
	Dicke	ca. 11 mm	(Basis)	
		ca. 18 mm	(Verstärker Kragen)	
Hinweis: Lage No. 1 am Formwerkzeug				



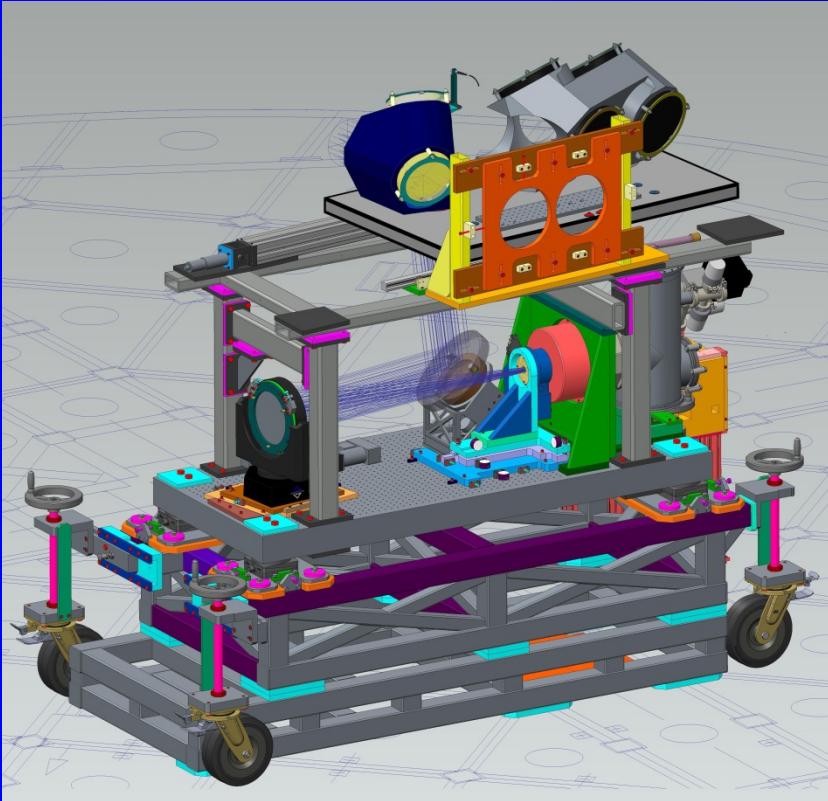
Gewicht = 12 kg !



# PANIC Teleskopadapter



# GRAVITY -CIAO

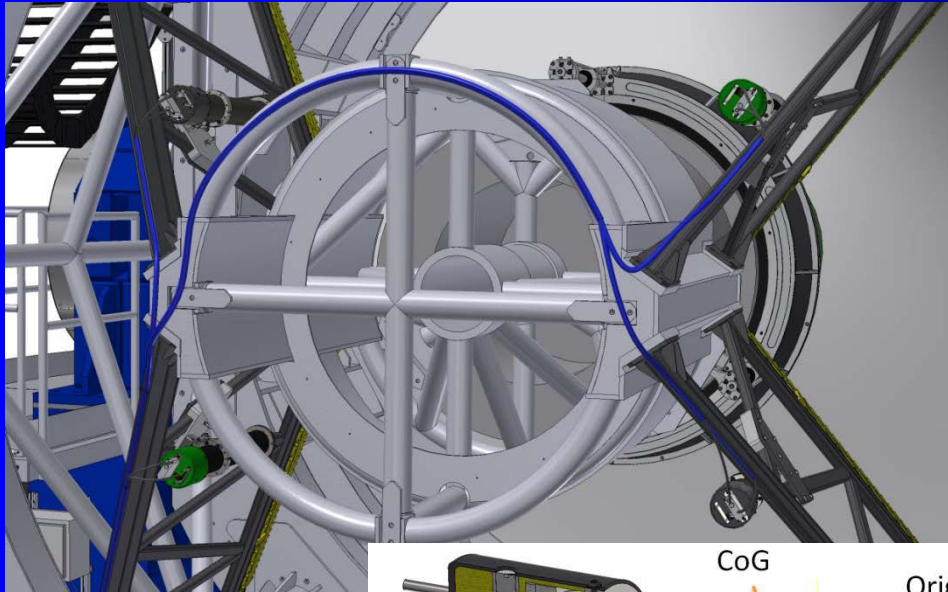


Gewicht (Erdbebensicherheit) !

