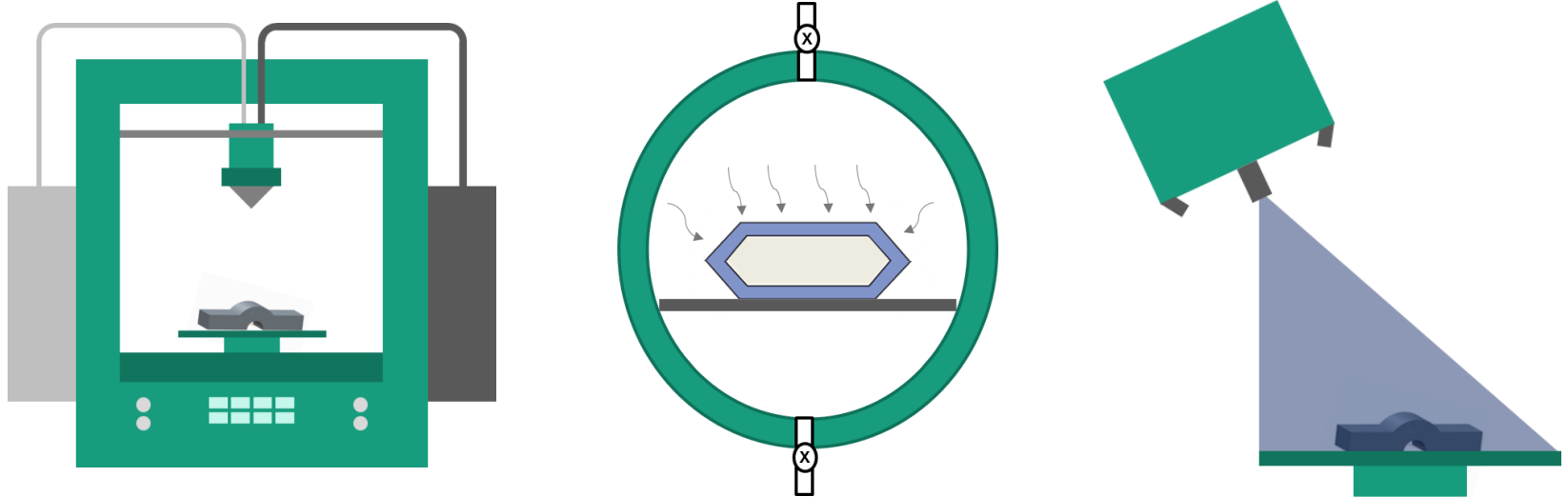


17. BAYREUTHER KONSTRUKTEURSTAG AM 16.09.2015

Einsatz additiver Fertigung und optischer Messtechnik im innovativen Faserverbund-Leichtbau



Dipl.-Ing. Markus Kafara

Dipl.-Ing. Eva Eisinger

Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation an der Universität Bayreuth

Agenda

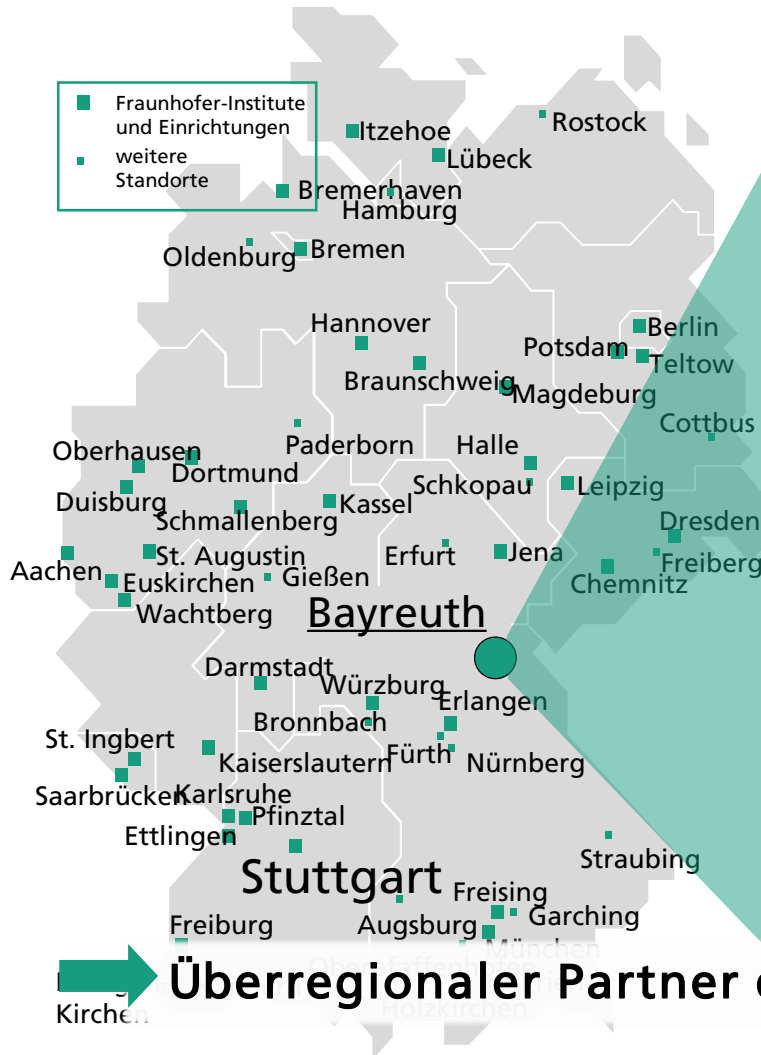
1 Vorstellung der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation

2 Einführung und Zielsetzung

3 Durchführung

4 Ergebnisse und Ausblick

Vorstellung der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation



Fraunhofer Projektgruppe Prozessinnovation IPA



- Gründung im März 2006 an der Universität Bayreuth
- Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik
- Arbeitsgebiete:
Produktionstechnik
Ressourceneffizienz
Prozessoptimierung



Überregionaler Partner der anwendungsorientierten Forschung

Bildquelle: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Agenda

1 Vorstellung der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation

2 Einführung und Zielsetzung

3 Durchführung

4 Ergebnisse und Ausblick

Einführung und Zielsetzung

Faserverbund-Leichtbau am Beispiel CFK

Einsatzgebiete

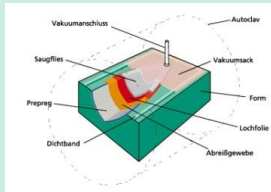
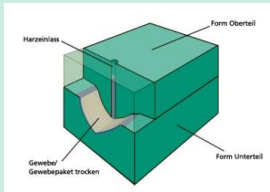
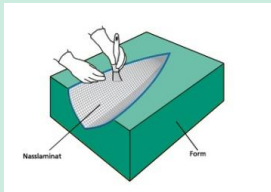
- Luft- und Raumfahrt
- Fahrzeugbau
- Boots- und Schiffsbau



- Maschinen-, Apparate- und Anlagenbau
- Sportgeräte
- Rohrleitungsbau

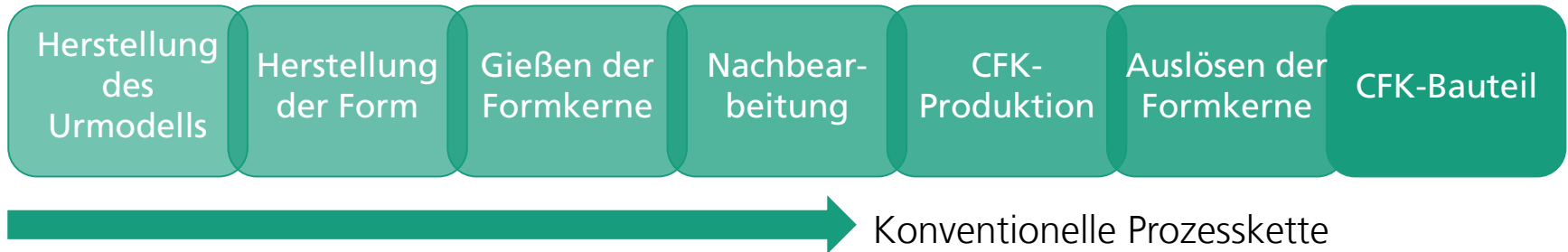


Herstellungsverfahren

Verfahren	Autoklav	Injektion (RTM)	Handlaminieren
Prinzip			
Bauteilqualität	Sehr hoch	Hoch	Mäßig
Typischer Faservolumenanteil	Ca. 65-70%	Ca. 50-55%	Ca. 35%
Anlagenkosten	Sehr hoch	Sehr hoch - Hoch	Niedrig

Einführung und Zielsetzung

Prozesskette



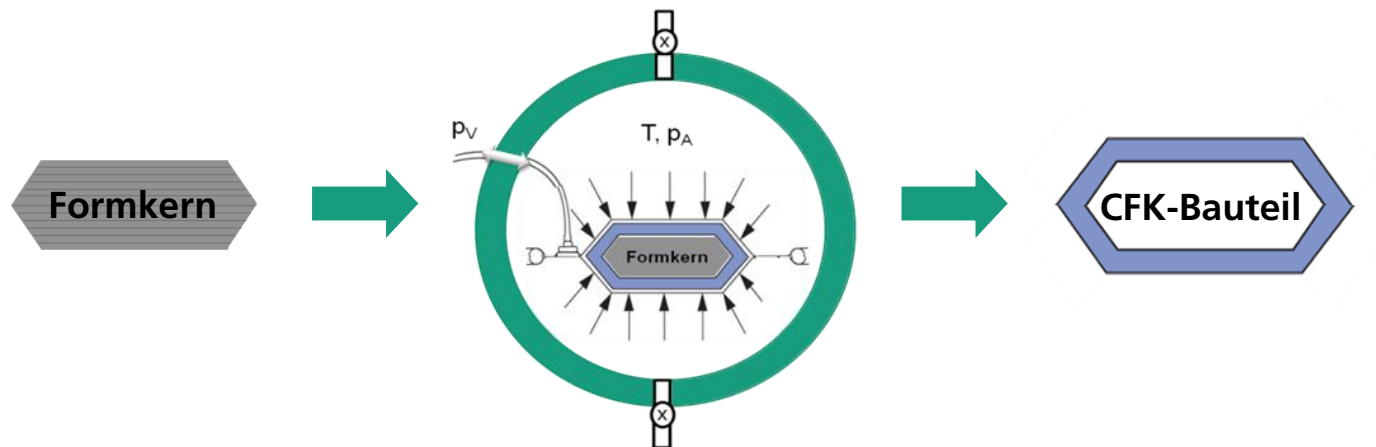
Verkürzung der Prozesskette durch Herstellung entfernbarer Formkerne mittels Einsatz additiver Fertigung



