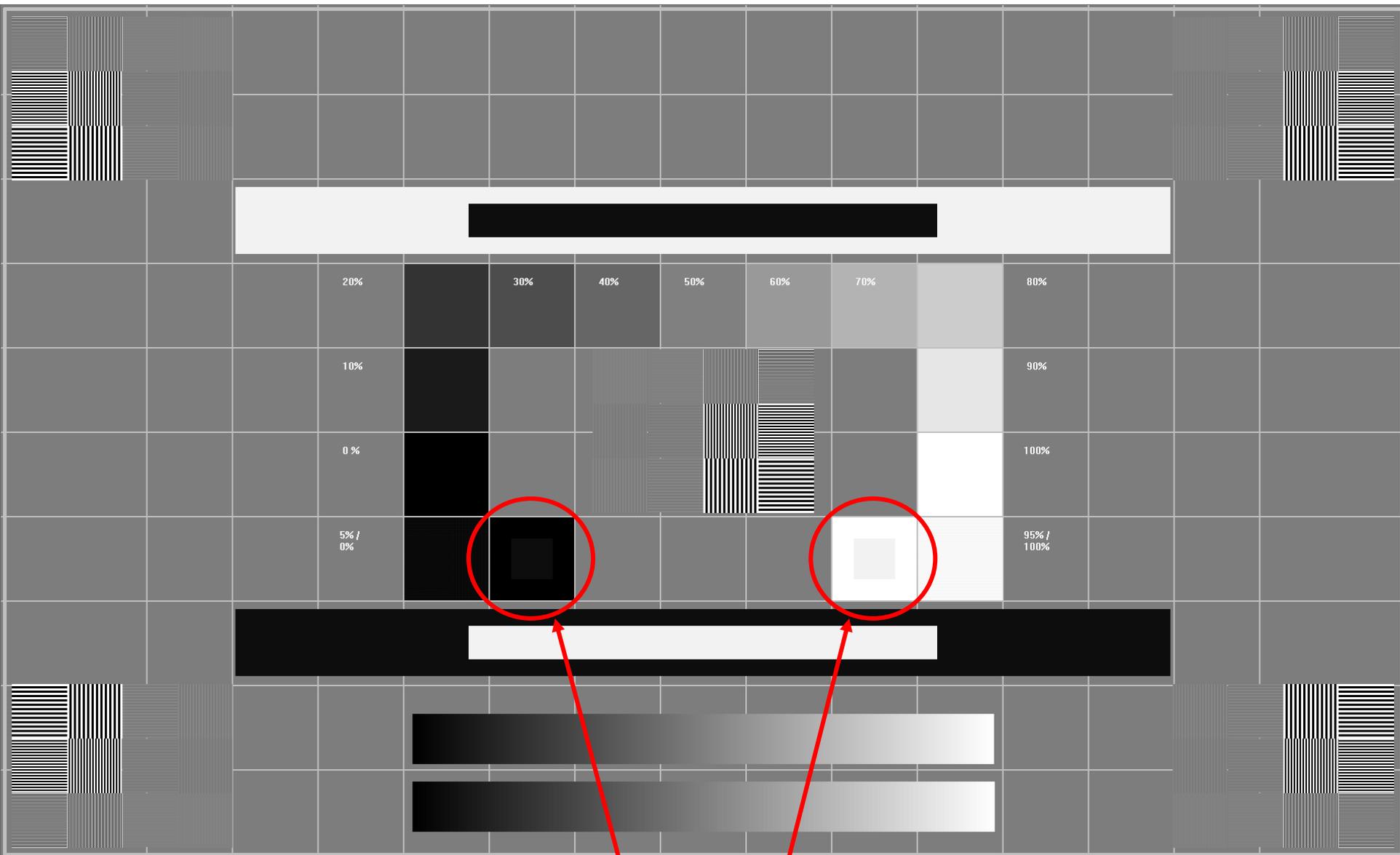
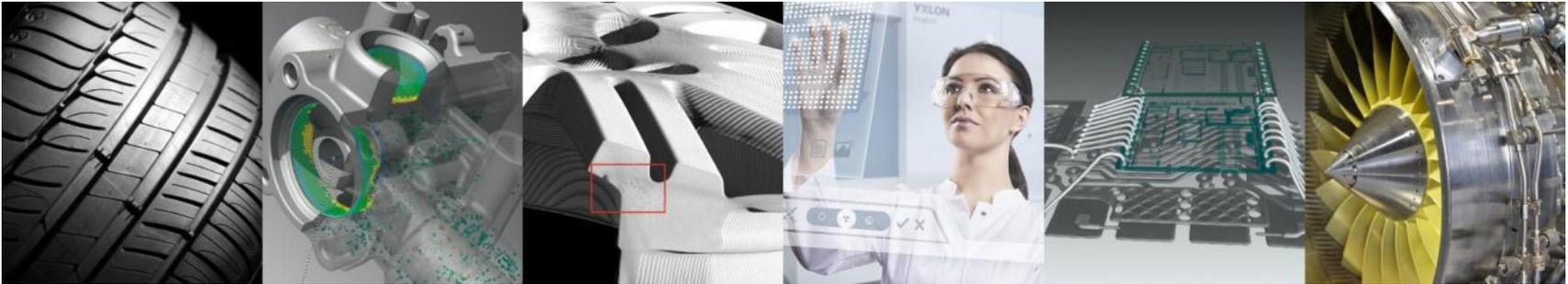


Note: use this slide to adjust brightness and contrast of your data projector / monitor properly



5% gray resp. 95% gray should be clearly visible on your screen !

# Röntgen und CT als Instrument zur Qualitätssicherung und Prozessoptimierung im 3D-Druck



Philip Sperling, Sales Manager Science and New Materials

7. VDI-TUM Expertenforum

# YXLON

Technology with Passion

# Agenda

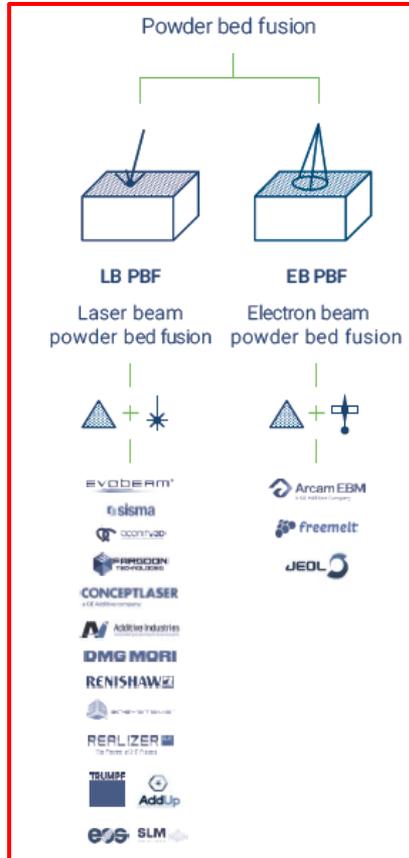
- 1 Einflussfaktoren und allgemeine QS im 3D-Druck
  - 2 Röntgen und CT für den 3D-Druck
-

# Überblick Metall-Drucktechnologien

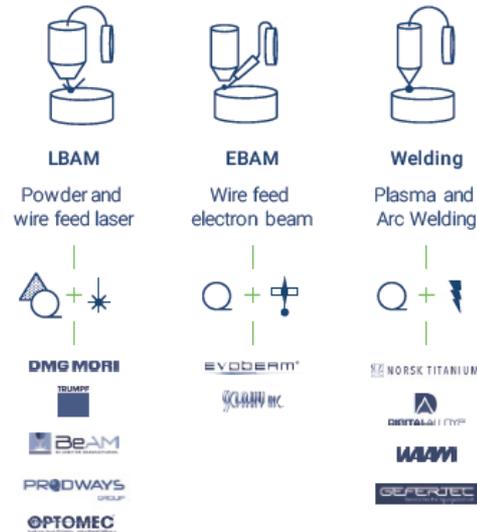
## Melting processes

## Sintering processes

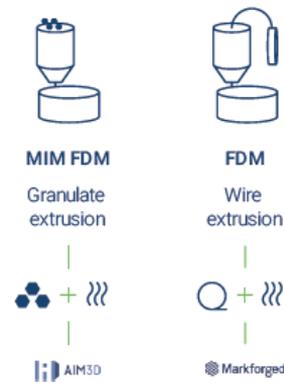
## Others



## Direct energy deposition



## Material Extrusion



## Binder Jetting



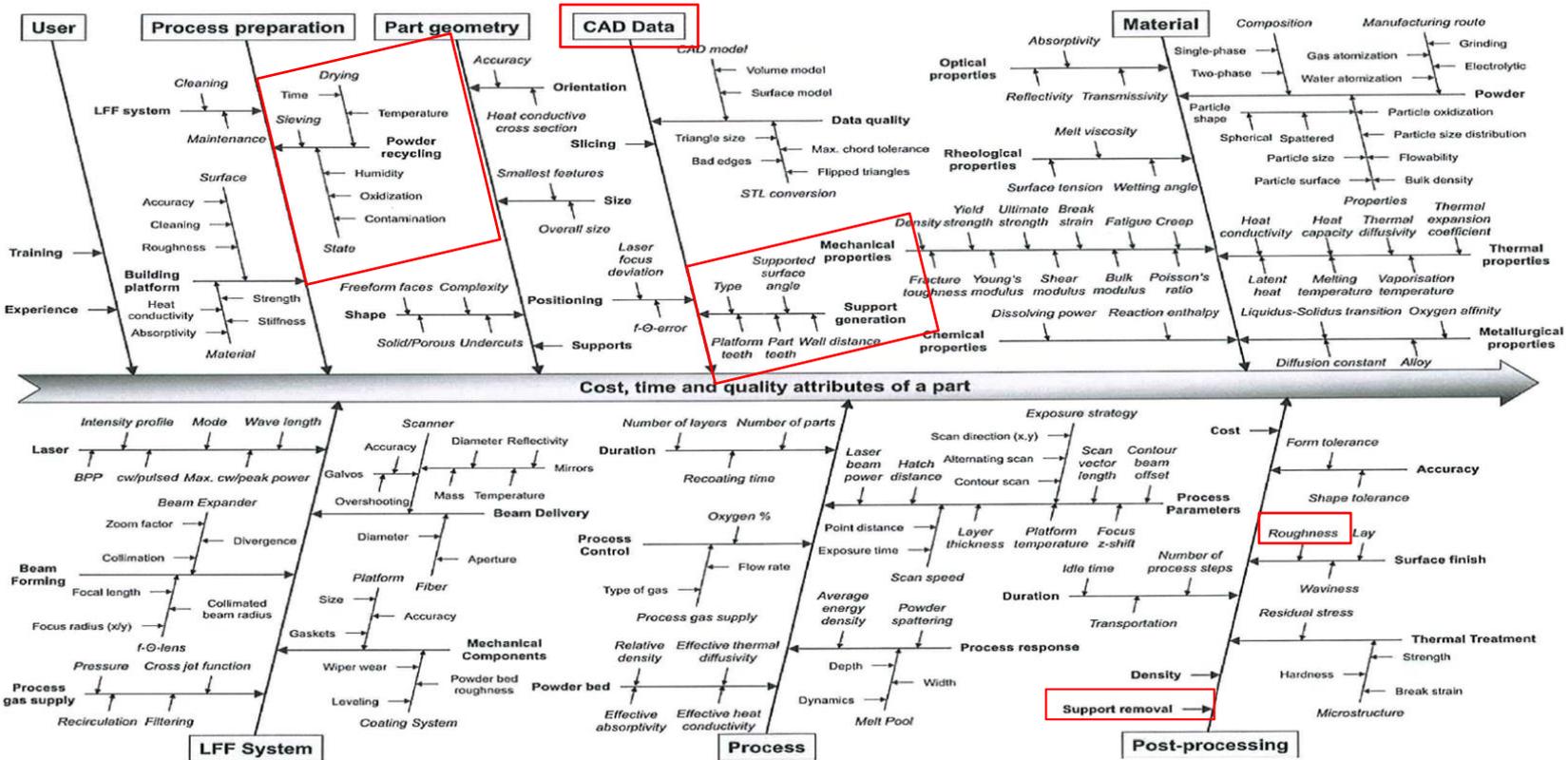
## Material Jetting



Feedstock:  Powder  Wire  Granulate  Binder

Energy source:  Laser beam  Electron beam  Electric energy  Heat  Mech. force / ultrasonic / kinetic energy

# Einflussfaktoren 3D-Druck



Laser Freeform Fabrication

2017 © Sintavia, LLC

Aktuelle Problemfelder: Design, Pulvermanagement (besonders recyceltes Pulver), Supportstrukturen, Oberflächenrauigkeit, Porositäten

# Qualitätssicherung im 3D-Druck

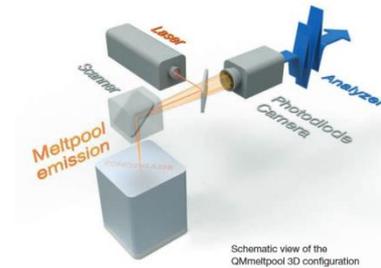
## Vorgelagerte Qualitätssicherung

Pulveranalyse (z.B. durch SEM)



