

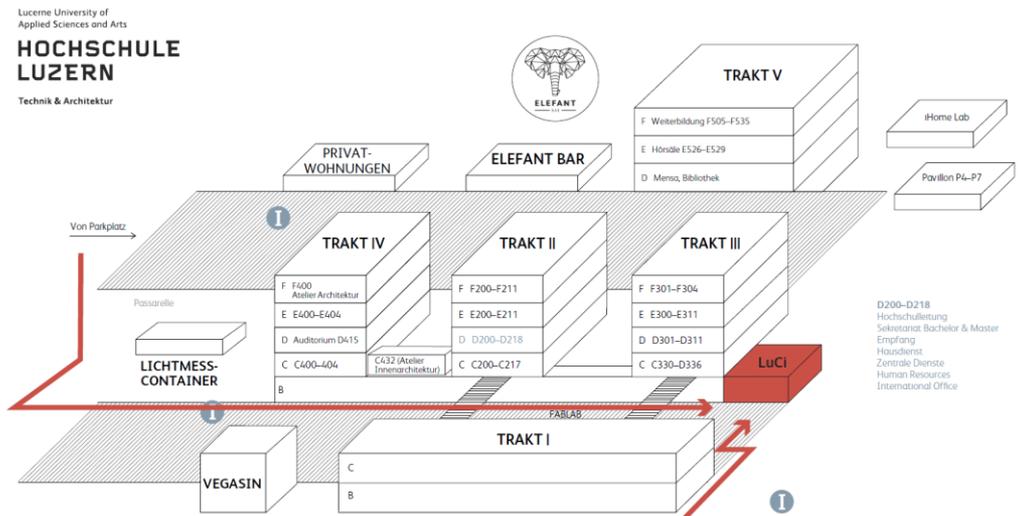


# Zerstörungsfreie Defektidentifikation und volumetrische Vermessung von additiv gefertigten Bauteilen mit Röntgen-CT

Damian Gwerder, Jorge Martinez, David Schiffmann, [Philipp Schütz](#)

Contact: [philipp.schuetz@hslu.ch](mailto:philipp.schuetz@hslu.ch), 076 510 21 60

# Hallo ich bin LuCi. Wie kann ich Ihnen helfen?

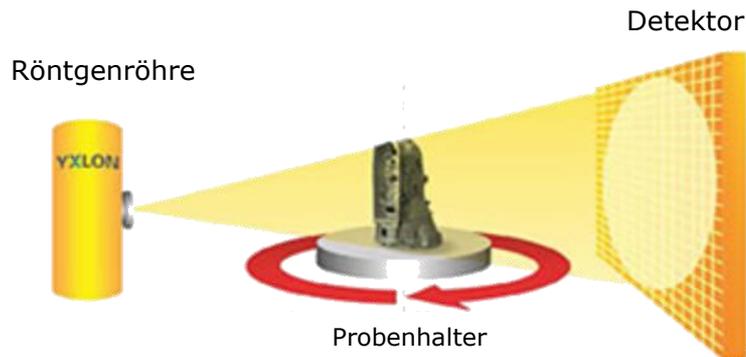


## Computertomographie-System

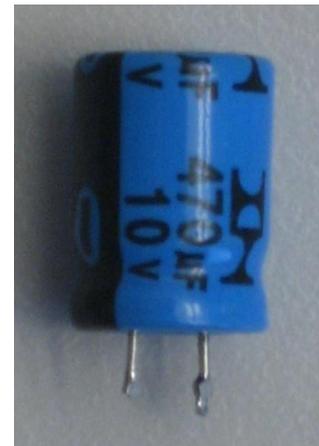
1. *Probengrösse:* 520 mm Durchmesser, 650 mm Höhe
2. *Röntgenquelle:* 225 kV Mikrofokus System mit bis zu 0.5 um Brennfleckgrösse
3. *Geschwindigkeit:* 15 Aufnahmen/Sekunde bei 2880 x 2880 Pixeln

