



# Herausforderungen für die Automation von robusten Produktionsprozessen für Faserverbundstrukturen

18. Mai 2011

Dr. Tobias Gerngross, Thomas Schmidt, Florian Krebs



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

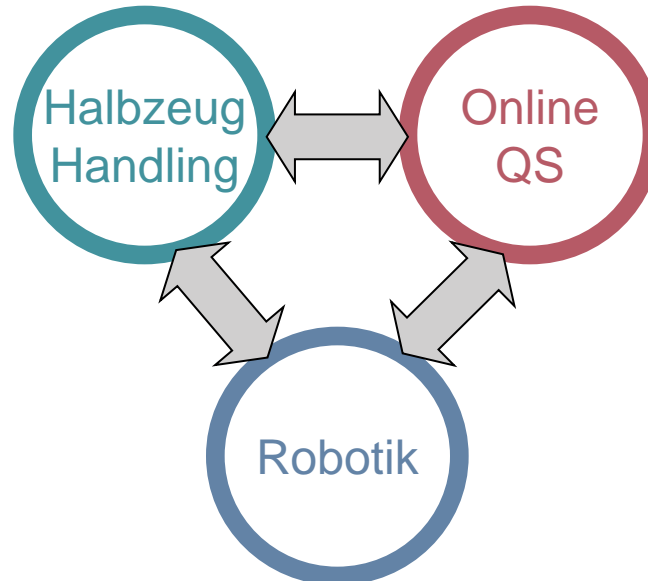


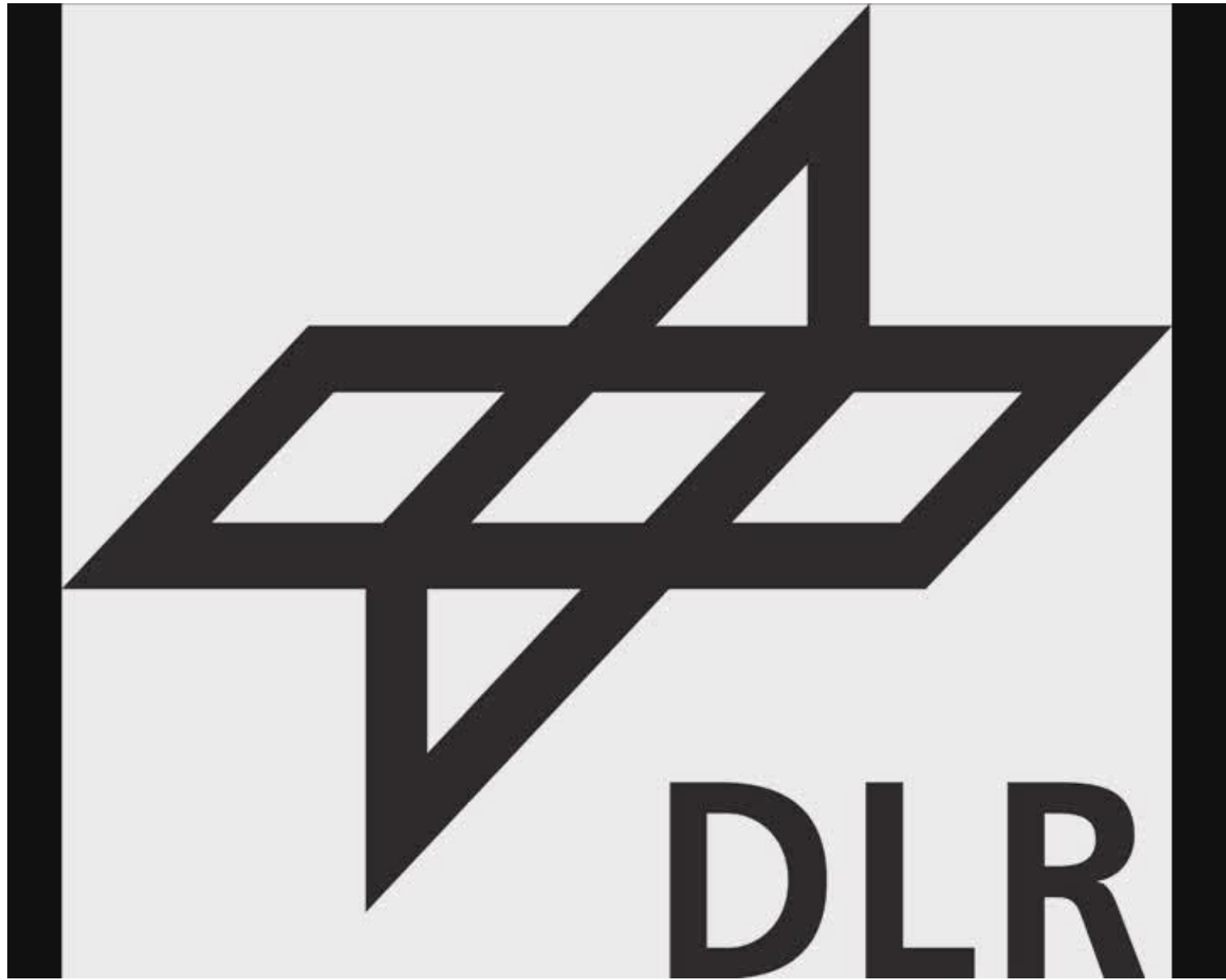
AUGSBURG Innovationspark

# Überblick

Robuste Produktionsprozesse für Faserverbundstrukturen

- Halbzeugaufnahme, -umformung & -ablage
- Online QS mit Live-Fehlerauswertung
- Einbettung in Robotersystem



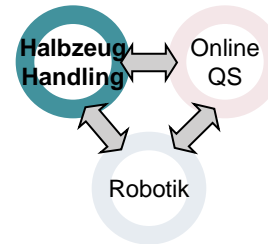


Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



AUGSBURG Innovationspark

# Überblick Halbzeug Handling

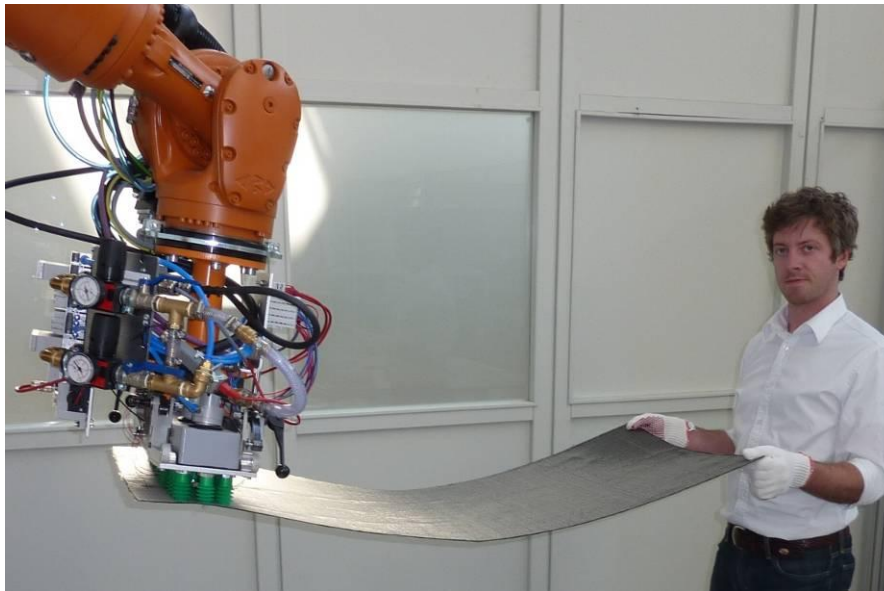


- Ausgangssituation
  - Biaxial-Gelege 0°/90°, bebindert
  - Erstellung trockene Preform
  - Zylindrische Zielgeometrie
  