## In-situ-Überwachung, Monitoring

- Optisch, Infrarot
- Backscatter X-ray
- Thermographie



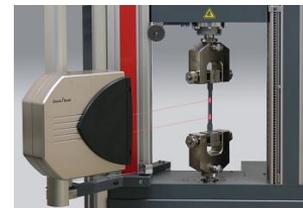
Concept Laser QM Meltpool



EOSTATE Exposure OT

## Nachgelagerte QS

- Metallographie
- Zugversuche
- Dichtemessung
- **Röntgen**
- **CT**



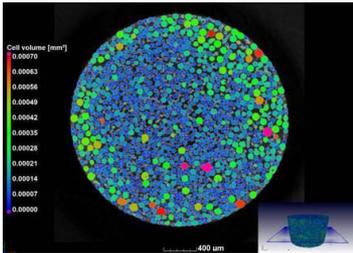
# Agenda

---

- 1 Einflussfaktoren und allgemeine QS im 3D-Druck
- 2 Röntgen und CT für den 3D-Druck

# CT in der 3D-Druck-Prozesskette

## Qualifizierung von Pulvern



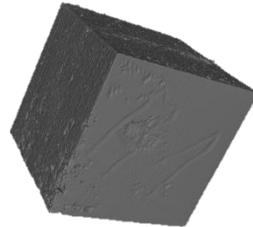
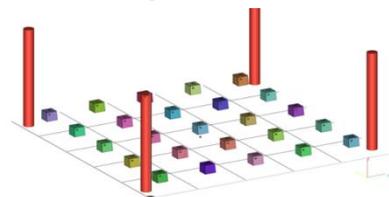
## Reverse engineering z.B. für Ersatzteile



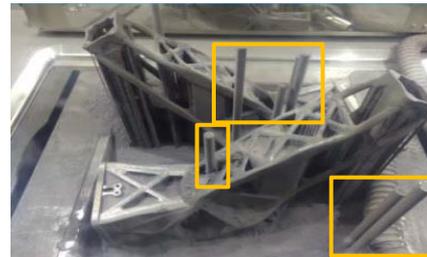
## CT-Scan von finalen Bauteilen



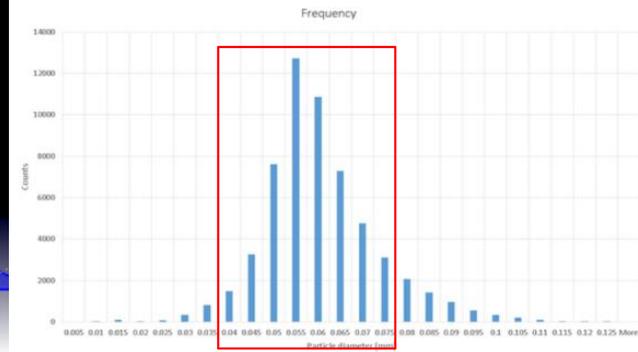
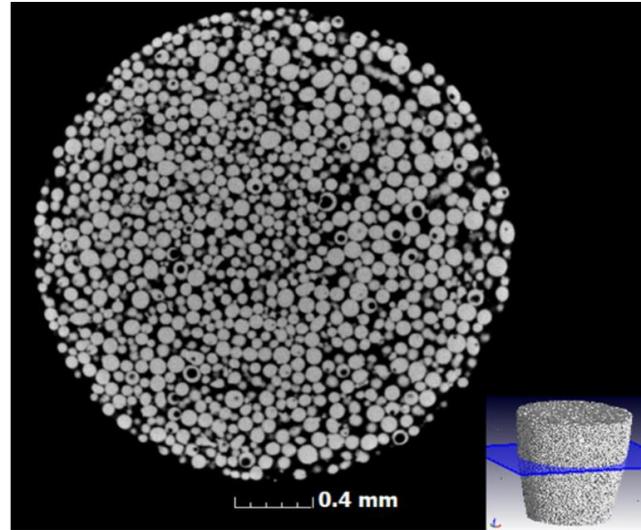
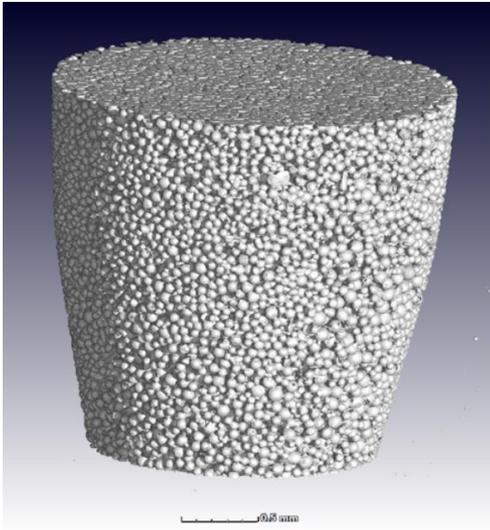
## Qualifizierung von Prozess- oder Materialparametern



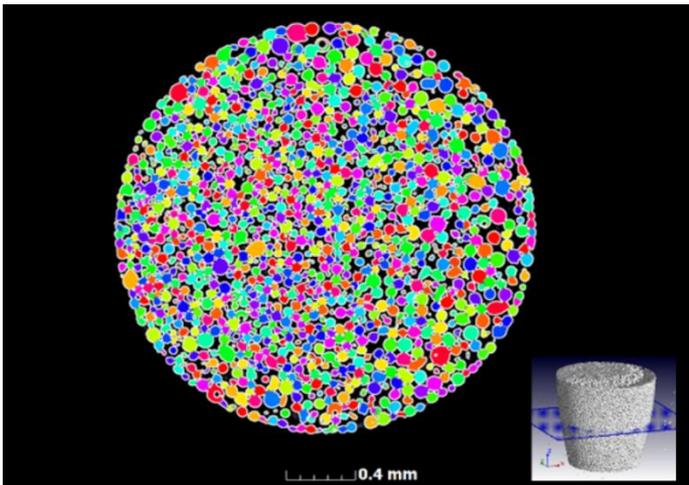
## CT-Scan von Stellvertreterproben



# Pulver-Analyse mittels CT

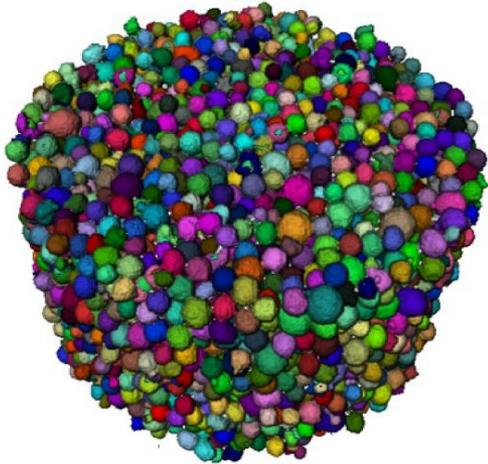


40 – 80μm Partikeldurchmesser



- Ti6Al4V-Pulver
- Volumen mit 50.000 Partikel in 2mm x 2mm x 2mm
- inhomogene Struktur
- Metallpulver mit „Porositäten“
- Bestimmung von Volumen, Spherizität, Porositäten

# Pulver-Analyse mittels CT



Pulver-Analyse mit Avizo Amira

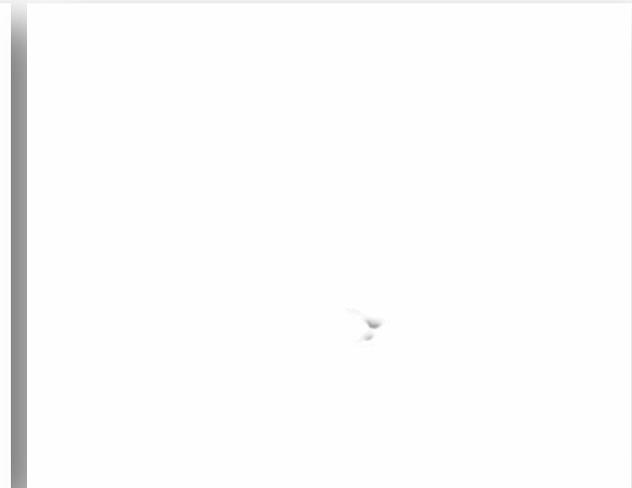
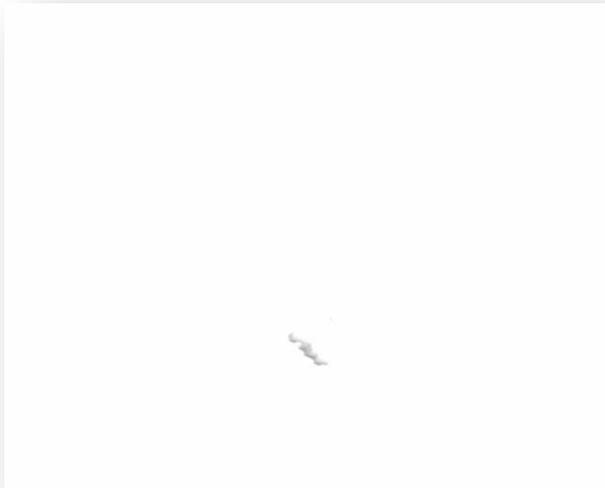
**ThermoFisher**  
S C I E N T I F I C

Anzahl Körner:	5686
Körner ohne Porosität:	4206 -> <b>73.97%</b>
Körner m. Porosität:	1325 -> <b>23.3%</b>
Körner m. geschlossenen Poren:	155 -> <b>2.72%</b>

no porosity

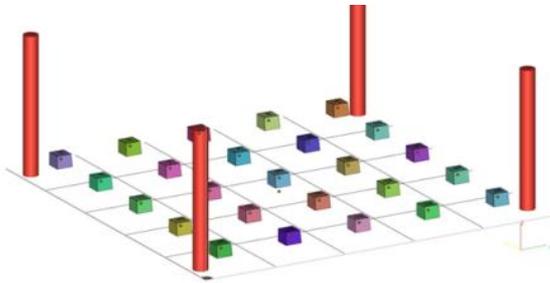
open porosity

closed porosity



# CT-Analyse von Testwürfeln

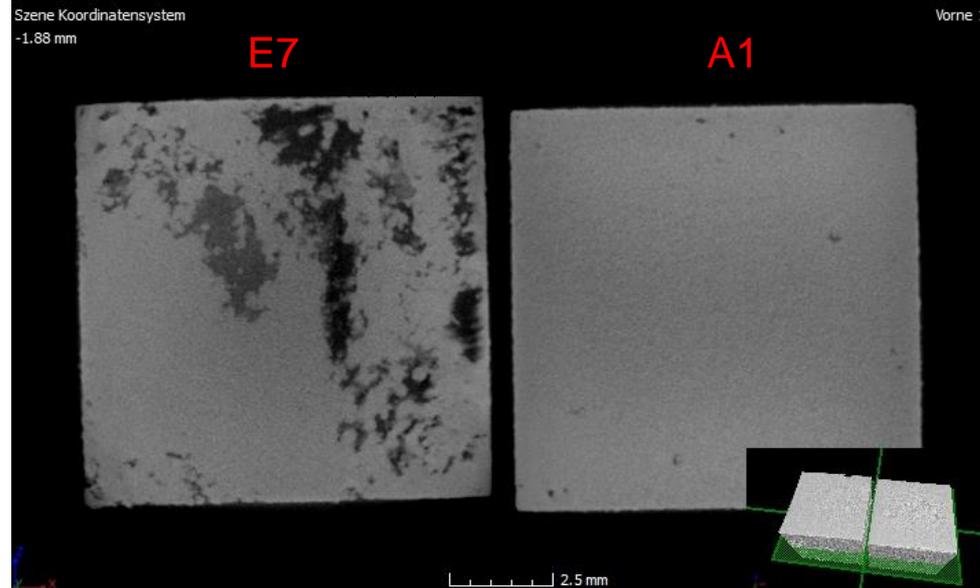
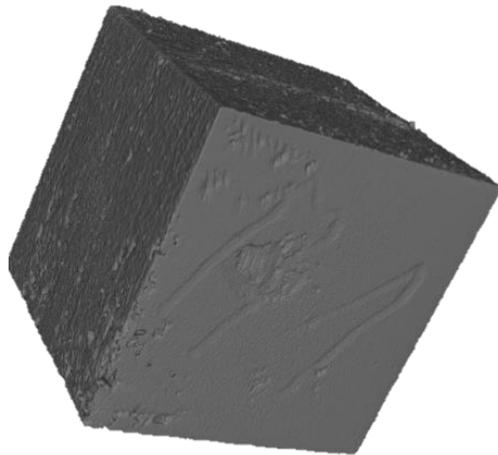
CT-Analyse von Testwürfeln zur Prozess- und Materialentwicklung