# Wie funktioniert Computertomographie (CT)?

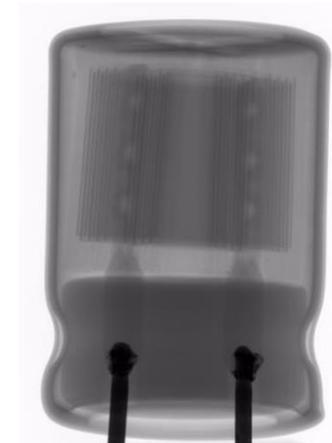
## Aufbau



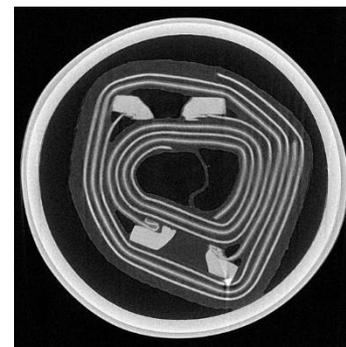
## Kondensator als Beispiel



Optisches Bild



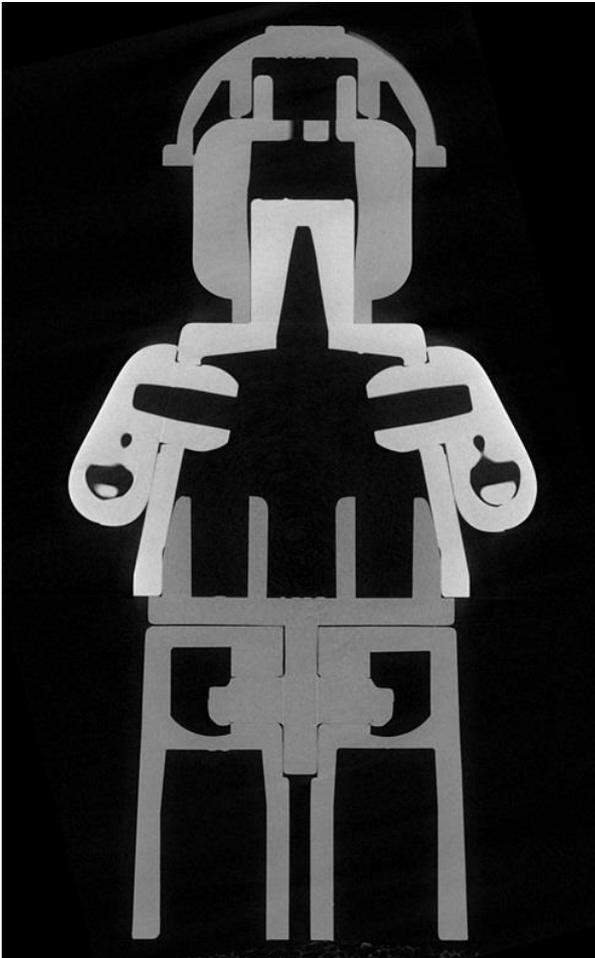
Röntgenbild



## Virtueller Schnitt:

Räumliche Verteilung der  
Röntgenabsorption

# Vorteile der CT

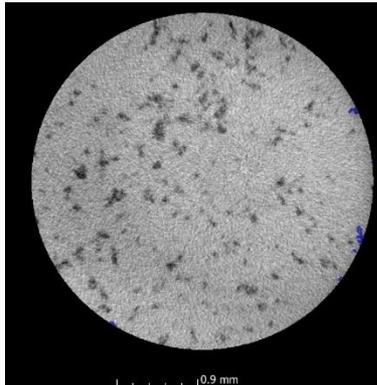


## Vorteile:

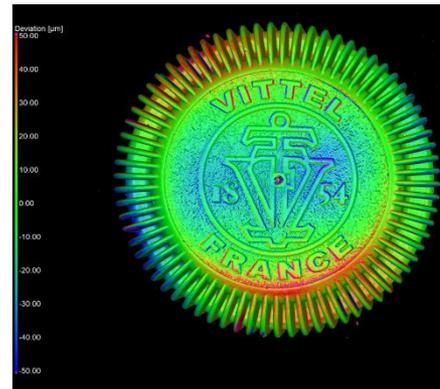
- Zerstörungsfrei
- Misst gleichzeitig innere und äussere Strukturen
- Misst sowohl Material wie Dichte
- Geeignet für Metrologie
- Unverzerrte Bildgebung