- Herausforderungen
  - Greifprinzip, Greifersystem
  - Umformung
  - Positionsgenauigkeit
  - Zuschnittsfixierung

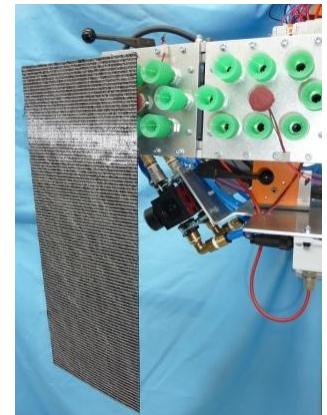
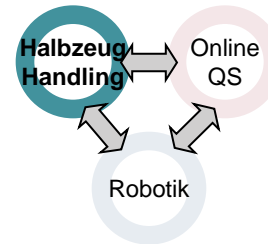


# Idee: Streifengreifer

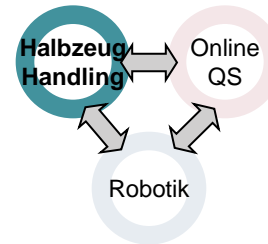
- Zwei Endeffektoren greifen großen Zuschnitt
- Entwicklung in Kooperation KUKA Systems und DLR



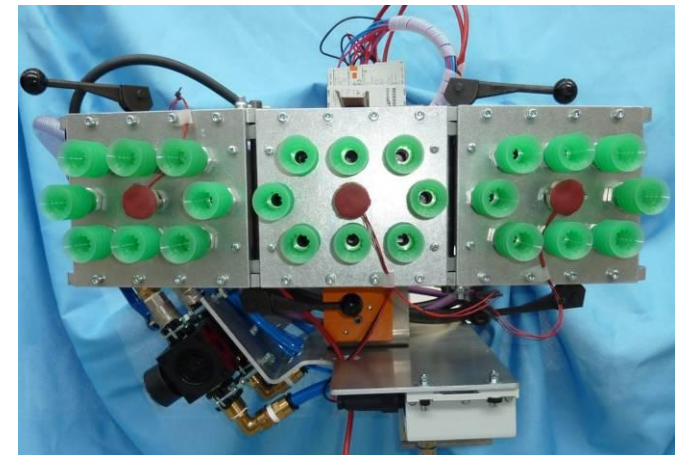
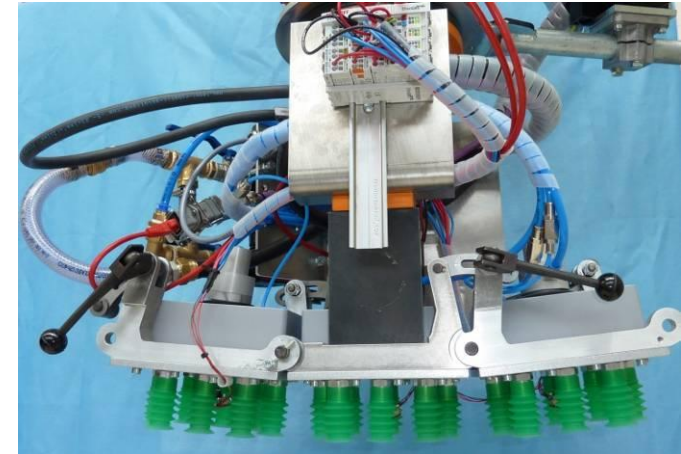
- Voruntersuchungen mit einem Endeffektor



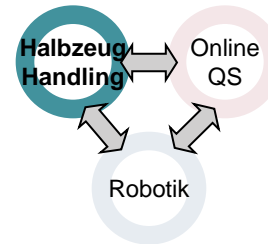
# Streifengreifer: Aufbau und Funktion



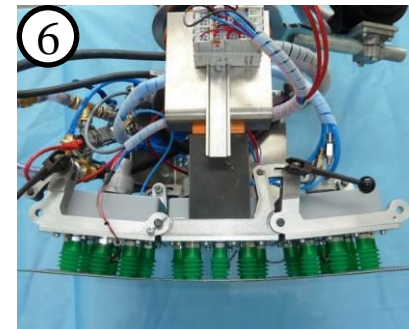
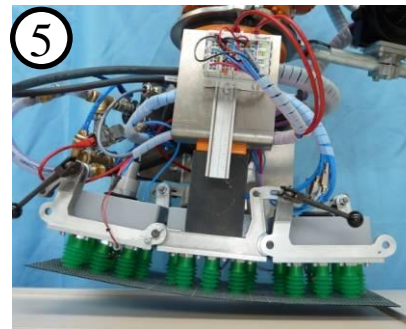
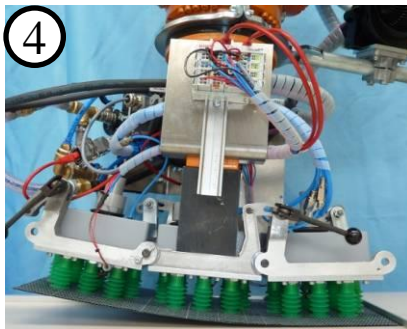
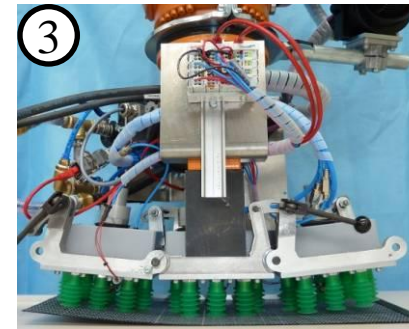
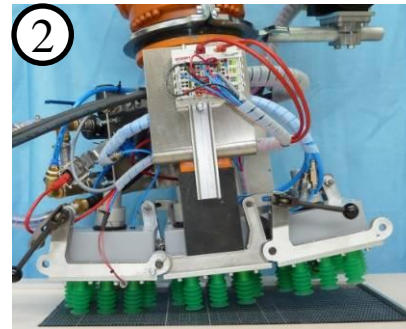
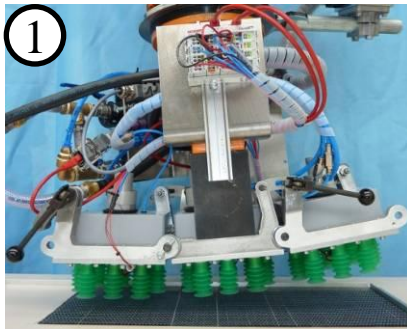
- Modulare Erweiterbarkeit
- Greifprinzip Unterdruck, hoher Volumenstrom
- Versorgung: 6 bar, 24 V, EtherCat
- Ventilinsel Festo, Businsel Beckhoff, Greifermechanik Kuka Systems
  
- Einstellung Umformgrad
- Faltenbälge Halbzeug-optimiert
- Binder-Aktivierung durch Heizelement auf Linearstößel



