





# WILLKOMMEN

zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive  
Fertigungsverfahren

# WILLKOMMEN

## zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive Fertigungsverfahren

|                   |                                                                                                                                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08:30 – 09:00 Uhr | <b>Get-Together und Registrierung</b>                                                                                                                         |
| 09:00 – 09:10 Uhr | <b>Begrüßung</b><br>Prof. Dr. Peter Niedermaier & Prof. Dr.-Ing. Fabian Riß; TH Rosenheim                                                                     |
| 09:10 – 09:30 Uhr | <b>Status Additive Fertigung am Campus Rosenheim</b><br>Kevin Lippmann; TH Rosenheim                                                                          |
| 09:30 – 10:00 Uhr | <b>Real-Time Defect Detection in Additive Manufacturing: A Machine Learning Approach for Quality Assurance using AI and IoT</b><br>Faiza Waheed; TH Rosenheim |
| 10:00 – 10:30 Uhr | <b>Additive Fertigung in der Abfüll- und Verpackungstechnik</b><br>Andreas Neuber; Krones AG                                                                  |
| 10:30 – 11:30 Uhr | <b>Pause und Laborführung</b>                                                                                                                                 |

# WILLKOMMEN

zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive  
Fertigungsverfahren

**Pause und Laborführung**



**Kevin  
Lippmann**

TH Rosenheim

Vorstellung Trumpf TruPrint 1000

Vorstellung Aconity3D AconityWire

Vorstellung Materialwissenschaften

Vorstellung KI in der Additiven Fertigung



# WILLKOMMEN

zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive  
Fertigungsverfahren

**Pause und Laborführung**



**Kevin  
Lippmann**

TH Rosenheim

Vorstellung Trumpf TruPrint 1000

Vorstellung Aconity3D AconityWire

Vorstellung Materialwissenschaften

Vorstellung KI in der Additiven Fertigung

**Treffpunkt vor dem Gebäude am Brunnen**

Gruppe 1

Start 10:30 Uhr

Gruppe 2

Gruppe 3

Gruppe 4

Start 11:00 Uhr

# WILLKOMMEN

## zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive Fertigungsverfahren

|                          |                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>11:30 – 12:00 Uhr</b> | <b>Herstellung großvolumiger Kunststoffkomponenten mittels Large Fabrication Additive Manufacturing (LFAM)</b><br>Prof. Dr.-Ing. Thomas Brinkmann; Impetus Plastics Engineering GmbH |
| <b>12:00 – 12:30 Uhr</b> | <b>Neue Potenziale zur Funktionsintegration durch Multimaterial-Anwendungen beim w-LMD Prozess</b><br>Alessandro Morath & Daniel Schlemmer; TH Rosenheim                             |
| <b>12:30 – 13:00 Uhr</b> | <b>Vom Prototyp zur zugelassenen Serie: Qualifikation und Qualitätssicherung für PBF-LB/M in der Luftfahrt</b><br>Mario Schafnitzel; Airbus Helicopters GmbH                         |
| <b>Ab 13:00 Uhr</b>      | <b>Close-Out und anschließendem Get-Together mit Laborführung</b>                                                                                                                    |



# Prof. Dr. Peter Niedermaier

Vizepräsident  
Forschung, Entwicklung und Transfer  
& Bauliche Entwicklung

# WILLKOMMEN

## zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive Fertigungsverfahren

|                   |                                                                                                                                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08:30 – 09:00 Uhr | <b>Get-Together und Registrierung</b>                                                                                                                         |
| 09:00 – 09:10 Uhr | <b>Begrüßung</b><br>Prof. Dr. Peter Niedermaier & Prof. Dr.-Ing. Fabian Riß; TH Rosenheim                                                                     |
| 09:10 – 09:30 Uhr | <b>Status Additive Fertigung am Campus Rosenheim</b><br>Kevin Lippmann; TH Rosenheim                                                                          |
| 09:30 – 10:00 Uhr | <b>Real-Time Defect Detection in Additive Manufacturing: A Machine Learning Approach for Quality Assurance using AI and IoT</b><br>Faiza Waheed; TH Rosenheim |
| 10:00 – 10:30 Uhr | <b>Additive Fertigung in der Abfüll- und Verpackungstechnik</b><br>Andreas Neuber; Krones AG                                                                  |
| 10:30 – 11:30 Uhr | <b>Pause und Laborführung</b>                                                                                                                                 |



# WILLKOMMEN

zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive  
Fertigungsverfahren

- Status im und rund um unser Labor -

06.03.2026

# WILLKOMMEN

zum 4. Rosenheimer Symposium für Additive  
Fertigungsverfahren



Praxisnah. Forschen. Lehren.



**Praxisnah. Forschen. Lehren.**





**Praxisnah.**

**Forschen.**

**Lehren.**

**Industrie- / Transferprojekte**  
ReBi  
kAeMu  
MEDAM  
AMRT  
El Smart Factory Inntal

PSchIAFSim  
AI4Green  
Monitoring  
ECT  
Prozesskettenentwicklung  
Promotionen

GT4T  
Bachelor / Master  
Micro-Credentials  
Lernpfade  
VR-System  
Lernfabrik

**Team & Labor**

**Praxisnah.**

**Forschen.**

**Lehren.**

**Team & Labor**

**Praxisnah.**

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



**Forschen.**

**Lehren.**

## UNSER TEAM



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

## UNSER TEAM



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

## UNSER TEAM



Mitarbeiter



Studentische Projekte



Forschungsprojekte

Team & Labor

Praxisnah.

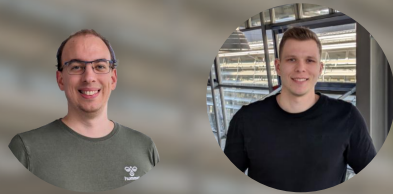
Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

## UNSER TEAM



+20%

Mitarbeiter



+30%

Studentische Projekte



+50%

Forschungsprojekte

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

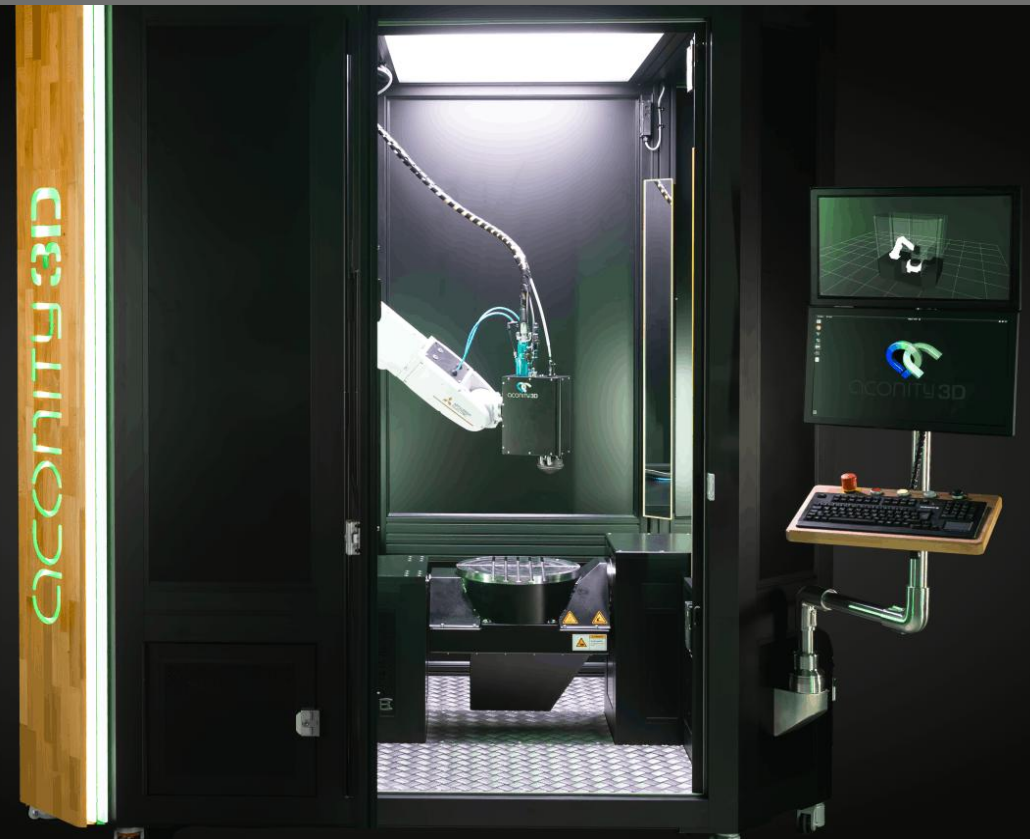
Lehren.

## UNSER LABOR

### Laser Powder Bed Fusion



### Wire Laser Metal Deposition



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

## UNSER LABOR

### Laser Powder Bed Fusion



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**

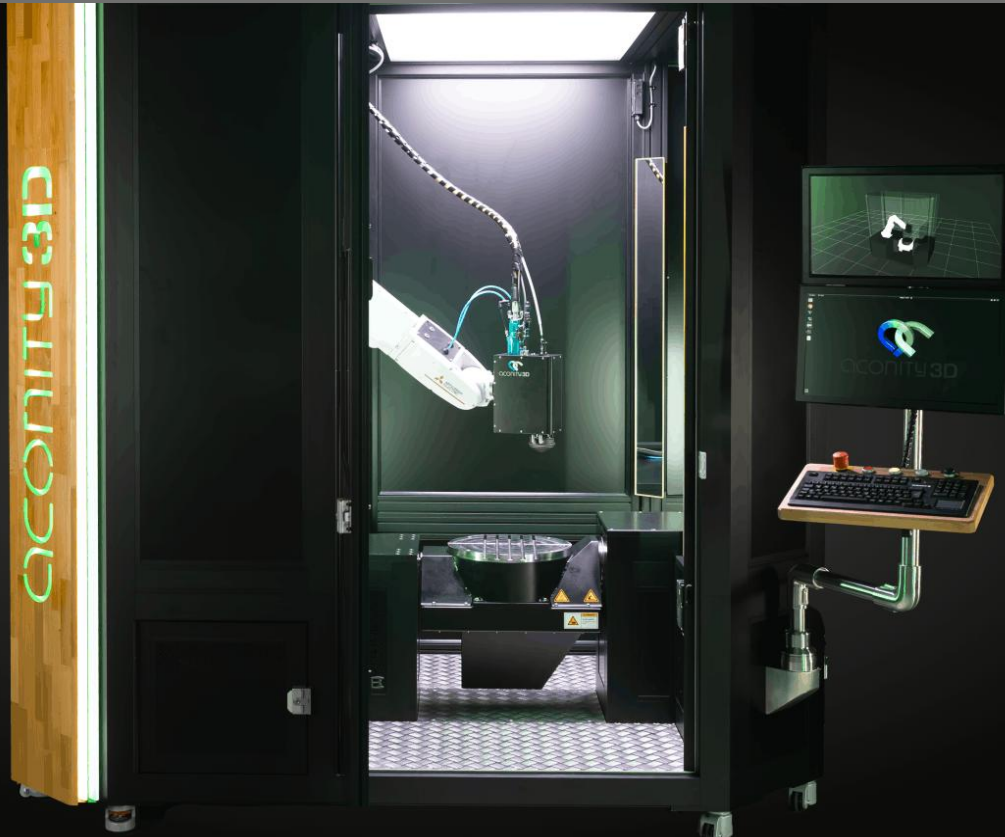


Forschen.

Lehren.

## UNSER LABOR

### Wire Laser Metal Deposition



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

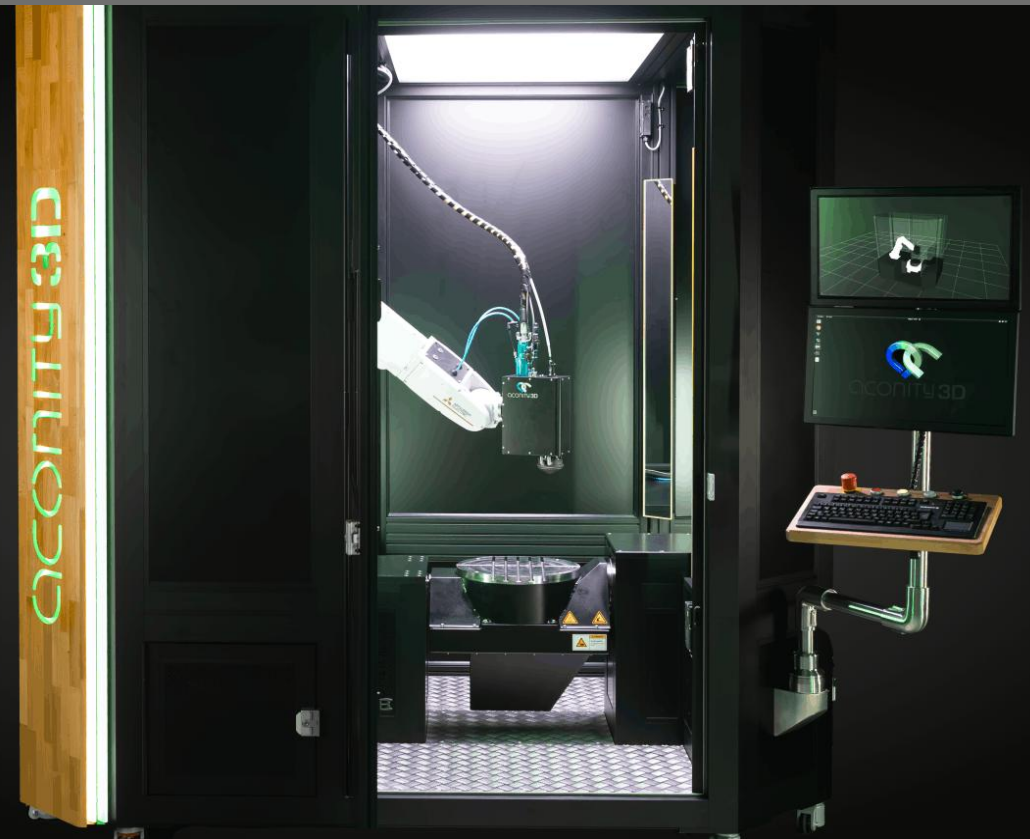
Lehren.

## UNSER LABOR

### Laser Powder Bed Fusion



### Wire Laser Metal Deposition



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



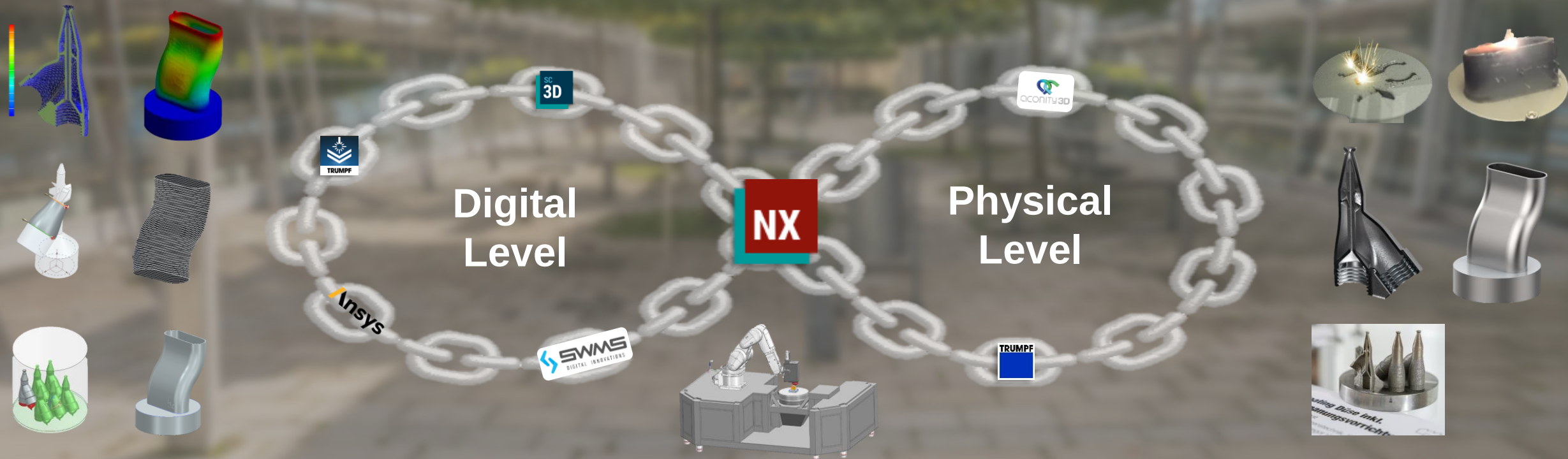
Forschen.

Lehren.

## UNSER LABOR

### Laser Powder Bed Fusion

### Wire Laser Metal Deposition



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**

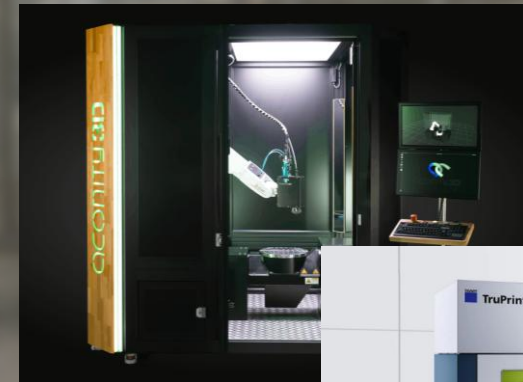
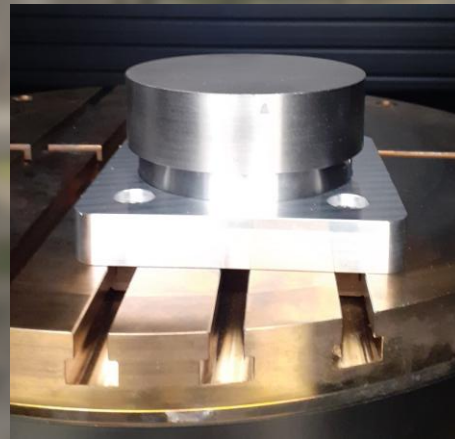


Forschen.

Lehren.

# UNSER LABOR

## Nullpunktspannsystem



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**

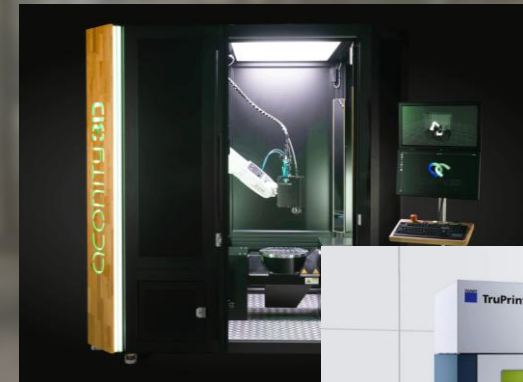
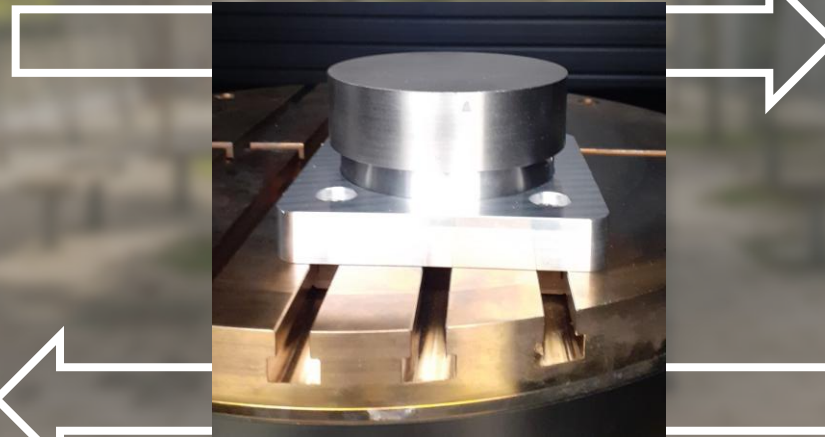
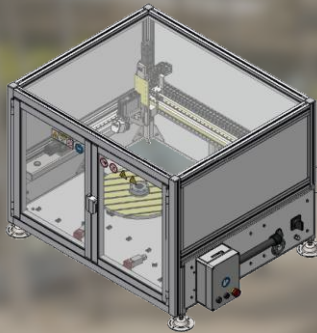


Forschen.

Lehren.

# UNSER LABOR

## Nullpunktspannsystem





**Team & Labor**

**Praxisnah.**

**Forschen.**

**Lehren.**

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

ReBi



κAeMu



Praxisnah.

Transferprojekte



Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



aconity 3D

Qualified<sup>AM</sup>

solukon

... | ZERO CLAMP®

holzau.tech

SIEMENS

IMPETUS  
GREAT PERFORMANCE ENGINEERING

DATAWIN



SST  
STEIGERWALD STRAHLENTHEKNIK

rico GROUP

hock  
Technologie die begeistert

bhs

BBW

vocus

ARRI



Flottweg

Jell

prexels  
engineering & design | digitalization | automation | additive manufacturing

ViscoTec

PRECHTL  
ENGINEERING

3D-Z  
3D printing ZENTRO-DRUCK

Advanced  
Additive  
Production & Printing Solutions

O.K.+Partner  
ENGINEERING - CONSULTING - TRADING

MOSER STEFAN  
PROCESS  
OPTIMIZATION

bayern  
innovativ  
Innovation leben

dipolo

METEXON

SOLAR  
WING

soffico

APWORKS

FORMRISE  
3D PRINTING

nebumind

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
Rosenheim



Forschen.

Lehren.

Ressourceneffiziente, innovative Bauteillösungen durch AM mit  
Pilotprojekten im bayerisch-österreichischen Grenzraum

ReBi

Interreg  
Bayern-Österreich



Kofinanziert von der  
Europäischen Union

Symposien & Colloquien



Forschungsprojekte



Webinare & Workshops

WEBINAR-REIHE

Freitags, Februar-März 2026  
9:00 Uhr – 10:00 Uhr

Industrieprojekte



Maximilian Heinz  
Daniel Schlemmer

Projektlaufzeit: 01.04.2023 – 31.03.2026 (24 Monate)  
Förderumfang: 2.547.727,95 €

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.



UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES  
UPPER AUSTRIA

Grenzüberschreitende Kompetenzentwicklung zur intelligenten  
Reparatur von metallischen Bauteilen durch Additive Fertigung

**AMRT**

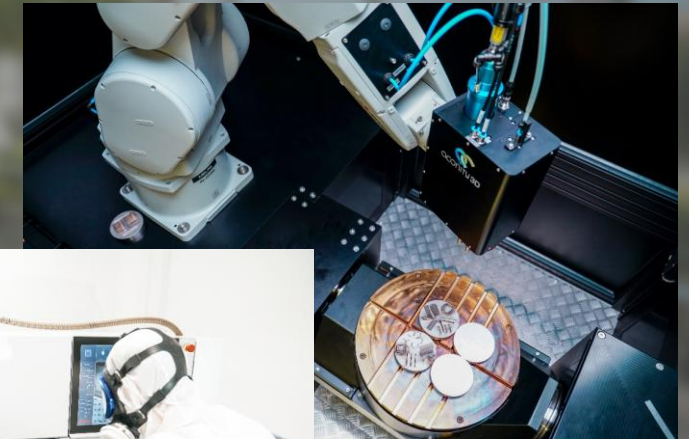
**Interreg**  
Bayern-Österreich



Kofinanziert von der  
Europäischen Union

## Übersicht:

- Material-, energie- und prozesseffiziente Reparatur verschlissener Bauteile
- Laser-Draht/Pulver-AM mit integriertem Fräsprozess
- Grenzüberschreitende Pilotprojekte, praxisnahe Workshops, Ringvorlesungen und Exkursionen zur Qualifizierung und Wissenstransfer
- Für KMU in der Grenzregion Bayern/Österreich



Fabian Riß  
Daniel Schlemmer

Projektlaufzeit: 01.01.2025 – 31.12.2027 (24 Monate)  
Förderumfang: 447.643,20 €

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
Rosenheim



Forschen.

Lehren.



Qualifizierung von Beschäftigten in bayerischen klein- und mittelständischen Unternehmen in Bezug auf Additive Manufacturing

kAeMu

Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst



Finanziert von der  
Europäischen Union

Experience Day



Lasertagung



Experience Day



DoE-Tagung



MOSER STEFAN  
PROCESS  
OPTIMIZATION



Fabian Riß  
Mohamed Kamal

Projektlaufzeit: 01.09.2024 – 31.08.2026 (24 Monate)  
Förderumfang: 519.000,00 €

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

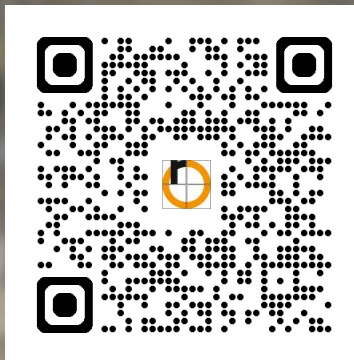
Innovative Medizintechnik durch Additive Fertigung

**MEDAM**

Bayerisches Staatsministerium für  
Wissenschaft und Kunst



Finanziert von der  
Europäischen Union



Bitte eine kurze Mail an Prof. Dr.-Ing. Fabian Riß

[Fabian.Riss@th-rosenheim.de](mailto:Fabian.Riss@th-rosenheim.de)

Oder per Telefon: 08031 805 2431

Projektlaufzeit: 01.01.2026 – 31.12.2028 (36 Monate)  
Förderumfang: 581.671,00 €



**Team & Labor**

**Praxisnah.**

**Forschen.**

**Lehren.**

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

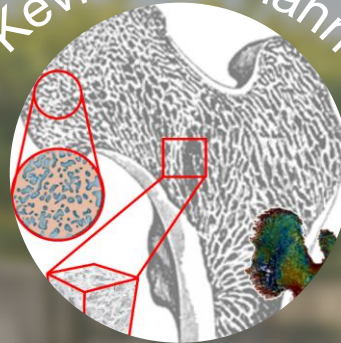
Maximilian Heinz



Nicolas Rolinck



Kevin Lippmann

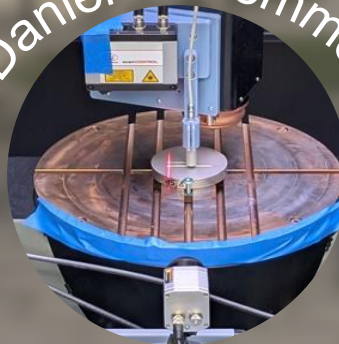


Forschen.

Mohamed Kamal



Daniel Schlemmer



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

Einblick in unsere Forschung

Maximilian  
Heinz



**IMPETUS**

GREAT PERFORMANCE ENGINEERING

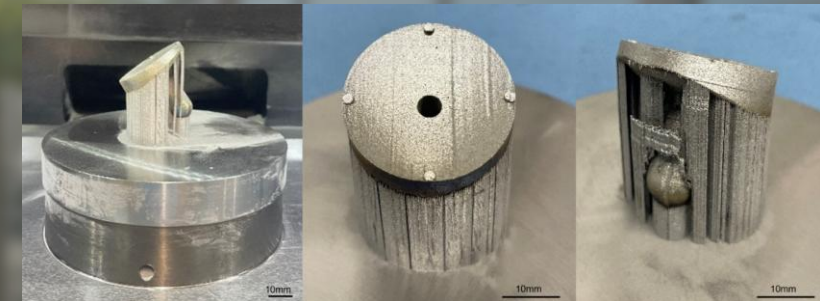
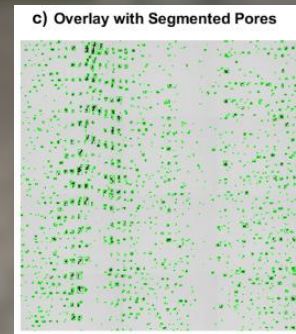
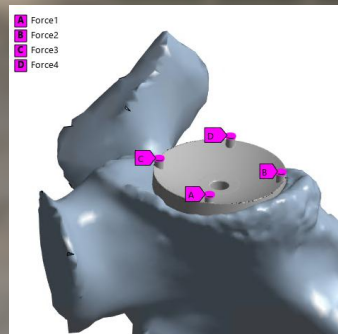
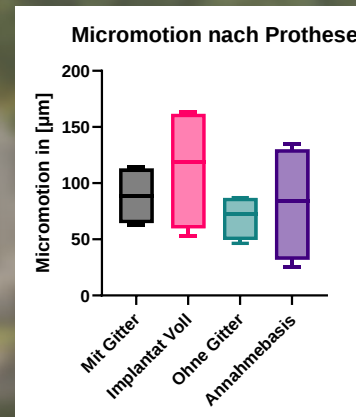
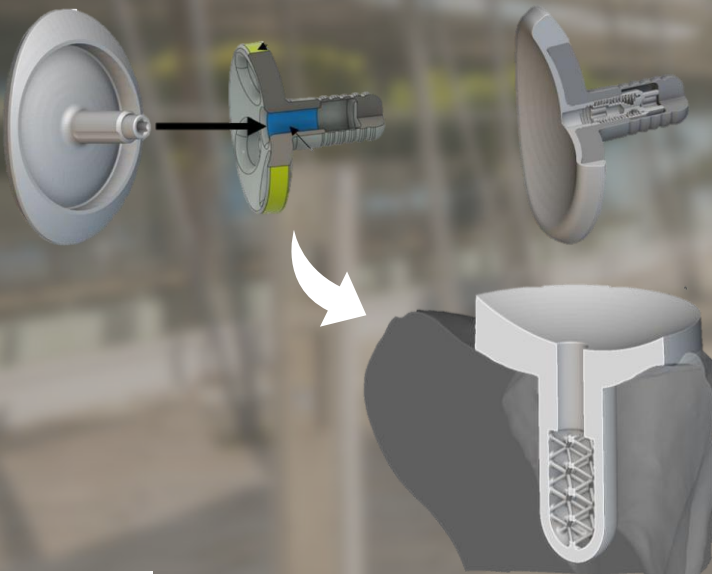


**PSchIAFSim**



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

**VDI | VDE | IT**



Maximilian Heinz  
Kevin Lippmann

Projektlaufzeit: 01.03.2022 - 30.06.2025 (36 Monate)  
Förderumfang: 844.147,00 €

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

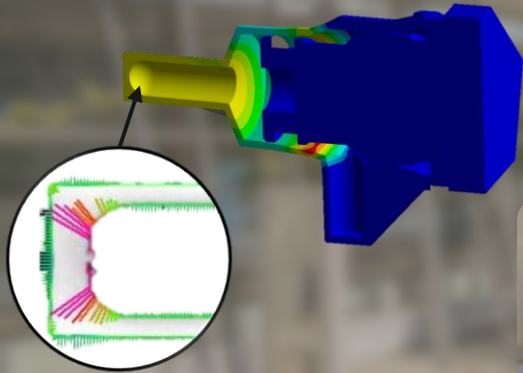
Lehren.

