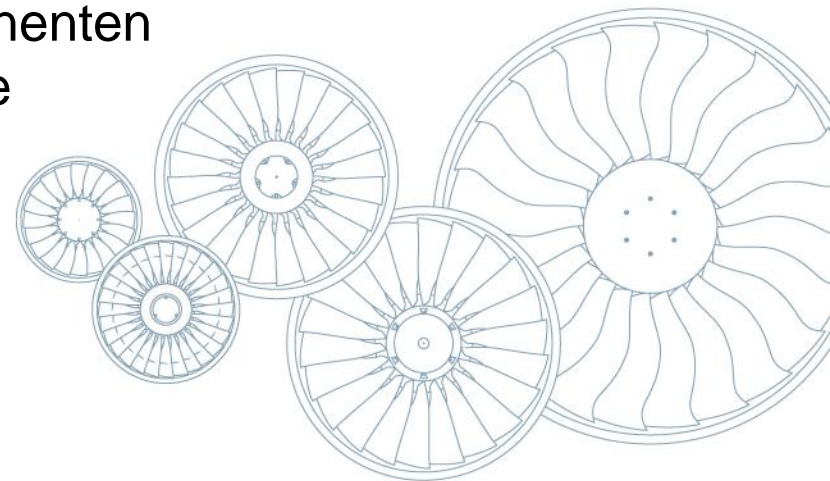




## Additiv hergestellte Triebwerkskomponenten – Herausforderung und Chance für die Prüftechnik

H.U. Baron, J. Bamberg

VDI-TUM-Expertenforum, Garching 2014-09-11

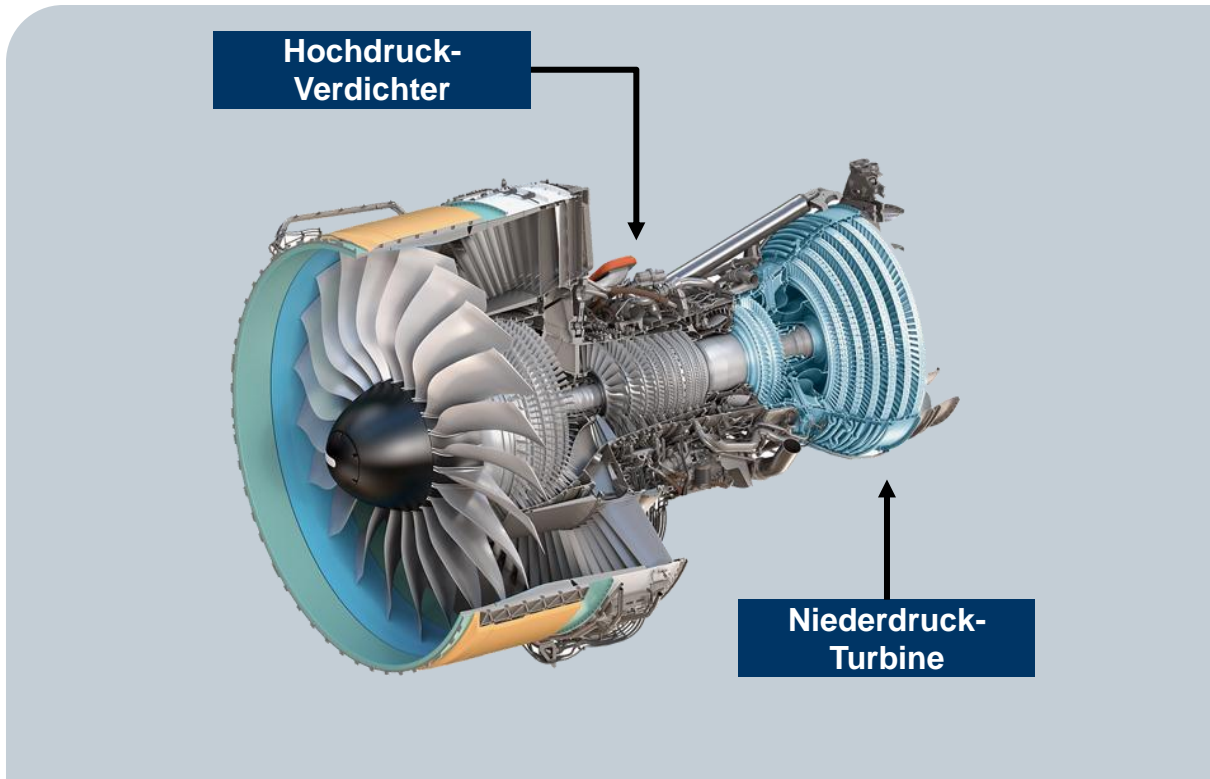


## Gliederung

- MTU
- Additive Manufacturing (AM)
- Qualitäts-Sicherung in der Prozesskette
- Optische Prüfung während des SML-Prozesses