# Anwendungen von CT für AM

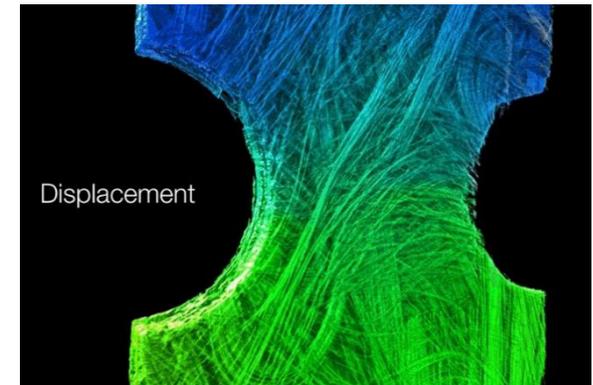
## Fehlstellen- identifikation



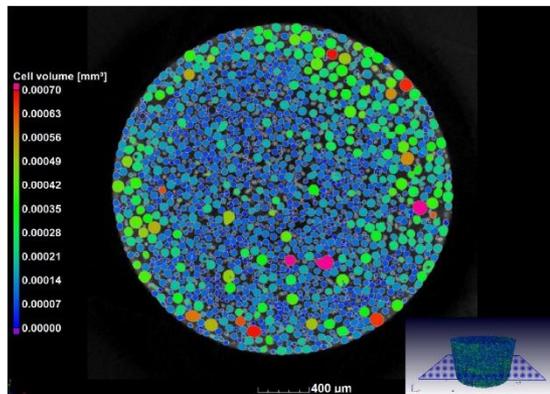
## Metrologie



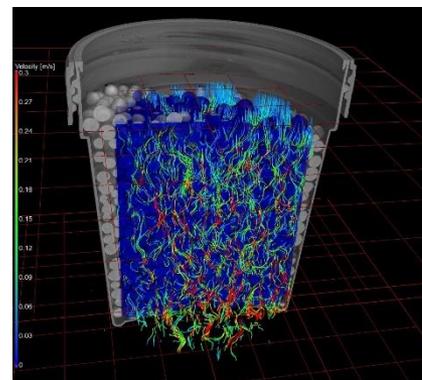
## Messungen unter Last



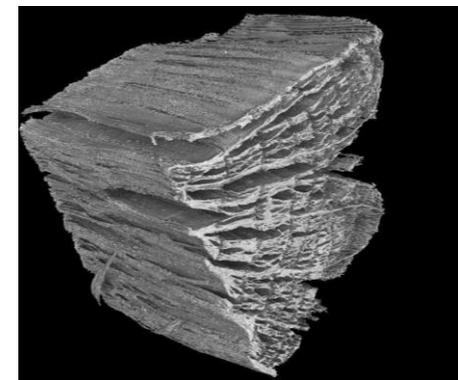
## Pulveranalyse



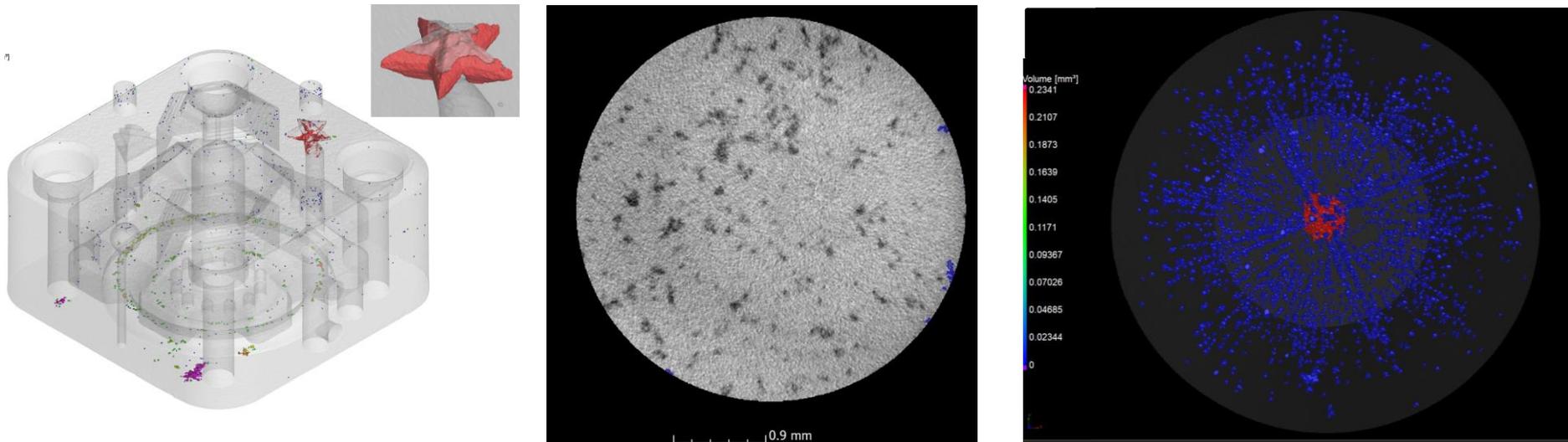
## Geometrie- Erfassung



## Dynamische Messungen



# Inhomogenitäten in AM-gefertigten Teilen

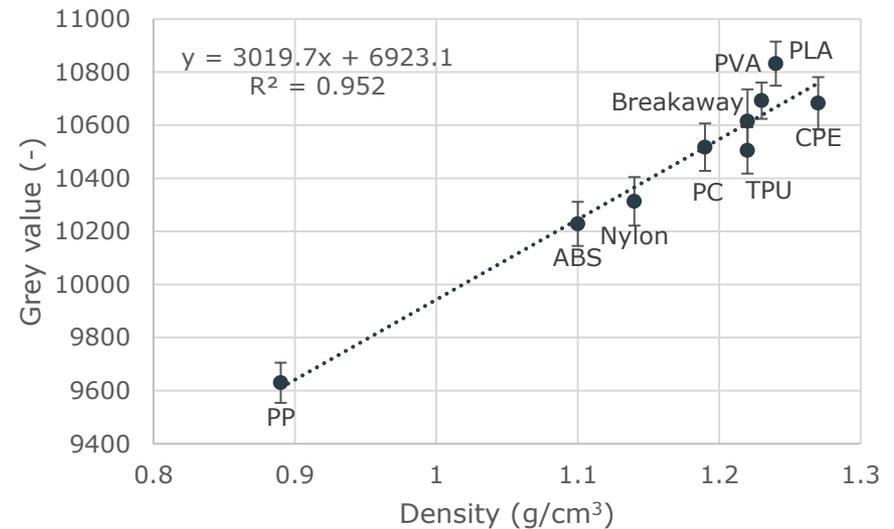
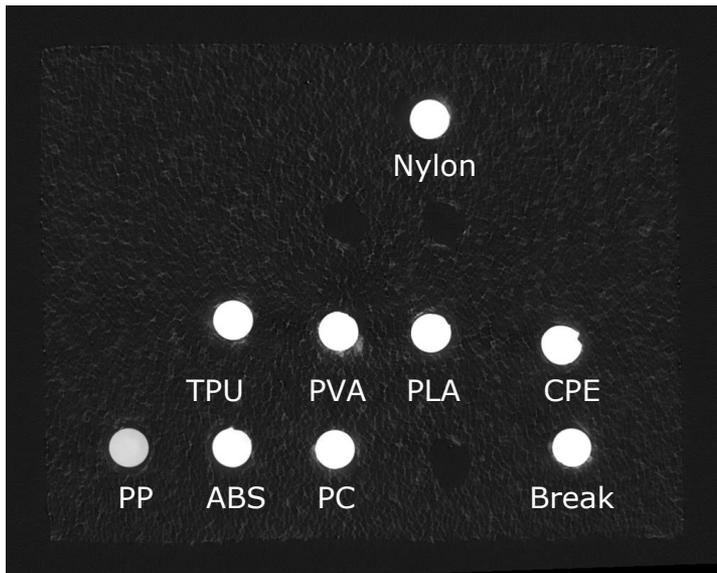