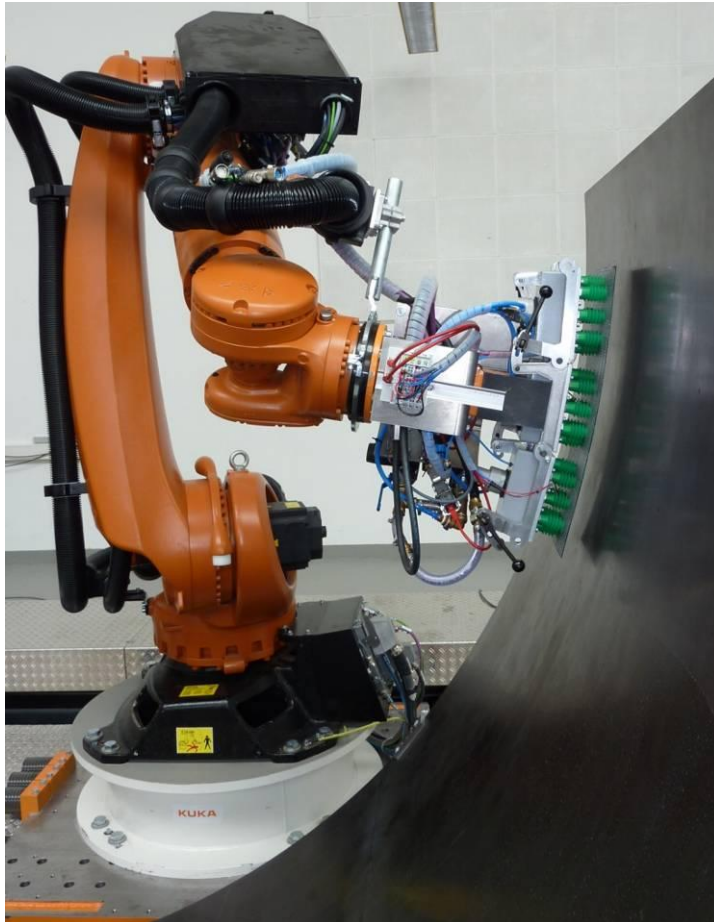
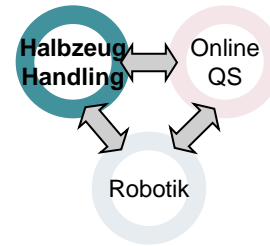
# Halbzeug Aufnahme und Umformung



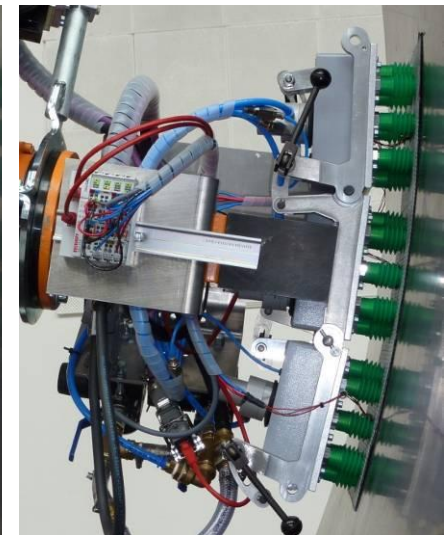
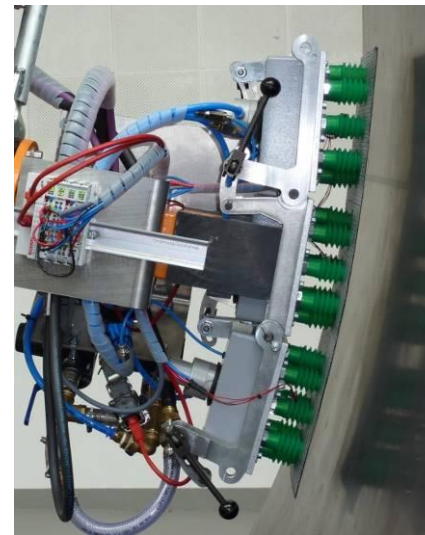
- Definierte Zuschnittsposition
- Haltekraft einstellbar über Volumenstrom
- Aufnahmebewegung um zwei Drehpunkte, keine Relativbewegung des Halbzeugs!



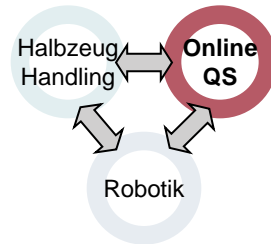
# Halbzeug Ablage



- Zuschnitt bereits vorgeformt
- Roboter positioniert zielgenau
- Fixierung durch thermoplastischen Binder



# Überblick Online QS



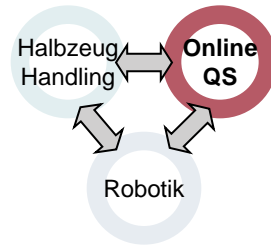
## ➤ Aufgabe

- Nachweis der Positionierung der abgelegten CF Zuschnitte
  - Unterstützungsmethode für Entwicklung Gesamtprozess und Endeffektor
  - Prozessvalidierung
- Anlagen- und Prozessintegration

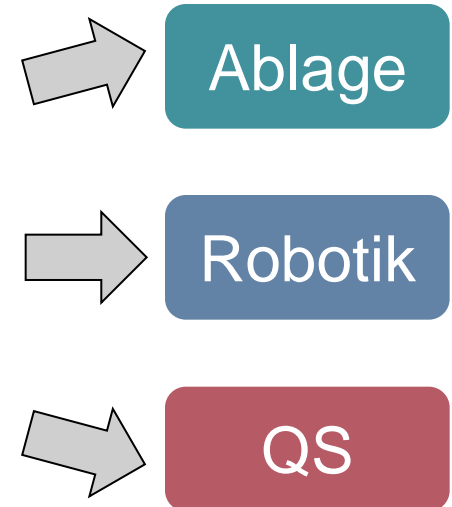
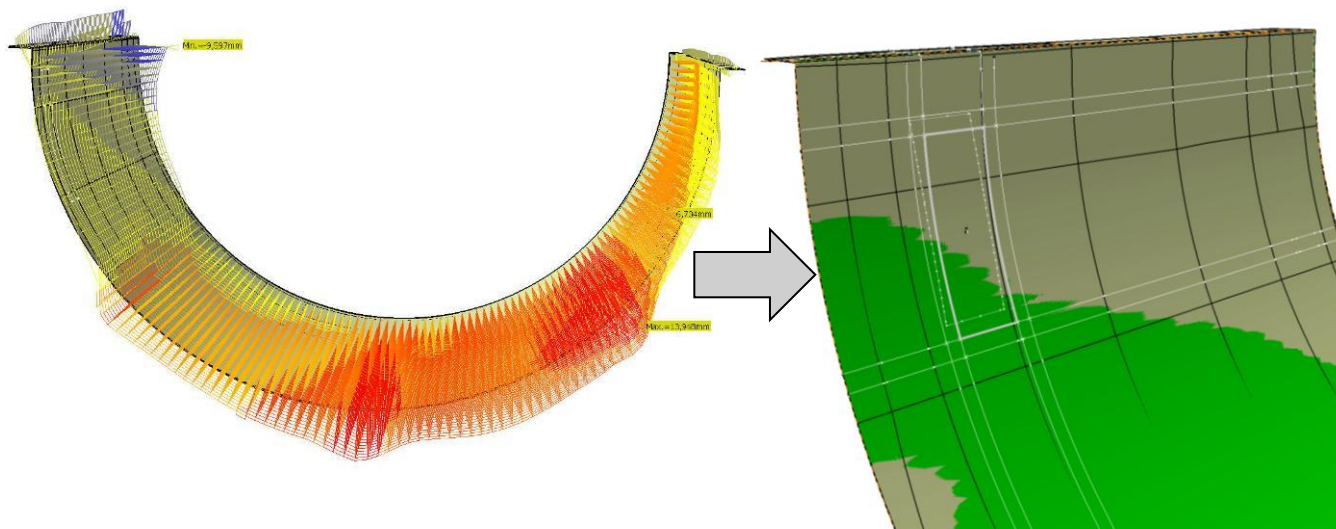
## ➤ Herausforderungen

- Kosten, Genauigkeit, Integration der Abläufe, Komplexität, Flexibilität, Realität vs. CAD

