

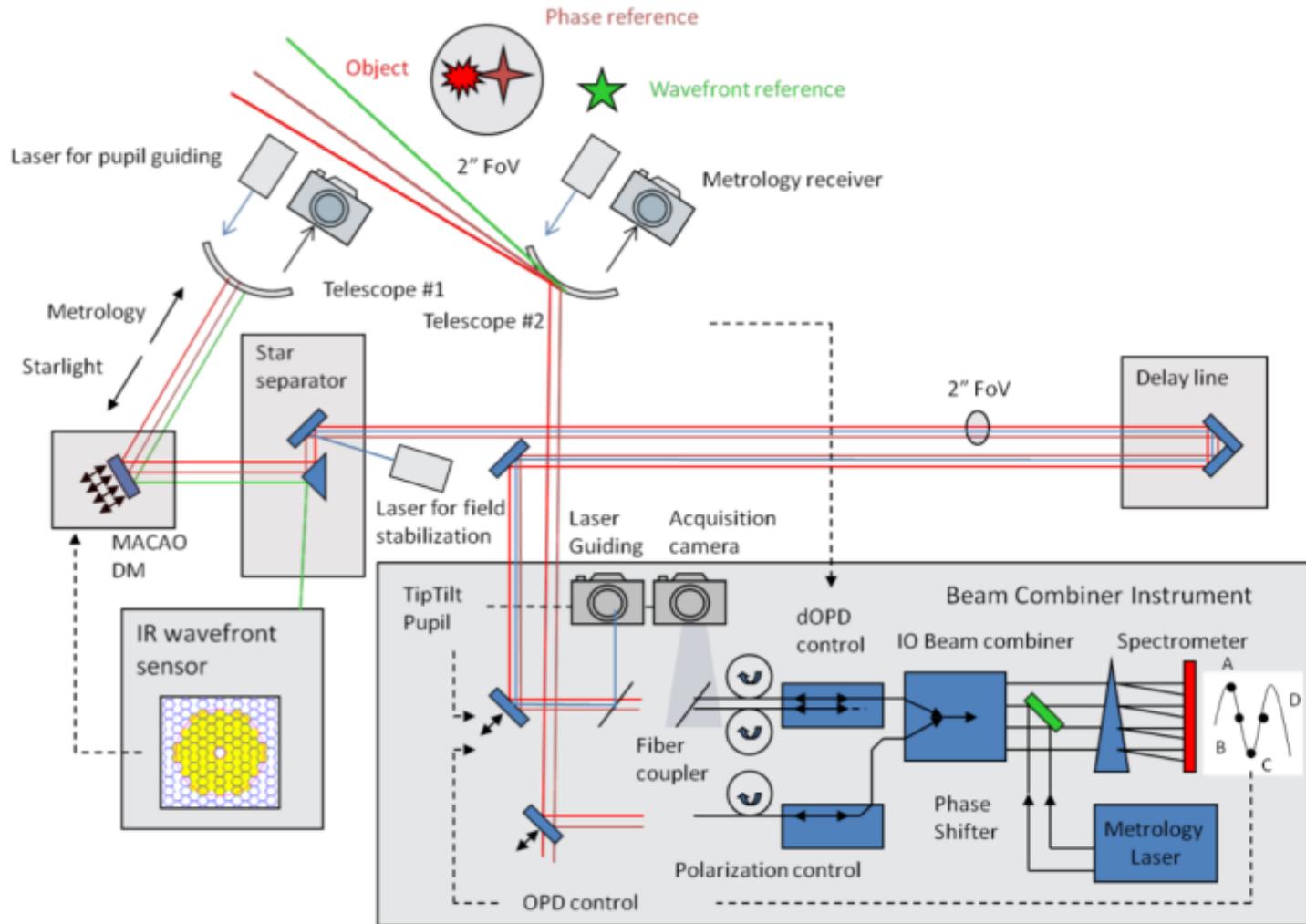
JUSTAGESTRATEGIE FÜR DIE GRAVITY WELLENFRONTSSENSOREN

C. Deen, Z. Hubert, E. Mueller, A. Huber
und das MPIA GRAVITY Team

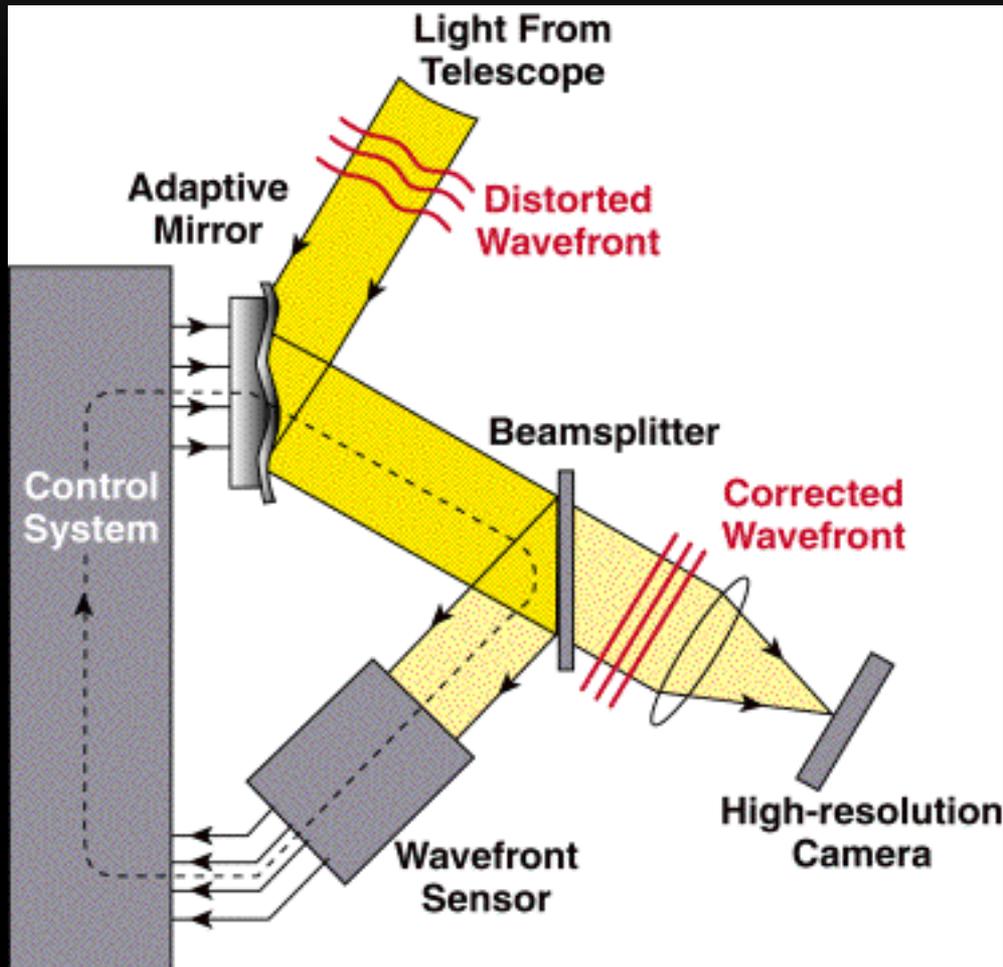
WAS IST GRAVITY?

- GRAVITY ist ein Instrument der 2. Generation für das Very Large Telescope Interferometer (VLTI)
 - 4 Teleskope, 6 Basislinien
 - Astrometrische Genauigkeit: $\sim 1/100$ Winkelsekunde
 - Wissenschaftliche Zielsetzung:
 - Hochgenaue Messung stellarer Umlaufbahnen (und möglicherweise Flares) um das supermassive Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxie, Test der Allgemeinen Relativitätstheorie
 - AGN Physik
 - Protoplanetare Scheiben
 - Extrasolare Planeten, über astrometrische Signatur
- 

WAS IST GRAVITY?



