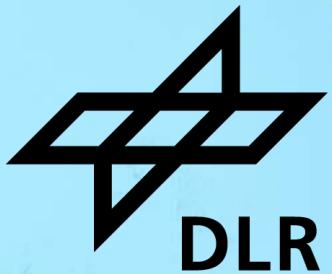


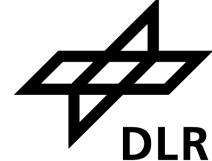
# **MULTIAXIALE ERMÜDUNG UND REIBERMÜDUNG BEI HOCHTEMPERATUR UNTER KORROSIVER ATMOSPHÄRE IN EINEM MTC-PRÜFSTAND AM DLR**

Nora Kind, Volker Oberländer

Institut für Test und Simulation für Gasturbinen (DLR SG)

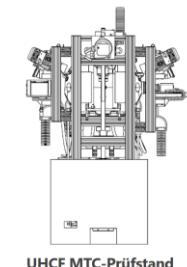
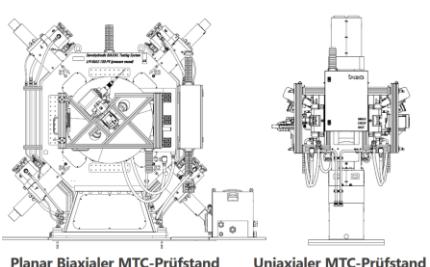


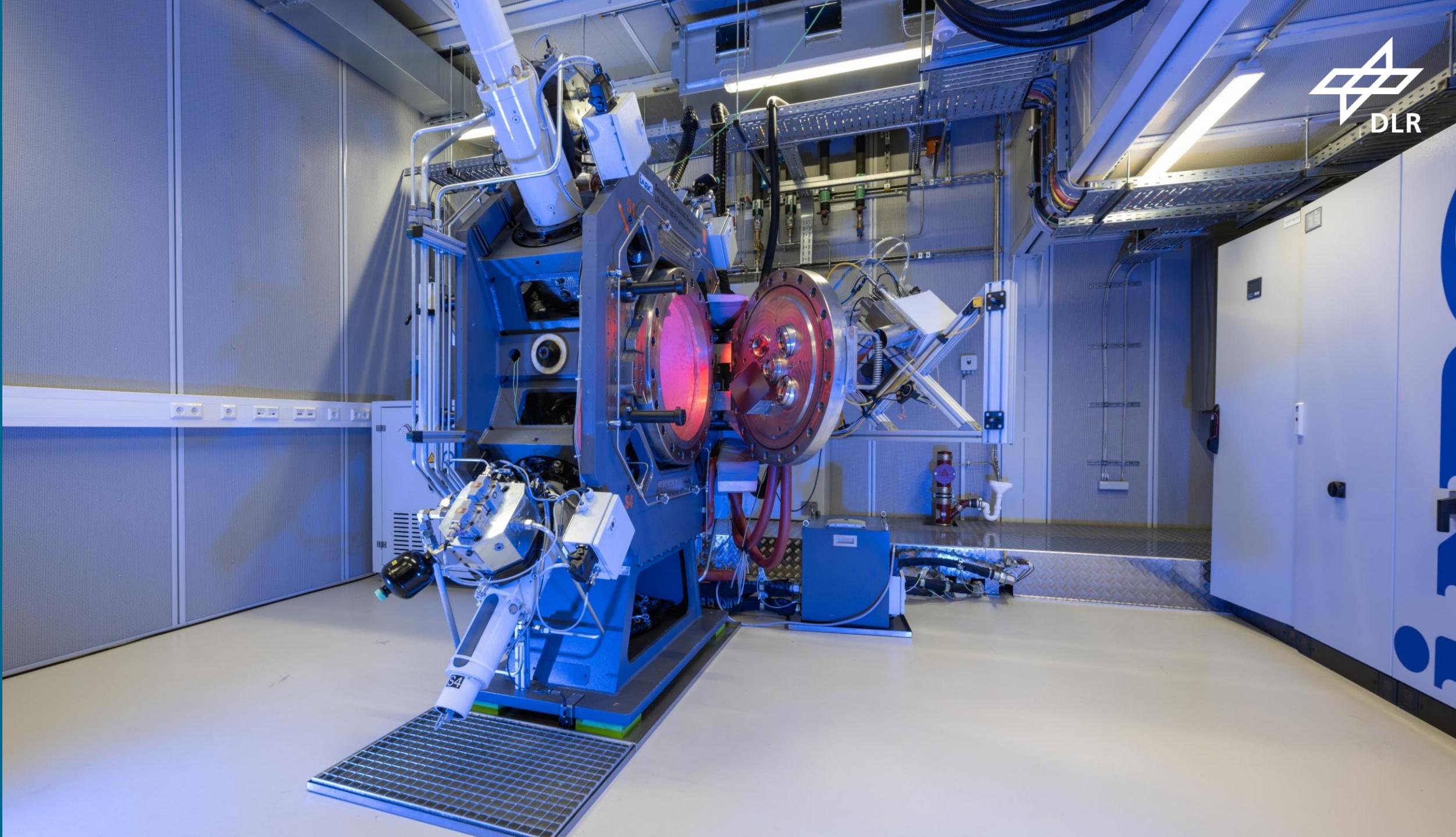
# MTC-Prüfstände: Prüfung unter triebwerksähnlichen Bedingungen