Nicolas  
Rolinck



Einblick in unsere Forschung

## Entwicklung und Validierung dünnwandiger Hydraulikkomponenten



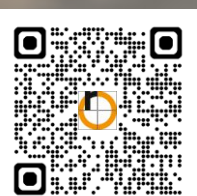
Quelle: ApplusIMA GmbH

**Fokus:** • Simulationsabweichungen und Versagensmuster  
• PBF-LB/M-hergestellte Fluidtechnik-Bauteilen  
• Zeit- und Dauerfestigkeitsbereich

**Ziel:** • Effiziente/verlässliche Konstruktion, Validierung und Herstellung  
• Dünnwandige Komponenten für Hochdruck-Fluidtechnik

**Vorteil:** • Kompakte Baugrößen & Gewichtseinsparung  
• Strömungseffiziente Baugruppen

3D-ESP „Effizienzoptimierung durch Drehzahlsteigerung und Lärminderung maritimer Pumpen mittels additiver Fertigung“  
Beginn: 01.05.2026



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

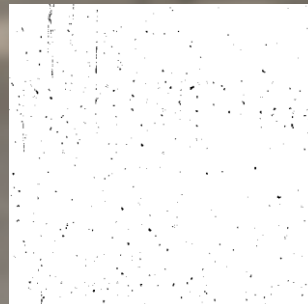
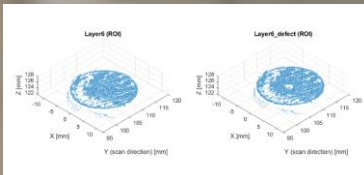
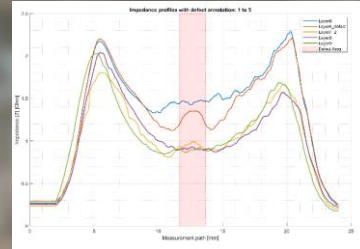
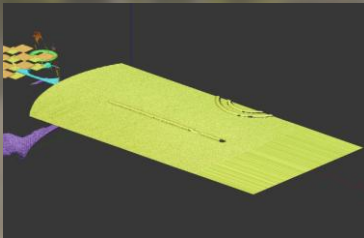
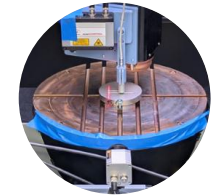
Lehren.

**Daniel  
Schlemmer**



Einblick in unsere Forschung

# w-LMD Prozessüberwachung mittels Wirbelstromprüfung und Laser-Profil-Scanner



**Fokus:**

- In-situ Prozessüberwachung/-inspektion
- DED-LB/M hergestellten dünnwandigen Strukturen
- Insbesondere Defektanalyse

**Ziel:**

- Defekterkennung/-meldung während der Fertigung
- Reparatur von Bestandteilen
- Aufbau einer Messdatenbank

**Vorteil:**

- Material-, Energie- und Prozesseffizienz
- Qualitätssicherung
- Später: Prozesssteuerung



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
Rosenheim



Forschen.

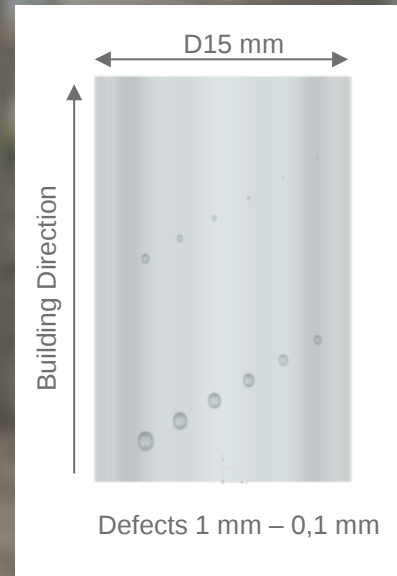
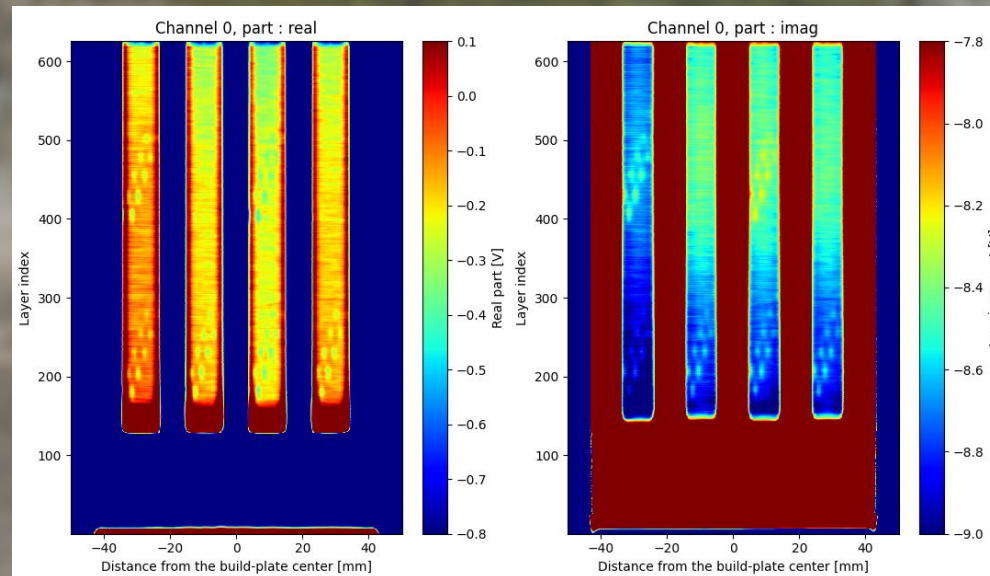
Lehren.

Mohamed  
Kamal



Einblick in unsere Forschung

# In-situ Process Monitoring of Local Defects in LPBF by means of Eddy Current



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
Rosenheim



Forschen.

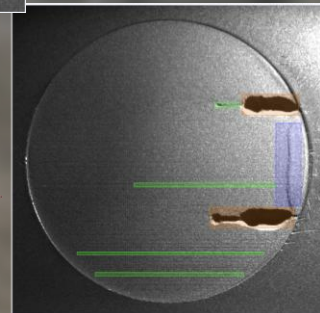
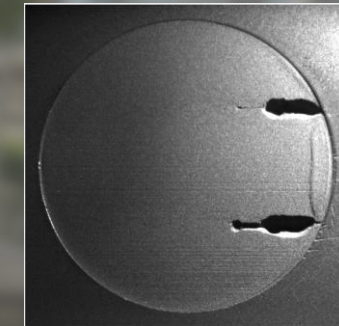
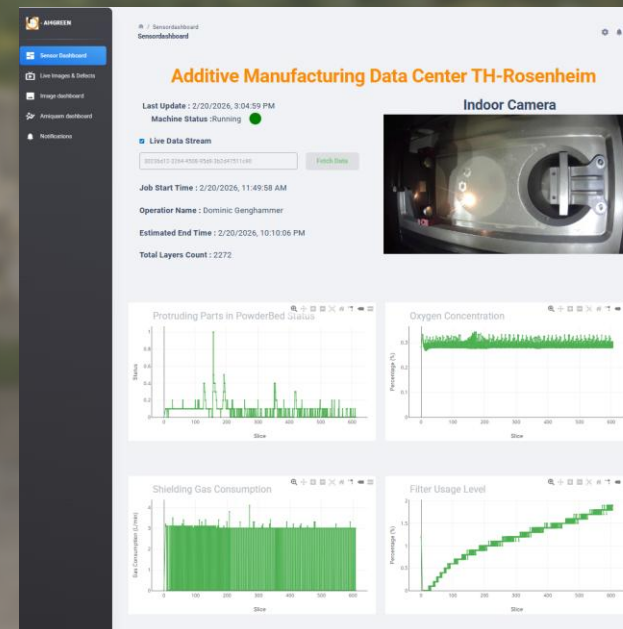
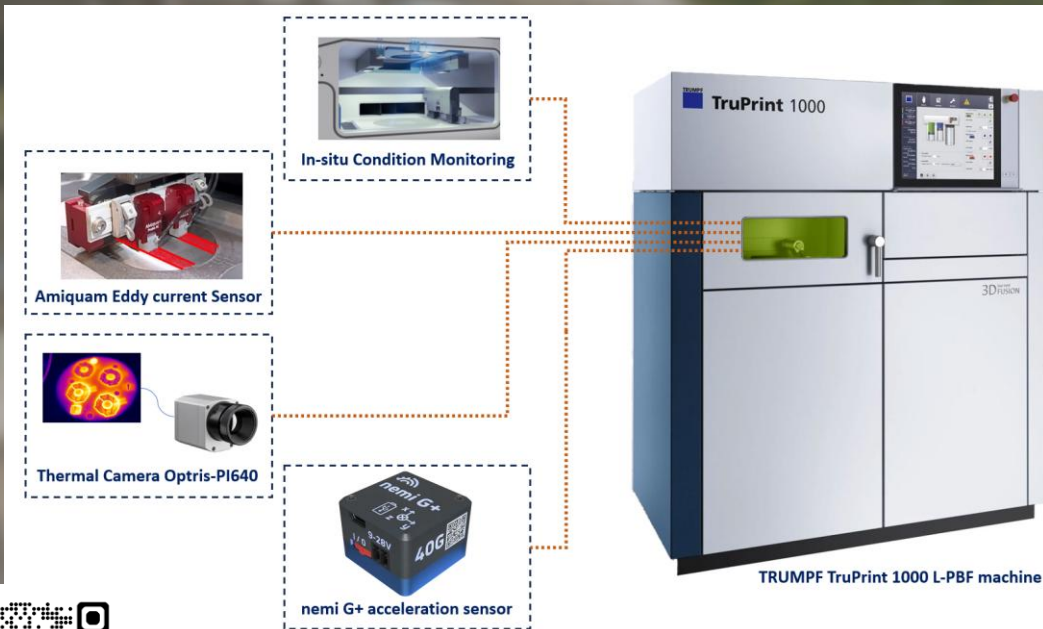
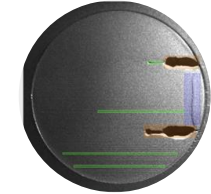
Lehren.

Faiza  
Waheed



Einblick in unsere Forschung

# AI-Driven Data Management & Quality Assurance Framework for Metal AM



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

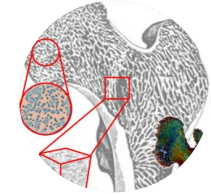
Lehren.

Kevin  
Lippmann



Einblick in unsere Forschung

## Additively Manufactured Polymer Bone Models in Biomechanical Testing



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

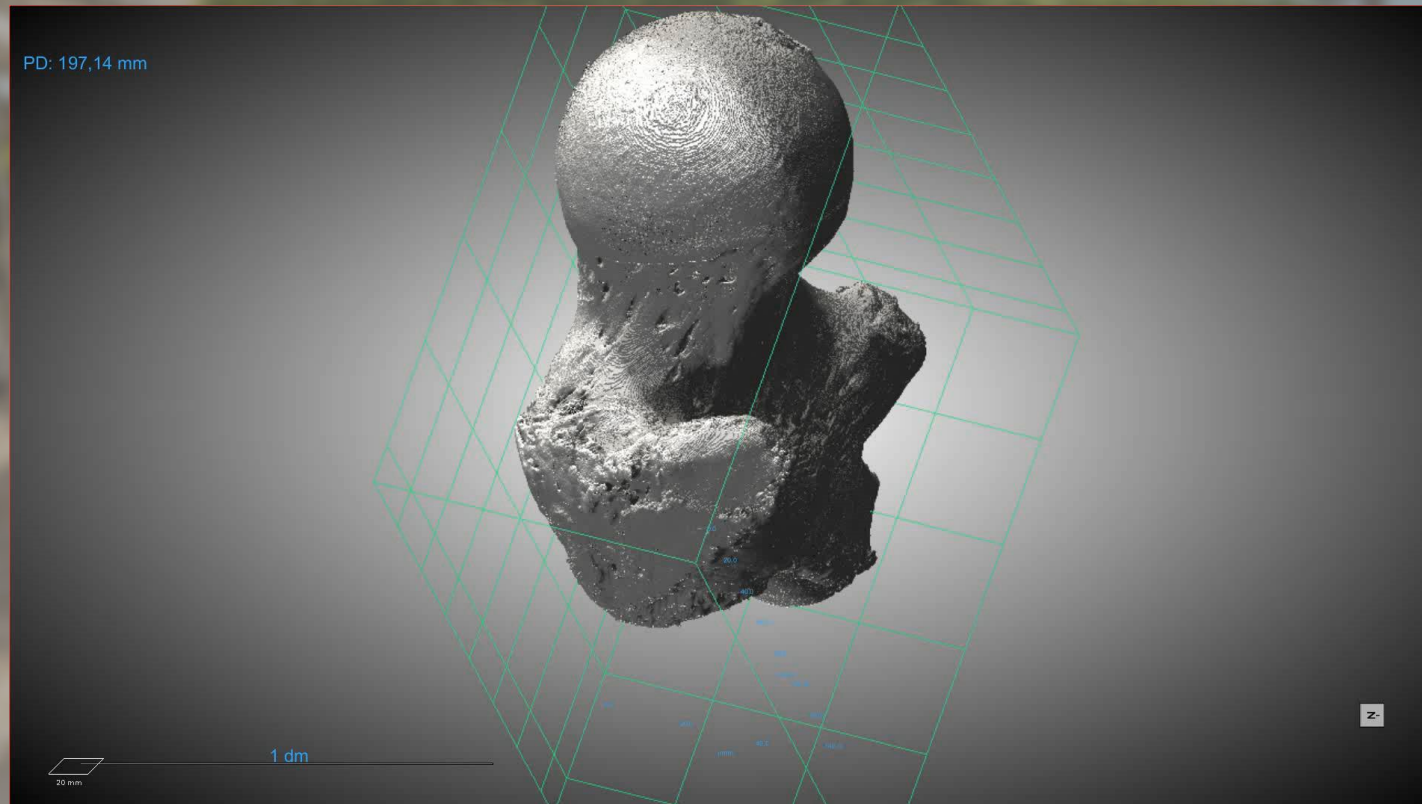
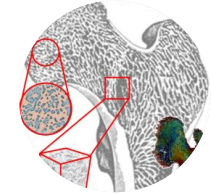
Lehren.

Kevin  
Lippmann



Einblick in unsere Forschung

## Additively Manufactured Polymer Bone Models in Biomechanical Testing



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

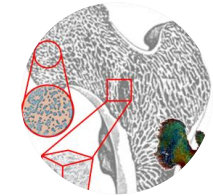
Lehren.

Kevin  
Lippmann



Einblick in unsere Forschung

## Additively Manufactured Polymer Bone Models in Biomechanical Testing



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
Rosenheim



Forschen.

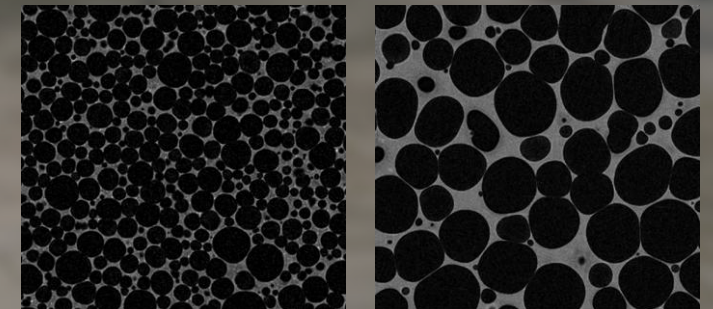
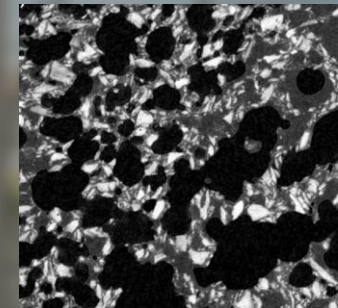
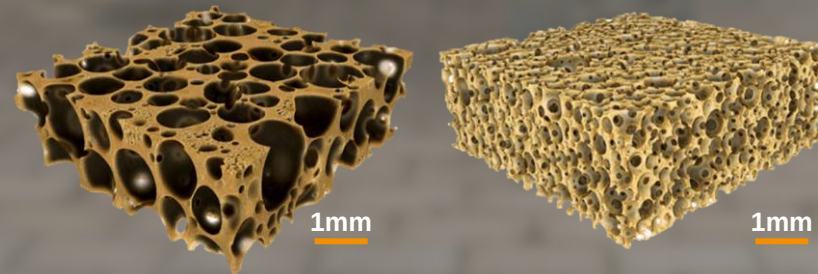
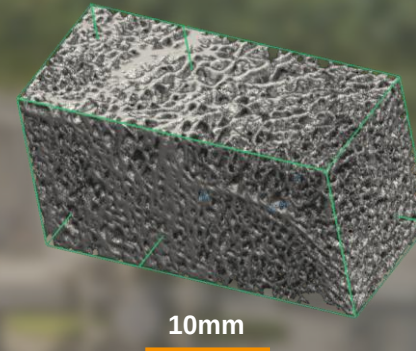
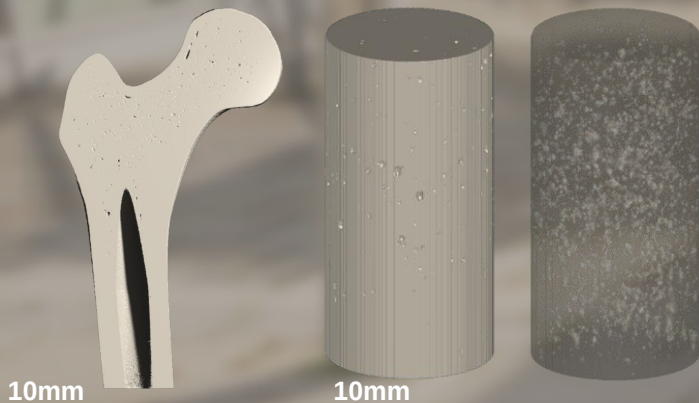
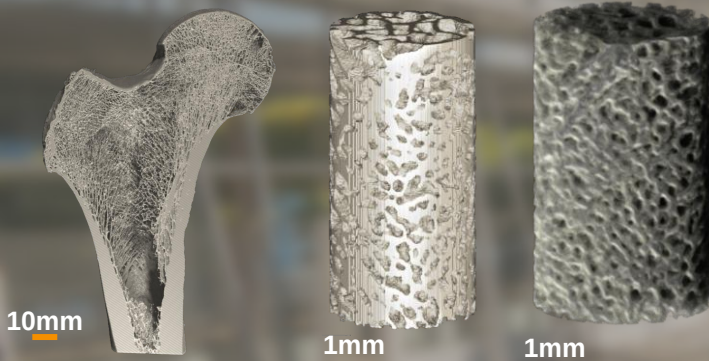
Lehren.

Kevin  
Lippmann



Einblick in unsere Forschung

# Additively Manufactured Polymer Bone Models in Biomechanical Testing



Brown et al. (2019), S. 407

Brown et al. (2019), S. 412

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
Rosenheim



Forschen.

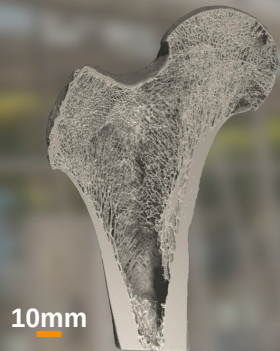
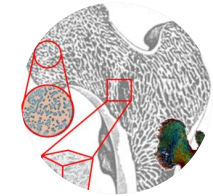
Lehren.

Kevin  
Lippmann



Einblick in unsere Forschung

## Additively Manufactured Polymer Bone Models in Biomechanical Testing



10mm



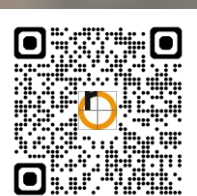
10mm



- Fokus:**
- Humane, proximale Femura ohne Pathologien
  - Polymer Additive Fertigung mittels PolyJet Modeling
  - Morphologie und Biomechanik

- Ziel:**
- Geometrische und Mechanische Imitation
  - Regionsspezifische Zielkorridore
  - Orientierungsbasierte Struktur-Funktions-Abbildung

- Vorteil:**
- End-to-End-Integration von Bildgebung, Analyse, Fertigung und Validierung
  - Quantifizierte Grenzen durch Feasibility Mapping (messbar vs. fertigbar)





**Team & Labor**

**Praxisnah.**

**Forschen.**

**Lehren.**

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

Lernen im Labor



Vorträge



VR-Training



Vom Klassenzimmer ins Labor



Lehren.



Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

**AXILS**  
Akademie für Exzellenz in Life Sciences

Bildungsplattform zur Unterstützung von Digitaler Transformation

## El Smart Factory Inntal

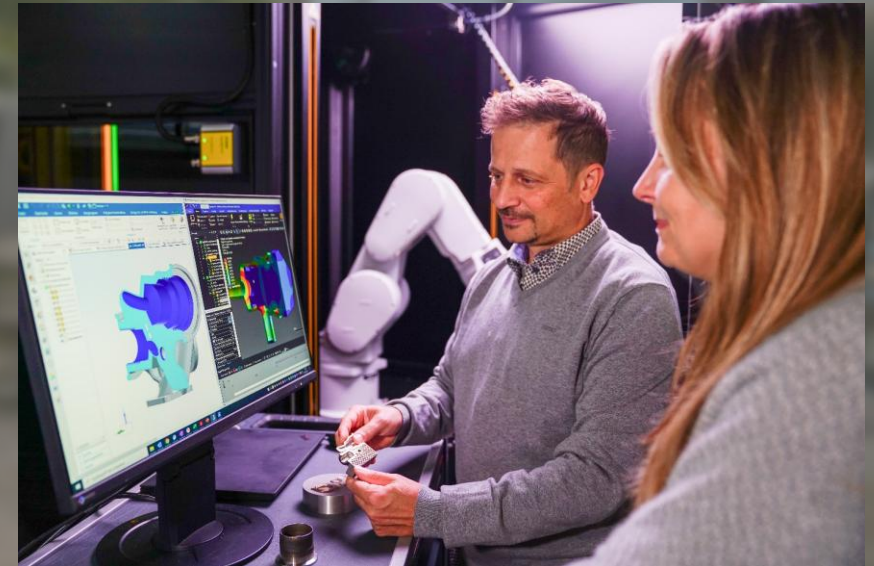
**Interreg**  
Bayern-Österreich



Kofinanziert von der  
Europäischen Union

### Übersicht:

- Vereinfachter Zugang zur Digitalen Transformation
- Industrie 4.0 praxisnah umsetzen
- Aufbau der grenzüberschreitenden Schulungsplattform
- Nutzung moderner Bildungsinfrastruktur (TH Rosenheim & Berufsschule Kufstein) für maßgeschneiderte Weiterbildungsangebote
- Für KMU in der Euregio Inntal



Fabian Riß

Projektlaufzeit: 01.10.2024 – 30.09.2027 (36 Monate)  
Förderumfang: 100.000,00 €

Team & Labor

Praxisnah.

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.



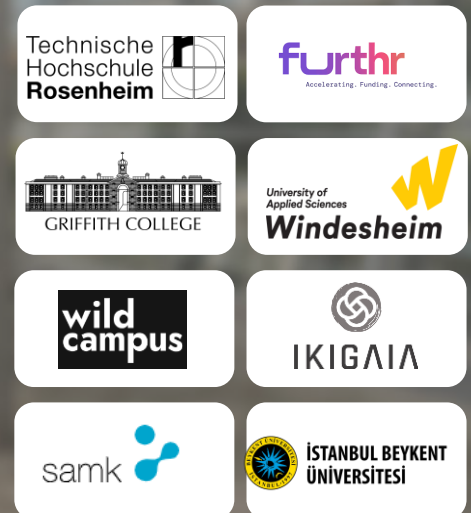
Europäische Hochschulen als Treiber von nachhaltigem und  
innovationsorientiertem Wachstum

GT4T



## Übersicht:

- Vernetzung von Universitäten, Forschungsinstituten und Firmen aus Finnland, Deutschland, Irland, Türkei und der Niederlande
- Tools und Lernpfade zur interkulturellen Vernetzung und Weiterbildung
- Neue Start-Ups, Strategische Partnerschaften und vernetzte Deep-Tech-Lösungen im Bereich additiver Fertigung, BWL und Informatik



Kevin Lippmann

Projektlaufzeit: 01.04.2025 – 30.04.2027 (24 Monate)  
Förderumfang: 1.340.000,00 €

Team & Labor

Praxisnah.

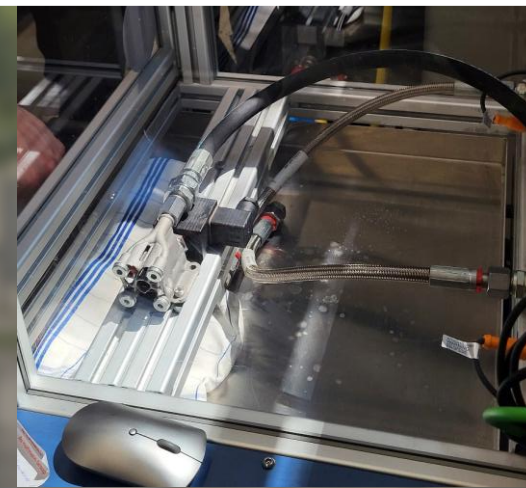
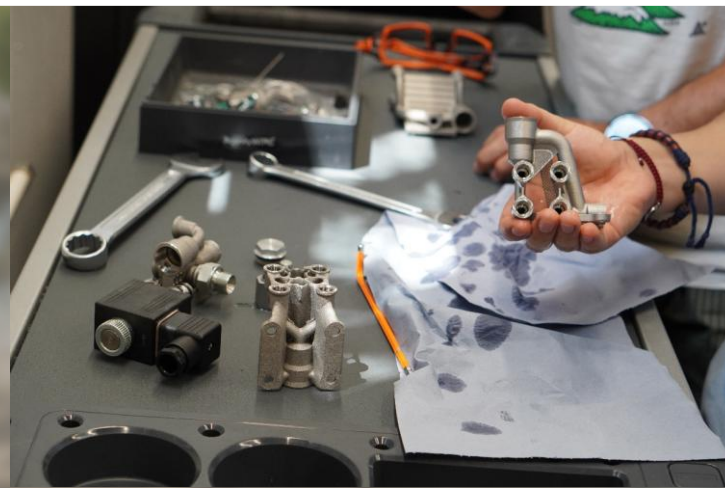
Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Forschen.

Lehren.

## UNSERE LEHRE



**EINBLICK: ADVANCED ADDITIVE MANUFACTURING**



# Kevin Lippmann

**Wissenschaftlicher Mitarbeiter**

Forschung und Entwicklung  
Labor für Additive Fertigung

Campus Rosenheim Raum D3.05  
08031 805 2421  
Kevin.Lippmann@th-rosenheim.de





# **Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung: Anwendungen auf w-LMD und LPBF**

Mohamed Kamal M.Sc. & Daniel Schlemmer M.Sc.

3. Rosenheimer Symposium

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



## Agenda

- Motivation und Ausgangssituation
- Anwendung LPBF
  - Vorgehensweise
  - GGF: (ausgewählte) Ergebnisse
- Anwendung w-LMD
  - Vorgehensweise
  - GGF: (ausgewählte) Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



## Motivation und Ausgangssituation

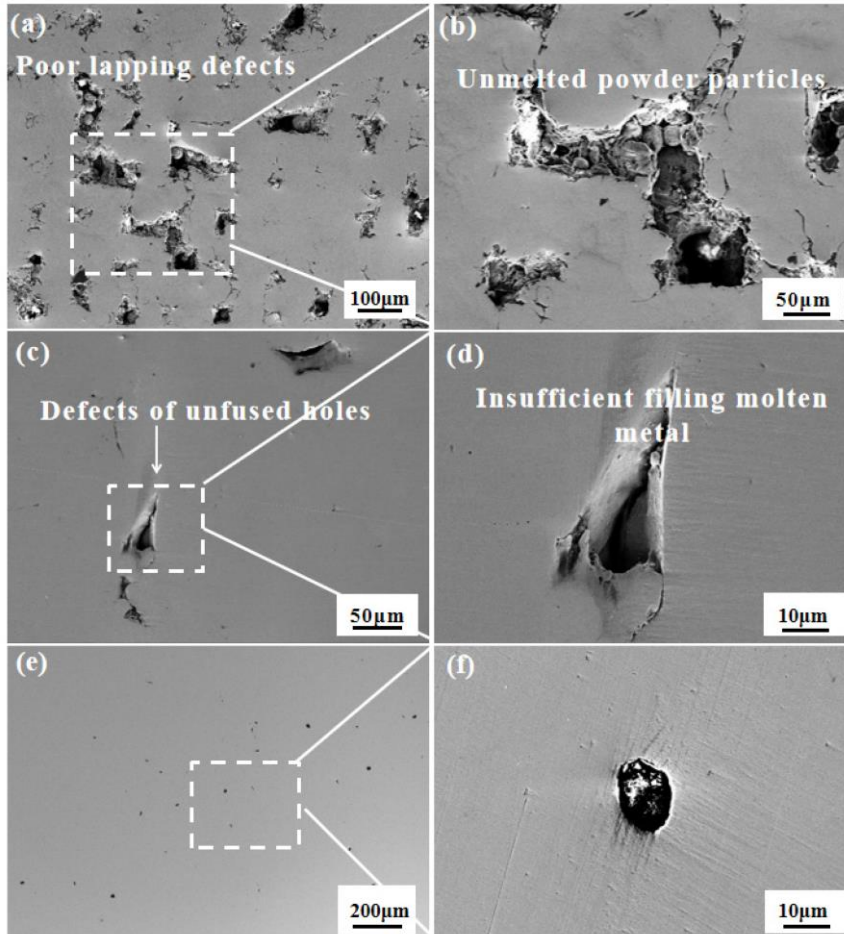


## Additive Manufacturing Advantages and Applications

- Advantages
  - Design Freedom
  - Material Efficiency
  - Lightweight Structures
- Applications
  - Rapid Prototyping
  - Rapid Tooling
  - **Functional parts**

Source: <https://d3.harvard.edu/>

## Motivation und Ausgangssituation



## Additive Manufacturing Defects

- Undesired microstructural deviation
- Geometrical distortions
  - **Pores and Voids**
  - Cracks
  - Balling
  - **Lack of fusion voids (LoF)**
  - Delamination
  - Warping
  - Keyhole porosity

source: <https://doi.org/10.3390/coatings11121562>

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



## Motivation und Ausgangssituation

### Additive Manufacturing

### In-situ Monitoring

- Visual Imaging Methods
  - Charge-coupled device (CCD) Camera
  - Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) Camera
  - Photodiode
  - High-frame Rate Camera
  - Optical Spectrometer
  - 3D Scanner/Projector
- **X-Ray Imaging**
  - X-ray Imaging System
  - CT Scanner
- Thermography
  - Infra-red (IR) Camera
- Temperature Measurement
  - Pyrometer
  - Thermocouple
  - Transducer
- **Acoustic Emissions**
  - Piezoelectric Sensors (i.e., AE Sensors)
  - ICP Microphone
  - Fiber Bragg Grating (FBG) Sensor
  - Doppler Vibrometer
  - Transducer
- Electromagnetic Testing
  - **Eddy current Testing**

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Eddy Current Technology



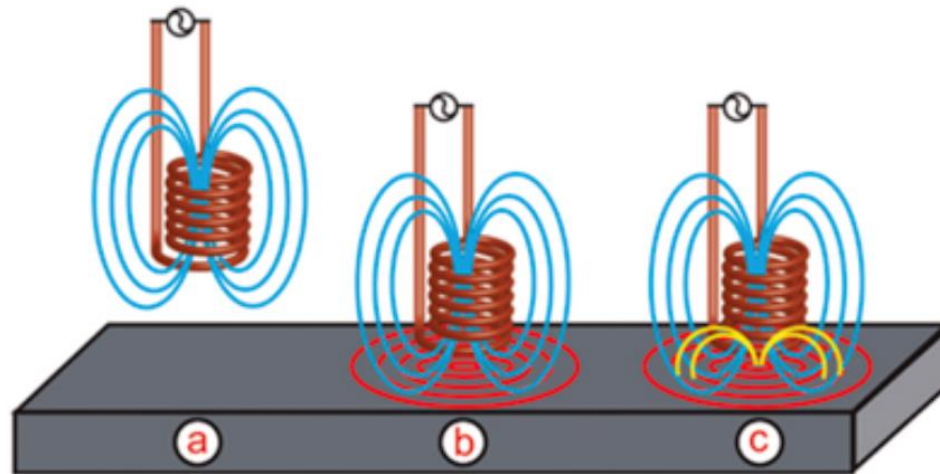
- State of the Art: Melt-Pool-Monitoring or Optical Thermography are only measuring the current layer and give only limited information of layers below.
- Eddy Current Technology known from NDT shows high potential for In-Situ Process Monitoring

### What is eddy current technology?

- Standard NDT for welding seams
- contactless for testing of conductive metals
- Detection of defects at and under the surface
- Basic principle is electro magnetisms



## Eddy Current Technology principle



### Basic Principles

- a) Inducing a current into a coil will create a magnetic field (in blue).
- b) When the coil is placed over a conductive part, opposed alternating currents (eddy currents, in red) are generated.
- c) The defects in the part will disturb the path of the eddy currents (in yellow). This disturbance can be measured by the coil.