ADAPTIVE OPTIK



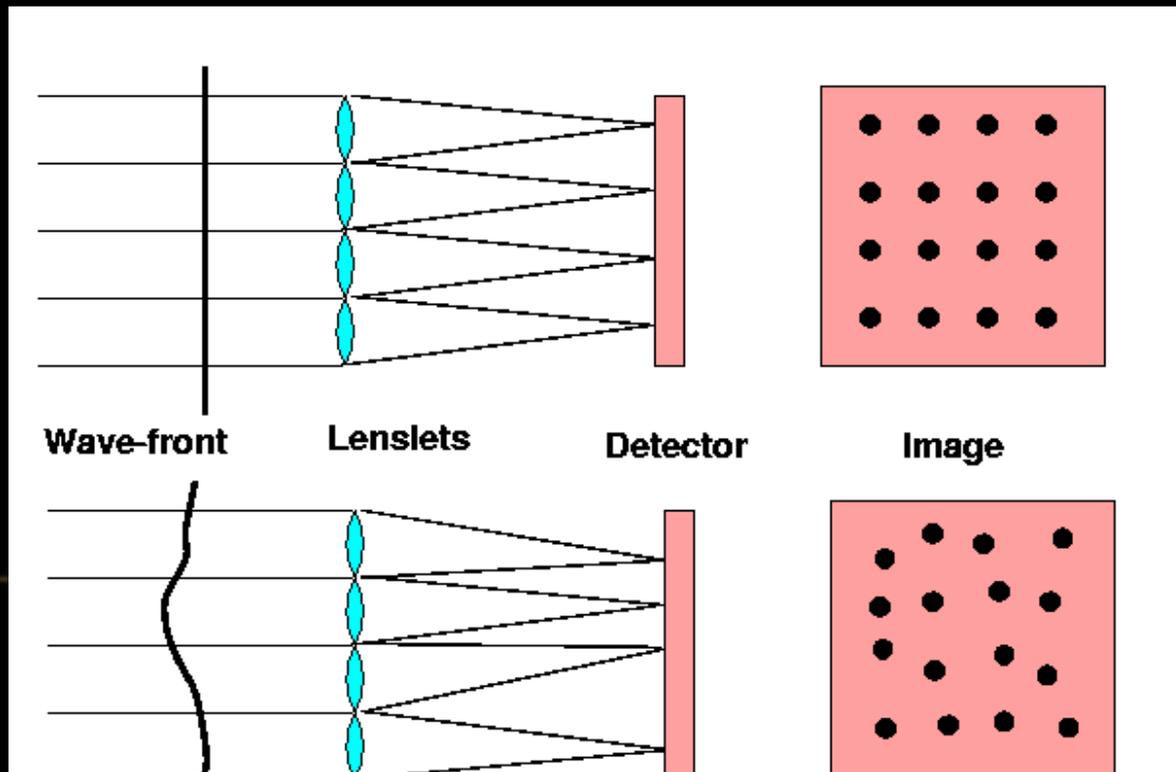
Open Loop

Closed Loop

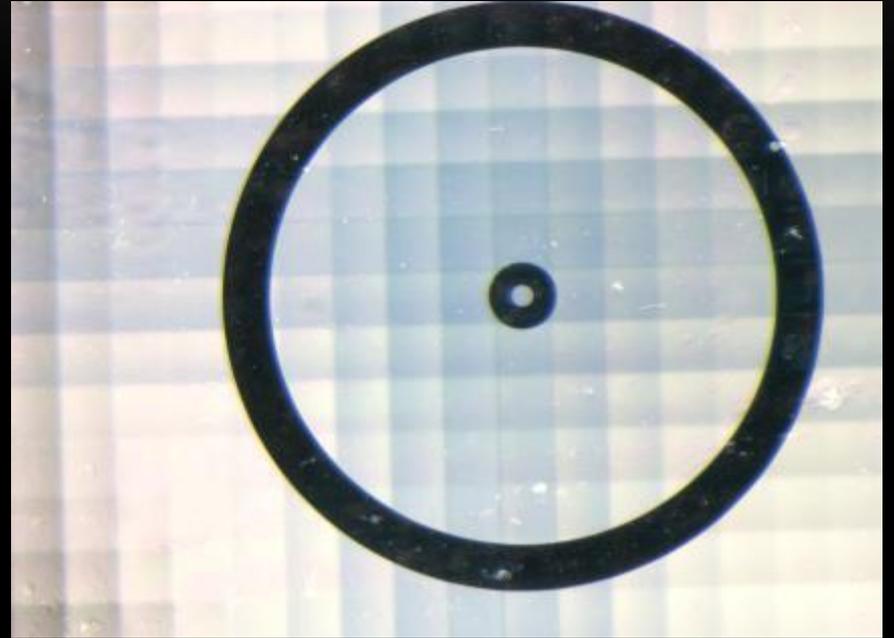
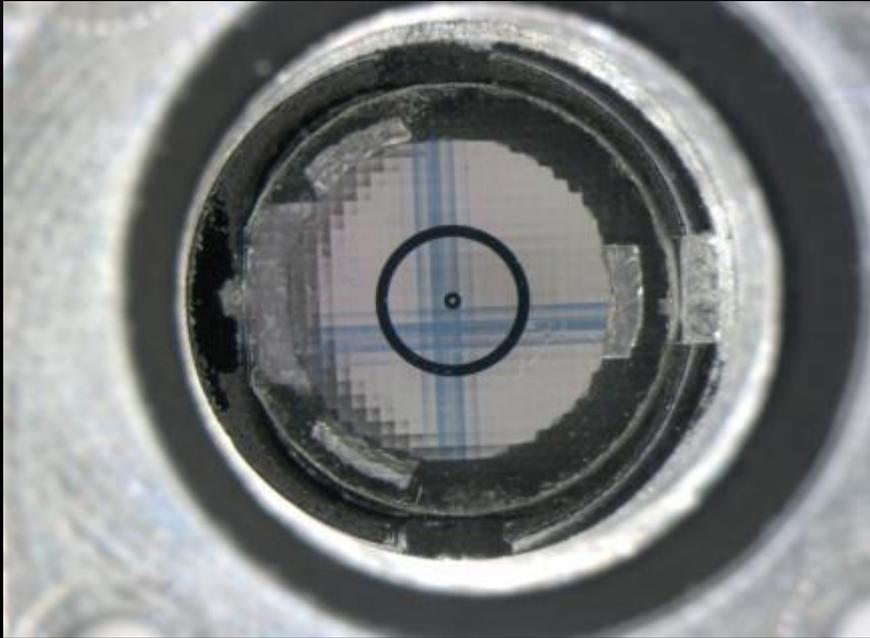
0.2 arcsec

SHACK-HARTMANN WELLENFRONTSSENSOREN

- Shack-Hartmann Wellenfrontsensoren erlauben die Messung von Phasengradienten über das Strahlprofil
 - Wellenfrontfehler bedingen Bildabberationen
 - Atmosphärische Turbulenzen sind störende Quellen für Wellenfrontfehler



