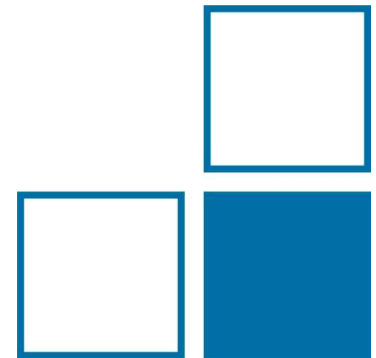


# Hybride Prozesskette

**QI-Digital Forum: Qualitätssicherung in der digital gestützten Produktion: Beispiel Additive Fertigung**

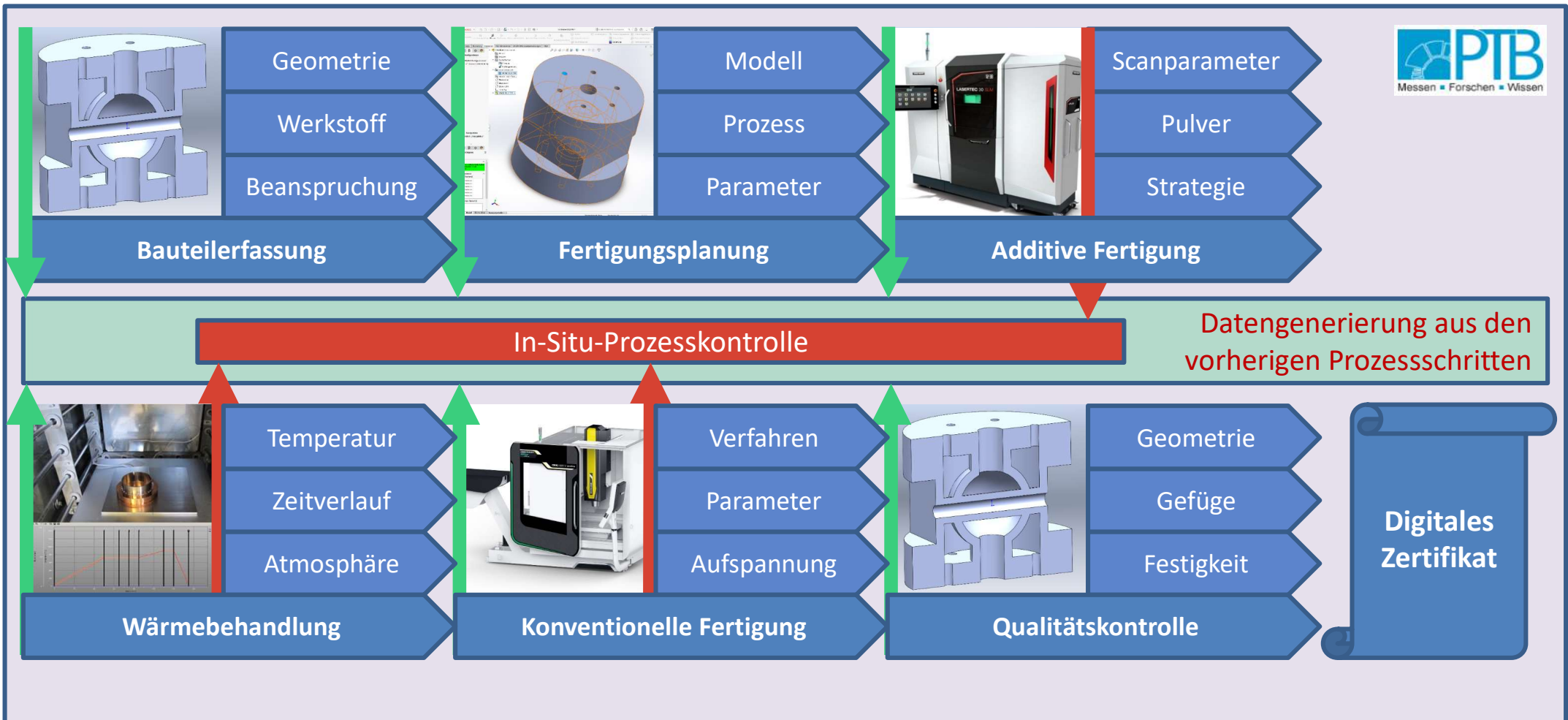
Harald Bosse, Wiebke Brandes, Daniel Hagedorn,  
Karin Kniel, Mergim Krasniqi, René Laquai,  
Frank Löffler, Ulrich Neuschaefer-Rube