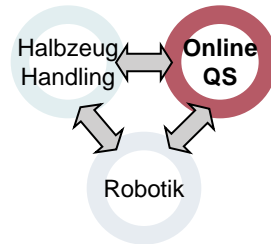
# Herausforderung



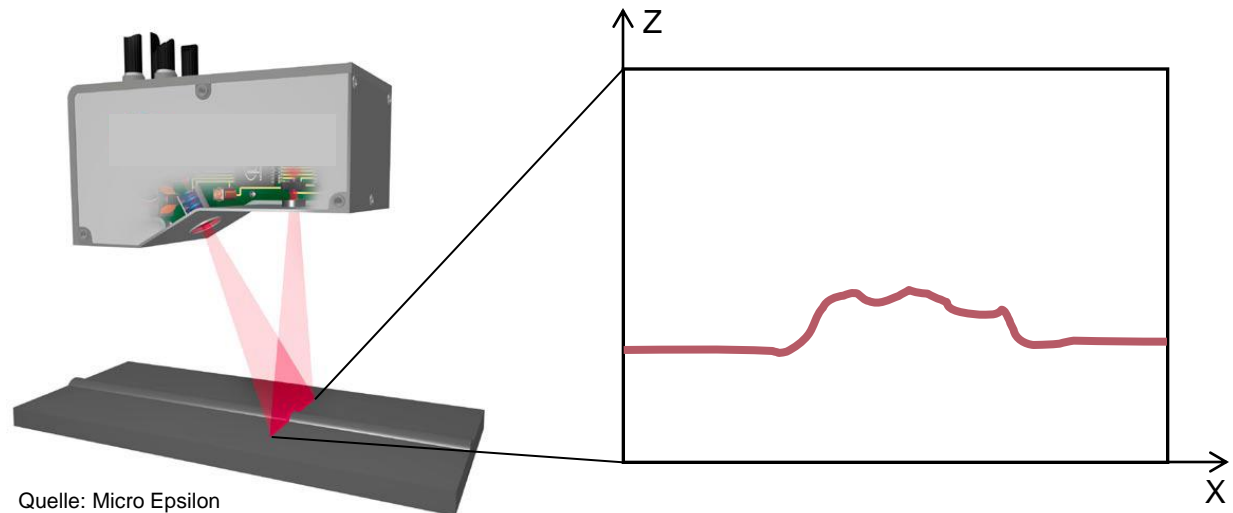
- Formabweichung des realen Ablegewerkzeugs im Vergleich zur CAD Sollgeometrie
- Vermessene Formgeometrie durch Reverse Engineering liefert reale CAD Geometrie



# Auswahl der Messmethode

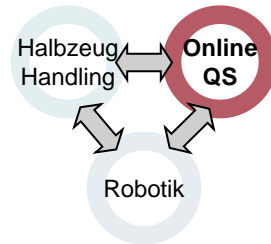


- Forderung
  - Flexibles Werkzeug
  - breite Palette an Forschungsszenarien
- Ergebnis einer Voruntersuchung
  - Laserscanner geführt durch Industrieroboter
- Funktionsprinzip

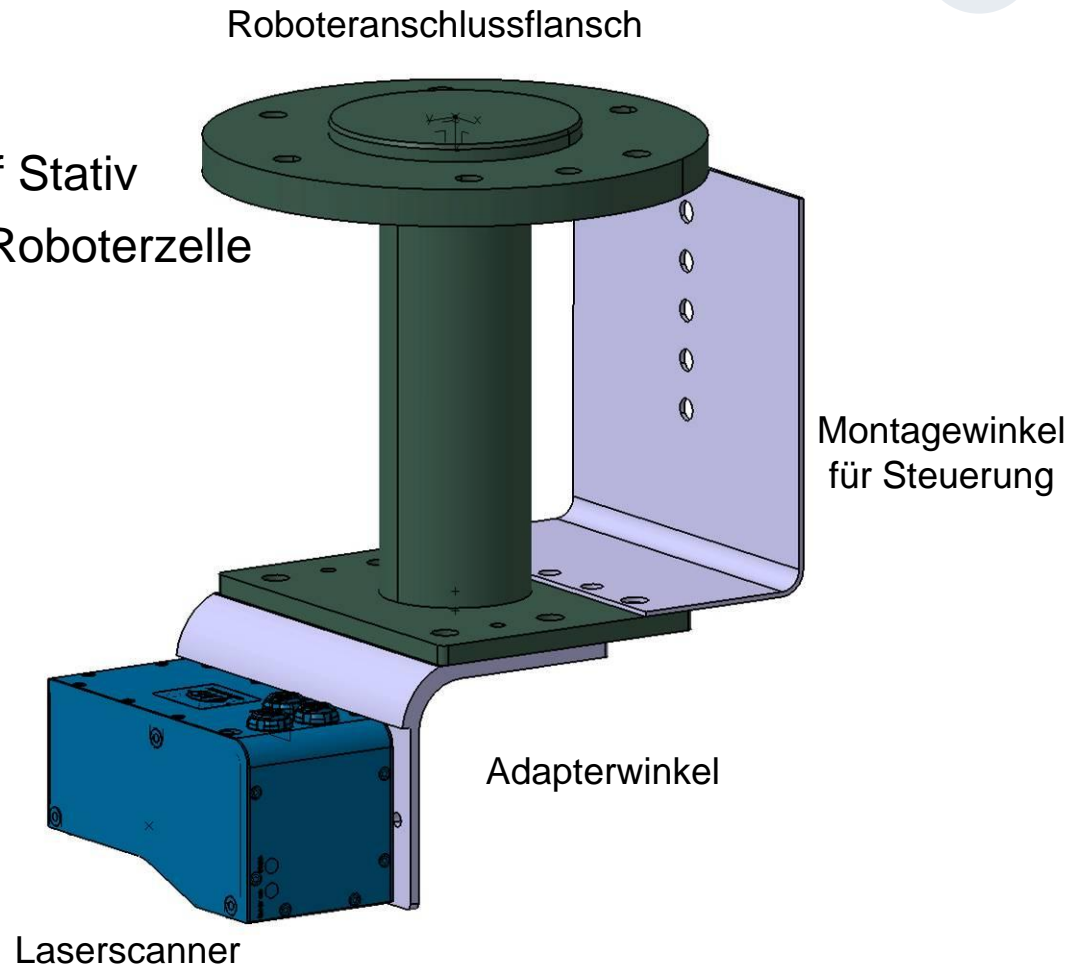
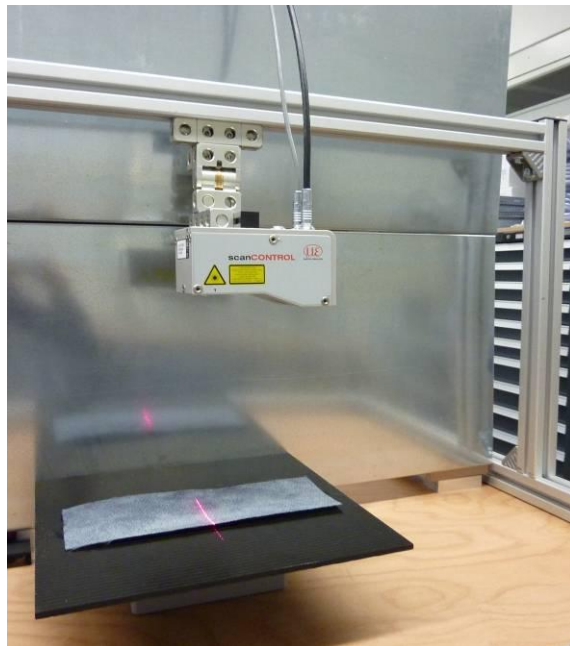


