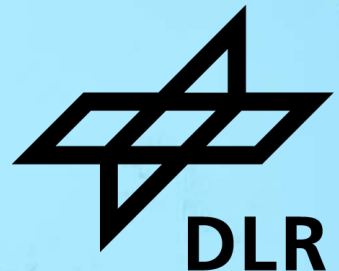


MULTIAXIALE ERMÜDUNG UND REIBERMÜDUNG BEI HOCHTEMPERATUR UNTER KORROSIVER ATMOSPHÄRE IN EINEM MTC-PRÜFSTAND AM DLR

Nora Kind, Volker Oberländer

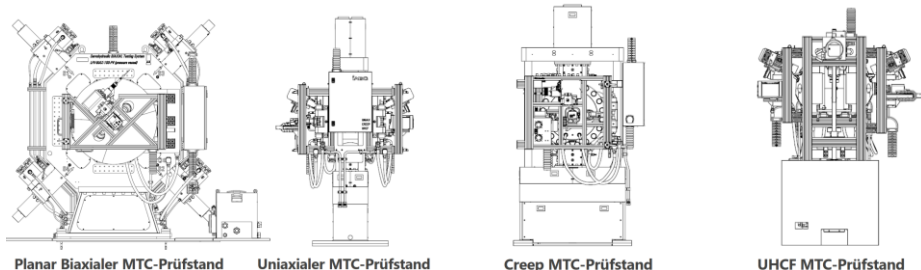
Institut für Test und Simulation für Gasturbinen (DLR SG)