## MTU

- Größter Sub-System Lieferant für Flugzeug-Triebwerke

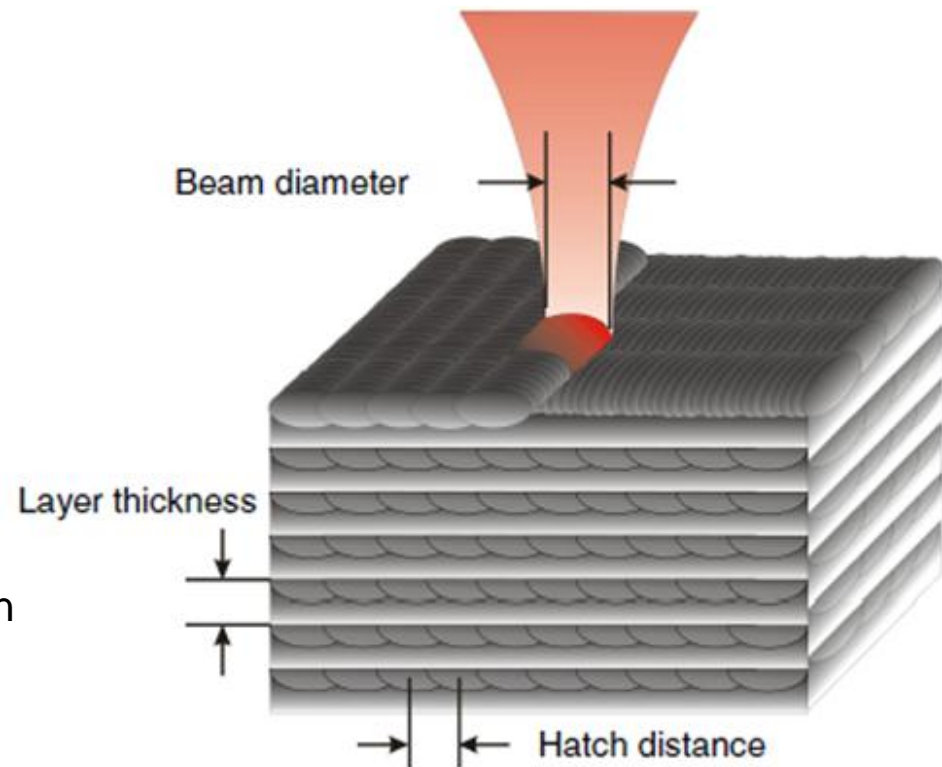


# Additive Manufacturing (AM)

## Selective Laser Melting (SLM)

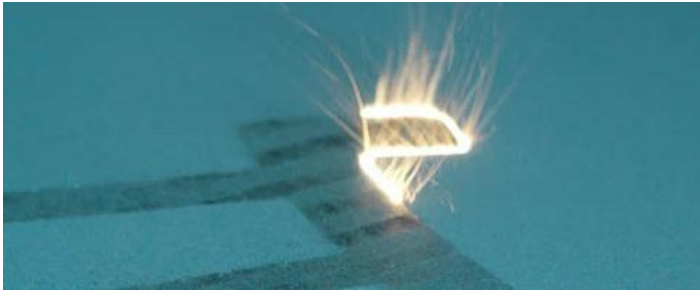
### Prinzip

- 3D-CAD-Modell
- Schnitte → Schichten
- Metallpulver-Bett
- Schicht bei Schicht Laserschweißen



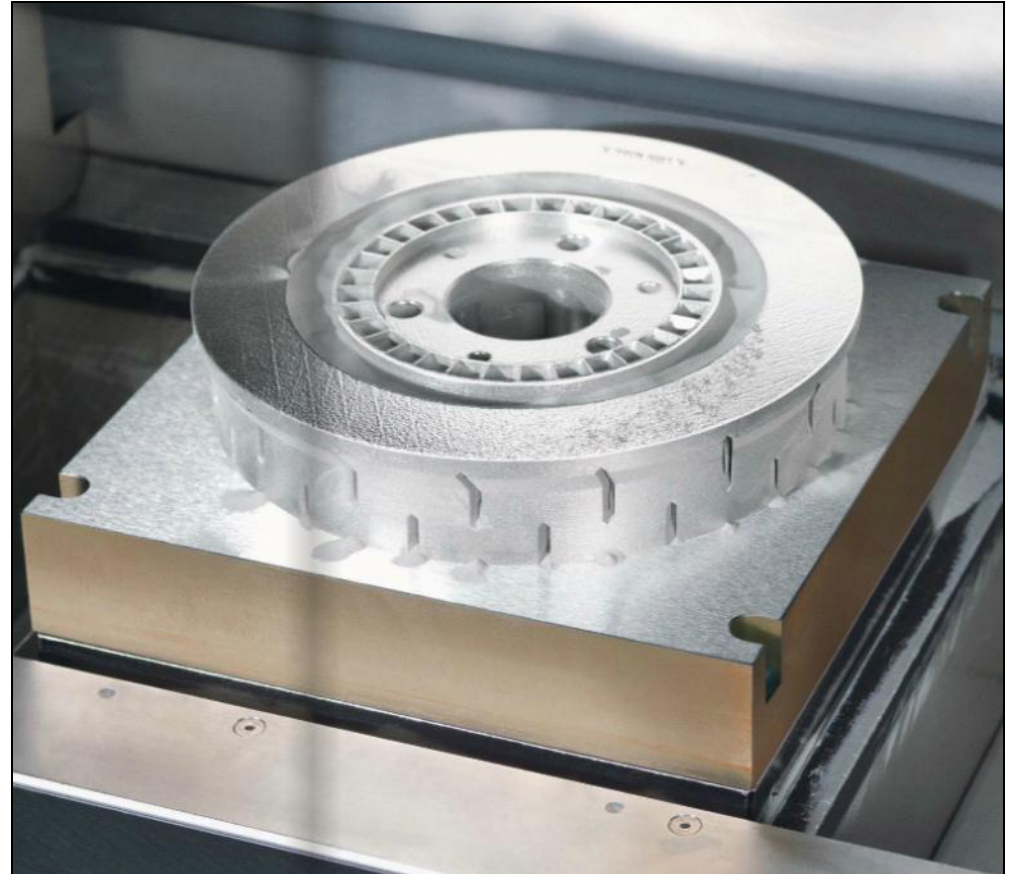
Courtesy of Fraunhofer ILT

## Selective Laser Melting Prozess



- bis zu 400 W Laserleistung
- typisch 1 m/s Scanning speed
- 40  $\mu\text{m}$  Schichtdicke
- 100  $\mu\text{m}$  Vorschub