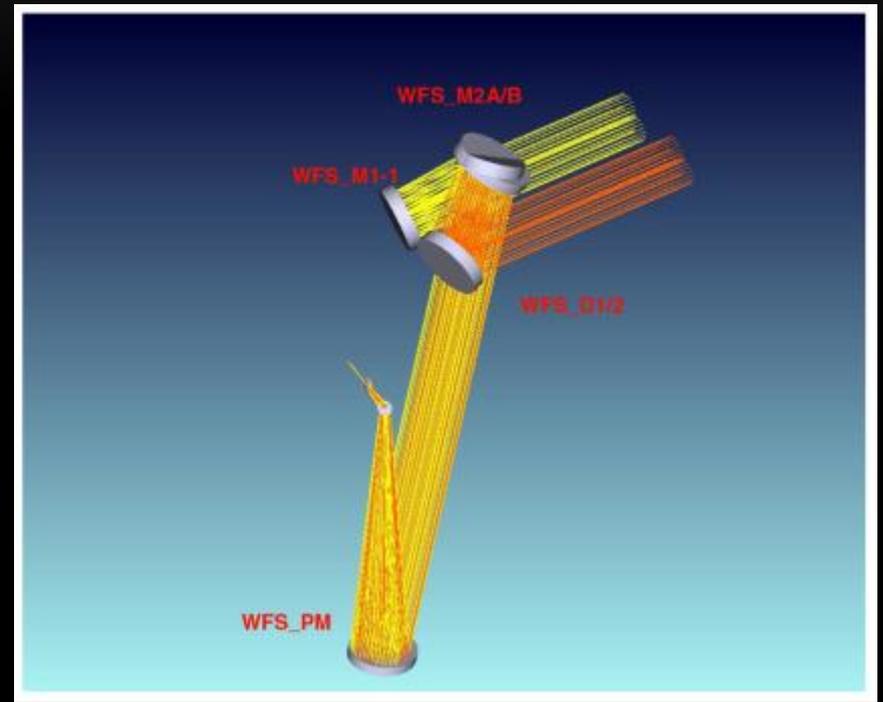
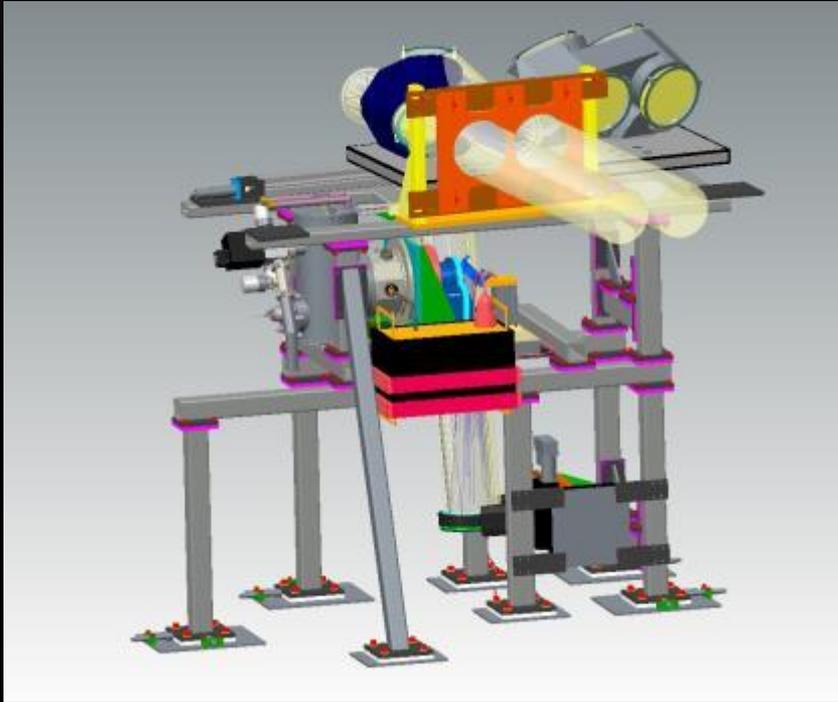
GRAVITY WFS LINSENARRAY



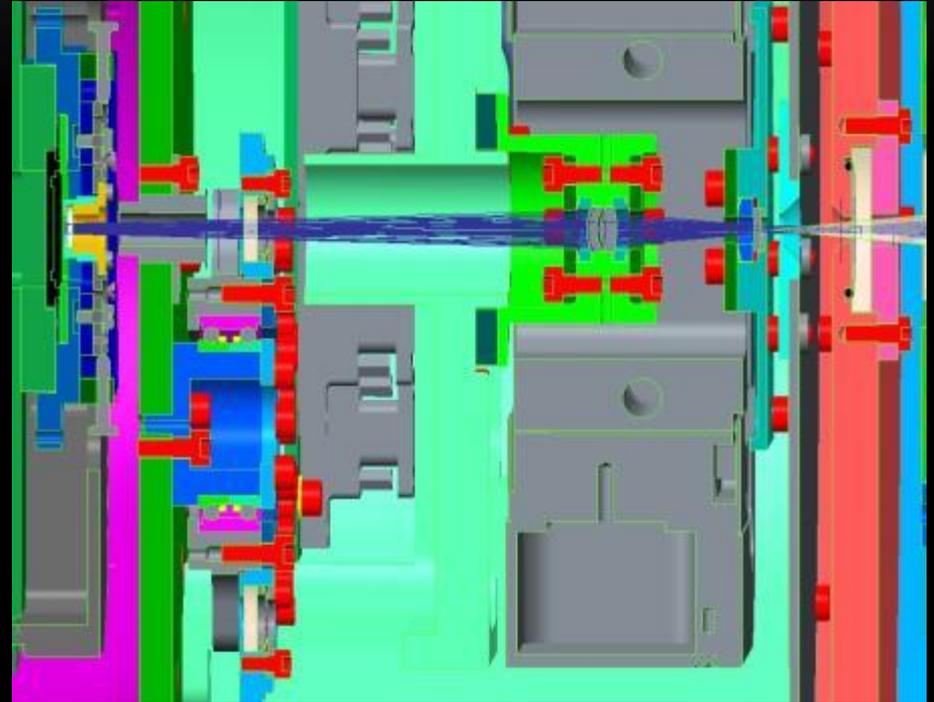
COUDÉ INFRARED ADAPTIVE OPTICS (CIAO)

- MPIAs Beitrag in diesem Projekt sind insgesamt 4 identische Shack-Hartmann Wellenfrontsensoren – ein System pro VLT-Teleskop
- Erlaubt Messung und Korrektur der Wellenfront im nahen Infrarotbereich (1.5-2.2 μ m)
 - Mehr Leitsterne in “staubigen” Regionen (wie etwa dem galaktischen Zentrum)
 - CIAO wird denselben deformierbaren Spiegel benutzen, wie derzeit MACAO (ein Wellenfrontsensor für sichtbares Licht), zur Korrektur der Wellenfronten für das VLTI
- CIAO wird die Anzahl der Photonen erhöhen, die die strahlkombinierenden Fasern (beam combiner fibres) erreichen
 - Erhöhung des Signal-Rausch Verhältnisses, erlaubt die Untersuchung fernerer Objekte

COUDÉ INFRARED ADAPTIVE OPTICS (CIAO)



COUDÉ INFRARED ADAPTIVE OPTICS (CIAO)

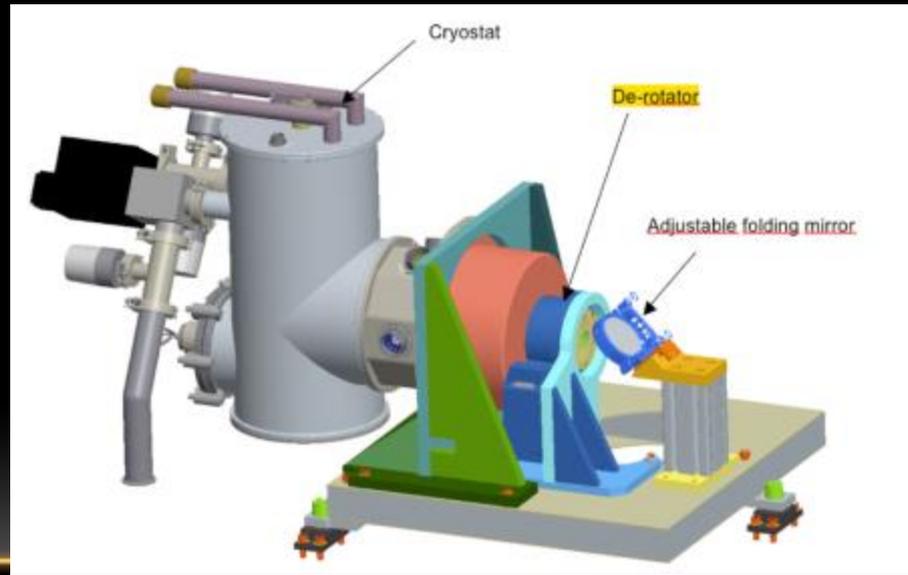
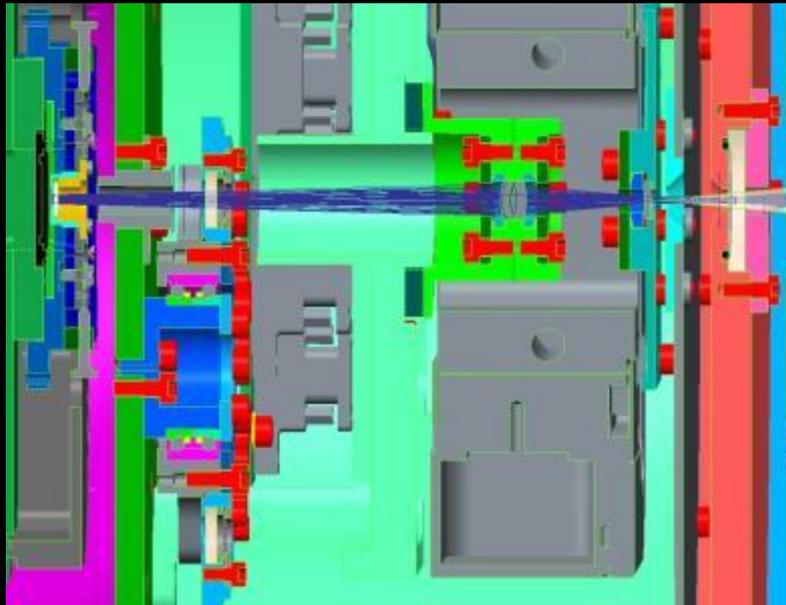
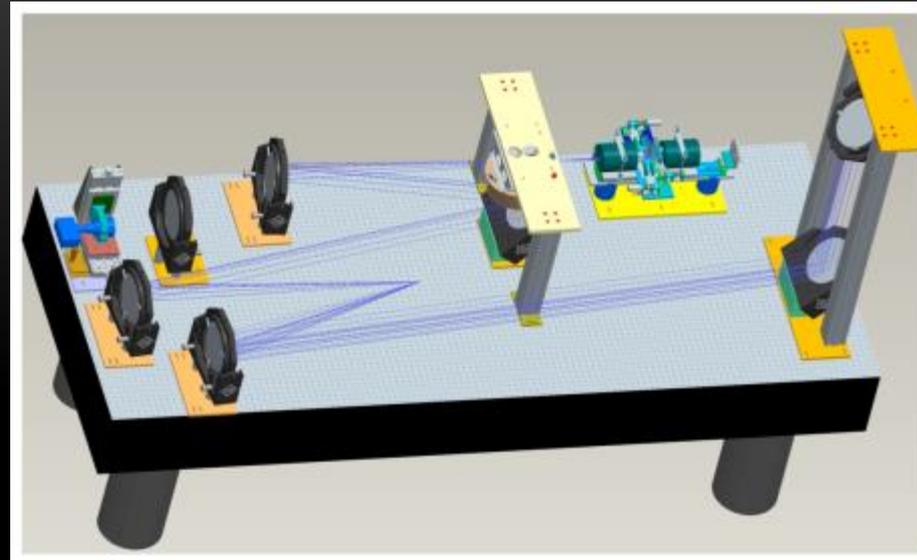