## Forschung für klimaverträgliche Luftfahrt

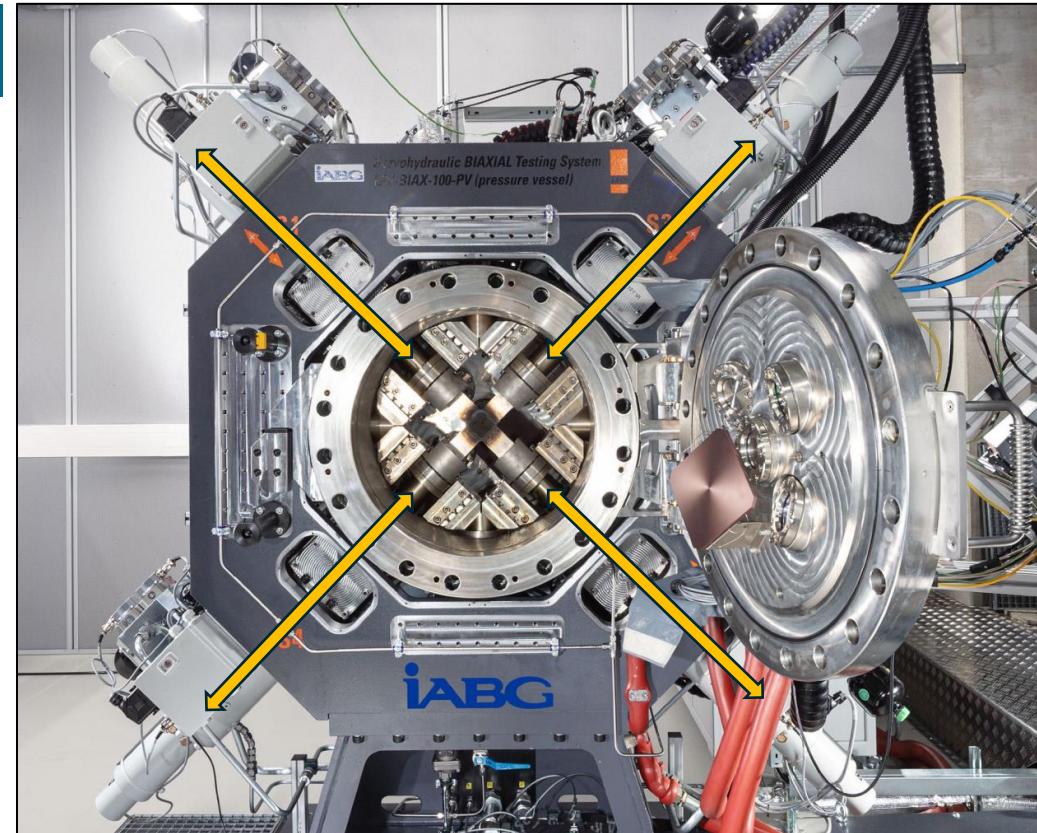
- Hocheffiziente Gasturbinen mit nachhaltigen Kraftstoffen (SAF) für zukunftsfähige, klimaverträgliche Luftfahrt auf der Langstrecke
- Einsatz von etablierten & innovativen Werkstoffen, durch neue Herstellverfahren, an neuen Betriebspunkten erfordert präzise und verlässliche Lebensdauervorhersagen





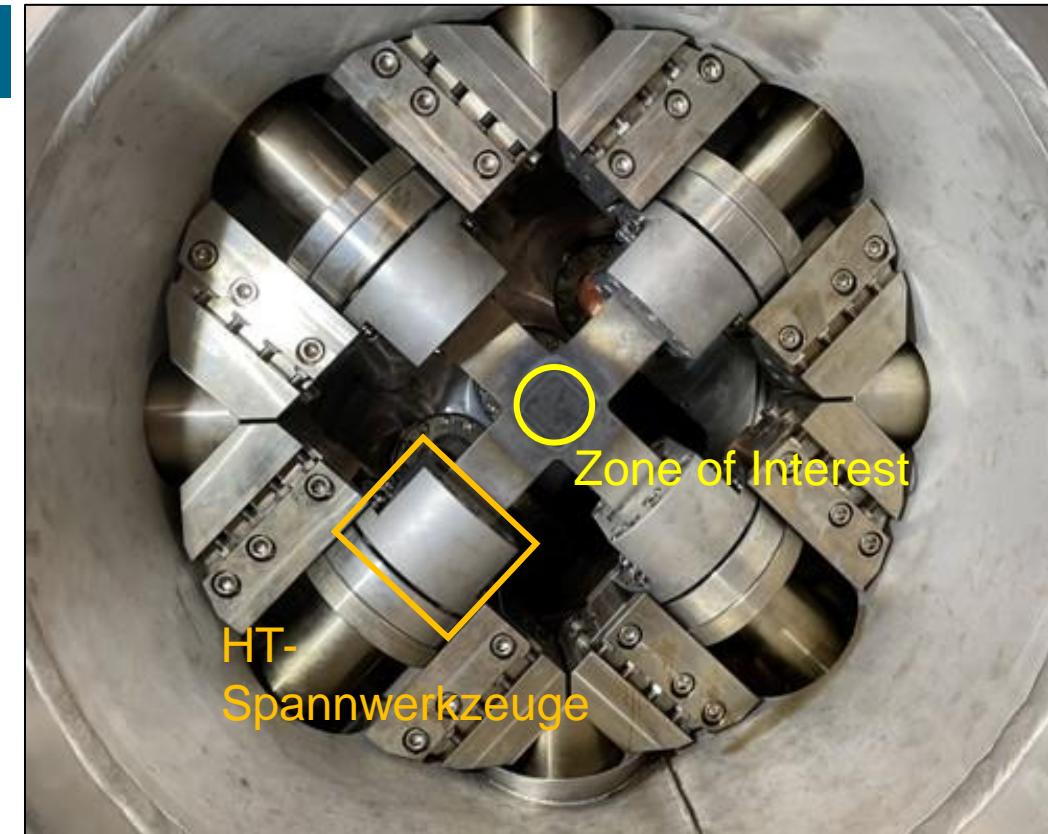
## Lastrahmen

- 4 servohydraulische Aktuatoren
  - jeweils 90° zueinander angeordnet
  - unabhängig voneinander regelbar, z.B. bzgl. Phase, Frequenz,...
  - Signalformen: Sinus, Rechteck, Dreieck
- Arbeitsbereich je Achse: 100 kN
- Arbeitsweg: 100 mm ( $\pm$  50 mm)
- Prüffrequenz:
  - biaxiale Ermüdung: 10 Hz
  - Reibermüdung: 50 Hz
- Leistungsstarker Digitalregler PCS8000