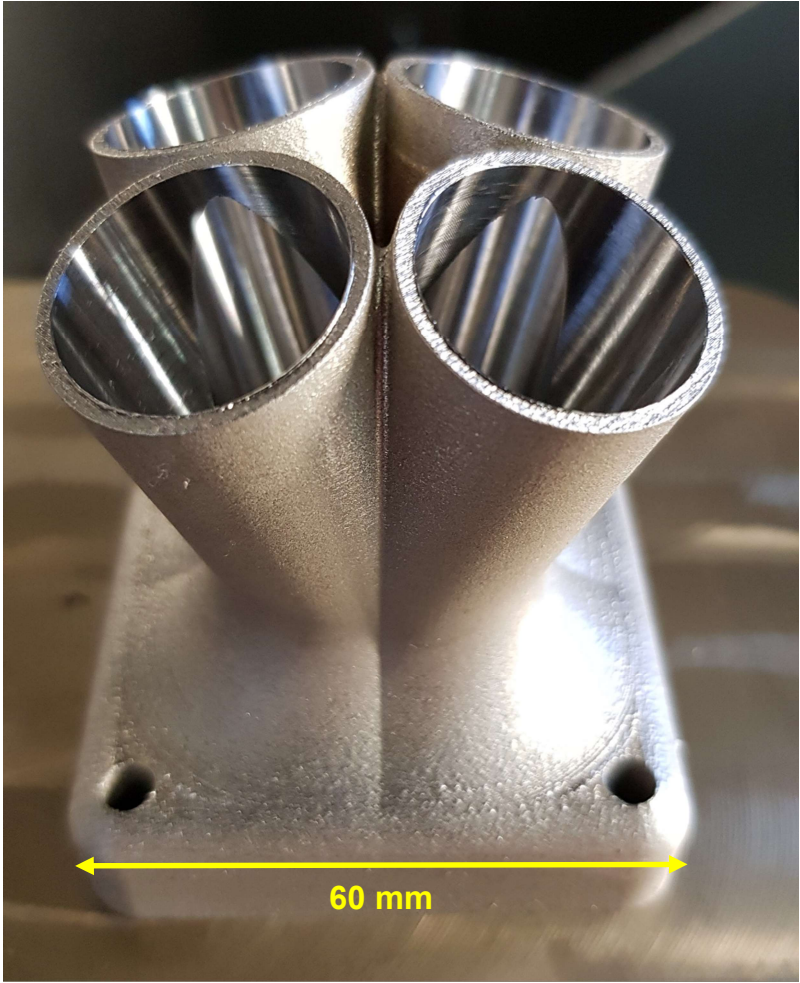
- Motivation
- Hybride Prozesskette
- Herausforderungen

- Subtraktive Bearbeitung von additiv gefertigten Bauteilen
- Anspruchsvoller Datenaustausch
- „Musterbetrieb“ abbildbar
- Mess- und Kalibriermöglichkeiten