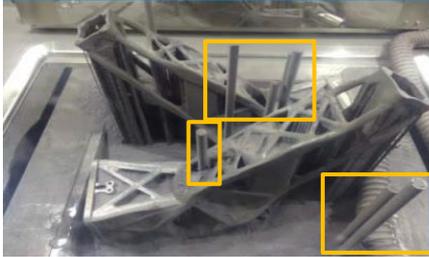
Prozessparameterentwicklung mit 35 Testwürfeln

A1 niedrige Leistung, niedrige Geschwindigkeit  
E7 hohe Leistung, hohe Geschwindigkeit

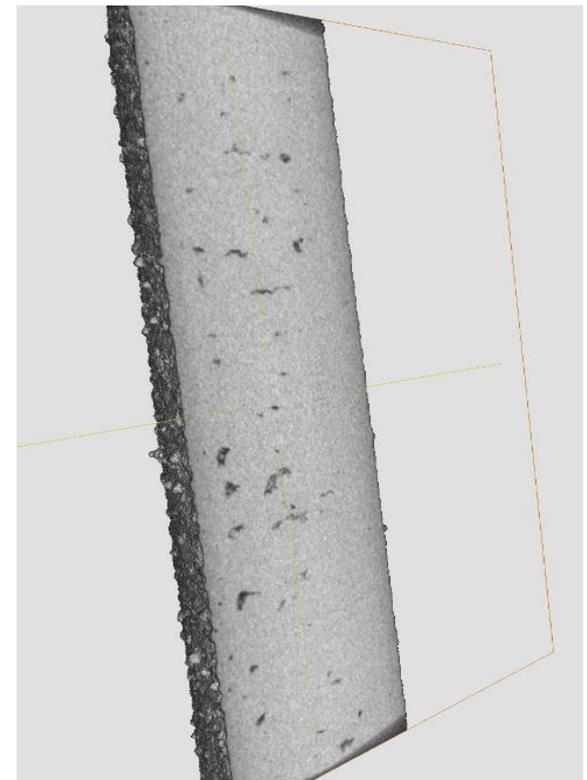
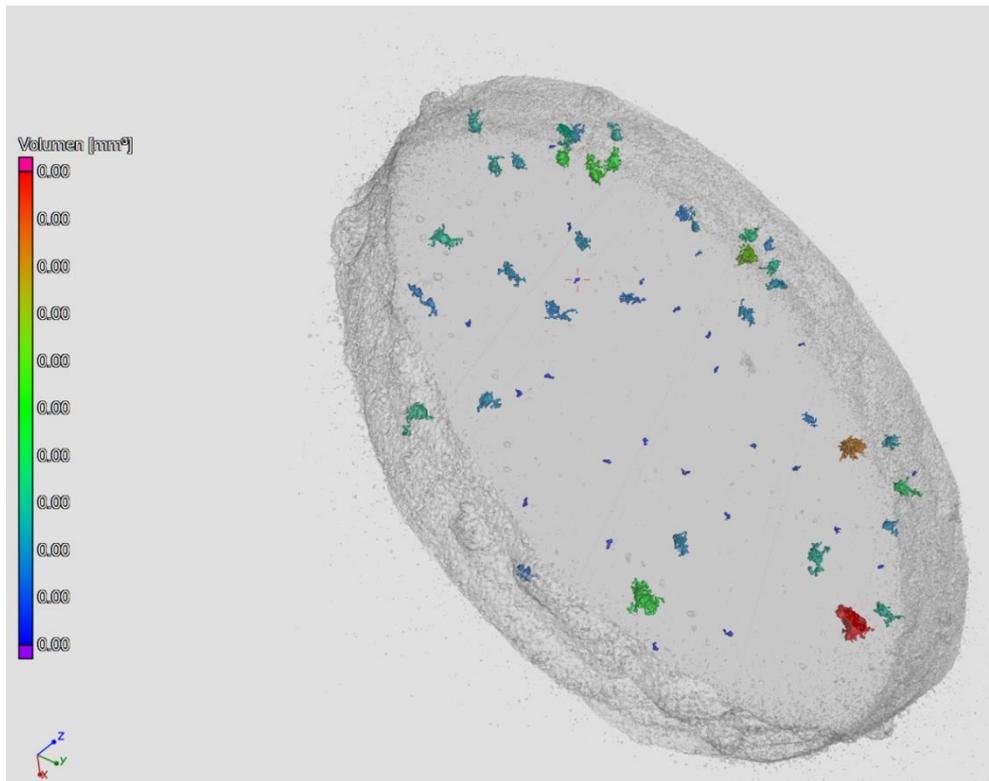
Parameterqualifizierung für neuen Werkzeugstahl



# CT-Analyse von “Stellvertreterproben”



- CT-Analyse von Stellvertreterproben
- hier vor allem Porositätenanalyse
  - Korrelation zu spezifischer Schicht im Bauvolumen

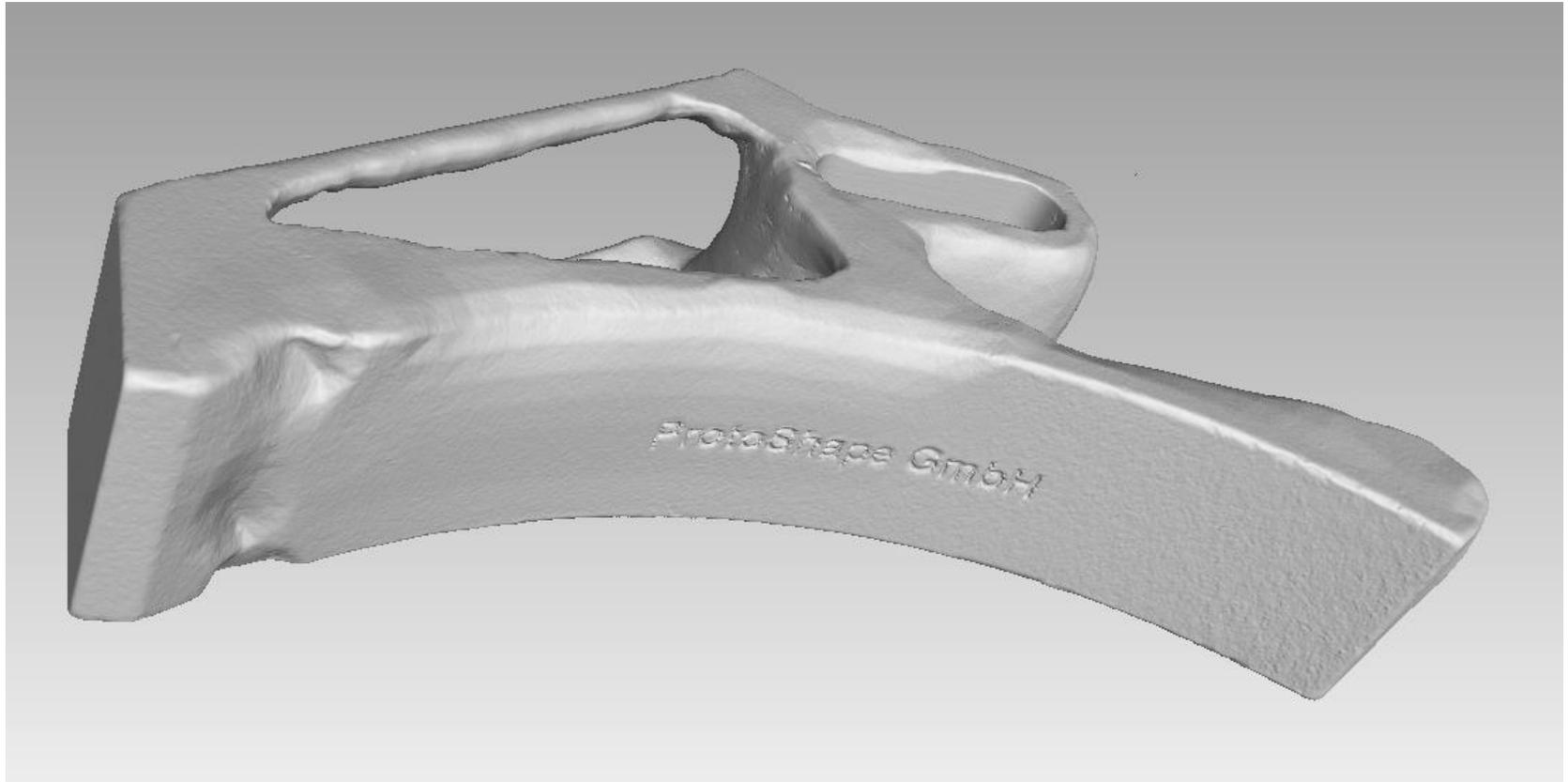


# Prüfteil Protoshape – 2D

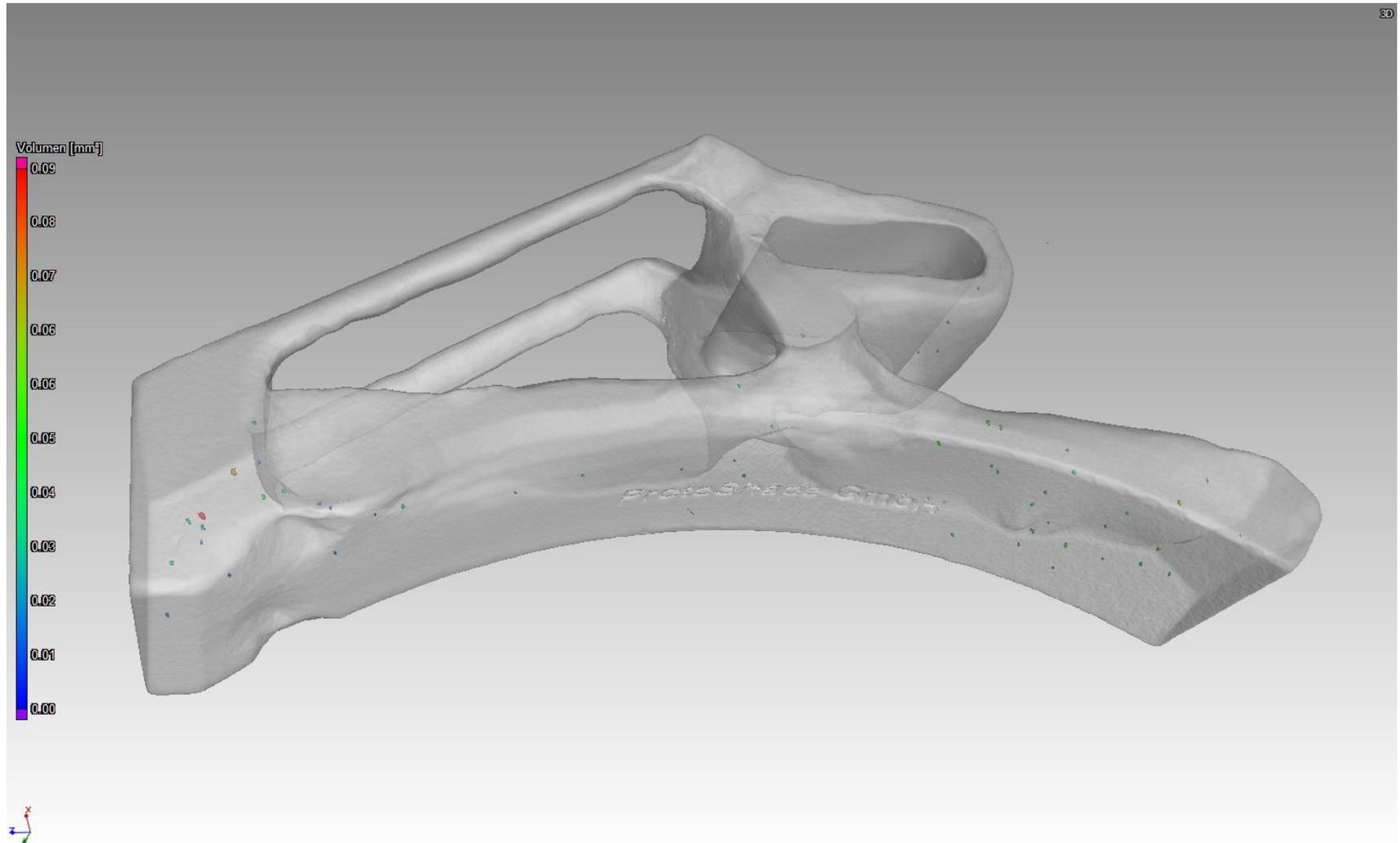


Schwierige Interpretation: Oberflächenrauigkeit klar zu erkennen, dafür Porositäten nicht sichtbar