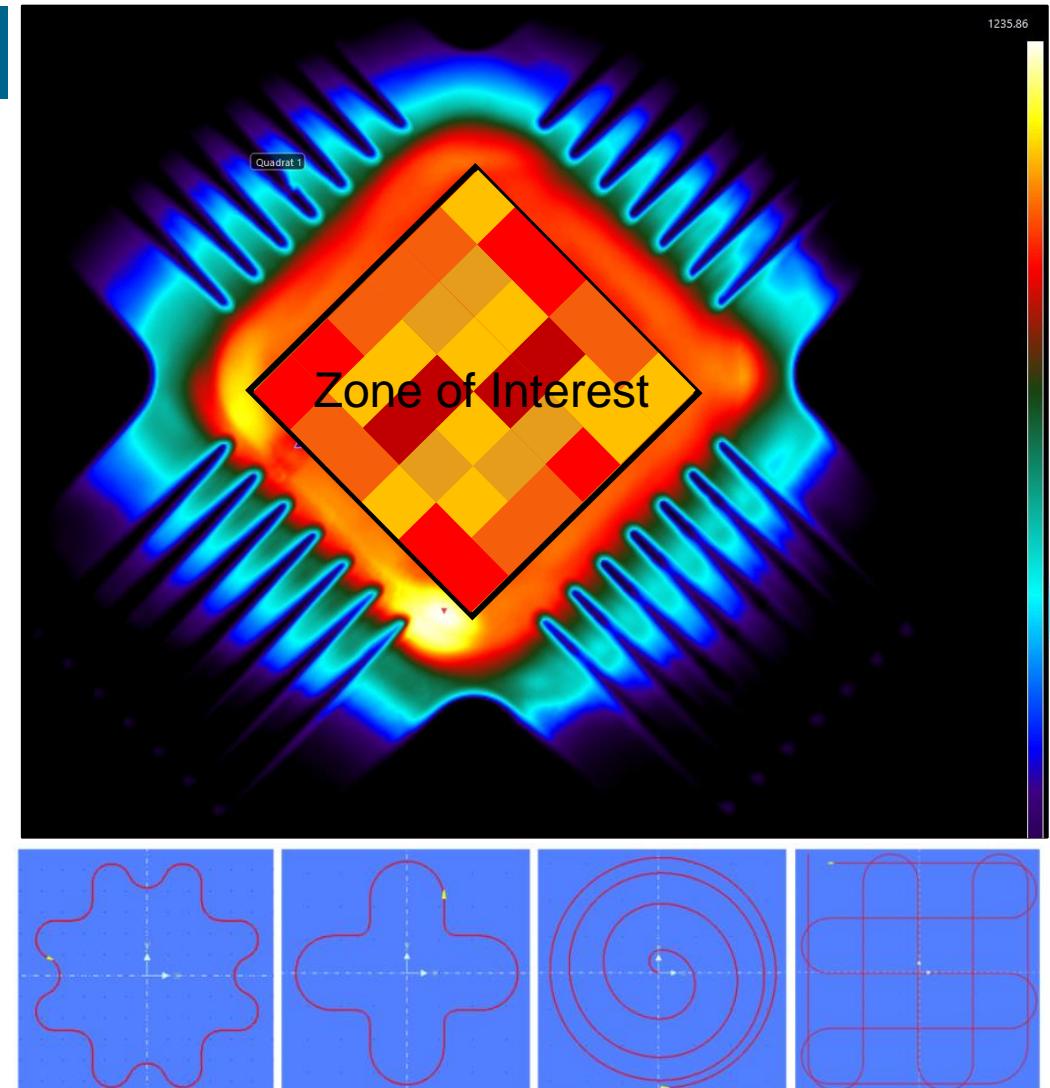
## Lastrahmen

- 4 servohydraulische Aktuatoren
  - jeweils 90° zueinander angeordnet
  - unabhängig voneinander regelbar, z.B. bzgl. Phase, Frequenz,...
  - Signalformen: Sinus, Rechteck, Dreieck
- Arbeitsbereich je Achse: 100 kN
- Arbeitsweg: 100 mm ( $\pm$  50 mm)
- Prüffrequenz:
  - biaxiale Ermüdung: 10 Hz
  - Reibermüdung: 50 Hz
- Leistungsstarker Digitalregler PCS8000
- Hochtemperaturspannwerkzeuge



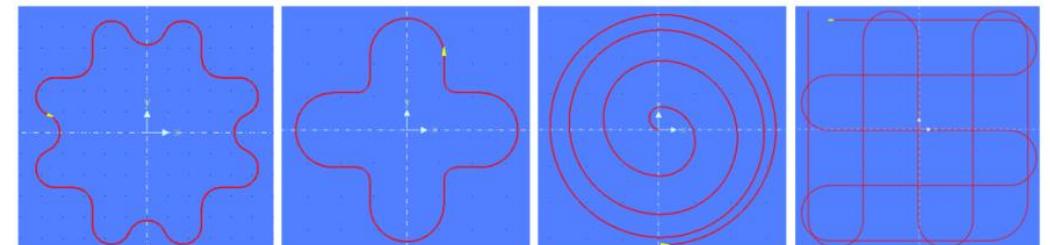
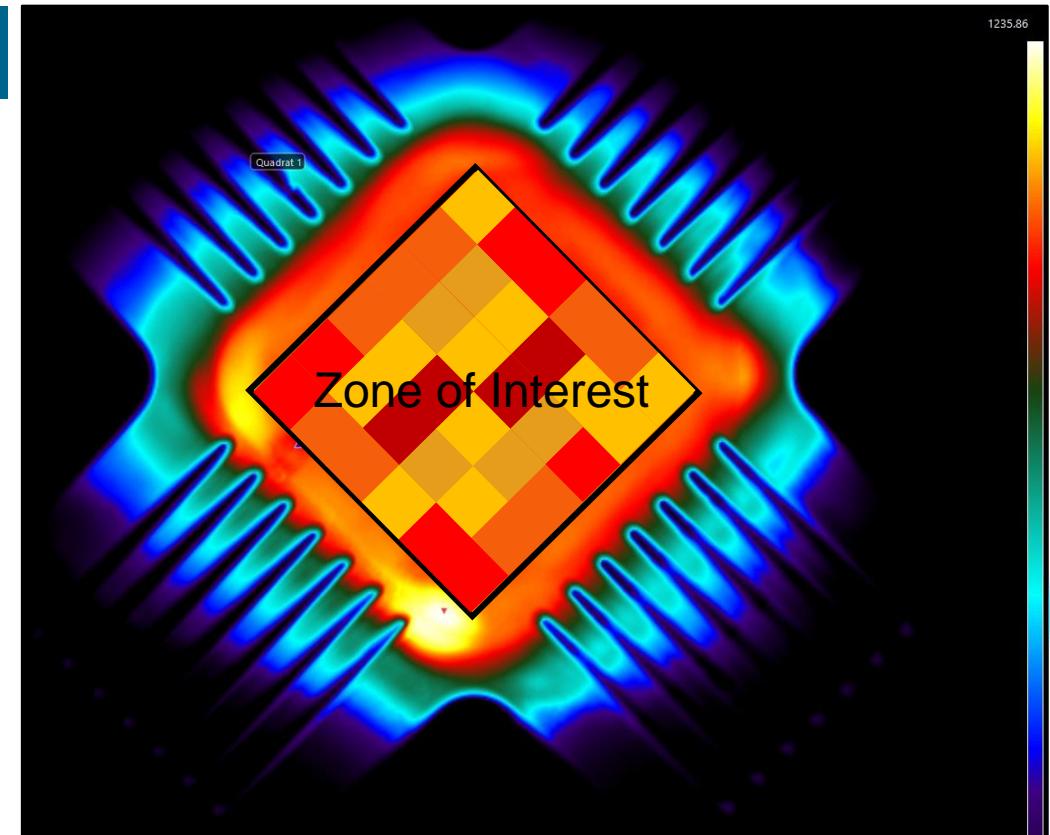
## Laserheizsystem

- Laserquelle: Faserlaser mit  $\lambda = 1070$  nm
- Leistung:  $2 \times 2$  kW
- Frei programmierbare Bahnen über Laserscanner auf Vorder- und Rückseite
- Flächige Optimierung der beheizten Zone durch Anpassung der Scangeschwindigkeit und – leistung
- Temperaturregelung durch Wärmebildkameras und Quotientenpyrometer
- Unabhängige Laserquelle für jeden Prüfstand