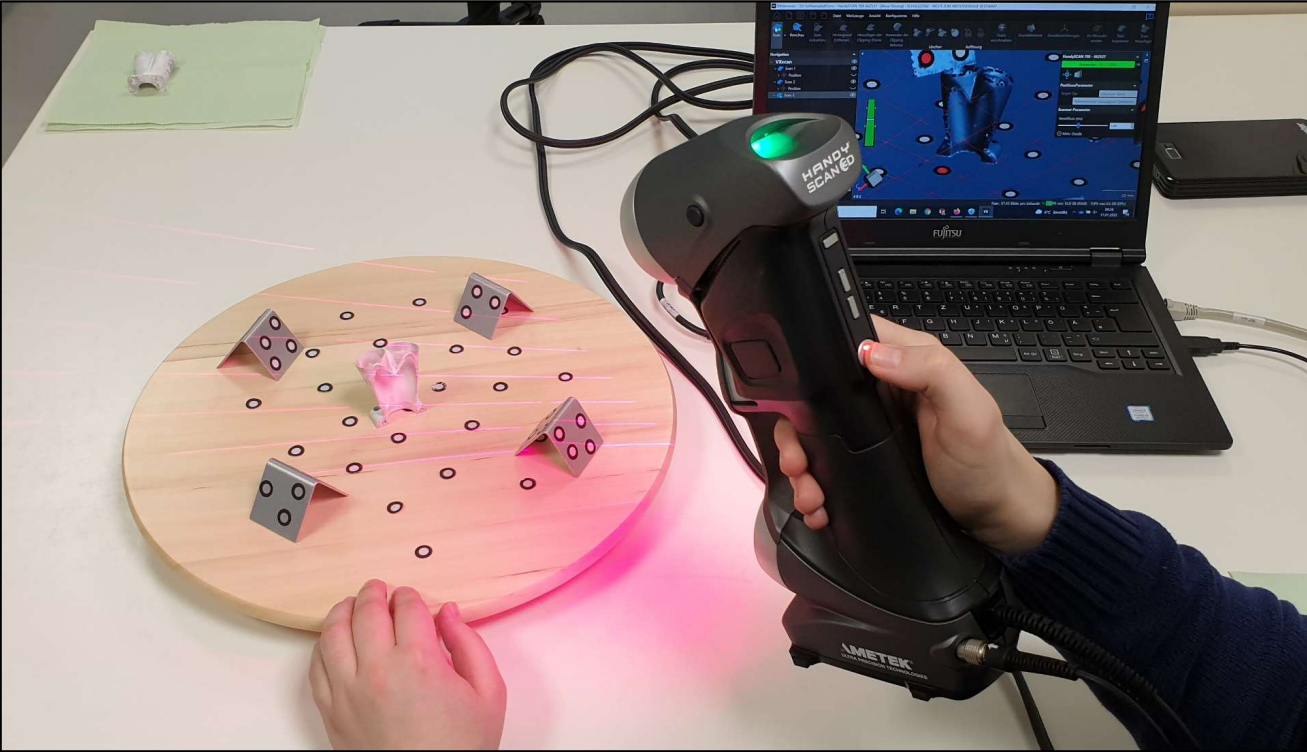
# Hybride Additive Prozesskette



# Demonstratorbauteil Hybride Fertigung



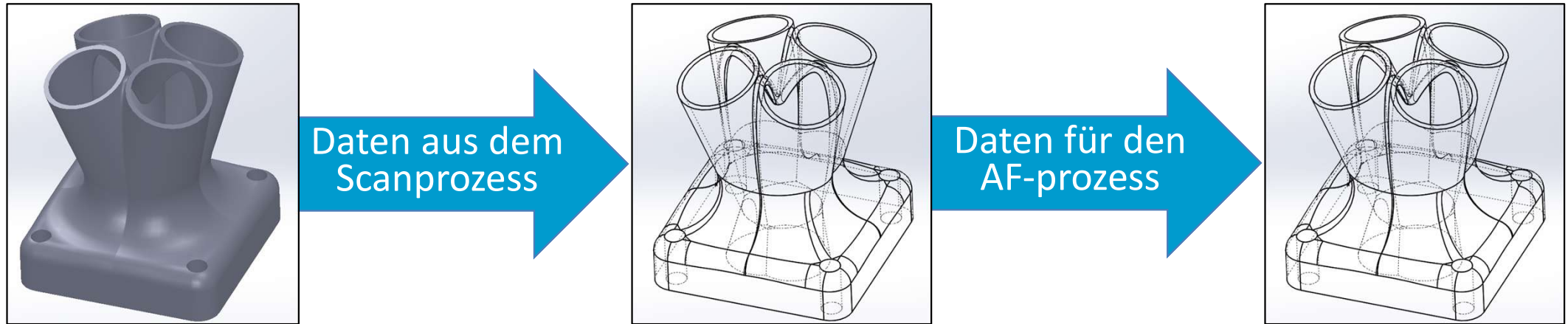
# Bauteilerfassung



- optischer 3D-Scanner