AIV SCHRITTE (ASSEMBLY INTEGRATION, AND VERIFICATION)

- Aufbau und Justage am MPIA
- Optimierung der Parameter für die geschlossene Schleife der Adaptiven Optik
- Abbau und Transport
- Erneuter Aufbau am Paranal
- Überprüfung, Verifikation

JUSTAGE AM MPIA

- Justierung der VLT Simulator Optik
- Justierung und Verifizierung der Kryostatvoroptik
- Ausrichtung der Turmoptik zum Kryostaten



JUSTAGETOLERANZEN

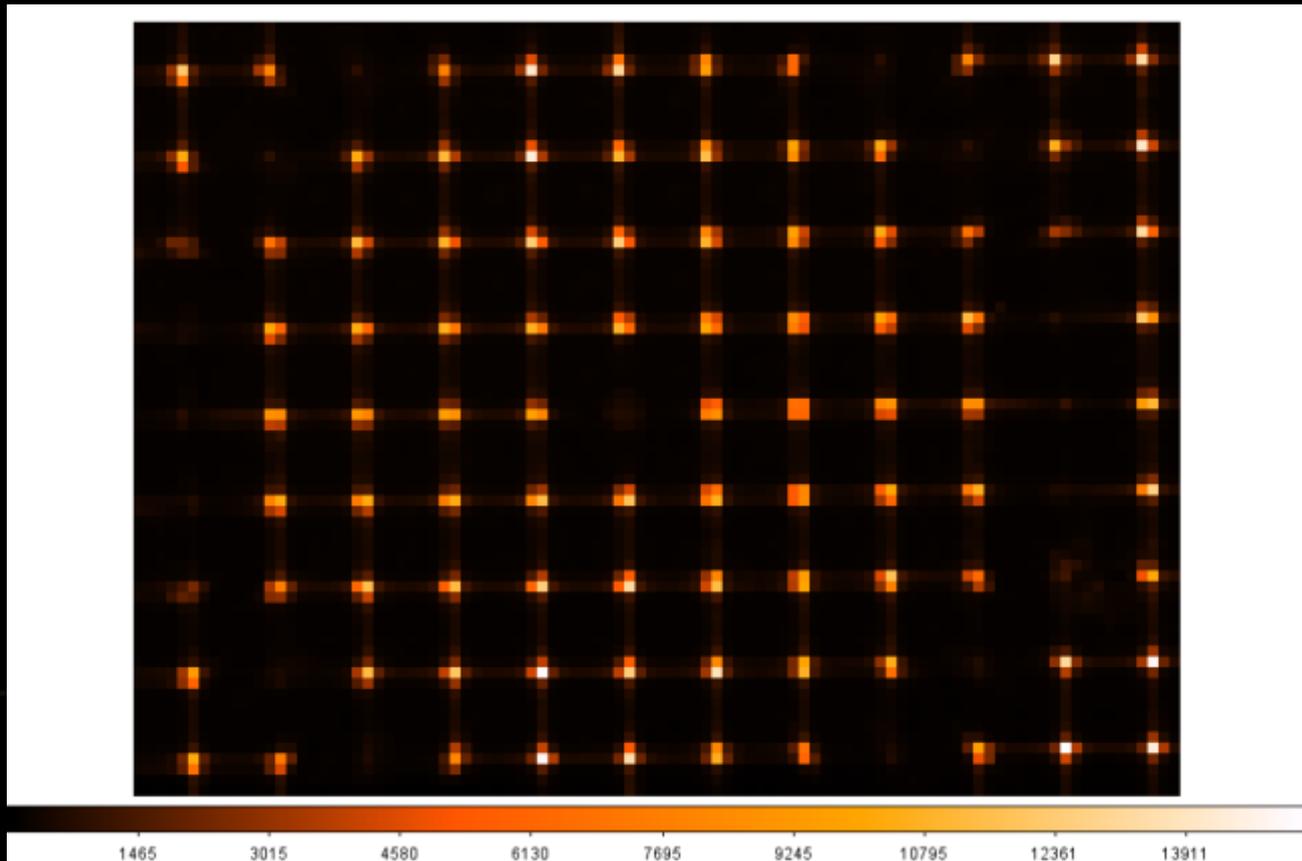
Freiheitsgrad	Toleranz
Dezentrierung (des in den Kryostaten einfallenden Strahls)	100 μ m
Verkipfung (des in den Kryostaten einfallenden Strahls)	1'
Fokusposition (entlang optischer Achse)	100 μ m
Derotator Dezentrierung	50 μ m
Derotator Verkipfung	1'

