

# CFK-FormTool

Adaptive Formwerkzeuge reduzieren Kosten in der CFK-Herstellung

Tim Mayer, Max Mages

# Problemstellung

## Herausforderungen bei der Herstellung

- Die Herstellung von CFK-Formen durch Fräsbearbeitung ist langwierig und kostspielig
- Bei Kleinserien ist die Formherstellung der Hauptkostenpunkt (~60% der Bauteilkosten)
- Flexibel anpassbare Werkzeuge notwendig um CFK-Bauteile in Kleinserien wettbewerbsfähig zu halten



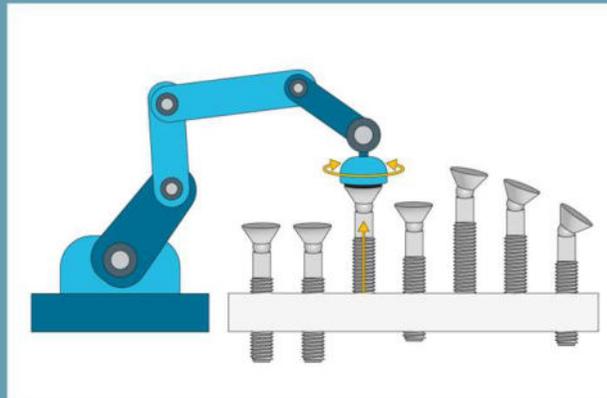
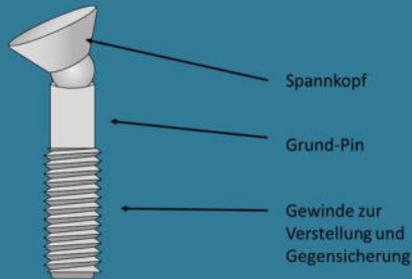
Quelle: 3D Padelt GmbH, Fichtner & Schicht GmbH

# Lösungsansatz

## Anpassbarkeit der Form durch höhenverstellbare Pins

### Array aus Pins mit:

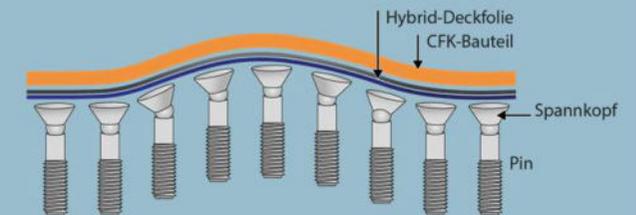
schwenkbarem Spannkopf zur optimalen Formgebung  
Gewinde zur Höhenverstellung



**Schraubroboter verstellt Pins**  
Höhe automatisch aus CAD-Dateien

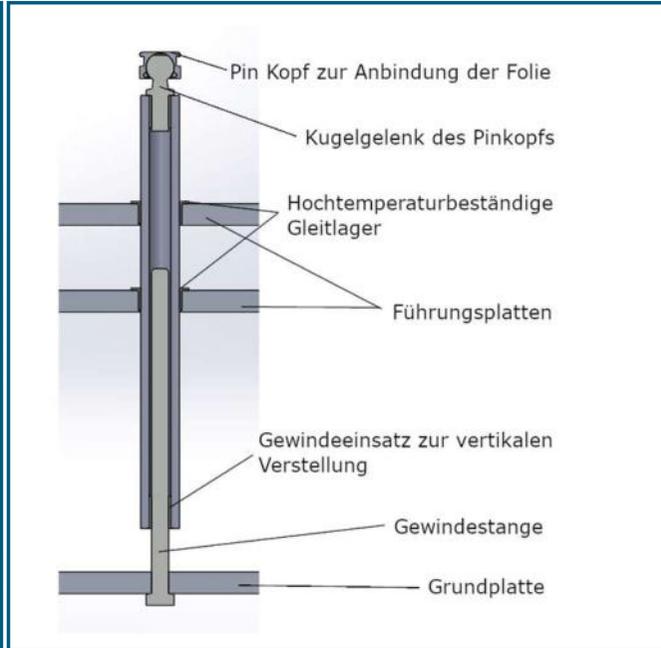
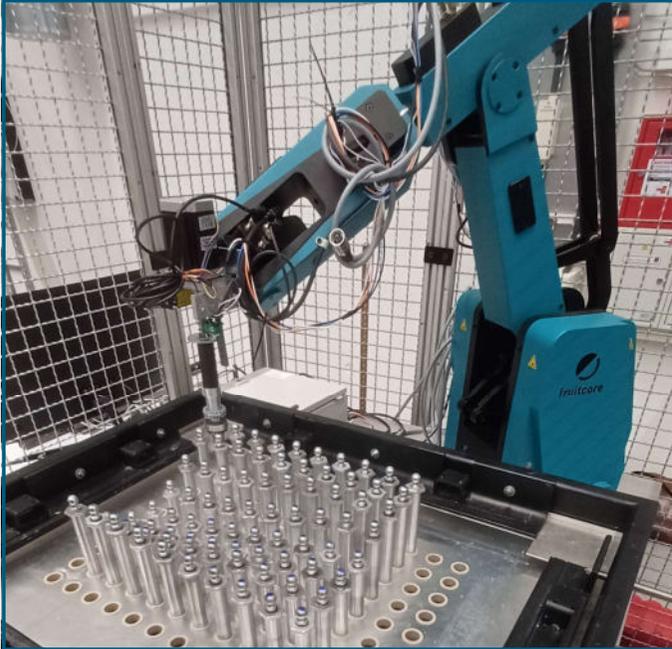
### Hybridfolie zur:

Feinformgebung  
Abdichtung der Pin-Zwischenräume



- Chance zu Reduktion der CFK-Bauteilkosten
- Ziel Demonstrator-Aufbau für Bauteile im A3 Format (Skalierbar)

# Aufbau und Entwicklung eines Prototypen Robotergerüsteter Einstellvorgang



- Die Detektion der IST-Höhe der Pins erfolgt über einen Taster oder 3D-Scanner
- Der Antrieb der Pins erfolgt über einen Steckschlüssel. Dieser passt drehwinkelunabhängig verschleißfrei auf den Pin an

# Aufbau und Entwicklung eines Prototypen

## Entwicklung einer Deckschicht – Erste Schritte

**Schritt 1** – Pins drücken sich durch die Folie durch

**Optimierung 1** – Mehrlagiger Aufbau mit Hohlräumen glättet die Oberfläche

**Optimierung 2** – Für konkave Geometrien werden Pin-Köpfe mit der Folie angebunden



Einlagige Folie auf dem Formwerkzeug gespannt



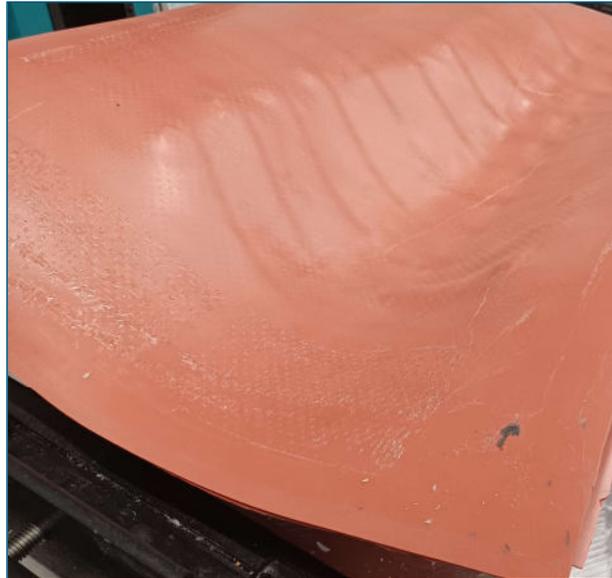
Innenaufbau der mehrlagigen Folie

## Aufbau und Entwicklung eines Prototypen

### Entwicklung einer Deckschicht – Nächste Schritte

**Optimierung 3** – Neue Anbindung der Pin-Köpfe für mehr Flexibilität

**Optimierung 4** – Alternative Folienoberfläche für Anti-Haft-Eigenschaften (Verzicht auf Trennmittel)



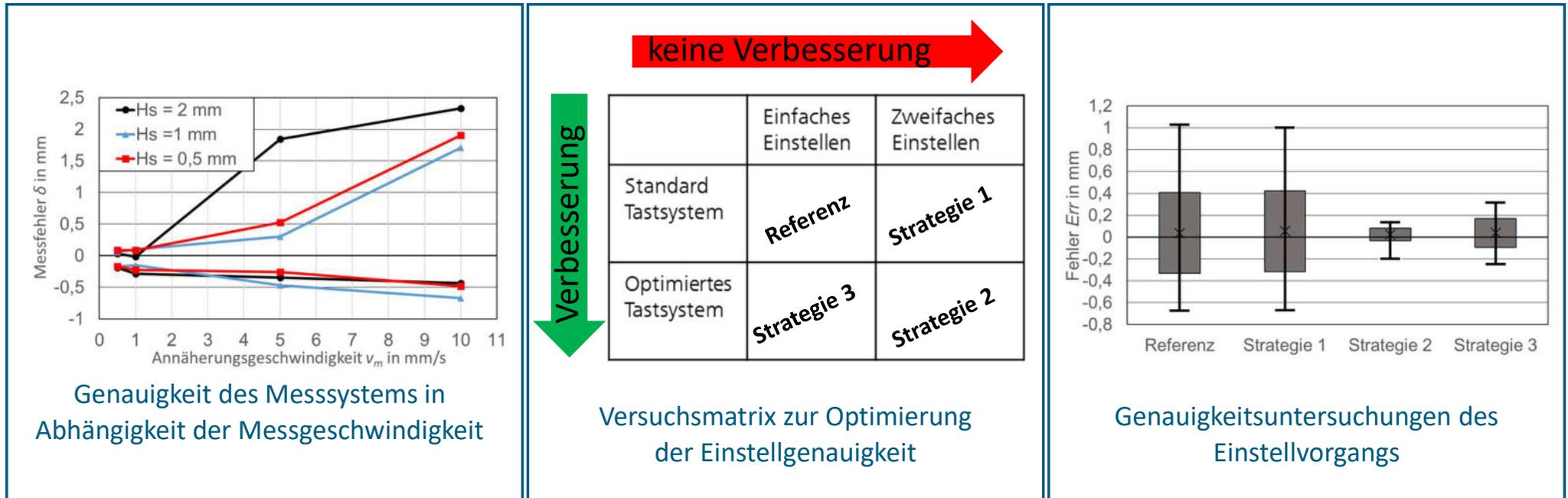
**Mehrlagige Folie auf dem Formwerkzeug**



**Clipbarer Pinkopf mit Federstiften**

# Aufbau und Entwicklung eines Prototypen

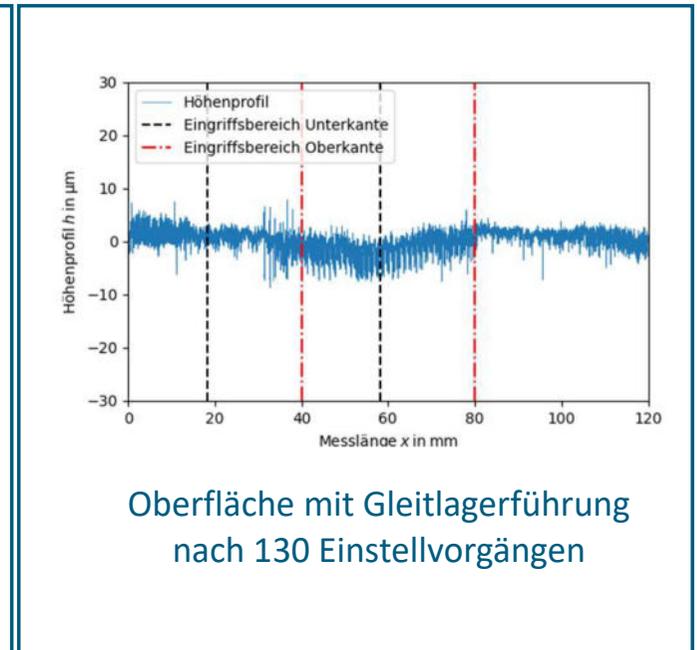
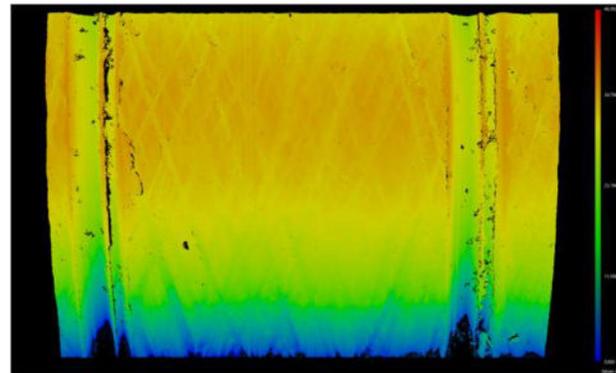
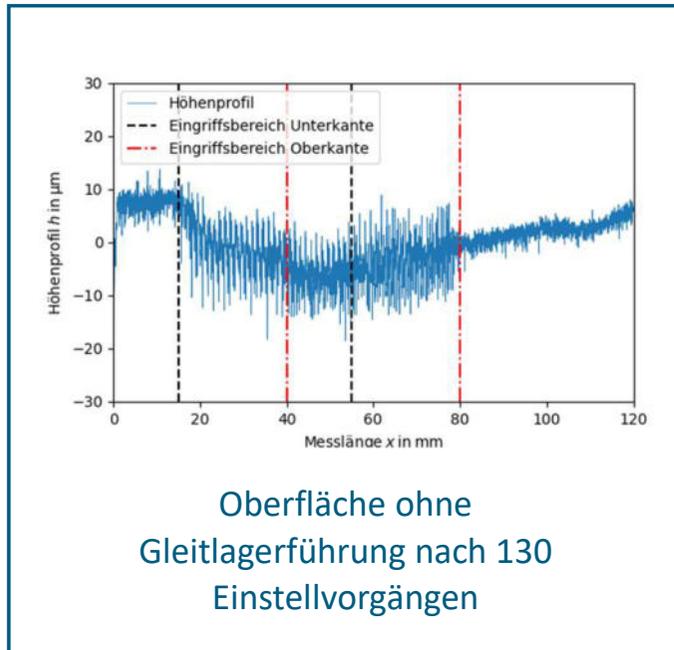
## Genauigkeit Einstellvorgang



- Entwickeltes Messsystem am Roboter ermöglicht 3D-Vermessung mit einer Genauigkeit von ca. 0,2 mm
- Die Messgenauigkeit ist stark von der Bewegungsgeschwindigkeit des Roboters abhängig
- Genauigkeiten von 0,2 mm wurden prozesssicher erreicht

# Aufbau und Entwicklung eines Prototypen

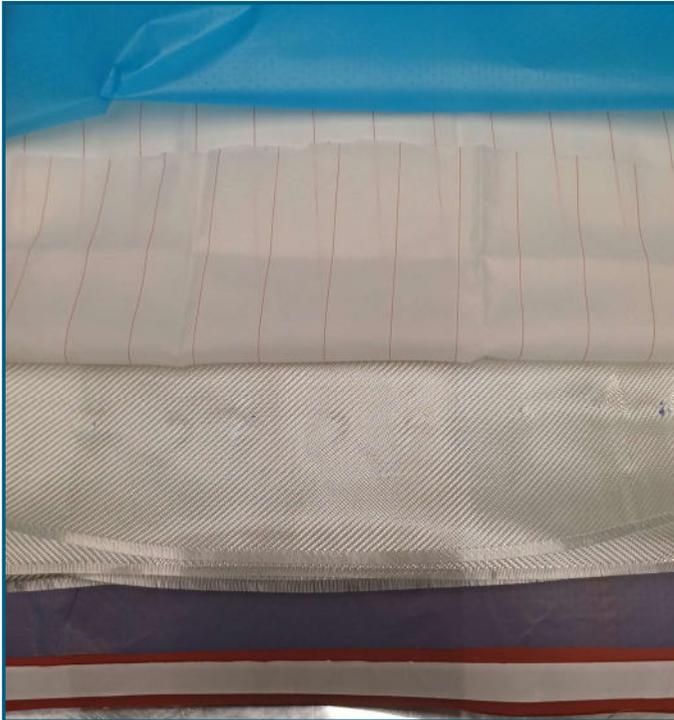
## Verschleiß Pin-Verstellung



- Nach 130 Einstellvorgängen deutliche Erhöhung der Rauigkeit im Eingriffsbereich
- Alternative-Gleitlager verringert sich der Verschleiß deutlich

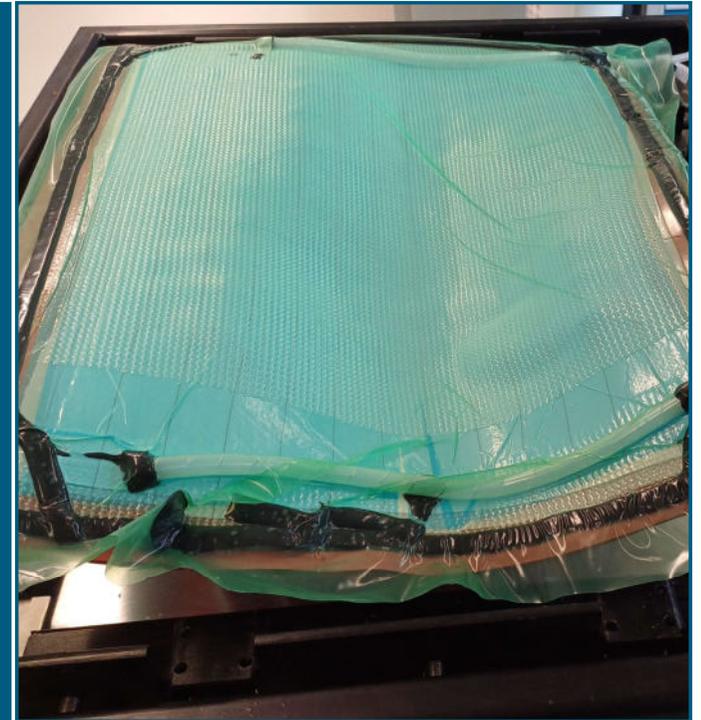
# Herstellung von Beispielbauteilen

## Laminierprozess



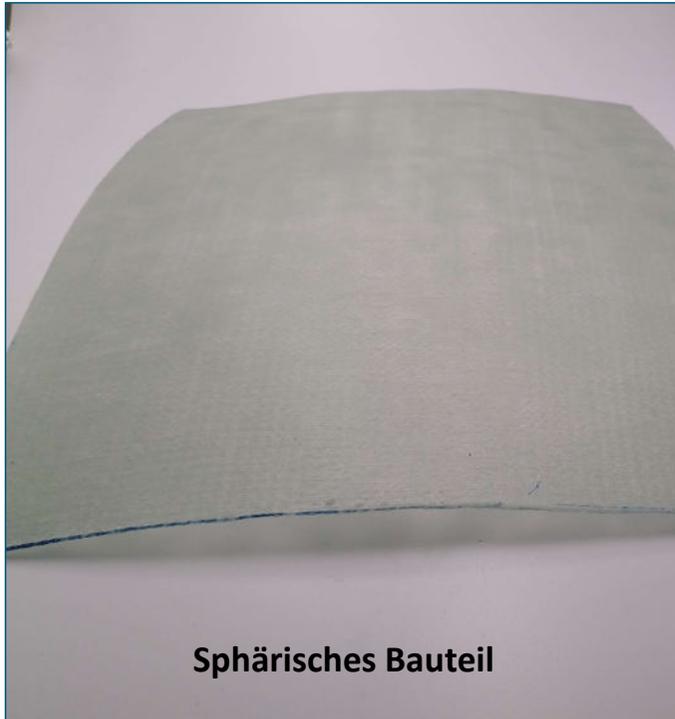
Lagenaufbau beim VARI-Verfahren

- Bauteile können beispielsweise im VARI-Verfahren laminiert werden
- Das Werkzeug ist Hochtemperaturbeständig
- Bauteile können auch im Autoklaven hergestellt werden



Infiltration des Fasergewebe

## Herstellung von Beispielbauteilen



- Es wurden zwei Beispielteile hergestellt:

**Teil 1** – Sphärische Geometrie mit 600mm Radius

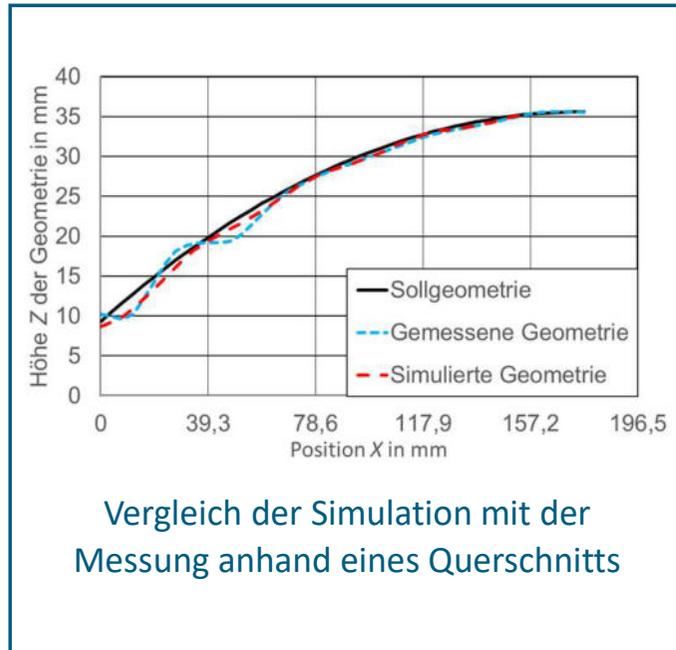
**Teil 2** – Beispielbauteil aus der Industrie

- Das sphärische Bauteil dient als Demo-Bauteil. Sollgeometrie und der Krümmungsradius sind exakt definiert.

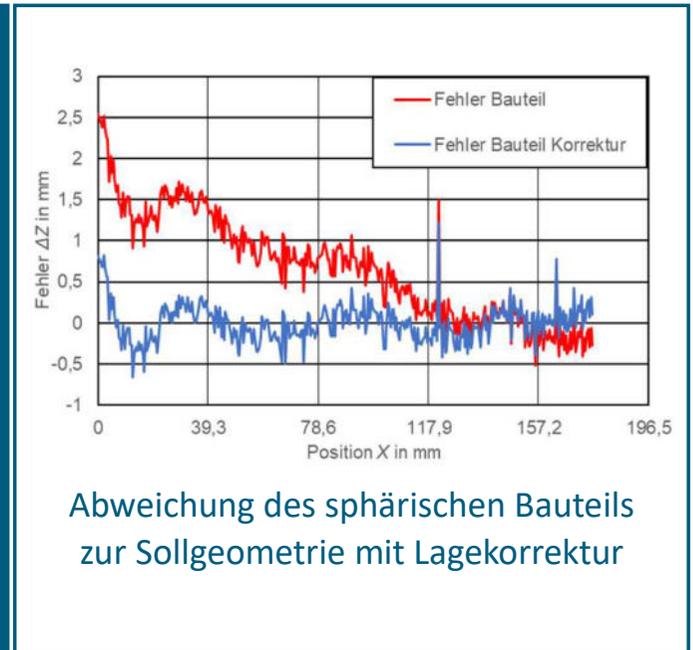


# Herstellung von Beispielbauteilen

## Bauteilgenauigkeit



- Die Simulation der Folienabformung stimmt für den mittleren Bereich der Form gut mit der Messung überein
- Im Randbereich mit mehr Abweichung – Technisch aber mit Mehraufwand lösbar



Mit dem Formwerkzeug lassen sich Bauteile mit eingeschränkten Krümmungsradien und einer Genauigkeit < 0,3 mm herstellen



Fraunhofer-Institut für Produktions-  
technik und Automatisierung IPA

# Kontakt

---

Dr.-Ing. Tim Mayer  
Geschäftsbereichsleiter  
Spanende Fertigungstechnik, additive Verfahren und Leichtbau

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-1549

[tim.mayer@ipa.fraunhofer.de](mailto:tim.mayer@ipa.fraunhofer.de)  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

Max Mages

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA  
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-3662

[max.mages@ipa.fraunhofer.de](mailto:max.mages@ipa.fraunhofer.de)  
[www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)