Fertigteil auf der Plattform →



## Additive Manufacturing Anlagen

- 6 EOS SLM Fertigungsanlagen, 1 EOS SLM Technologieanlage



- Material: IN718 Nickelbasis-Legierung, Stähle



## SLM Produktion von Boroskop-Augen



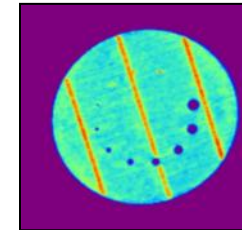
Plattform mit 16 Boroskop-Augen und Zugproben

# Qualitäts-Sicherung in der Prozesskette

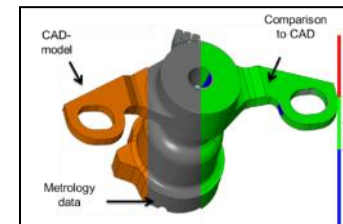
Vorher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulver</li> <li>• Anlage</li> </ul>
--------	--



Während	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozess-Parameter</li> <li>• Ultraschall Monitoring</li> <li>• Optische Prüfung</li> </ul>
---------	---



Nachher	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messtechnik</li> <li>• Röntgen &amp; Eindringprüfung</li> <li>• Werkstoffprüfung</li> </ul>
---------	--





## Qualitäts-Sicherung während SLM

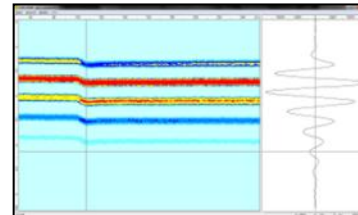
### Prozess-Parameter

- Laserleistung
- Z-Achsen-Bewegung



### Ultraschall Monitoring

- Lokale elastische Eigenschaften



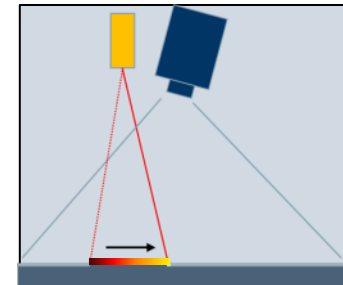
### Optische Prüfung

- Lokaler Energie-Eintrag



## Optische Prüfung während SLM

- Konventionelle optische CMOS Kamera (hohe Empfindlichkeit und Ortauflösung)
- Integration in die SLM Aufbau-Kammer
- Bildaufnahme der kompletten Bauplattform
- Konventionelles Bild des Laserschweiß-Lichtes