## Angebot:

Finden von

- Poren, Rissen
- Fehlmaterialeinschlüssen, Pulverrückstände
- Fehlbindung
- Systematischen Fehlern

# Welche Dichteunterschiede sind messbar?



## Frage:

Wie gross muss der Dichteunterschied mindestens sein, um erkannt zu werden?

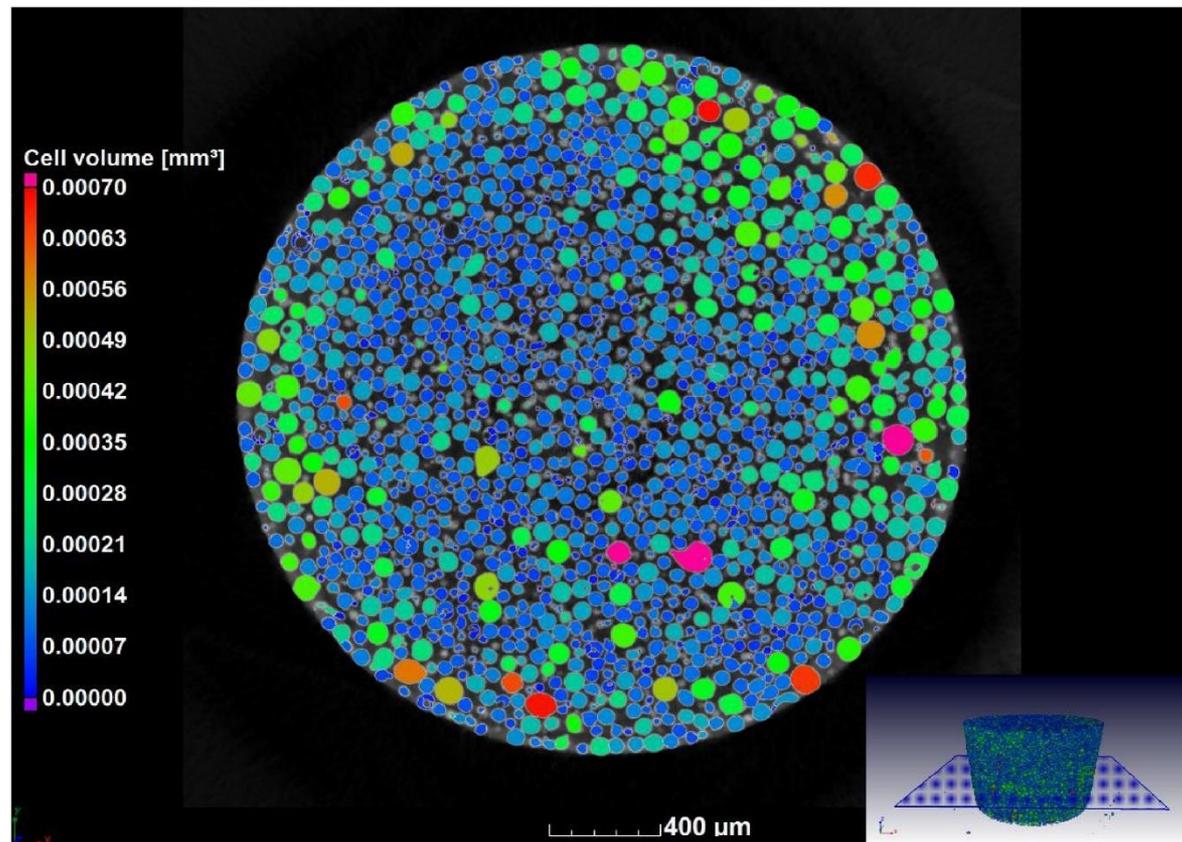
## Prüfmethode:

Messen von 3D Druckerfilamenten mit hoher Materialhomogenität.

## Vorläufiges Ergebnis:

Differenzen bis zu 50 mg/cm<sup>3</sup> (~ 4 %) können gemessen werden.