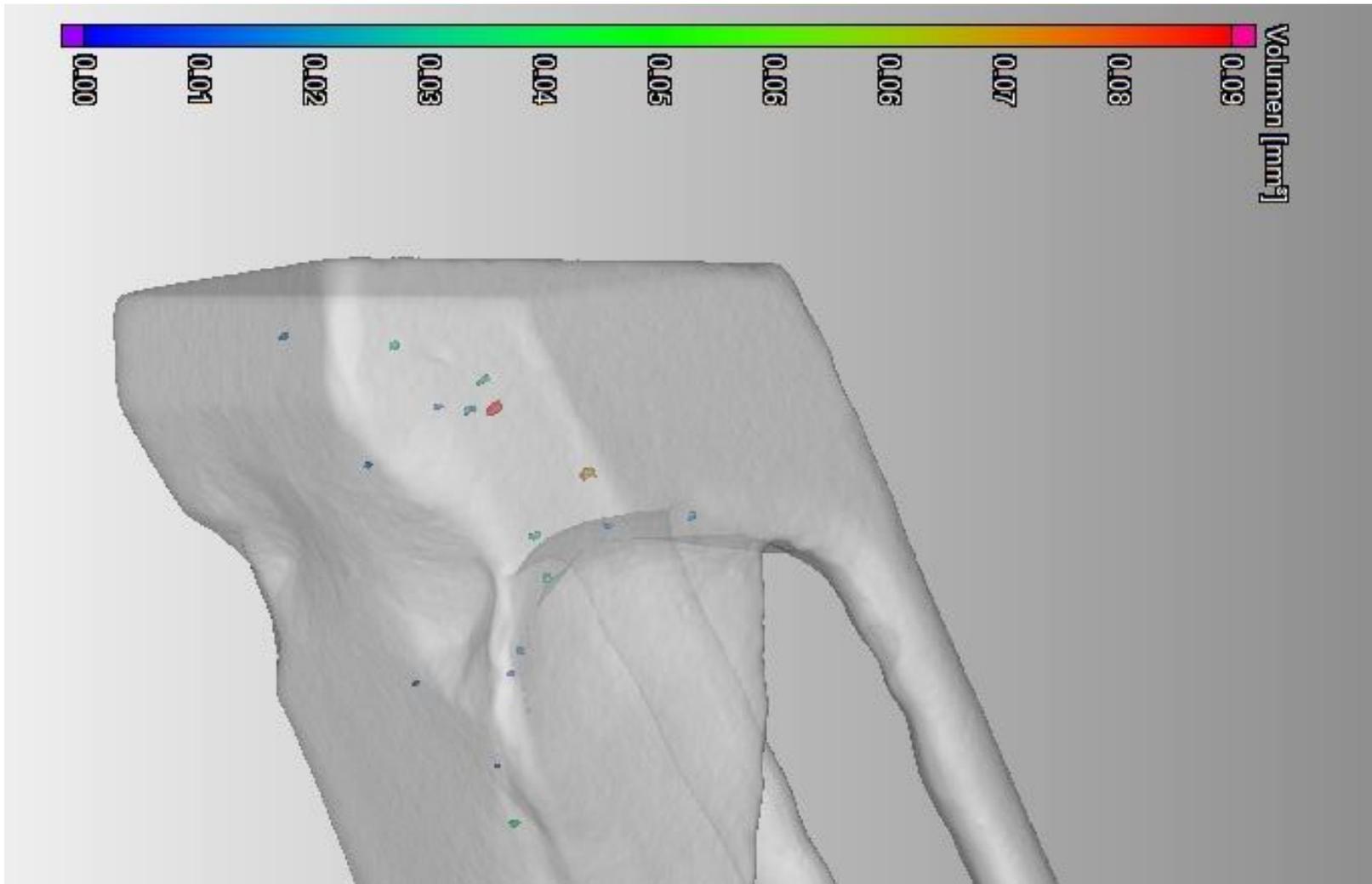
# Prüfteil Protoshape – CT-Ergebnis



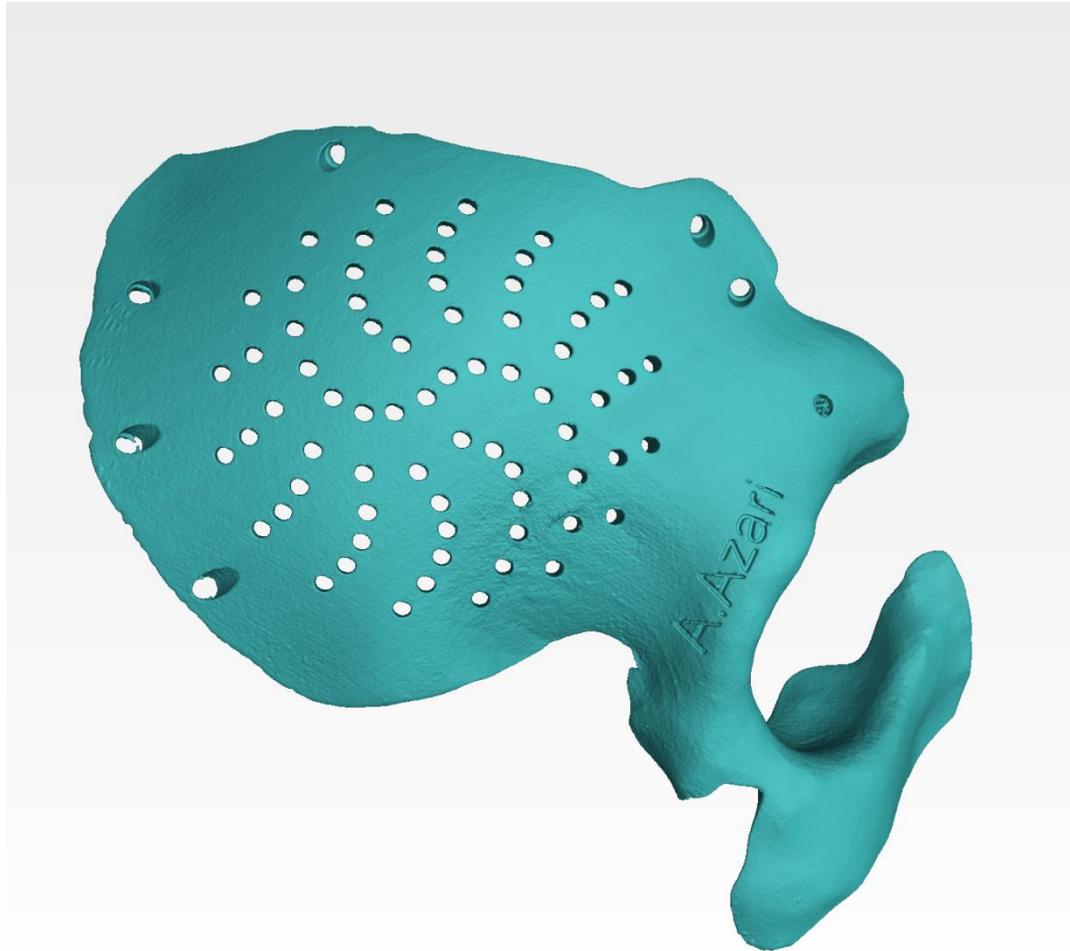
# Prüfteil Protoshape – CT-Ergebnis



# Prüfteil Protoshape – CT-Ergebnis



# CT-Applikation: Medizintechnik

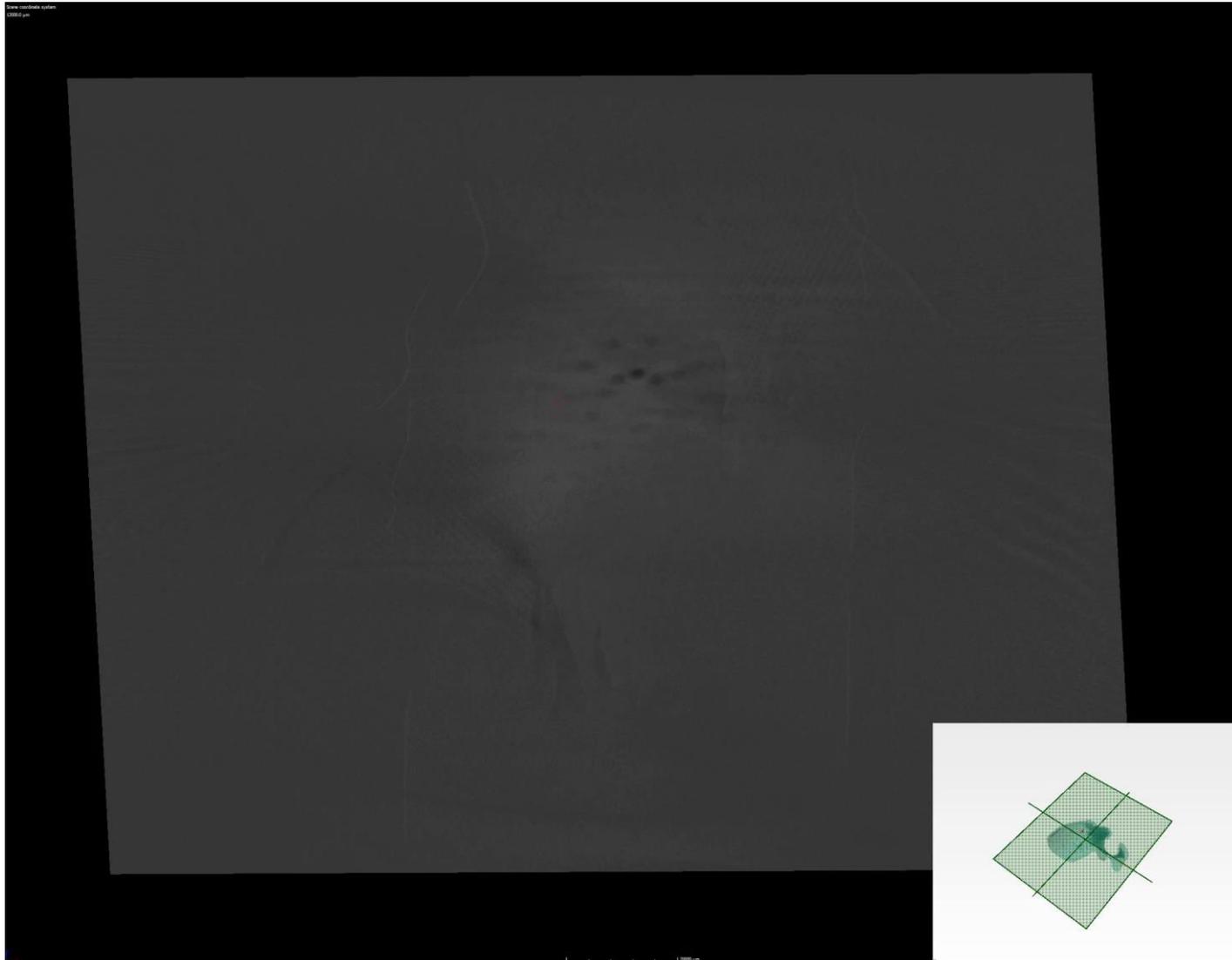


**amber** implants

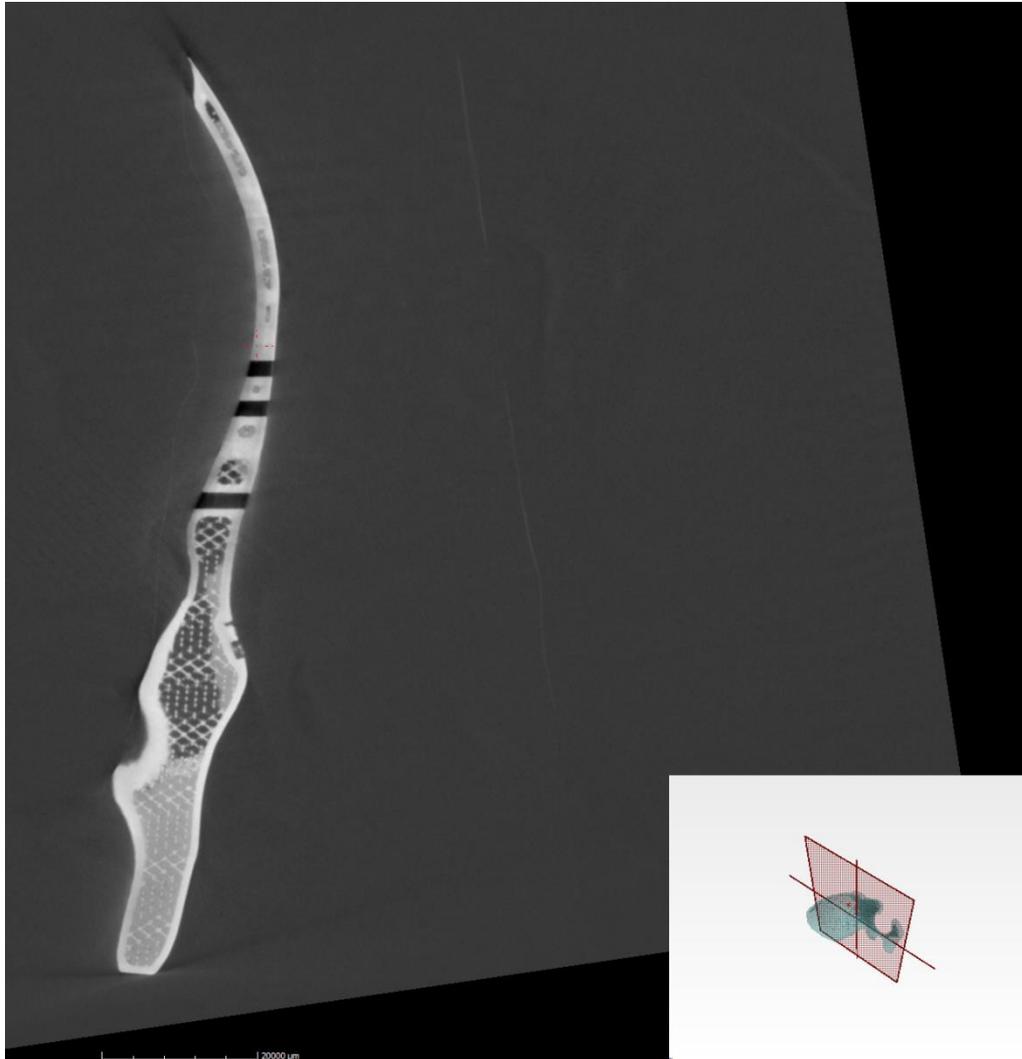


Prof. Abbas Azari

# CT-Applikation: Medizintechnik



# CT-Applikation: Medizintechnik



Eingebrachte Gitterstruktur  