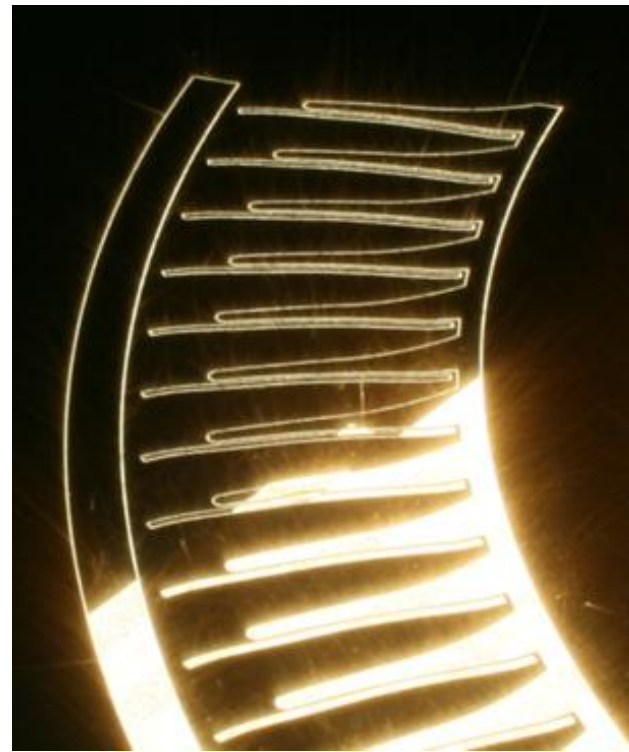


## Neu: Optische Tomographie (OT)

Prinzip: Langzeit-Belichtung mit optischer Kamera im nahen Infrarot-Bereich

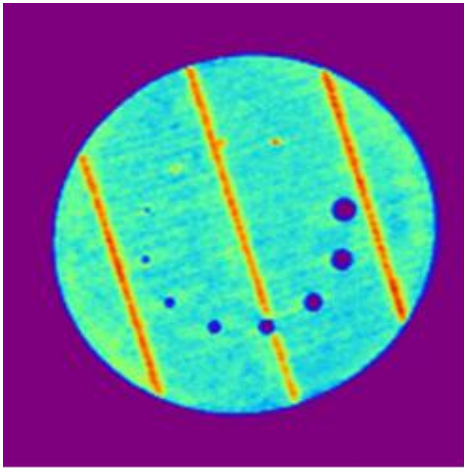


Straßenverkehr

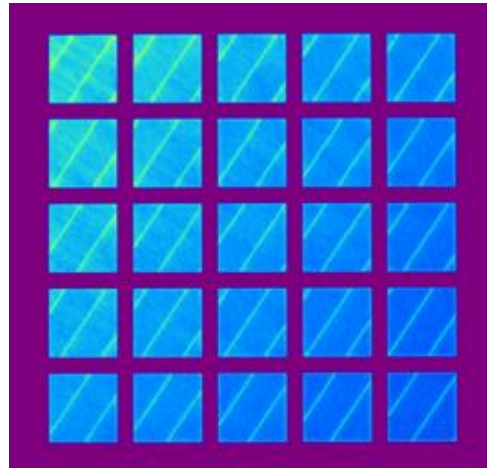


Selective Laser Melting

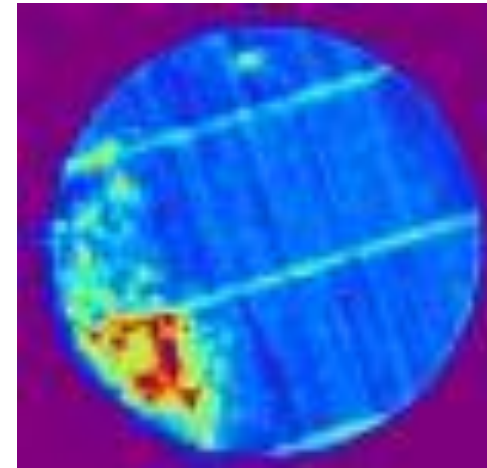
## Möglichkeiten der Optischen Tomographie (OT)