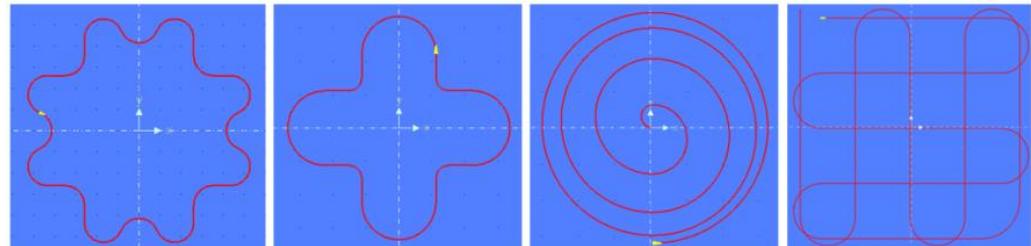
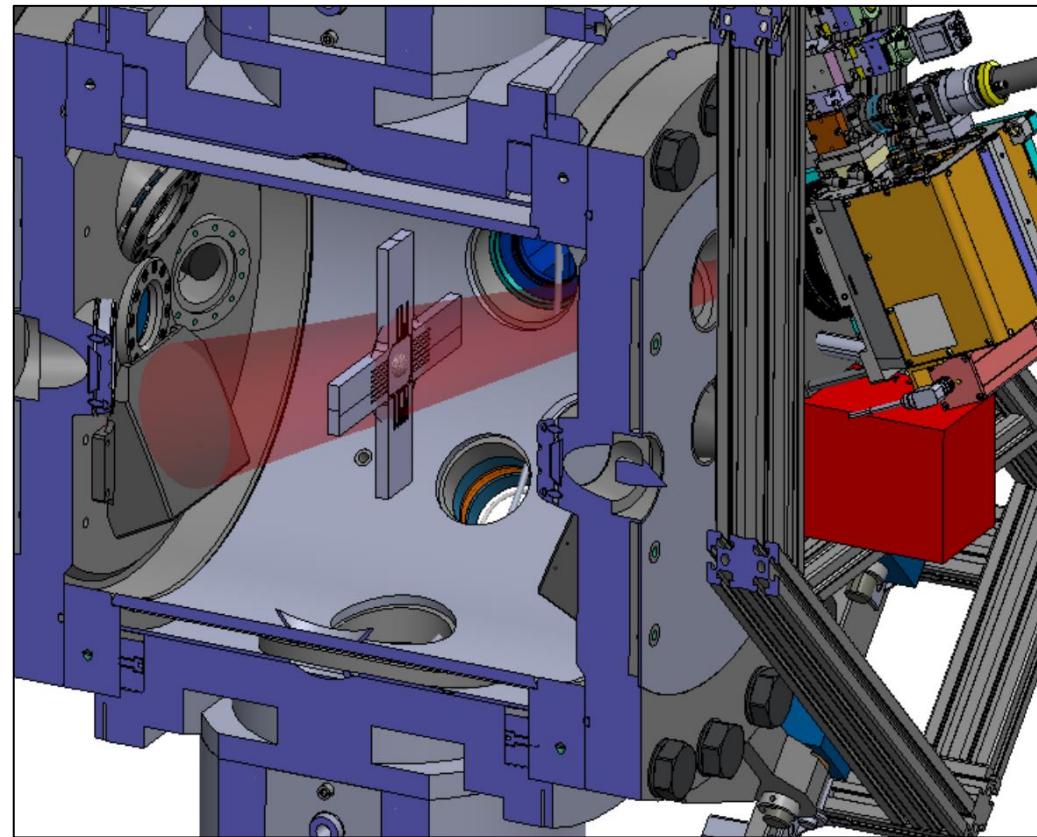
## Laserheizsystem

- Laserquelle: Faserlaser mit  $\lambda = 1070$  nm
- Leistung: 2 x 2 kW
- Frei programmierbare Bahnen über Laserscanner auf Vorder- und Rückseite
- Flächige Optimierung der beheizten Zone durch Anpassung der Scangeschwindigkeit und – leistung
- Temperaturregelung durch Wärmebildkameras und Quotientenpyrometer
- Unabhängige Laserquelle für jeden Prüfstand



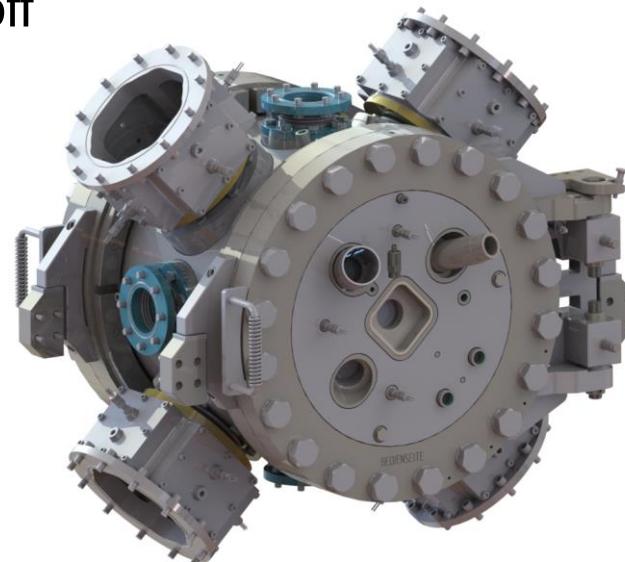
## Laserheizsystem

- Laserquelle: Faserlaser mit  $\lambda = 1070$  nm
- Leistung: 2 x 2 kW
- Frei programmierbare Bahnen über Laserscanner auf Vorder- und Rückseite
- Flächige Optimierung der beheizten Zone durch Anpassung der Scangeschwindigkeit und – leistung
- Temperaturregelung durch Wärmebildkameras und Quotientenpyrometer
- Unabhängige Laserquelle für jeden Prüfstand
- Umfangreiches Sicherheitssystem