Quelle: Micro Epsilon

# Aufbau Endeffektor

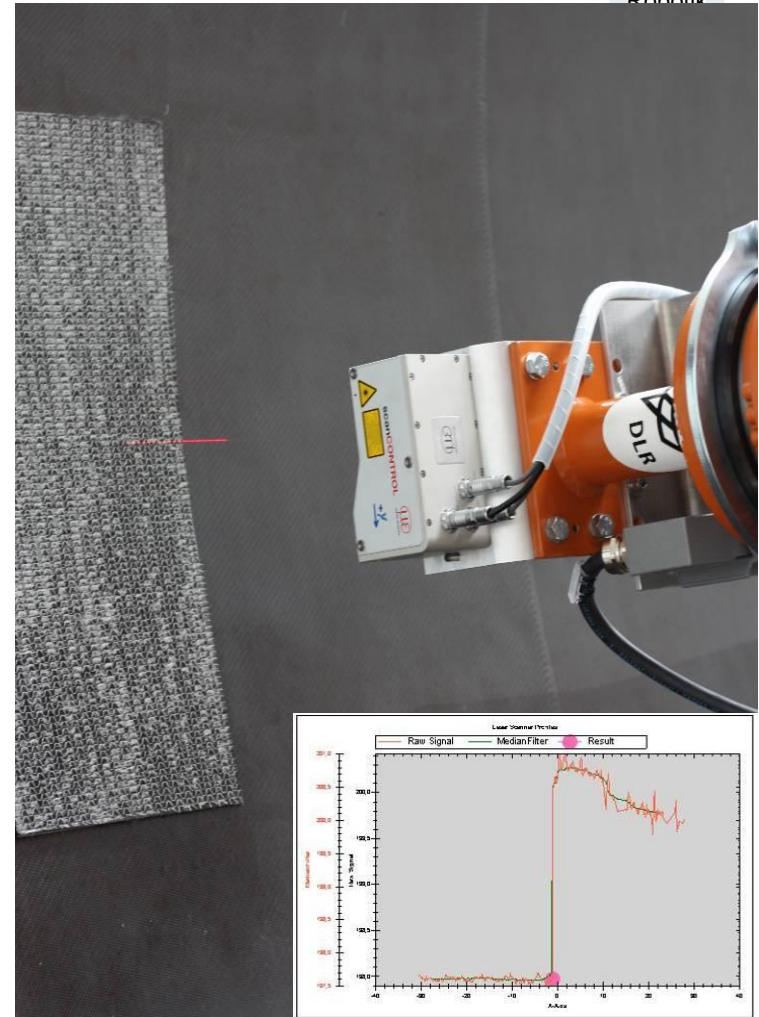
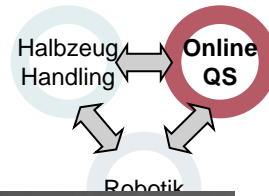


- Umsetzung
  - Laborversuche auf Stativ
  - Versuche auf der Roboterzelle

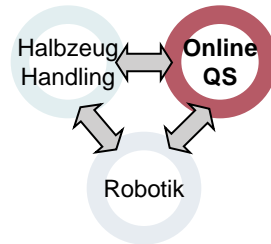


# Kantenpositionsvermessung

- Messung entlang der Ablagekontur
- Kontur aus Offline Programmierung
- Signal abhängig vom Halbzeug
- Signalglättung über Filter, Algorithmus zur Ermittlung der Kantenposition
- Verknüpfung der Kantenposition mit Roboterpositionsdaten innerhalb des Koordinatensystem der Ablegeform
- Unabhängigkeit vom Komplexitätsgrad der Geometrie und Lagendefinition



# Visualisierung und Auswertung



- Darstellungssoftware dient gleichzeitig der Auswertung
- Online Vergleich von Ist- mit Sollwerten aus CAD (Catia CPD)
- Verwaltung und Darstellung multipler Geometrieelemente, Lagenaufbaudefinitionen und Messungen

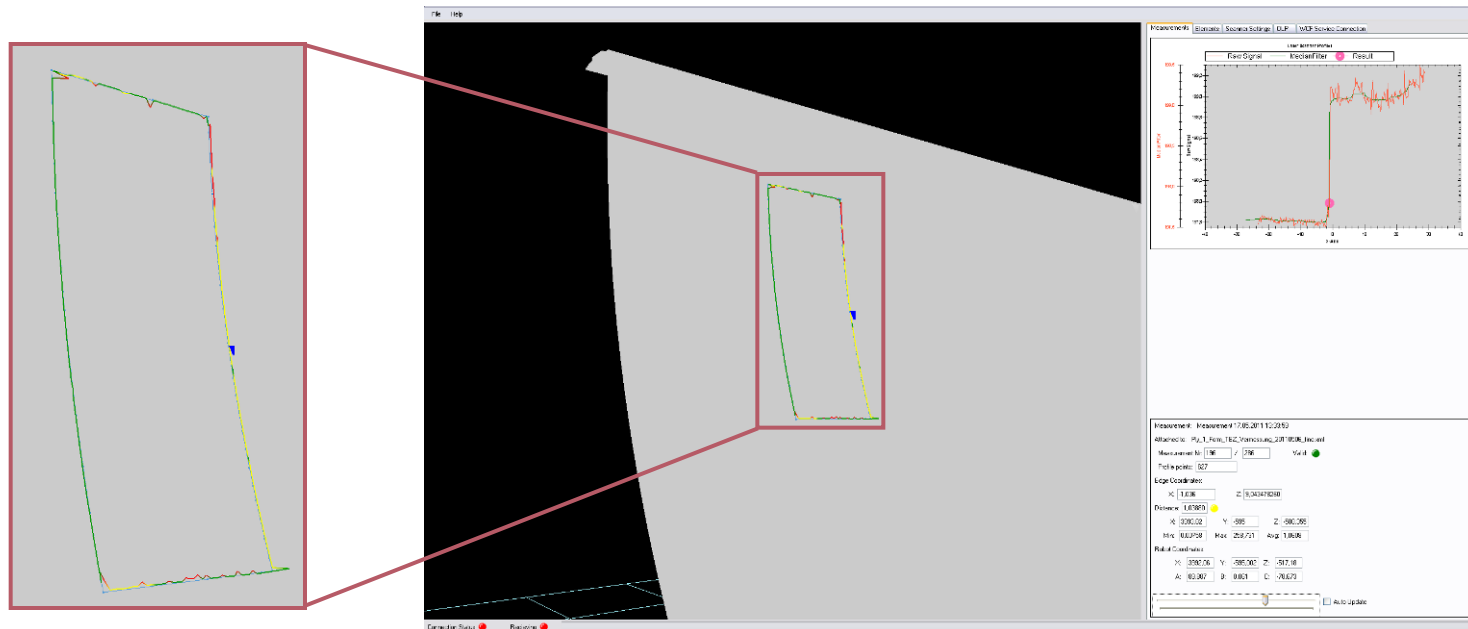
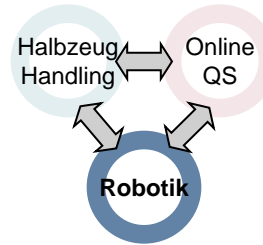
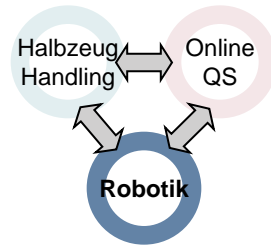


Abb.: laterale Abweichung von der Sollvorgabe farblich codiert

# Überleitung: Robotik



# Schwerpunkte Robotik



## Robotik für Faserverbundfertigung

- Identifikation von Anforderungen an Robotik aus CFK-Produktion
- Erarbeitung von Lösungskonzepten
- Implementierung in Projekten

Steuerung & Integration

Externe Führung & Posen-Genauigkeit

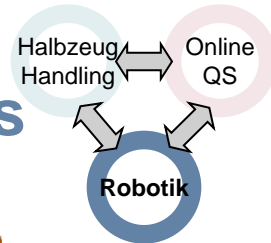
Multi-Funktionale Zelle (MFZ)