Geometrie & Maße



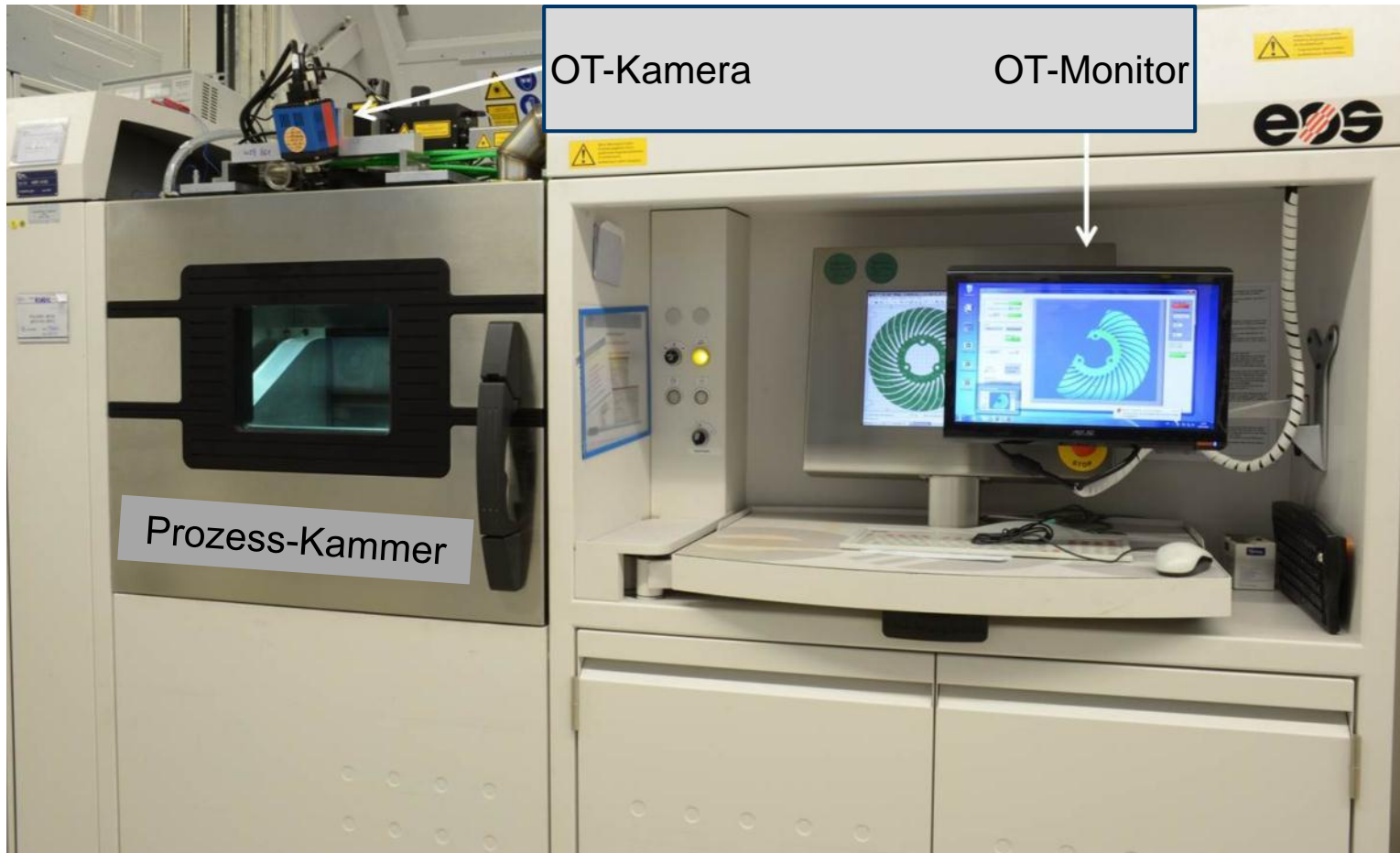
SLM-Parameter



Prozess-Abweichungen

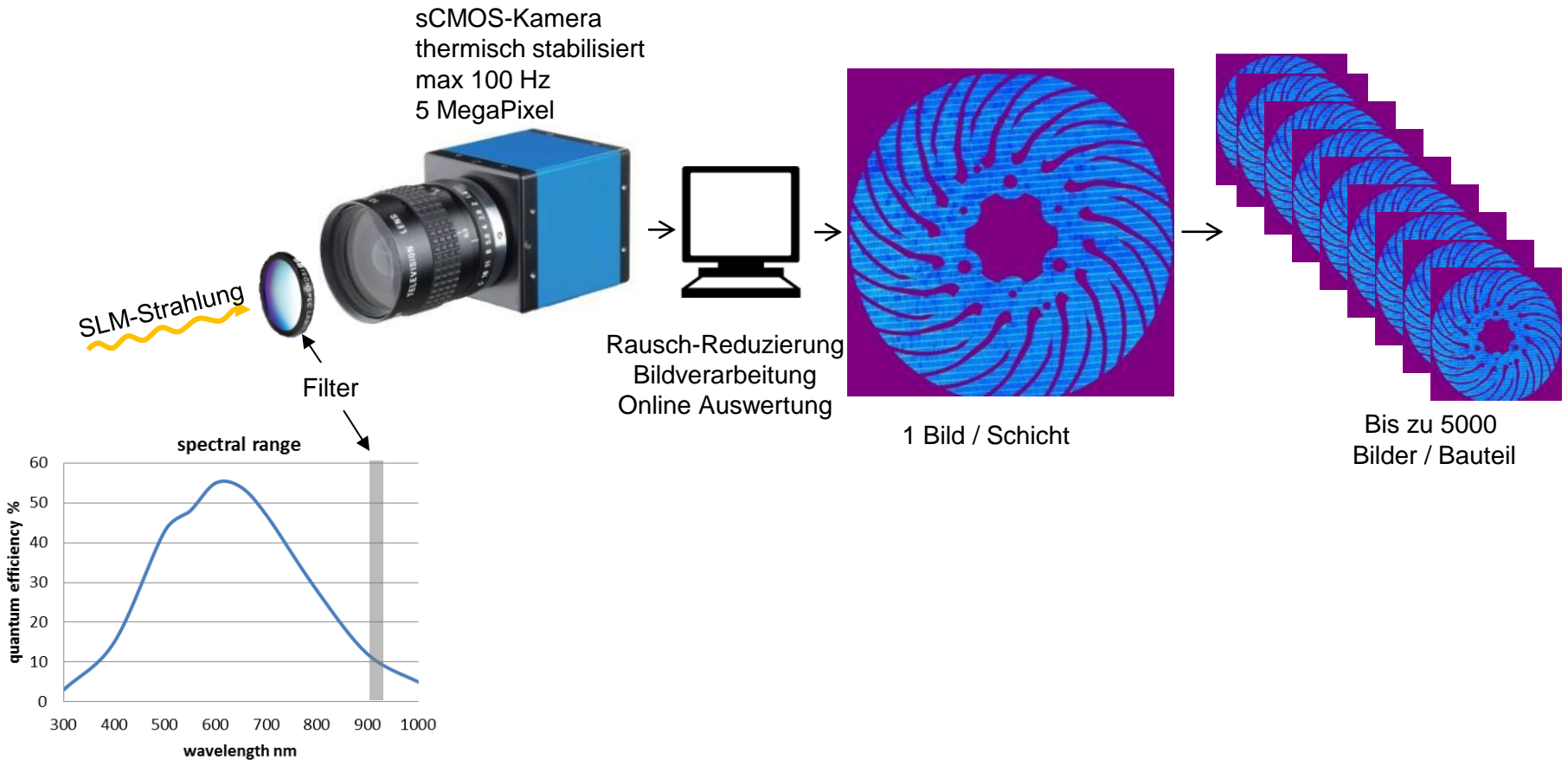
- Alles mit einer hohen Ortsauflösung (0.1 mm x 0.1 mm)
  - Überwachung Schicht bei Schicht ohne Datenverlust
- Optische 3D Visualisierung und Charakterisierung des kompletten SLM-Baujobs