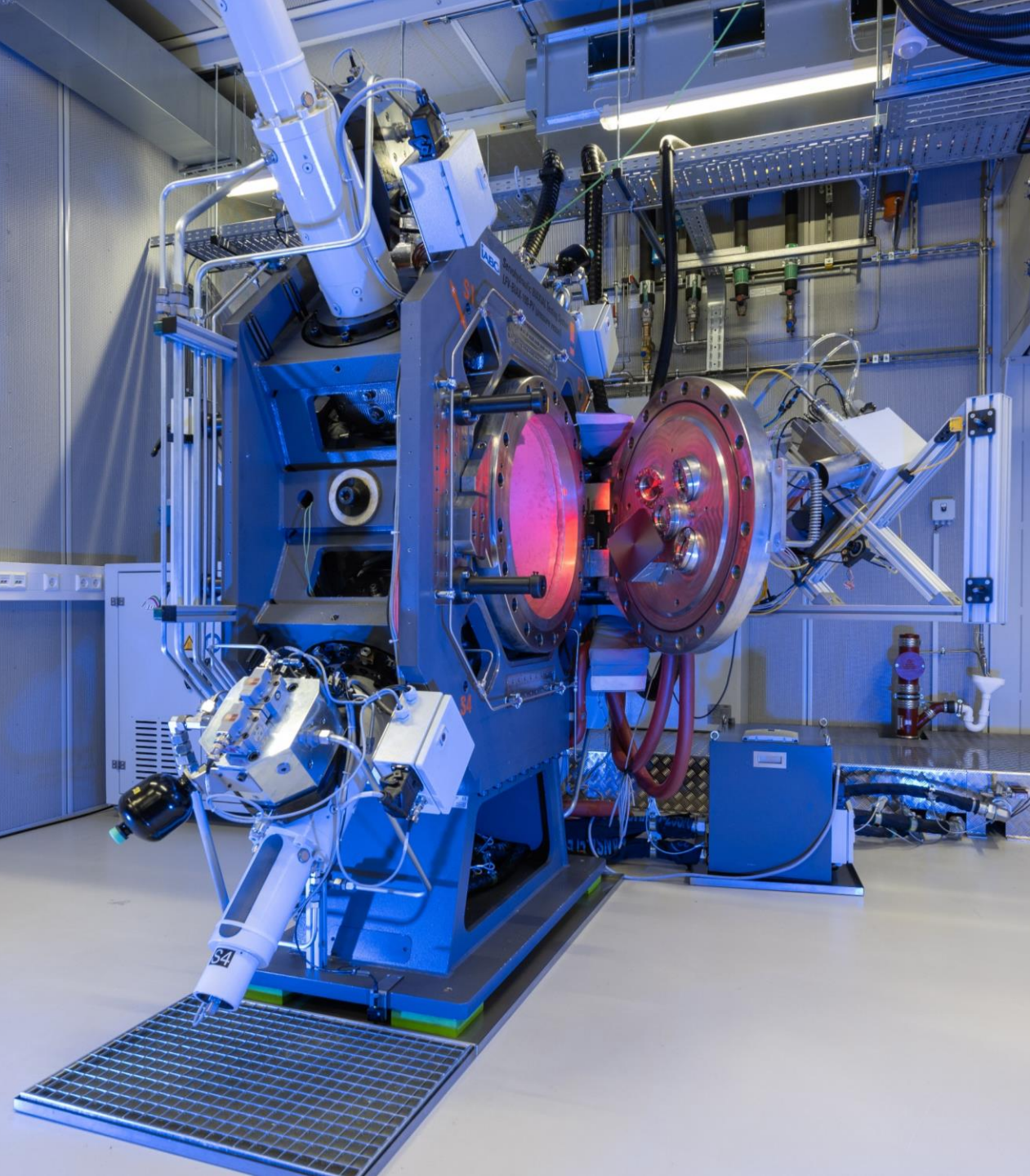


MTC-Prüfstände: Prüfung unter triebwerksähnlichen Bedingungen

Forschung für klimaverträgliche Luftfahrt

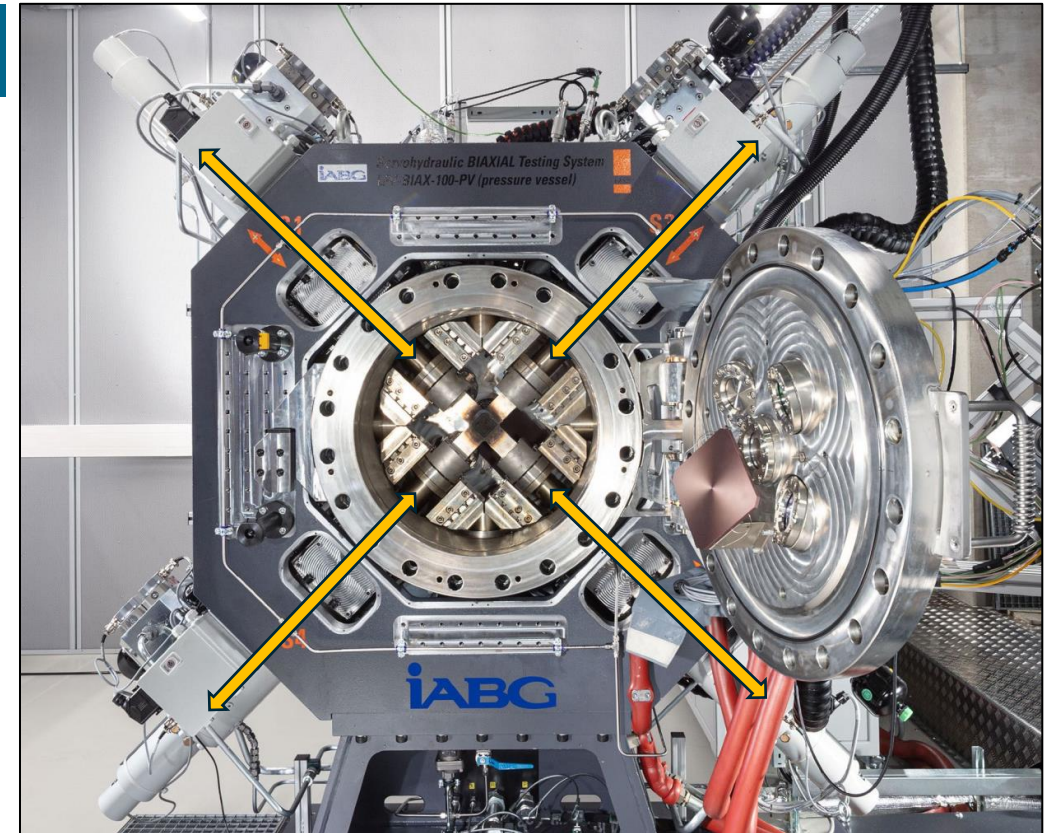
- Hocheffiziente Gasturbinen mit nachhaltigen Kraftstoffen (SAF) für zukunftsfähige, klimaverträgliche Luftfahrt auf der Langstrecke
- Einsatz von etablierten & innovativen Werkstoffen, durch neue Herstellverfahren, an neuen Betriebspunkten erfordert präzise und verlässliche Lebensdauervorhersagen





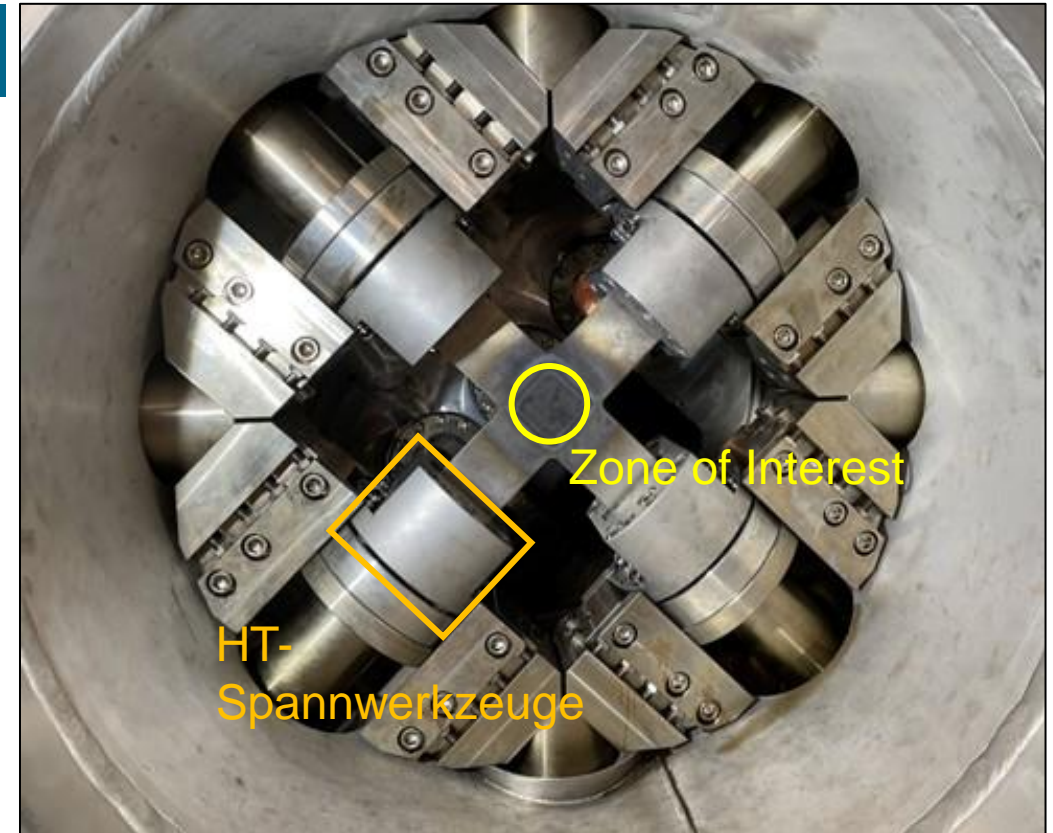
Lastrahmen

- 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 (± 50 mm)
- Prüffrequenz:
 - biaxiale Ermüdung: 10 Hz
 - Reibermüdung: 50 Hz
- Leistungsstarker Digitalregler PCS8000