Einführung und Zielsetzung

Vorgehen

- Materialauswahl
- Herstellung von Probekörpern mittels additiver Fertigung
- Charakterisierung der Probekörper
- Auslösen des Formkerns



Agenda

1 Vorstellung der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation

2 Einführung und Zielsetzung

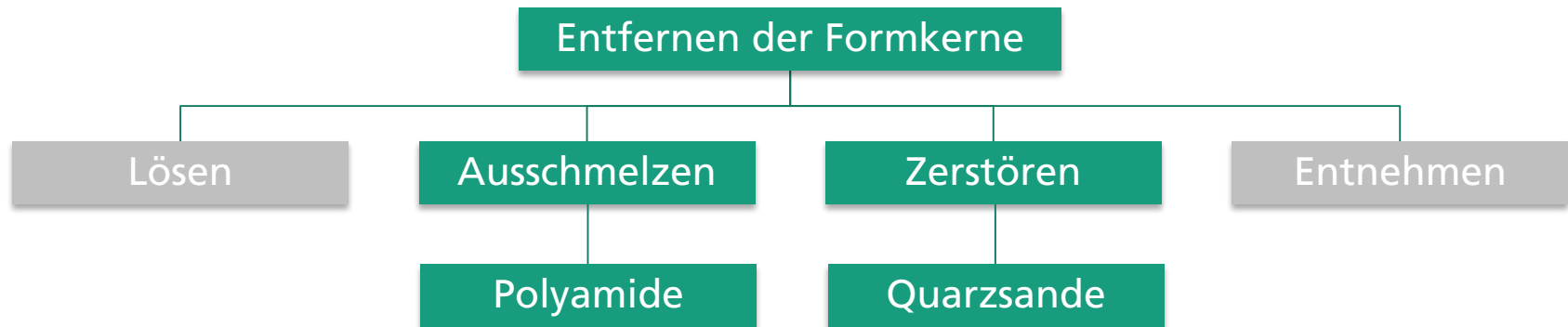
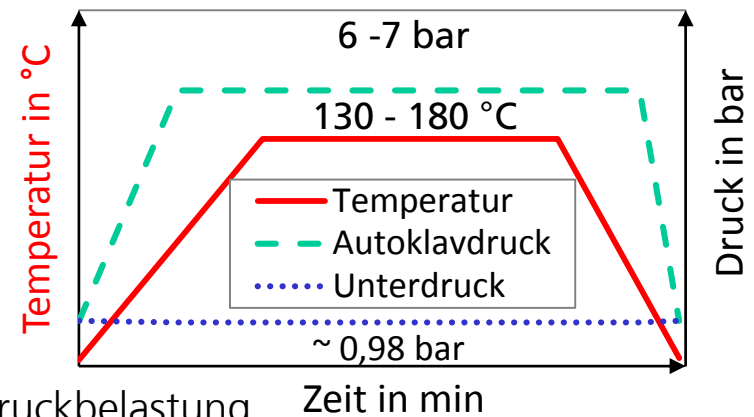
3 Durchführung

4 Ergebnisse und Ausblick

Durchführung

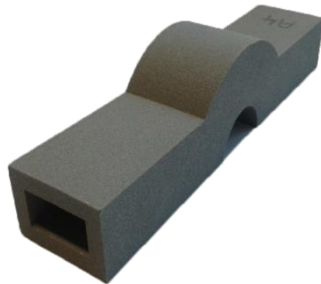
Materialanforderungen

- Verarbeitung mittels additiver Fertigung
- Autoklavbedingungen
- Formstabilität gegenüber Temperatur- und Druckbelastung
- Nachhärtung im Ofen bei 180 – 190 °C
- Entfernbare ohne Schädigung des Bauteils bei Herstellung durch additiv gefertigte Formkerne



Durchführung

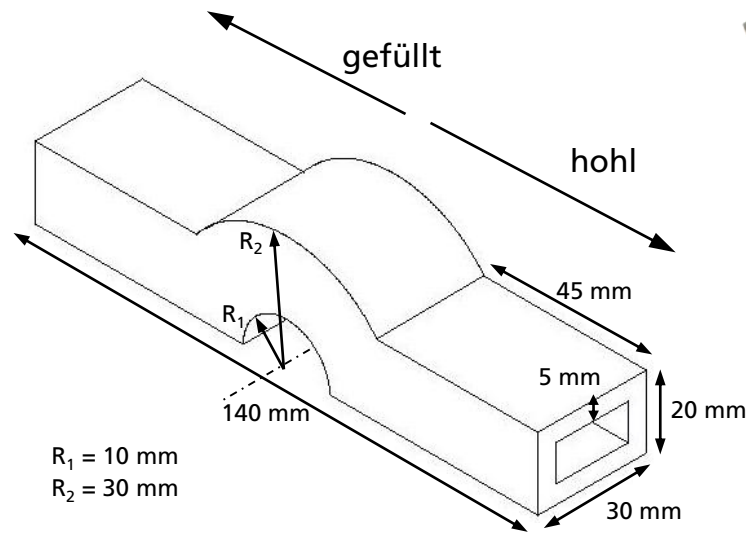
Materialauswahl - Probekörper



PA 12-Al: Polyamid 12 mit Aluminium



PA 12: Polyamid 12



QS-F: furanharzgebundener Quarzsand



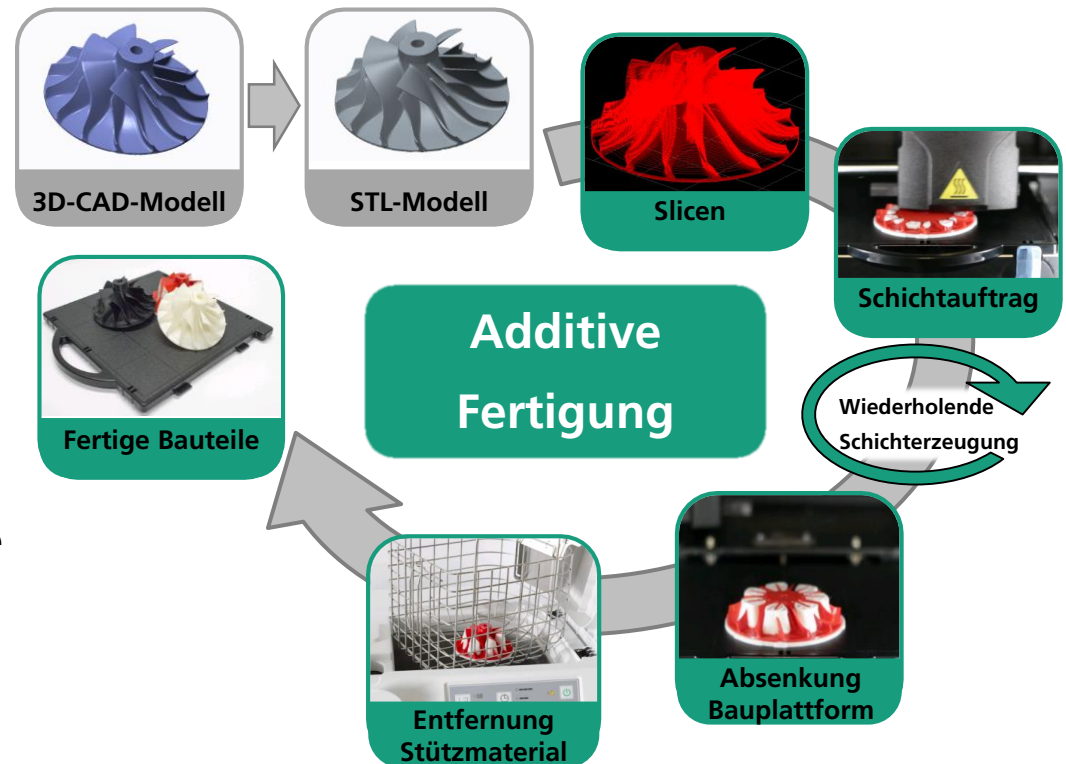
QS-F-E: mit Epoxidharz infiltrierter furanharzgebundender Quarzsand

Durchführung

Herstellung von Probekörpern mittels additiver Fertigung

Additive Fertigung ist der schichtweise Aufbau eines Bauteils auf Grundlage eines CAD-Modells

- + Einfache Prozessvorbereitung
- + Werkzeuglose Produktion
- + Komplexe Strukturen
- + Bei geringen Stückzahlen wirtschaftlich
- Eingeschränkte Oberflächengüte
- Geringe Maßhaltigkeit

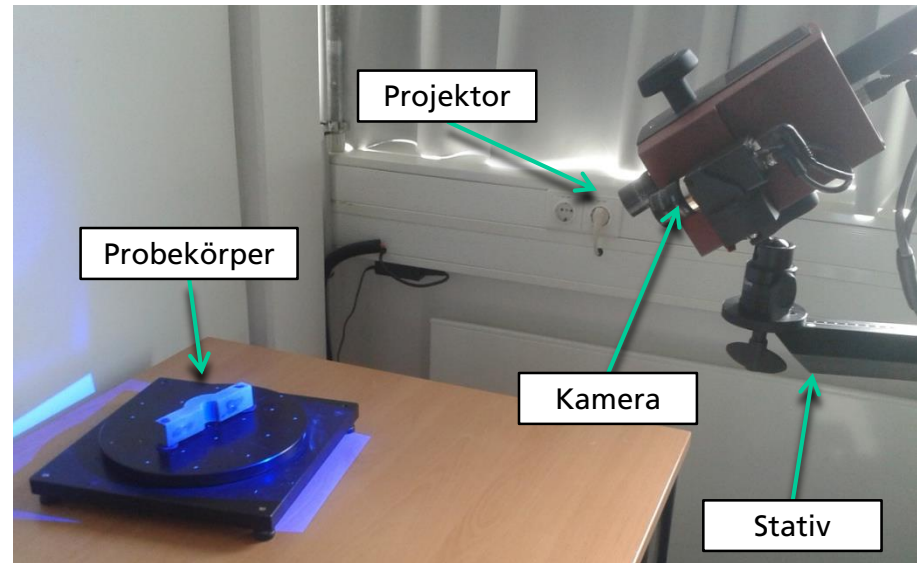


Durchführung

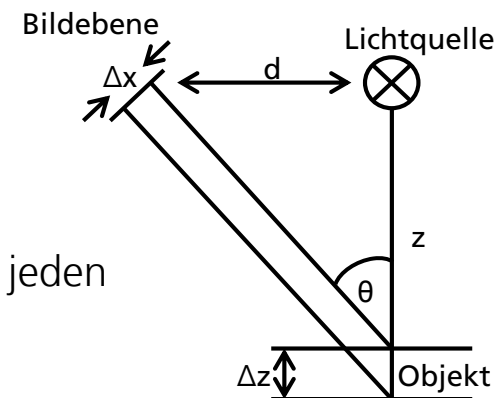
Charakterisierung der Probekörper - Optische Messtechnik

Streifenlichtprojektion

- Projektion eines periodischen, sinusförmigen Musters auf das Messobjekt
- Verformung des äquidistanten Streifenmusters in Abhängigkeit von der Geometrie des Objektes
- Flächenhafte Aufnahme durch zwei CCD-Kameras
- Bekannter Winkel zwischen Projektor und Kamera



Berechnung einer dreidimensionalen Koordinate für jeden Bildpunkt mittels Triangulation



Quelle: Heidenreich, Bernd; Optische Messtechnik in der industriellen Fertigung, Shaker Verlag, 1998

Durchführung


Charakterisierung der Probekörper - Optische Messtechnik

Einsatzzeichnung und Grenzen

Anforderungen an ein leistungsfähiges optisches Messsystem:

- Hohe Messgeschwindigkeit
- Einfache Anwendbarkeit
- Flexibilität
- Mobilität

 Streifenlichtprojektion erfüllt Anforderungen gut!

 Schwierigkeiten bei sehr komplexen Bauteilen

Kamerapixel	2 x 5.000.000
Messbereich	40 x 30 mm ²
Punkteabstand	0,017 - 0,481 mm
Arbeitsabstand	450 - 1.200 mm
Sensorabmessungen	340 mm x 130 mm x 230 mm
Gewicht	ca. 4 kg
Sensorsteuerung	Integriert
Umgebungslicht	Unempfindlich
Betriebstemperatur	5 - 40°C, nicht kondensierend
Stromversorgung	90 - 230 V AV

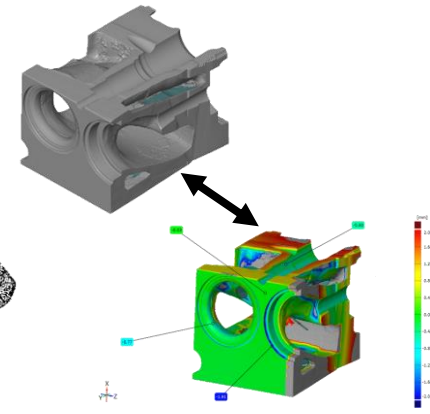
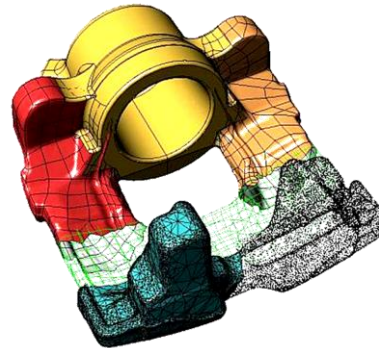
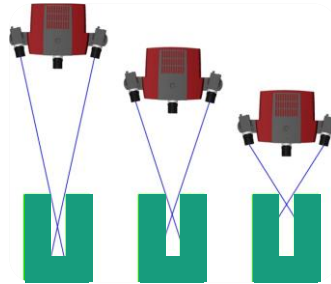
Durchführung

Charakterisierung der Probekörper - Optische Messtechnik

Anwendungsgebiete der optischen Messtechnik

- 3D-Digitalisierung
- Reverse Engineering (physikalische Rekonstruktion eines Bauteils)
- Qualitätssicherung (Soll-/ Ist-Vergleich)

Vorgehen:



Vorbereitung zur
Digitalisierung

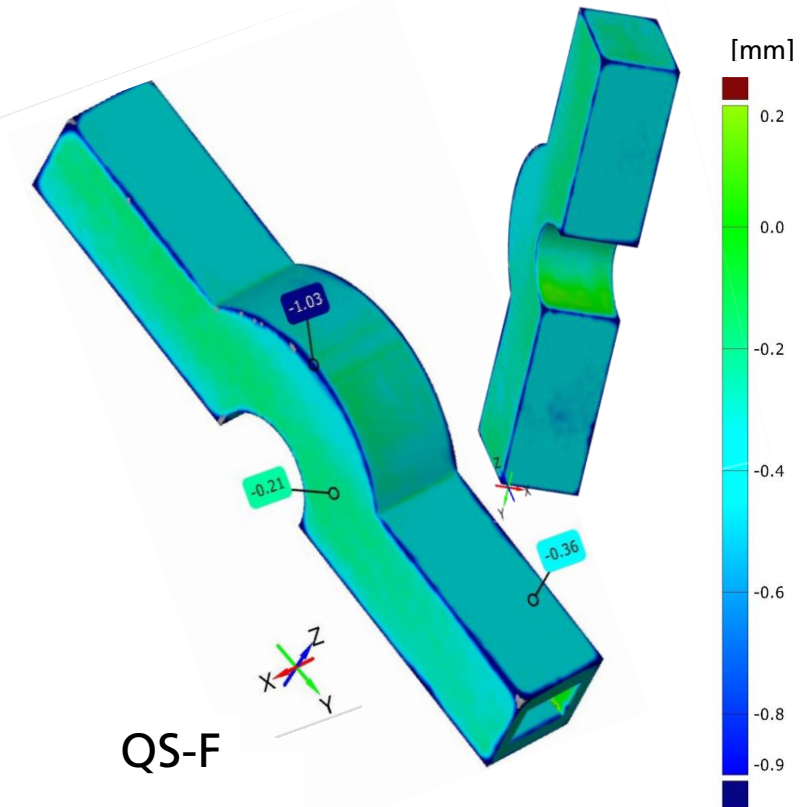
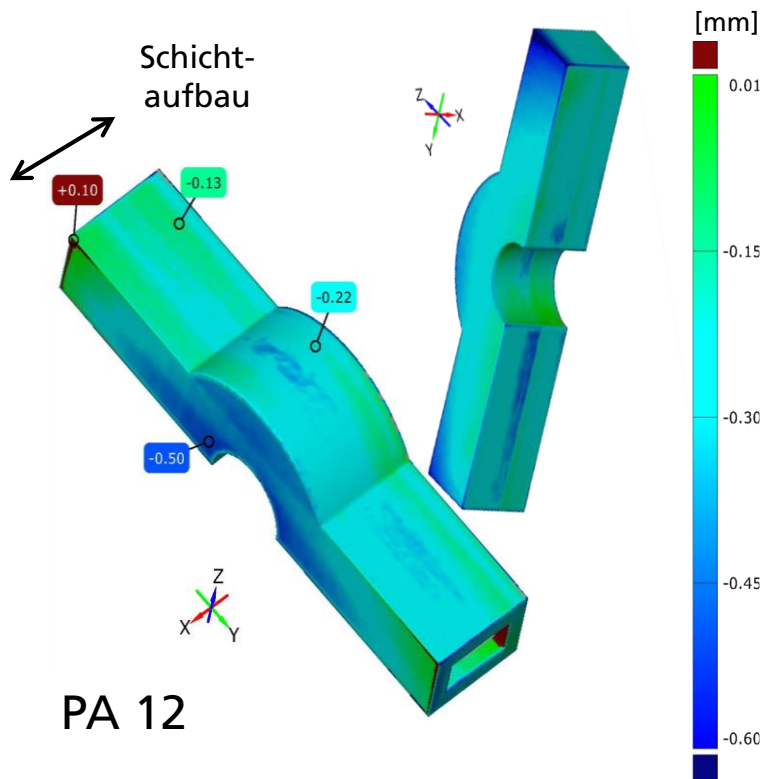
Digitalisierung

Aufbereitung
der Punktwolke

Soll-Ist-Vergleich

Durchführung

Charakterisierung der Probekörper - Optische Messtechnik



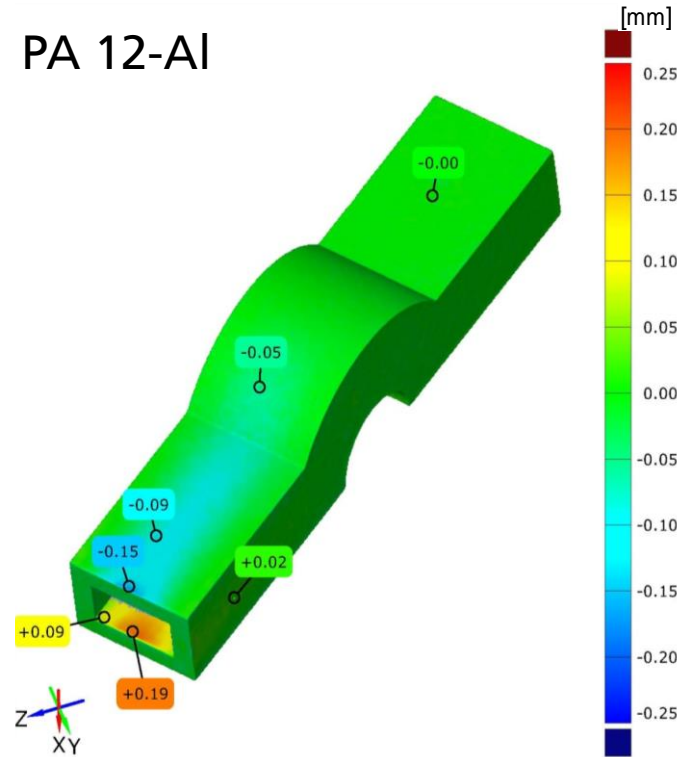
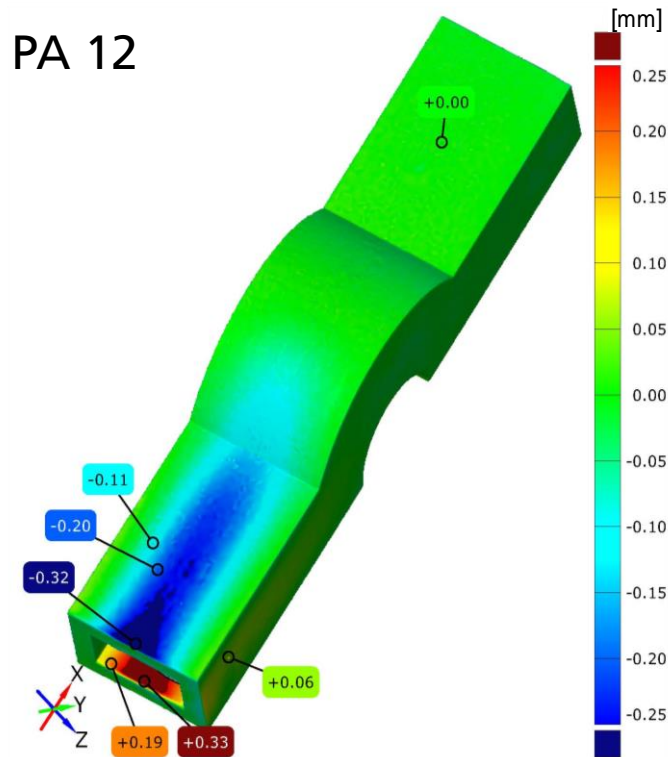
Formabweichungen des CAD-Modells zu den additiv gefertigten Probekörpern



Geringe Formabweichungen nach der Herstellung mittels additiver Fertigung

Durchführung

Charakterisierung der Probekörper - Optische Messtechnik



Formabweichungen der PA Probekörper nach dem Einsatz im Autoklav



Größere Formabweichungen in den hohlen Probekörperbereichen

Durchführung

Charakterisierung der Probekörper - Optische Messtechnik



QS-F: furanharzgebundener Quarzsand;
gebrochen im hohlen Bereich

QS-F-E: mit Epoxidharz infiltrierter
furanharzgebundender Quarzsand

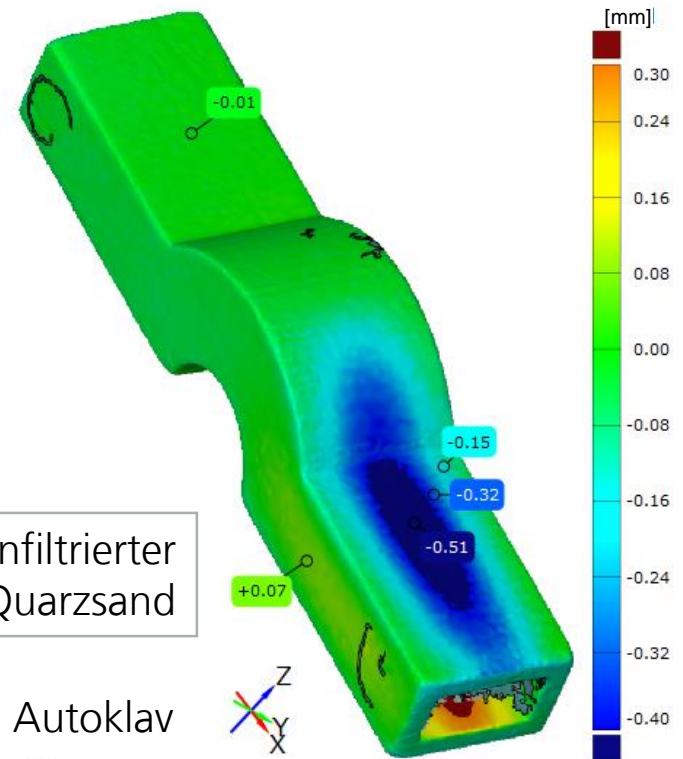
Formabweichungen der QS Probekörper nach Einsatz im Autoklav