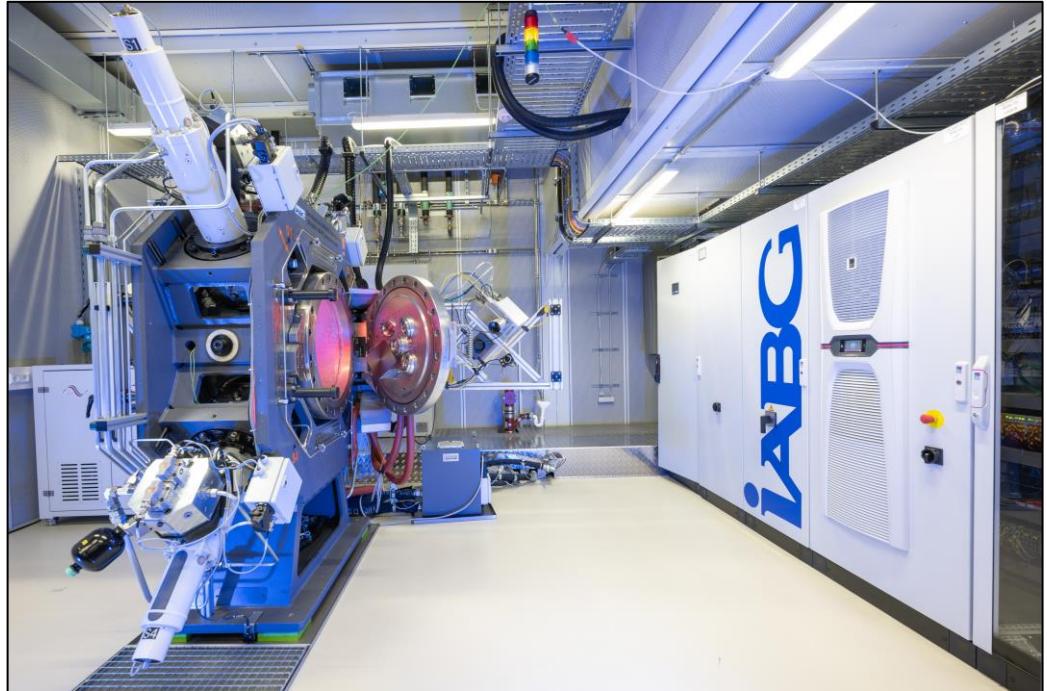
## Zufuhr korrosiver Gase

- Variable Gasmischung ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ )
- Wasserdampf-Anteil bis 30 wt%
- Mediendruck  $p = 20$  bar im Druckbehälter
- Geringer, quasi kontinuierlicher Gaswechsel
- Vision: Salzauftrag, Wasserstoff