Kooperierende Roboter

Offline Programmierung

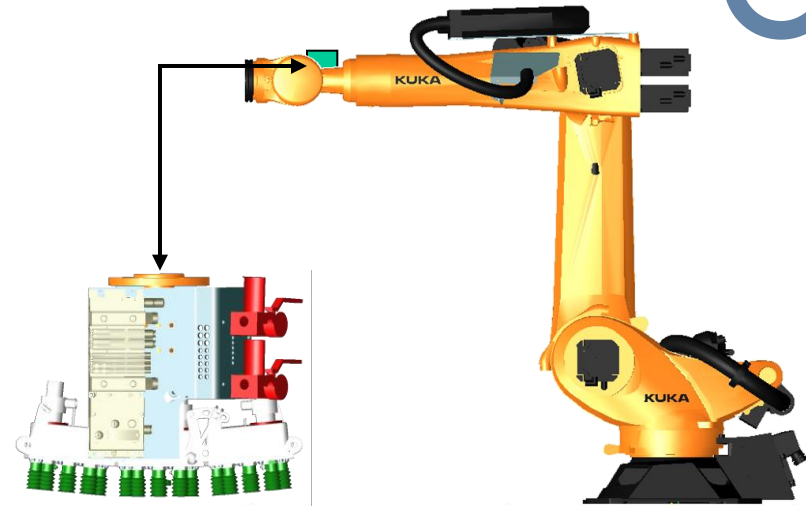
Mensch-Maschine-Interaktion

# Steuerung & Integration: Demonstrator-Prozess



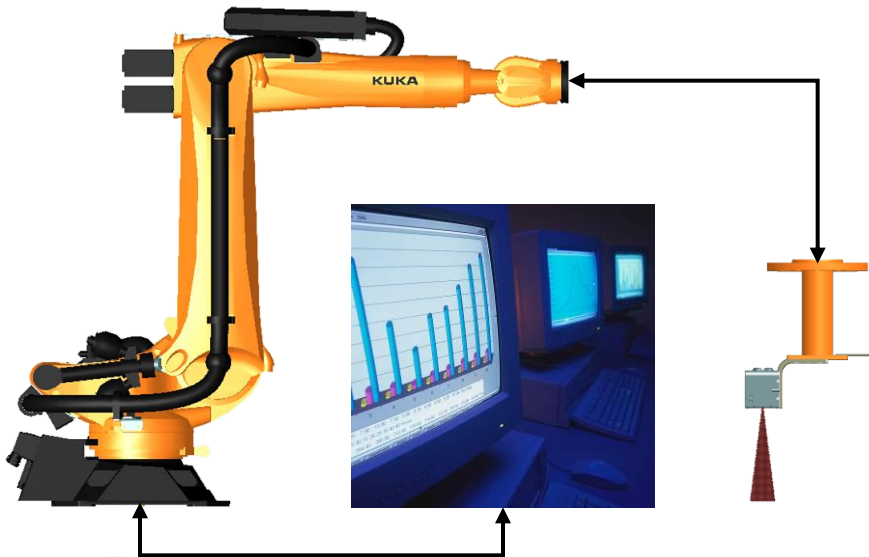
## ➤ Ablageprozess:

Roboterprogramm steuert Ventilinsel und Heizelemente

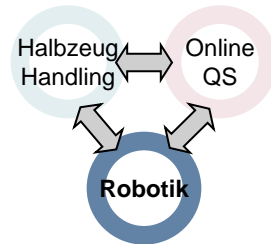


## ➤ Vermessungsprozess:

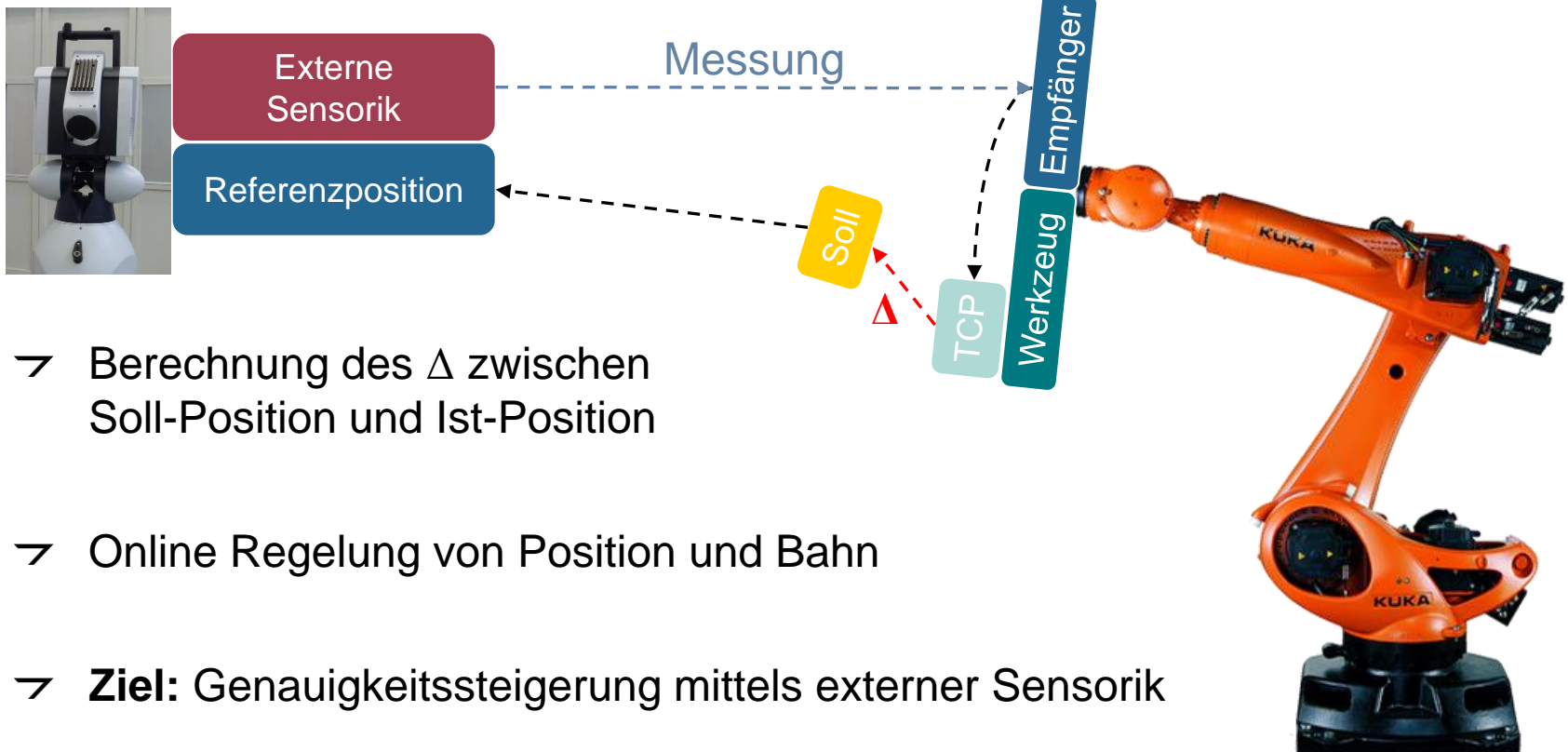
Roboter für bahnbezogene Triggerung, Verbindung zu Labor-PC über SPS  
Vergleich von Messdaten mit Soll-Geometrie auf Labor-PC