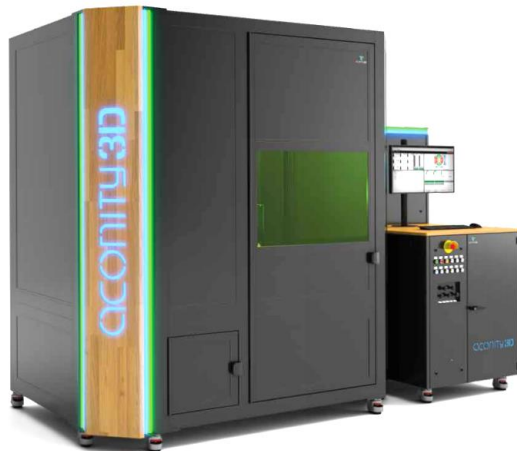
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anlagensysteme



### TRUMPF - TruPrint 1000

- Powder Bed Fusion
- Build space: Ø 95 mm x H 97 mm
- Dual laser (2 x 200 W), 50 micrometer spot diameter



### Aconity3D - AcoinityWIRE:

- Deposition welding (w-LMD) with coaxial wire feed
- Wire diameter: 0.4 - 0.8 mm
- Mechanical configuration: 6-axis robot
- Installation space: Ø 400 mm x H 780 mm

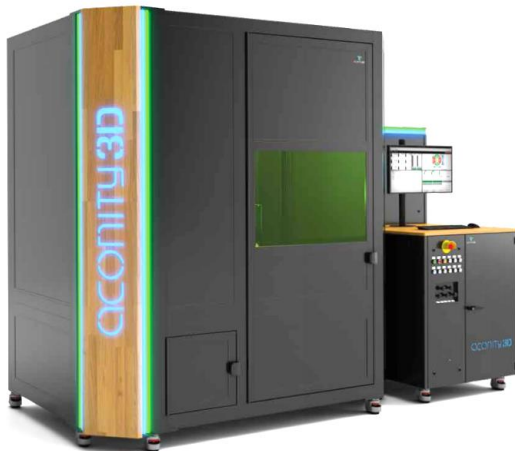
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendungen auf LPBF



### TRUMPF - TruPrint 1000

- Powder Bed Fusion
- Build space: Ø 95 mm x H 97 mm
- Dual laser (2 x 200 W), 50 micrometer spot diameter



### Aconity3D - AcoinityWIRE:

- Deposition welding (w-LMD) with coaxial wire feed
- Wire diameter: 0.4 - 0.8 mm
- Mechanical configuration: 6-axis robot
- Installation space: Ø 400 mm x H 780 mm

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendungen auf LPBF

- AMiquam W1 set-up was implemented



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendungen auf LPBF

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



Job: 121212 | Date: 2024-11-05 14:10:16 | Duration: 0:00:00

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



## Anwendungen auf LPBF: Vorgehensweise

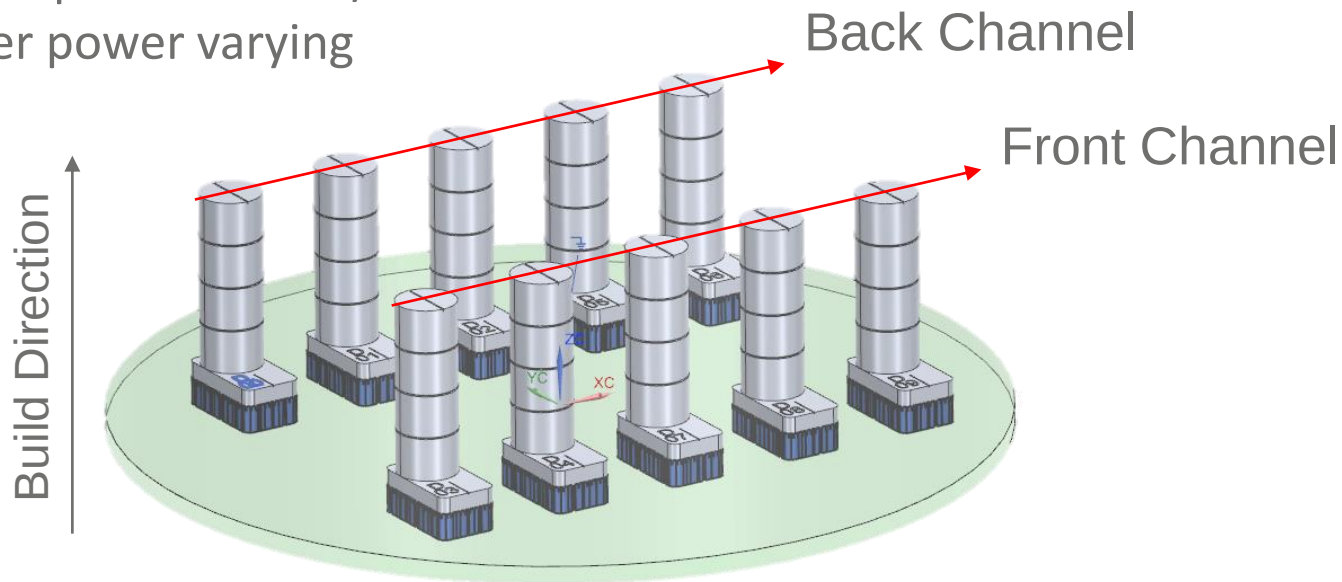
### Aim:

- Identification of process deviations ex: degradation of the laser power or pollution of laser glass
- verify if eddy current can identify part defects due to process deviations



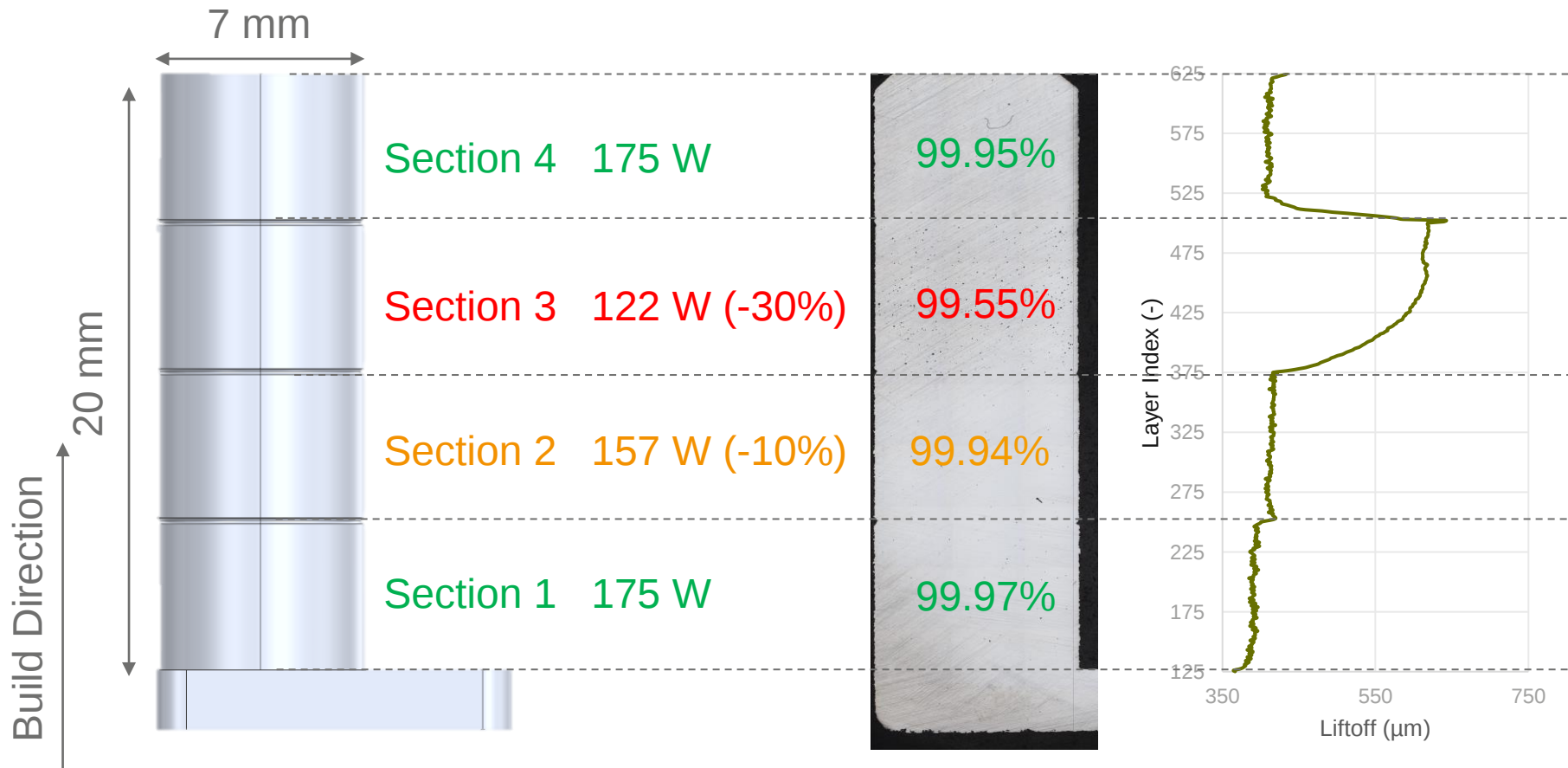
## Anwendungen auf LPBF: Vorgehensweise

- Process parameters:
  - Material: 316L
  - Layer thickness 40  $\mu\text{m}$
  - Scan speed 350 mm/s
  - Laser power varying



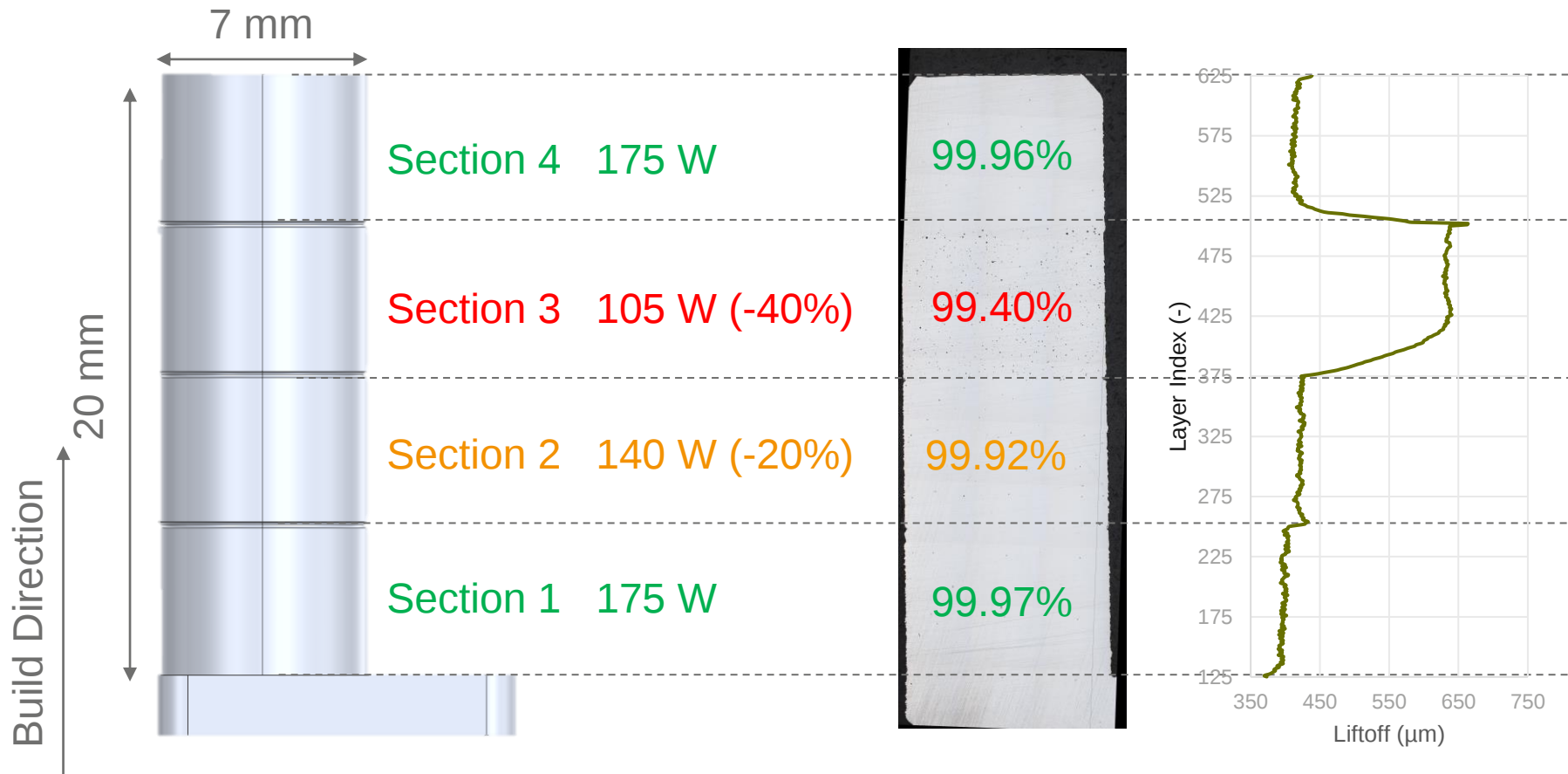
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendungen auf LPBF



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

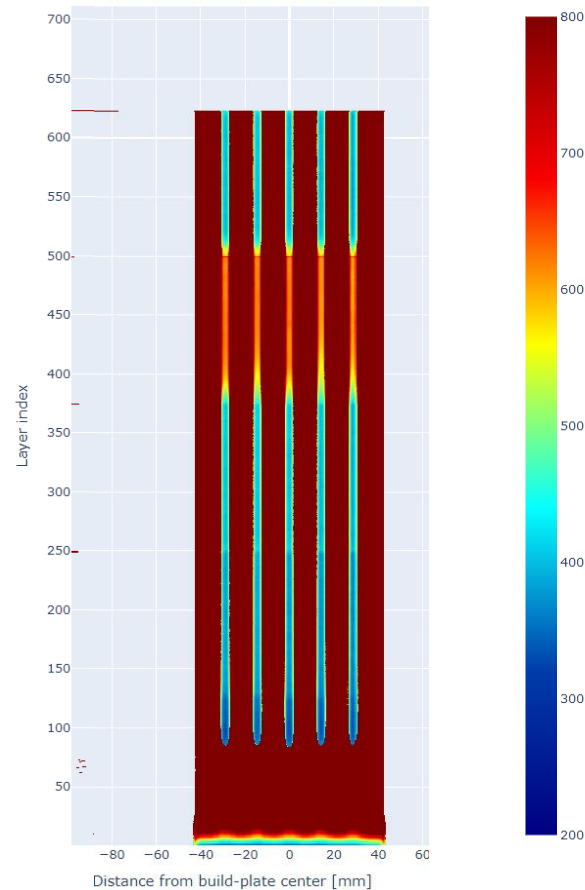
## Anwendungen auf LPBF



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



## Anwendungen auf LPBF: Datenmanagement

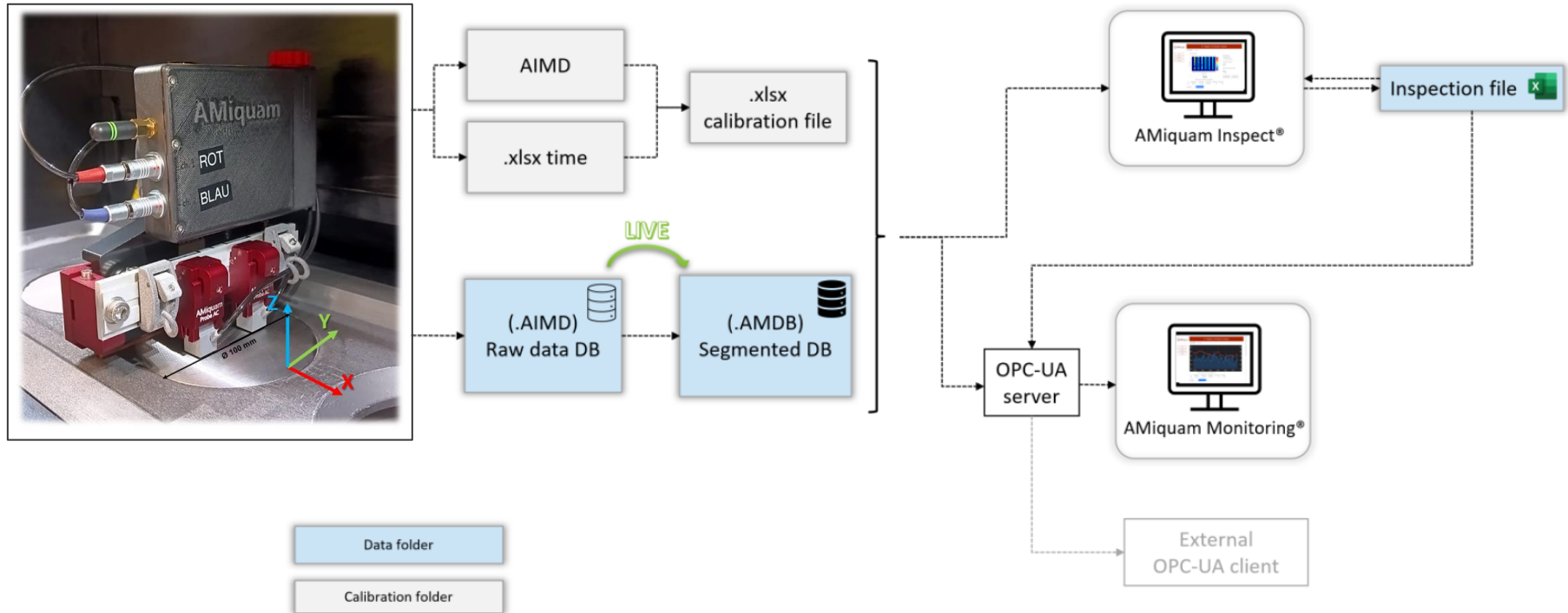


## AMisoft post process inspection

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



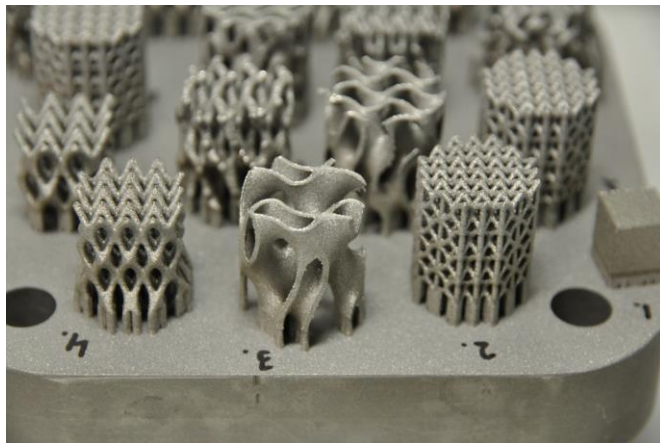
## Anwendungen auf LPBF: Datenmanagement



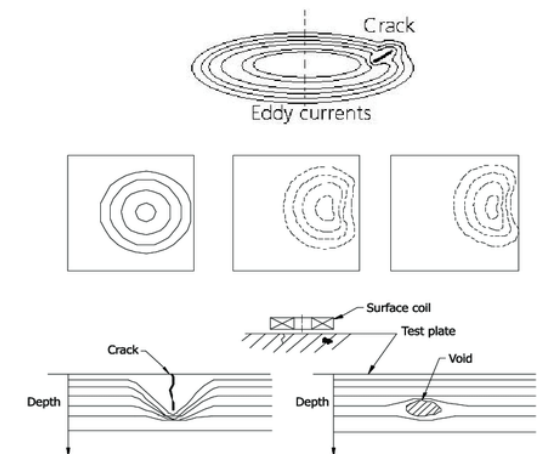
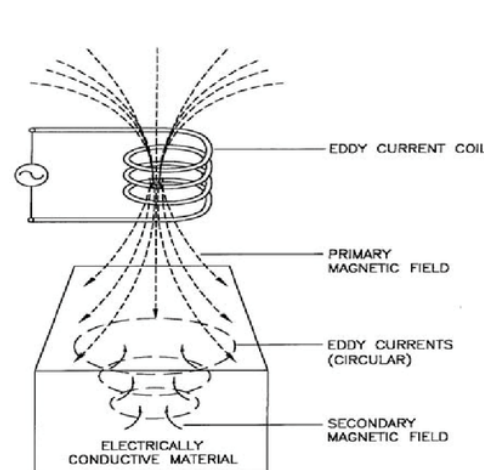
## Amiquam insitu Monitoring dataflow

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Herausforderungen bei der Wirbelstromprüfung



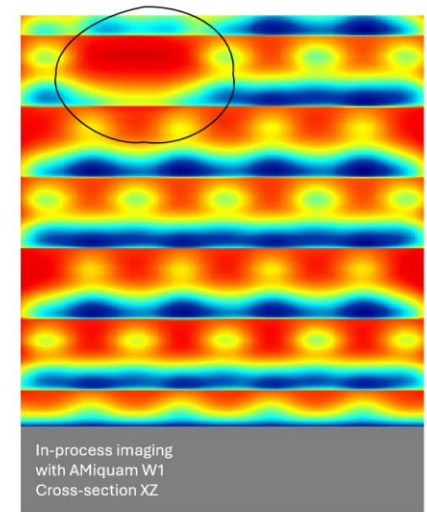
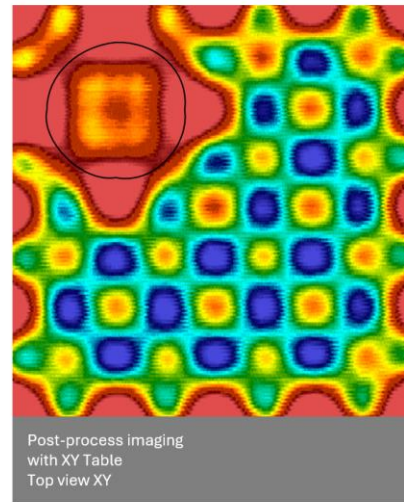
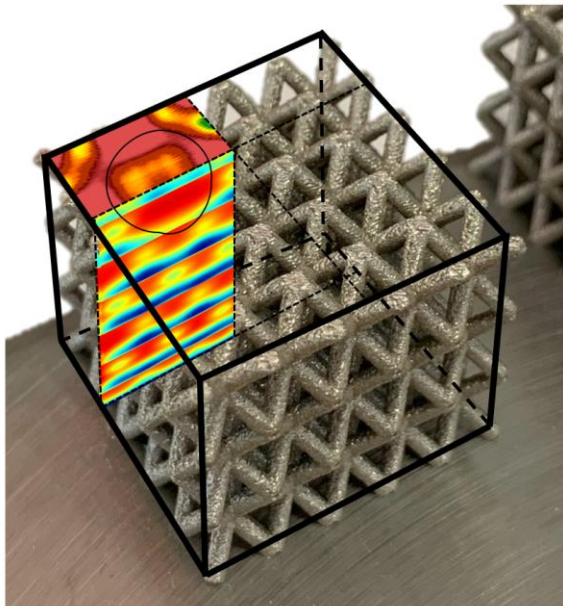
<https://3dremag.eu/>



Bhagi, Purna Chandra. (2011). Eddy Current Testing: Basics. Journal of Non-Destructive Testing & Evaluation. 10. 7-16.

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Herausforderungen bei der Wirbelstromprüfung



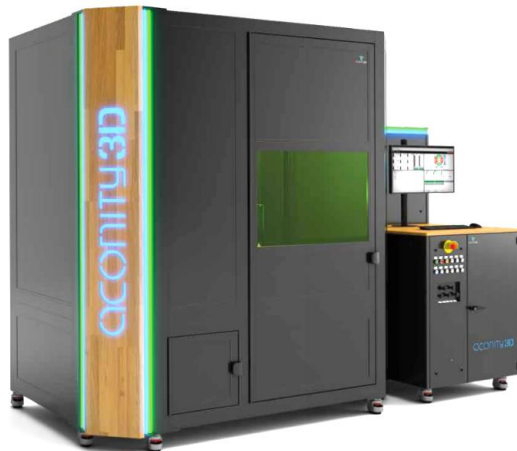
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD



### TRUMPF - TruPrint 1000

- Powder Bed Fusion
- Build space: Ø 95 mm x H 97 mm
- Dual laser (2 x 200 W), 50 micrometer spot diameter



### Aconity3D - AconityWIRE

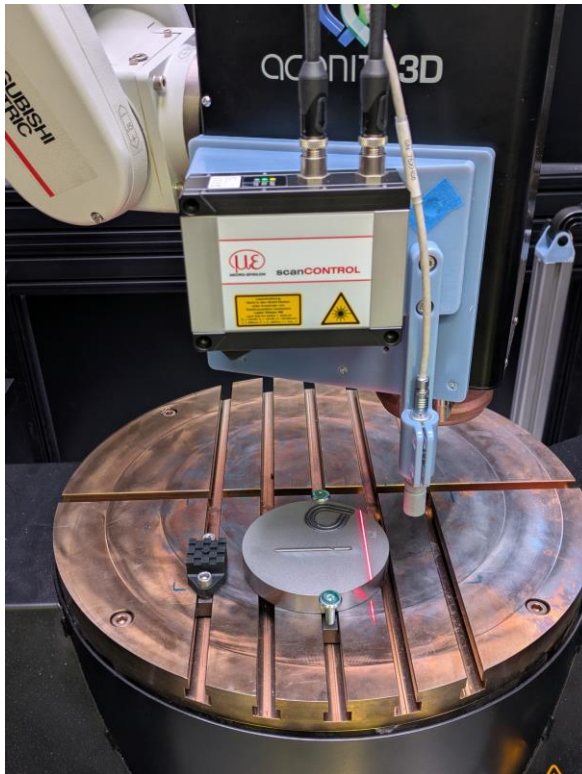
- Drahtbasierte Laserauftragschweißanlage (w-LMD)
- Drahtdurchmesser: 0.8 mm
- Mechanische Konfiguration: 6-Achs-Roboter
- Bauplattform: Ø 400 mm x H 780 mm

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD: Sensorik

Sensima Upec IO Wirbelstromsensor und

Micro Epsilon Laser-Profil-Scanner an Anlage implementiert



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD



### Sensima Upec IO (Wirbelstromsensor, ECT)

#### Technische Daten

- Messprobe: Flach Absolut (mit Referenzspule in der Brücke)
- Probeneingänge: 2 Stück
- Encodereingänge: 2 Stück
- Frequenzbereich: 20 kHz – 6,5 MHz
- Kleinste Fehlerauflösung (Z-Richtung): ca. 0,1 mm
- Messtiefe: ca. 3 mm



#### Sensordaten

- Realteil (X-Achse der Impedanzebene, Widerstand  $R$  (Einheit: Ohm,  $\Omega$ ))  
→ Korrespondiert mit Änderungen im Widerstand des Materials z. B. durch Risse oder Poren.
- Imaginärteil (Y-Achse der Impedanzebene, Reaktanz  $X$  (Einheit: Ohm,  $\Omega$ ))  
→ Korrespondiert mit Änderungen in der Induktivität, z. B. mit Materialtiefe, -dicke, Abstand zur Spule oder magnetischen Eigenschaften.