Hauskolloqium 26. Juli 2019

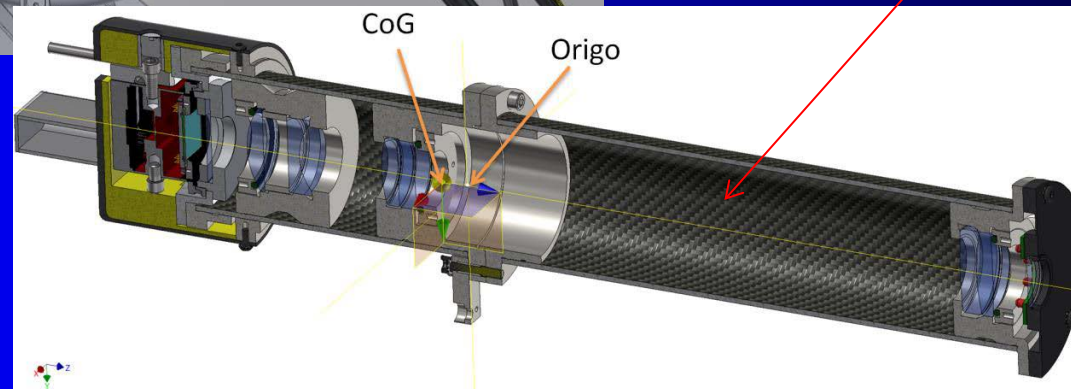


# 4MOST Metrology Cameras am VISTA Teleskop



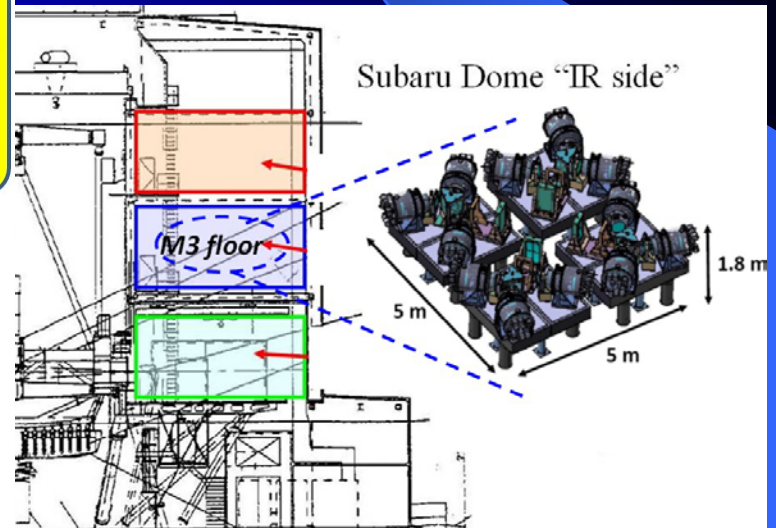
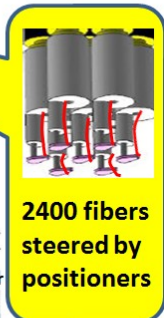
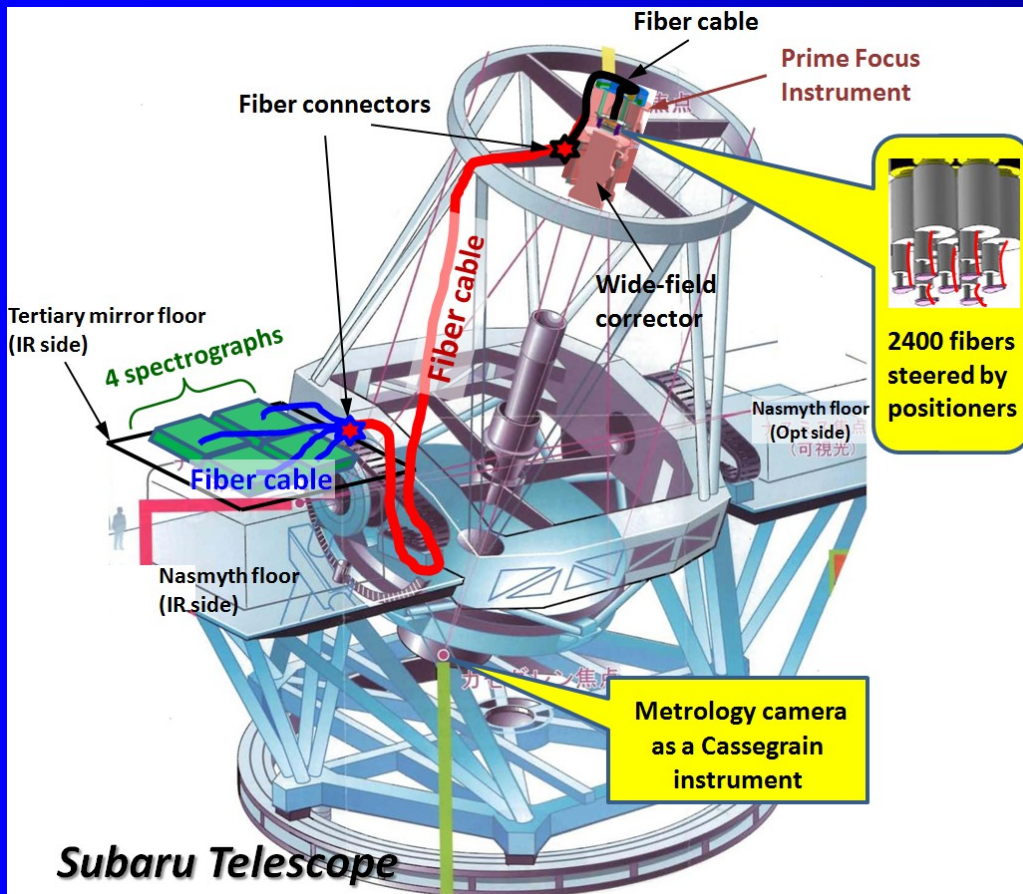
Faserspektrograph:  
Positionsmessung der  
Faser-Aperturen

CFK Tubus



CTE und  
Masse !