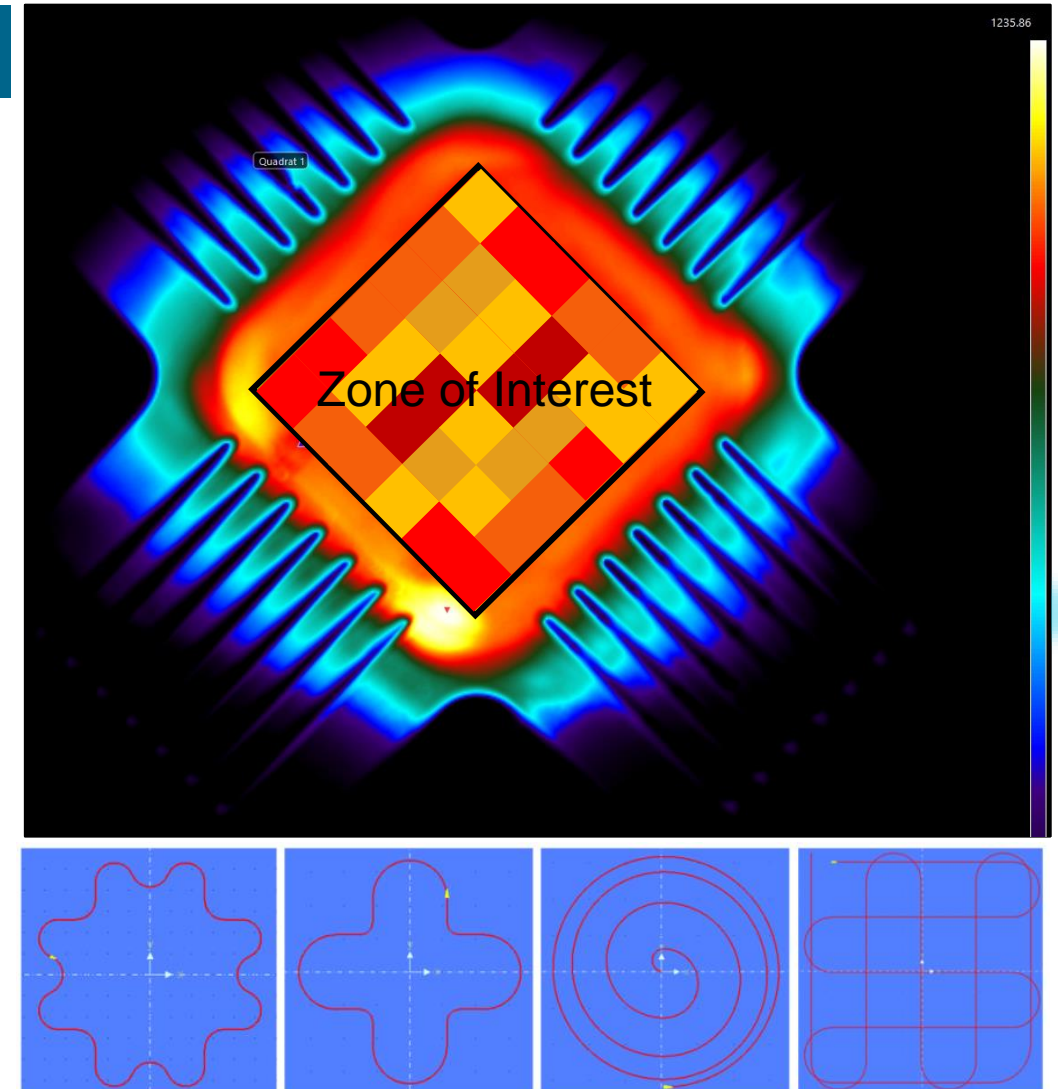
Lastrahmen

- 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 (± 50 mm)
- Prüffrequenz:
 - biaxiale Ermüdung: 10 Hz
 - Reibermüdung: 50 Hz
- Leistungsstarker Digitalregler PCS8000
- Hochtemperaturspannwerkzeuge