# Externe Führung & Posen-Genauigkeit



➤ **Herausforderung:** Stabile Prozesse erfordern präzise Werkzeuge

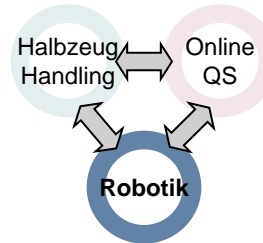


➤ Berechnung des  $\Delta$  zwischen Soll-Position und Ist-Position

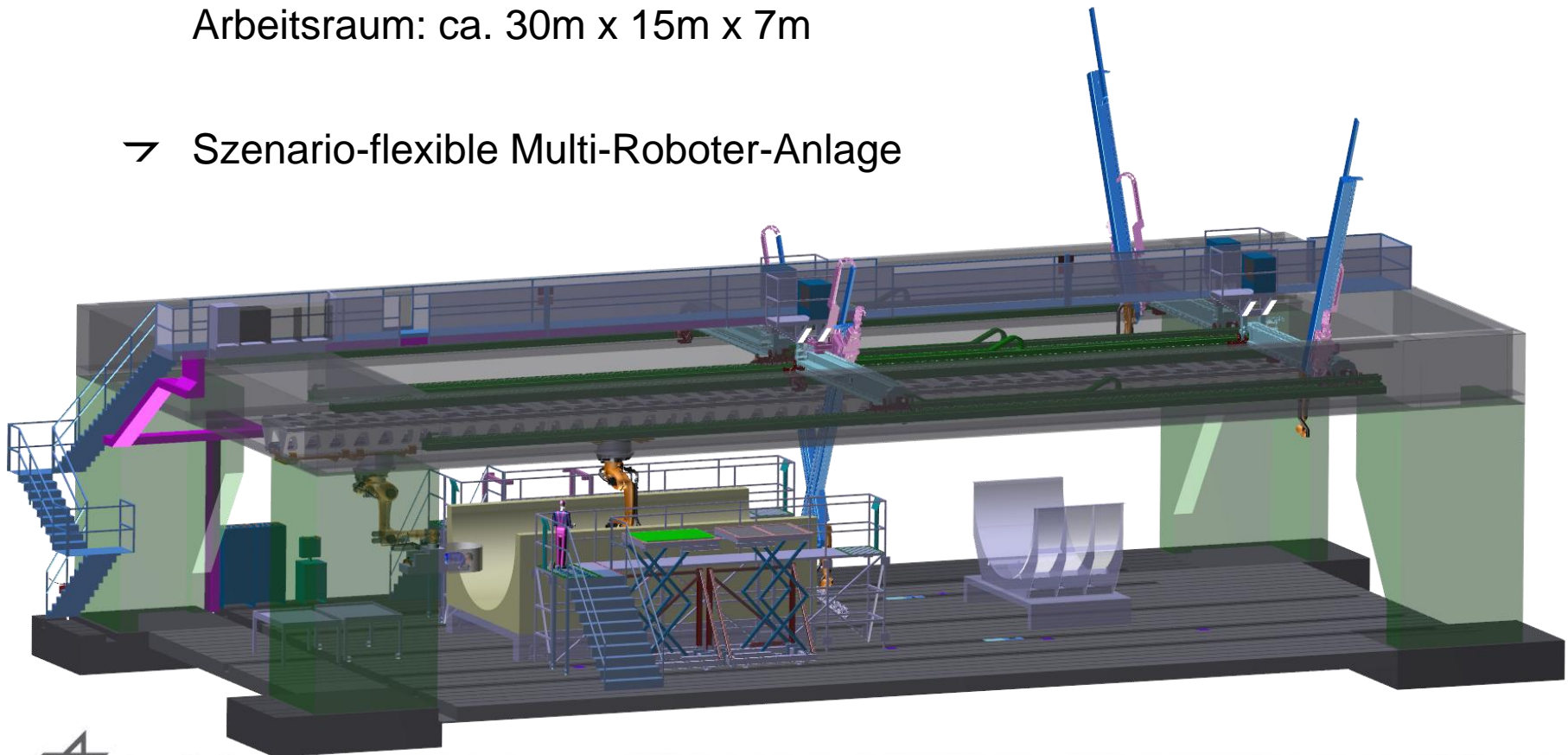
➤ Online Regelung von Position und Bahn

➤ **Ziel:** Genauigkeitssteigerung mittels externer Sensorik

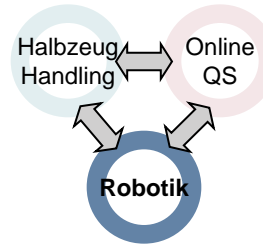
# Multi-Funktionale-Zelle (MFZ)



- Forschungsplattform für industriennahe CFK-Produktionsprozesse  
Arbeitsraum: ca. 30m x 15m x 7m
- Szenario-flexible Multi-Roboter-Anlage

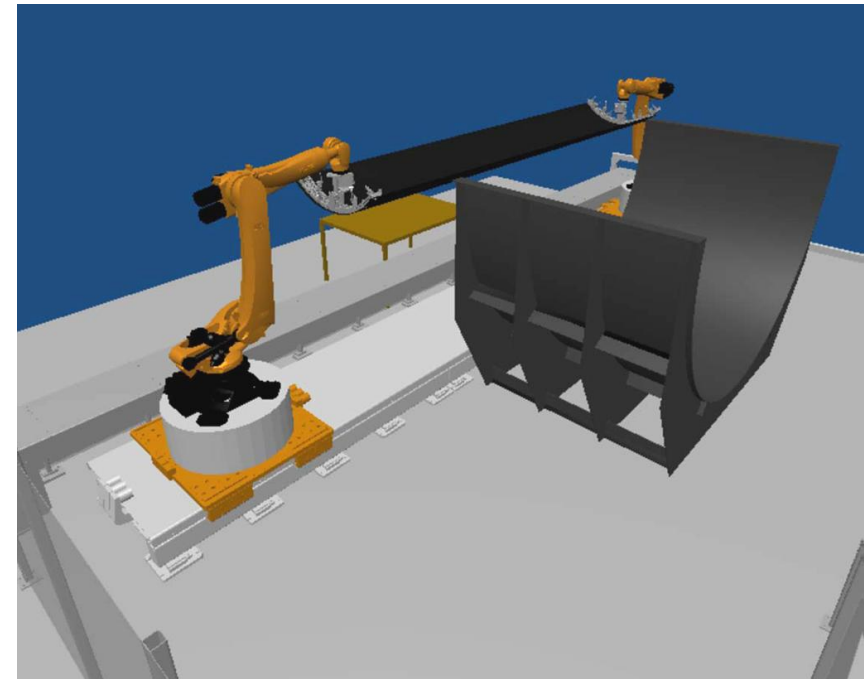
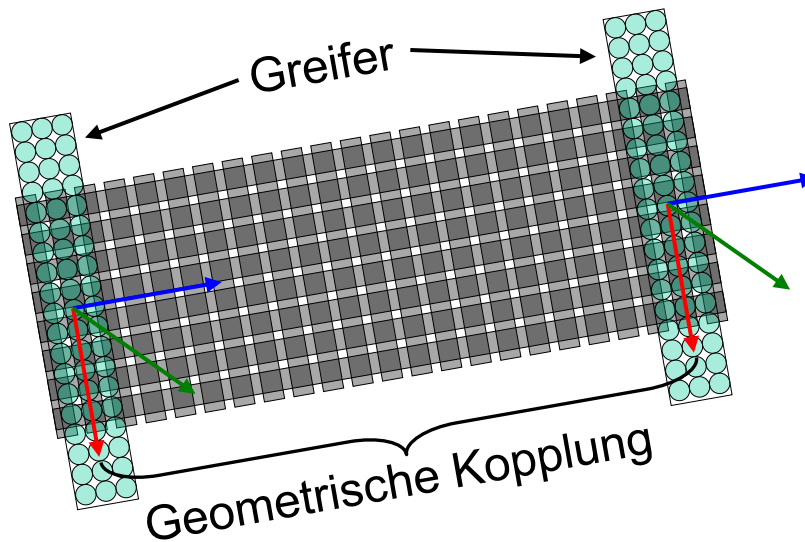


# Kooperierende Roboter



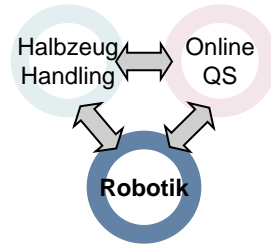
## ➤ Grundidee:

Handhabung großer, biegeschlaffer Zuschnitte mittels mehrerer Roboter

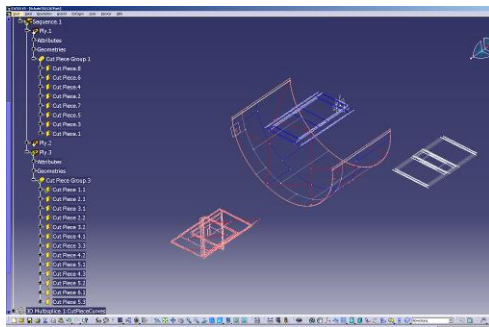


## ➤ Aktuell: Prozessplanung komplex

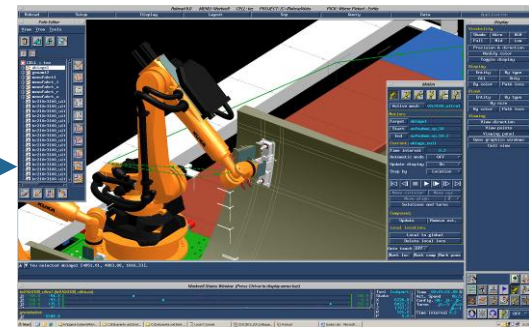
# Offline-Programmierung für Composites



➤ **Status Quo:** Manuelle Erzeugung von Bahnen



Engineering



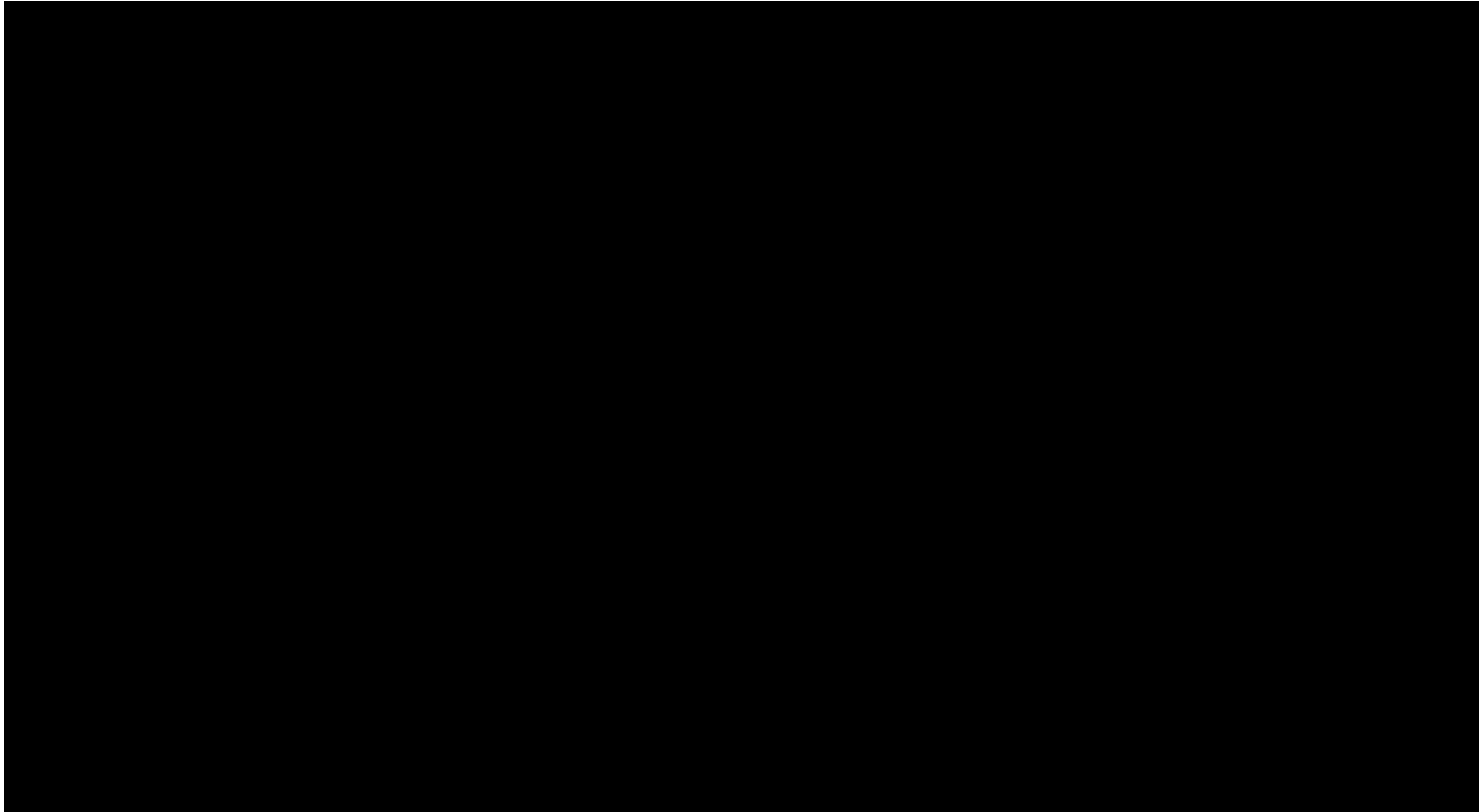
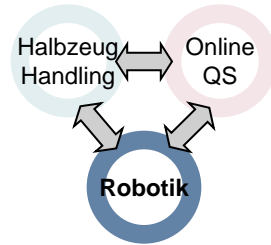
Manufacturing

➤ **Vision:** „Design to Manufacture“

Konsequente Integration von Engineering, Auslegung und Produktions-Simulation

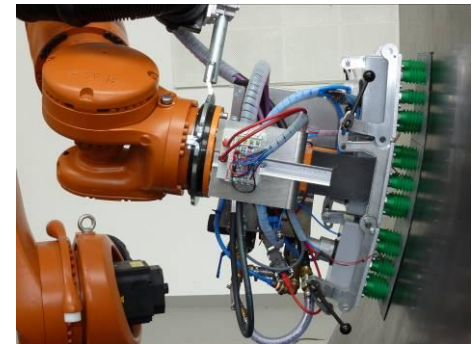


# Simulation RobCAD



# Zusammenfassung

- Schonendes Greifen verschiedener Halbzeuge
- Flexibles u. erweiterbares Greifsystem
- Definierte Umformung durch Aufnahmebewegung
- Ablage und Fixierung in Zielposition
  
- Erfolgreiche Vermessung der Ablagekontur
- Visualisierung und Live-Auswertung der Messergebnisse
- Darstellung des Soll-Ist Vergleichs
  
- Bus-Integration und Programmierung Roboter
- Prozesssimulation mittels RobCAD
- Entwicklungsbedarf zur digitalen Prozesskette ermittelt



# Ausblick

- Ablage-Versuche an komplexeren Zielgeometrien
- Entwicklung nächste Greifergeneration
- Untersuchungen Halbzeug-Handling mittels zwei Effektoren
  
- Untersuchungen zur Systemgenauigkeit
- Erweiterung um Faserorientierungs-Messung
- Korrelation mit Prozessdaten zur Ermittlung Prozesssensitivitäten
  
- Verknüpfung der Softwaretools und Anbindung der Offline-Programmierung
- Kooperierende Roboter
- Externe Führung



Halbzeug  
Handling



Online  
QS



Robotik



# Danksagung

- Besonderer Dank an das Team DLR-ZLP;  
G. Braun, A. Buchheim, M. Echle, S. Dutta, W. Dudenhausen, L. Larsen,  
L. Lebrecht, C. Schmidt-Eisenlohr, A. Schuster, F. Witzstrock, F. Weyrauch
- Herzlichen Dank an KUKA Systems;  
S. Bayer, J. Carstens, S. Hörandel, M. Jacob
- Gefördert wird der Aufbau des ZLP in Augsburg durch die Stadt Augsburg, den Freistaat Bayern sowie das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