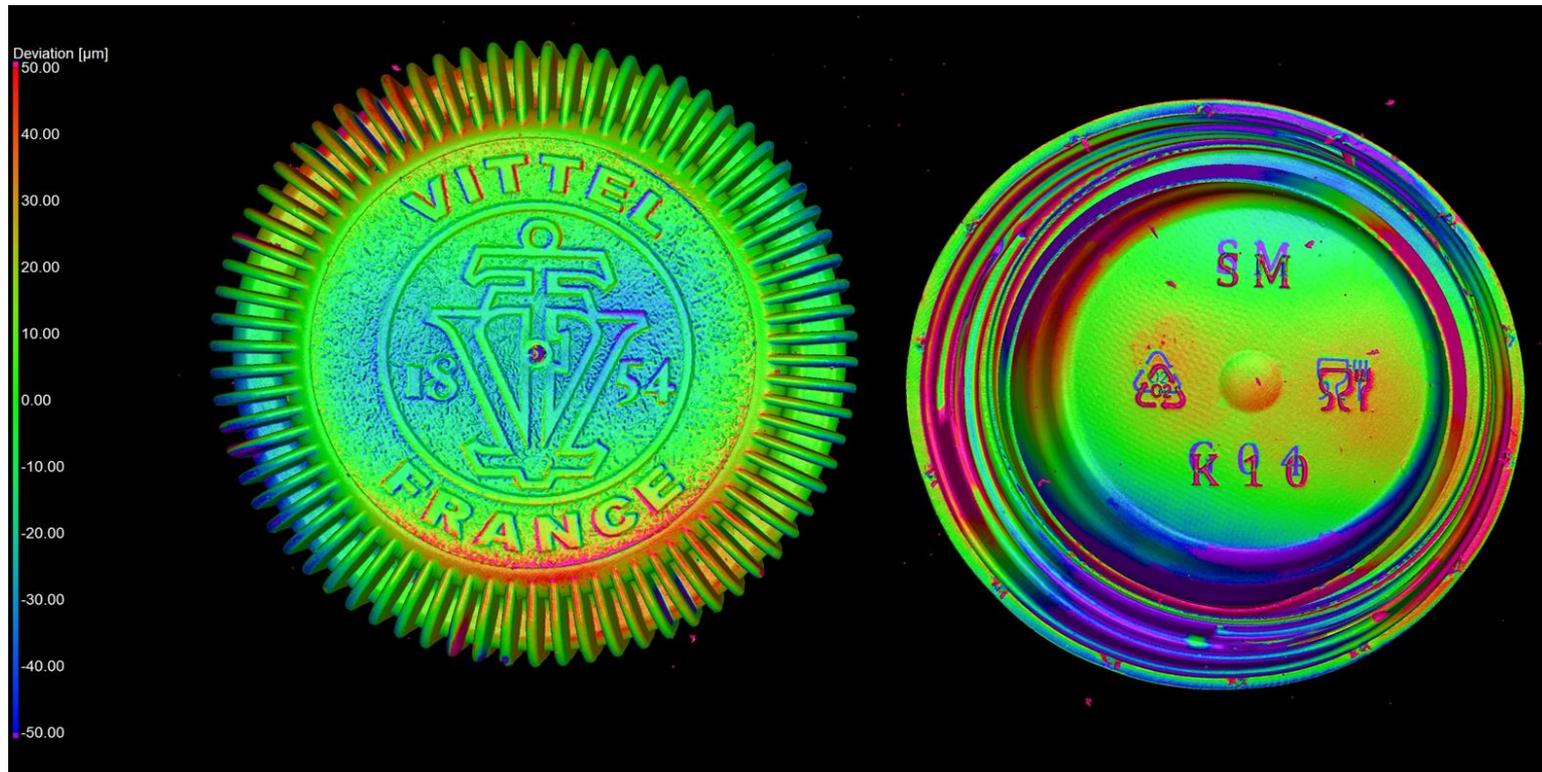
# Prüfen von Pulverhomogenität



## Angebot:

Bestimmen der Korngrößenverteilung und Verifikation der Pulverqualität

# Vermessung von Spritzgussteilen



## Angebot:

- Präzise Vermessung der Geometrie inklusive aller Innen- und Aussengeometrien.
- Überwachung der Veränderung der Produkte über Produktionslauf

# 3D Kopierer

## Aufgabe:

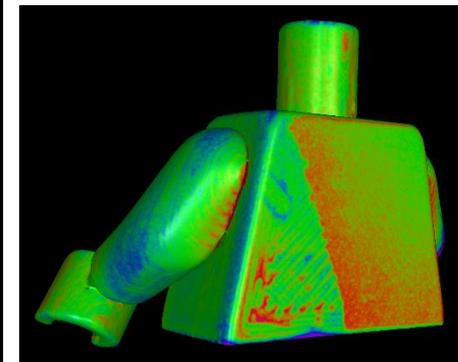
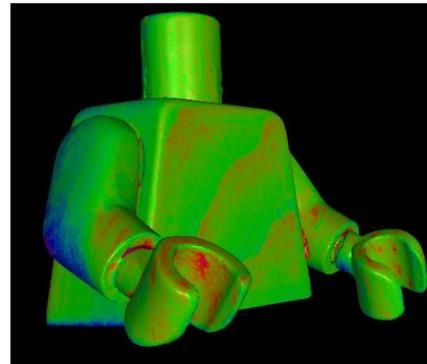
Vergleich der Geometrie von 3D gedruckter Kopie eines Lego-Objekts