mit Pulverrückständen  
kontaminiert

# CT-Applikation: Medizintechnik



Eingebrachte Gitterstruktur mit Pulverrückständen kontaminiert

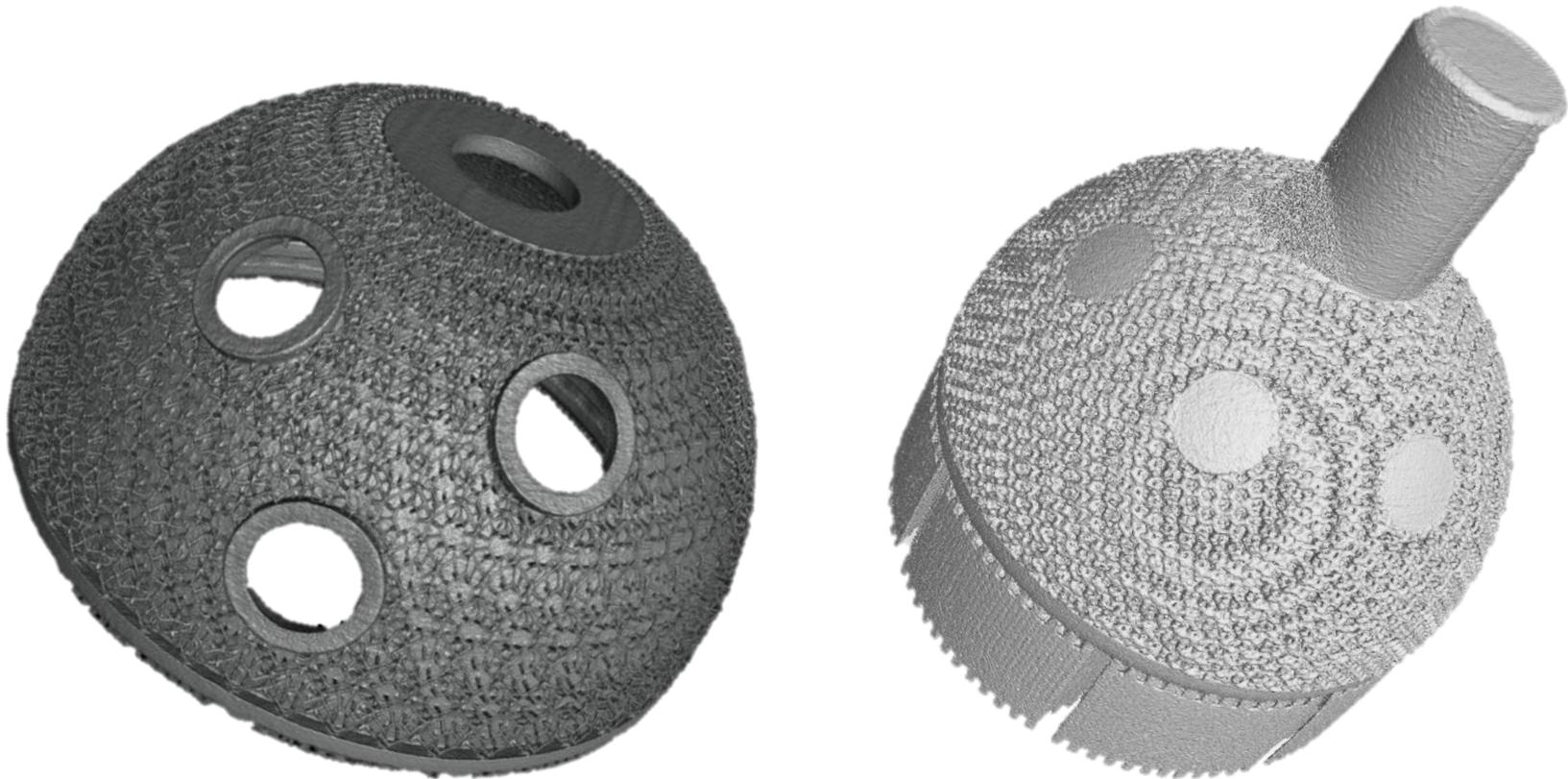
## **Konsequenz:**

- Designänderung durch Kunden (zusätzliche Öffnungen zur Pulverentfernung)

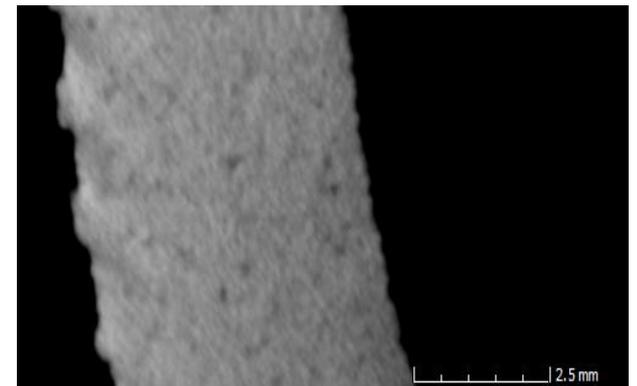
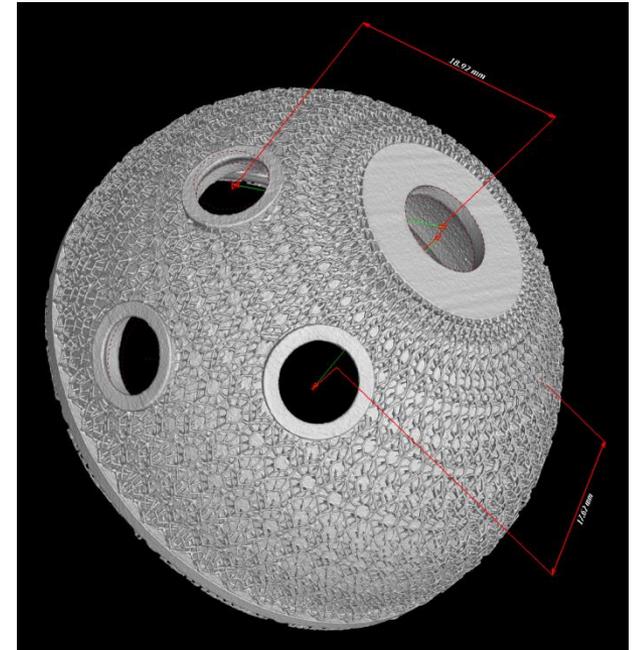
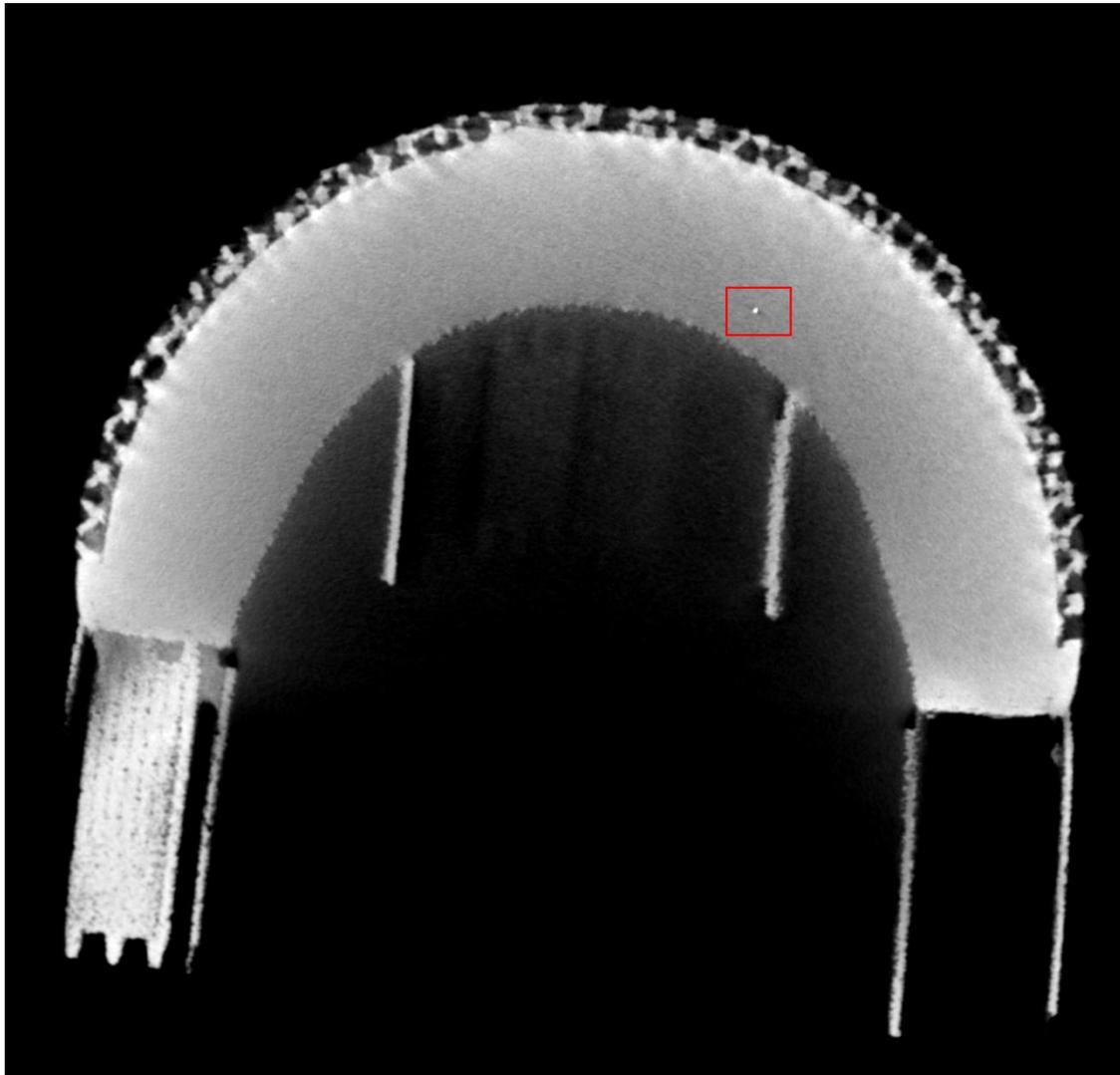
# CT-Applikation: Hüftschale Acetabular