- Koordinatenmessgerät
- Computertomograph



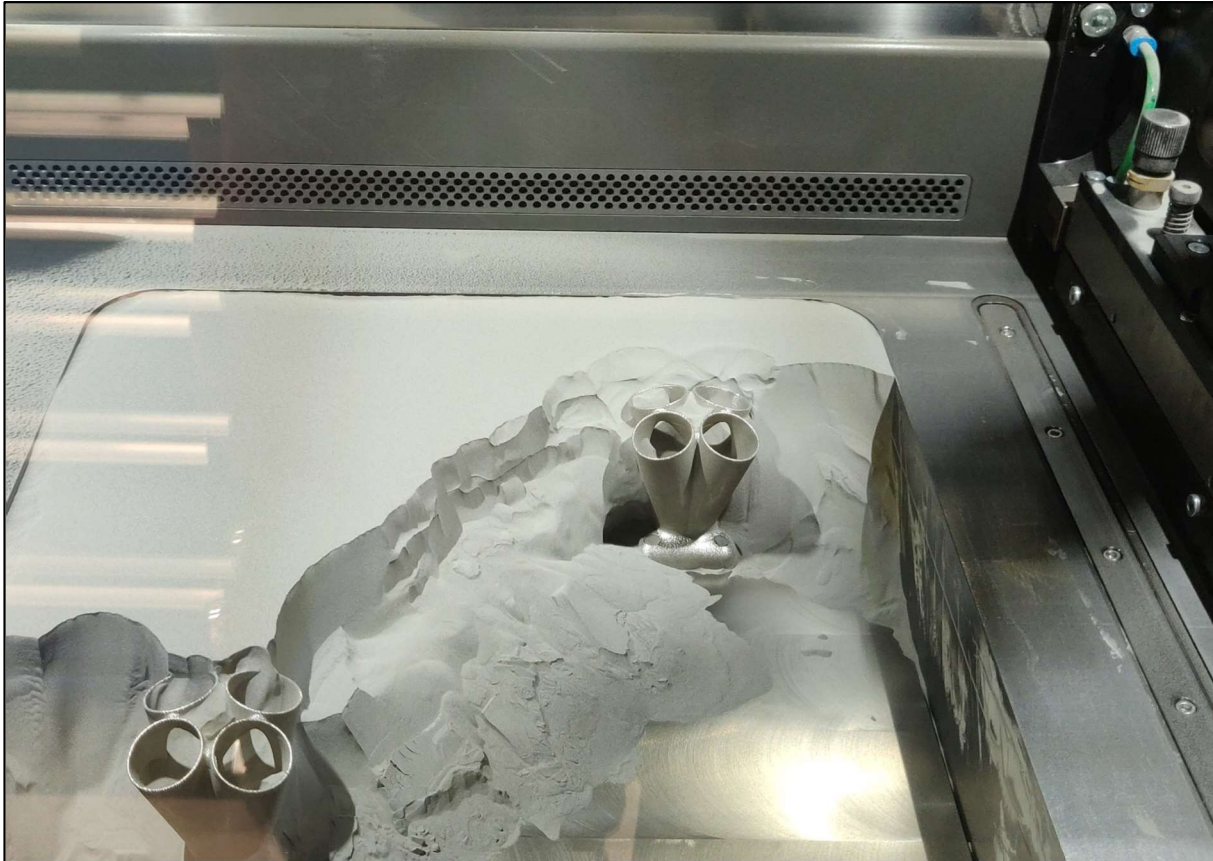
# Fertigungsplanung



- Scanprozess: STL Format
- Fertigungsprozess: STL, STEP, SLDPRT
- Größe der „Patches“