## Schritte:

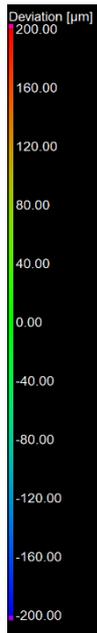
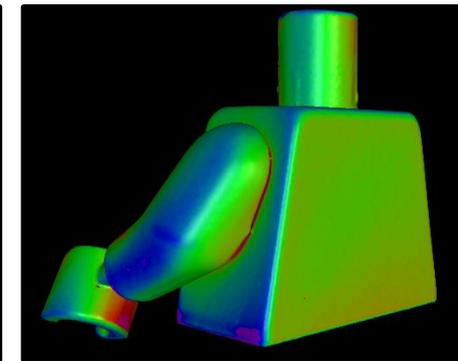
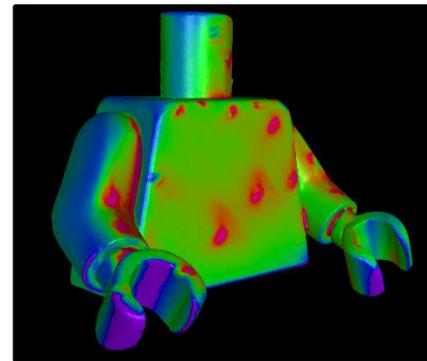
1. Formerfassung Lego-Objekt
2. 3D Druck mit Ultimaker 3 und Formlabs 2
3. Soll-Ist Vergleich Original-Kopie