# Subaru Prime Focus Spectrograph (PFS)

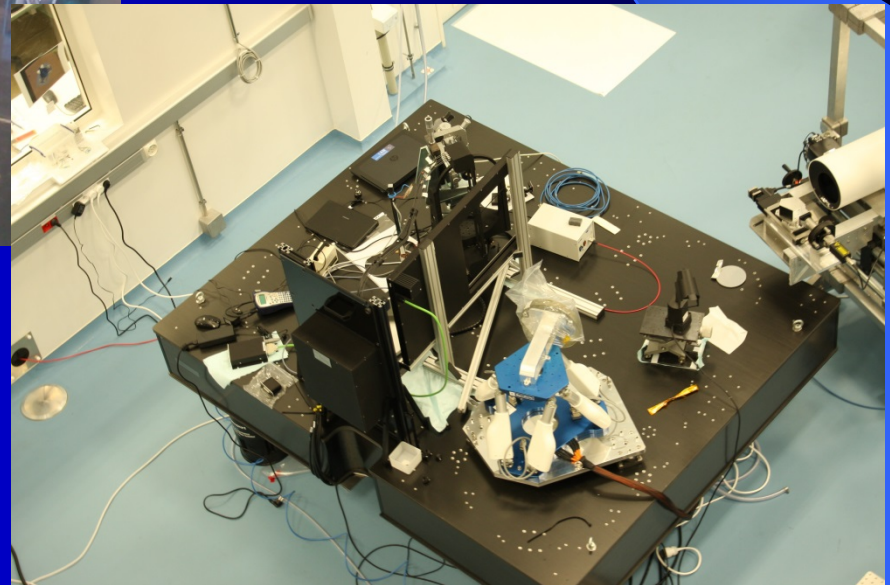


# Subaru Prime Focus Spectrograph (PFS)



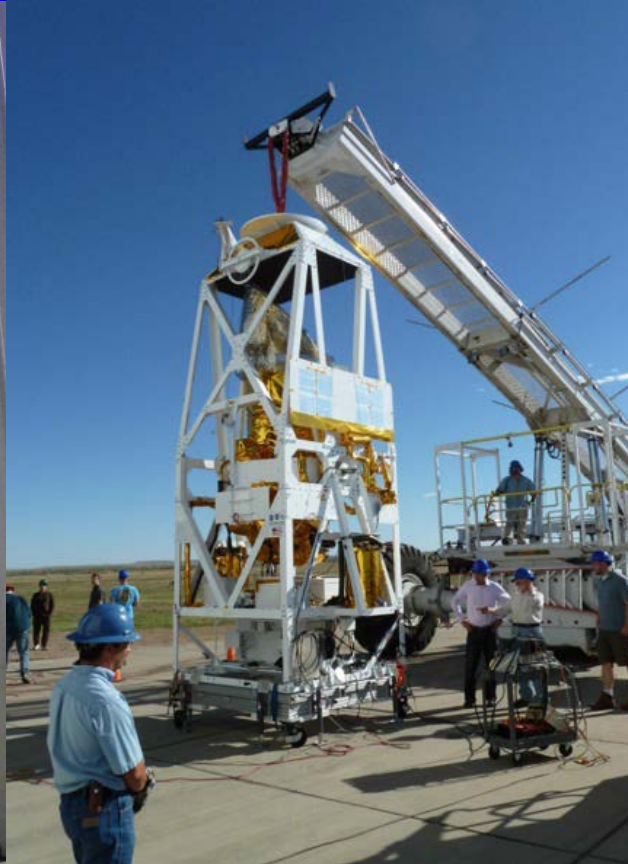
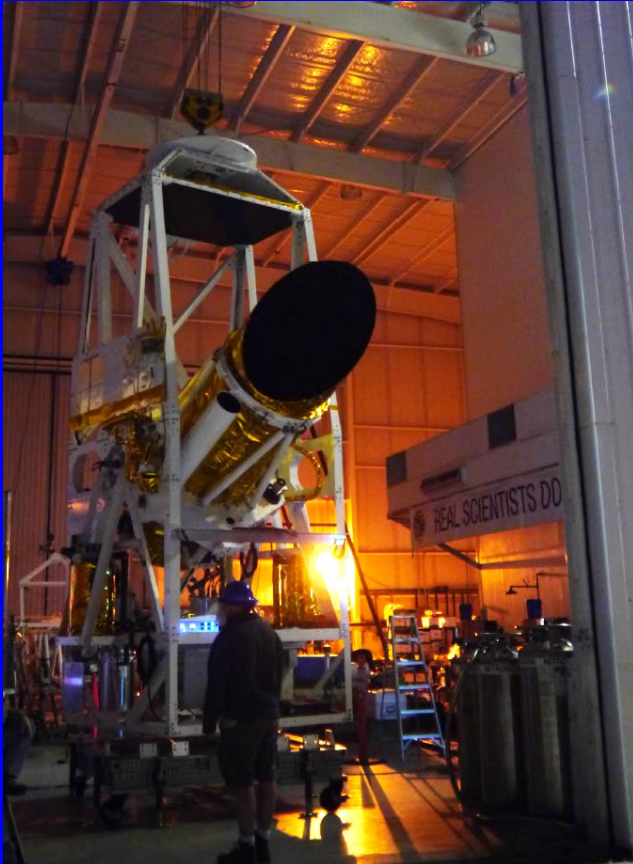
Bilder: Carbon Vision

2400 mm x 1910 mm  
Gewicht !