# Additive Fertigung

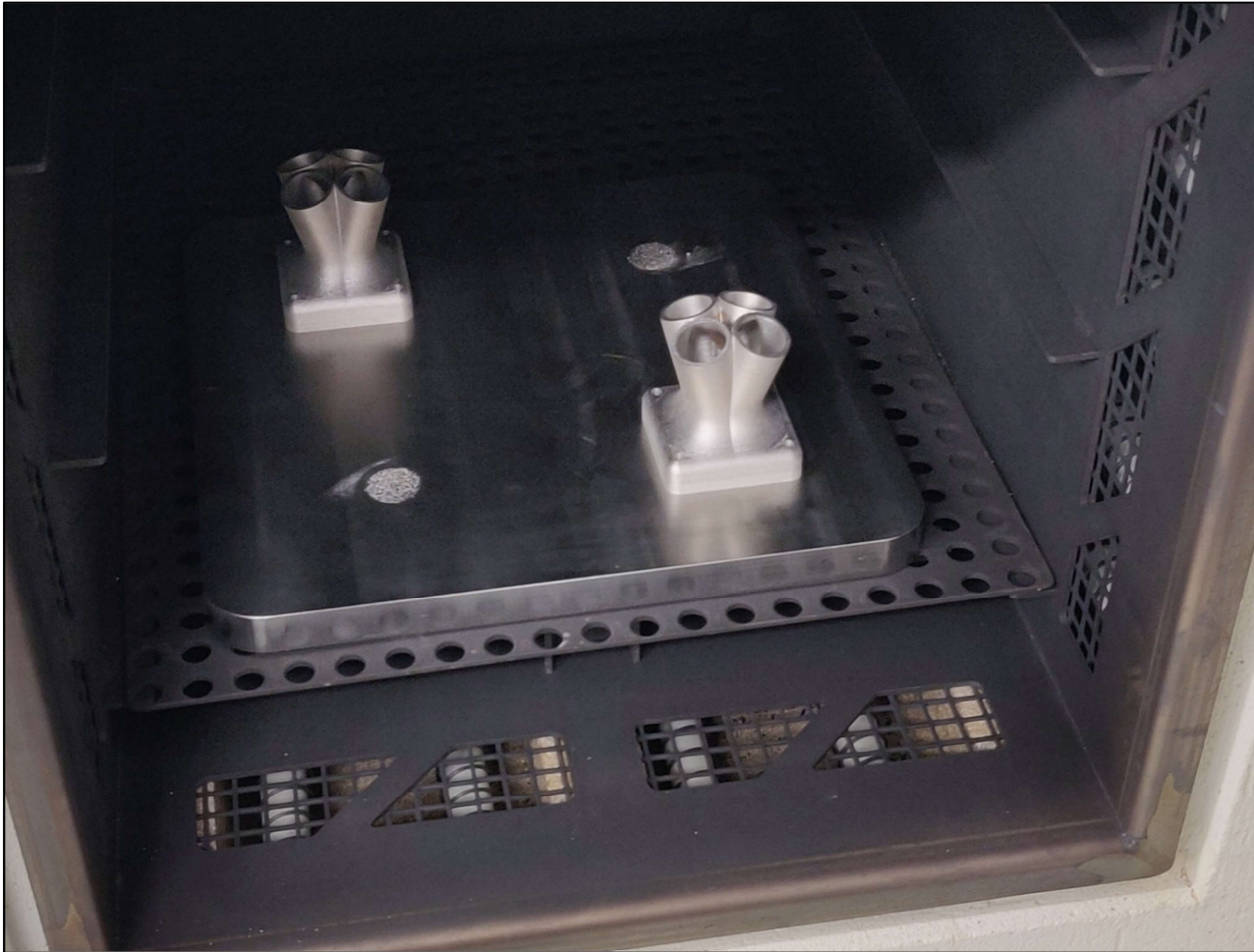


- Prozessmonitoring
- Positionsangabe auf der Bauplattform
- Nullpunktspannsystem