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD



### Micro-Epsilon scanCONTROL 3000-50 (Laser-Profil-Scanner)

#### Technische Daten

- Linien-Linearität (Z-Achse):  $3 \mu\text{m} \pm 0,0075 \%$
- Messbereich (X-Achse): 50 mm
- Auflösung (X-Achse): 2.048 Punkte/Profil
- Profilfrequenz bis 10.000 Hz

#### Sensordaten

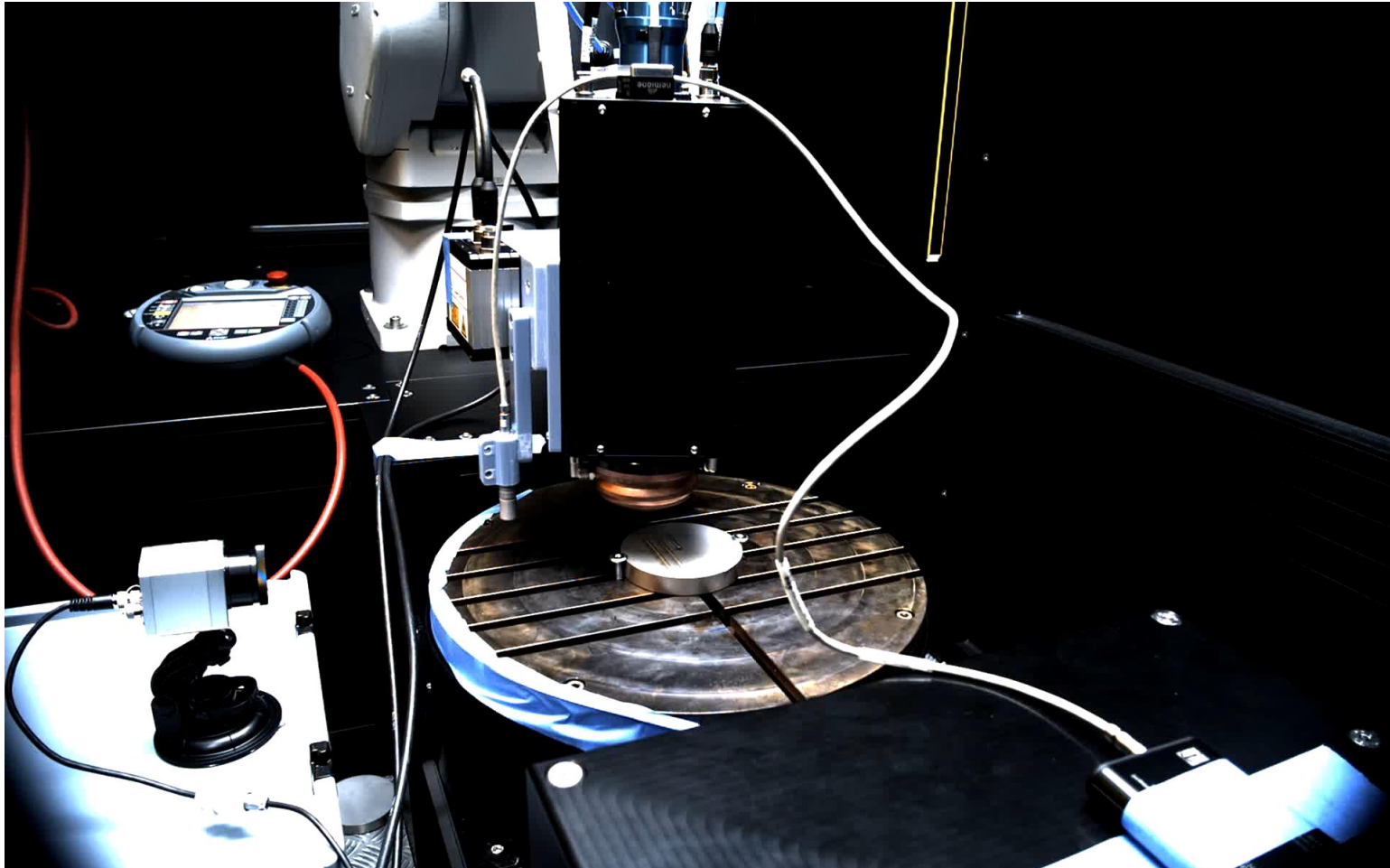
Punktwolke (XYZ-Koordinaten), welche die diskrete 3D-Punkte enthält, welche die Oberfläche des gescannten Objekts beschreiben.



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



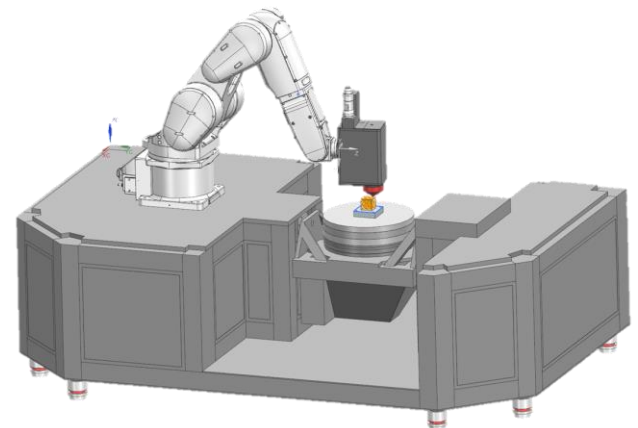
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



## Anwendung auf w-LMD: Zielsetzung

### Zielsetzung:

- Identifizierung und Erkennung von Prozessabweichungen, z.B. Veränderung der Schweißraupenqualität durch innere und äußere Einflüsse
- Verifizieren, ob Wirbelstrom etwaige Defekte an Bauteilen aufgrund von Prozessabweichungen identifizieren kann



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD: Schweißnaht

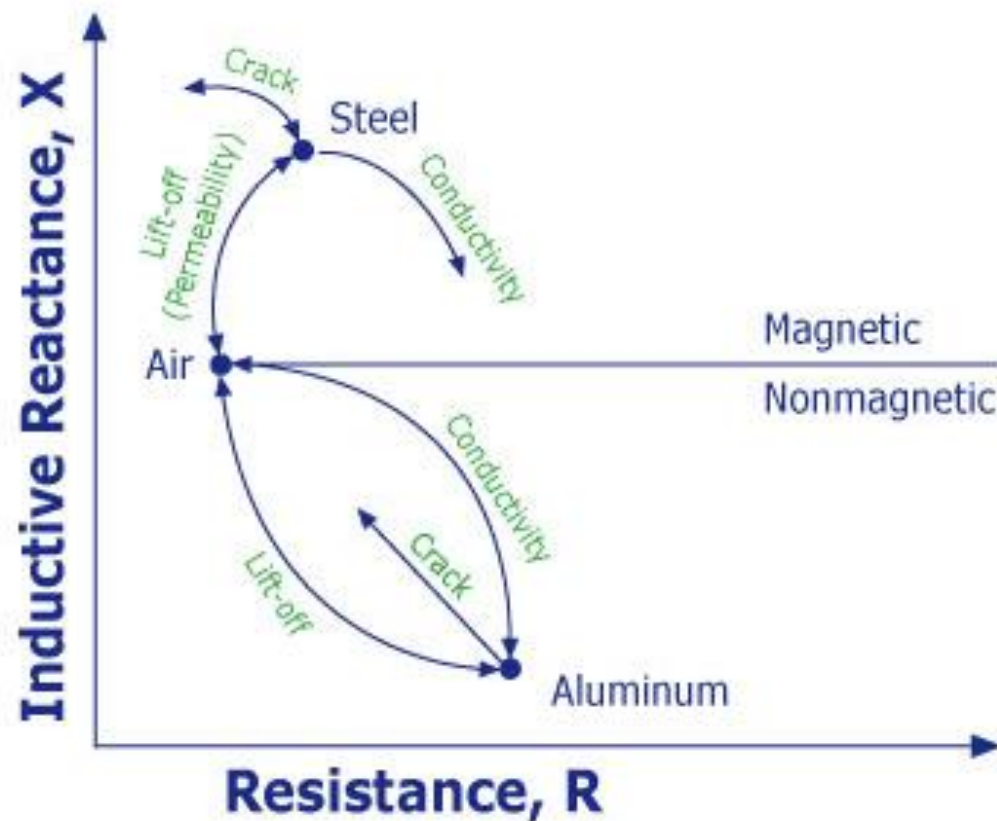
- Material: 316L / 1.4404
- Laserleistung: 680 W
- Drahtfördergeschwindigkeit: 8 mm/s
- Vorschub: 480 mm/min



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



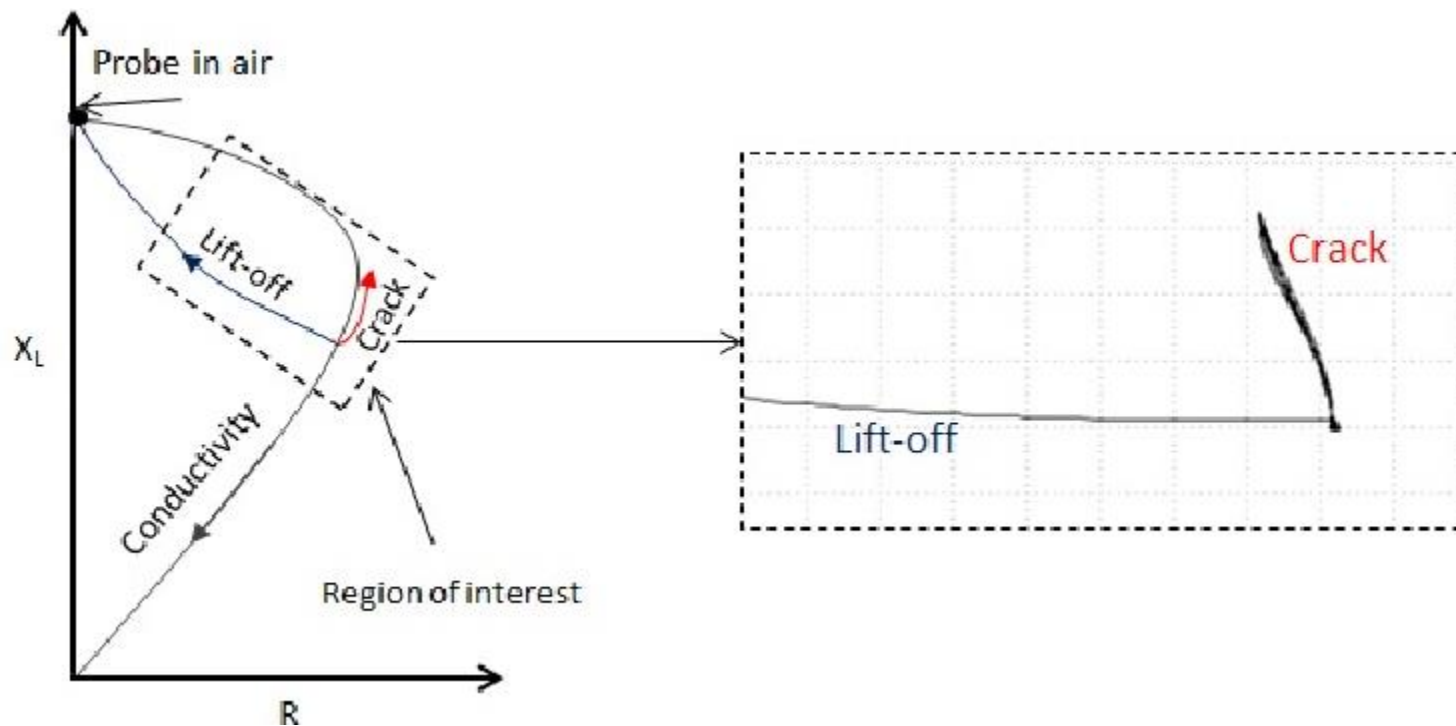
## Anwendung auf w-LMD: Impedanz-Ebene



Quelle: <https://www.nde-ed.org/NDETechniques/EddyCurrent/Instrumentation/impedanceplane.xhtml>

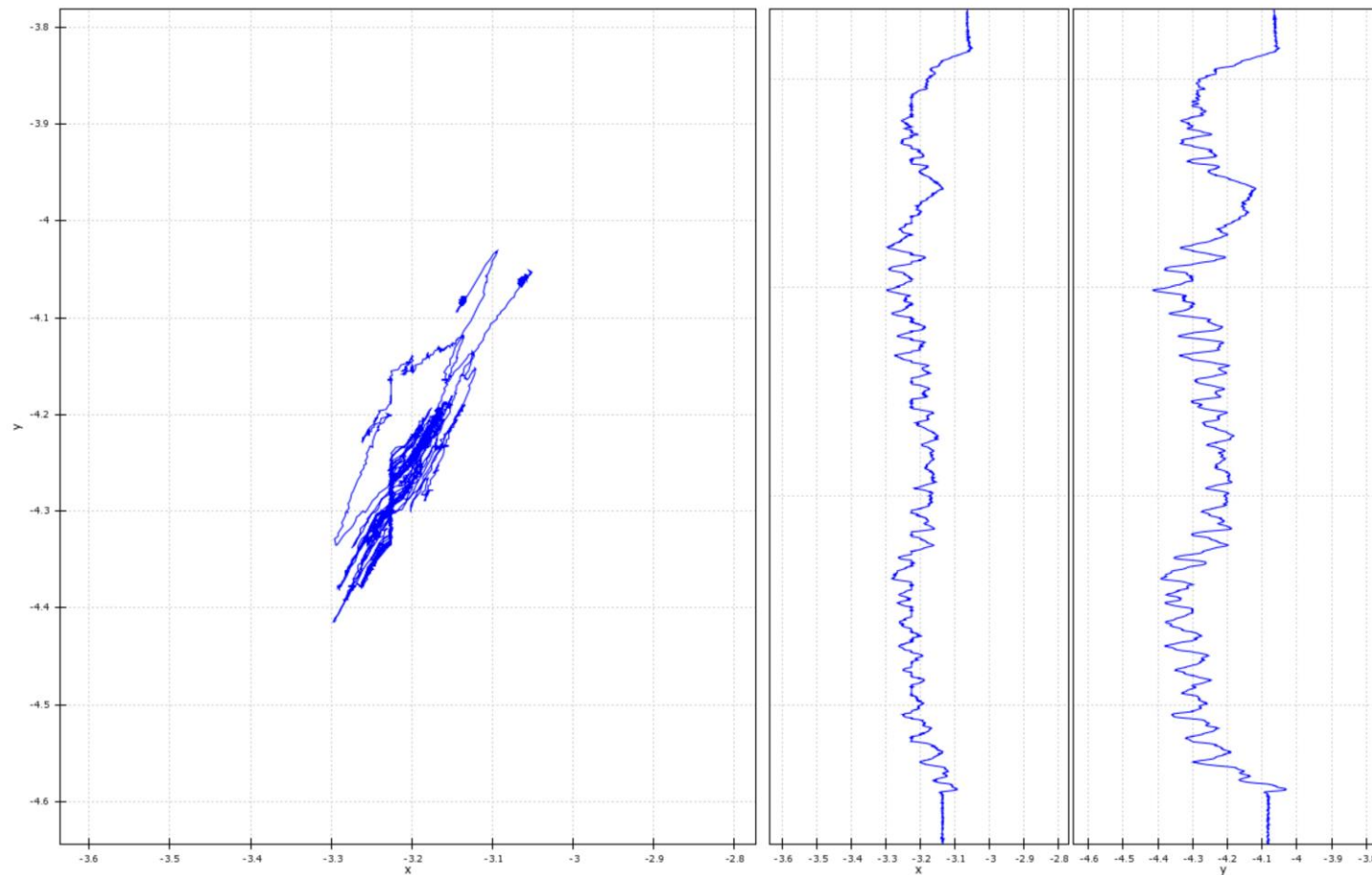
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD: Phasenverschiebung



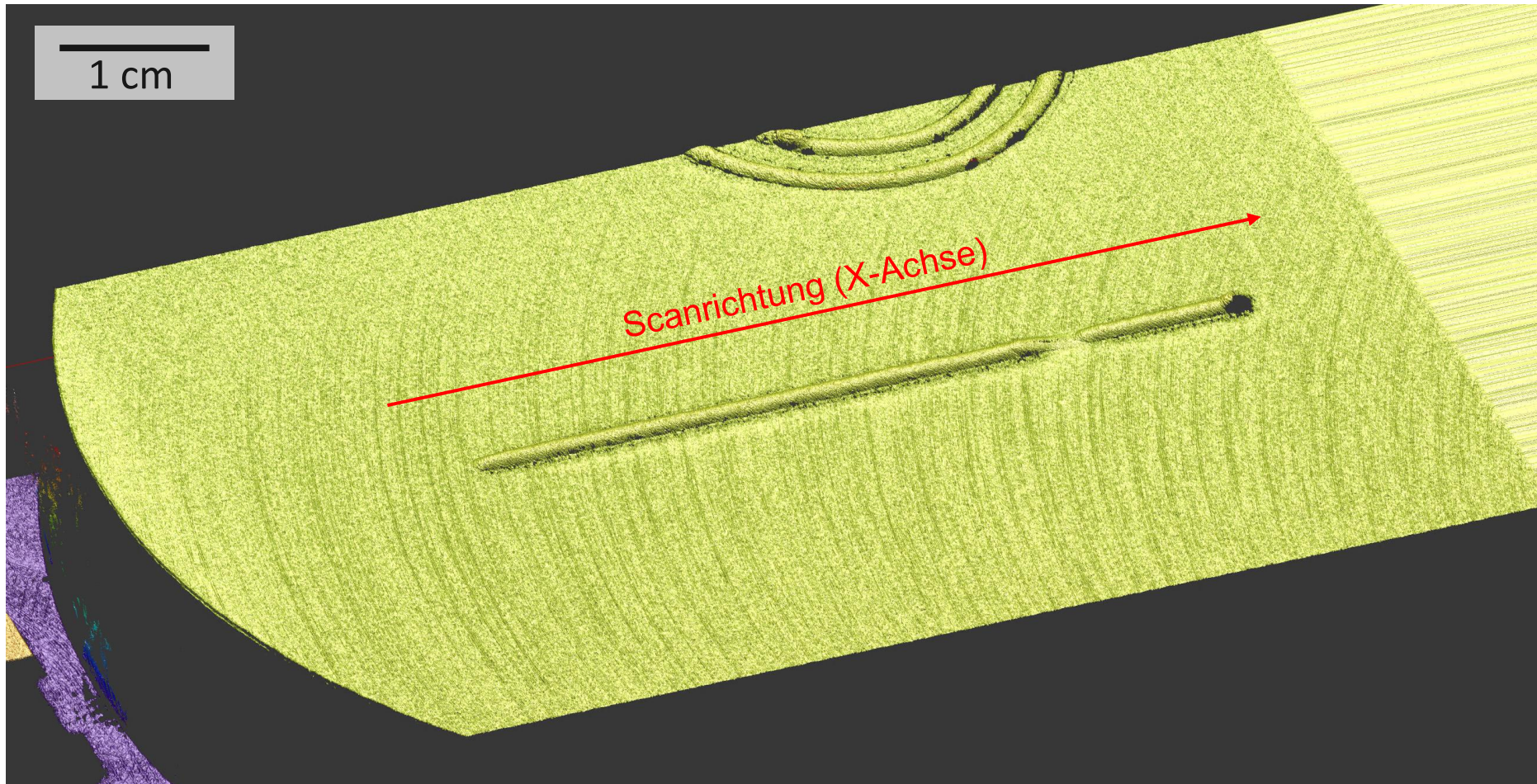
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD: ECT-Daten



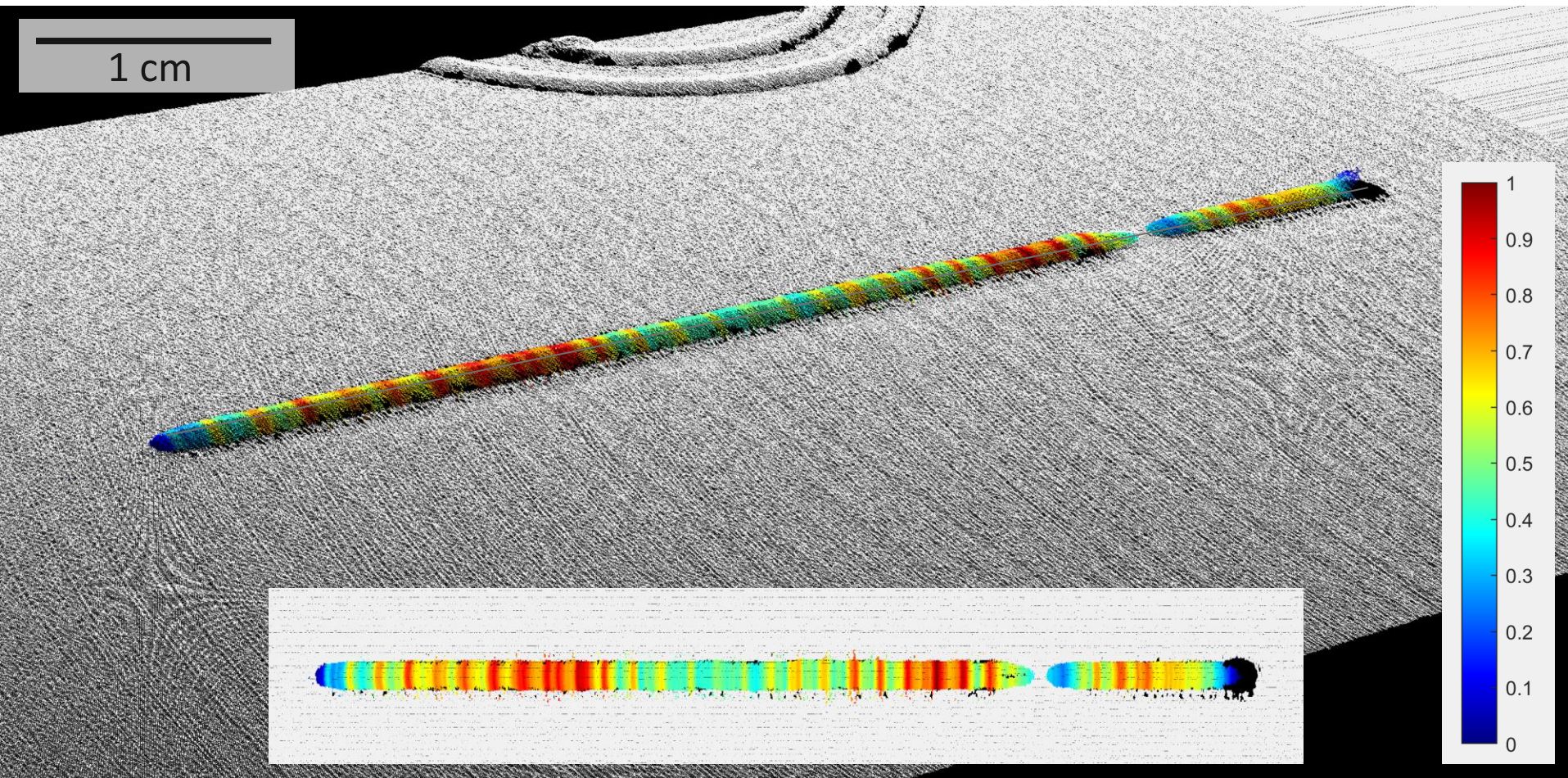
# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD: Punktwolke



# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Anwendung auf w-LMD: Ergebnis

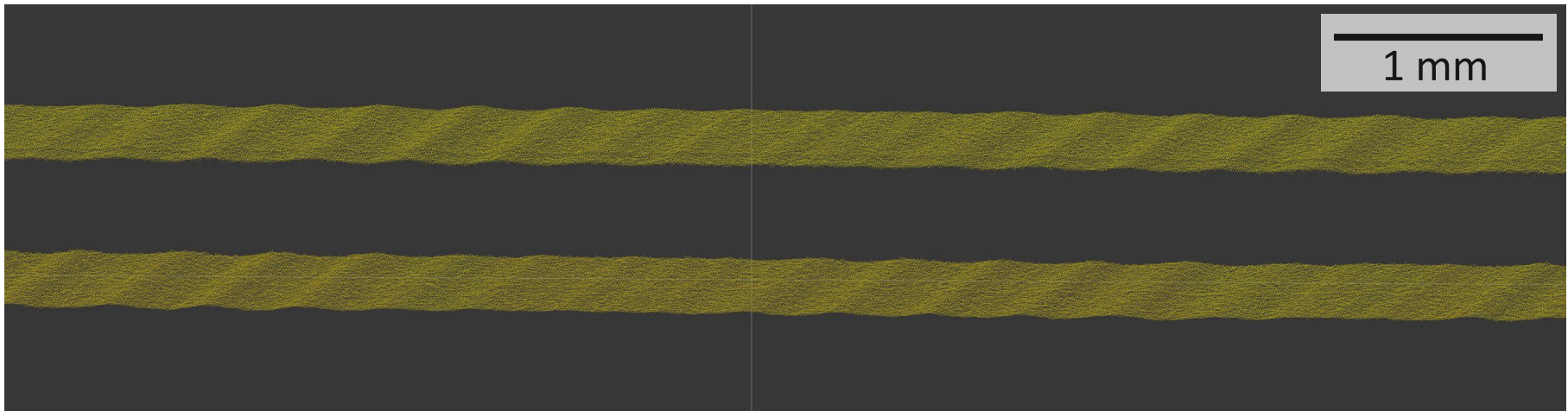


# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



## Herausforderungen bei der Wirbelstromprüfung w-LMD: Roboterkinematik



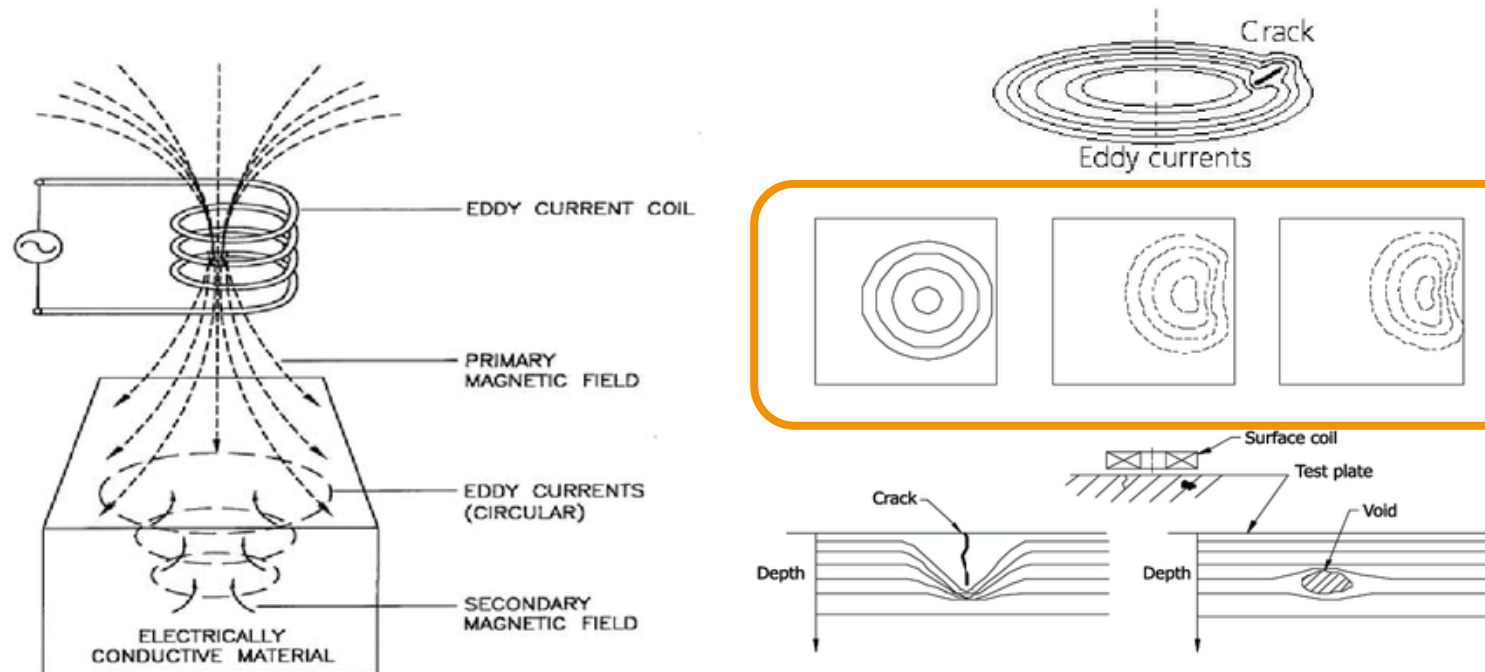
## Herausforderungen bei der Wirbelstromprüfung w-LMD: Sensordatenfusion und Automatisierung

### Zusammenführung von Sensordaten und Automatisierung

- AconityWIRE: Unixzeit und XYZ-Koordinaten
- Upec IO: Hardwarebasierte AB-Encodersignale für XY-Koordinaten
- Laser-Profil-Scanner: Trigger-Signal zum Start der Messung



## Herausforderungen bei der Wirbelstromprüfung w-LMD: Kanteneffekt bei Schweißnähten



Bhagi, Purna Chandra. (2011). Eddy Current Testing: Basics. Journal of Non-Destructive Testing & Evaluation. 10. 7-16.

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung



## Zusammenfassung und Ausblick

### Zusammenfassung

- Additive Fertigung hat großes Potenzial für komplexe Bauteile.
- Aufgrund der Herausforderungen bei der Herstellung ist eine In-situ-Überwachung erforderlich, um die Qualität der Bauteile zu prüfen.
- ECT kann die Porosität während des Prozesses überwachen.

### Ausblick

- Übertragung der Sensorergebnisse aus der Porositätserkennung und der Materialverschmelzung auf Gitterstrukturen und dünnwandige Strukturen.
- Verbesserung der automatischen Interpretation der Ergebnisse.