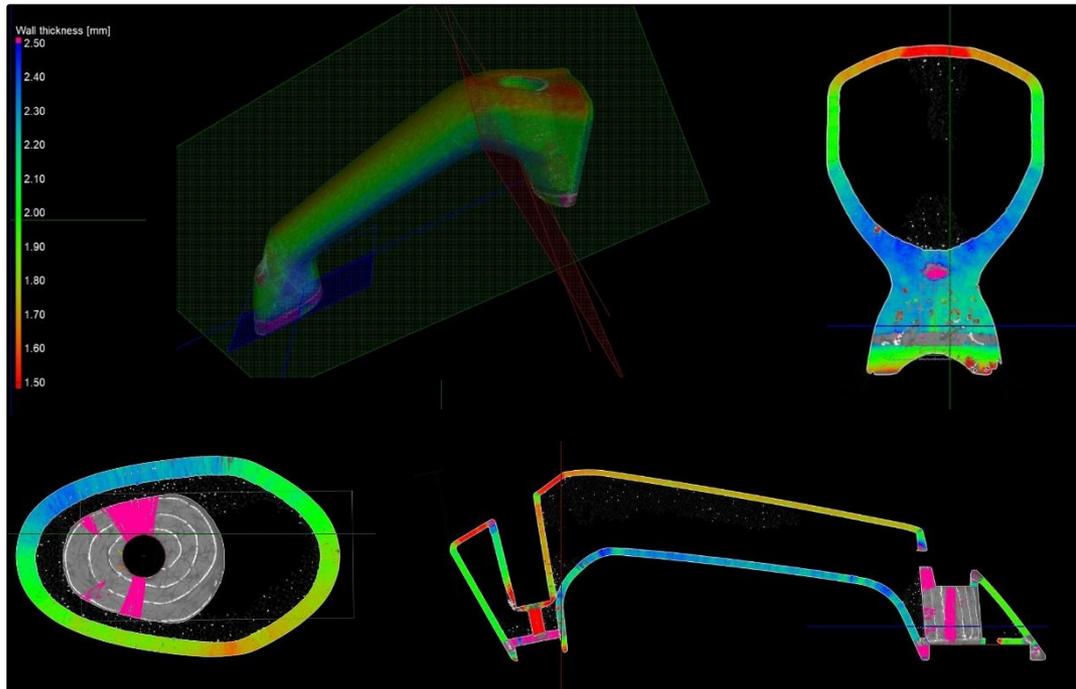
## Ultimaker 3



## Formlabs 2



# Unzählige Auswertemöglichkeiten: Wandstärke



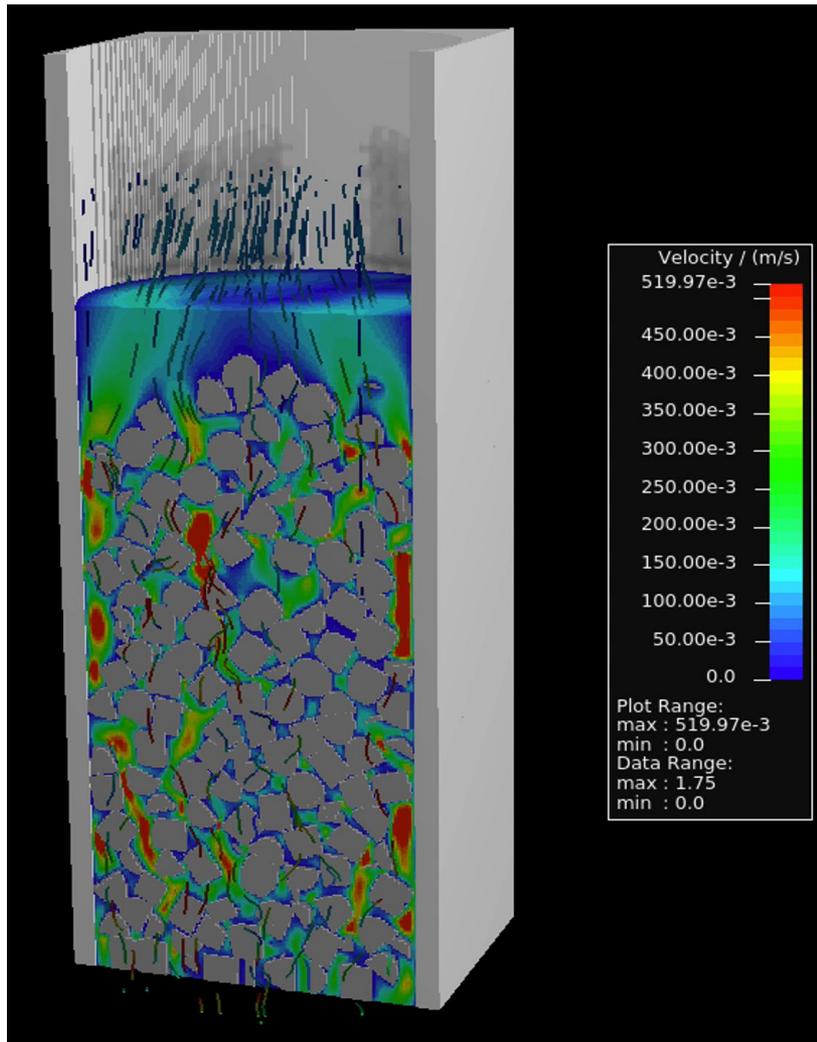
## **Aufgabe:**

Bestimmen "aller" Wandstärken am Testobjekt

## **Verfügbare Analysen:**

1. 3D Darstellung von Wandstärke
2. Darstellung der kritischen Wandstärken
3. Berechnung der Wandstärken entlang beliebigen Schnitten

# Tatsächliche Geometrie für Simulationen



## Aufgabe:

- Bestimmen der Innen- und Aussengeometrie für Simulationen
- Simulationen für Durchströmung und thermische Leitfähigkeit

# Bald: Messungen unter Last

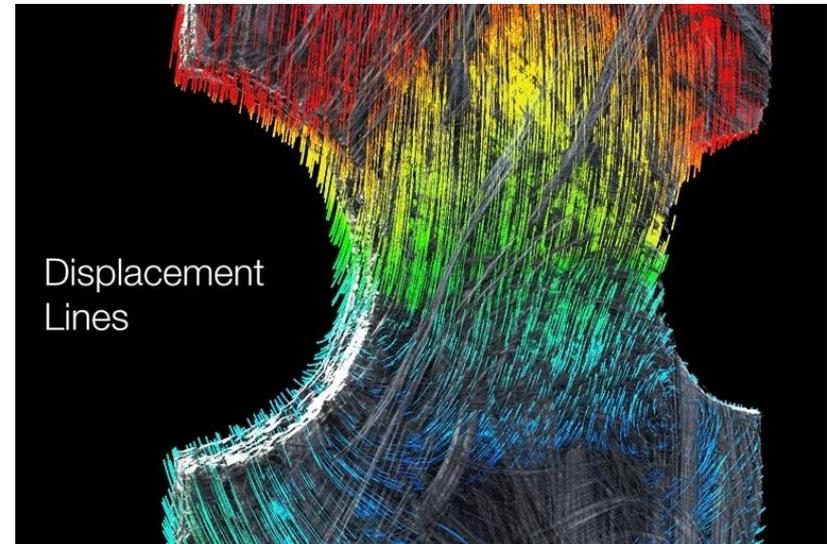
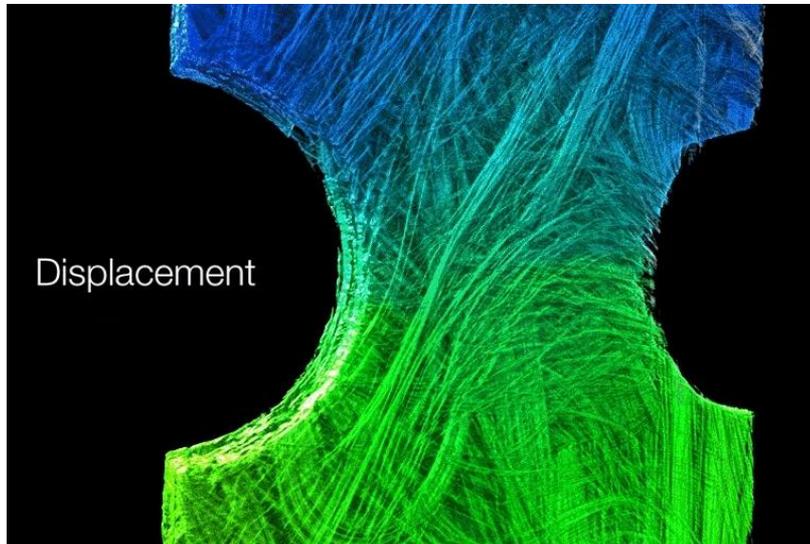


## Messungen unter gleichzeitiger

1. 10 kN Zug-/Drucklast
2. Temperierung von  
-35 °C – 190 °C
3. Feuchtelast von 0 % - 95 % rH

ermöglicht **in-situ Messungen** der Proben.