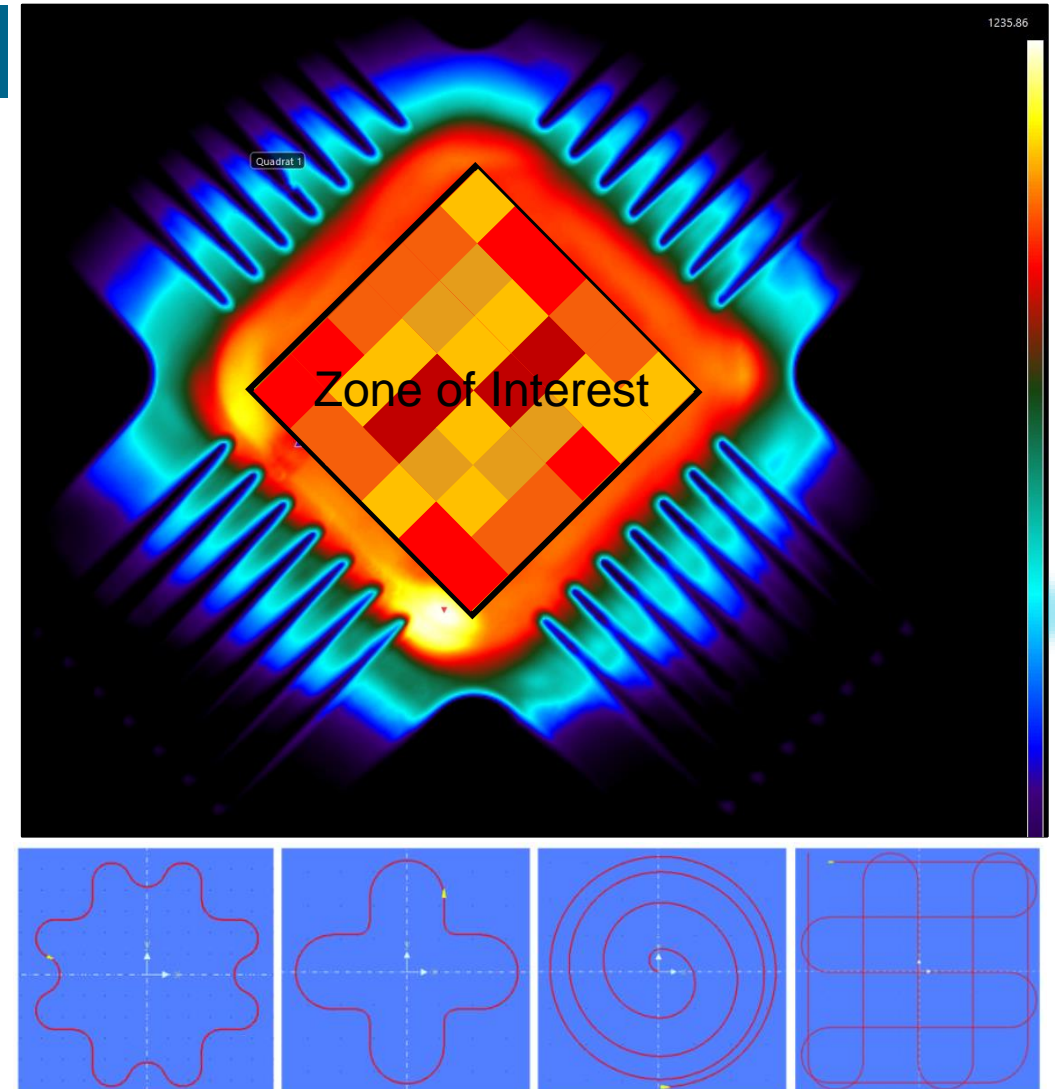
Laserheizsystem

- 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



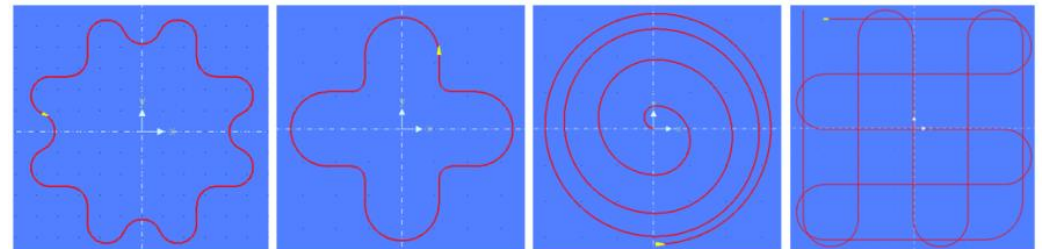
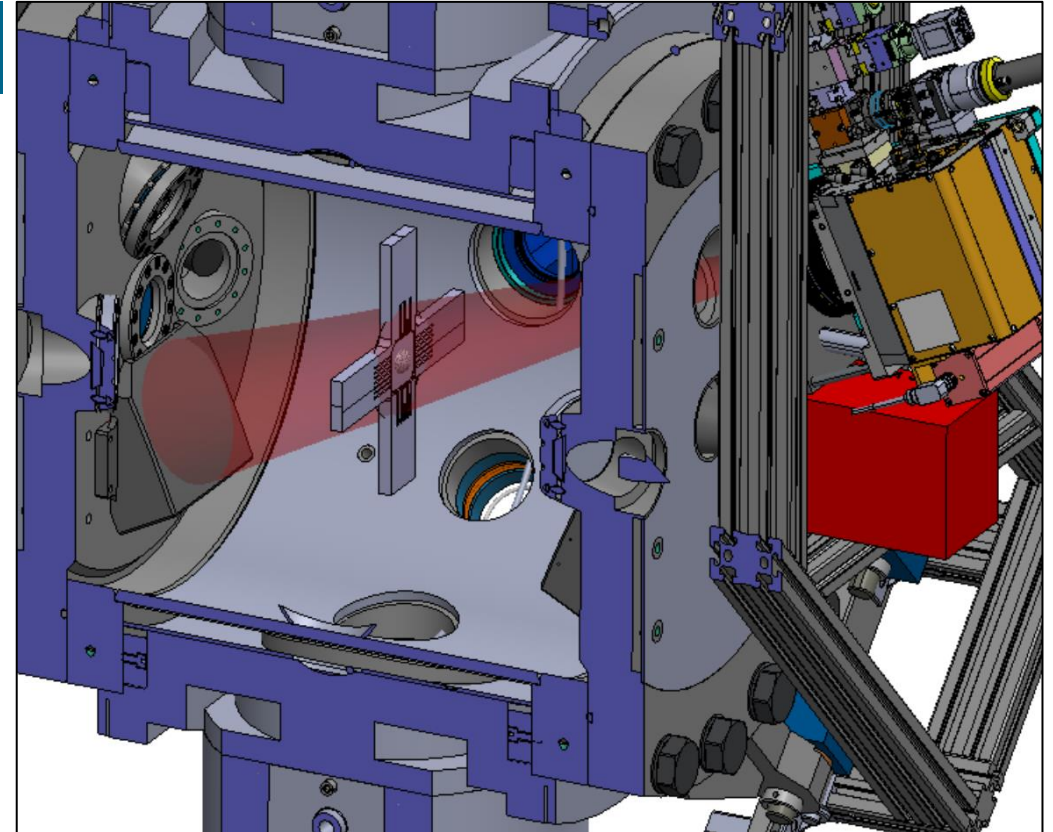
Laserheizsystem