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Kontakt

Technische  
Hochschule  
**Rosenheim**



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



Mohamed Kamal, M.Sc.  
[mohamed.kamal@th-rosenheim.de](mailto:mohamed.kamal@th-rosenheim.de)



Daniel Schlemmer, M.Sc.  
[daniel.schlemmer@th-rosenheim.de](mailto:daniel.schlemmer@th-rosenheim.de)

# Innovative Wirbelstromprüfverfahren für die Prozessüberwachung

## Quellen



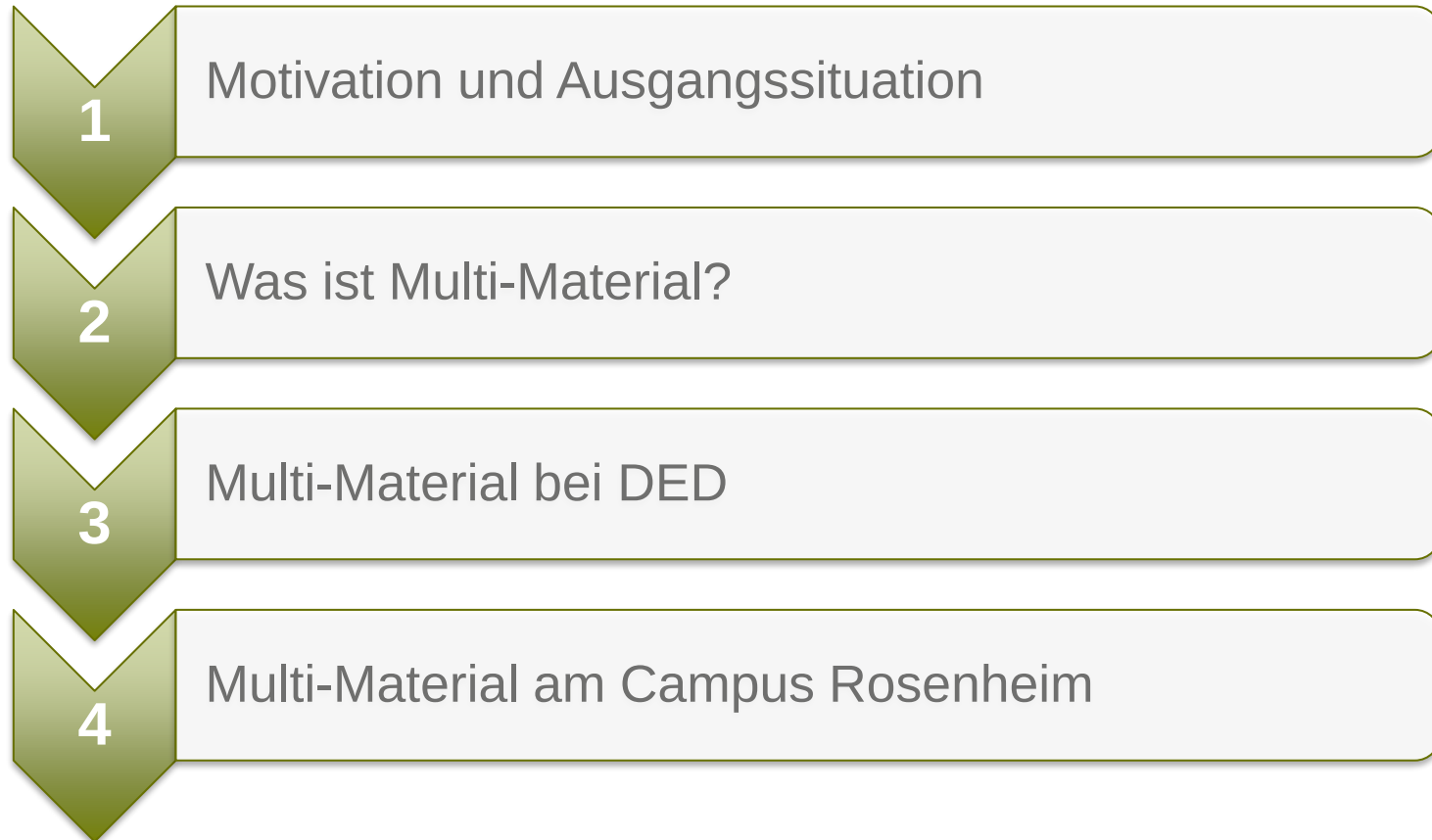
|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="https://d3.harvard.edu/">https://d3.harvard.edu/</a> | Home, Digital, Data, and Design Institute at Harvard. <a href="https://d3.harvard.edu/">https://d3.harvard.edu/</a>                                                                                                                                                                                                      |
| Z. Zheng (2021)                                               | Z. Zheng, L. Peng, and D. Wang, “Defect Analysis of 316 L Stainless Steel Prepared by LPBF Additive Manufacturing Processes,” Coatings, vol. 11, no. 12, p. 1562, Dec. 2021, doi: <a href="https://doi.org/10.3390/coatings11121562">https://doi.org/10.3390/coatings11121562</a> .                                      |
| Y. AbouelNour (2022)                                          | Y. AbouelNour and N. Gupta, “In-situ Monitoring of sub-surface and Internal Defects in Additive manufacturing: a Review,” Materials & Design, vol. 222, p. 111063, Oct. 2022, doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111063">https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.111063</a> Add to Citavi project by DOI. |
| Olympus Notes (2020)                                          | Resources - Olympus Application Notes, Videos, Webinars, Tutorials, White Papers, FAQ, Evidentscientific.com.cn, 2020. <a href="https://industrial.evidentscientific.com.cn/en/applications/">https://industrial.evidentscientific.com.cn/en/applications/</a> (accessed Apr. 03, 2025).                                 |
| inspectioneering.com                                          | Eddy Current Array (ECA), inspectioneering.com. <a href="https://inspectioneering.com/tag/eddy+current">https://inspectioneering.com/tag/eddy+current</a>                                                                                                                                                                |
| Amiquam.com                                                   | johnny210, “Exploring the response of lattices to eddy currents — AMiquam,” AMiquam —, Apr. 15, 2024. <a href="https://amiquam.net/lattices/">https://amiquam.net/lattices/</a> (accessed Apr. 03, 2025).                                                                                                                |

# **Neue Potenziale zur Funktionsintegration durch Multimaterial-Anwendungen beim w-LMD Prozess**

**Daniel Schlemmer M.Sc.,  
Alessandro Morath M.Sc.**

06. März 2026

# Agenda



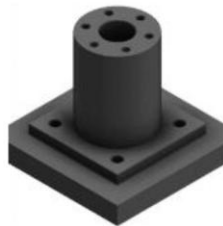


## Motivation und Ausgangssituation

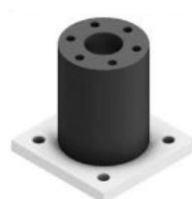
### Warum Multi-Material Additive Manufacturing (MMAM)?

- **Erweiterte Designfreiheit:** Zwei oder mehr Materialien in einer Struktur kombinierbar
- **Flexibilität der Materialkombination:**
  - Sequenzielle oder gleichzeitige Zuführung von Material
  - Spezifische Materialkombinationen an gezielten Koordinaten möglich
  - Anpassung des Materialmixes im **Prozess** möglich durch variable Anteile / Kombinationen
- **Komplexe Material-Kombinationen:** Diskrete oder graduelle Materialübergänge
- **Herausforderungen:** Optimale Materialverteilung zur Ausschöpfung der Effizienz
- **Innovationspotenzial:** Leistungsfähigere und ressourceneffizientere Komponenten

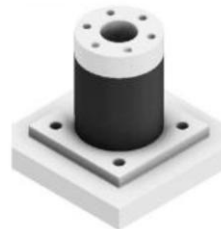
Mono-Material



2D-Hybrid



2D-Multi-Material



3D-Multi-Material



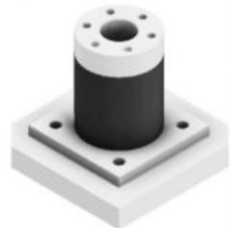


## Was ist Multi-Material?

### Mono-, 2D-Multi- oder 3D-Multi-Material



**Mono-Material:** Metallische AM-Systeme mit einem Einstoff- oder Monomaterial-Zuführungssystem



**2D-Multi-Material:** Materialien können übereinander aufgebaut werden, mehrfache Wiederholung dieses Vorgangs innerhalb eines einzigen Bauvorgangs



**3D-Multi-Material:** Materialzusammensetzungen können in 3D-Dimensionen moduliert werden



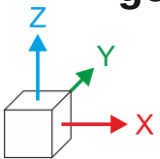
## Was ist Multi-Material?

### Multi-Material-Diskret vs. -Graduell



#### Multi-Material-Diskret:

Verschiedene Materialien werden  
**getrennt voneinander** aufgebracht



#### Multi-Material-Graduell:

Materialzusammensetzung ändert  
sich **graduell**, lateral oder vertikal



# Was ist Multi-Material?

## Multi-Material-Graduell



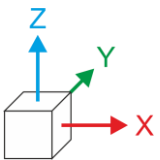
**Multi-Material-Graduell**



**Multi-Material-Diskontinuierlich**



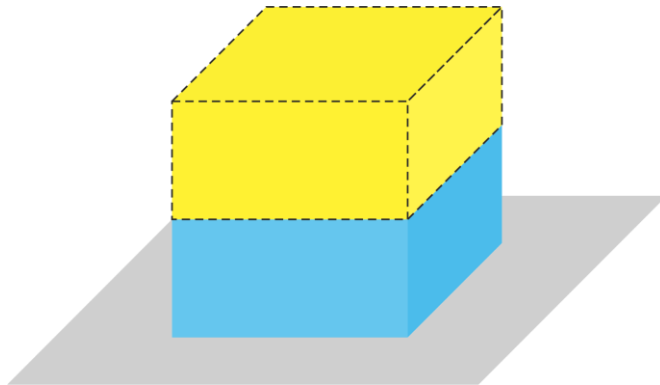
**Multi-Material-Interface**





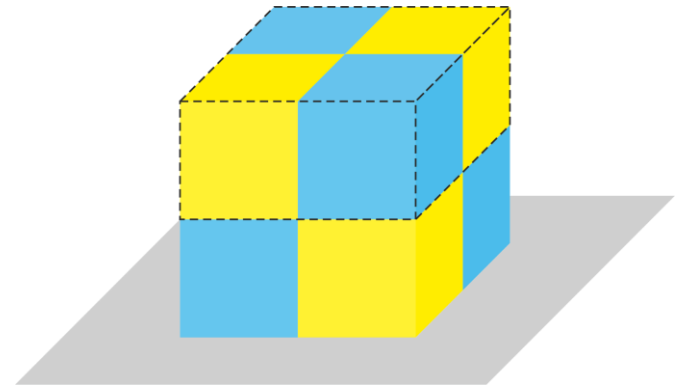
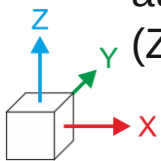
## Was ist Multi-Material?

### Multi-Material-Interlayer vs. -Intralayer



#### Multi-Material-Interlayer:

Materialwechsel zwischen zwei  
aufeinanderfolgenden Schichten  
(Z-Richtung)

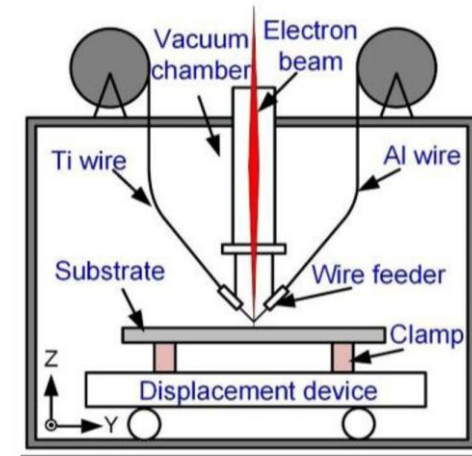
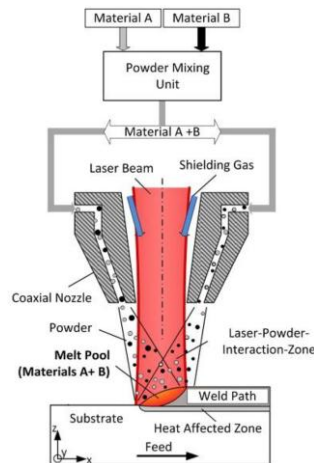


#### Multi-Material-Intralayer:

Materialgradient oder -wechsel  
innerhalb einer Lage  
(XY-Richtung)

# Multi-Material bei DED

## Multi-Material-Pulver vs. -Draht



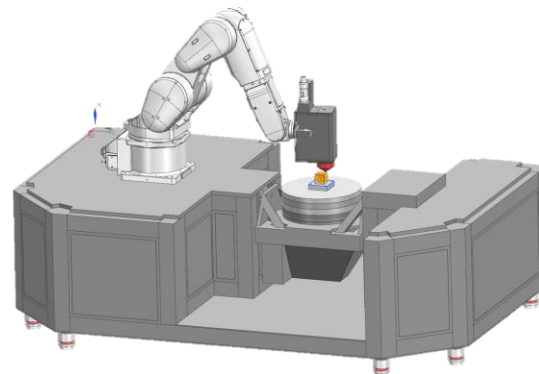
| Merkmal        | Pulver                                     | Draht                                        |
|----------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Materialzufuhr | Diskret / mischbar → Intralayer            | Kontinuierlich → Interlayer                  |
| Flexibilität   | Hohe Gradienten & lokale Mischung          | Weniger flexibel, schichtweise               |
| Auflösung      | Fein, lokal variabel                       | Grob, homogen                                |
| Auftragsrate   | Mittel bis hoch                            | Sehr hoch (WAAM)                             |
| Einsatzgebiet  | Kleine/komplexe Teile, Funktionsgradienten | Große Teile, Reparaturen, robuste Strukturen |



## Multi-Material am Campus Rosenheim

### Warum Multi-Material-Draht am Campus Rosenheim?

- **Forschung mit Multi-Material-Draht:**
    - Höheres Forschungspotential in drahtbasierten Laserauftragsschweißen
  - **Vorteile von Draht über Pulver:**
    - Kosteneffizient durch exzellente Materialnutzung bei minimalen Materialverlusten
    - Keine sicherheitstechnischen Risiken im Vergleich zur pulverbasierten AM
  - **Limitation in der Fertigung von Multi-Material-Bauteilen:**
    - Multi-Material-Diskret: Materialien werden getrennt voneinander aufgebracht
- **Fokus liegt auf ressourceneffizienter Bauteilherstellung, nicht auf In-Situ-Materialmischung**





# Multi-Material am Campus Rosenheim

## Modifikationen für Multi-Material-Anwendung

- Multi-Material Drahtzuführung
- Überarbeiteter w-LMD-Kopf
- Update des Postprozessors

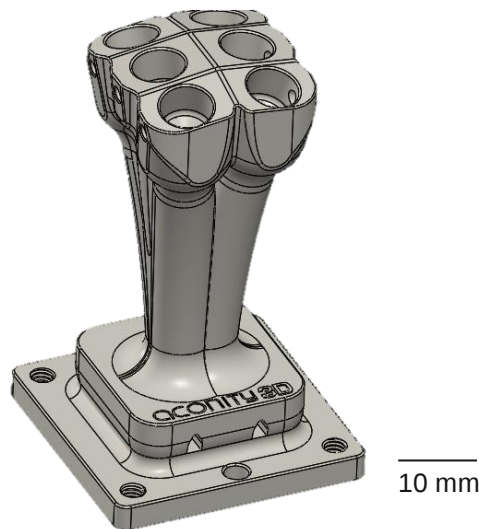


Abb.2: Multi-Material Drahtzuführung



Abb.1: Vergleich: Multi-Draht-Kopf/ Single-Draht-Kopf

# Multi-Material am Campus Rosenheim

## Technische Arbeitsweise

- Drahtwechsel-Routine
- Antast-Routine
- Basierend auf sensorlosem System

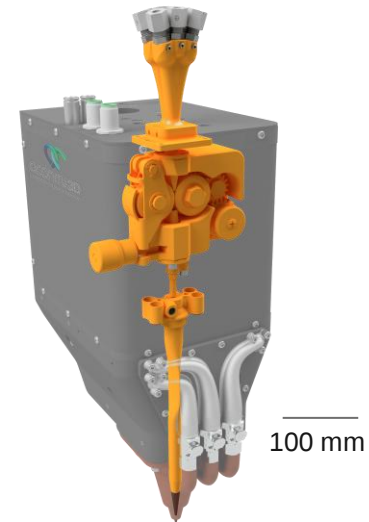


Abb.3: Multi-Draht-Kopf

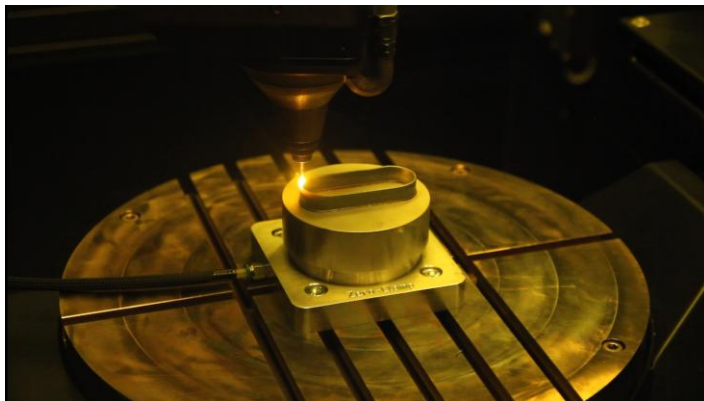


Abb.4: Draht-Wechsel (3x Speed)

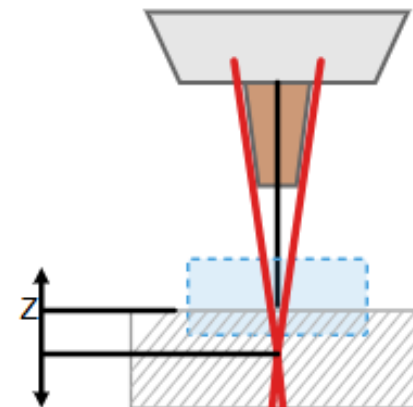


Abb.5: Kaustik des Schweißprozess

# Multi-Material am Campus Rosenheim

## Prozesskette additive Fertigung

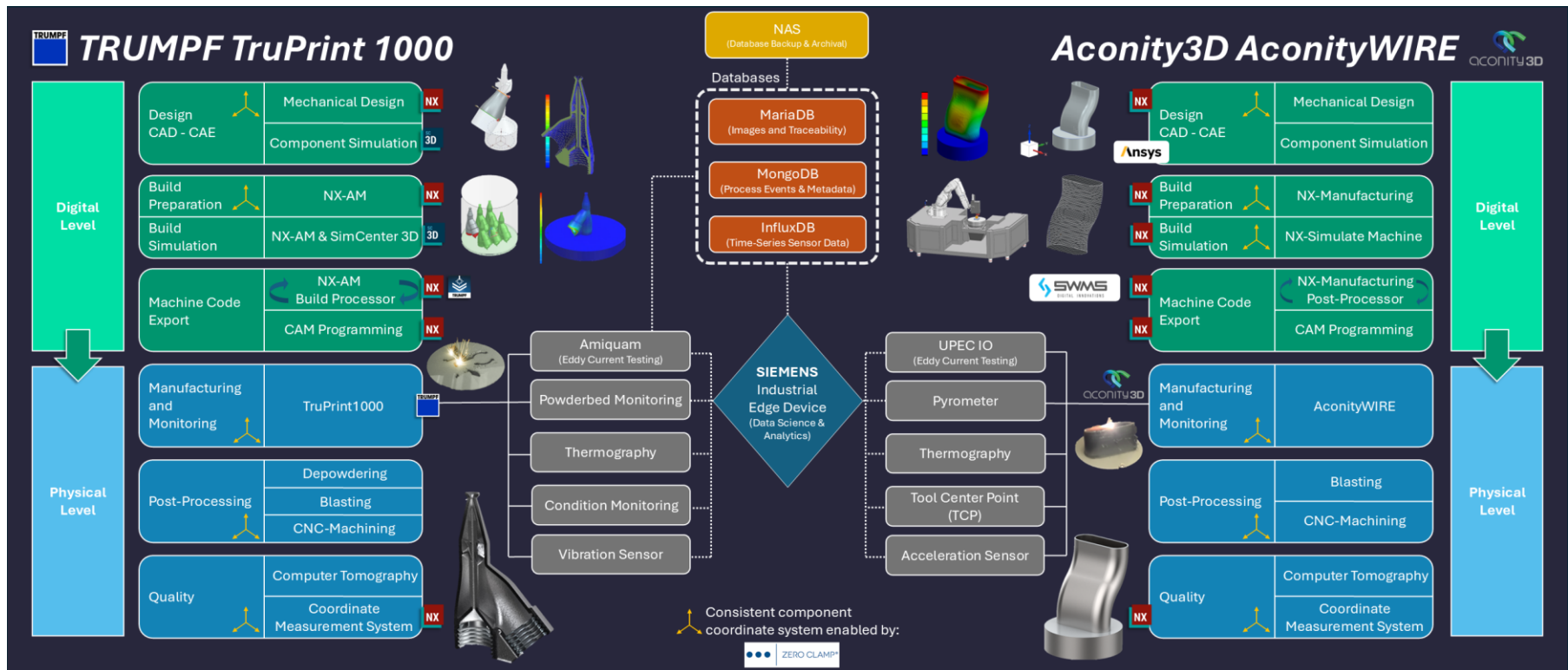
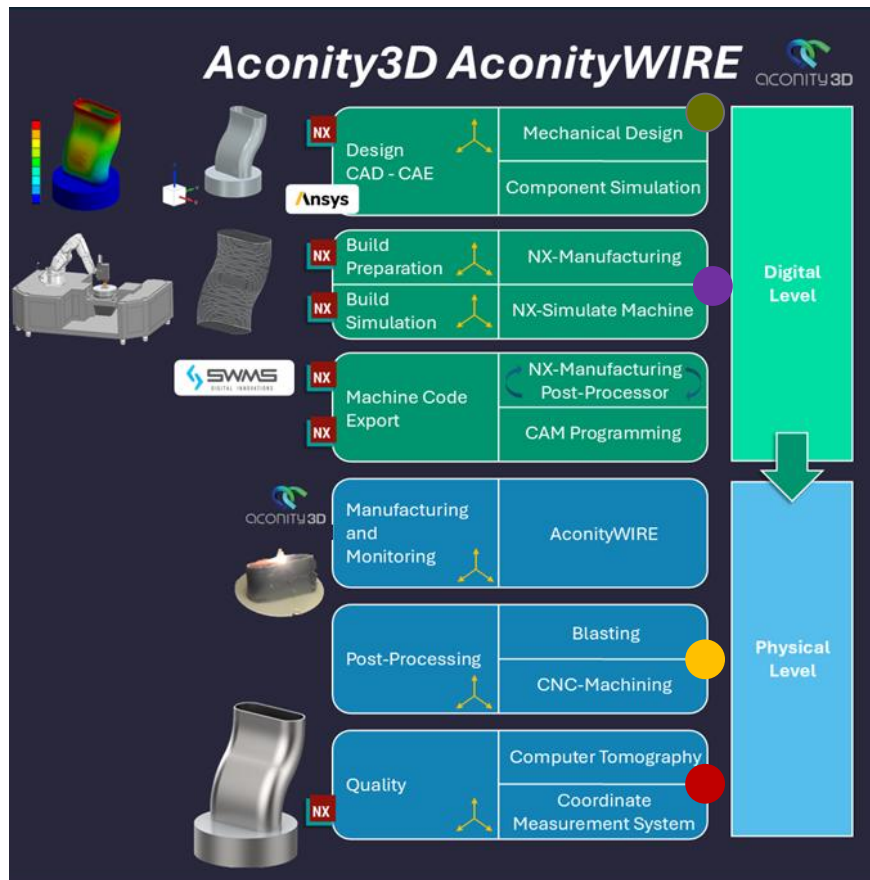


Abb.6:Prozesskette additive Fertigung TH Rosenheim

# Multi-Material am Campus Rosenheim

## Multi-Material-Prozesskette w-LMD



Multi-Body-Design

Materialauswahl

Prozesssimulation

Aufbau der  
 Übergangszonen

Build-Strategie

Planung der  
 spanenden  
 Nachbearbeitung

Qualitätssicherung:  
 Materialwissenschaften

Abb.6:Prozeskette w-LMD



# Multi-Material am Campus Rosenheim

## Demo-Bauteil Mono-Material

- Demobauteil im 4-Achsbetrieb
- Mono-Material Edelstahl 316L
- Helix-Bauweise
- Höhe: ca. 113 mm

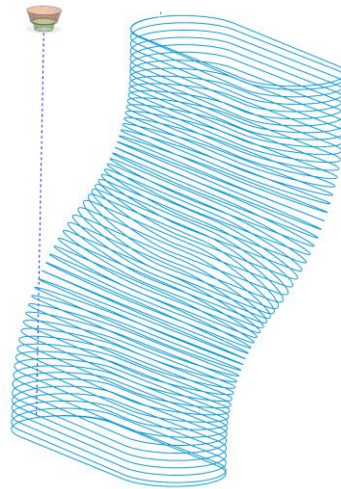


Abb.7: Werkzeugbahn-Planung Post-Processing

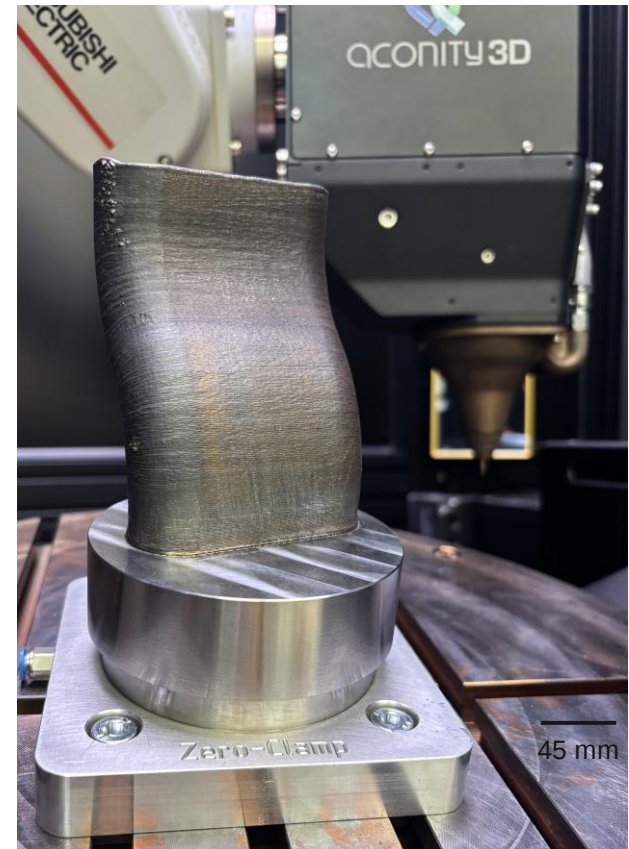


Abb.8: Demonstrator-Bauteil (Edelstahl 316L)

## **Multi-Material am Campus Rosenheim**

### **Demo-Bauteil Multi-Material**

- Demobauteil im 4-Achsbetrieb
- Implementierung der Drahtwechsel-Routinen
- Edelstahl 316L / Inconel 625
- Diskontinuierlicher Materialübergang



Abb.9: Skizze Demo-Bauteil Multi-Material

# Multi-Material am Campus Rosenheim

## Demo-Bauteil Multi-Material

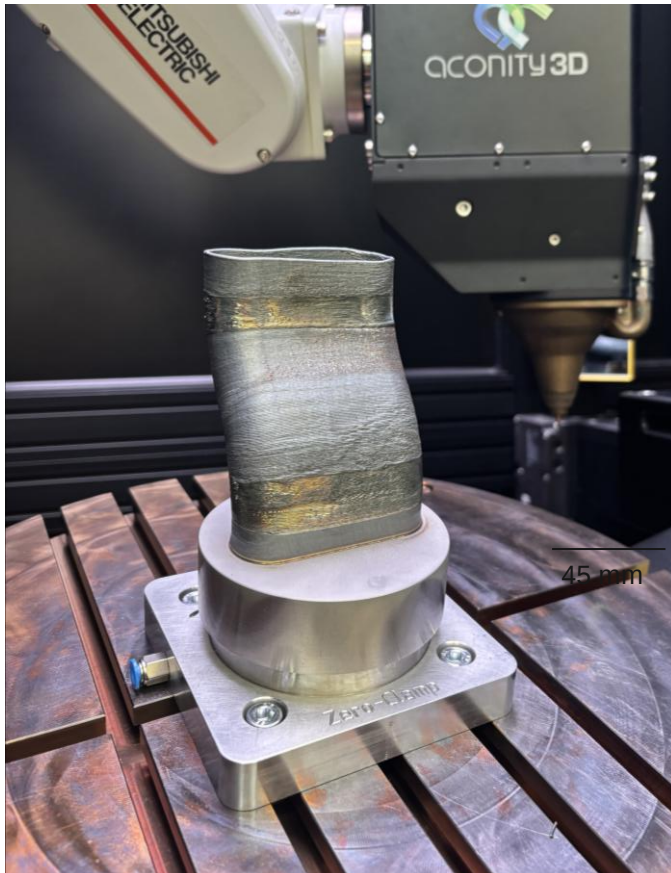


Abb.11: Demonstrator-Bauteil (Edelstahl 316L / Inconel 625)

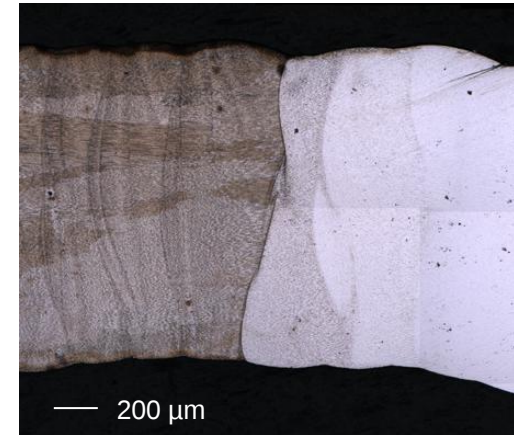


Abb.10: Schliffprobe Edelstahl 316L/ Inconel 625

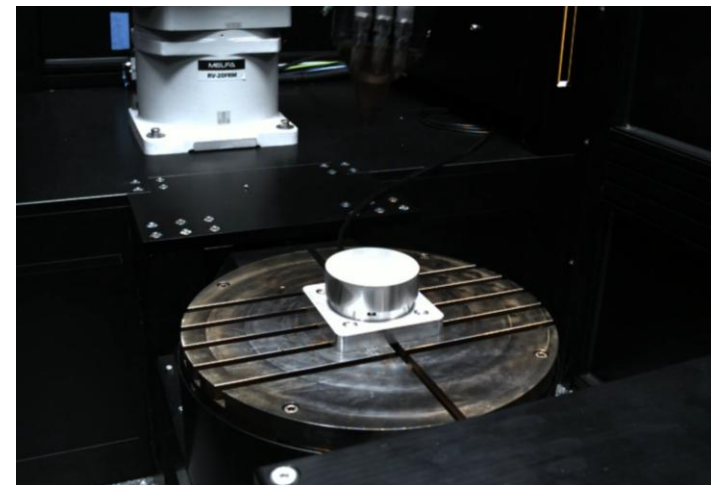


Abb.12: Demonstrator Baujob (3000x Speed)



# Multi-Material am Campus Rosenheim

## Ausblick

- Prozessentwicklung
- Weiterentwicklung des Postprozessors
- Kooperationsmöglichkeiten



Abb.13: Triebwerk (LBPF)

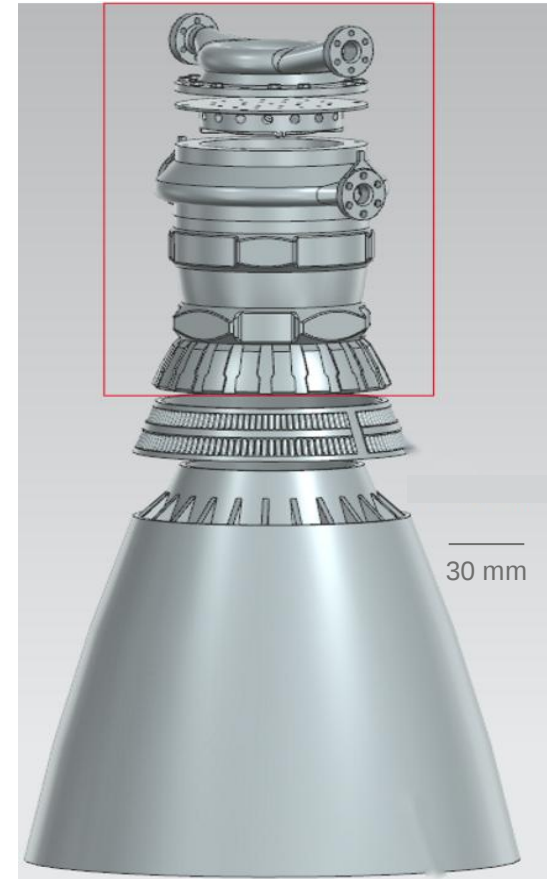


Abb.14: Triebwerk (CAD)



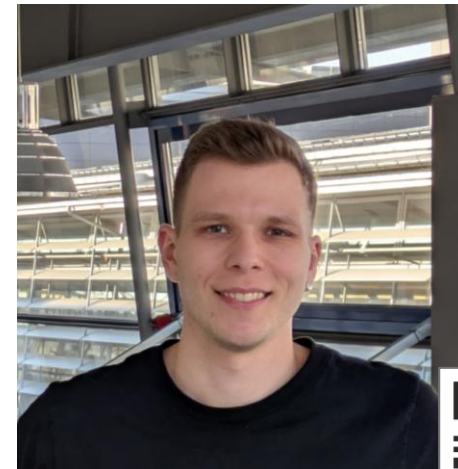
## Kontakt



**Daniel Schlemmer**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**E-Mail:** [daniel.schlemmer@th-rosenheim.de](mailto:daniel.schlemmer@th-rosenheim.de)