# Beispiel: Zugversuch CFK-Teil



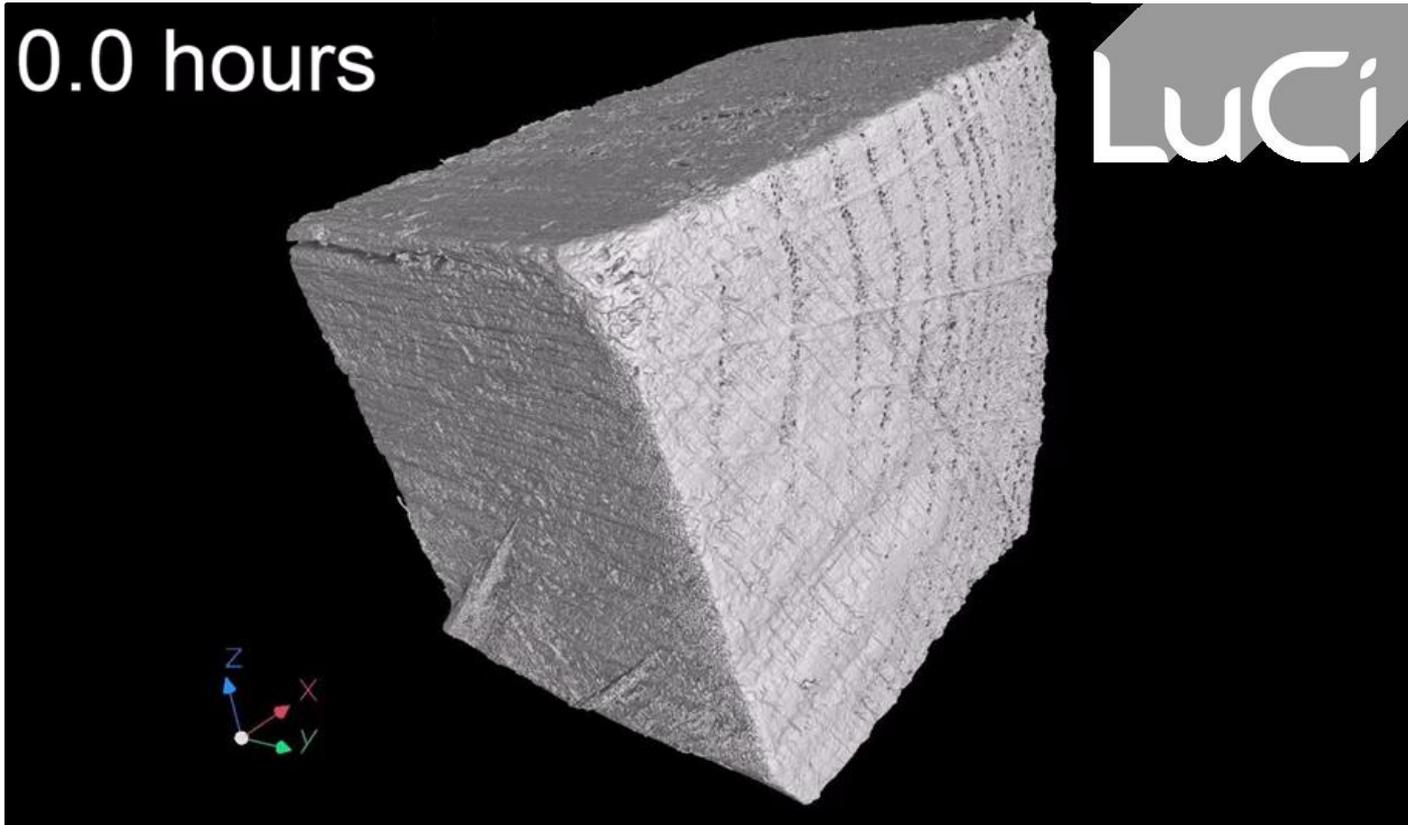
## Zugversuch mit CFK-Probe

Bestimmbar sind:

1. Deformationsbeträge
2. Verschiebungsvektorfelder
3. Indirekt: Bestimmen von Spannungen

# Dynamische Messungen durch Zeitraffer

0.0 hours



## Messung dynamischer Prozesse

Rasche Folge von kurzen Messungen. Messzeiten bis zu 13 s möglich.



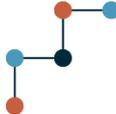
## Das Wichtigste in Kürze

Röntgen CT kann Sie unterstützen

- **Fehlmaterialeinschlüsse** und (systematische) **Bindungsfehler** zu identifizieren
- Bauteile **zerstörungsfrei** zu vermessen und Fertigungsgenauigkeiten zu prüfen
- Das Verhalten Ihrer Bauteile unter Last zu untersuchen
- Dynamische Prozesse zu verfolgen

# Danksagungen

**HSLU** Hochschule  
Luzern

  
**Schweizerischer  
Nationalfonds**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
**Swiss Federal Office of Energy SFOE**



Eidgenössisches Departement für  
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF  
**Staatssekretariat für Bildung,  
Forschung und Innovation SBFI**

**Innosuisse – Swiss Innovation Agency**

**sweet** swiss energy research  
for the energy transition  
  
**EDGE**

**sweet** swiss energy research  
for the energy transition  
  
**PATHFINDER**

**sweet** swiss energy research  
for the energy transition  
  
**DeCarbCH**



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**  
**[www.hslu.ch/luci](http://www.hslu.ch/luci) , [luci@hslu.ch](mailto:luci@hslu.ch)**



**Damian Gwerder**  
damian.gwerder.01  
@hslu.ch



**David Schiffmann**  
david.schiffmann  
@hslu.ch



**Jorge Martinez**  
jorge.martinezgarcia  
@hslu.ch



**Philipp Schütz**  
philipp.schuetz  
@hslu.ch