## SLM-System mit OT Erweiterung



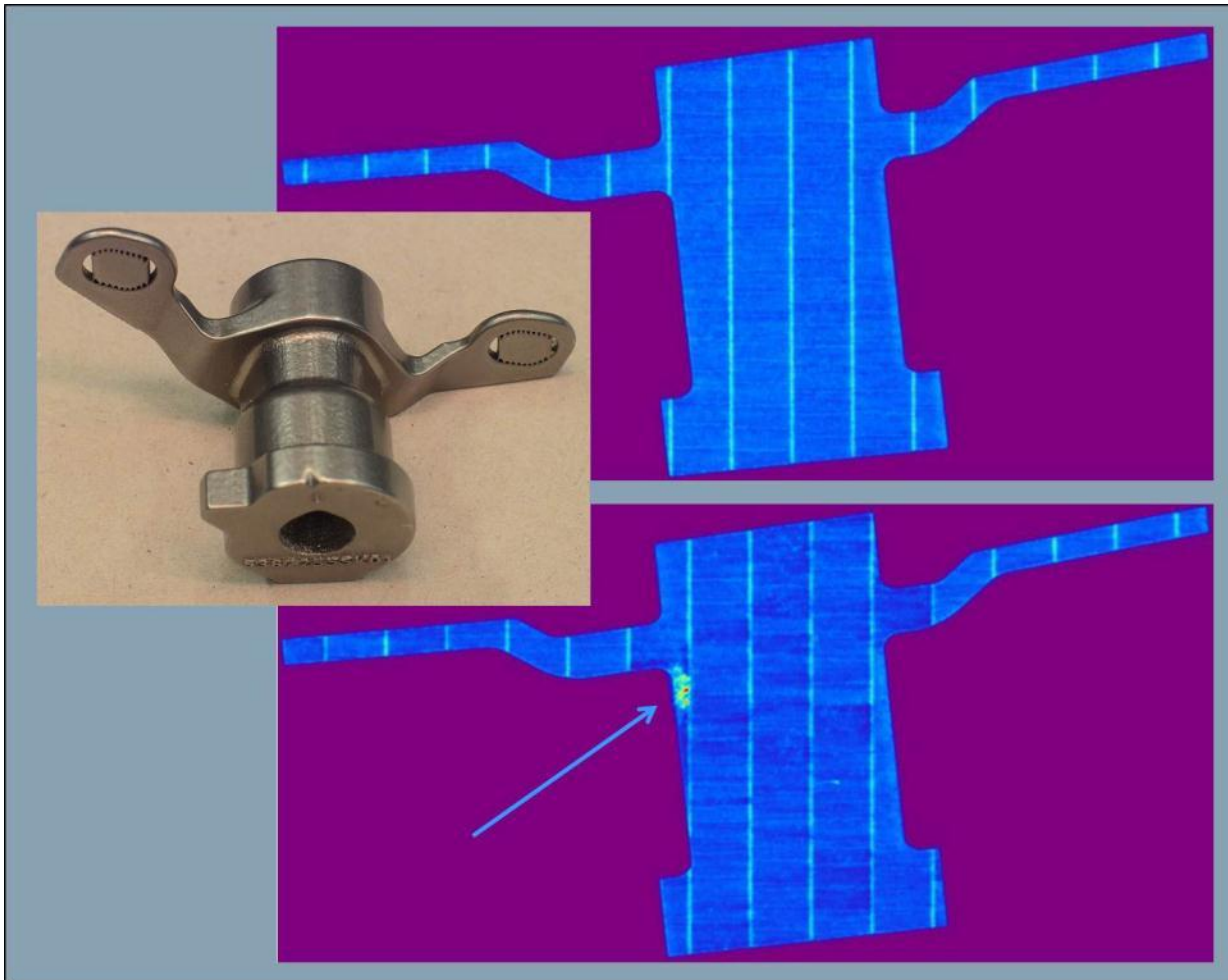


# OT – Daten-Erzeugung

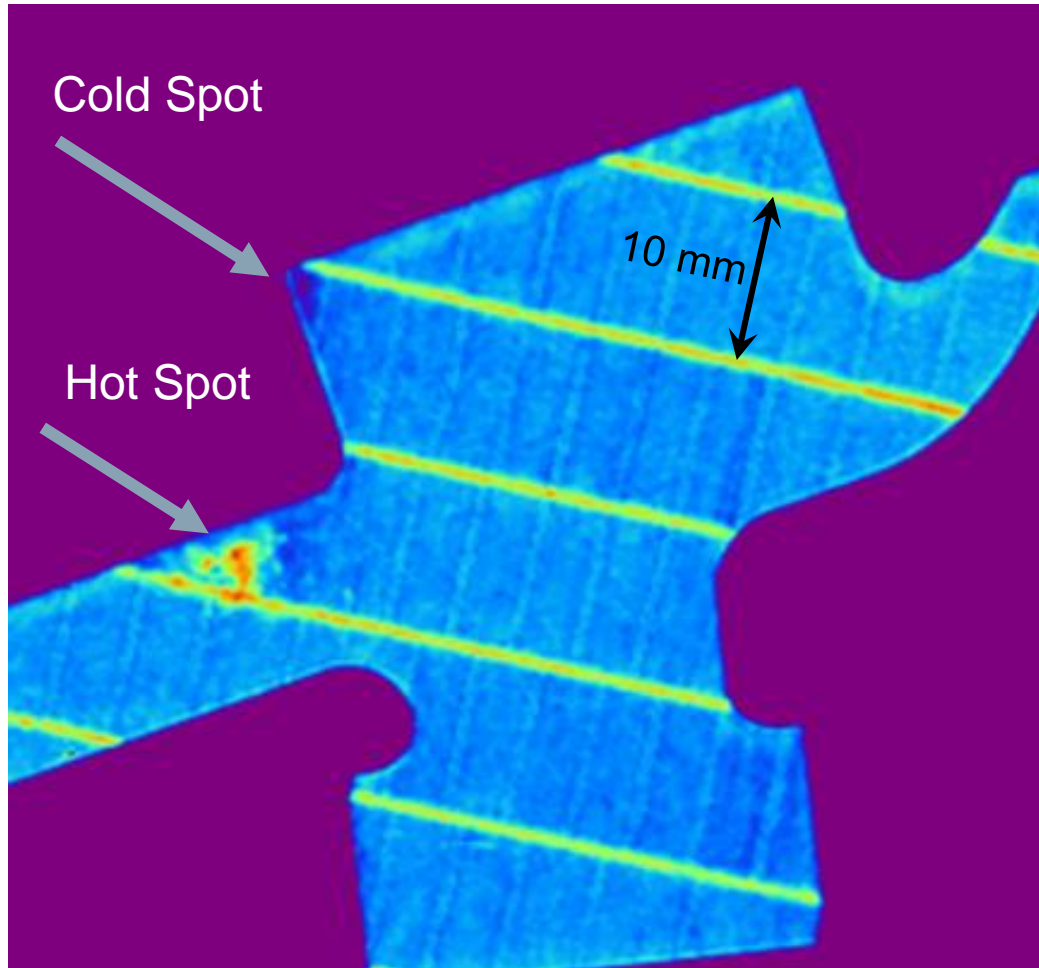




## OT-Anzeigen



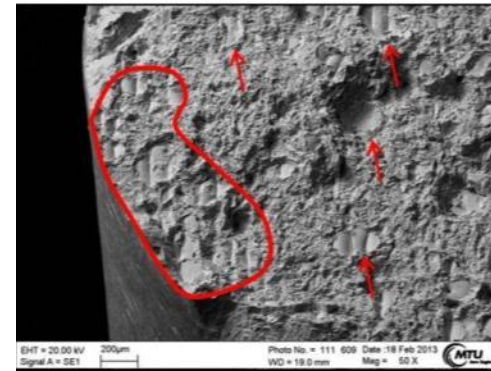
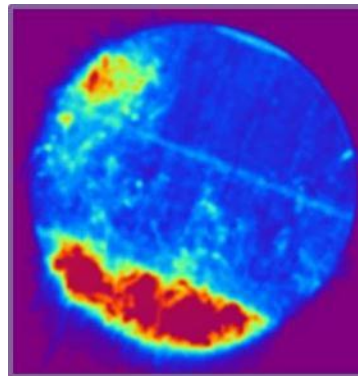
## OT-Anzeigen