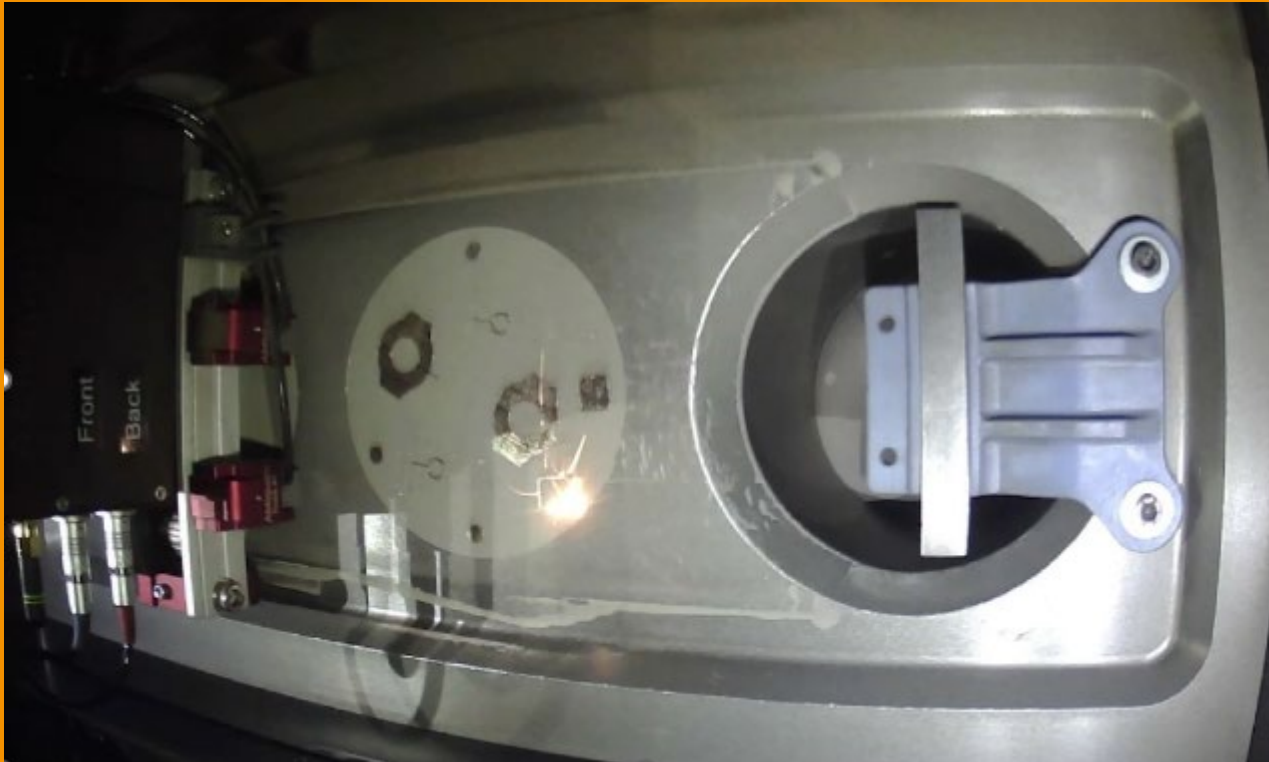
**Alessandro Morath**

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

**E-Mail:** [alessandro.morath@th-rosenheim.de](mailto:alessandro.morath@th-rosenheim.de)

## Quellen

- [1] Yu, X., Griffis, J., Manogharan, G., & Panesar, A. (2025). Multi-material additive manufacturing: a computational design perspective. Virtual and Physical Prototyping, 20(1). <https://doi.org/10.1080/17452759.2025.2546671>
- [2] Hasanov, S., Alkunte, S., Rajeshirke, M., Gupta, A., Huseynov, O., Fidan, I., Alifui-Segbaya, F., & Rennie, A. (2022). Review on Additive Manufacturing of Multi-Material Parts: Progress and Challenges. Journal of Manufacturing and Materials Processing, 6(1), 4 <https://doi.org/10.3390/jmmp6010004>
- [3] Clare, A. T., Woizeschke, P., Rankouhi, B., Pfefferkorn, F. E., Bartels, D., Schmidt, M., & Wits, W. W. (2025). Metal multi-material additive manufacturing: Overcoming barriers to implementation. CIRP Annals, 74(2), 869–893. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2025.05.004>
- [4] Feenstra, D. R., Banerjee, R., Fraser, H. L., Huang, A., Molotnikov, A., & Birbilis, N. (2021). Critical review of the state of the art in multi-material fabrication via directed energy deposition. Current Opinion in Solid State and Materials Science, 25(4), Article 100924. <https://doi.org/10.1016/j.cossms.2021.100924>
- [5] Aconity3D



## Real-Time Defect Detection in AM : An ML Approach for QA

*4. Rosenheimer Symposium für Additive Fertigungsverfahren*

*Faiza Waheed M.Sc.*

# Agenda

## ➤ **Part I – ML-Based Defect Detection System**

- Motivation & Objectives
- Multi-Sensor Monitoring
- Machine Learning Approach
- Model Performance
- Operator-in-the-Loop Validation
- Model Fine-Tuning
- Live Anomaly Detection
- Conclusion

## ➤ **Part II – Lab Architecture Migration to Siemens Edge Devices**

- Current PC-Based Architecture
- Migration Strategy
- Siemens Edge Device Setup
- Deployment Challenges
- Performance Comparison
- Benefits & Scalability
- Conclusion

# Part I: ML-Based Defect Detection System

## Motivation

- 3D LPBF printing is increasingly used in industries for manufacturing safety-critical parts (aerospace, automotive, medical)
- Defects threaten reliability & certification
- Post process NDT is expensive
- In-situ early detection & intervention
- Resulting in Savings (Labour, Cost, Energy)

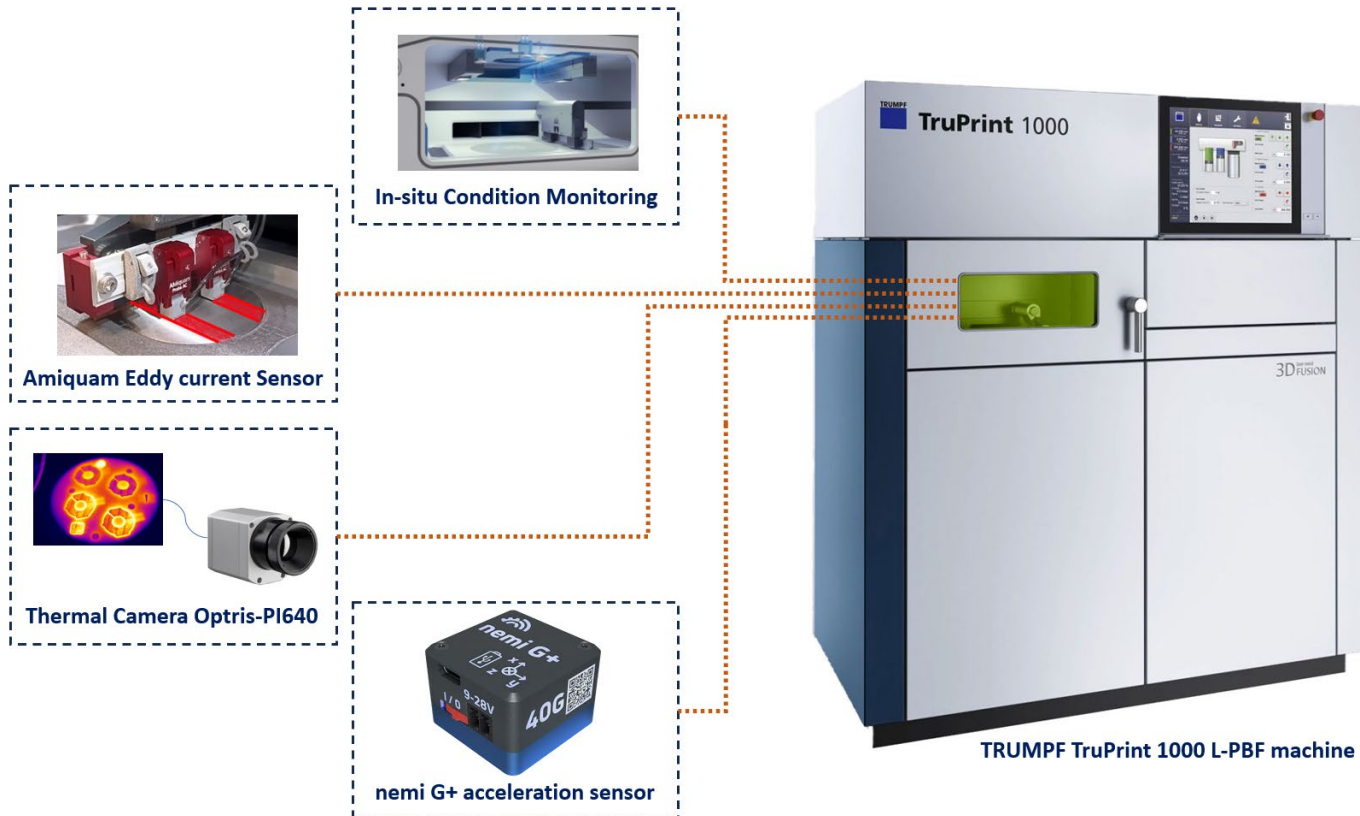
## Objectives

- ✓ Develop a model-based framework for defect detection
- ✓ Enable real-time, non-destructive quality checks
- ✓ Combine ML + multi-sensor monitoring
- ✓ Demonstrate on TRUMPF TruPrint 1000 machine available in AM lab at TH-Rosenheim



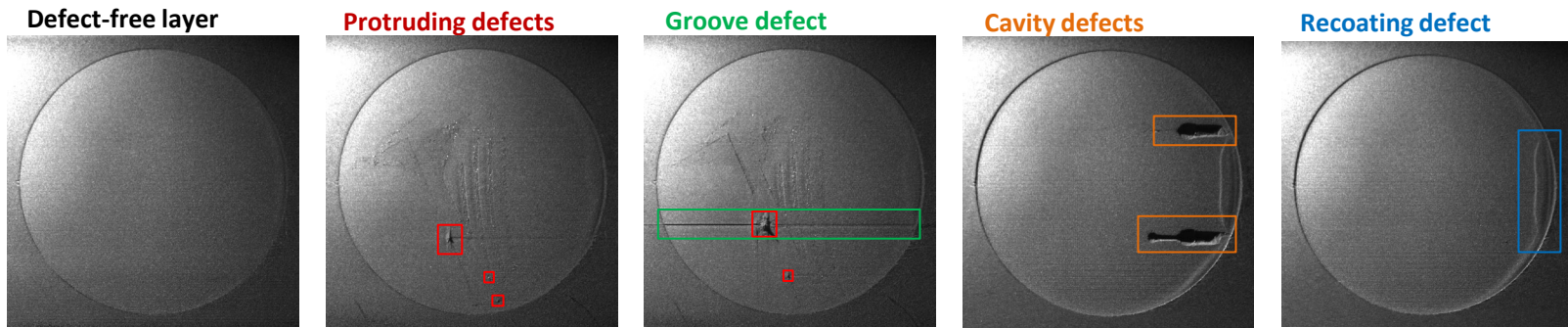
# Multi-Sensor Monitoring

- Powder Bed Condition Monitoring: Visual Defects
- Eddy current sensor: Sub-surface flaws like Porosity and Cracks
- Thermal camera: Overheating zones
- Accelerometer: Protruding and Recoating Defects



# ML for In-Situ Defect Detection in LPBF - Condition monitoring

## Defect Annotations

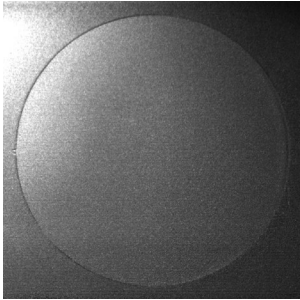


| Defect            | Root Cause                                                                      | Detection Method                   | Mitigation                            |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Protruding Defect | Often resulting from overheated zones, prolonged laser focus or Etching Spatter | Visual Inspection or Accelerometer | Adjust laser parameters or halt build |
| Groove            | Caused by uneven powder distribution or prior layer distortion                  | Visual Inspection or Eddy Current  | Increase powder volume                |
| Recoating Defect  | Indicating a malfunction or obstruction in the recoater blade movement          | Visual Inspection or Accelerometer | Adjust recoater mechanism             |
| Cavity            | Sub-surface or visible voids due to insufficient sifting of powder material     | Visual Inspection + Eddy Current   | Increase powder volume                |

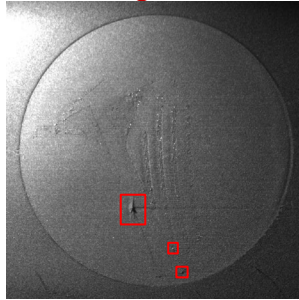
# ML for In-Situ Defect Detection in LPBF - Condition monitoring

## Defect Annotations

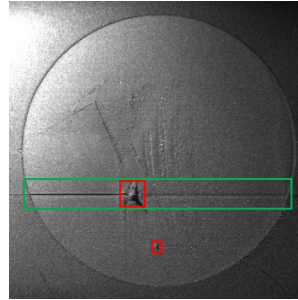
Defect-free layer



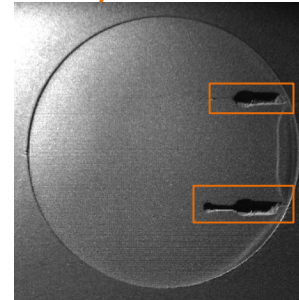
Protruding defects



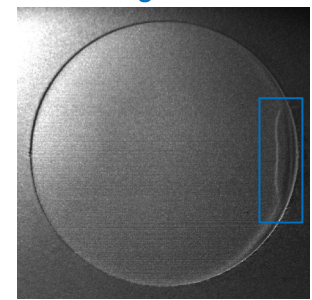
Groove defect



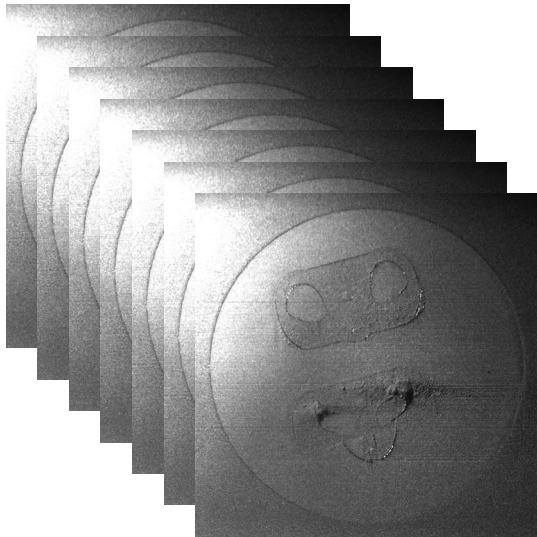
Cavity defects



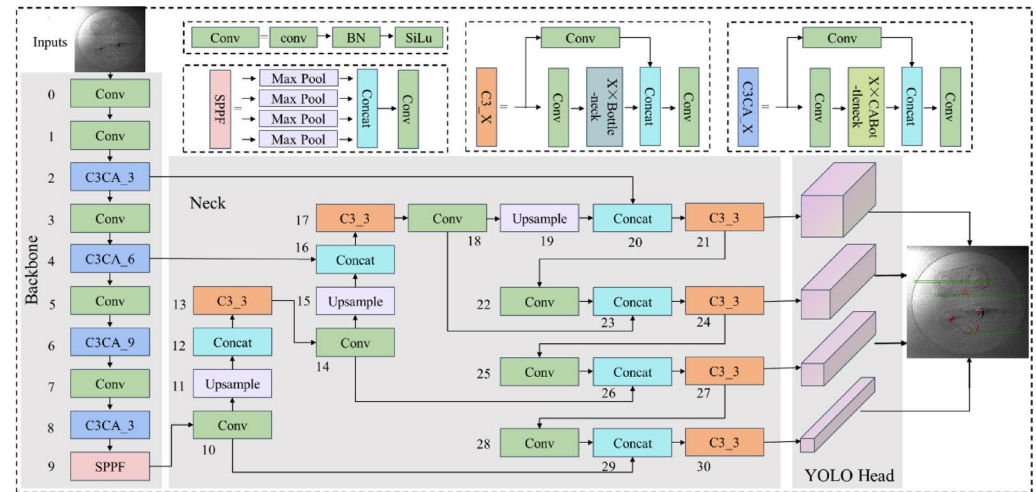
Recoating defect



## Process Image Data



## ML Model (YOLOv9m)



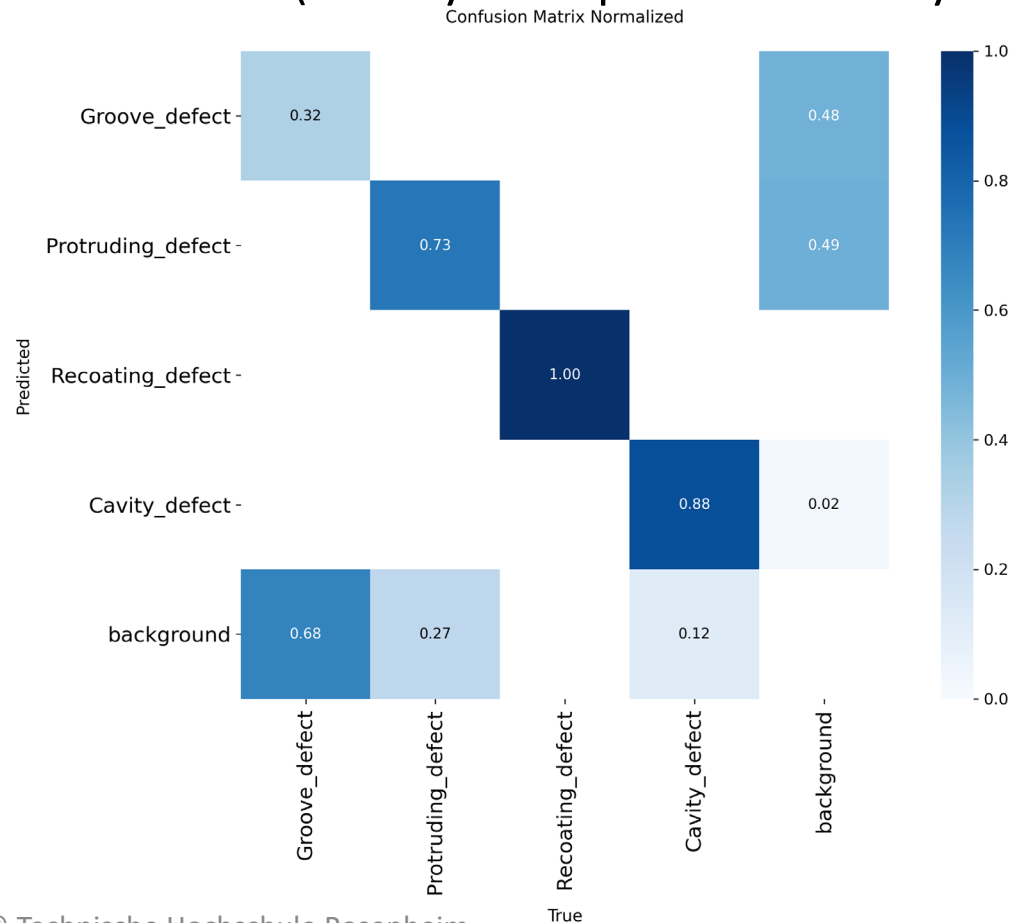
# Model Performance

## Training

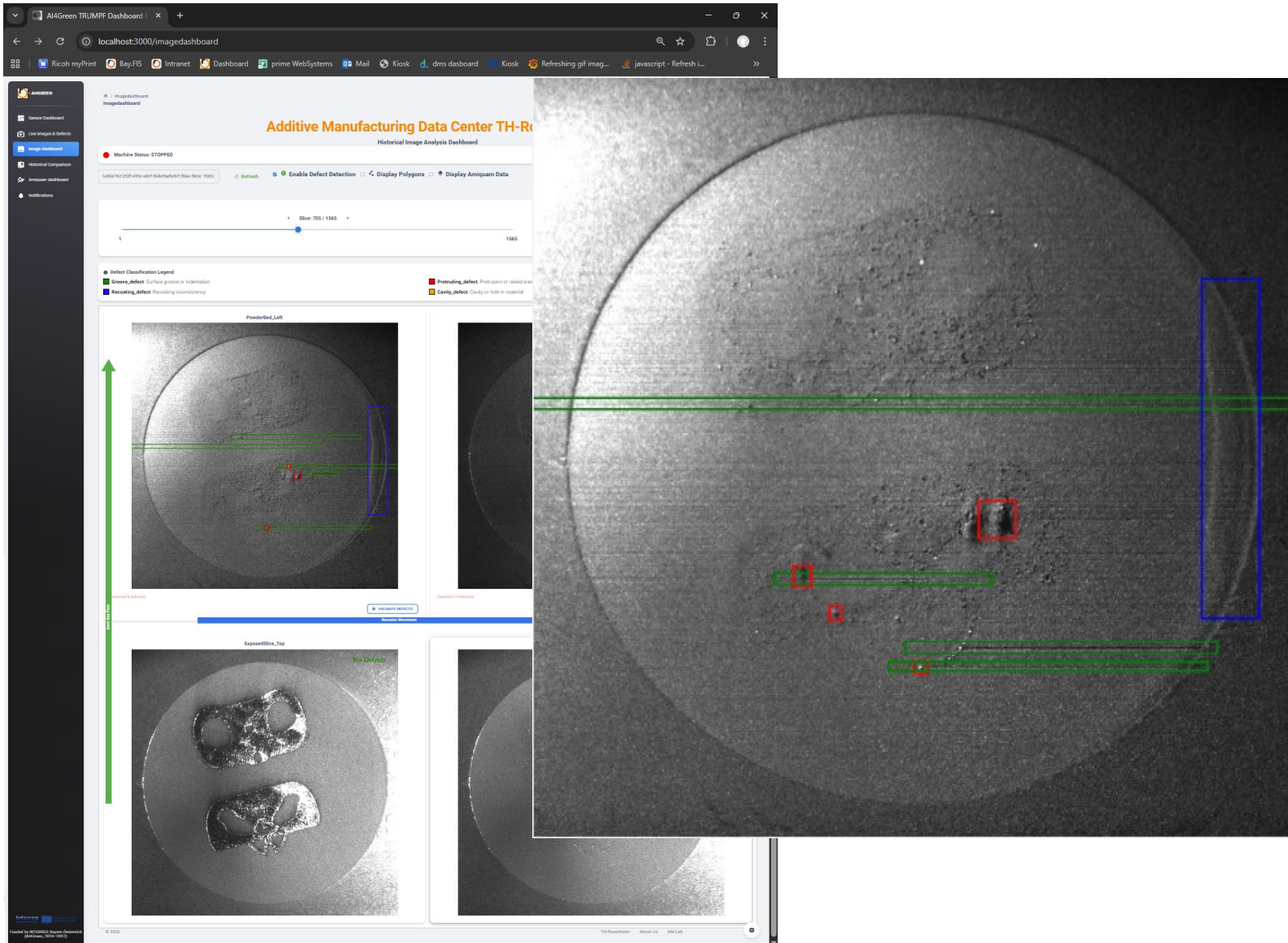
- ~2200 Annotaed images (Labelbox)
- Total augmented images used ~12000 (flip, rotate, shear, blur, CLAHE, noise)
- Model: YOLOv9m, trained on RTX A4000 (initially 500 epochs with early stopping)

## Model metrics

- Recall: 80.2%
- mAP@0.5: 82.3%
- Challenges: Groove defects
- Strong performance on cavity & recoating defects



# Inference and Operator Validation



# Inference and Operator Validation

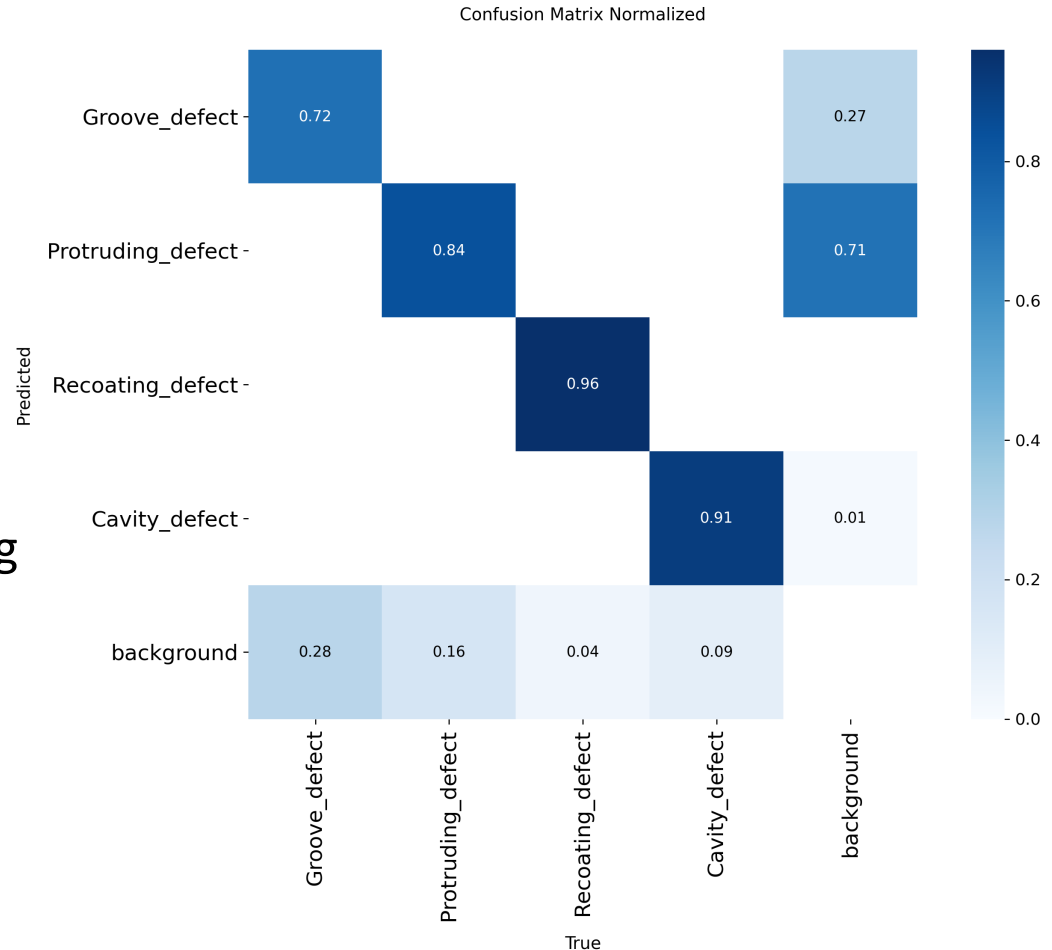
```
1 1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf_705_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json
2 2f-493c-adcf-36da9aefa3cf > {} 1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf_705_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json
3
4 {
5   "imageName": "1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf_705_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json",
6   "imagePath": "static/images/1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf_705_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json",
7   "productionId": "1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf",
8   "sliceNumber": 705,
9   "position": "PowderBed_Left",
10  "validatedAt": "2026-02-24T12:22:54.566Z",
11  "overallComments": "OK",
12  "defects": [
13    {
14      "box": [
15        435.05682373046875,
16        492.5408020019531,
17        216.5791015625,
18        6.8992919921875
19      ],
20      "label": 0,
21      "score": 0.827657163143158,
22      "validated": true,
23      "comment": "",
24      "defectClass": "Groove_defect"
25    },
26    {
27      "box": [
28        325.55767822265625,
29        493.9813232421875,
30        8.470703125,
31        9.2869873046875
32      ],
33      "label": 1,
34      "score": 0.8092862367630005,
35      "validated": true,
36      "comment": "",
37      "defectClass": "Protruding_defect"
38    },
39    {
40      "box": [
41        398.78497314453125,
42        493.9813232421875,
43        8.470703125,
44        9.2869873046875
45      ],
46      "label": 1,
47      "score": 0.8092862367630005,
48      "validated": true,
49      "comment": "",
50      "defectClass": "Protruding_defect"
51    }
52  ],
53  "overallComments": "OK",
54  "validatedAt": "2026-02-24T12:22:54.566Z",
55  "imagePath": "static/images/1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf_705_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json",
56  "productionId": "1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf",
57  "sliceNumber": 705,
58  "position": "PowderBed_Left",
59  "imageName": "1a36e762-252f-493c-adcf-36da9aefa3cf_705_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json"
60 }

1 62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92_1753_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json
2 62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92 > {} 62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92_1753_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json
3
4 {
5   "imageName": "62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92_1753_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json",
6   "imagePath": "static/images/62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92_1753_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json",
7   "productionId": "62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92",
8   "sliceNumber": 1753,
9   "position": "PowderBed_Left",
10  "validatedAt": "2026-02-24T12:58:47.150Z",
11  "overallComments": "missing defects: 4xGroove, 10xprotruding",
12  "defects": [
13    {
14      "box": [
15        403.86822509765625,
16        228.039794921875,
17        8.91351318359375,
18        8.8544921875
19      ],
20      "label": 1,
21      "score": 0.5135107636451721,
22      "validated": true,
23      "comment": "",
24      "defectClass": "Protruding_defect"
25    },
26    {
27      "box": [
28        492.9315185546875,
29        456.8854675292969,
30        165.1962890625,
31        6.71112060546875
32      ],
33      "label": 0,
34      "score": 0.4967975914478302,
35      "validated": true,
36      "comment": "",
37      "defectClass": "Groove_defect"
38    },
39    {
40      "box": [
41        470.56646728515625,
42        493.9813232421875,
43        8.470703125,
44        9.2869873046875
45      ],
46      "label": 1,
47      "score": 0.8092862367630005,
48      "validated": true,
49      "comment": "",
50      "defectClass": "Protruding_defect"
51    }
52  ],
53  "overallComments": "missing defects: 4xGroove, 10xprotruding",
54  "validatedAt": "2026-02-24T12:58:47.150Z",
55  "imagePath": "static/images/62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92_1753_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json",
56  "productionId": "62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92",
57  "sliceNumber": 1753,
58  "position": "PowderBed_Left",
59  "imageName": "62f44964-dfca-4dc8-b5f7-626d71b0db92_1753_image_PowderBed_Left_20260224_122254_validation.json"
60 }
```