Fallstudie

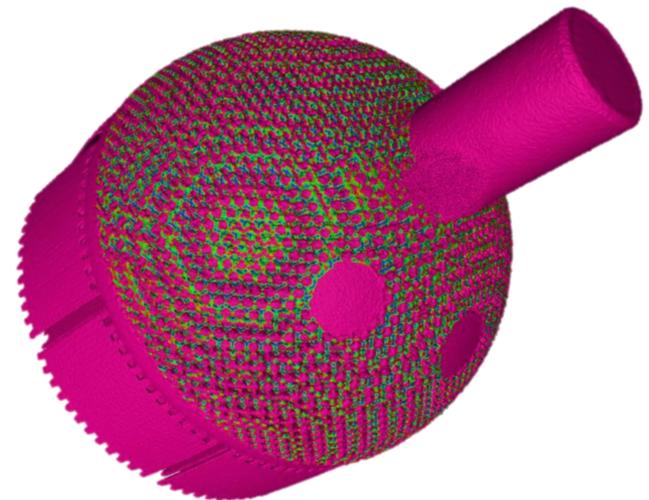
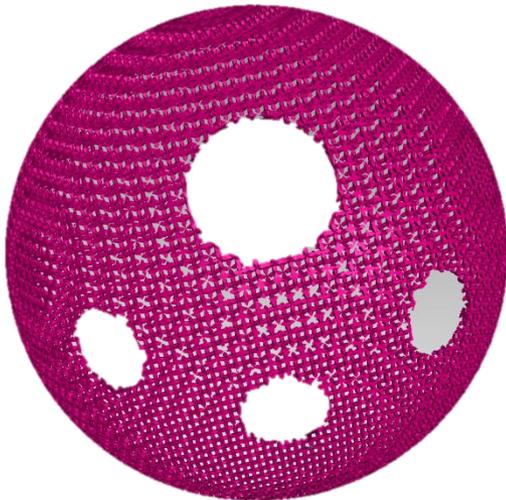
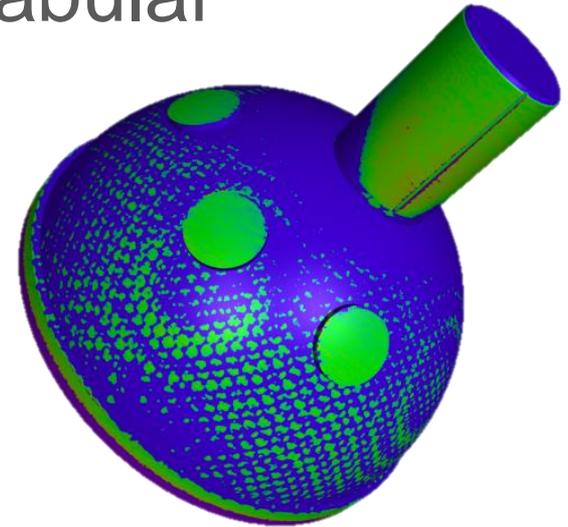
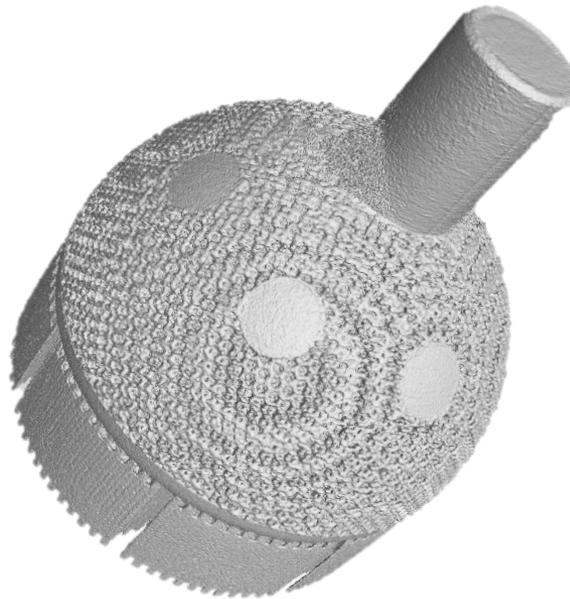
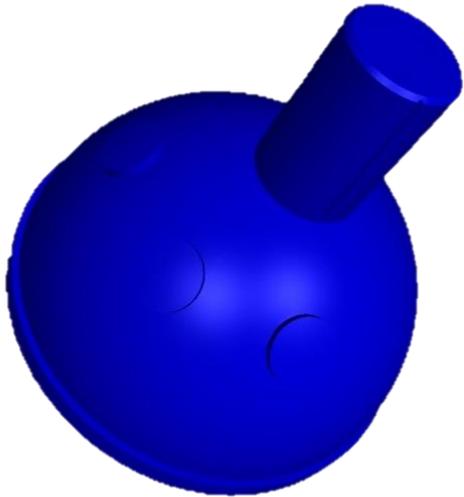
- EBM- und SLM-Verfahren
- Analyse verschiedener Schritte der Prozesskette



# CT-Applikation: Hüftschale Acetabular



# CT-Applikation: Hüftschale Acetabular

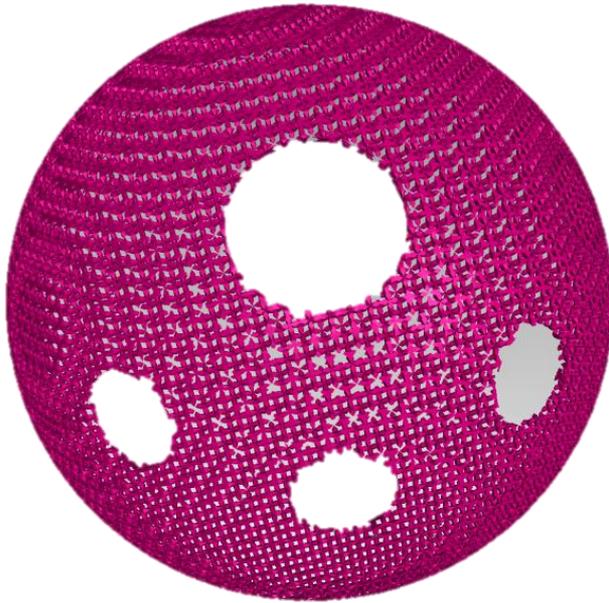
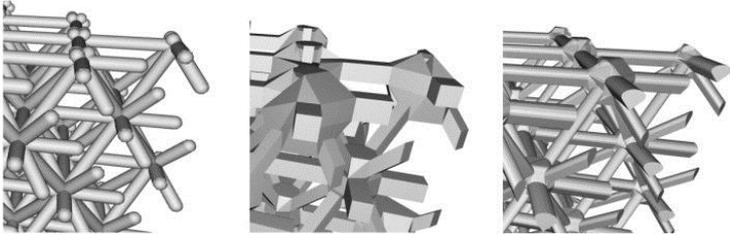