# BRRISON – NASA (2013)



Komet ISON

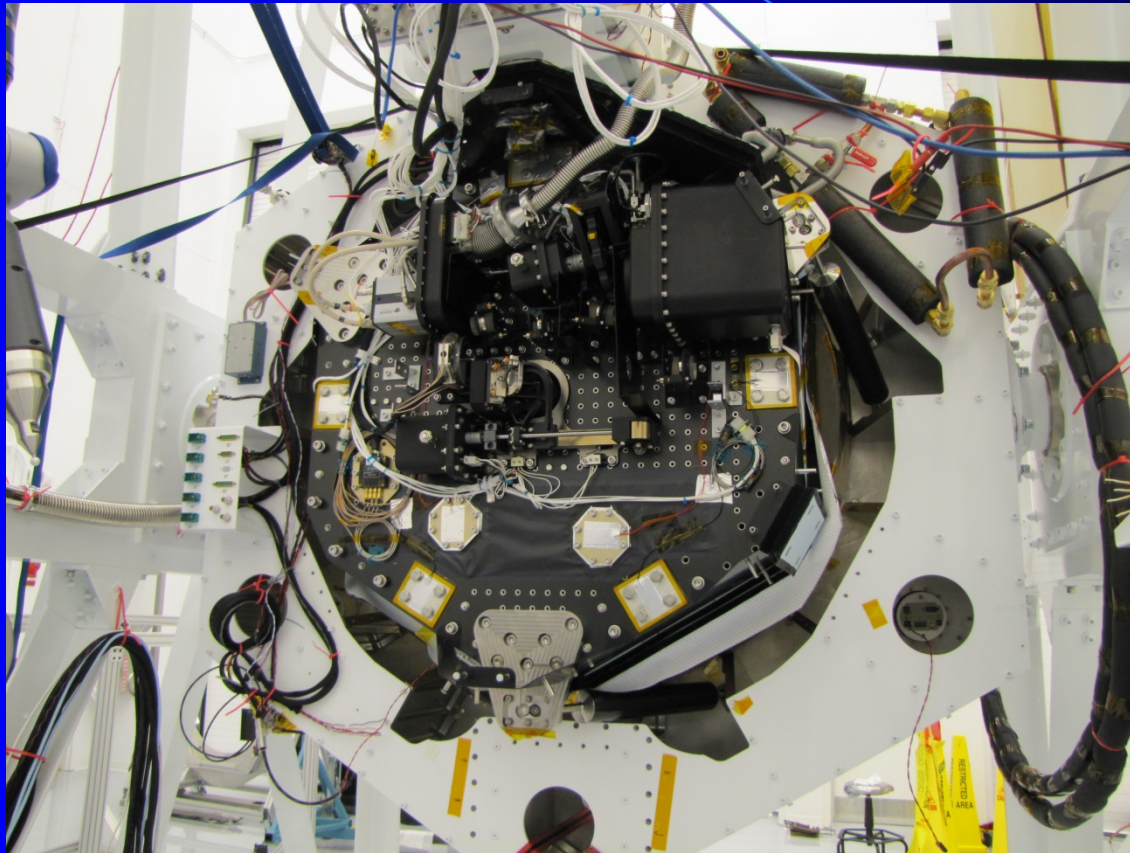


80 cm Teleskop

Bilder: NASA

Hauskolloqium 26. Juli 2019

# BRRISON – NASA (2013)



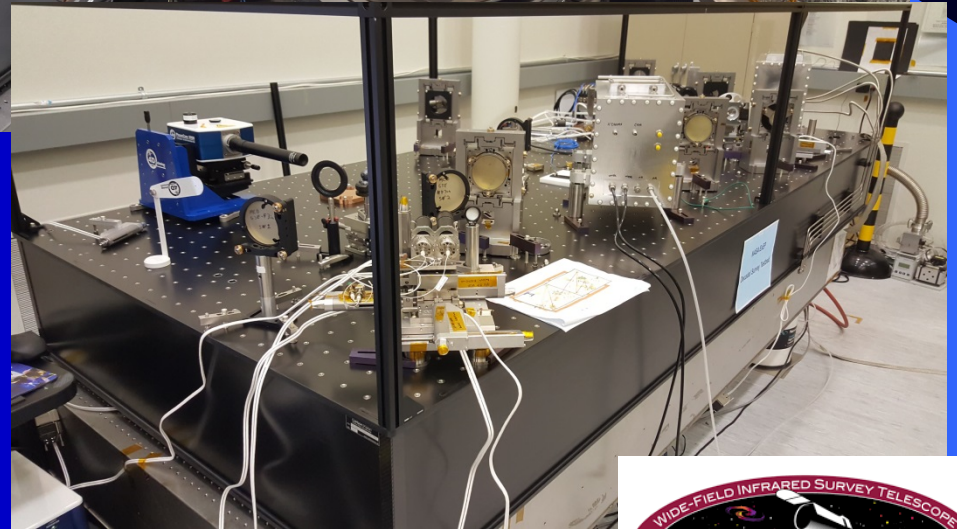
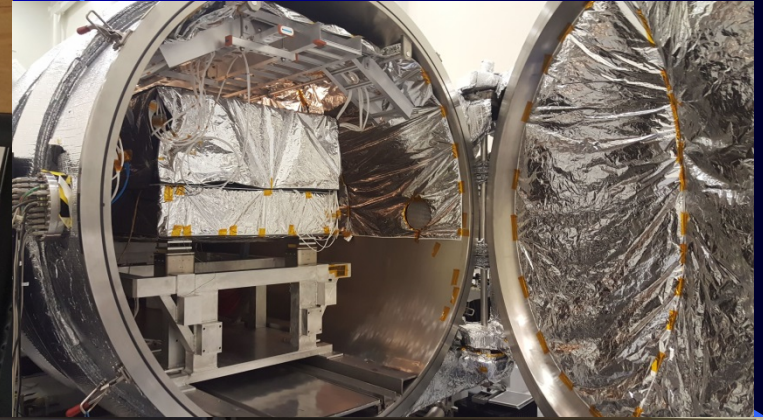
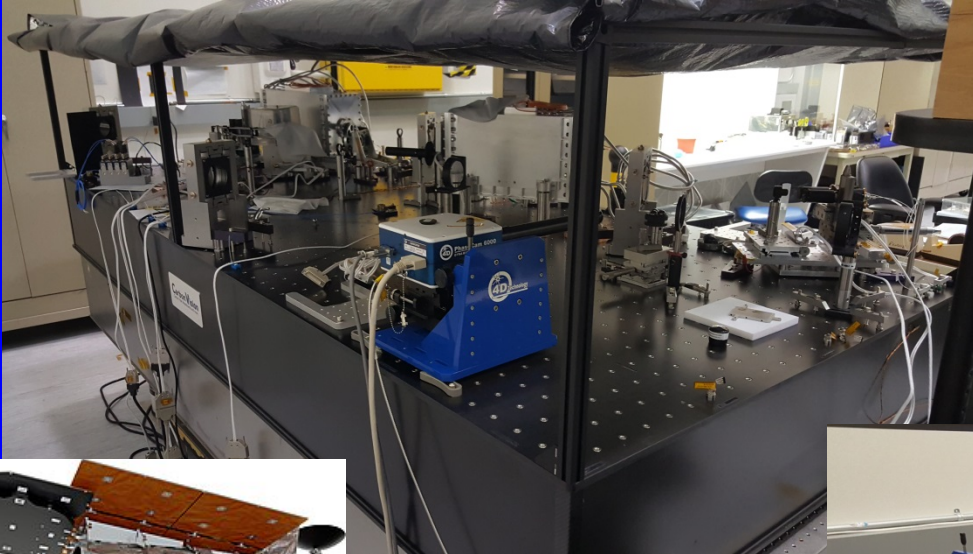
~1 m<sup>2</sup>

Bild: NASA / CarbonVision

Gewicht !



# NASA - JPL



Bilder: NASA/JPL/CarbonVision

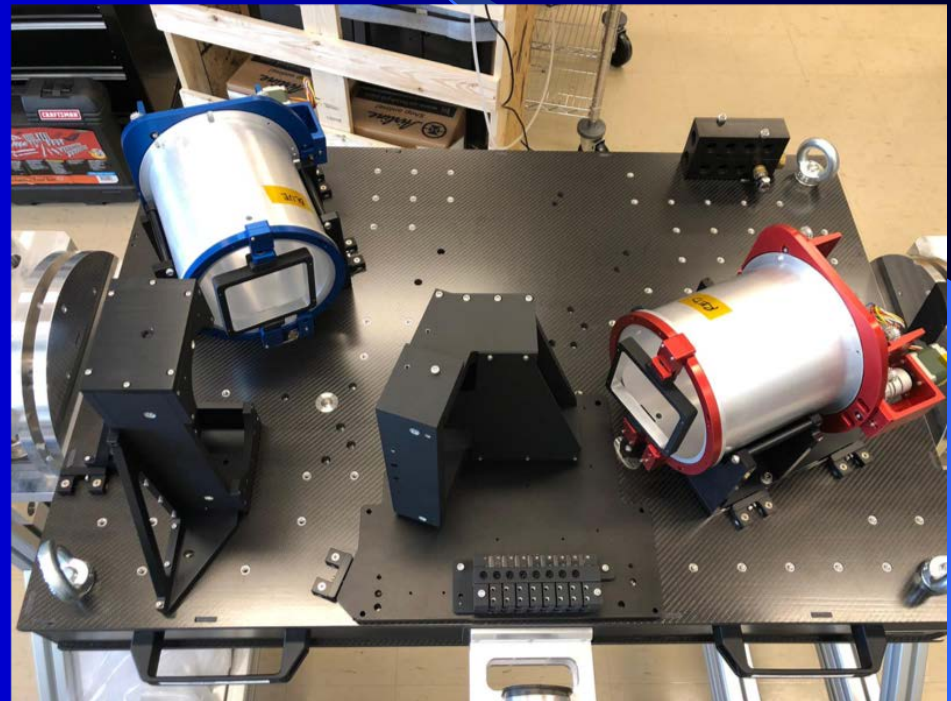
WFIRST Labortests  
2972 mm x 1295 mm  
Alternative Invar:  
Extrem teuer und schwer!