# Model finetuning on Operator validated data

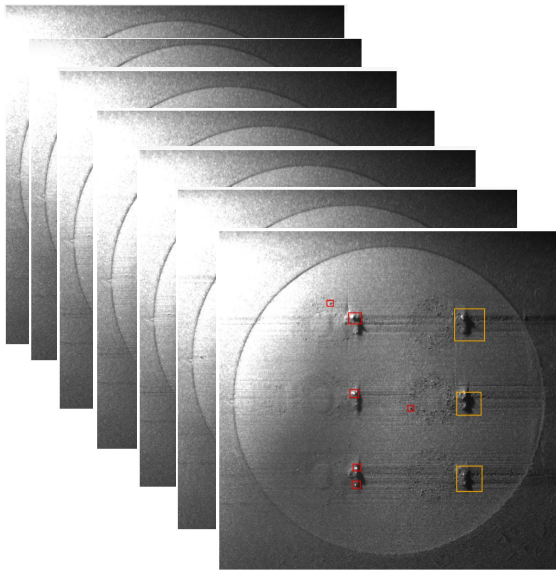
- Obtained 530 Validated images (.json)
- ~380 after filtering out correct detections
- Model: YOLOv9m, finetuned on ~2500+ augmented images

- Recall: 85%
- mAP@0.5: 88.4%
- Marked improvement on Groove defects
- Minute degradation on performance for recoating defects

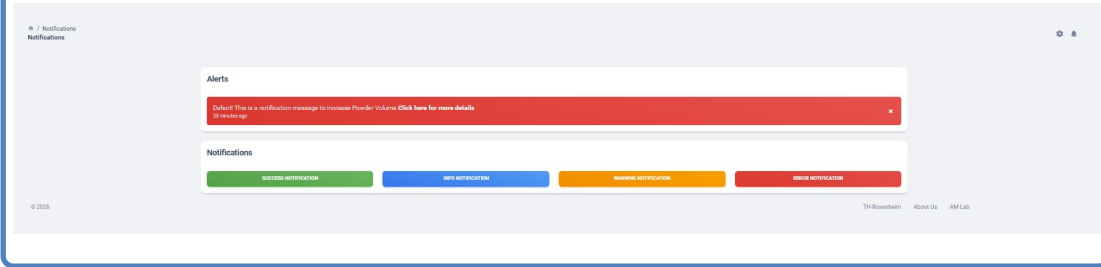


# Live Anomaly detection

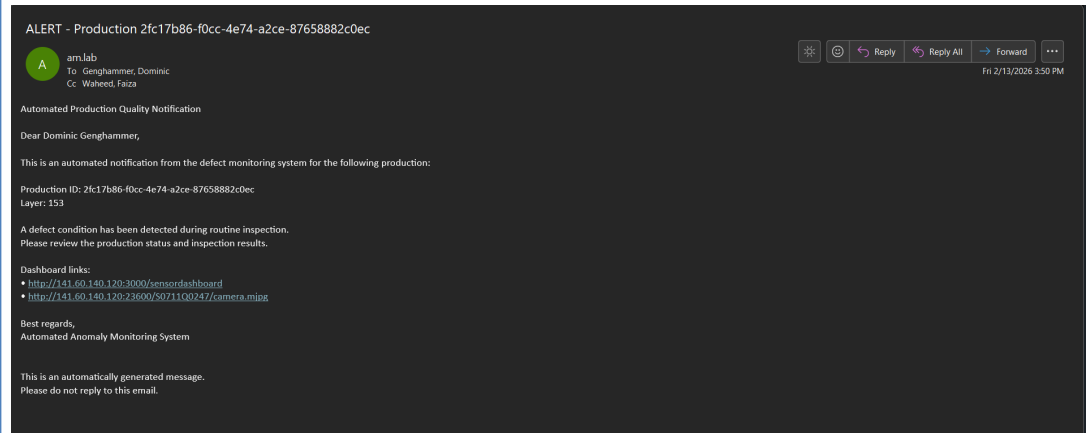
## Anomaly detection



## Dashboard Notification



## Alert Generation - Email



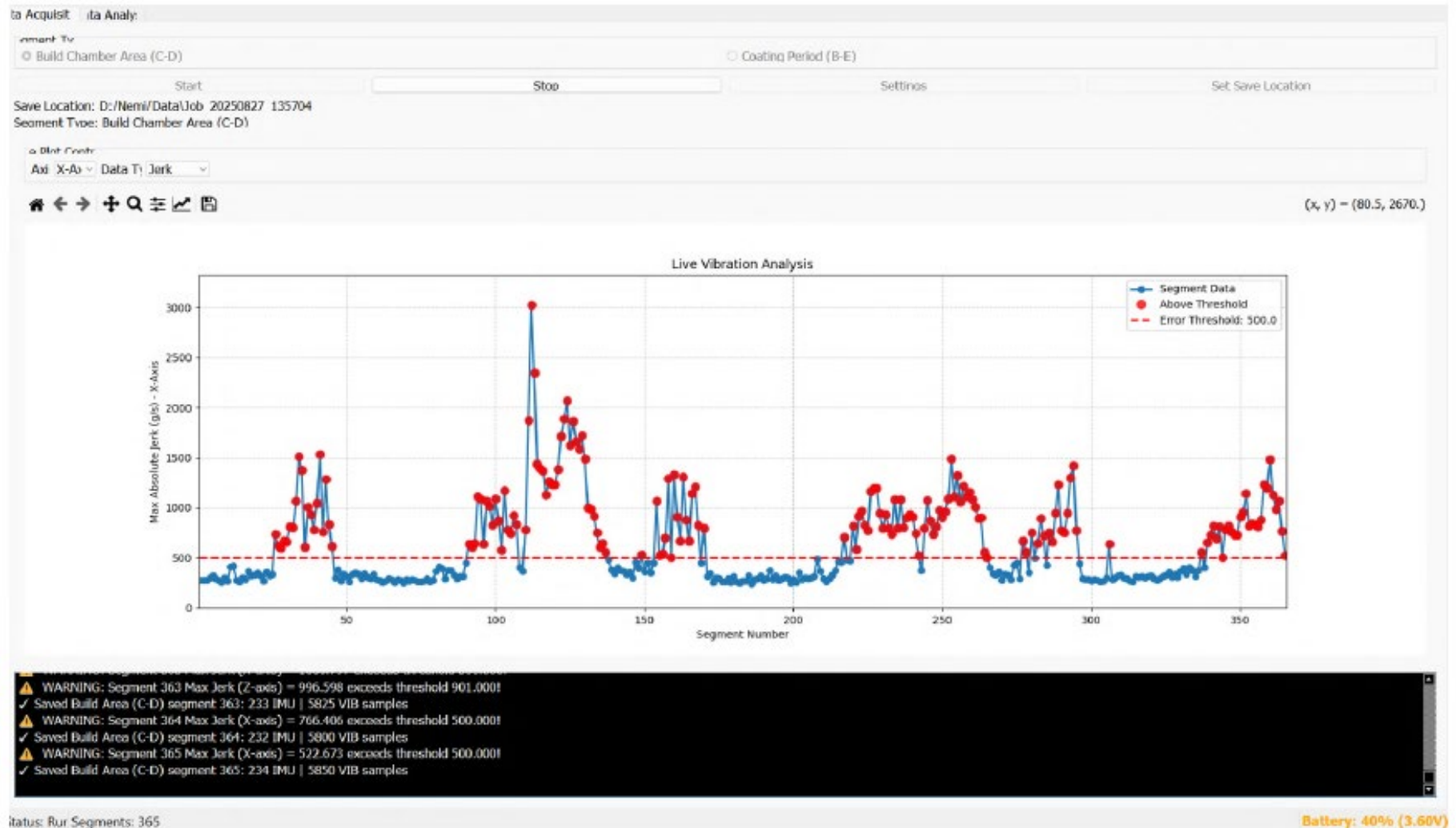
# Savings analysis from early detection & operator intervention

| Metric                               | Completed Job<br>(2375 slices) | Operator intervention<br>(Slice 338) | Estimated Savings                    |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Powder Usage (mm<sup>3</sup>)</b> | <b>109,250</b>                 | <b>20,280</b>                        | <b>88,970 mm<sup>3</sup> = 81.4%</b> |
| <b>Energy Consumption (kWh)</b>      | <b>19.06</b>                   | <b>3.13</b>                          | <b>15.93 kWh = 83.6%</b>             |
| <b>Production Time (hours)</b>       | <b>15</b>                      | <b>2.13</b>                          | <b>12.87 hours = 85.8%</b>           |

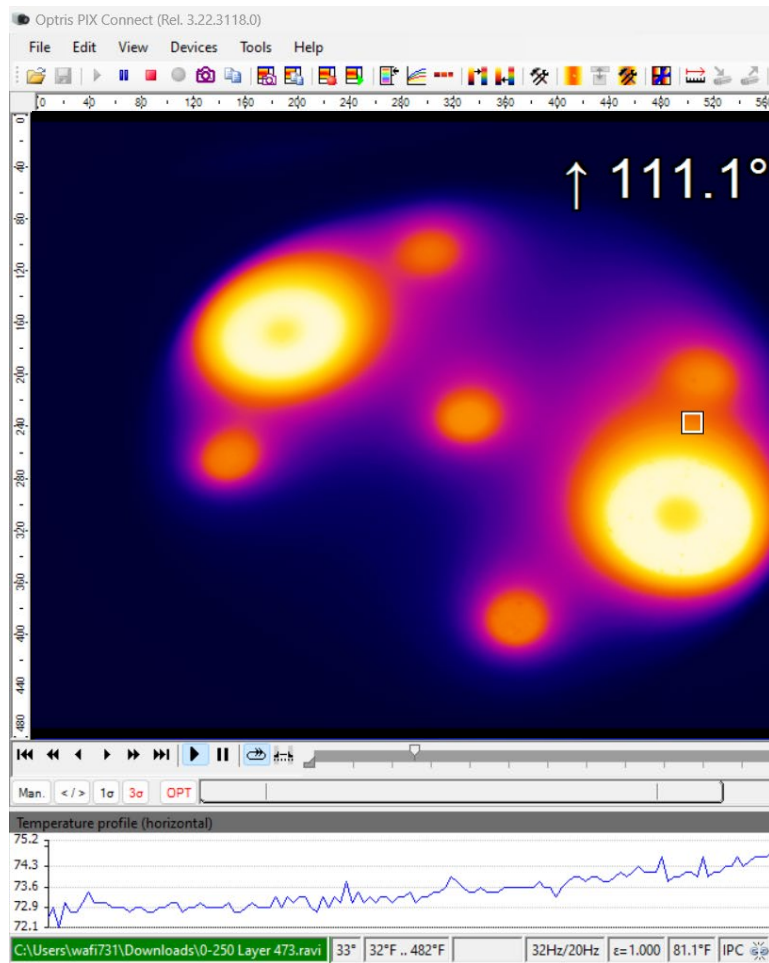
The AI-triggered early notification mechanism and operator intervention significantly reduced resource consumption across all measured resource parameters

# Acceleration Sensor

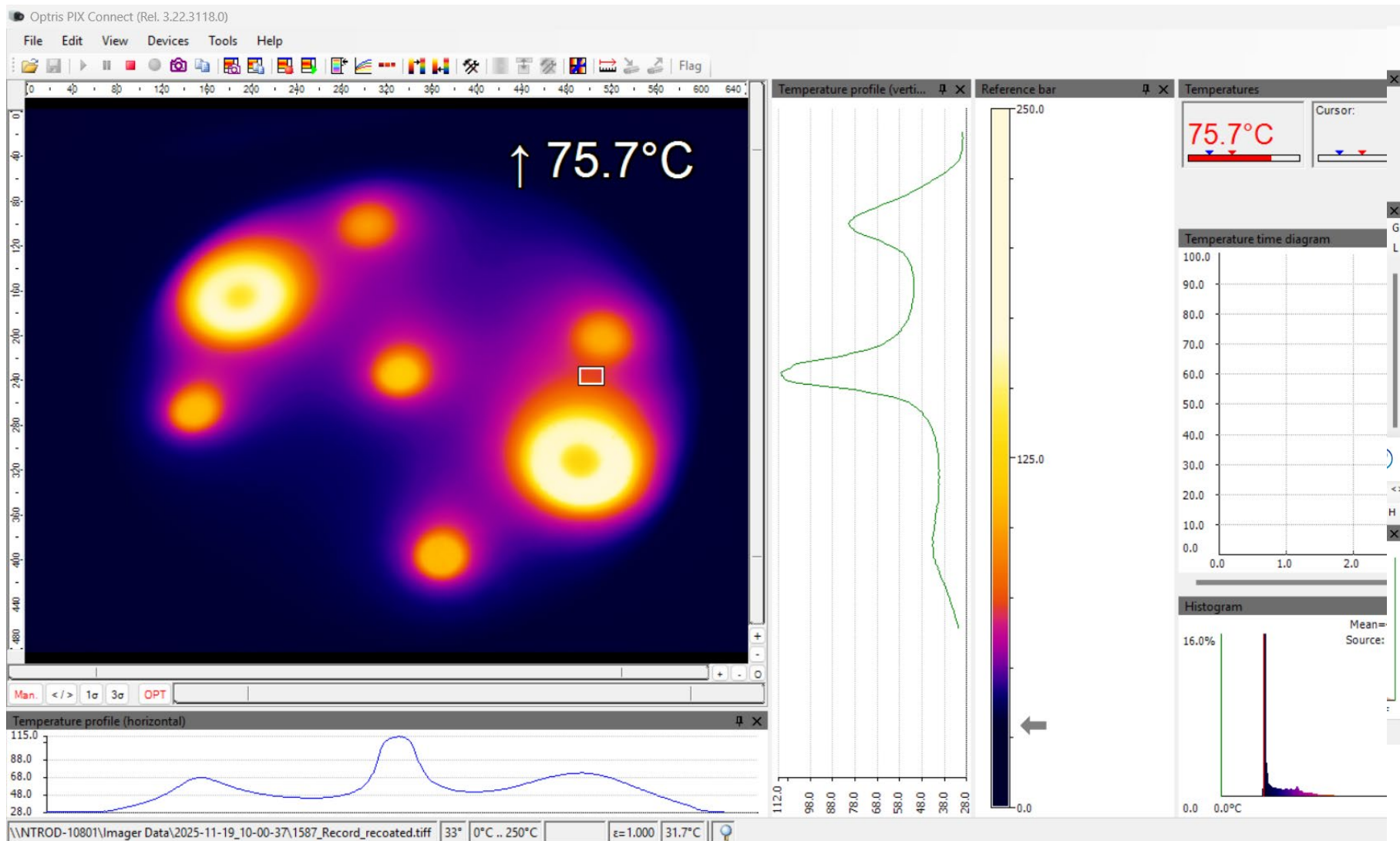
## Detecting Protruding and Recoating Defects for process improvement



# Thermal Camera



# Thermal Camera



# Conclusion - Part I

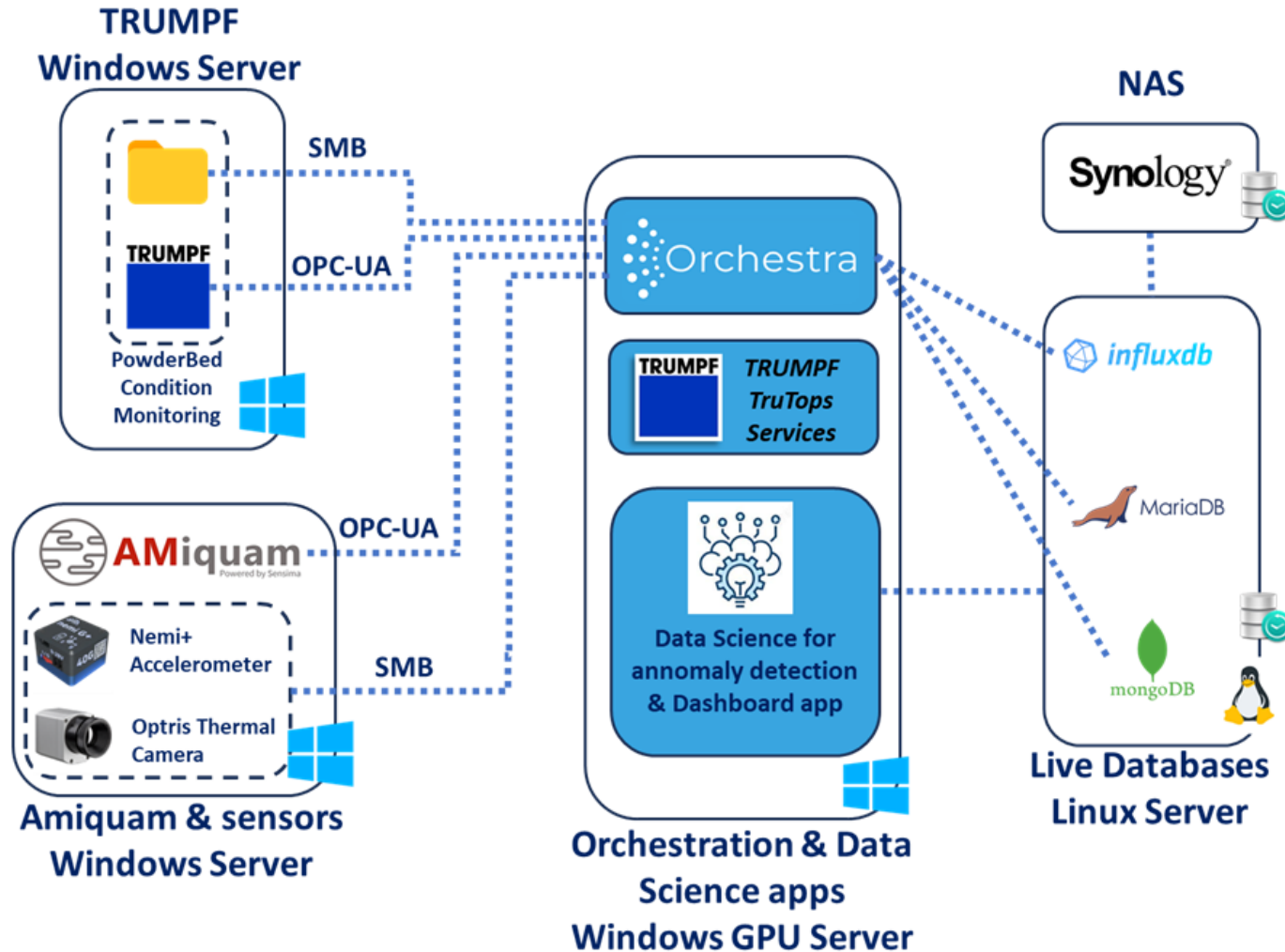
- Real-time AI-driven Quality Checks for additive manufacturing
- Foundation for QA frameworks with Operator in loop learning
- Reliable defect detection → Early intervention → Contributing to savings in material, energy, time

# Challenges and Future work

- Data volume & prioritization of critical inputs
- Model robustness: rare defects & edge cases
- Digital Twin for simulation and predictive analysis
- Work towards implementing QA certification frameworks

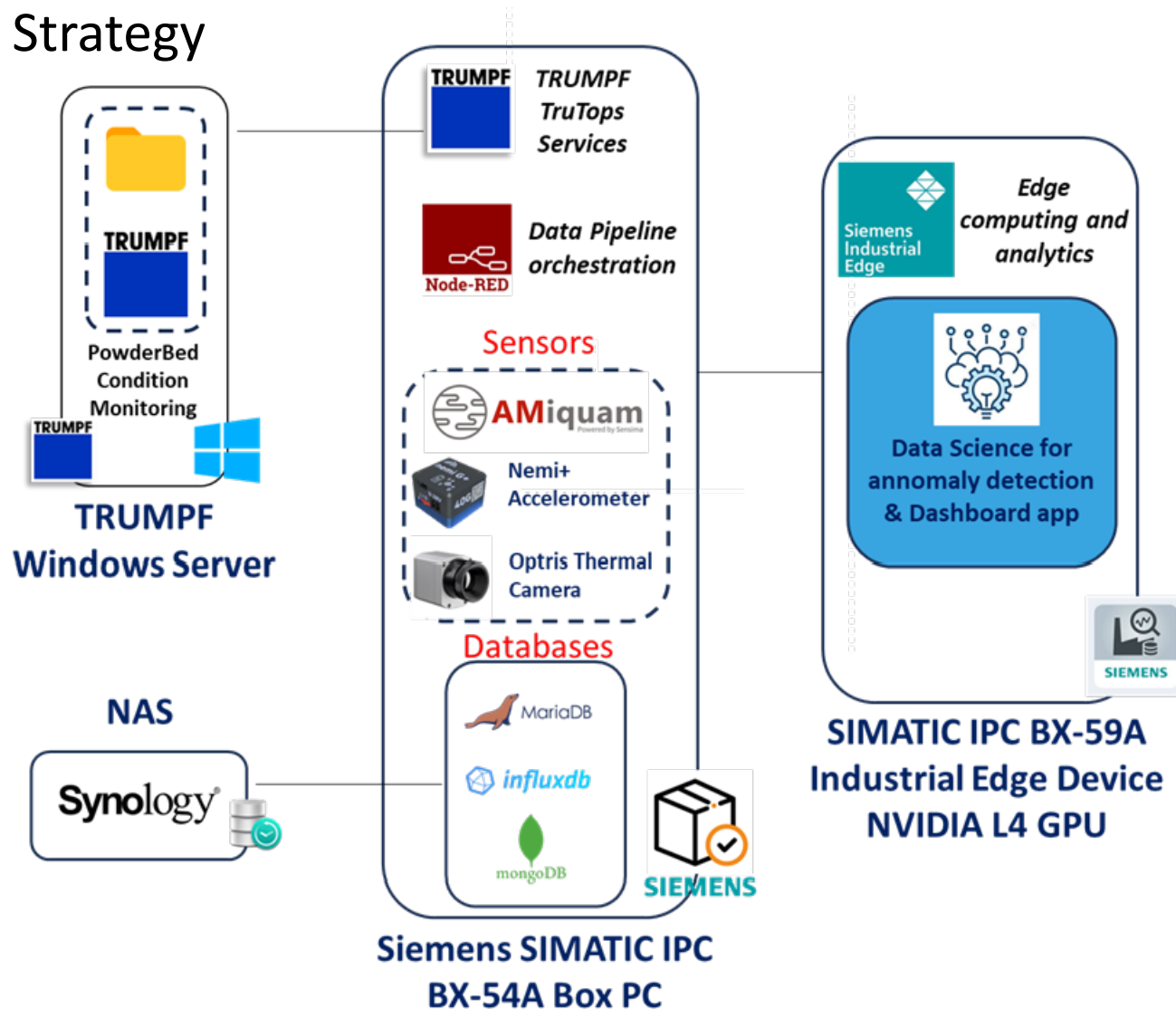
## Part II: Migration to Siemens Edge Devices

### Current PC-Based Architecture for TRUMPF TruPrint 1000



# Part II: Migration to Siemens Edge Devices

## Migration Strategy



# Part II: Migration to Siemens Edge Devices

## Migration Strategy

### Phase 1: Parallel Operation

Existing PC-based system kept live alongside new edge infrastructure  
Orchestration migrated to NodeRED  
Outputs cross-validated to ensure parity

### Phase 2: Containerized Deployment

ML inference and data pipeline services packaged as Docker containers  
Deployed via Siemens Industrial Edge Management (IEM)

### Phase 3: Rollout

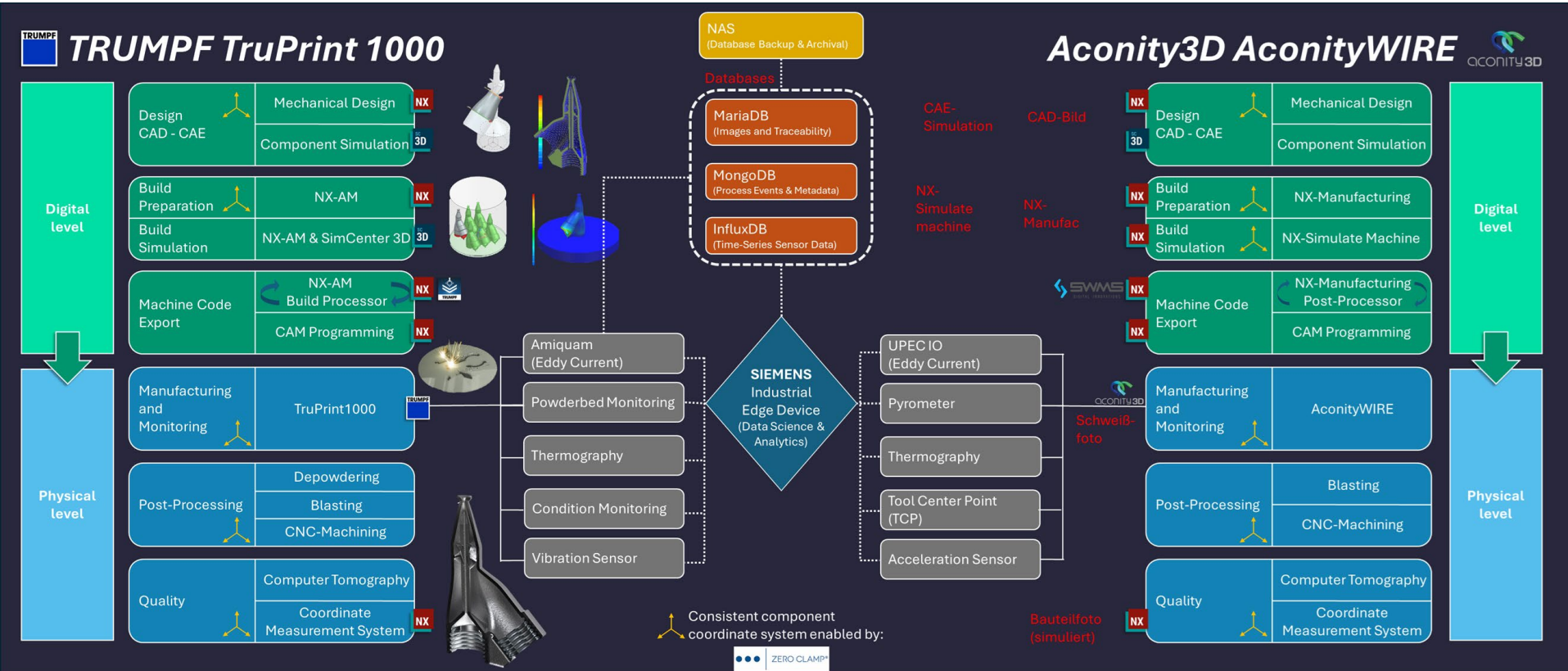
Sensor modules migrated incrementally: PowderBed condition monitoring, thermal, accelerometer and eddy current  
Legacy PCs decommissioned after full validation

### *Key Goals*

- Zero downtime on the TRUMPF TruPrint 1000 during transition
- Preserve data pipelines (OPC UA, SMB, Modbus) with DB integrations (MariaDB, InfluxDB, MongoDB)
- Enable future scalability: additional machines onboarded via IEM without hardware changes

## Part II: Migration to Siemens Edge Devices

### AM Process Chain after Siemens Edge Device Setup



# Part II: Migration to Siemens Edge Devices

## Deployment Challenges

### ***Technical***

#### **Resource Constraints**

YOLOv9m inference demands careful optimization; GPU is available on edge device

Running various apps requires high parallelization

I/O constraints based on USB, Ethernet ports in IPC

#### **Data Pipeline Latency**

Synchronizing high-frequency sensors, accelerometer and camera streams captures requires buffering logic and timestamp alignment

#### **OPC UA Compatibility**

OPC UA compatible connector in the Siemens Library

### ***Operational***

#### **Security & Access Control**

Current setup relies on university firewall; edge deployment requires hardened network segmentation and role-based access control

#### **Container Orchestration**

Siemens IEM app lifecycle management differs from standard Docker Compose workflows; deployment scripts require adaptation

#### **Operator Continuity**

Notification and email alert system re-routed through edge-hosted Dashboard app with no visible change to operator workflow

## Part II: Migration to Siemens Edge Devices

### Benefits & Scalability

#### ➤ *Reduced Architectural Footprint*

- Consolidates multiple servers and PCs into a single edge device -> reducing hardware, network complexity, and maintenance overhead

#### ➤ *Industrial Alignment & Scalability*

- Edge-native deployment mirrors standard industrial practice; bringing our lab setup inline with how QA is deployed on real production floors
- Validate Siemens edge hardware on our AM equipment (TRUMPF, Aconity); extensible to additional machines via IEM without core hardware/software changes
- Access to the Siemens Industrial Edge app ecosystem, including AI and data science apps -> future capability extensions via software library

# Conclusion - Part II

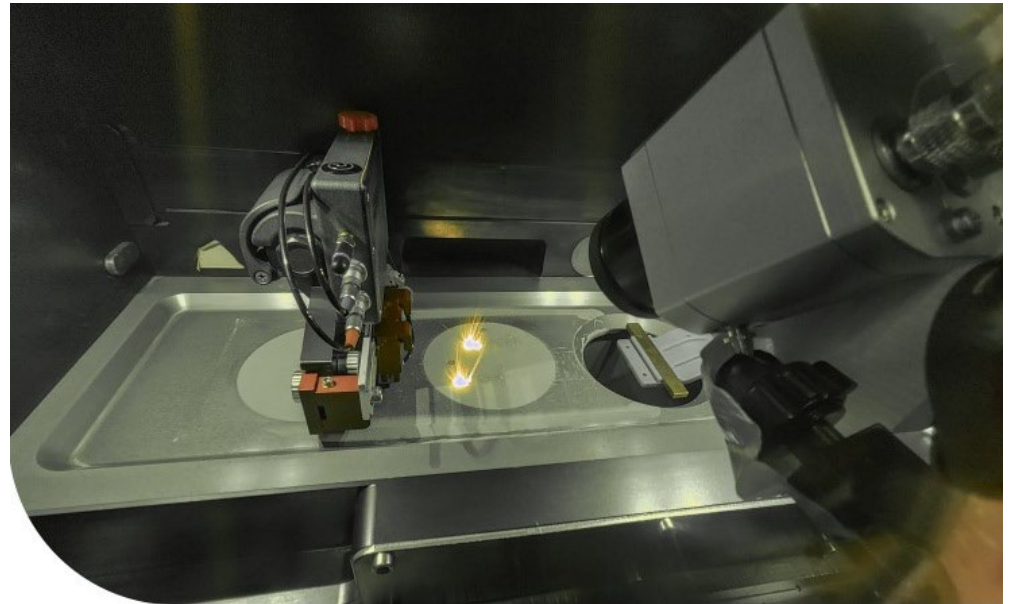
- Planned containerized migration of the ML inference pipeline
- Phased rollout with zero production downtime including sensors data orchestration
- Edge-native, cloud-independent scalability across AM machines
- Alignment with AI4Green project objectives

# Acknowledgments

- INTERREG Bayern-Österreich AI4Green Project (2024–2027)
- Academic and Industrial Partners
- Technical University Rosenheim

# Q&A

- Thank you for your attention
- Contact: [faiza.waheed@th-rosenheim.de](mailto:faiza.waheed@th-rosenheim.de)





# Additive Fertigung in der Abfüll- und Verpackungstechnik

## 4. Rosenheimer Symposium für Additive Fertigungsverfahren

---

Andreas Neuber | 06.03.2026

This document is property of the Krones Group. It may only be used for the purpose for which it has been provided. Any utilization of the contents of this presentation – even in excerpts – as well as all contained texts, illustrations, images, graphs and other design elements, in particular by duplication or distribution as well as storage or processing in data systems, is not permitted without the prior written consent of the Krones Group.