- 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



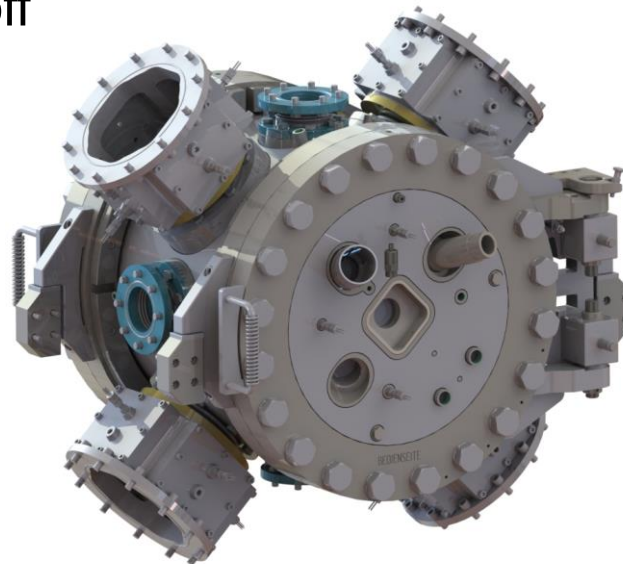
Laserheizsystem

- 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



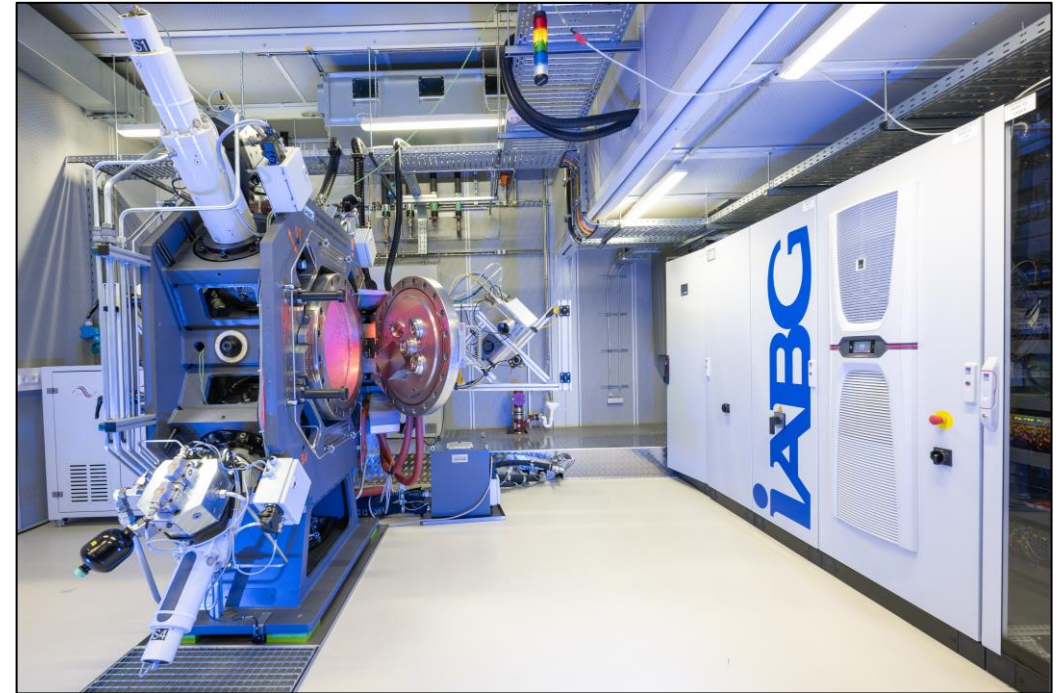
Zufuhr korrosiver Gase

- Variable Gasmischung (SO_2 , CO_2 , CO , N_2 , NO , O_2 , H_2O)
- Wasserdampf-Anteil bis 30 wt%
- Mediendruck $p = 20$ bar im Druckbehälter
- Geringer, quasi kontinuierlicher Gaswechsel
- Vision: Salzauftrag, Wasserstoff