CAD

CT-Volumen

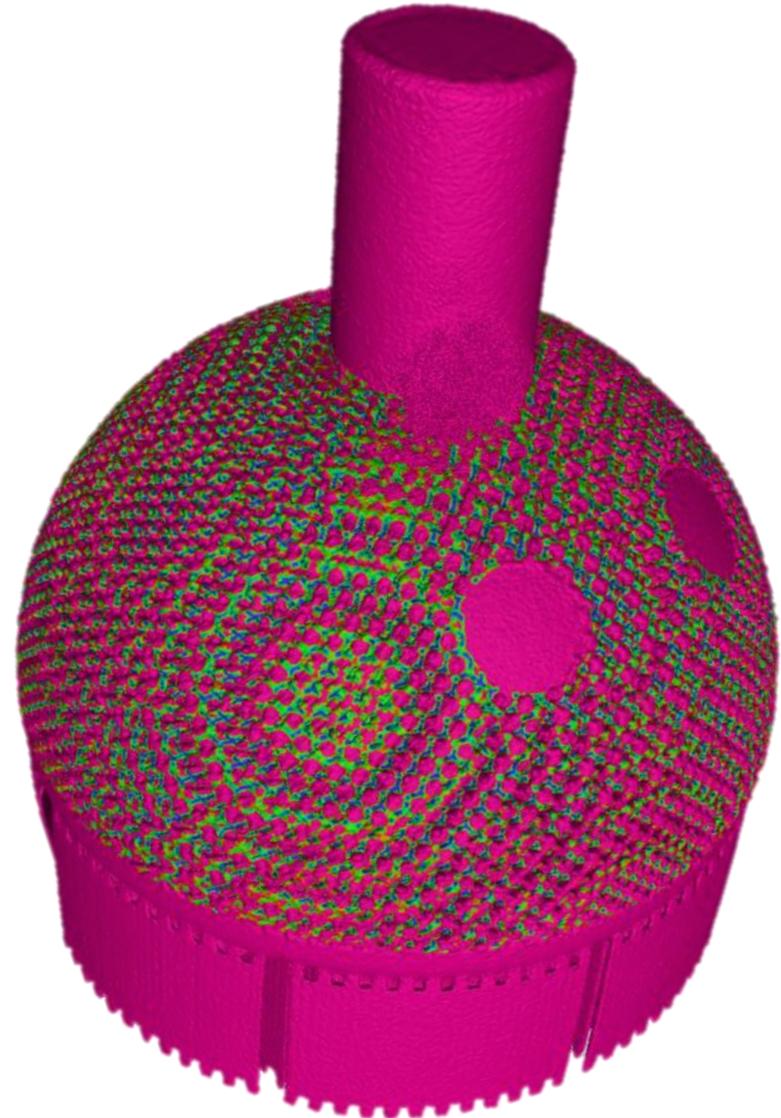
Soll-/Ist-Vergleich

# CT-Applikation: Hüftschale Acetabular

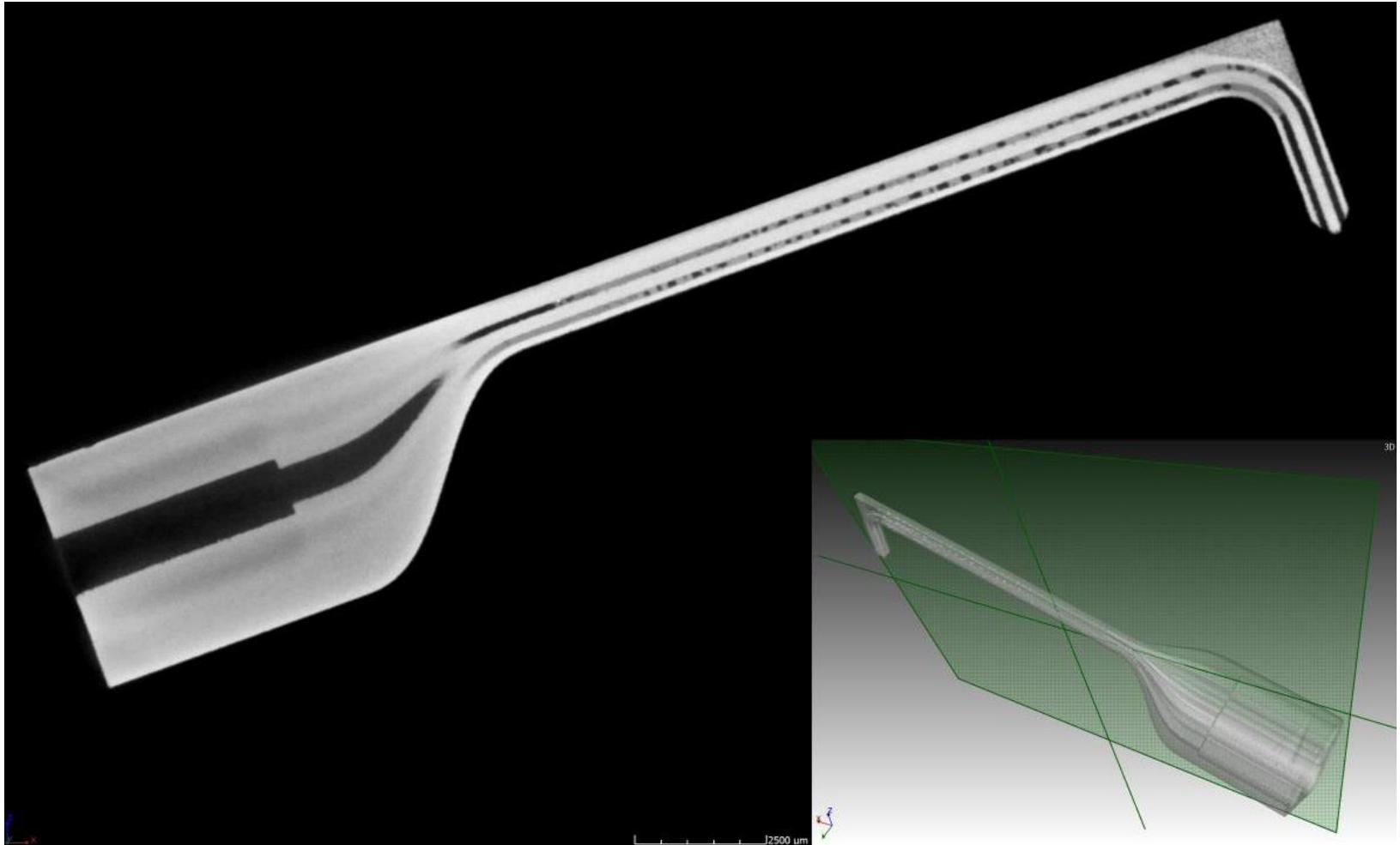


Design der Gitterstruktur

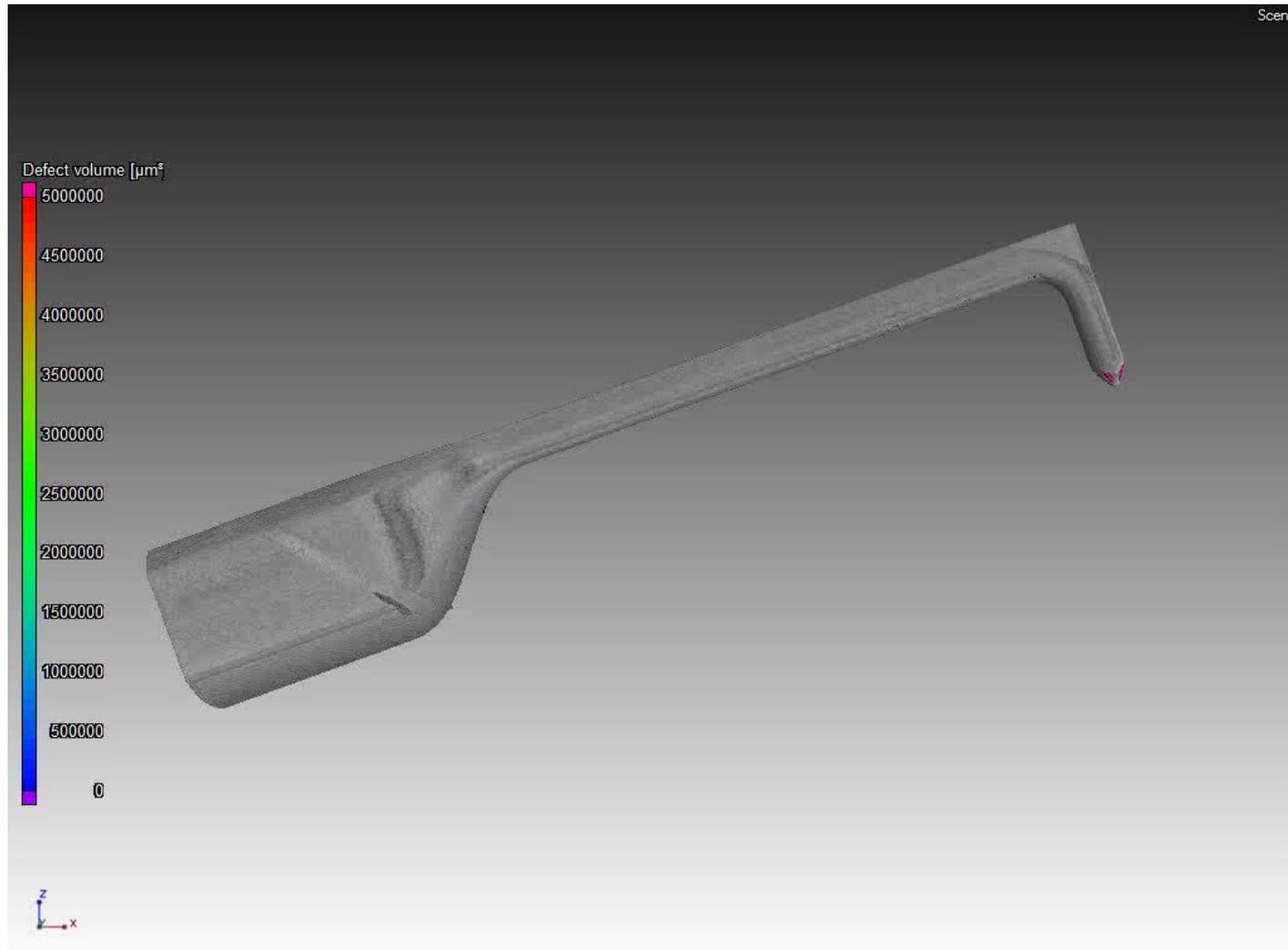
Produzierte Gitterstruktur anders als designt durch den punktförmigen Laserpunkt



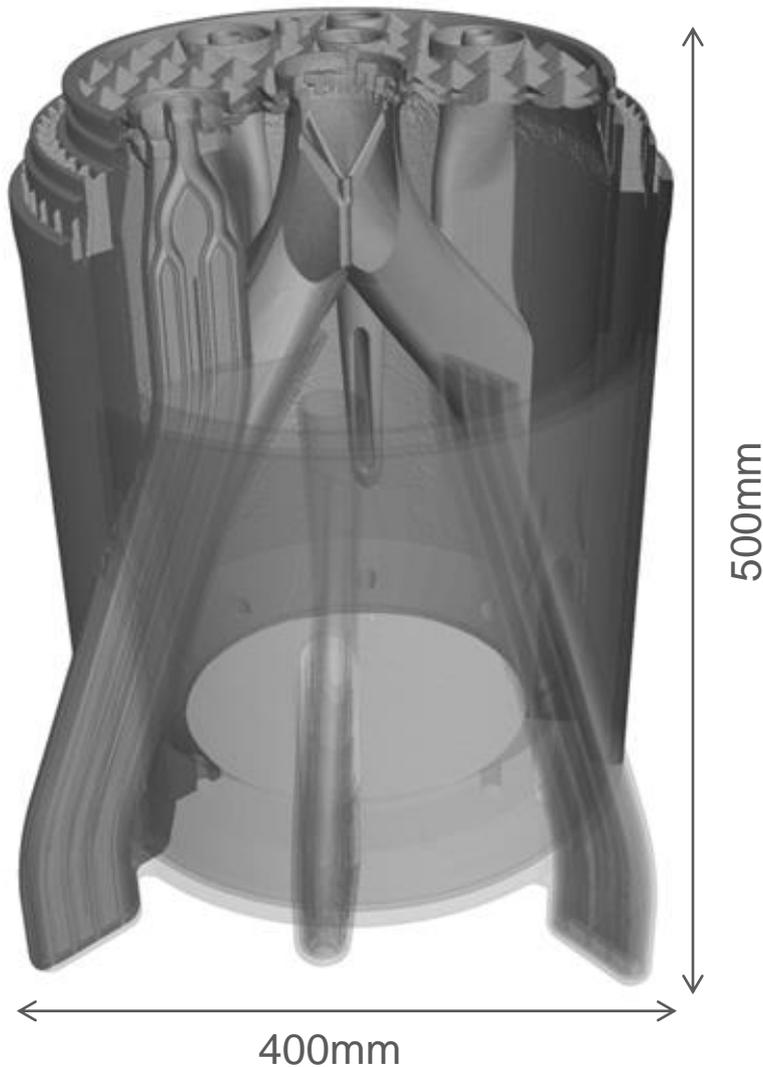
# CT-Applikation: Düse zur Flussmessung



# CT-Applikation: Düse zur Flussmessung



# Prüfteil Abgassonde



**RSC** Engineering GmbH  
Rapid-Technologies, Science & Consulting

3D-Druck aus Inconel  
Abgassonde in einem Raketenmotor-Teststand  
Sehr komplexe innere Struktur mit Kühlkanälen  
Nur mit CT ist eine Prüfung möglich

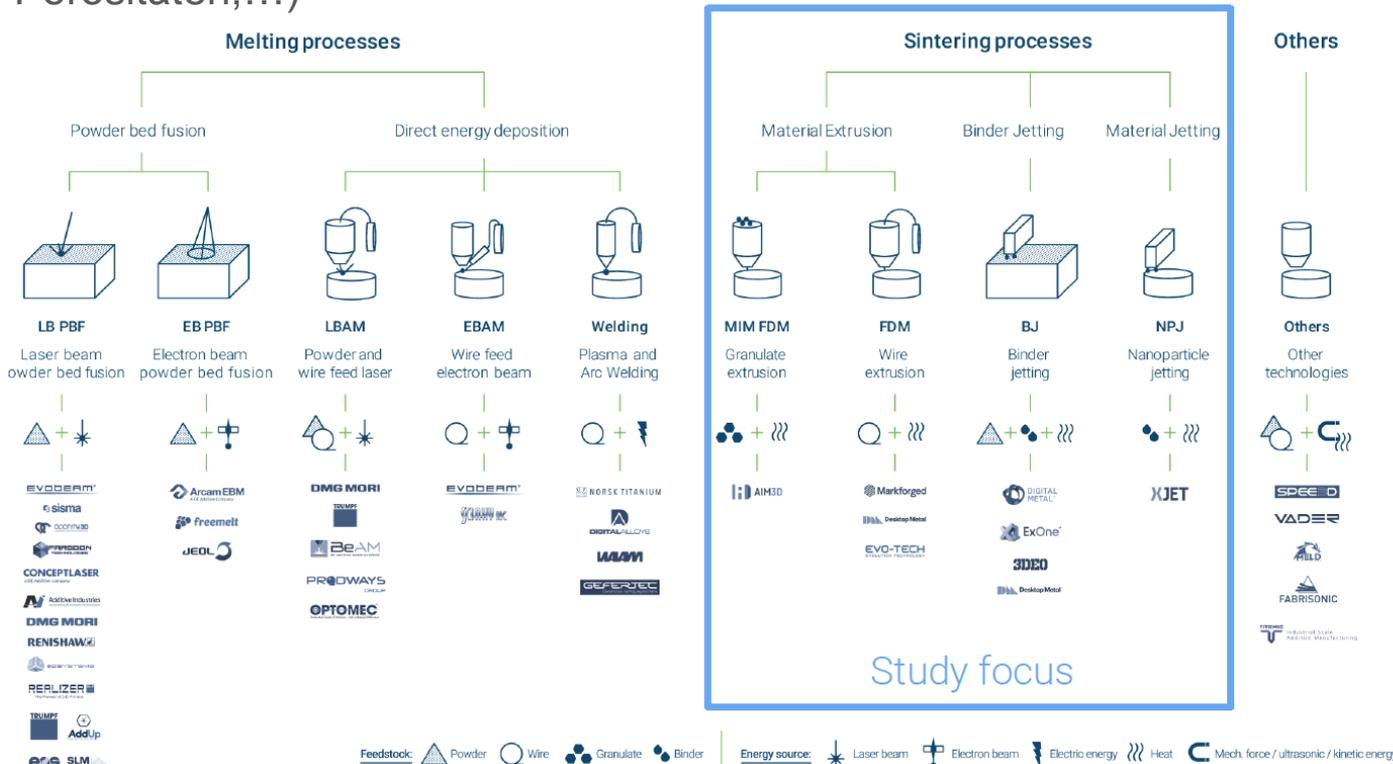


# AM-Studie "Neue Technologien"



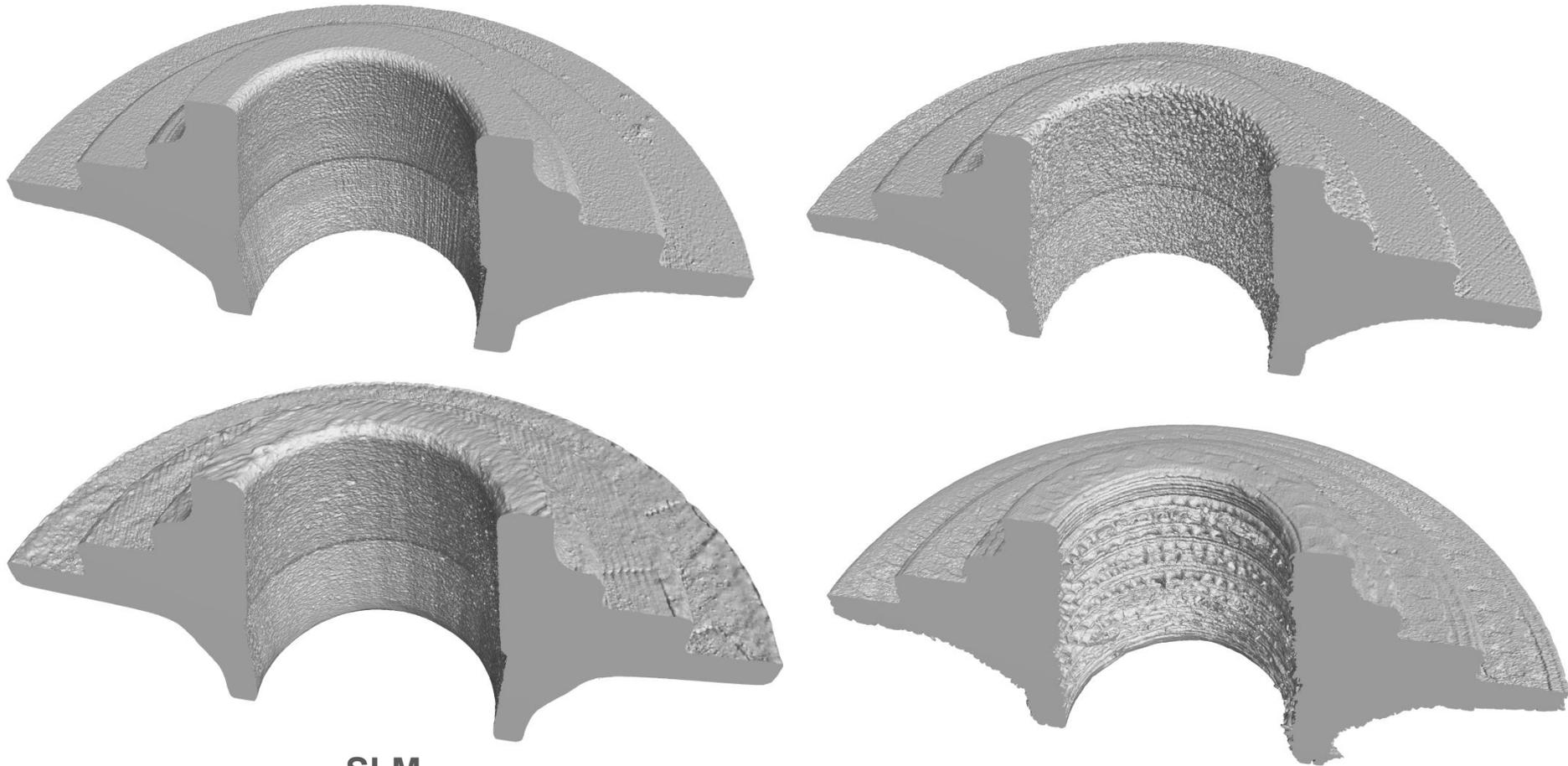
Vergleich „neuer“ additiver Fertigungsverfahren: u.a. AIM3D, 3DEO, ExOne, AllianceMIM

Betrachtung der Technologie, Kostenstruktur und Qualität (Oberflächenrauigkeit, Dichte, Porositäten,...)