# Agenda



- 1) Additive Fertigung bei der Krones AG
- 2) Anwendungsbeispiele: Multi Jet Fusion
- 3) Anwendungsbeispiele: Selektives Laserschmelzen
- 4) Zusammenfassung und Weiterentwicklungsbedarf aus Anwendersicht

# Vorstellung Krones AG



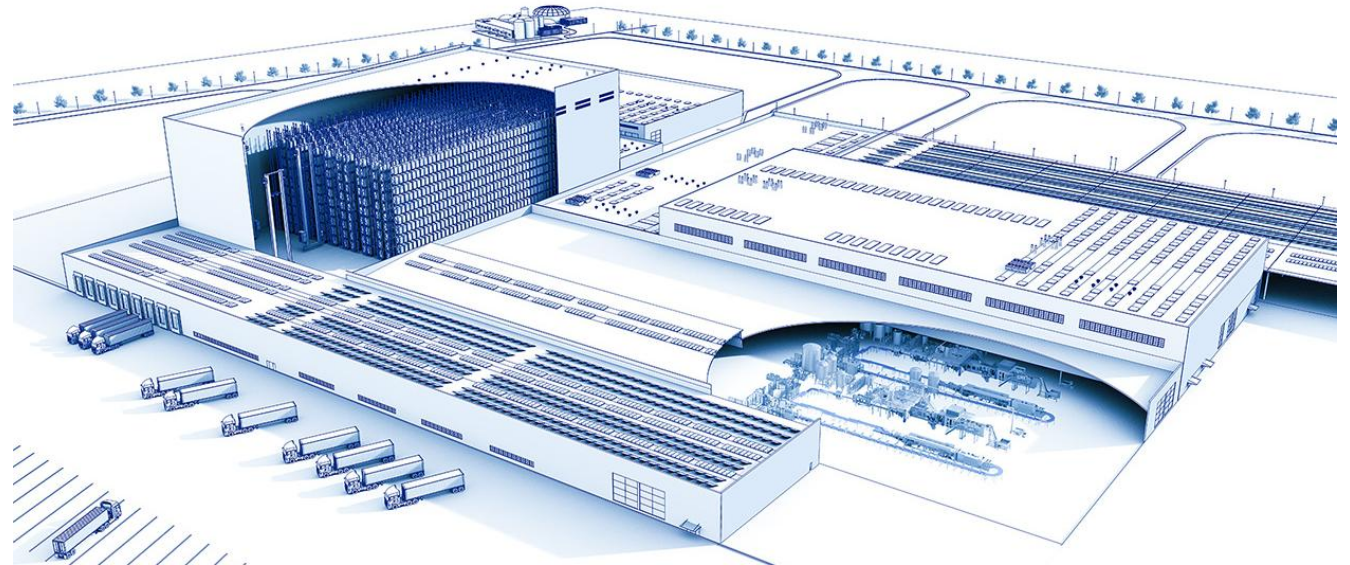
## Krones AG

Ein Technologiekonzern und Service-Dienstleister im Herzen der Getränke- und Liquid-Food-Industrie

## Wir entwickeln, planen und realisieren

- Schlüsselfertige Fabriken
- Prozessanlagen für die Produktion von Getränken und alternativen Proteinen
- Abfüll- und Verpackungslinien
- Materialfluss- und Lagersysteme
- Recycling-Anlagen für PET, Polyolefine und andere Verpackungskunststoffe

|                                                          |                                                      |                                                 |                            |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|
| Mehr als<br><b>20.000</b><br>Expertinnen<br>und Experten | an weit über<br><b>100</b><br>Standorten<br>weltweit | davon<br><b>27</b><br>Produktions-<br>standorte | und<br><b>15</b><br>Center |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|



# Additive Fertigung in der Abfüll- und Verpackungstechnik

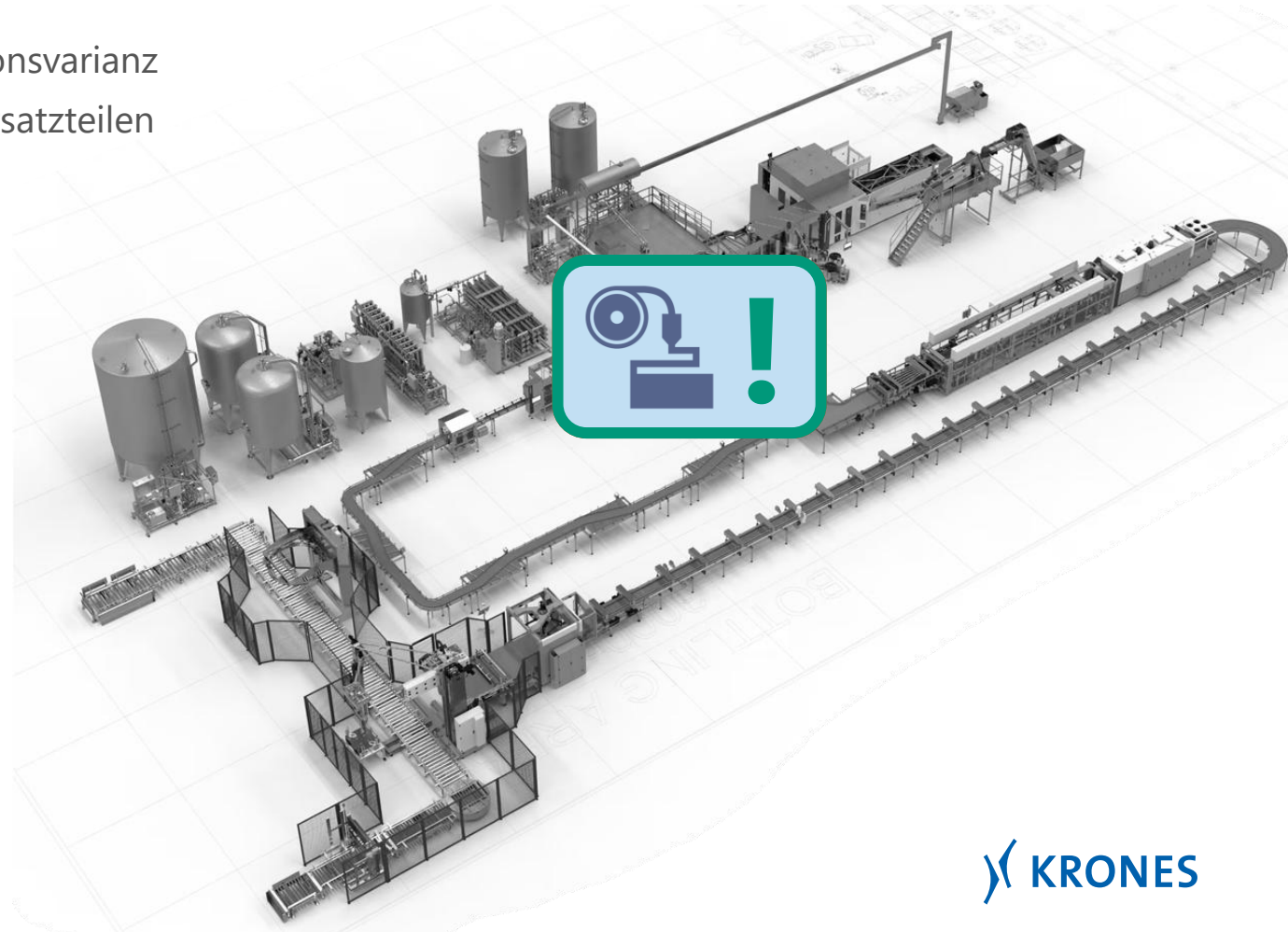


## AM-Potenzial in der Abfüll- und Verpackungstechnik

- + Wirtschaftlichkeit bei niedrigen Stückzahlen
- + Hohe Flexibilität bei hoher Maschinen- und Konfigurationsvarianz
- + Schnelle, dezentrale und werkzeuglose Fertigung von Ersatzteilen
- + Individualisierung von Serienteilen
- + ...

## Weitere Vorteile durch additive Fertigung

- + Hohe geometrische Komplexität „ohne“ Mehrkosten
- + Funktions- und Bauteilintegration
- + Einsparung von Arbeitsfolgen
- + Werkzeuglose Fertigung
- + Reduzierung der Lagerhaltung
- + ...



# Additive Fertigung bei der Krones AG



## Übergreifende Expertise in wichtigen Unternehmensbereichen



### Forschung & Entwicklung

Expertise und Wissensaufbau in AM-Kernbereichen  
Forschungsprojekte mit klarem AM-Bezug  
Entwicklung kundenspezifischer Sonderlösungen



### Produktion

AM ist integraler Bestandteil der Fertigung im Haus  
Verschiedene AM-Technologien & Post-Processing  
3D-Scan, Zerspanung, Lackieren, Kleben usw.



### Service

Dezentrale Fertigung „Rapid Part On Demand“  
3D-Drucker in der Kundenanlage + Zugriff auf eShop  
Service Paket: Part Screening/Engineering, Consulting

## Anwendungsfelder

Serienteile

Ersatzteile

Betriebsmittel

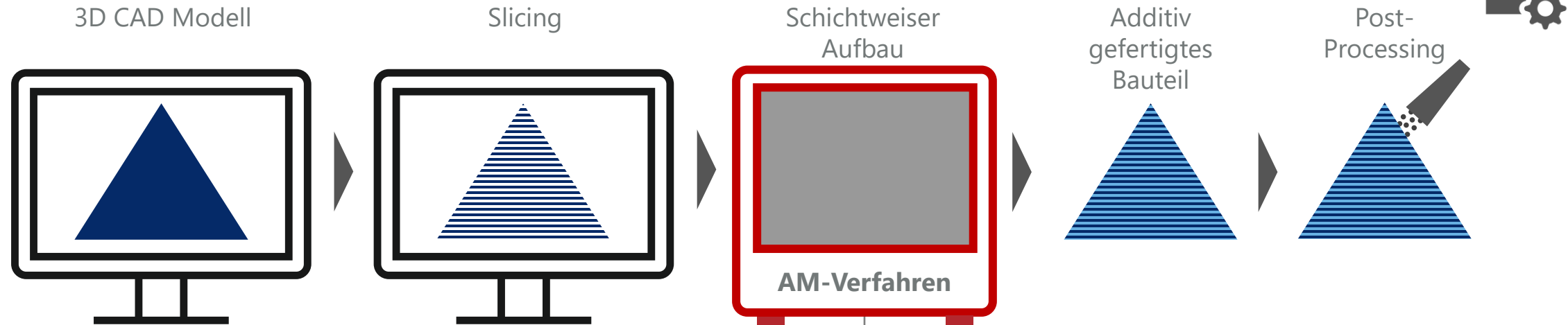
Prototypen

Versuchsteile

Werkzeuge

Mock-ups

# Additive Fertigung: Prozessphasen und Technologieüberblick



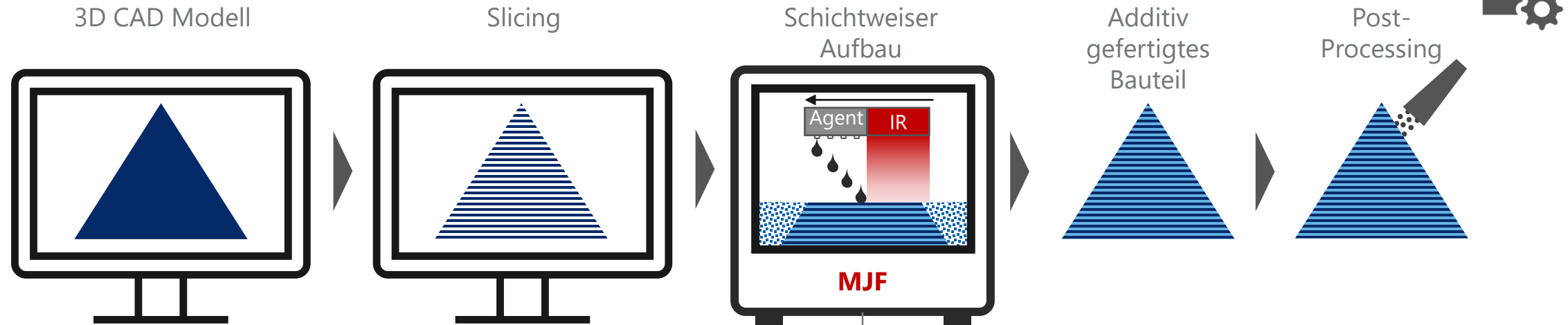
## Additive Fertigungstechnologien

Produktionsprozess = Pre-Processing + **additive Fertigung** + Post-Processing

- Zahlreiche verschiedene additive Fertigungsverfahren
- Gleiches Grundprinzip: Schichtweiser Materialaufbau
- Die Anwendung definiert das zu wählende additive Fertigungsverfahren

|                 |                  |            |           |                    |
|-----------------|------------------|------------|-----------|--------------------|
| Technologie     | PBF              | DED        | MJT       | SHL                |
|                 | MEX              | BJT        | VPP       |                    |
| Material        | Pulver           | Filament   | Paste     | Plattenmaterial    |
|                 | Draht            | Granulat   | Harz      | Binder             |
| Materialauftrag | Pulverbett       | Extruder   |           |                    |
|                 | Druckkopf        | Düse       |           |                    |
| Energiequelle   | Laserstrahl      | Lichtbogen | Infrarot  | Kinetische Energie |
|                 | Elektronenstrahl | Plasma     | Projektor | Binder             |

# Multi Jet Fusion: Produktivsystem für Kunststoffkomponenten



## Multi Jet Fusion (MJF)

*Pulverbettverfahren mit Infrarot & Agent*

- + Hohe Kosteneffizienz & Produktivität
- + Hohe Designfreiheit ohne Stützstrukturen
- + Gute mechanische Eigenschaften
- Kein 3D-Drucken einzelner Bauteile
- Hohes Prozesswissen erforderlich
- Geringe Materialauswahl

|                 |                  |            |           |                    |
|-----------------|------------------|------------|-----------|--------------------|
| Technologie     | PBF*             | DED        | MJT       | SHL                |
|                 | MEX              | BJT        | VPP       |                    |
| Material        | Pulver           | Filament   | Paste     | Plattenmaterial    |
|                 | Draht            | Granulat   | Harz      | „Binder“           |
| Materialauftrag | Pulverbett       | Extruder   |           |                    |
|                 | Druckkopf        | Düse       |           |                    |
| Energiequelle   | Laserstrahl      | Lichtbogen | Infrarot  | Kinetische Energie |
|                 | Elektronenstrahl | Plasma     | Projektor | Binder             |

\*PBF = Powder Bed Fusion

# MJF-Anwendungsbeispiel: Dosenwender



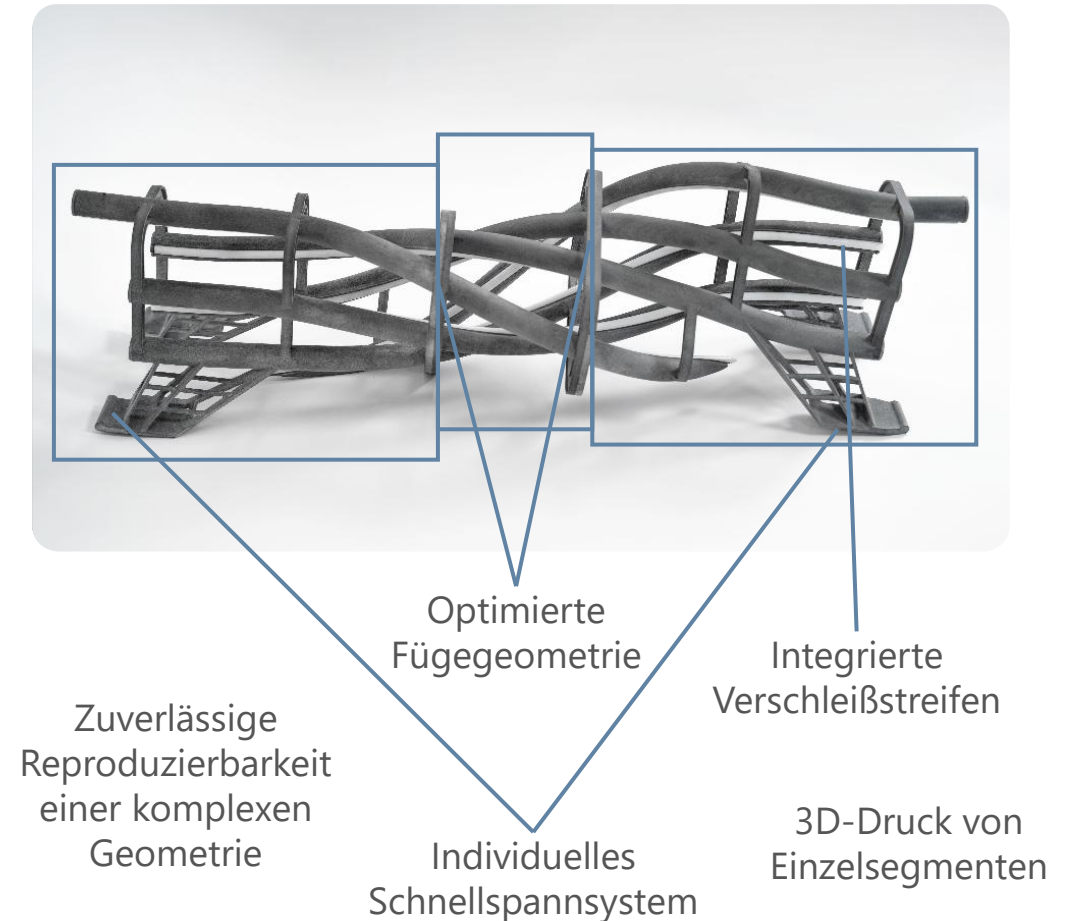
## Problemstellung

- Kosten und Lieferzeit für Zukauf
- Hohe Masse
- Passgenauigkeit der Wendekontur

## Vorteile der additiv gefertigten Lösung

- + Kurze Beschaffungszeit durch Eigenfertigung
- + Optimierte, exakt reproduzierbare Wendekontur
- + Verbesserte Hygiene
- + Leichtbauweise
- + Schnelle und einfache Anpassung an andere Dosenformate
- + Bessere Ergonomie beim Tausch des Wenders
- + Schneller Formatwechsel
- + Bis zu 150.000 Dosen/Stunde

## Lösung



# MJF-Anwendungsbeispiel: Dosengreifer



## Problemstellung

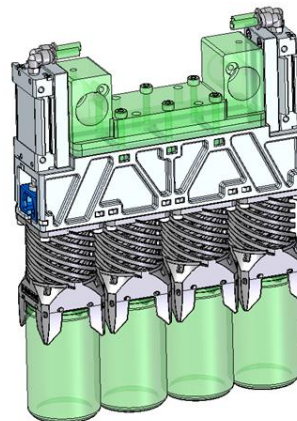
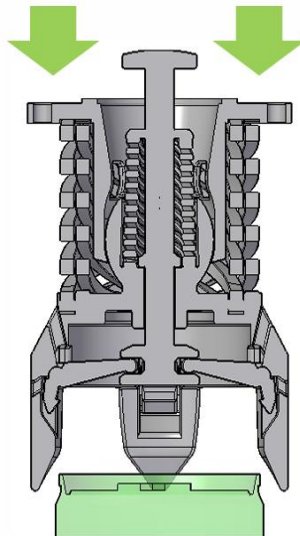
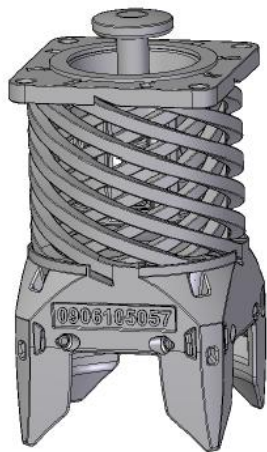
Standard Dose



SlimLine Dose



## Lösung



## Vorteile der additiv gefertigten Lösung

- + Dose wird zentriert und ausgerichtet → idealer Toleranzausgleich
- + „Top-Greifen“ + Verziehbewegung möglich → Optimalposition
- + Rein mechanisches Konzept → Kein Luftverbrauch
- + Für alle Dosen mit Bördelrand verwendbar (Standard, Slim, eckig, ...)

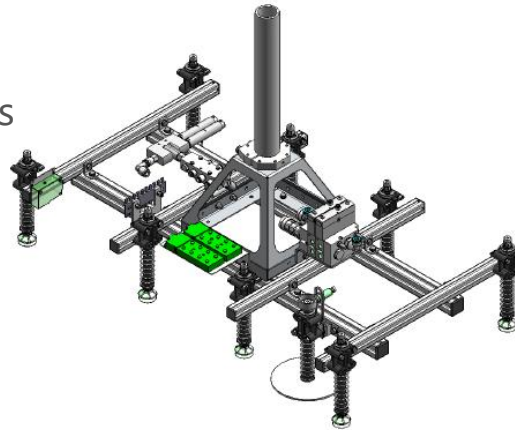


# MJF-Anwendungsbeispiel: Zwischenlagengreifer

## Problemstellung

- Hohe Masse des aktuellen Greifers
- Hohe Anzahl an Einzelteilen
- Schäden bei Kollision

## Lösung



## Vorteile der additiv gefertigten Lösung

- + Kostenneutraler Greifer – günstigere Anbaugruppen!
- + Maximale Funktionsintegration
- + 3D-gedruckte Arme in elastischer Federungs-Vorspannung
- + Vollständig integrierte Druckluftkanäle
- + Integrierter Vakuum-Ejektor
- + Positiv geprüftes Kollisionsverhalten

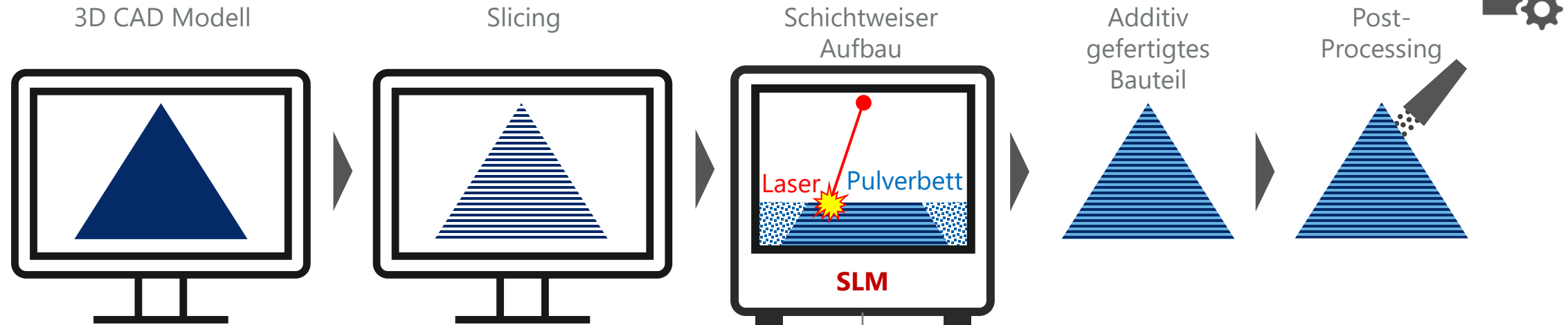


Massenreduzierung – 80 %

Einzelteilanzahl – 75 %

Montagezeit – 45 %

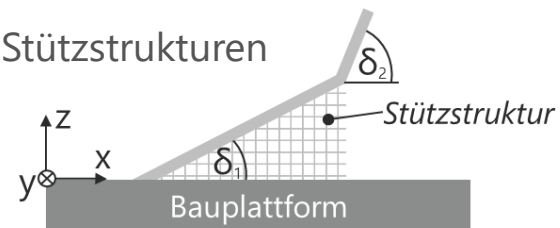
# Selektives Laserschmelzen: Additive Fertigung von Metallkomponenten



## Selective Laser Melting (SLM)

*Mikroschweißprozess mittels Laser im Pulverbett*

- + Geringe Ausgangsrauheit im Vergleich zu anderen AM-Metallverfahren
- + Bauteile mit hoher geometrischer Komplexität
- + Vergleichsweise Hoher Detailgrad
- Überhänge (i. d. R.  $\delta < 45^\circ$ ) erfordern Stützstrukturen
- Begrenztes Bauraumvolumen
- Niedrige Aufbaurrate



|                  |                  |            |           |                    |
|------------------|------------------|------------|-----------|--------------------|
| Technologie      | PBF*             | DED        | MJT       | SHL                |
|                  | MEX              | BJT        | VPP       |                    |
| Material         | Pulver           | Filament   | Paste     | Plattenmaterial    |
|                  | Draht            | Granulat   | Harz      | Harz               |
| Material-auftrag | Pulverbett       | Extruder   |           |                    |
|                  | Druckkopf        | Düse       |           |                    |
| Energiequelle    | Laserstrahl      | Lichtbogen | Infrarot  | Kinetische Energie |
|                  | Elektronenstrahl | Plasma     | Projektor | Binder             |

\*PBF = Powder Bed Fusion

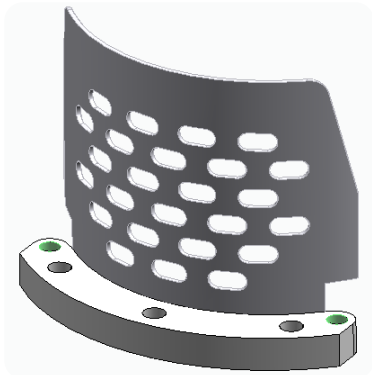


# SLM-Anwendungsbeispiel: Sleeveschale

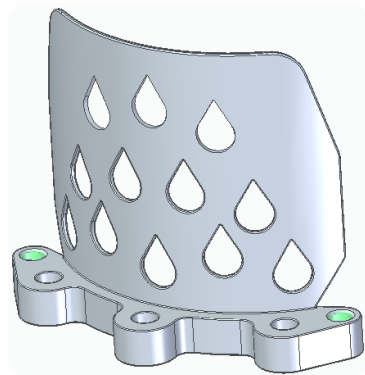
## Nachteile der konventionellen Lösung

- Aufwändige Fertigungsabfolge
- Hohe Fertigungskosten
- Sehr viele Varianten
- Hoher Strömungswiderstand

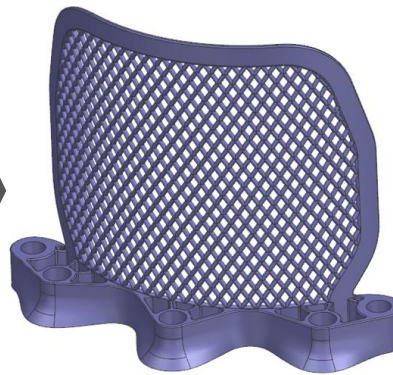
Konventionell  
gefertigt



Additiv  
gefertigt

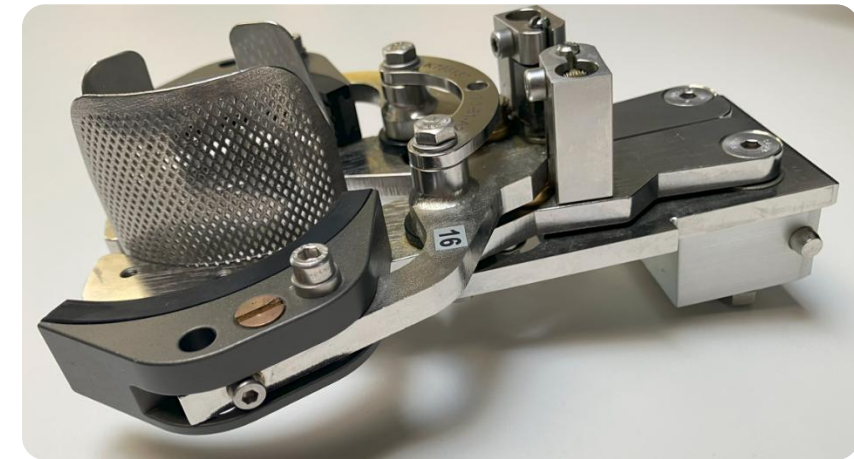


Additiv  
gefertigt



## Vorteile der additiv gefertigten Lösung

- + Monolithisches Design
- + Optimierter Luftstrom
- + Design optimiert für SLM-Prozess
- + Kosteneinsparung – 30 %
- + Massenreduzierung – 34 %
- + Reduzierte Kontaktfläche – 63 %



# SLM-Anwendungsbeispiel: Schrumpfdüse



## Nachteile der konventionellen Lösung

- Aufwändige Fertigungsabfolge
- Zusatzkosten für Varianten
- Ungünstige Strömungsverhältnisse
- Hygiene nicht optimal

## Vorteile der additiv gefertigten Lösung

- + Monolithisches Design  
(weniger Arbeitsfolgen, kaum Fertigungsabfall, kein Halbzeug)
- + Strömungsoptimiert
- + Verbesserte Oberfläche / „hygienischere“ Optik
- + Unkompliziert skalierbar / individuell anpassbar
- + Kostenneutral zum konventionell gefertigten Bauteil

Konventionell gefertigt



Additiv gefertigt



Additiv gefertigt

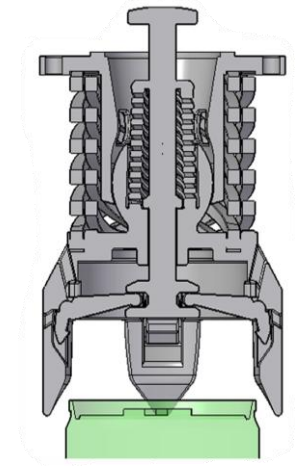


# Zusammenfassung und Weiterentwicklungsbedarf aus Anwendersicht



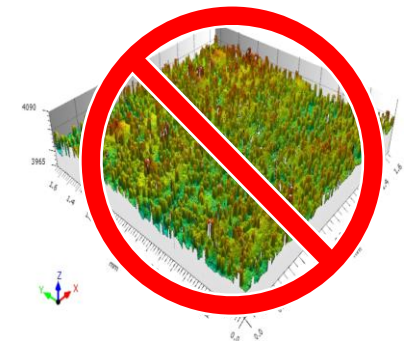
## Additive Fertigung bietet großen Mehrwert in Bezug auf

- Funktionsintegration & Leichtbau
- Einfache Designanpassungsfähigkeit und kostenneutrale Fertigung bei hoher Variantenausprägung
- Bauteil-/Baugruppenoptimierung durch hohe Designfreiheit
- Einzelteilreduzierung
- Schnelle Umsetzung neuer Ideen und Kundenanforderungen .... und vieles mehr!



## Weiterentwicklungsbedarf für additive Technologien

- Oberflächenrauheit
- Maß-, Form- und Lagetoleranzen
- Material (Materialauswahl PBF, chemische Beständigkeit, Anisotropie, ...)
- Post-Processing (v. a. bei additiv gefertigten Metallbauteilen z. T. sehr kostenintensiv)
- Verbesserung prozessbedingter Restriktionen (Verzug, Aufbaurate, Bauraum, ...) .... und vieles mehr!



# **SOLUTIONS BEYOND TOMORROW**

Andreas Neuber | 06.03.2026