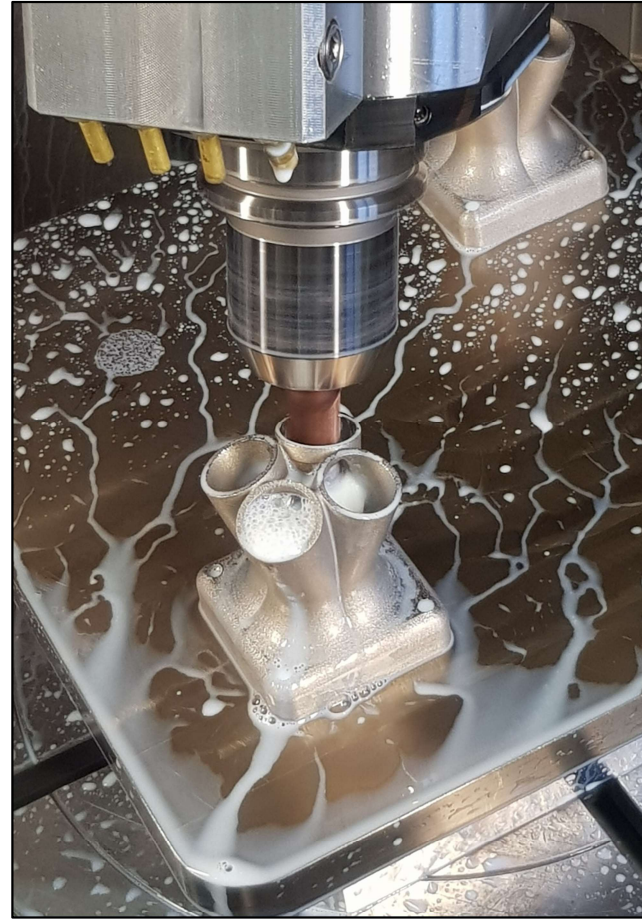
# Wärmebehandlung



- Prozessmonitoring
- Positionsangabe auf der Bauplattform
- Abbau der Spannungen



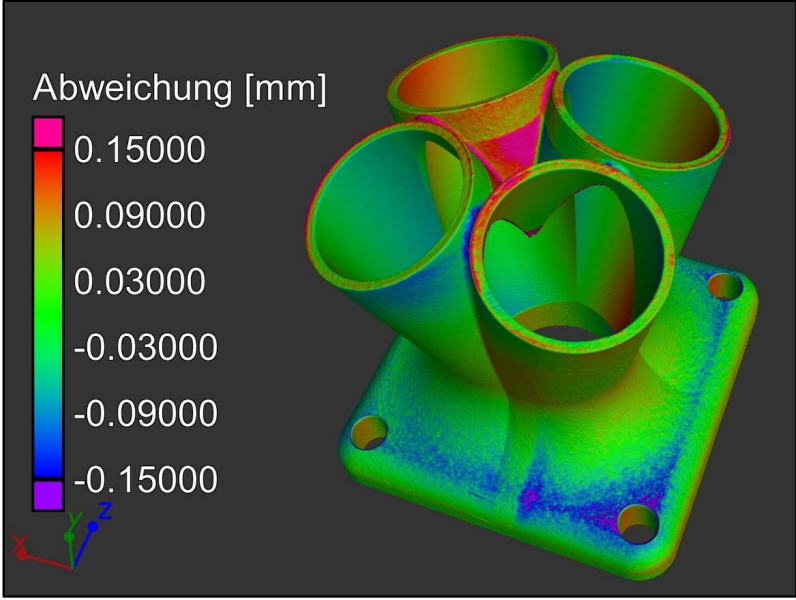
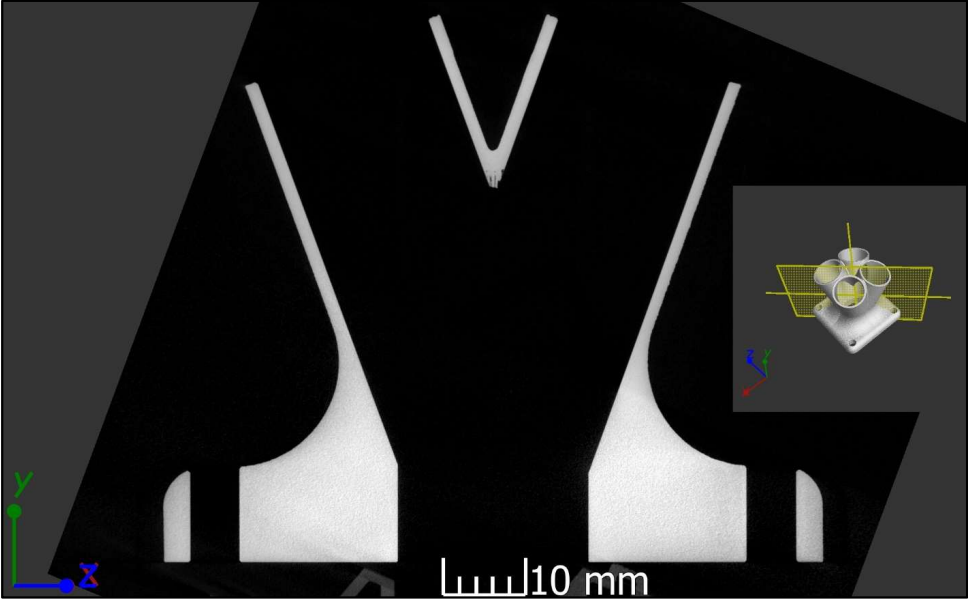
# Konventionelle (subtraktive) Fertigung