JUSTAGEAUFGABEN

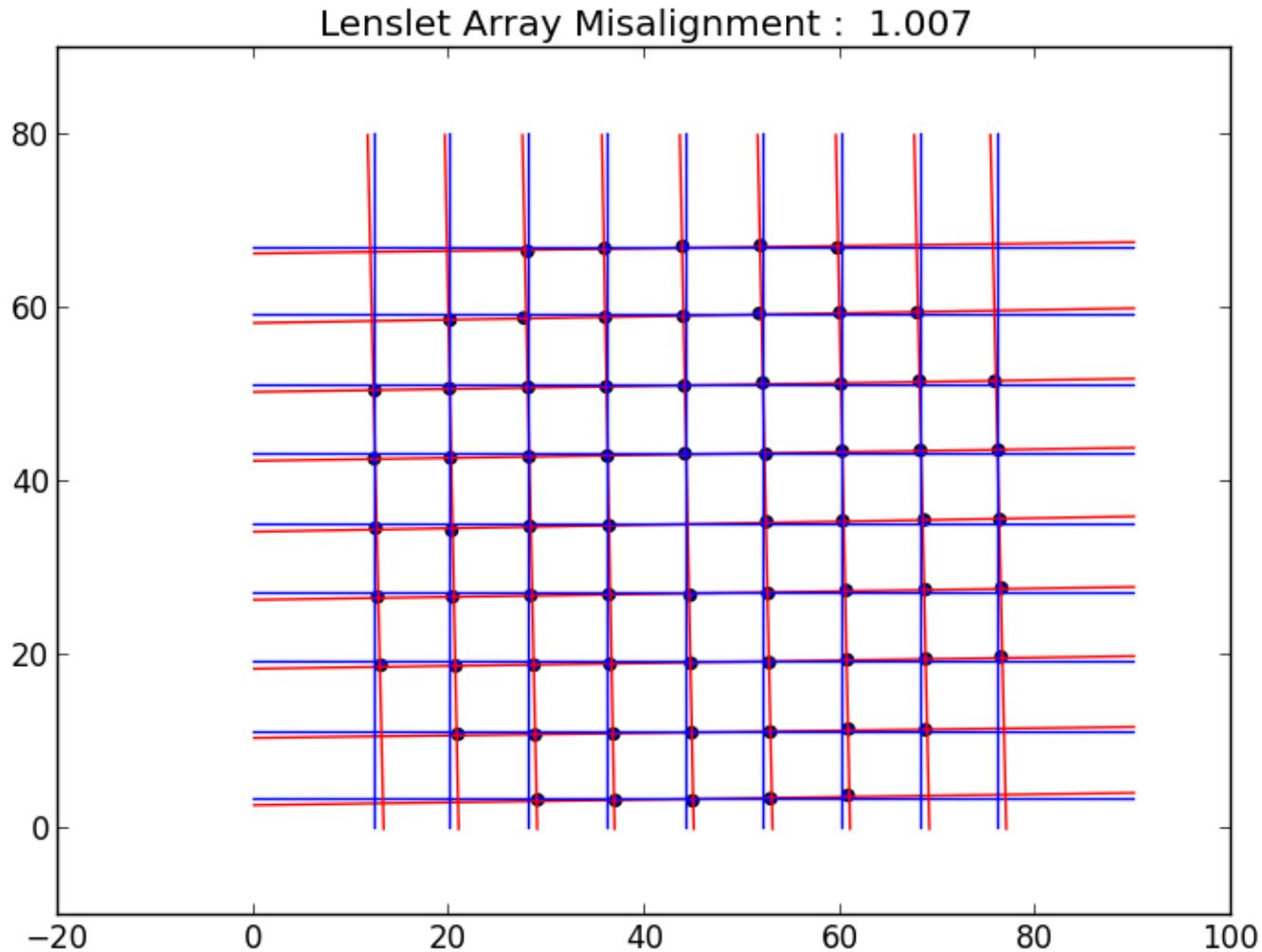
- Linsenarray/Detektor Verdrehung ausschließen
- Kosmetisch beste Detektorposition finden
- Pupille auf korrekten Linsenarray-Bereich abbilden
- Strahlengangfokus in der Blendenposition (cold stop)
- Derotator zur optischen Achse des Kryostaten ausrichten

RELATIVE VERDREHUNG ZWISCHEN DETEKTOR UND LINSENARRAY

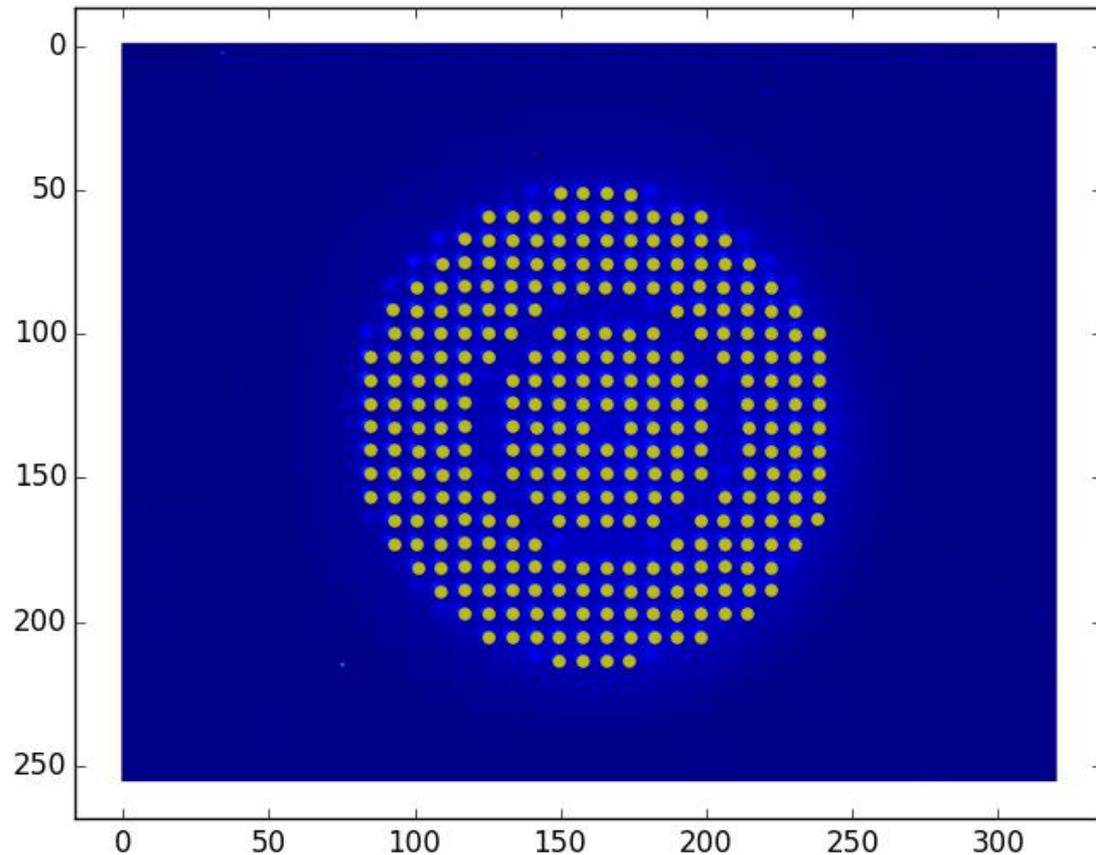
- Es ist sicherzustellen, dass Spalten und Zeilen des LinSENarrays zu den Detektorpixeln ausgerichtet sind
 - Optimale Empfindlichkeit der Zentroide



RELATIVE VERDREHUNG ZWISCHEN DETEKTOR UND LINSENARRAY



RELATIVE VERDREHUNG ZWISCHEN DETEKTOR UND LINSENARRAY



Winkel $\sim 0.04^\circ$

AUSWAHL DES BESTEN BEREICHS AUF DEM DETEKTOR

- Es muss ein Bereich auf dem Detektor gewählt werden, sodass die Abbildungen der Mikrolinsen nicht auf schlechte Pixel (bad pixels) fallen.

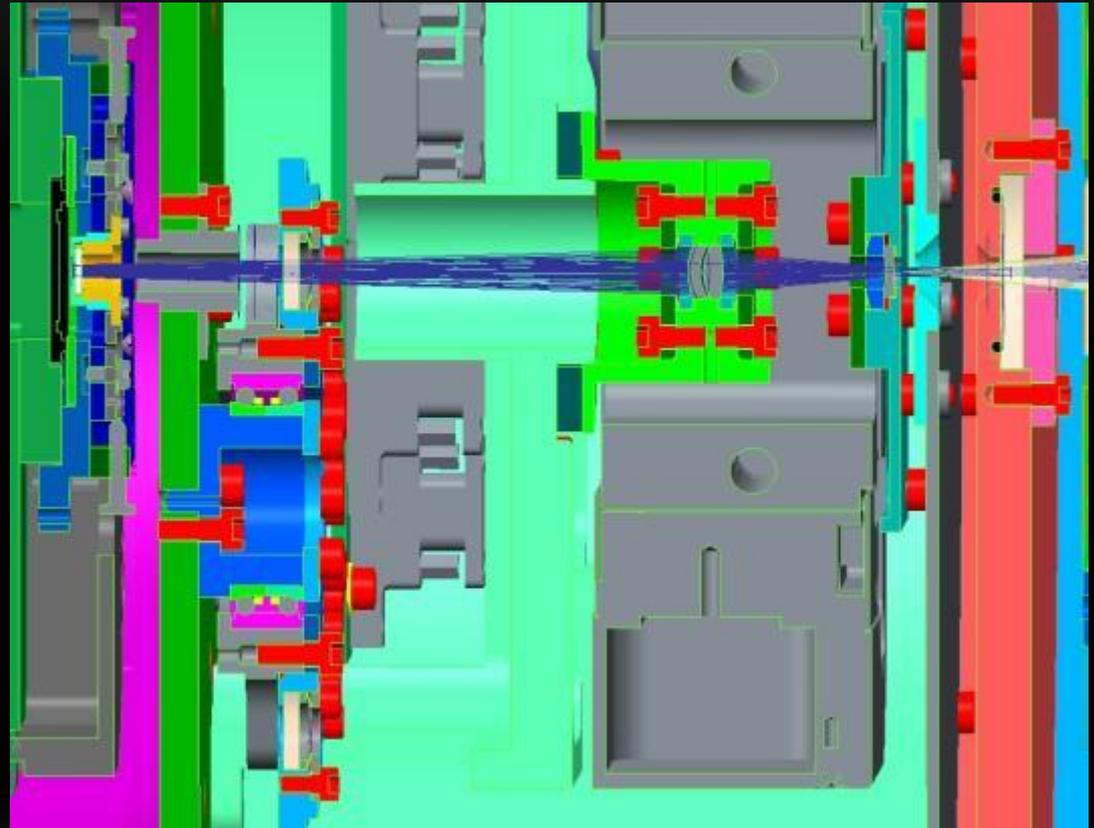


KRYOSTAT/TURM JUSTAGESTRATEGIE

- Zunächst wird die Position der optischen Achse des Kryostaten bestimmt
- Transfer dieser Position zum Turm unter Zuhilfenahme der Warm-Optics Alignment Camera (WOAC) - einer Justagekamera.
- Ausrichtung des vom Turm kommenden Strahlengangs zu dieser Position
- Montage des Kryostaten and den Turm

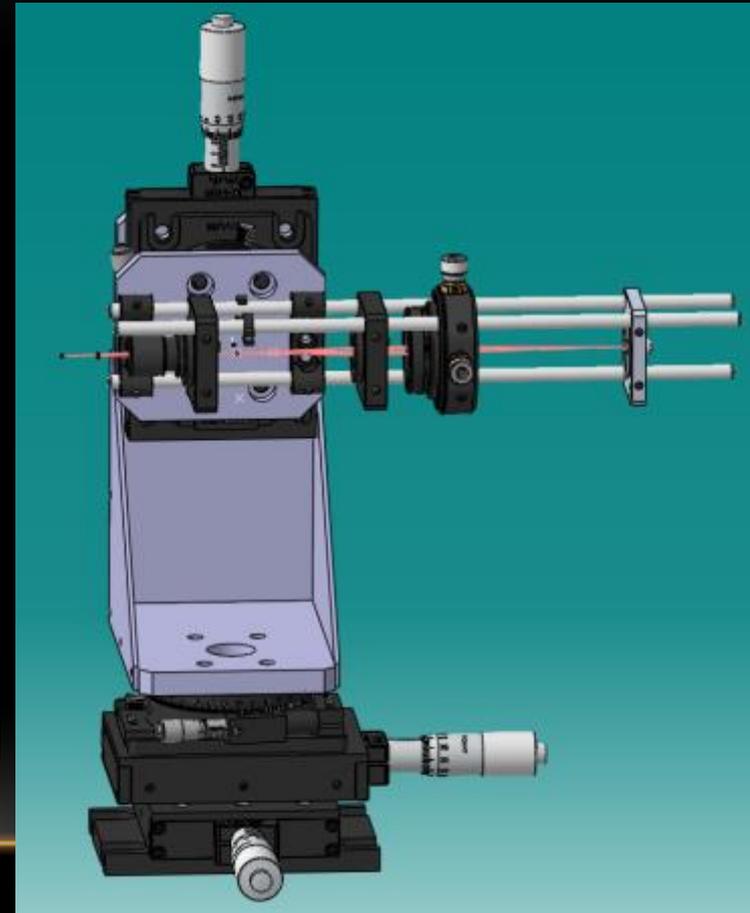
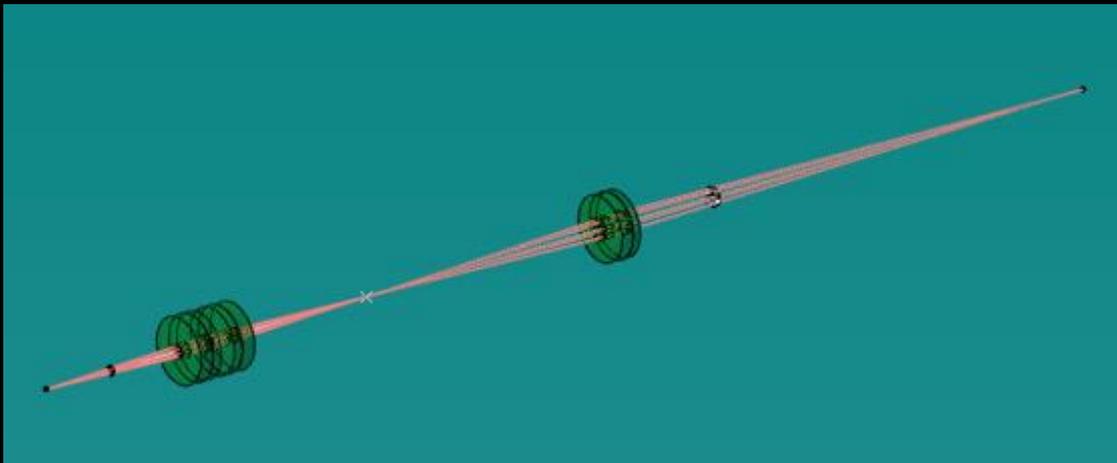
LAGE DER BLENDE UND DES FOKUS'

- Solllage: Fokus in der Blende (cold stop)
 - Blendendurchmesser 1.4mm
- Trotz der hochpräzisen Arbeit der MPIA Feinmechanik, ist die Verifikation unabdingbar
 - Thermische Ausdehnungseffekte sind schwer vorherzusagen, müssen gemessen werden



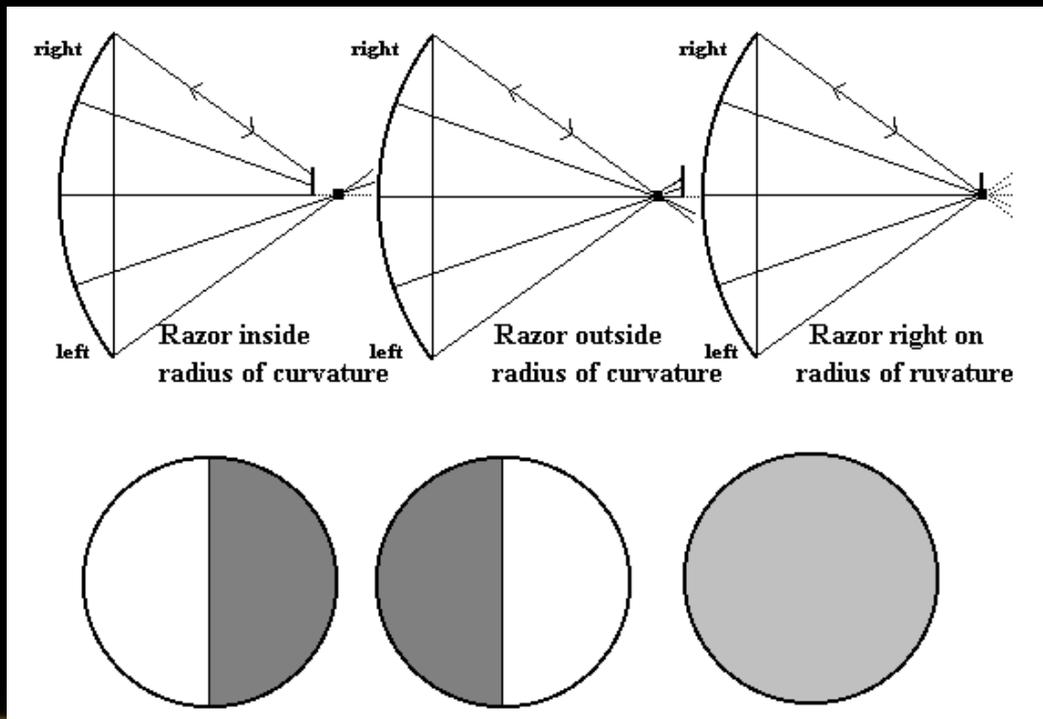
SIMULIERTER STRAHLENGANG

- Infraroter Strahlengang simuliert das vom Turm einfallende Strahlenbündel
 - Simulation des Strahlenfokus & Pupille (Größe, Ort)
 - Verschiebbar in XYZ, kipubar (tip/tilt)
 - Design von Fanny Chemla von ObsPM



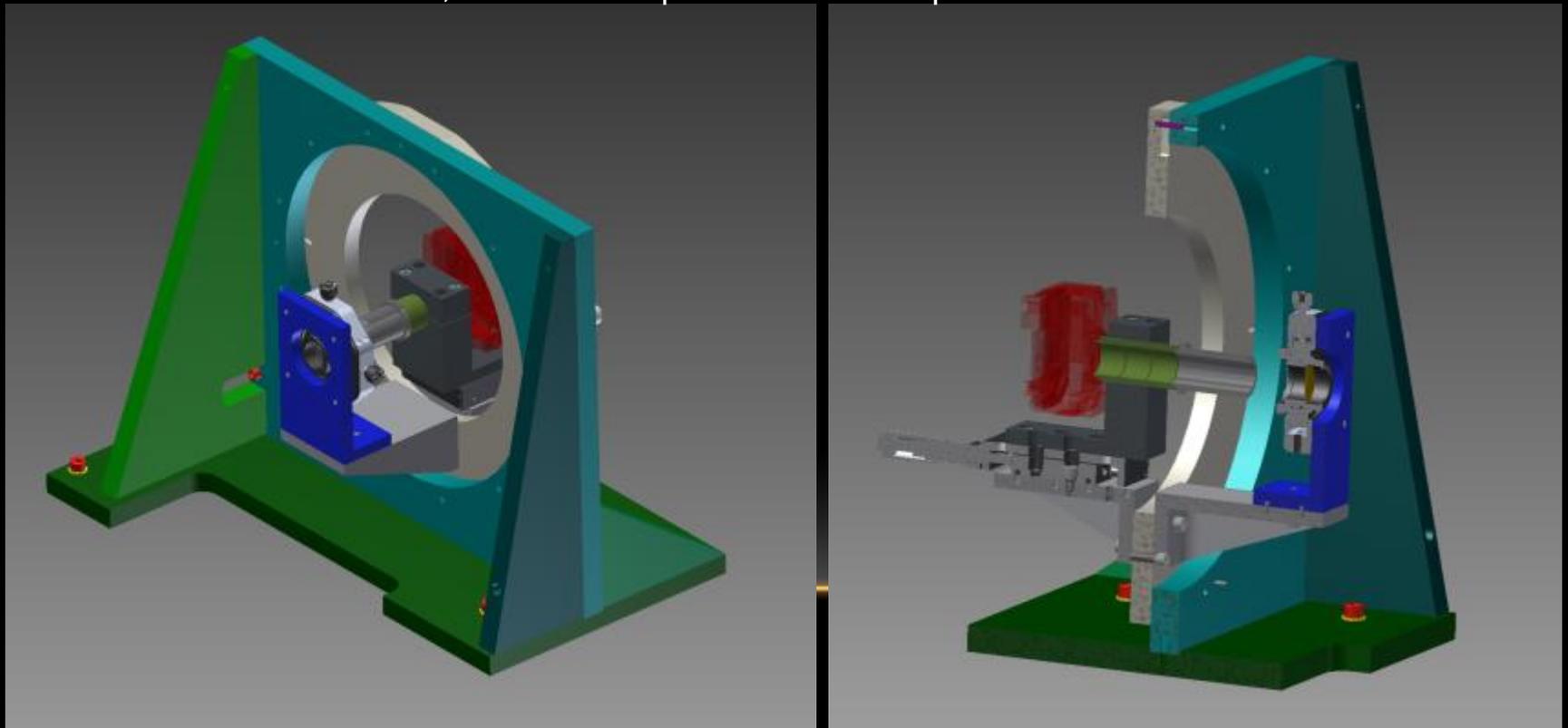
KNIFE EDGE TEST (SCHNEIDENVERFAHREN)

- Schneidenverfahren erlaubt die Verifizierung des realen optischen Strahlengangs im Kryostaten (gegenüber dem theoretischen Strahlengang)

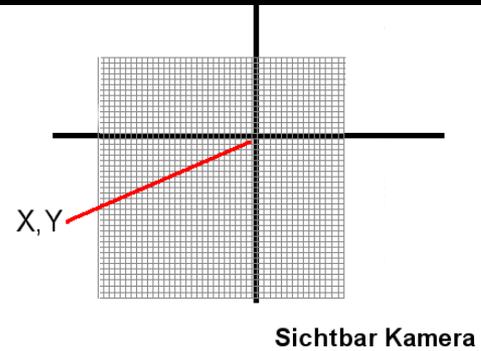
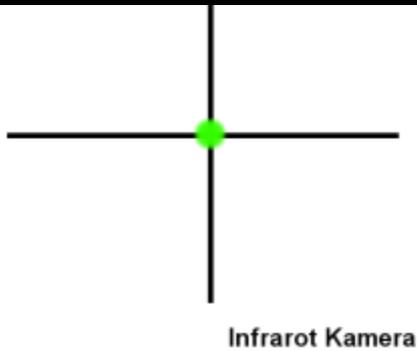
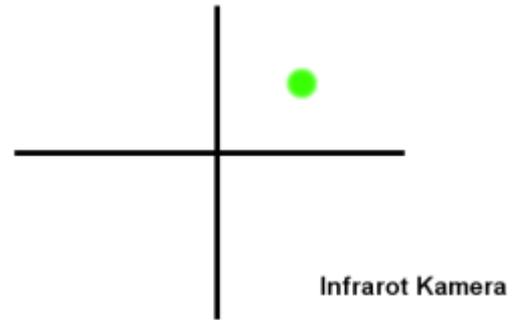
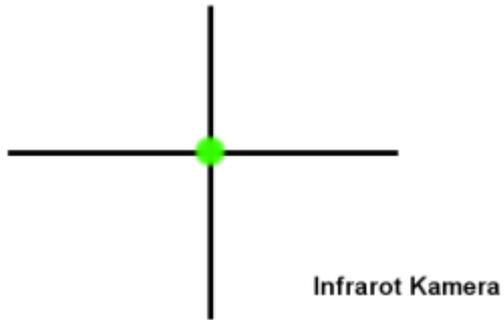


WARM OPTICS ALIGNMENT CAMERA (WOAC)

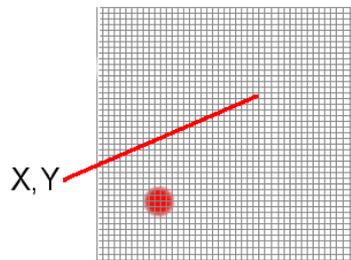
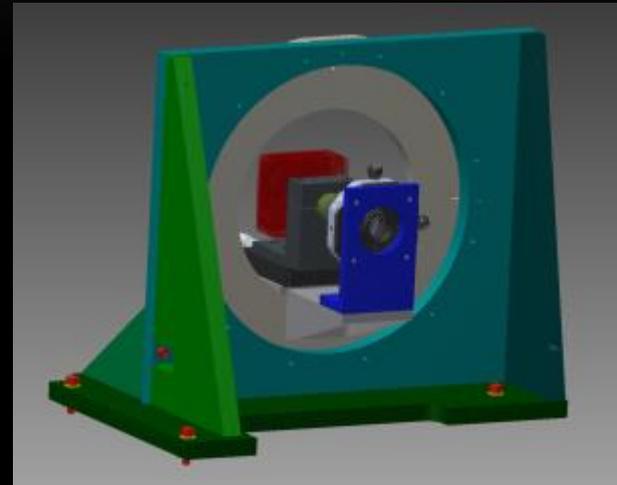
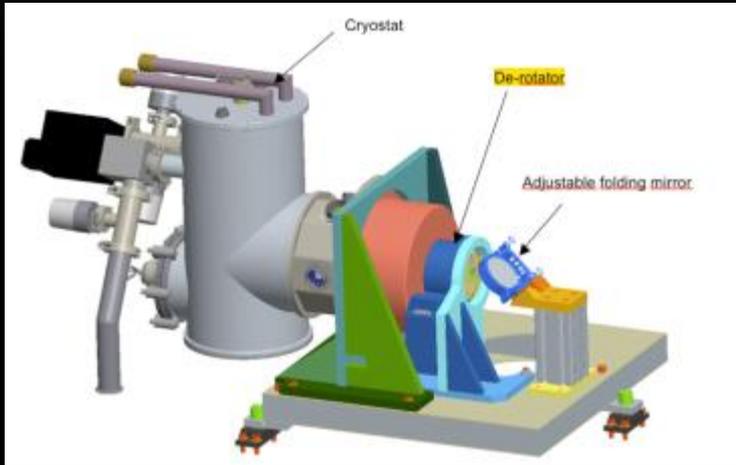
- Benötigt zur Übertragung der gemessenen Lage der optischen Achse des Kryostaten zum Turm
- WOAC ist auf den Fokus des Messstrahls (simulierter IR Strahlengang) fokussiert
 - Verschiebbar in Z, zwischen Pupillen- und Fokusposition