## OT-Anzeigen → Fehler

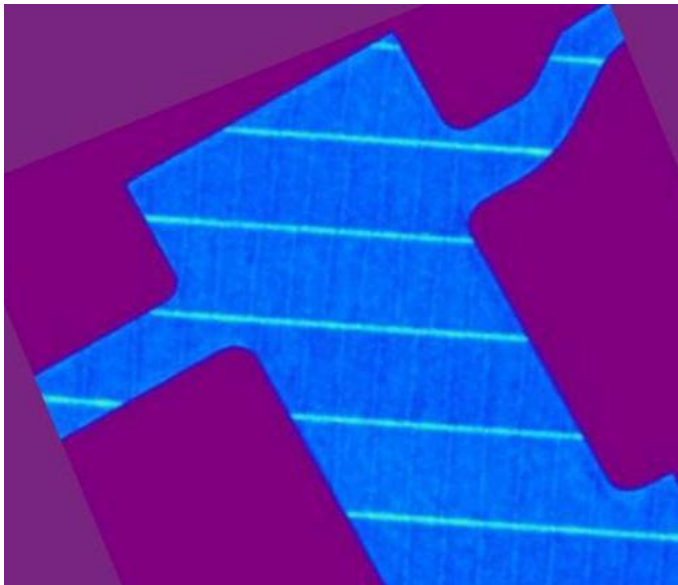


Zugprobe

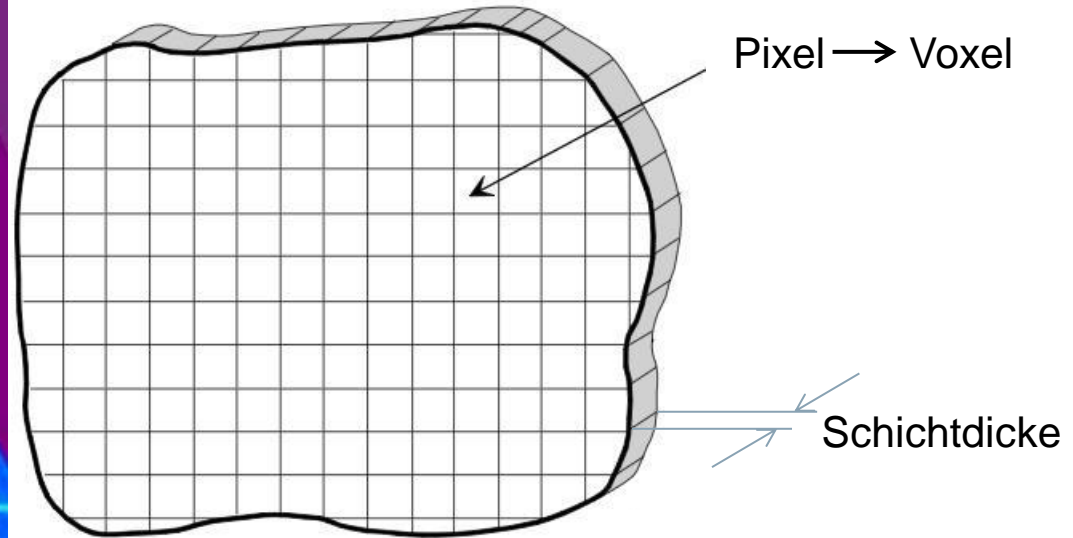


OT-Bild und zugehöriges Bruchbild mit unvollständiger Anbindung

## OT für SLM – Daten-Erzeugung

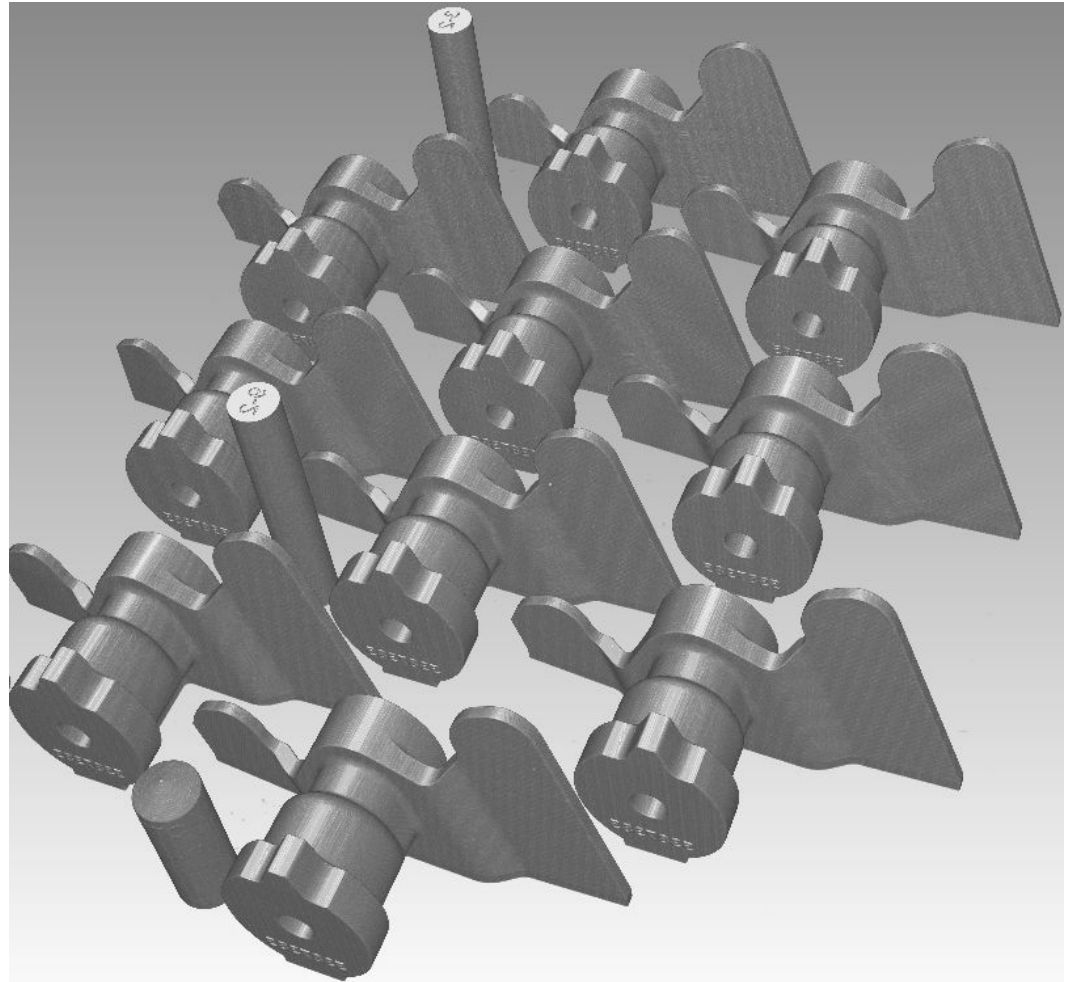


OT-Bild