- Prozessmonitoring
- Nutzung der Positionsangabe auf der Bauplattform
- Flanschfertigung



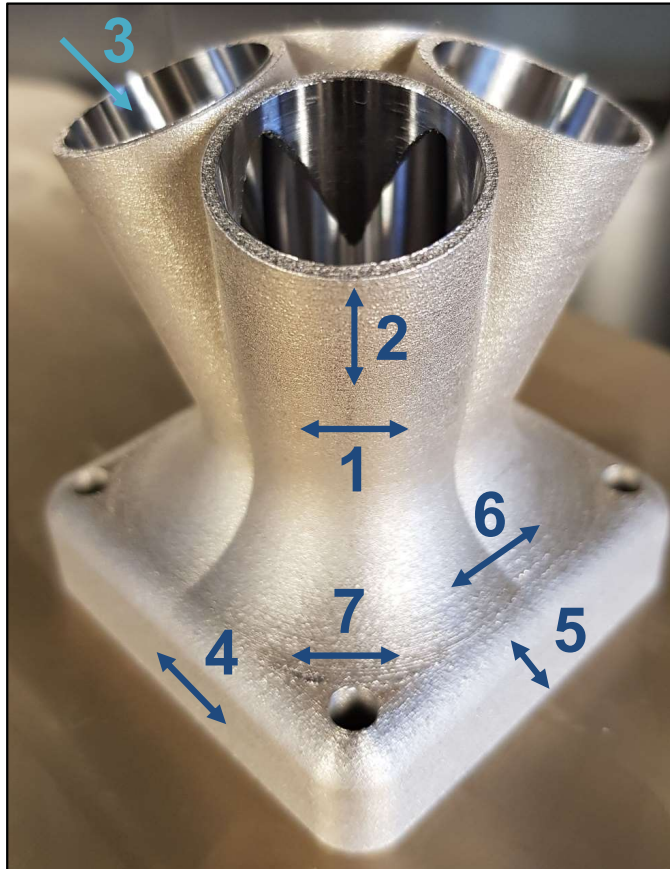
# Qualitätskontrolle



- Datenvergleich zur Sollgeometrie
- Datenbewertung



# Qualitätskontrolle



Messstelle	$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_z$ [ $\mu\text{m}$ ]	$R_{\text{max}}$ [ $\mu\text{m}$ ]
1	6,3	32,9	46,4
2	7,1	44,5	61,8
3	0,2	1,6	2,9
4	12,0	65,1	76,9
5	10,9	57,8	71,3
6	8,5	42,7	48,7
7	11,4	60,9	100,4