Hauskolloquium 26. Juli 2019

CTE !



# Large Lenslet Array Magellan Spectrograph (LLAMAS)



Bilder: MIT Kavli / CarbonVision

950 x 650 mm

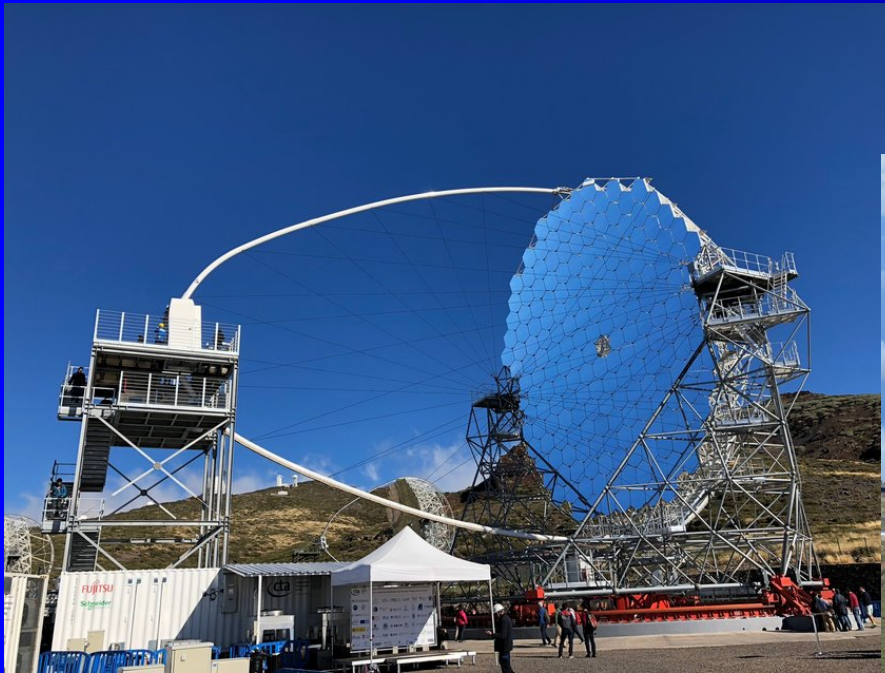
Hauskolloqium 26. Juli 2019

Masse, CTE !



# Gammastrahlen-Teleskope

MPI für Physik u.a.



LST-1 (D = 23m)  
Positionierung innerhalb 20s  
M = 100t  
Teilweise CFK-Rohre



LST-1, MAGIC I und II auf La Palma

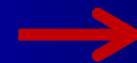


# CFK am ELT ?



Bild: ESO

Einsatz von CFK in ELT-Instrumenten ?  
„Was der Bauer nicht kennt, dass frißt er nicht !“



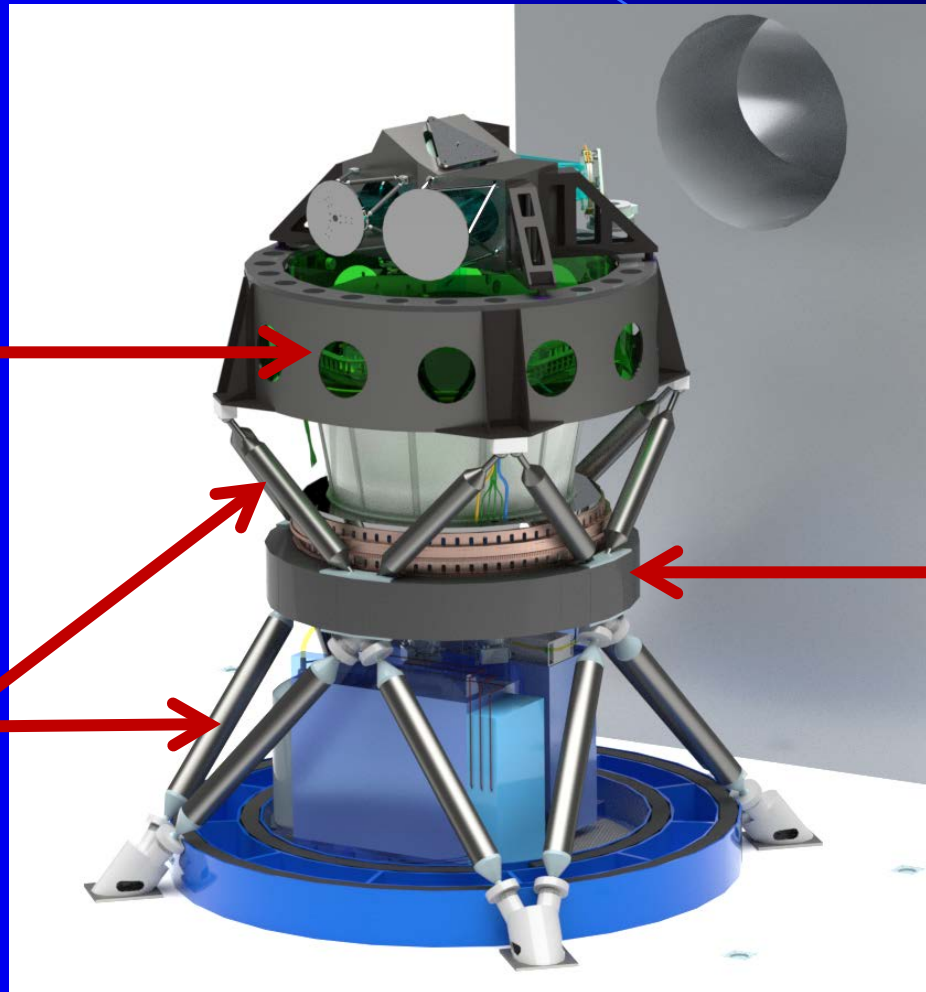
Gewichtsprobleme  
ELT-Instrumente !

Zu teuer !  
Hygroskopisch !  
Empfindlich !

# ELT - MICADO

SCAO/RO:  
CFK Bench

Stahl

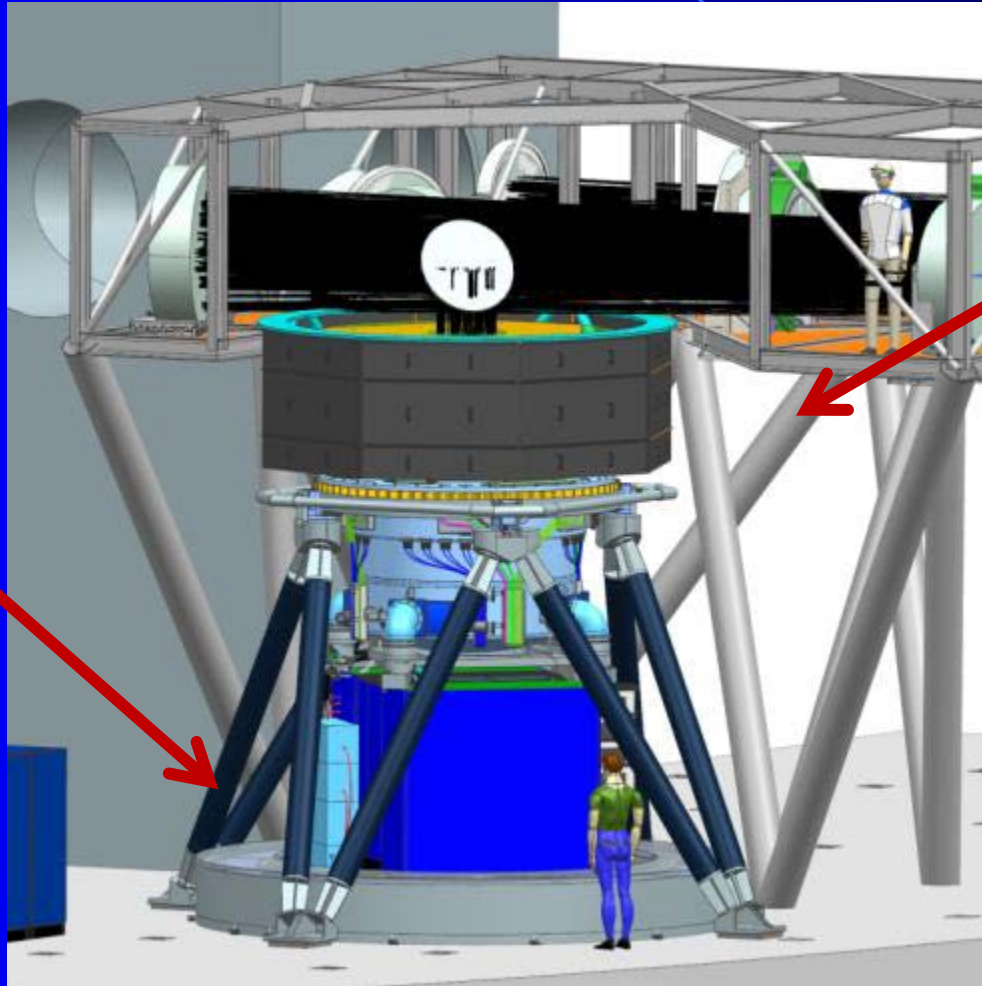


PDR Baseline

Zentraler  
CFK-Ring  
mit Derotator  
M ~ 500 kg  
(MPIA)

# ELT - MICADO

800 kg  
Einsparung  
mit CFK  
möglich !

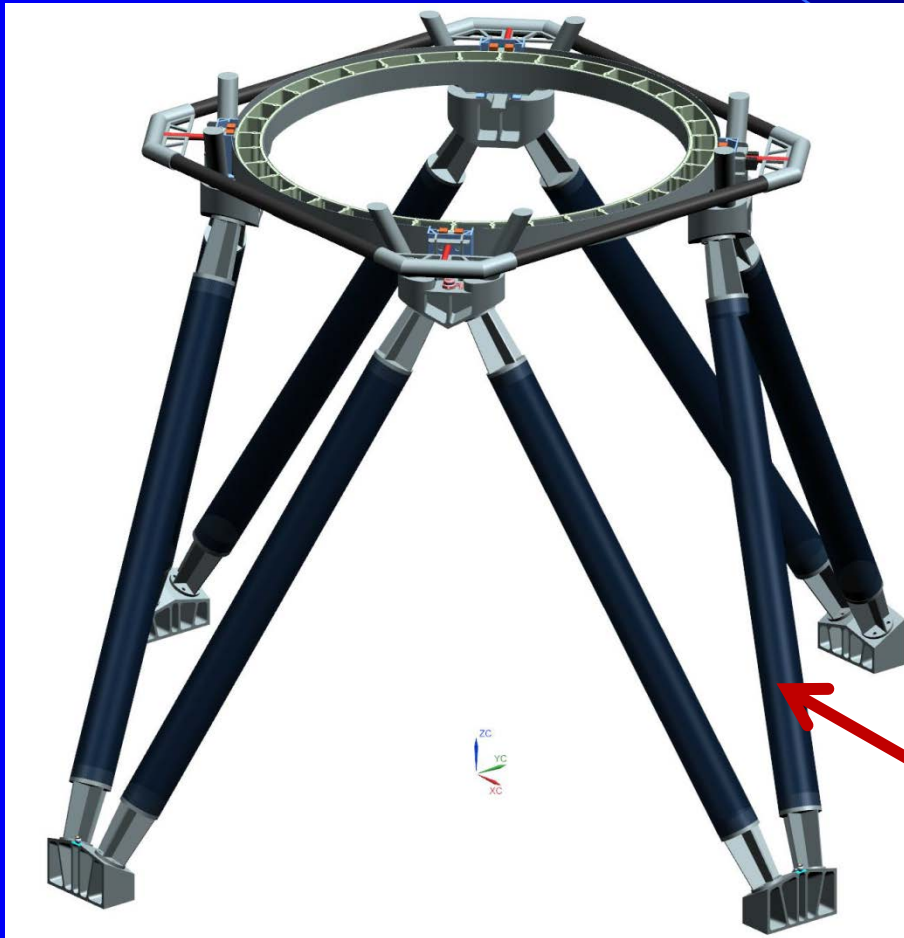


MAORY  
Mg ~ 30 t !

CFK-Studie:  
Einsparung  
von 5 – 6 t  
möglich !

Bench:  
L = 8,3 m !

# ELT - MICADO



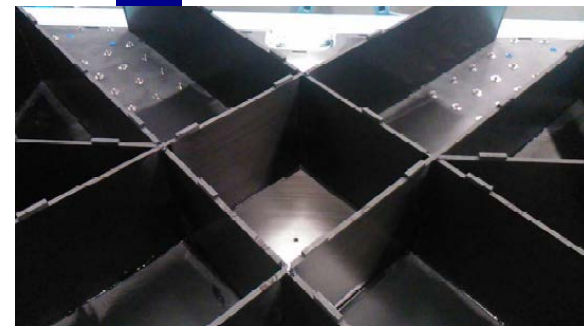
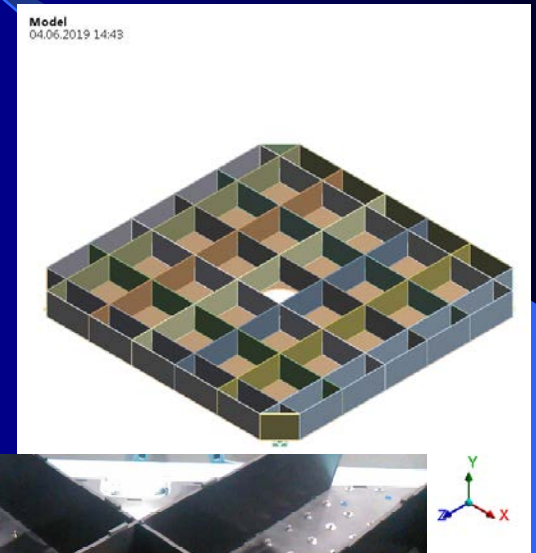
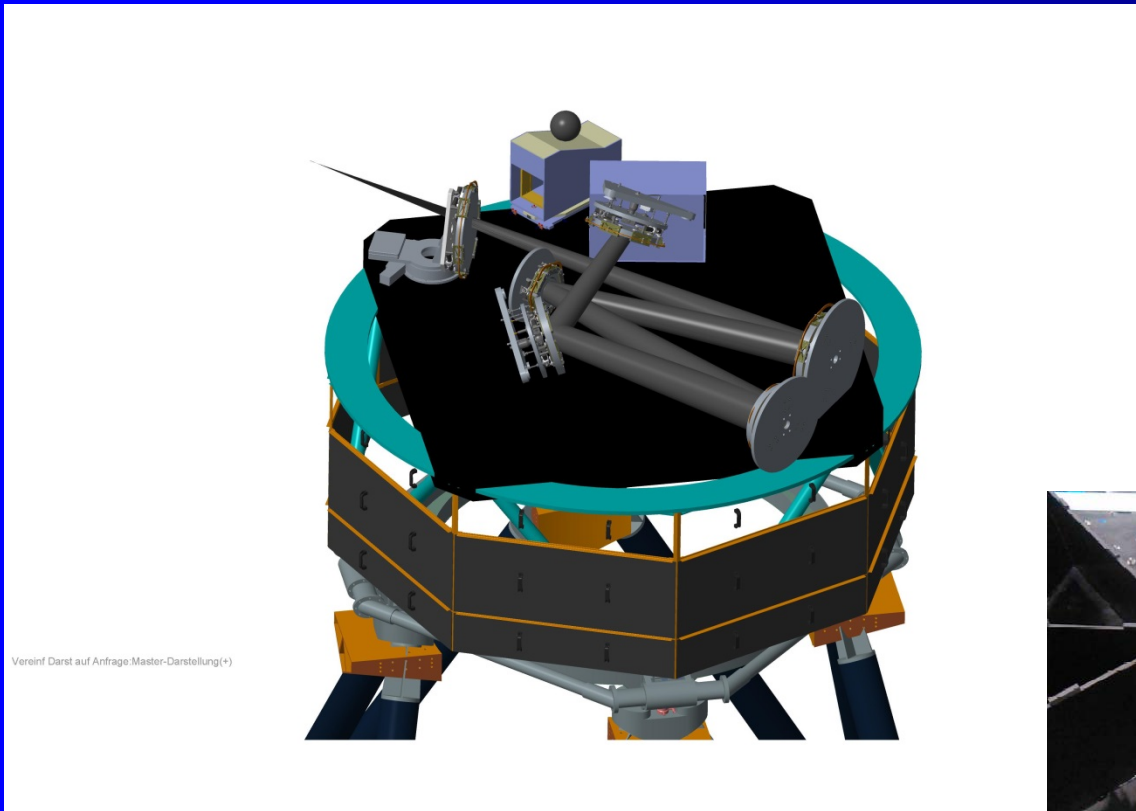
Hydrostatisches  
Lager → MPE  
(Wechsel Arbeitspaket)

CM13 (Juli 2019):  
MICADO  
System Engineer  
befürwortet CFK



# ELT - MICADO

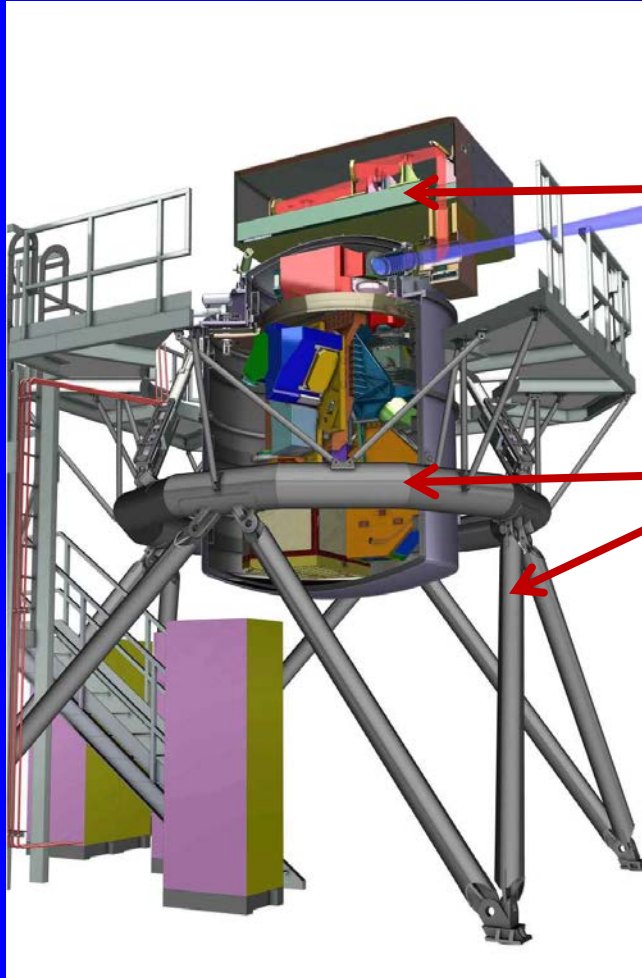
CFK-Bench (370 kg)