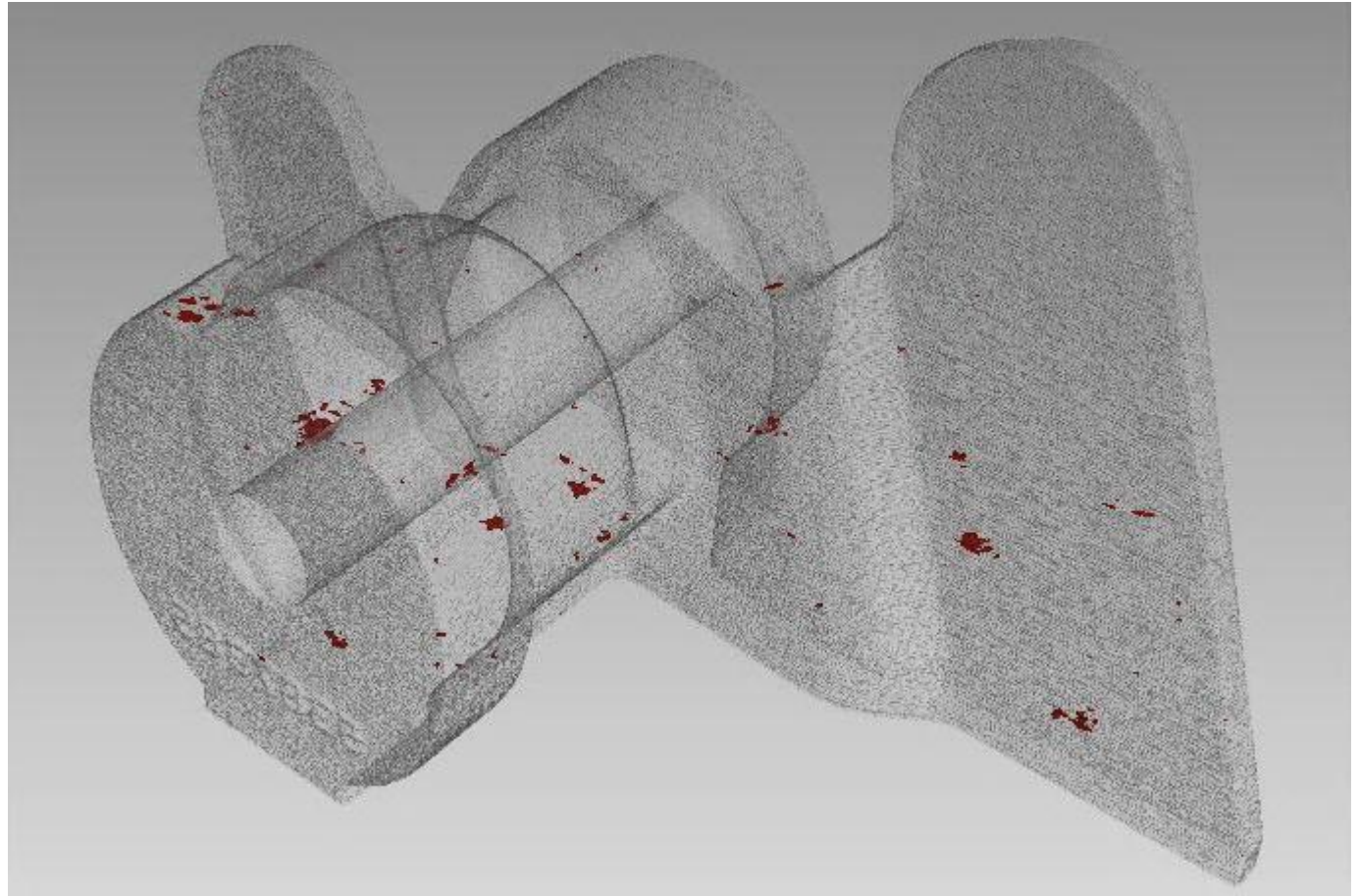
## Optische Tomographie für SLM – 3D-Bild

Tomographisches Bild  
erzeugt aus OT-Bilderstapel





## Optische Tomographie für SLM – Transparentes 3D-Bild







**Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!**