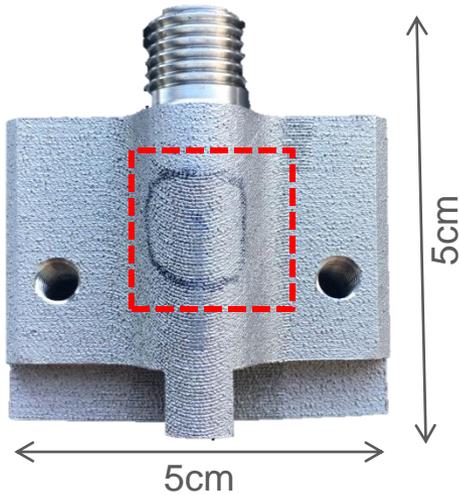
# AM-Studie “Neue Technologien”

Veröffentlichung Mitte Oktober: <http://am-power.de/insights/>

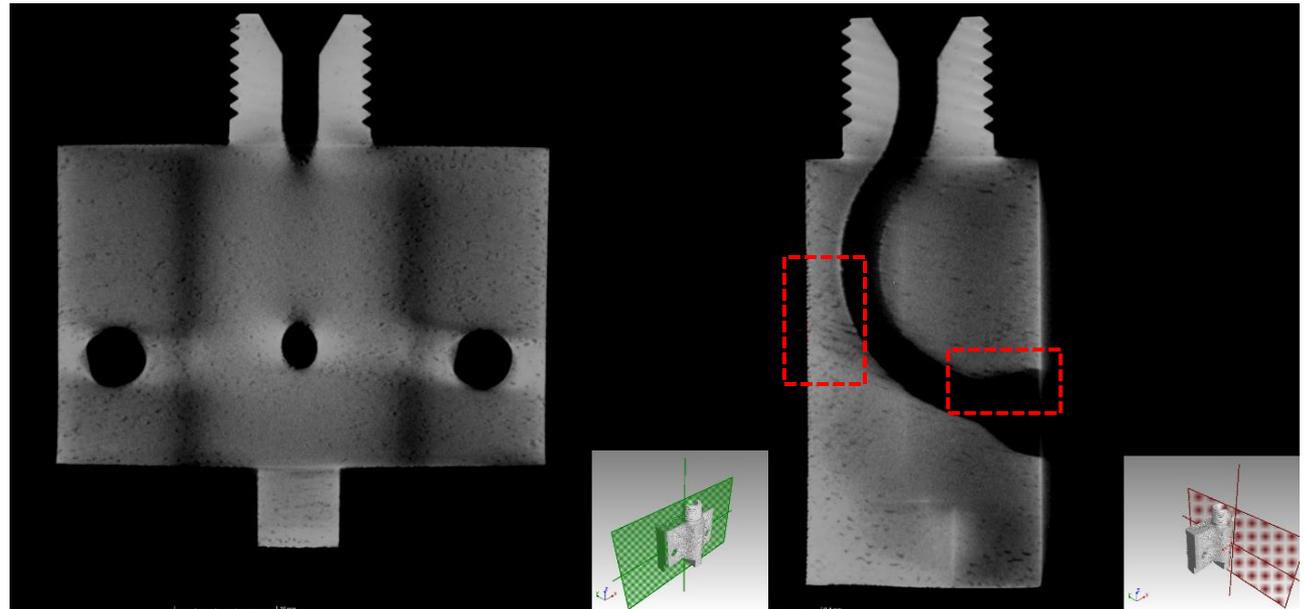


SLM

# Prüfteil Hydraulikkomponente



Fallstudie einer Hydraulikkomponente mit konturnahem Kanal  
Komponente hat im Drucktest versagt, Porositäten in Baurichtung  
Probleme im Überlapp von 2 Lasern

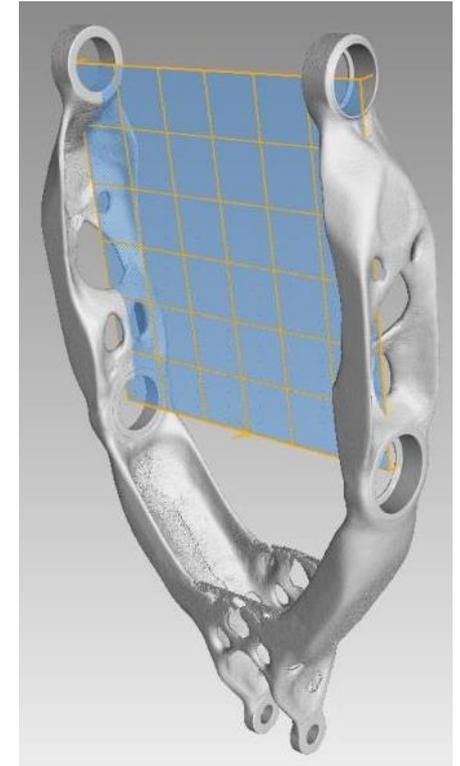


# CT Applikationsbeispiel

Helikopter-Umlenkhebel

In Zusammenarbeit mit dem

Beurteilung der Oberflächenqualität

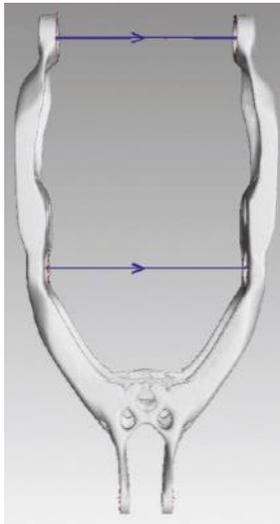


# CT Applikationsbeispiel

## Helikopter-Umlenkhebel

In Zusammenarbeit mit dem LZN Hamburg

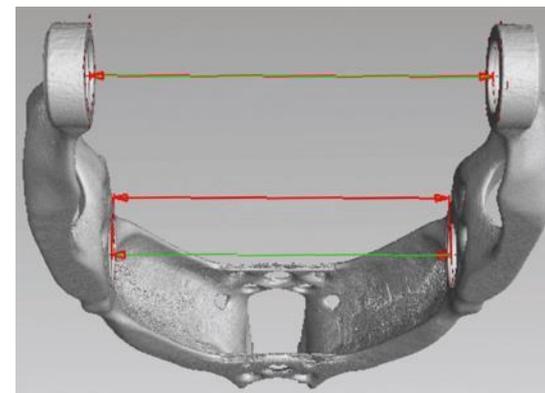
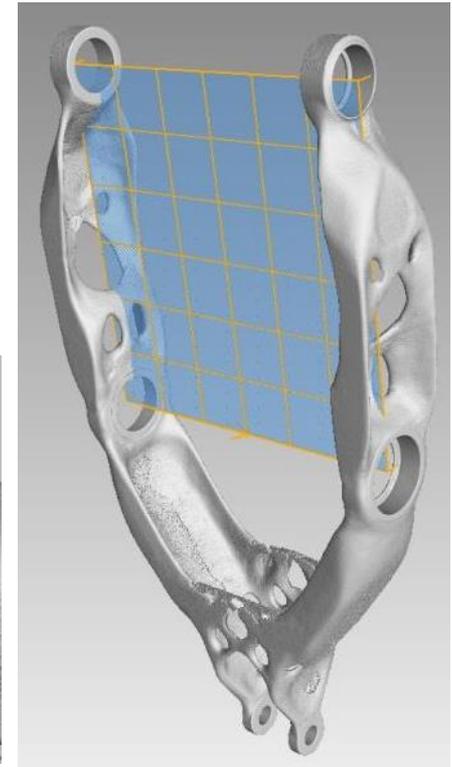
- Beurteilung der Oberflächenqualität
- Dimensionelles Messen



Kontrolle von: Koaxialität



Symmetrie



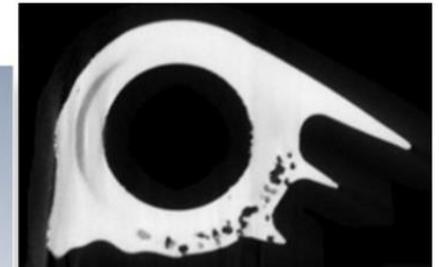
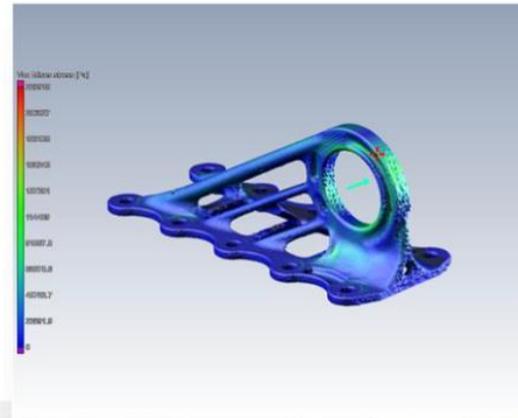
Abstände

# Strukturmechanik-Simulation mit VG Studio

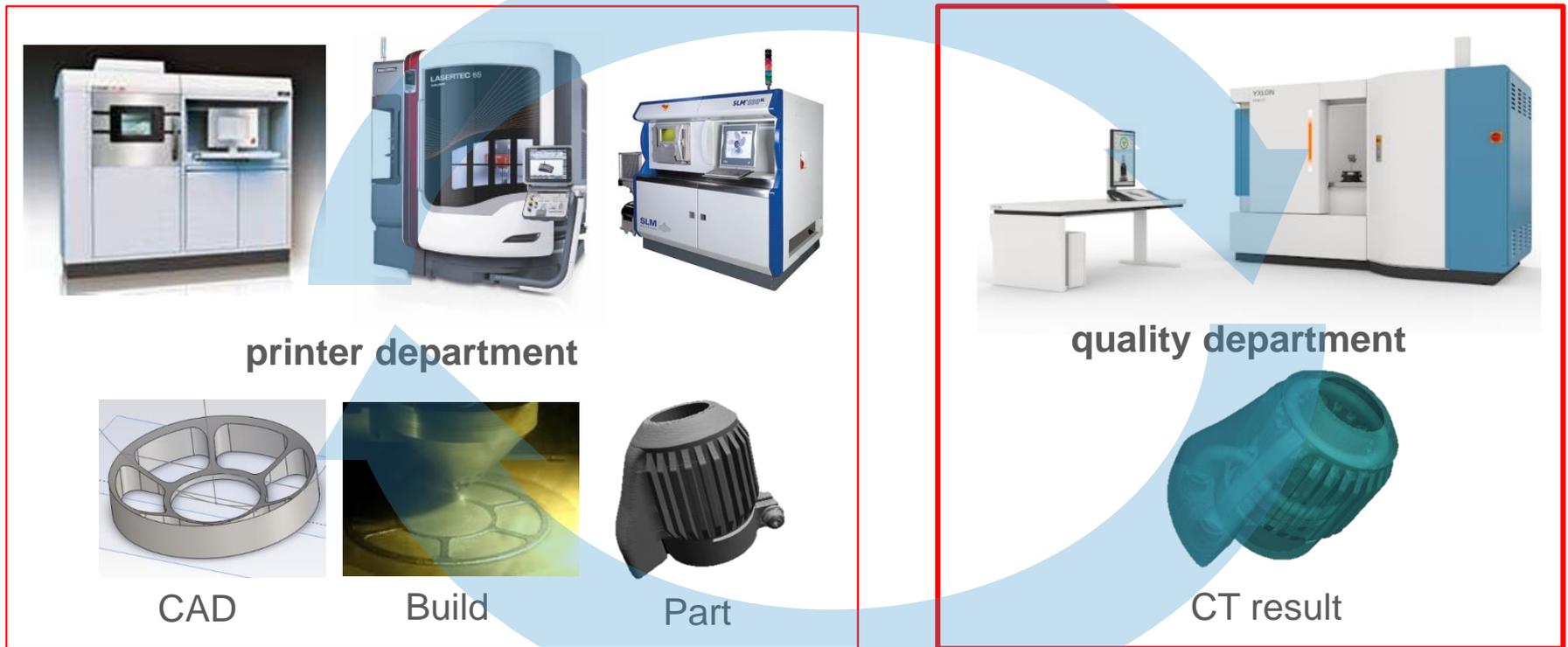
Auswertung der CT-Daten in VG Studio – neues Modul:

## Strukturmechanik-Simulation

- Arbeitet direkt mit den CT-Daten
- Berücksichtigung von Defekten
- Für Mono-Materialien



# CT als Instrument zur Prozessoptimierung



**CT ist ein Instrument zur Qualitätssicherung**  
kann aber auch zur **Prozessoptimierung** genutzt werden

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