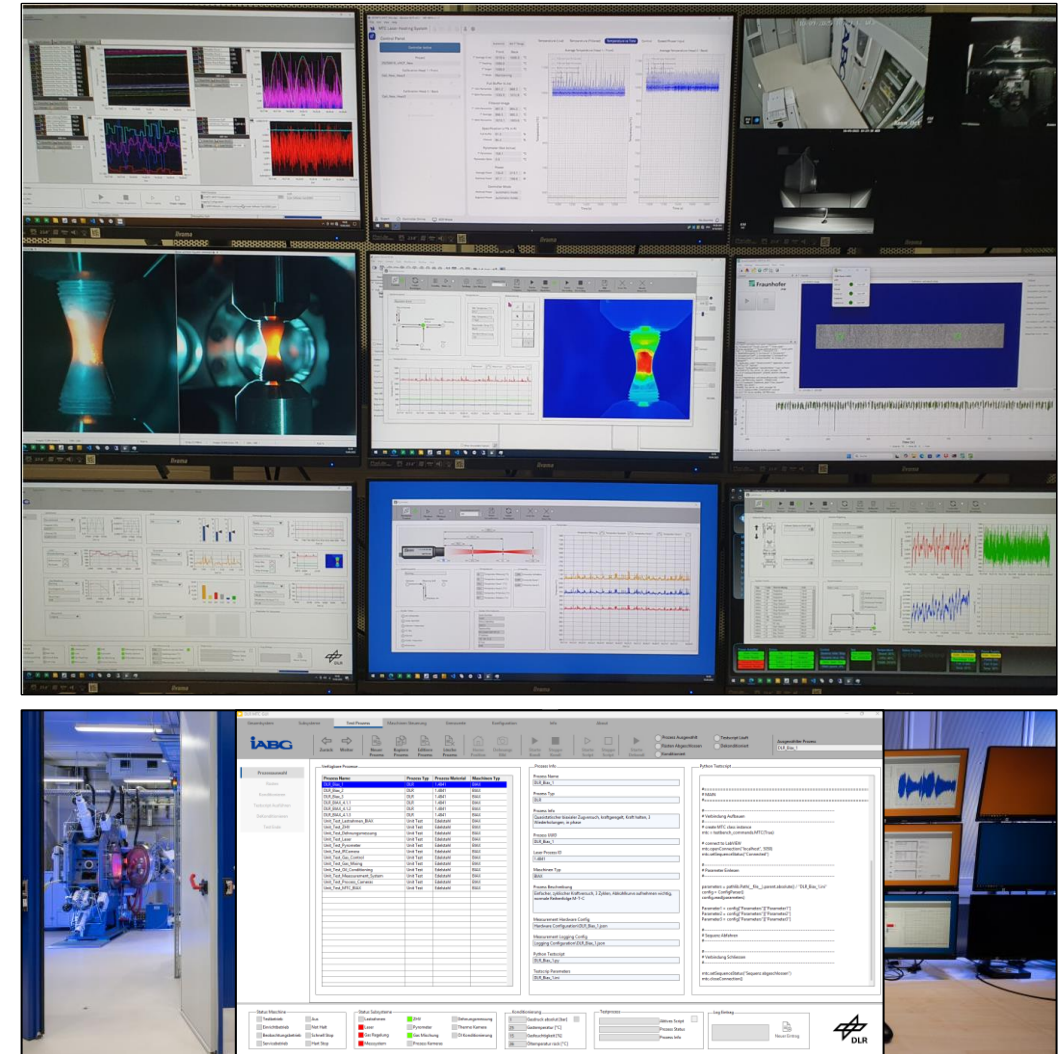
Prüfstandsteuerung

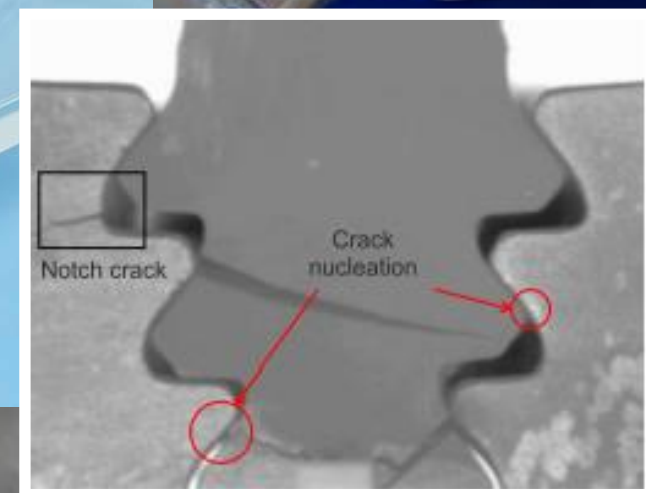
- Moderne Beckhoff-Steuerung innerhalb jeder Prüfkabine
- Je 2 Prüfstände werden über eine Leitwarte gesteuert
 - Steuerung des Prüfstands, der Messtechnik
 - Sicherheit und Überwachung laufender Prozesse
 - Zugriff auf Bedien- und Mess-PC's



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





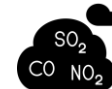
Prüfablauf biaxiale Ermüdung & Reibermüdung

Start

- Aufheizen des Kessels auf 200 °C



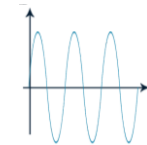
- Konditionierung Gasmischung & Druckbeaufschlagung 20 bar



- Aufheizen der Probe



- Versuchsstart: Zyklische Belastung

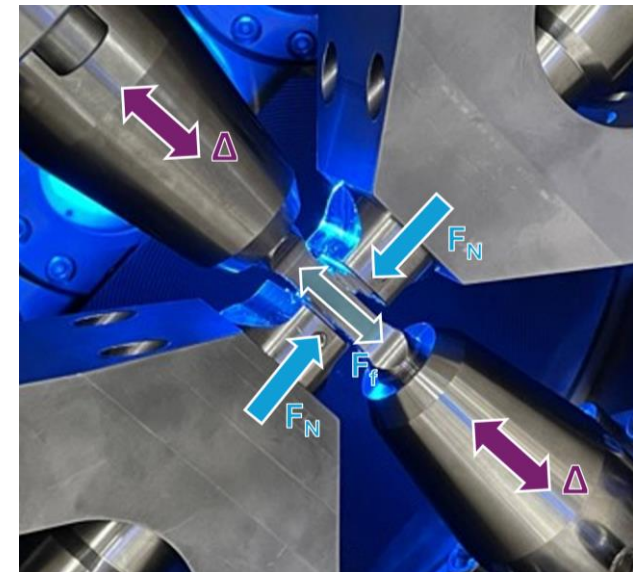
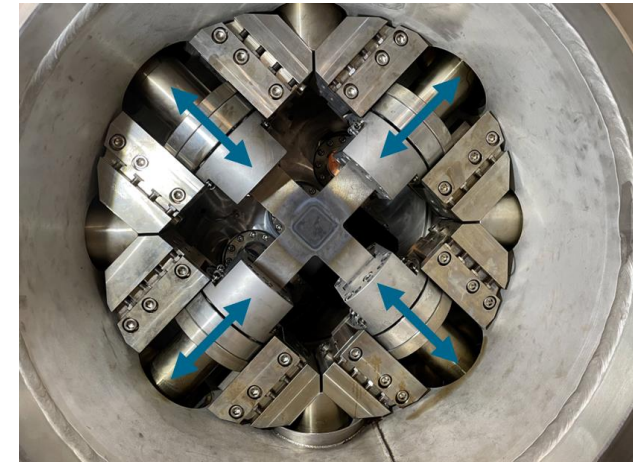


- Überprüfung Rissfortschritt nach n Zyklen
- Überwachung Temperaturhomogenität
- Kontinuierliche Messdatenerfassung und -speicherung

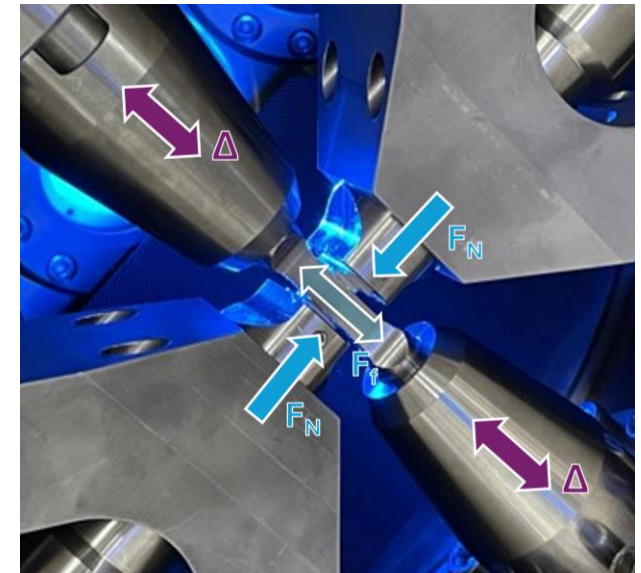
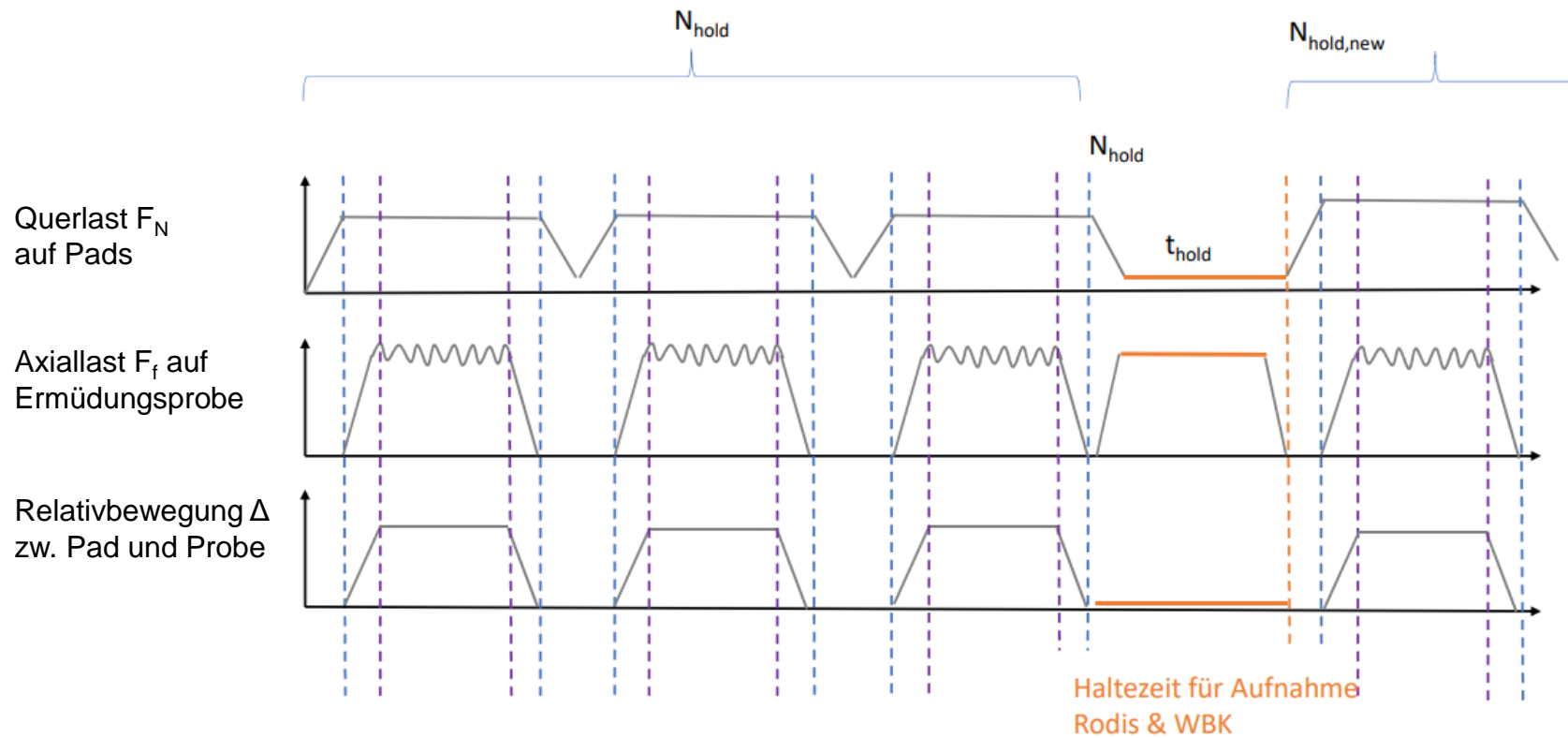