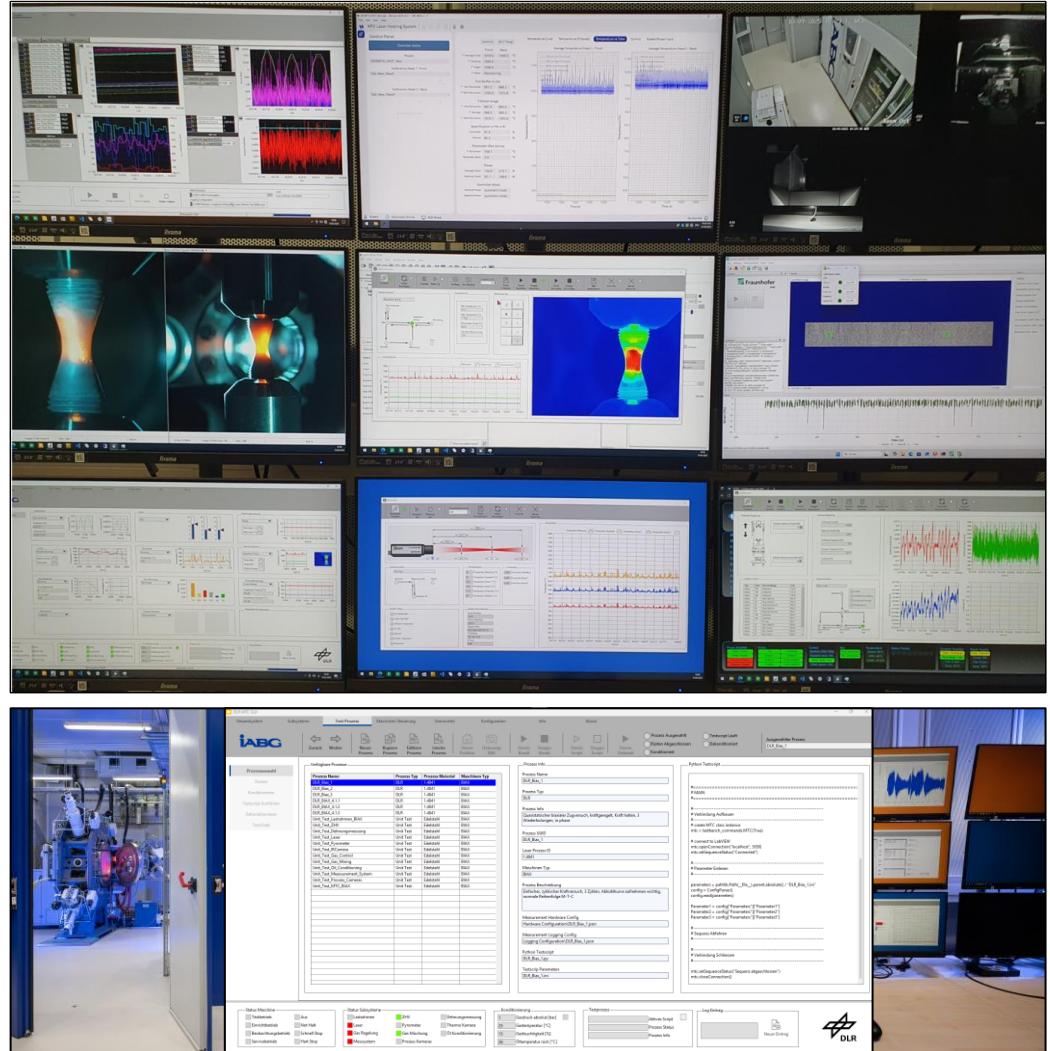
## Prüfstandsteuerung

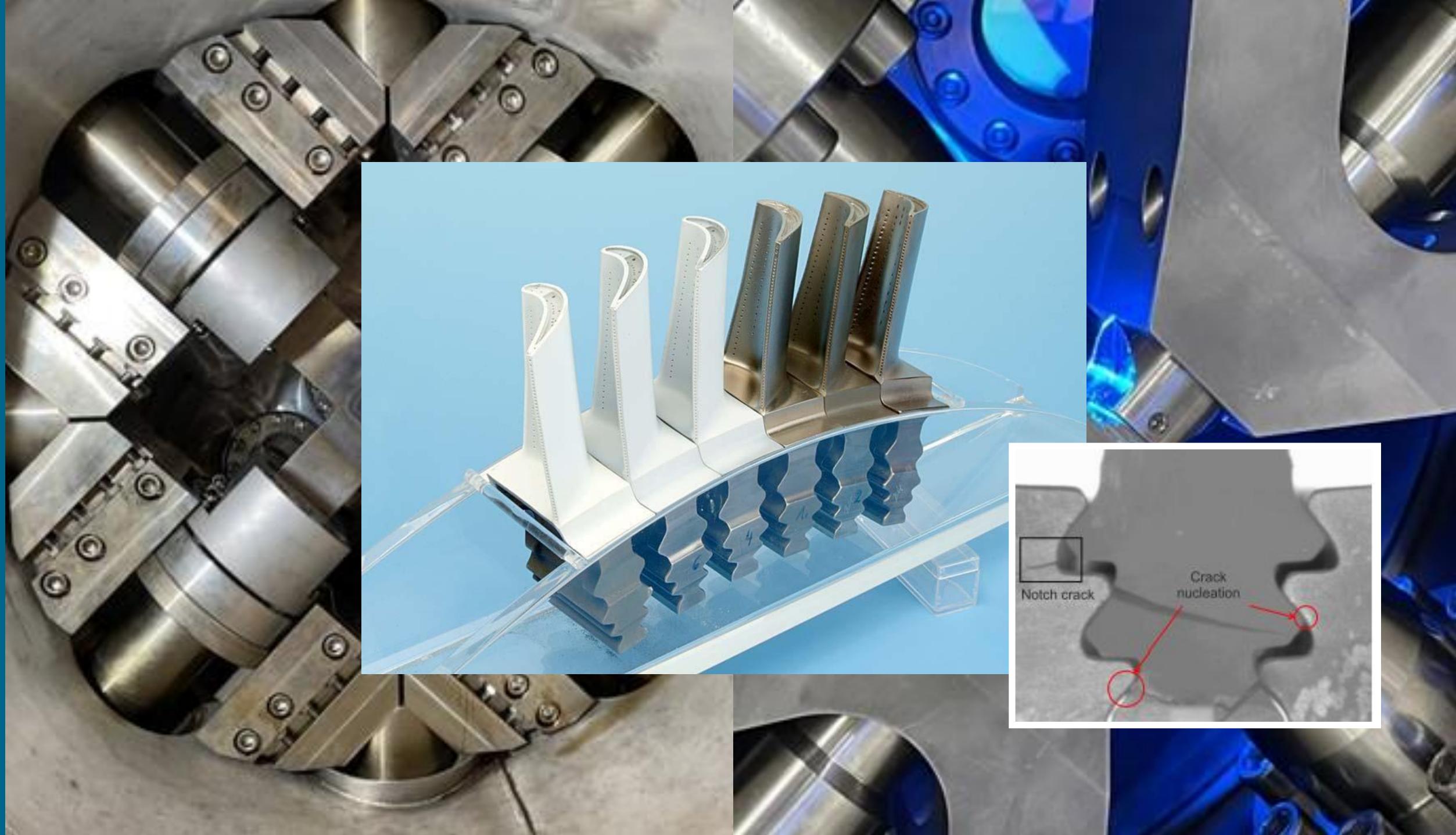
- Moderne Beckhoff-Steuerung innerhalb jeder Prüfkabine
- Je 2 Prüfstände werden über eine Leitwarte gesteuert
  - Steuerung des Prüfstands, der Messtechnik
  - Sicherheit und Überwachung laufender Prozesse
  - Zugriff auf Bedien- und Mess-PC's



## Prüfstandsteuerung

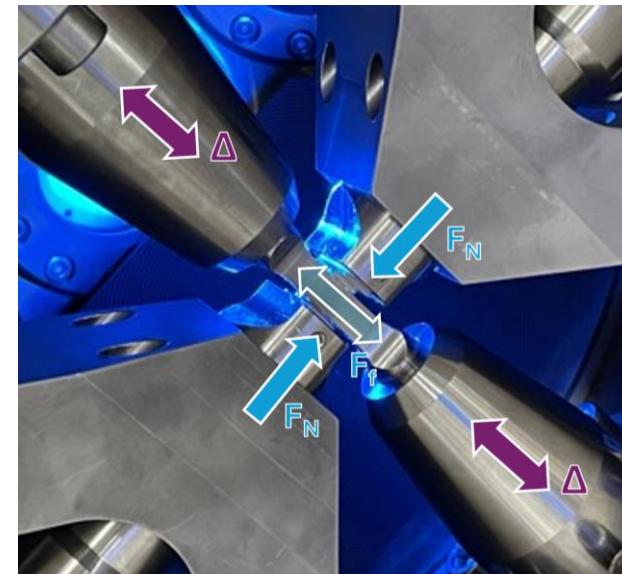
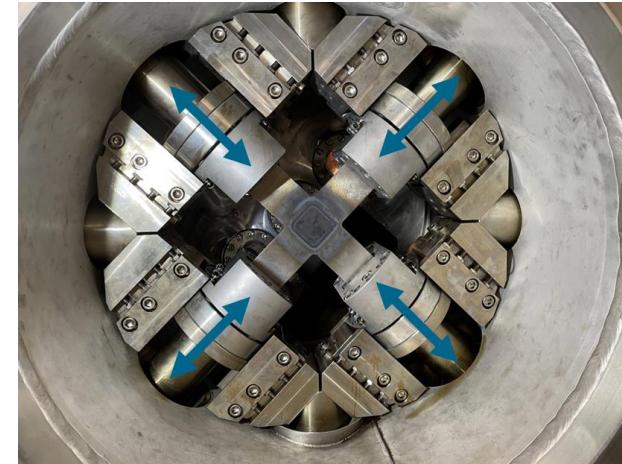
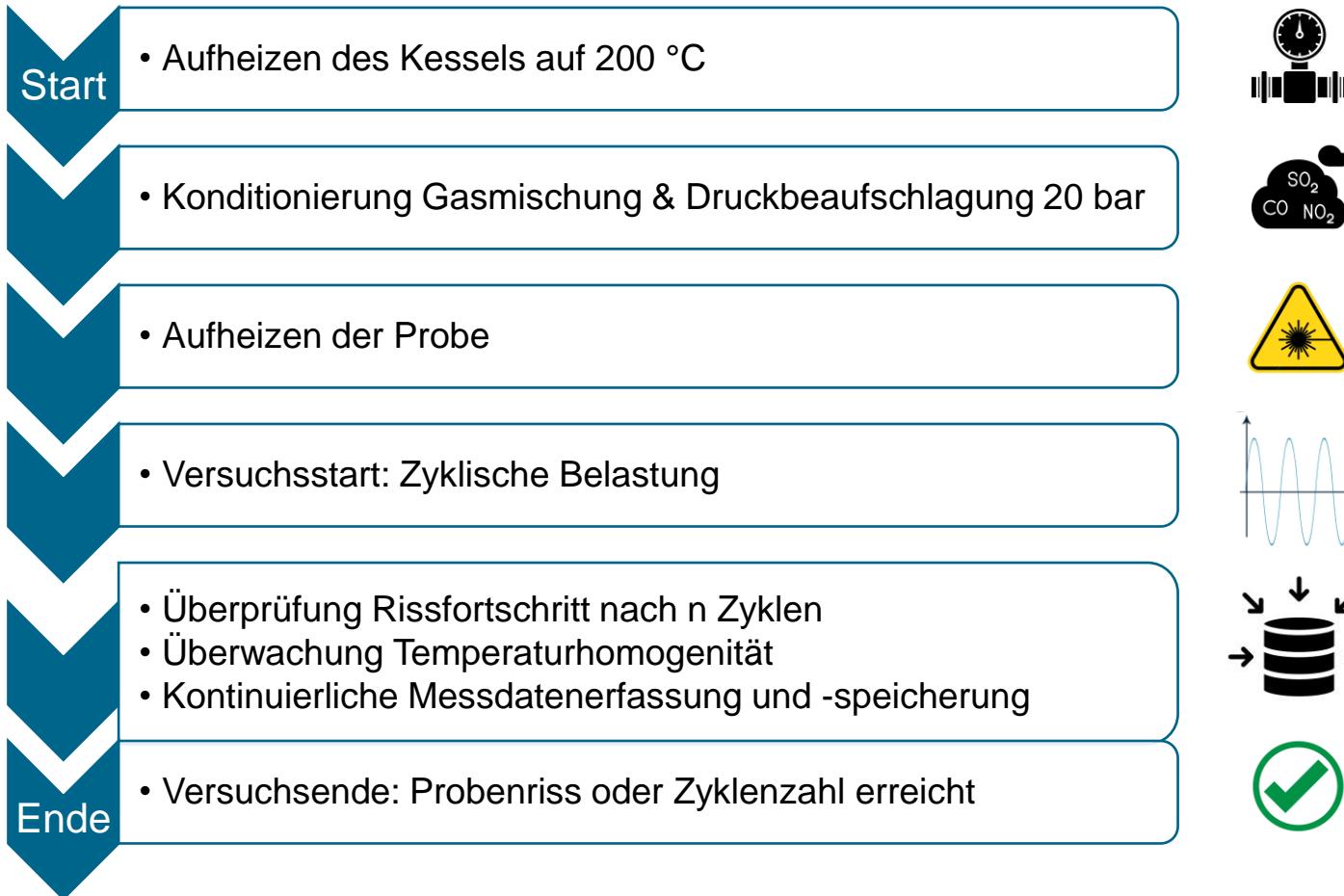
- Moderne Beckhoff-Steuerung innerhalb jeder Prüfkabine
- Je 2 Prüfstände werden über eine Leitwarte gesteuert
  - Steuerung des Prüfstands, der Messtechnik
  - Sicherheit und Überwachung laufender Prozesse
  - Zugriff auf Bedien- und Mess-PC's
- Bedienung erfolgt über LabView-GUI
- Python-Testsequenzer erlaubt vollständige Nachverfolgbarkeit einzelner Schritte