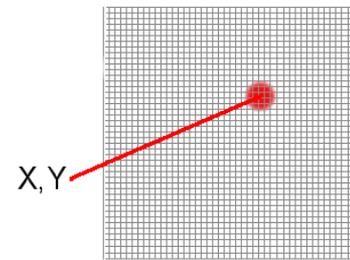
JUSTAGESTRATEGIE



JUSTAGESTRATEGIE (AM TURM)



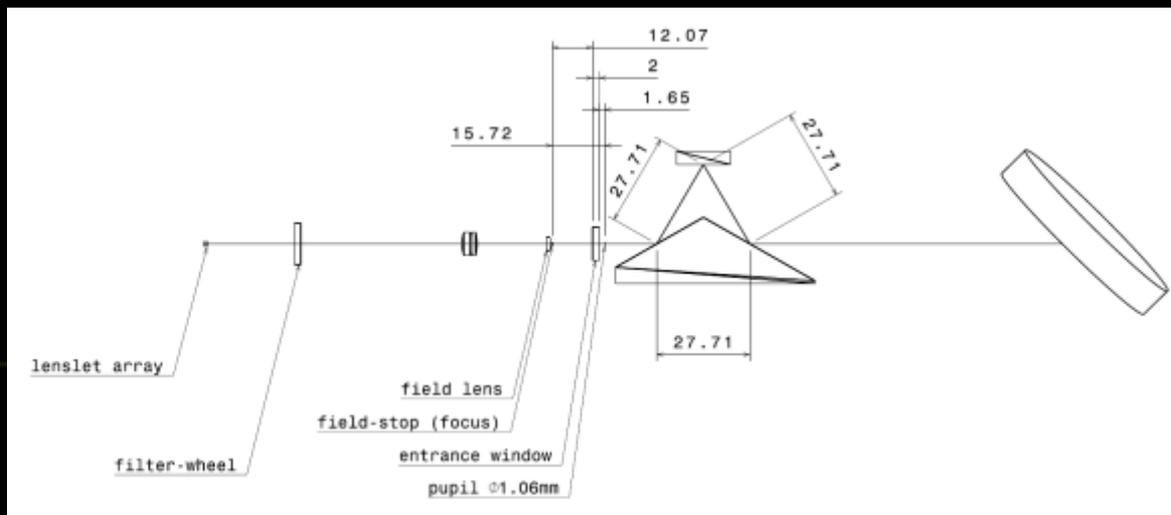
Sichtbar Kamera
(im Turm)



Sichtbar Kamera
(im Turm)

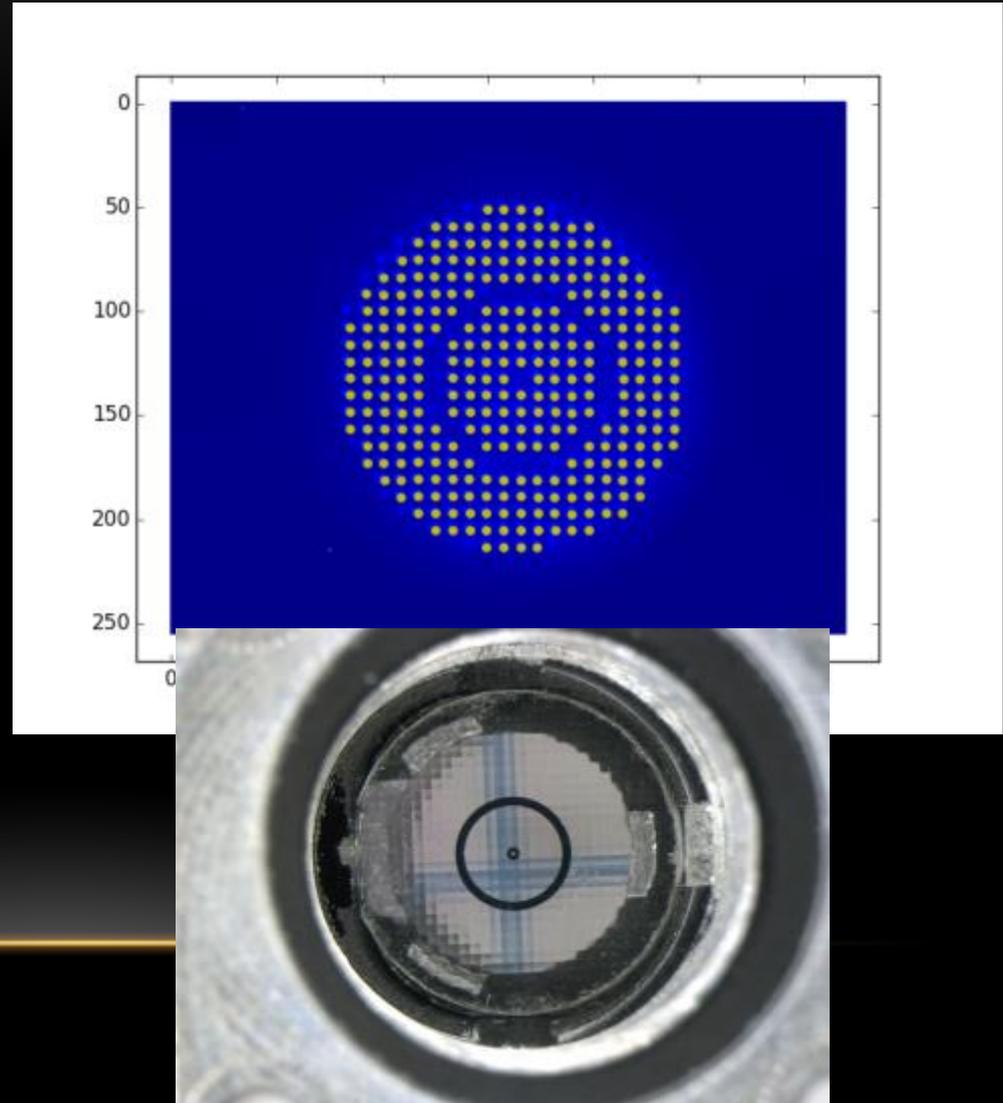
JUSTAGE DES DEROTATORS

- Turmoptik (parabolischer Spiegel und Planspiegel zur Faltung des Strahlengangs) werden zunächst ohne Derotator justiert.
- Zur Kompensation wird die Justagekamera (WOAC) um 27.71mm (deltaZ-Derotator) hinter den theoretischen Fokus platziert.
 - Nach erfolgter Justage wird WOAC an die korrekte Position verschoben
 - Danach - Installation des Derotators und Ausrichtung in X,Y, Tip/Tilt durch Verschiebung der WOAC zwischen Fokus- und Pupillenposition bis das Wackeln (wobble) minimiert ist



AUSRICHTUNG VON PUPILLE UND LINSENARRAY

- Die Pupille (deformierbarer Spiegel) soll genau auf das Linsenarray abgebildet werden
 - Korrekte Größe
 - Zentriert
- Die Pupille wird vorsätzlich dezentriert. Dies erlaubt die genaue Messung der Größe und Position der Pupille des simulierten IR-Strahlengangs.
 - Dezentrierung kann durch Verschieben des Detektors korrigiert werden
 - Pupillengröße kann durch Unterlegscheiben korrigiert werden



ALLES JUSTIERT!

- Kryostatmontage
- Überprüfung der Ausrichtung und Pupillenvergrößerung unter Zuhilfenahme der DM-Maske
- Close the loop!