MICADO Relay Optic: Neues MPIA Arbeitspaket

Hauskolloquium 26. Juli 2019

# ELT - METIS



Bench Warm Calibration Unit  
(WCU): CFK

Warm Support Structure (WSS):  
37,5% des Gesamtgewichtes !  
PDR action item:  
CFK-Studie

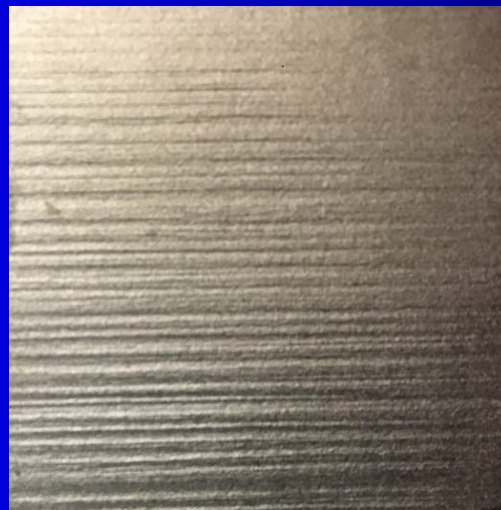
# Beschichtung von CFK

- 1) Gasdichte Schicht für Einsatz in Vakuum
- 2) Präzisionsoberflächen
- 3) Verschleißschutz

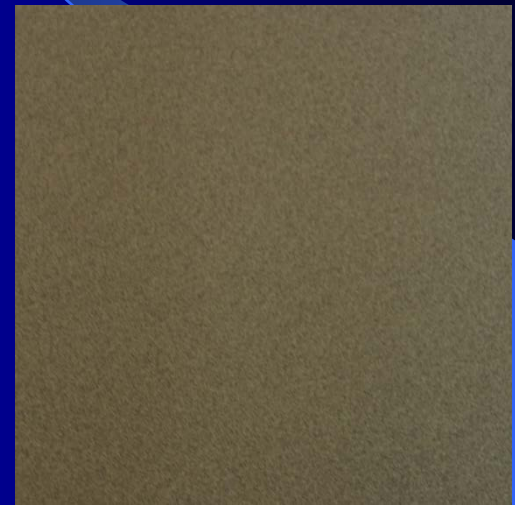
# Beschichtung von CFK



1) Kupfer



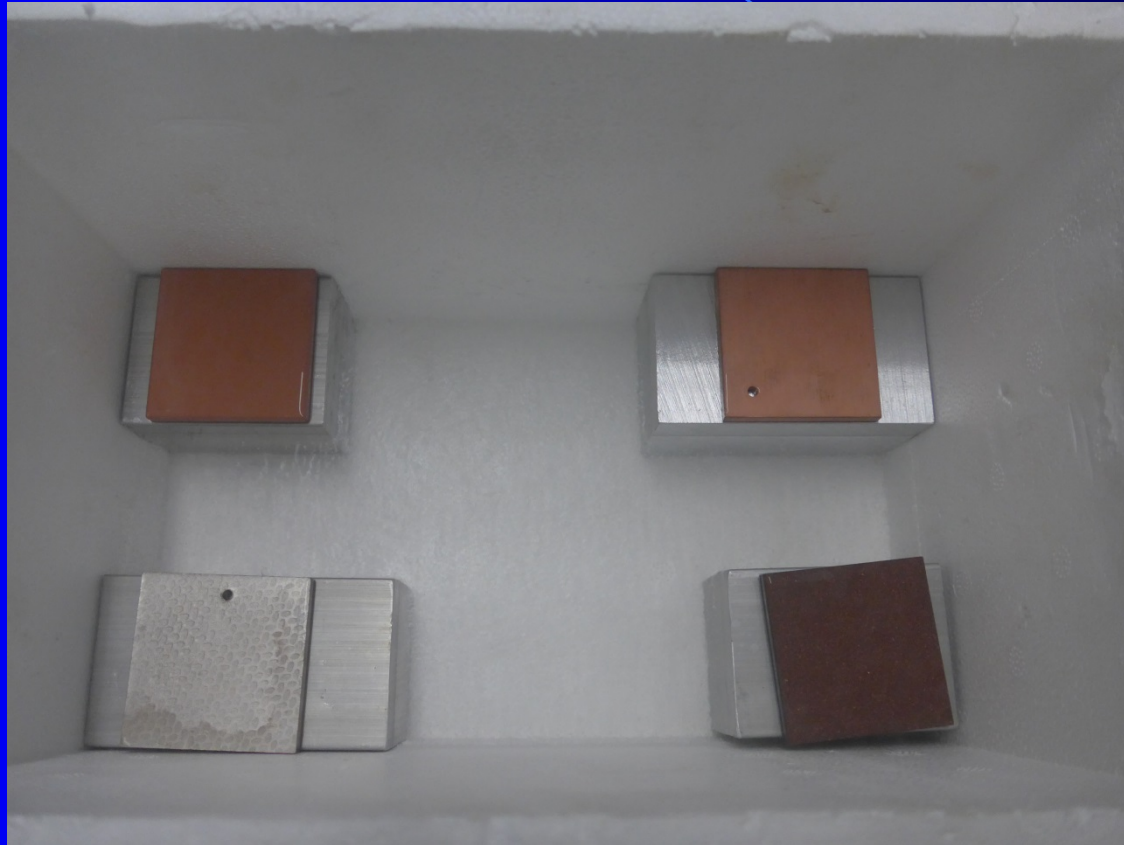
2) Chemisch Nickel



3) Keramik



# Beschichtung von CFK



Test im LN2-Bad

Hauskolloqium 26. Juli 2019

# Fazit

## Pros

- Masseneinsparung
- Geringe thermische Änderungen
- Bessere Materialdämpfung
- Zielgerichtete Auslegung

## Cons

- Höhere Kosten
- Höherer Aufwand Engineering
- Skepsis immer noch weit verbreitet (wofür das Material natürlich nichts kann)

Besten Dank für die Aufmerksamkeit !