- Rauheitswerte
- Datenbewertung



## Bestimmung der Messunsicherheit zur Sicherstellung der Rückführbarkeit

- Einflüsse von Geometrieabweichungen
- Einflüsse Röntgeneffekten (Strahlaufhärtung, Streuung, Fluoreszenz)
- Effekte von Quelle und Detektor
- AF spezifische Einflüsse (z. B. systematische Abweichung zu taktilen Messungen durch Rauheit)
- Good Practice Guide für CT-Messungen an AF Bauteilen

## Validierung

- Durchlauf der Prozesskette an mindestens einem Bauteil

## Einbindung in das Digitale Kalibrierzertifikat

- Erfordert validierte Messunsicherheit



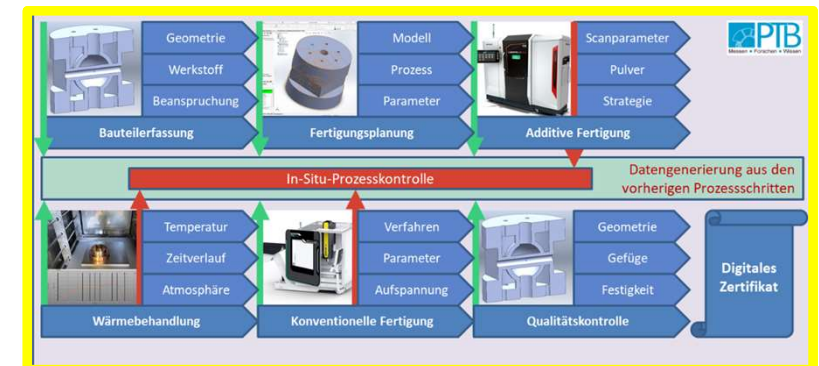
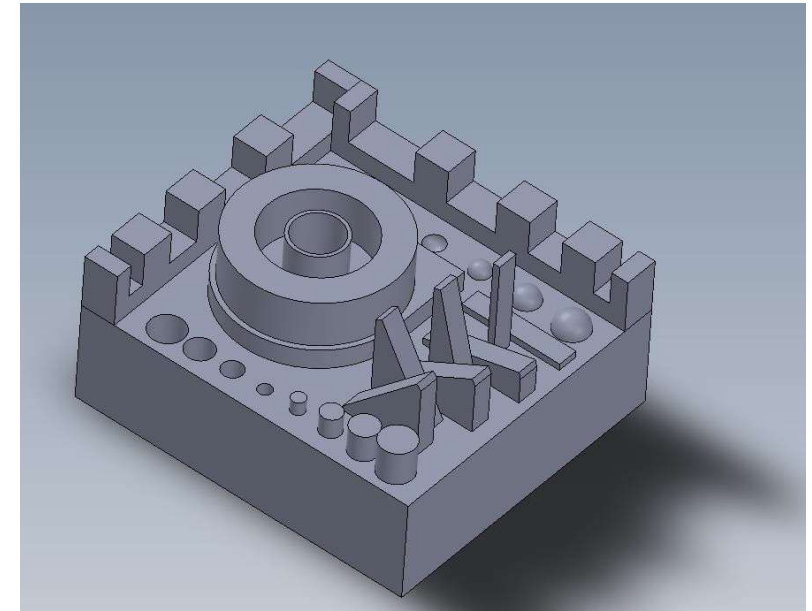
# Design eines synthetischen Bauteils

## Repräsentation von Regelgeometrien

- Zylinder, Kegel, Halbkugeln, Kalotten, Quader  
Radien: 1,0 mm – 6,5 mm
- Äußere Abmessungen: 30 mm × 30 mm × 30 mm
- Material: Aluminium

## Datenaustausch

- Welche Daten? (Oberflächen, Punktwolken, Maße, ...)
- Welche Datenformate?
- Abfrage über QI-Cloud (Auswertungen auf Oberflächen, Vergleich von Geometrieparametern)
- Metadaten? (Messparameter, Prozessparameter, Umgebungsbedingungen, Zeit, Verantwortliche Person, ...)



- Vergleichbarkeit der Geometriedaten
- Zusätzliche Informationen für jeden Prozessschritt
- Mit steigender Genauigkeit erhöht sich das Datenvolumen
- Berücksichtigung der Anforderung aus der Industrie

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !**