Formstabilität hängt von Material und Geometrie ab



Ausreichende Stabilität in den gefüllten Materialbereichen



Agenda

1 Vorstellung der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation

2 Einführung und Zielsetzung

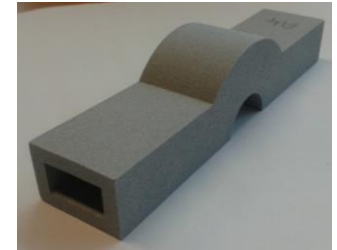
3 Durchführung

4 Ergebnisse und Ausblick

Ergebnisse und Ausblick

Ergebnisse

Polyamide (PA 12, AP 12-Al)



- ✓ 1. Generative Herstellbarkeit: Selektives Lasersintern
- ✓ 2. Formstabilität:
 - Formabweichungen in Größe der Fertigungsabweichung
 - Geringere Verformung durch Aluminiumzugabe
- ⊖ 3. Entfernbarekeit:
 - Bei konvektiver Erwärmung über 190 °C Erweichung der Probe
 - Keine komplexen Hohlräume abbildbar, solange das Polyamid nicht im thermoplastischen Zustand gehalten wird

Sandmodelle (QS-F, QS-F-E)



- ✓ 1. Generative Herstellbarkeit: 3D-Drucken
- ⊖ 2. Formstabilität: Formabweichungen in Größe der Fertigungsabweichung nur in ausgefüllten Probekörperbereichen
- ✗ 3. Entfernbarekeit: Zerstörung durch Werkzeugeinsatz , jedoch mit Schädigung des CFK-Bauteils

Ergebnisse und Ausblick

Fazit und weitere Forschungsansätze

Fazit

- Keine Eignung von Polyamiden (PA 12, PA 12-Al) und furanharzgebundenem Quarzsand als Formkerne im Faserverbund-Leichtbau
- Sehr gute Eignung der optischen Messtechnik für Qualitätskontrolle im Formenbau

Weitere Forschungsansätze

- Alternative Materialien
- Alternative Fertigungsprozesse der additiven Fertigung
- Alternative Methoden zum Auslösen der Formkerne



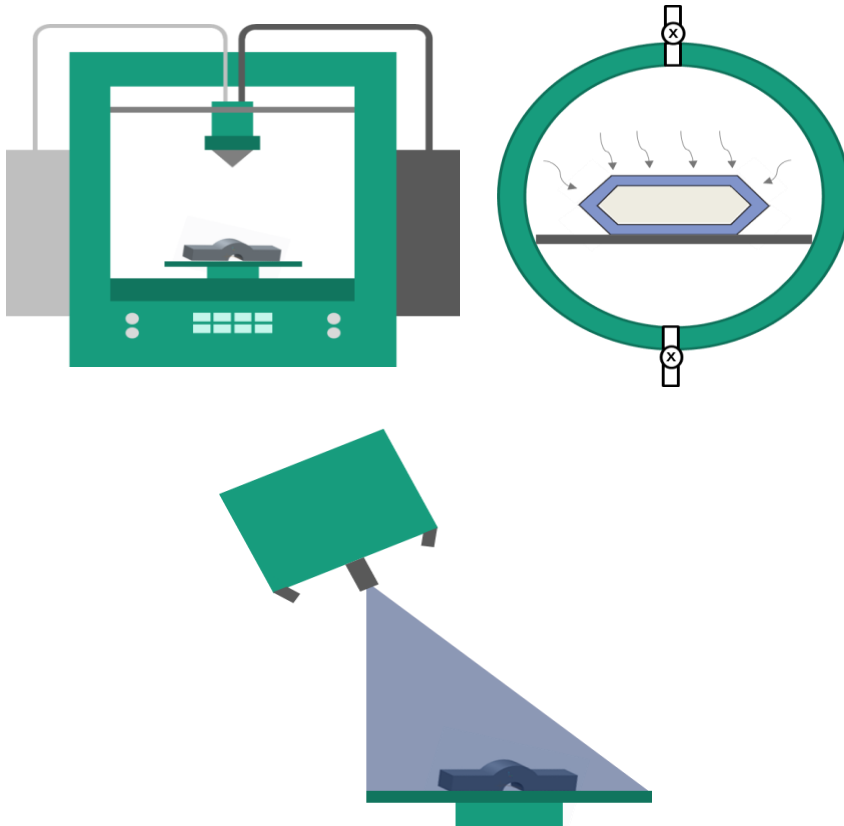
Weitere Informationen und Ergebnisse zum Forschungsprojekt sind unter folgendem Weblink abrufbar:

www.rapidcfc.uni-bayreuth.de



RapidCfc
(Rapid Cores for Carbon)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Markus Kafara
Dipl.-Ing.

Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation
Universitätsstraße 9 | D-95447 Bayreuth
Telefon: +49 921 78516-414 | Fax: +49 921 557305
markus.kafara@uni-bayreuth.de
www.lup.uni-bayreuth.de/fhg



Eva Eisinger
Dipl.-Ing.

Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation
Universitätsstraße 9 | D-95447 Bayreuth
Telefon: +49 921 78516-412 | Fax: +49 921 557305
eva.eisinger@uni-bayreuth.de
www.lup.uni-bayreuth.de/fhg

... und jetzt freuen wir uns auf Ihre Fragen und Anregungen.