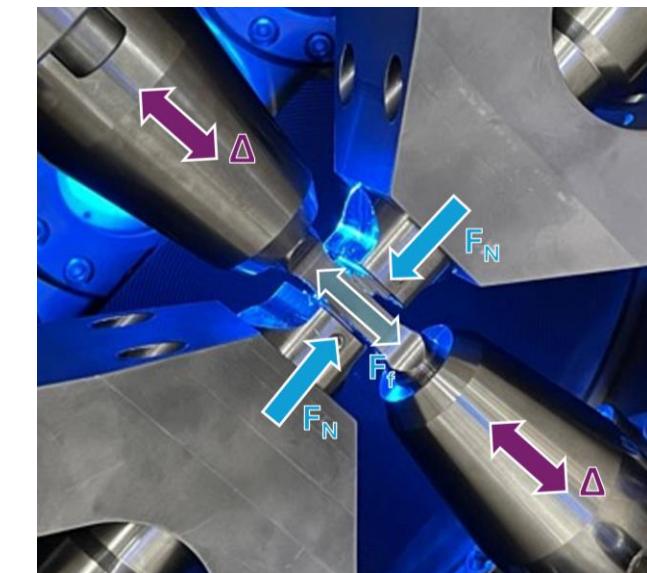
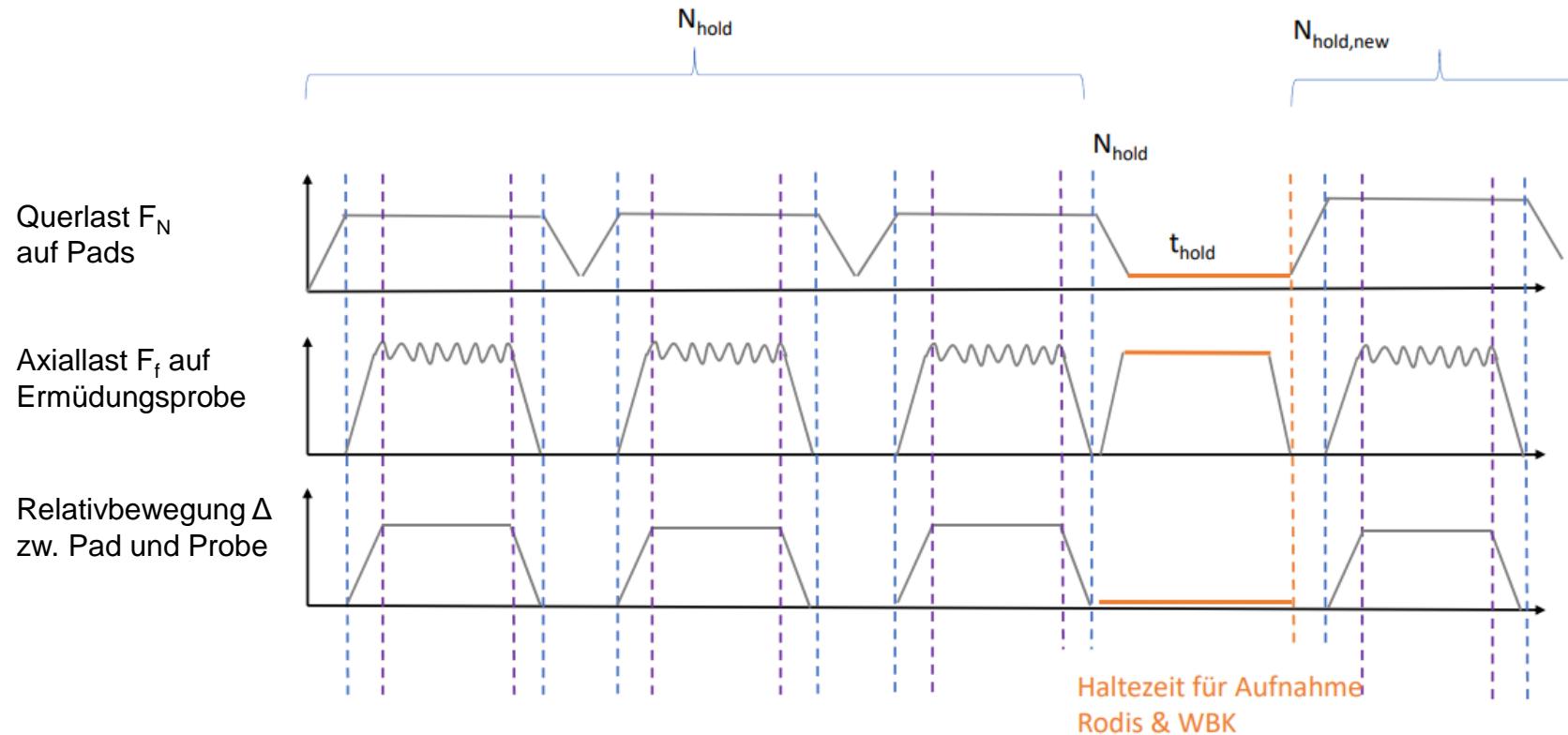
# Prüfprinzipien MTC-Biax

## Prüfablauf biaxiale Ermüdung & Reibermüdung



# Prüfprinzipien MTC-Biax

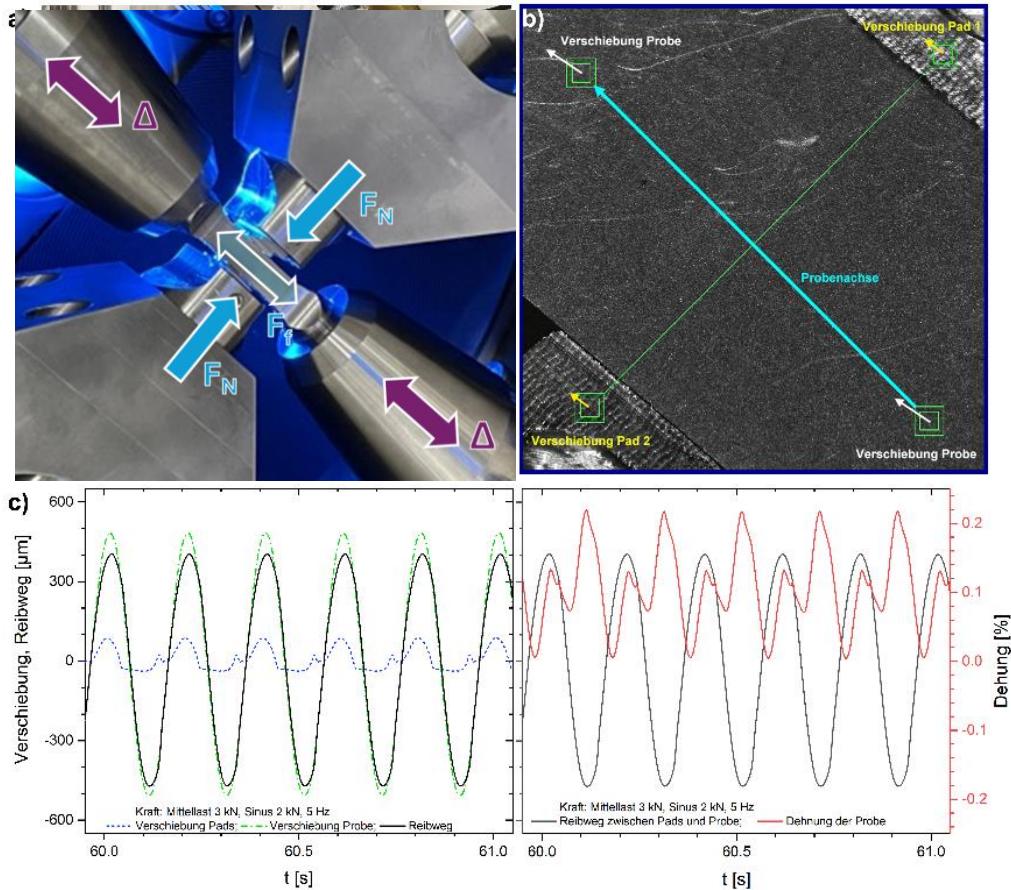
## Beispiel Prüfablauf Reibermüdung



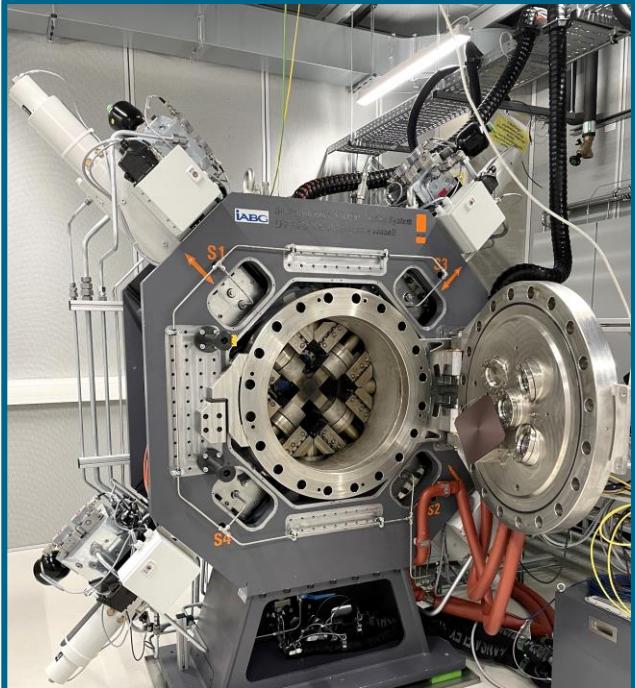
# Versuchsprinzip - Beispiel Reibermüdung

## Optische Dehnungsmessung

- RODis-Sensor: 2D-Bildkorrelationssystem
  - Anwendung der Digitalen Bildkorrelation auf Basis von Oberflächenrauigkeiten bzw. Mikrostruktur (markierungsfrei)
- Montage an Kesseldeckel:
  - Telezentrisches Objektiv im Arbeitsabstand 360mm
  - Bildfeld  $11,7 \times 11,7 \text{ mm}^2$
  - Auflösung  $5,4 \mu\text{m}/\text{Pixel}$
- Echtzeit-Auswertung auf Grafikkarte mit Bildrate 950 Hz



# MTC-Prüfstände



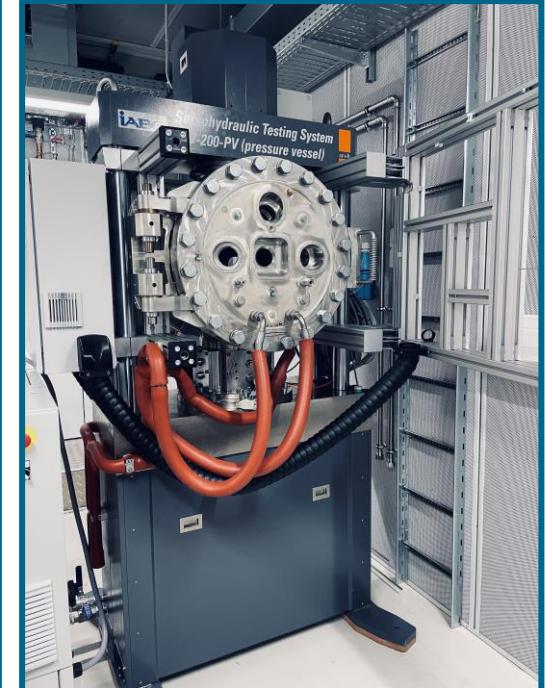
**MTC-BIAx**



**MTC-VHCF**



**MTC-Creep**



**MTC-Uniax**

Einzigartige Prüfstände für verlässlichere & präzisere Lebensdauervorhersagen

# Danksagung



Das diesem Beitrag zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie unter dem Förderkennzeichen LABAY99 gefördert.

Gefördert durch



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Kontakt:  
Institut für Test und Simulation für Gasturbinen  
Prof. Dr. Sabine Ardey  
Am Technologiezentrum 5  
86159 Augsburg  
Sabine.Ardey@dlr.de



DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT