

# Robotergestützte 3D-Scans und Laserthermografie zur Prüfung an komplexen Bauteilen auf Risse

Philipp Daniel HIRSCH<sup>1</sup>, Sruthi Krishna KUNJI PURAYI<sup>1</sup>, Julien LECOMPAGNON<sup>1</sup>,  
Christian HASSENSTEIN<sup>1</sup>, Mathias ZIEGLER<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>BAM, Berlin, Deutschland, philipp-daniel.hirsch@bam.

## Kurzfassung

Die Integration von Automation und Robotik in die Prüfprozesse ermöglicht die Untersuchung komplexer Bauteile. Diese Studie präsentiert die robotergestützte Laserthermografie, um Risse in solchen Bauteilen zu identifizieren und analysieren. Diese Technik ermöglicht die automatisierte Rissprüfung welche im Vergleich zur Farbeindringprüfung auf viele, meist manuelle, Arbeitsschritte sowie die notwendigen Chemikalien verzichtet.

Zusätzlich wird ein automatisiertes Einscannen der Bauteile mithilfe eines Linienscanners vorgestellt. Dieser Schritt ermöglicht eine detaillierte 3D-Rekonstruktion der Bauteilgeometrie und ermöglicht eine einfache Korrektur von Abweichungen in der Bauteilaufnahme und eröffnet Möglichkeiten zur adaptiven Bahnplanung bei Bauteilverformungen.

Die Rückprojektion der gefundenen Risse auf die Oberfläche des Bauteils kann automatisiert erfolgen. Dieser Schritt erlaubt nicht nur die Identifikation der Risse, sondern auch eine genauere Analyse ihrer Geometrie und Lage am Bauteil.

Die Kombination von robotergestützter Laserthermografie, automatisiertem 3D-Scanning und Rückprojektion der Risse auf die Bauteiloberfläche eröffnet neue Möglichkeiten in der zerstörungsfreien Prüfung von komplexen Bauteilen und erweitert damit mögliche Anwendungsfelder.

**Keywords:** ZFP4.0, Automatisierung, Thermografie, Laser, Roboter



06.05.2024

# ROBOTERGESTÜTZTE 3D-SCANS UND LASERTHERMOGRAFIE ZUR PRÜFUNG VON RISSEN AN KOMPLEXEN BAUTEILEN (KURZFASSUNG)

Philipp Daniel HIRSCH, Sruthi Krishna KUNJI PURAYI, Julien LECOMPAGNON, Christian HASSENSTEIN, Mathias ZIEGLER

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM),  
12200 Berlin, Germany

[www.bam.de](http://www.bam.de)

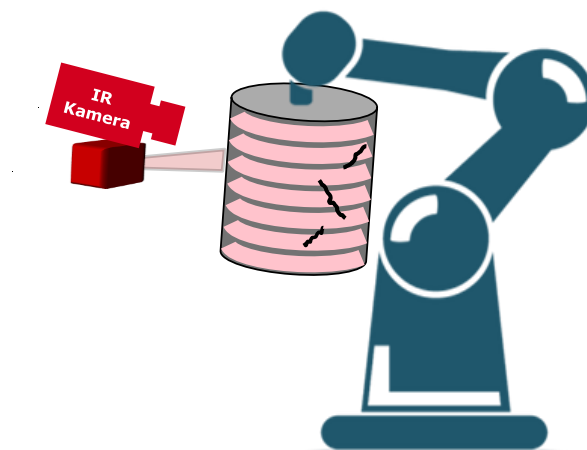
## Gliederung

Prüfsystem

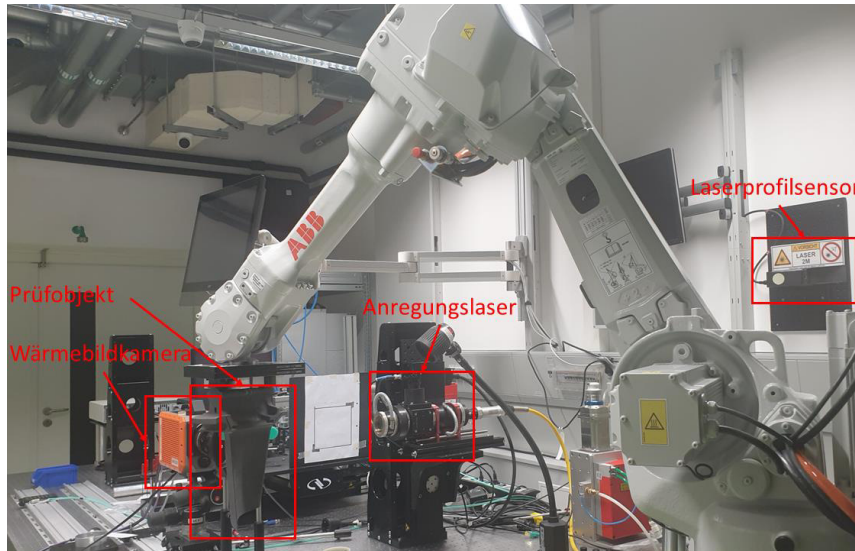
3D Scan

Bahnplanung

Laserthermografie



## Prüfsystem



**IRB2600:**  
max. Last 20 kg  
**IR Kamera:**  
MWIR  
**Laser:**  
940 nm, 500 W

## Linienscanner



- In Roboterkoordinaten voll automatische Einmessung mit Target (12 Freiheitsgrade)
- Aktuelle Implementierung mit 12 Mio. Messwerten pro Minute (96 Mpx/min möglich)



### Keyence - Linienscanner

### Seal 3D-Scanner



LJ-X8200	
Referenzabstand	245 mm
Messbereich Z Achse	±34 mm (68 mm)
Messbereich X Achse	72 mm (64 - 80 mm)
Lichtpunktform (bei Standardabstand)	ca. 115 mm × 116 µm
Wiederholgenauigkeit Z Achse	1 µm
Wiederholgenauigkeit X Achse	3 µm
Linearität	±0,04 %
Profildatenintervall	25 µm (ab 20 µm)
Laser	2M, 10 mW, 405 nm

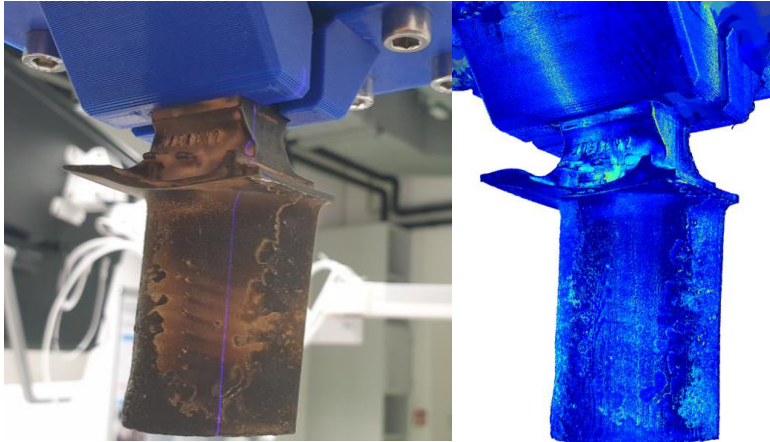
<https://store.3dmakerpro.com/de/products/seal>

<https://www.gom.com/.../atos-5-for-airfoil>

## Automatisierter 3D Scan



- Einstellen der Freiformen mit Texteingaben
- Konkrete Messpfade für bekannte Bauteile möglich



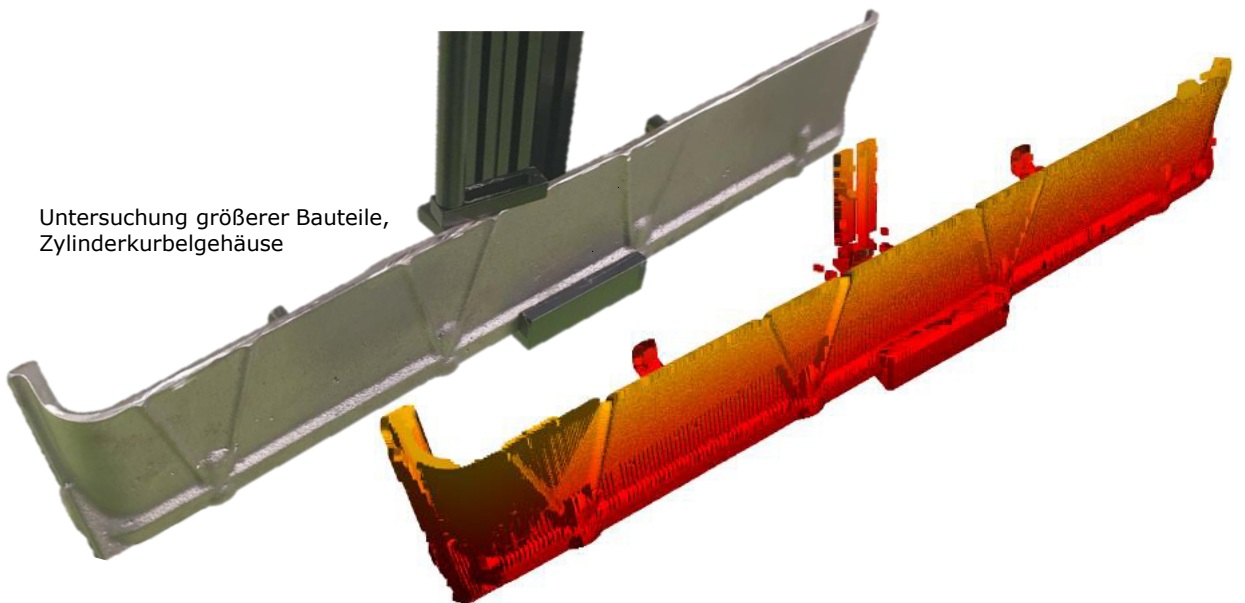
Probe von der Technische Universität Braunschweig, Institut für Flugantriebe und Strömungsmaschine



## Automatisierter 3D Scan



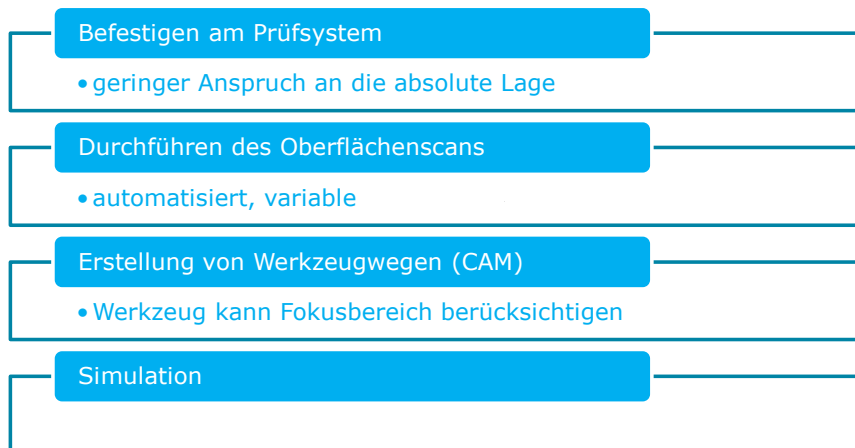
Untersuchung größerer Bauteile,  
Zylinderkurbelgehäuse



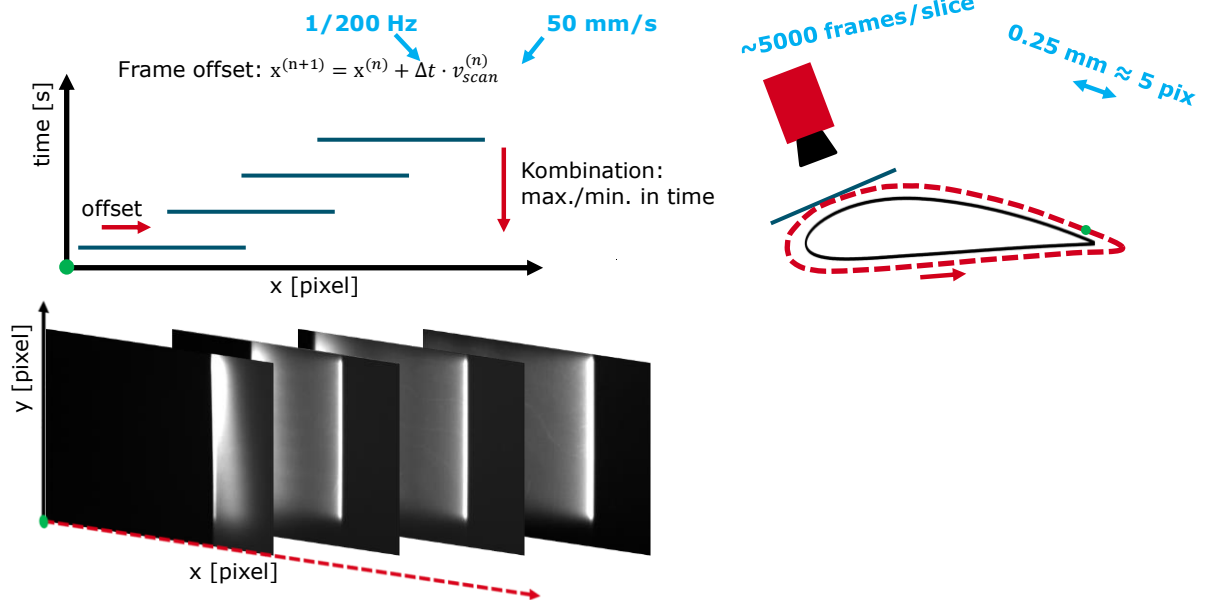
## Klassischer Workflow zur Bahnplanung



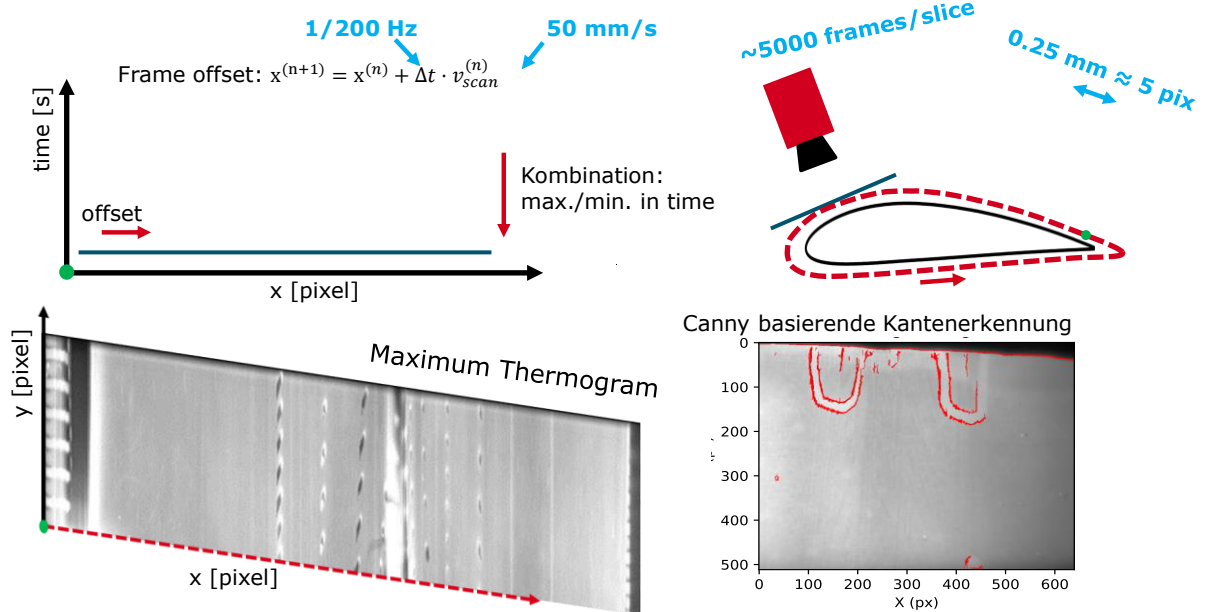
## Bahnplanung auf Basis von 3D Scans



## Bildverarbeitung – Stichung und Kantenerkennung

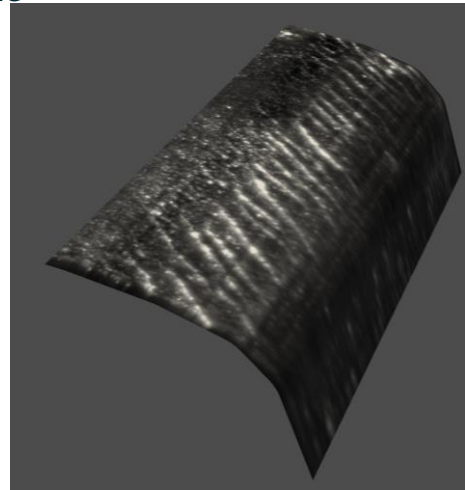
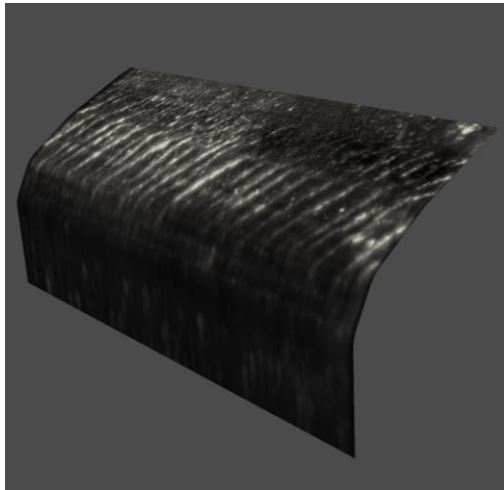


## Bildverarbeitung – Stichung und Kantenerkennung



## Rückprojektion auf das Bauteil

Head Checks an einem Stück einer Bahnschiene



## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Sicherheit in Technik und Chemie

### 3D Scans

- Bauteile bis 20 kg können untersucht werden
- Eine graphische Nutzeroberfläche um die Nutzung zu vereinfachen

### Bahnplanung

- Die Bahnplanung erfolgt an der Istgeometrie anstelle der Sollgeometrie
- Berücksichtigung der Anforderungen des Prüfverfahrens

### Risserkennung

- Die Risserkennung wurde an verschiedenen Bauteilen durchgeführt
- Filterung von falsch-positiv Ergebnissen und eine quantitative Bewertung der Nachweißgrenzen wird bearbeitet



# FÖRDERUNG UND DANKSAGUNG



- Technische Universität Braunschweig, Institut für Flugantriebe und Strömungsmaschine: Bereitstellung der Turbinenschaufel
- Matthias Pelkner, **BAM**: Bereitstellung von Proben
- Jonas Wassermann, Torsten Berendt, **KleRo GmbH**: Pfadplanung für Roboter
- Renè Kern, Rainer Wittkowski, **Siemens Energy AG**: Bereitstellung von Turbinenschaufelproben

Gefördert durch die Investitionsbank Berlin Brandenburg (ProFIT) und kofinanziert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) im Projekt "MRO 2.0 -2. Phase Maintenance, Repair & Overhaul" und durch IGF 22160 N.



EUROPÄISCHE UNION  
Europäischer Sozialfonds

[www.bam.de](http://www.bam.de)

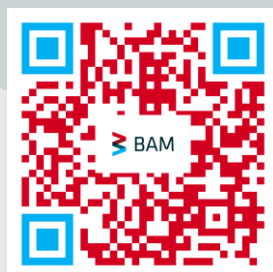


**Werner-von-Siemens Centre**  
for Industry and Science

**Vielen Dank!**  
**Ich freue mich auf ihre Fragen!**



[www.bam.de/thermography](http://www.bam.de/thermography)



[www.bam.de](http://www.bam.de)