Ende

- Versuchsende: Probenriss oder Zyklenzahl erreicht

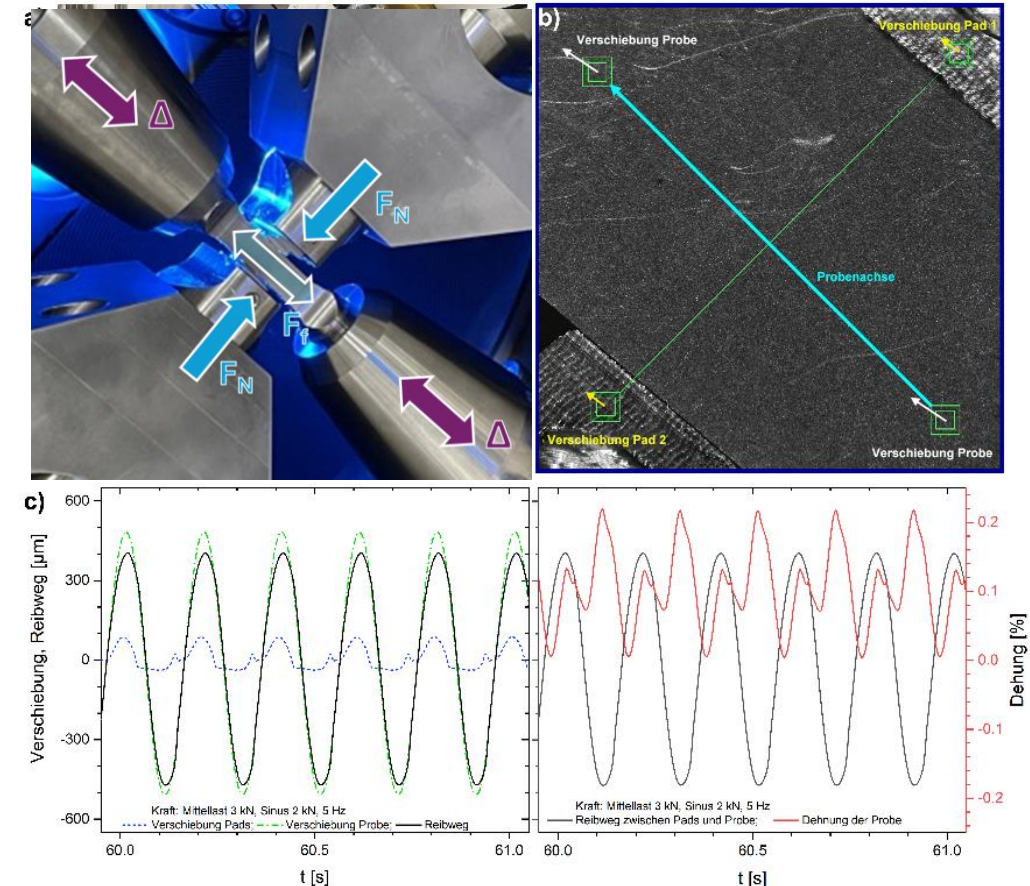


Beispiel Prüfablauf Reibermüdung

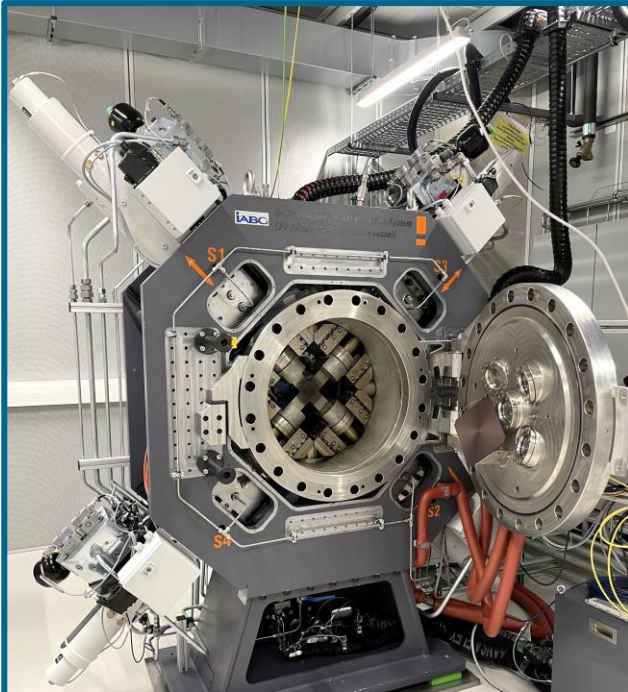


Optische Dehnungsmessung

- 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 x 11,7 mm²
 - Auflösung 5,4 µm/Pixel
- Echtzeit-Auswertung auf Grafikkarte mit Bildrate 950 Hz



MTC-Prüfstände



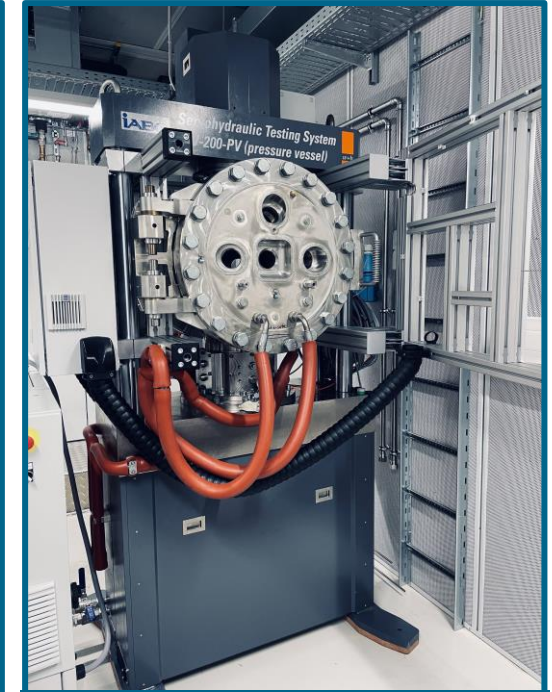
MTC-BIAX



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

A detailed architectural rendering of a modern, multi-story building with a facade of vertical slats and large windows. The building is surrounded by greenery and trees. In the foreground, several people are walking on a path, and a man is walking a dog. The sky is blue with some clouds.

DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT