

# Produktionsintegrierte Qualitätssicherung in der Faserverbundfertigung für Flugzeugstrukturen

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**

Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie - Standort Augsburg

Thomas Schmidt – 11.09.2014



Wissen für Morgen



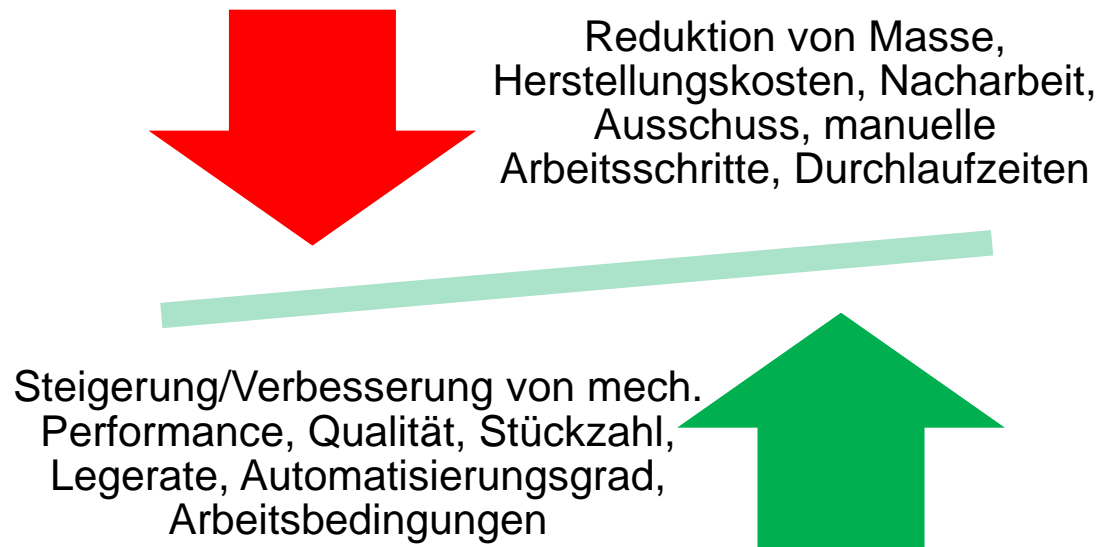
# Inhalt

- Status Quo in der Luftfahrt
- Herausforderungen an die Produktionstechnologie
- Kompetenzfelder ZLP Augsburg
- Ansatz PI-QS
- QS beim Preforming
- Endbauteilprüfung
- Zusammenfassung
- Ausblick



## Status Quo in der Luftfahrtindustrie

- Starke Nachfrage an Produktionskapazität im Bereich der CFK-Primärstrukturen → Ramp Up hält noch an
- Trend bezüglich strukturell hoch integrierter Strukturen → geometrisch ausladend und komplex
- Anforderungen



# Herausforderung an die Produktionstechnologie

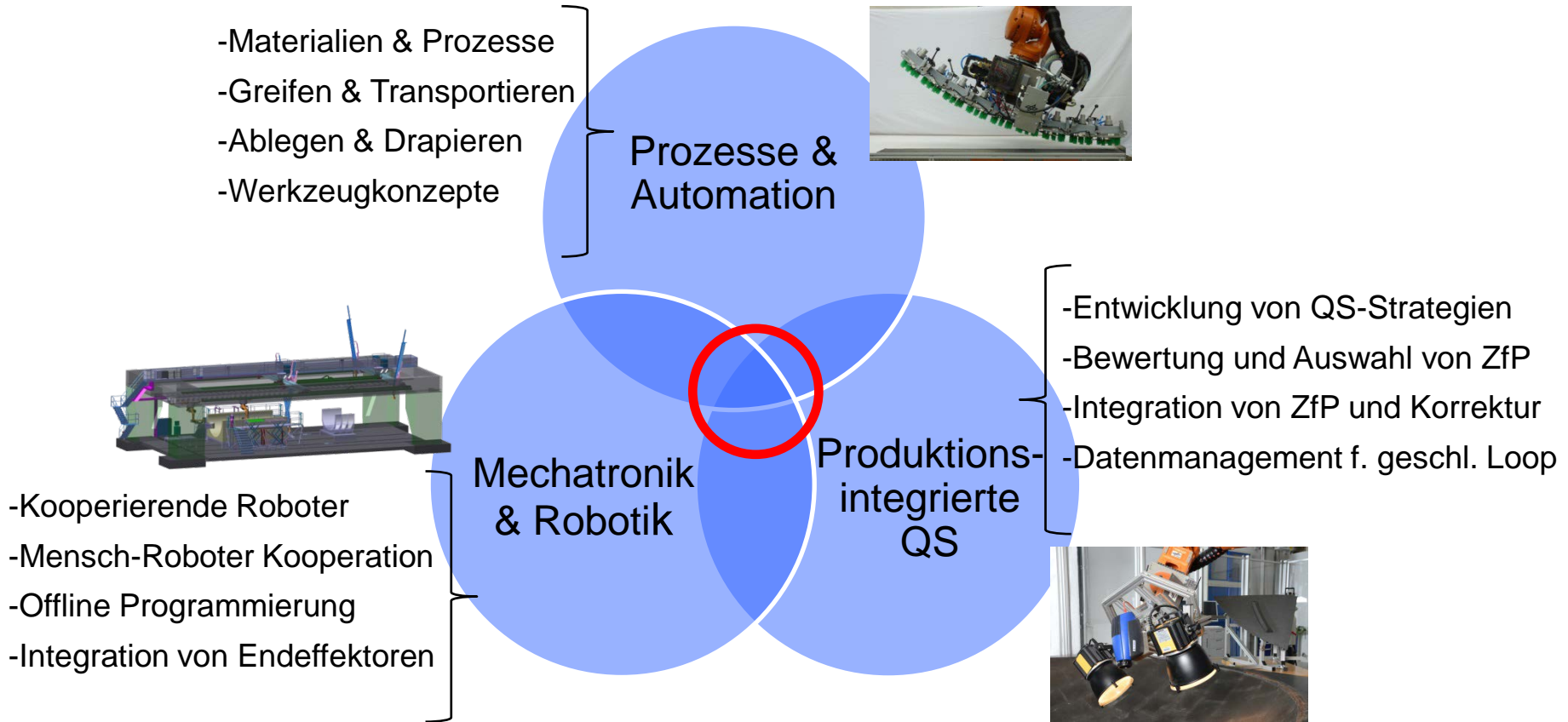
- Mögliche Prozesskette: Trockenfaserablage und Infiltrationstechnik
  - Moderne MAGs und andere textile Architekturen weisen exzellente mechanische Eigenschaften auf
  - Heutige Infiltrationsharzsysteme erfüllen Luftfahrtanforderungen
  - Reduzierte Prozesskosten
  - Keine Kühlkette notwendig
  - Potential für den Hersteller, Risiko und Verantwortung zugleich



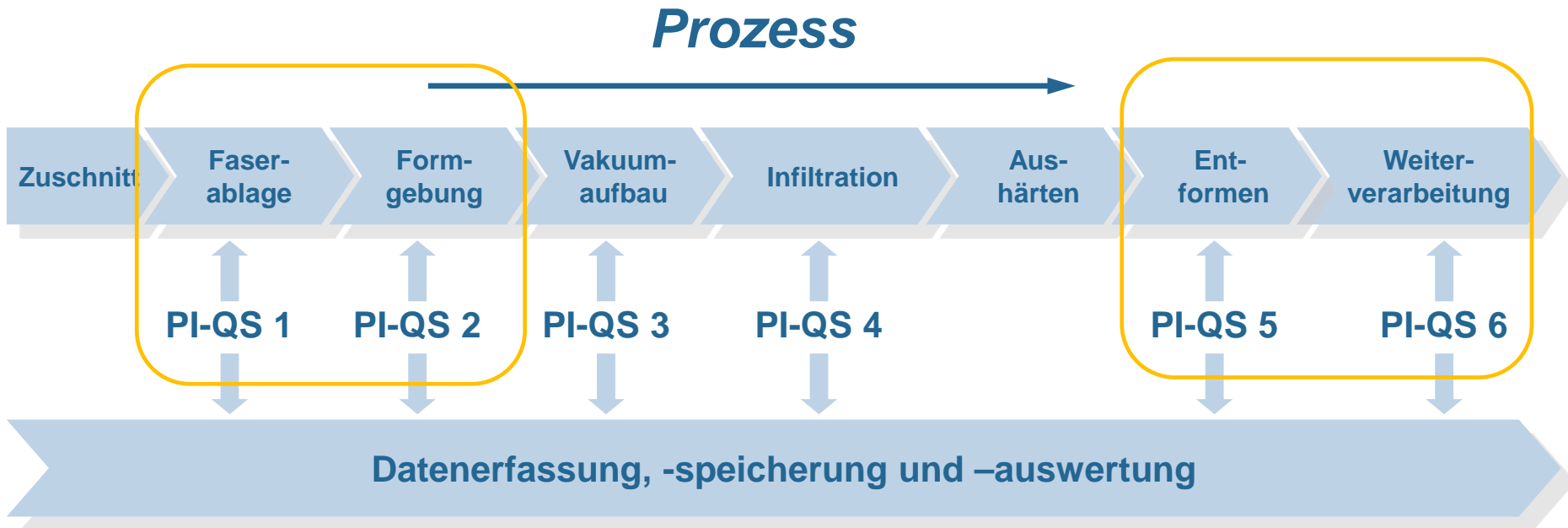
Chance und Herausforderung für die  
produktionsintegrierte Qualitätssicherung



# Kompetenzfelder & Forschungsschwerpunkte ZLP-AU



# Produktionsintegrierte QS am ZLP Augsburg



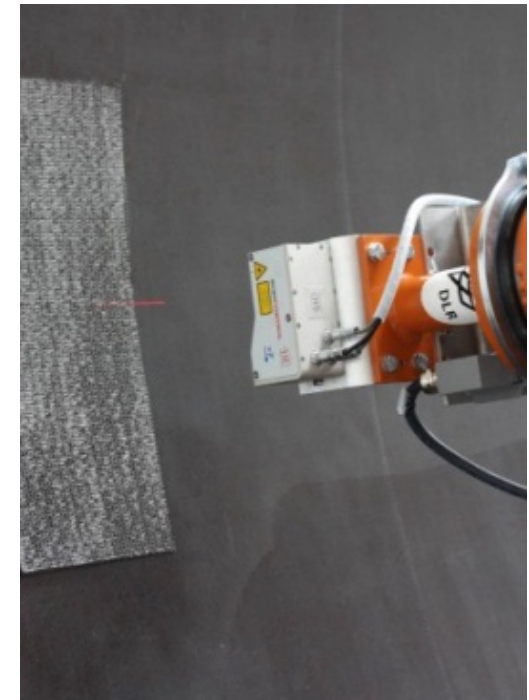
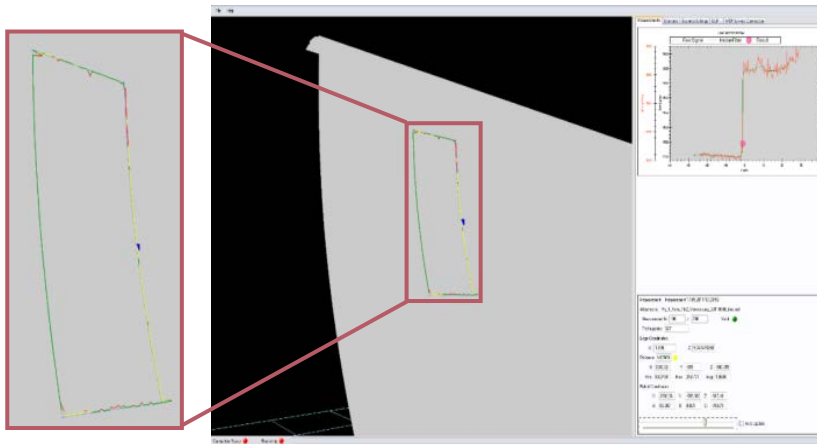


# Produktionsintegrierte QS

## Preforming – Kantenposition und Kompaktierungsgrad

### Laserlichtschnittsensor

- Messung entlang einer Randkurve
  - Profilter und Algorithmus zur Kantendetektion
  - Messwerttransformation in Roboterkoordinaten
  - Soll/Ist Vergleich zu Catia CPD Plybook
- System ist unabhängig von Geometrie und Material



# Produktionsintegrierte QS

## Preforming - Faserorientierung

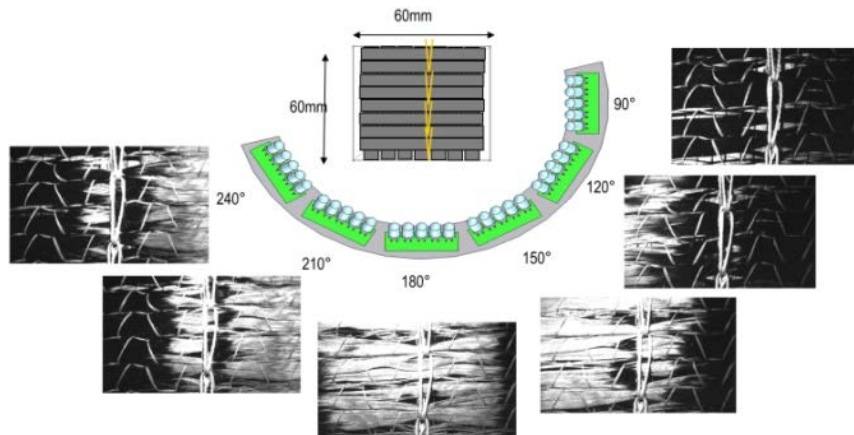
### Kamerabasierte Systeme

#### Variante 1

- Direktbeleuchtung mit segmentierter Lichtquelle
- Schnittstellen für die Integration in Roboterzelle
- Forschungsziele:
  - Automatisierter Soll/Ist Vergleich
  - Messwerttransformation in Bauteilkoordinatensystem (3D)



Quelle: Profactor





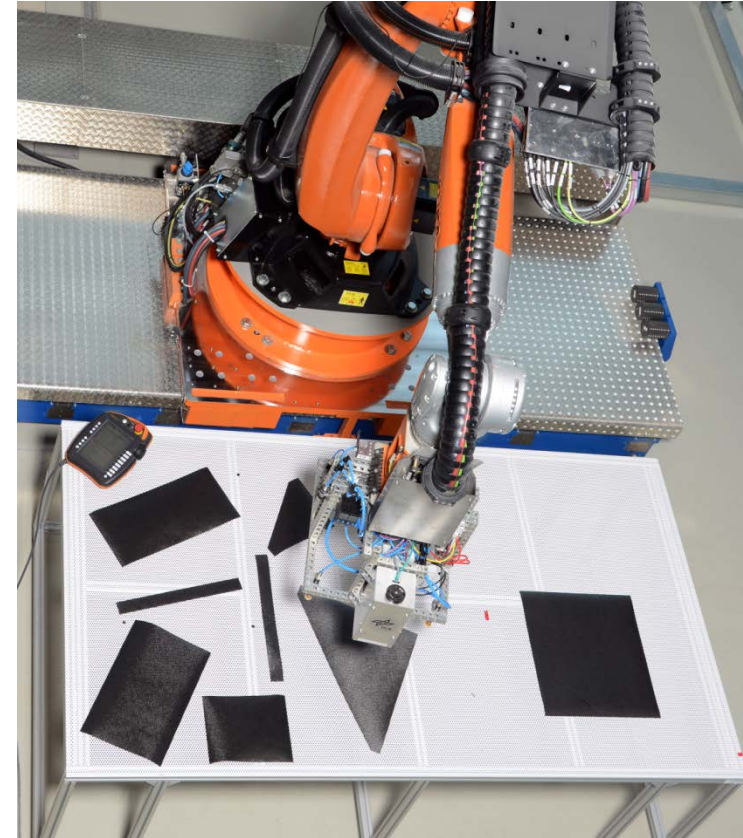
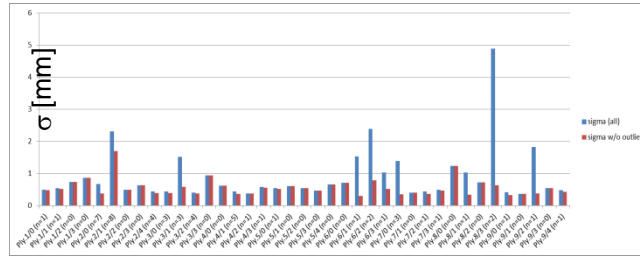
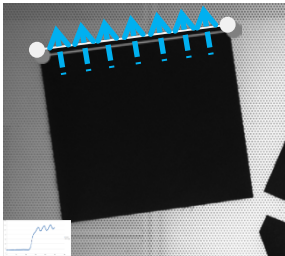
# Produktionsintegrierte QS

## Preforming - Kantenposition und Faserorientierung

### Kamerabasierte Systeme

#### Variante 2

- Direktbeleuchtung mit polarisiertem Licht und Filteroptik
- Eigenentwicklung zum Zwecke der Greiferintegration
- Forschungsziele:
  - Autonomes Greifen mit integrierter QS

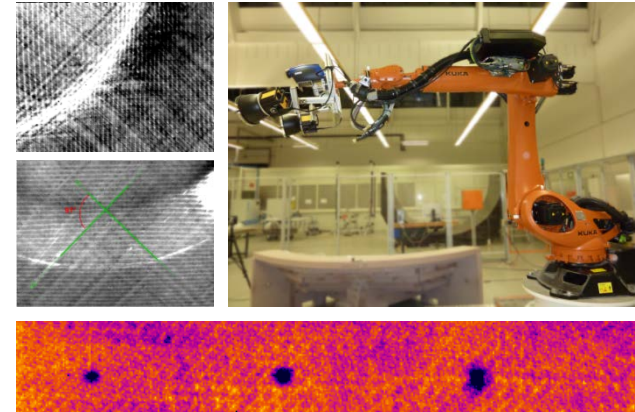


# Produktionsintegrierte QS

Endbauteil - Delaminationen und Porositäten

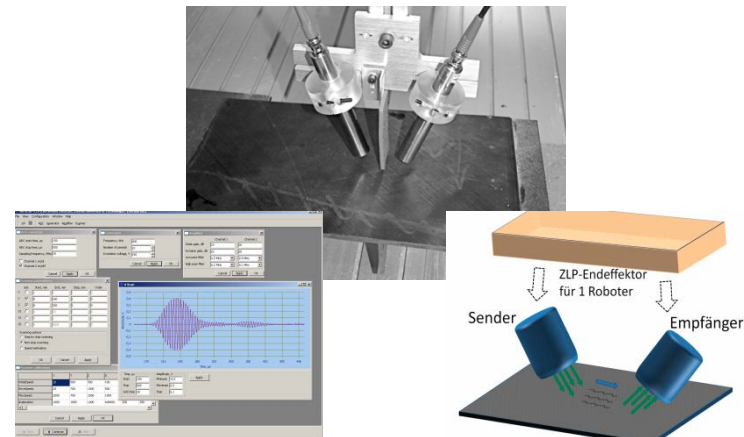
## Automatisierte optisch angeregte Lock-In Thermographie

- Inline QS im Preformzustand und Bauteil im Endzustand mit EINER Methode
- Automatisierung durch Integration in die Robotersteuerung
- Defektlokalisierung auch bei großen Bauteilen



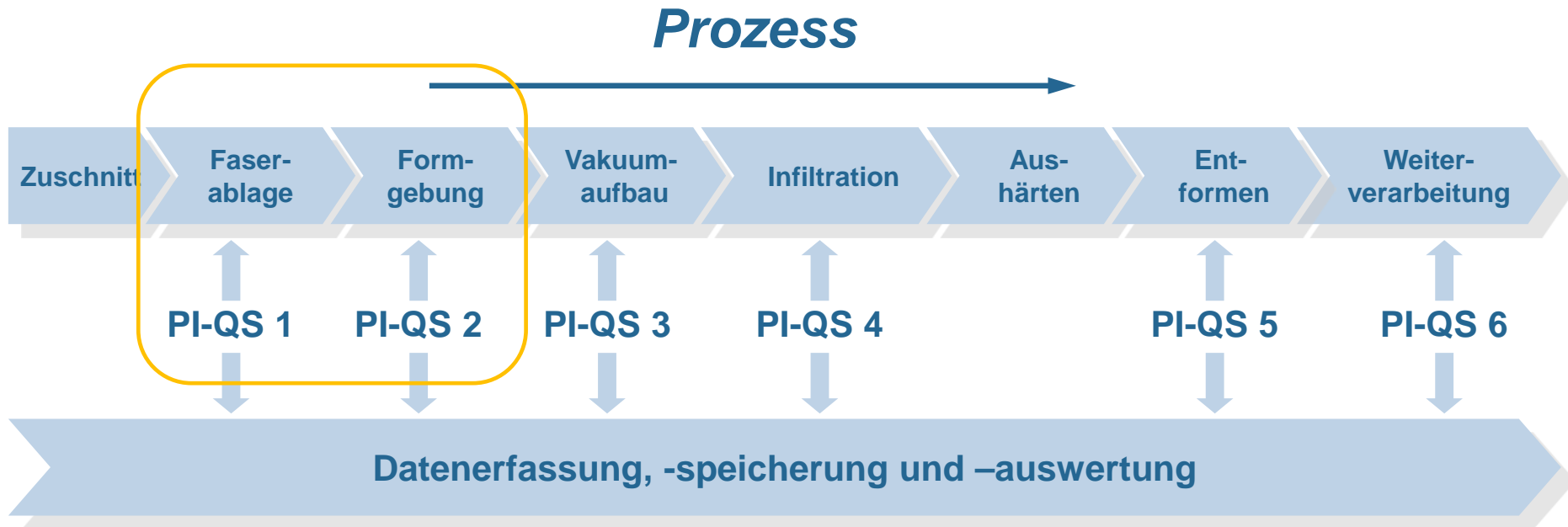
## Automatisierte Luftultraschallprüfung

- Berührungslose Messung in Reflexion für monolithische und Sandwichbauteile
- Defektlokalisierung durch Einbringung von Lambwellen

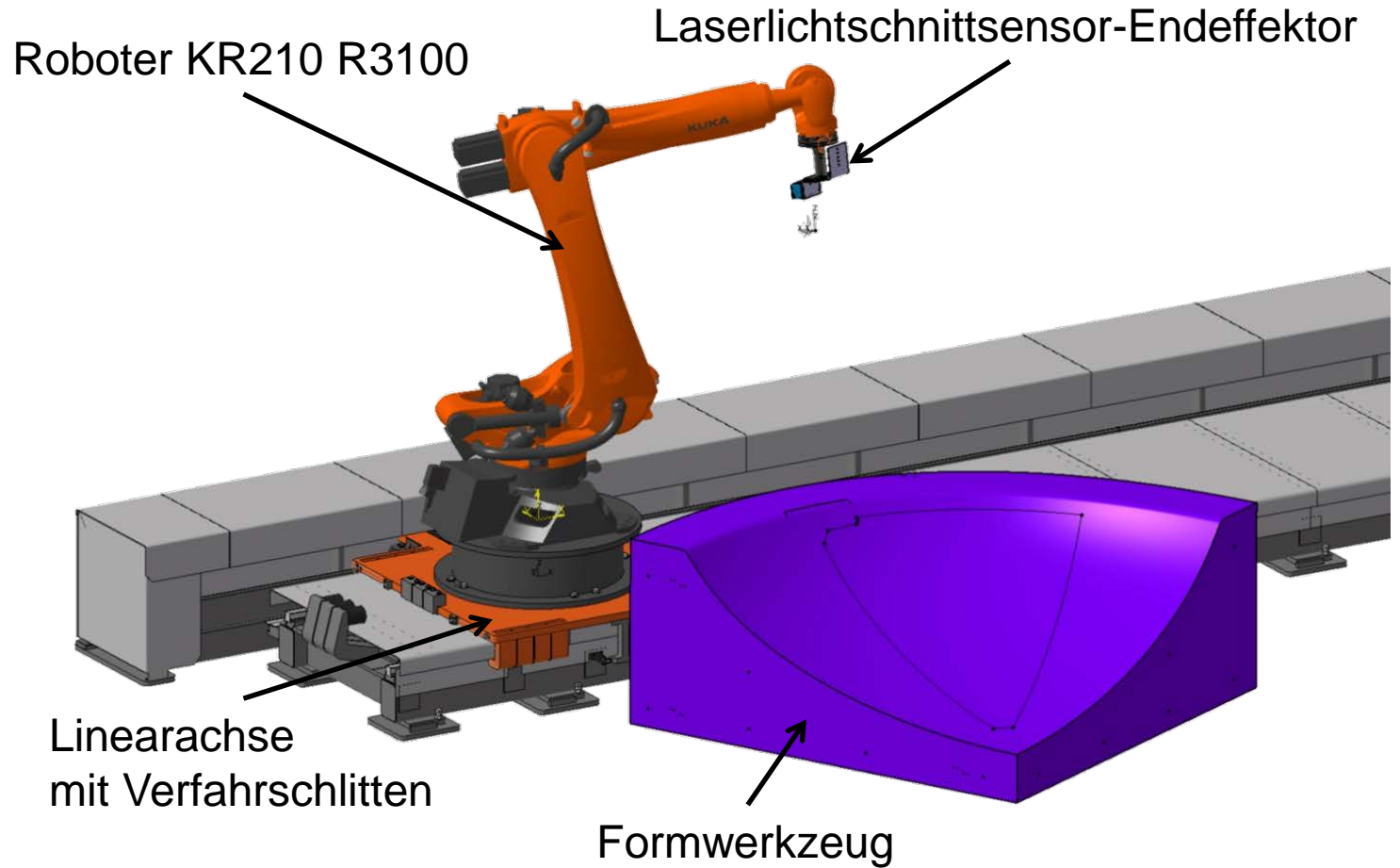


# Qualitätssicherung Preforming - Kantenposition

Automatisierte Vermessung von Zuschnittspositionen

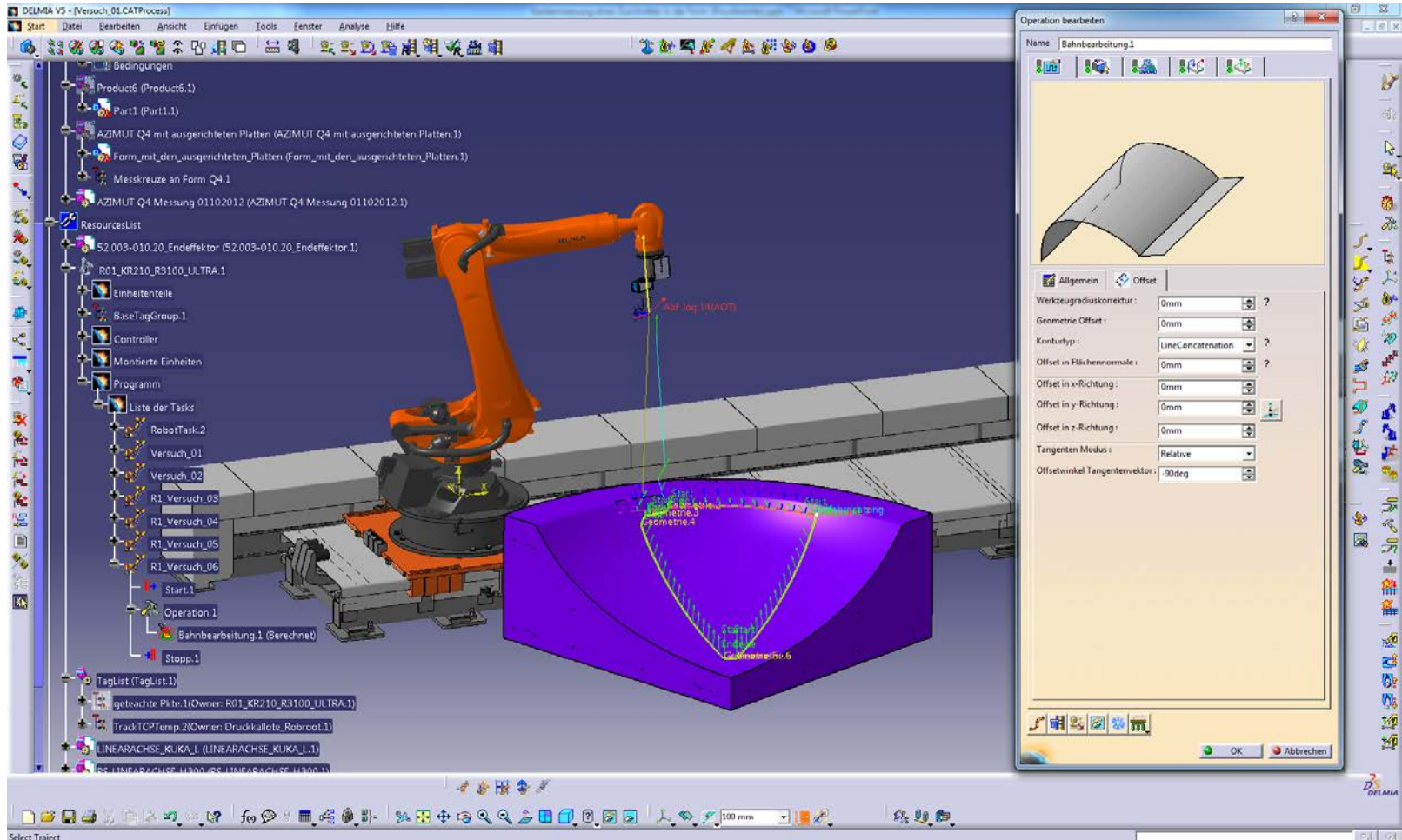


# Automatisierte Vermessung von Zuschnittspositionen

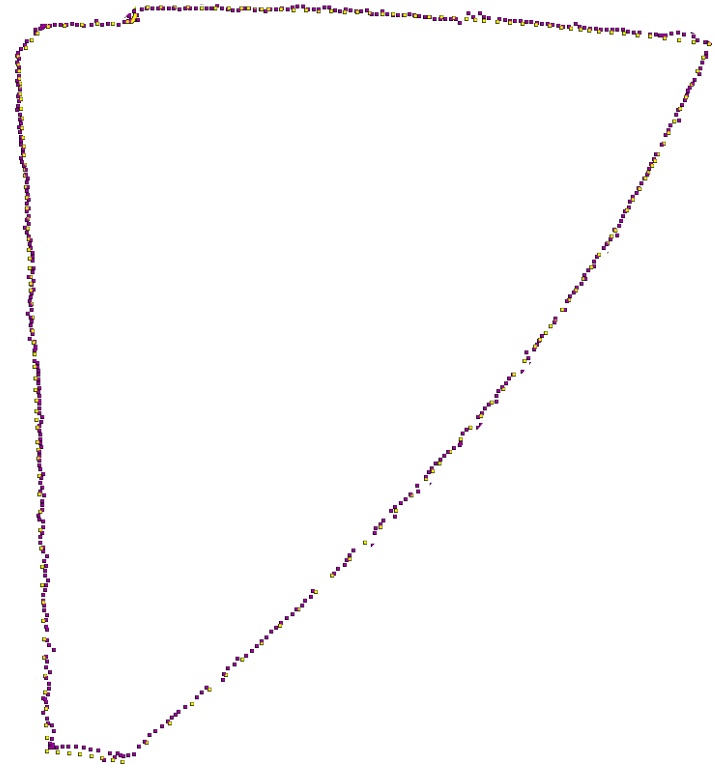
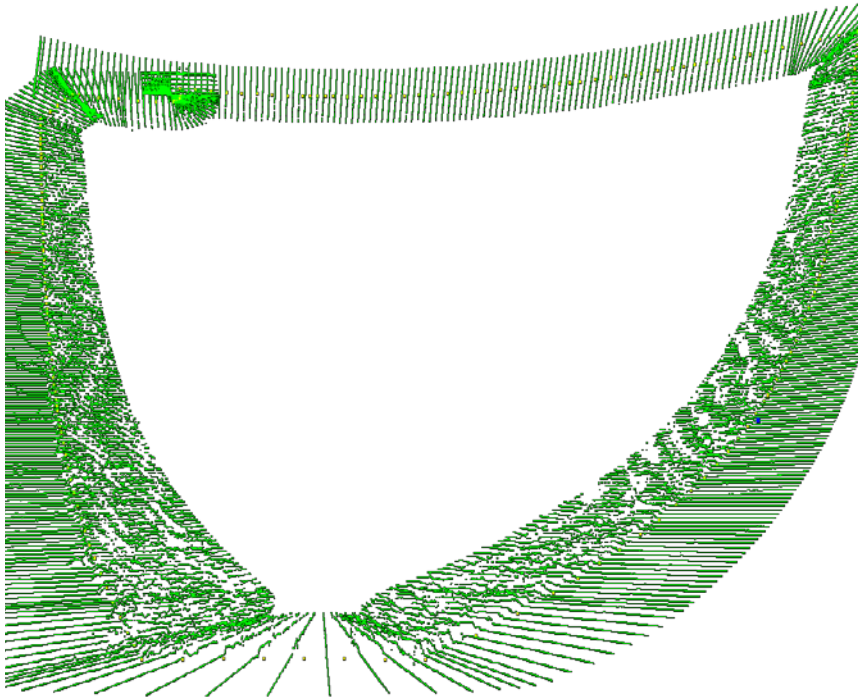




# Offlineprogrammierung der Kontur



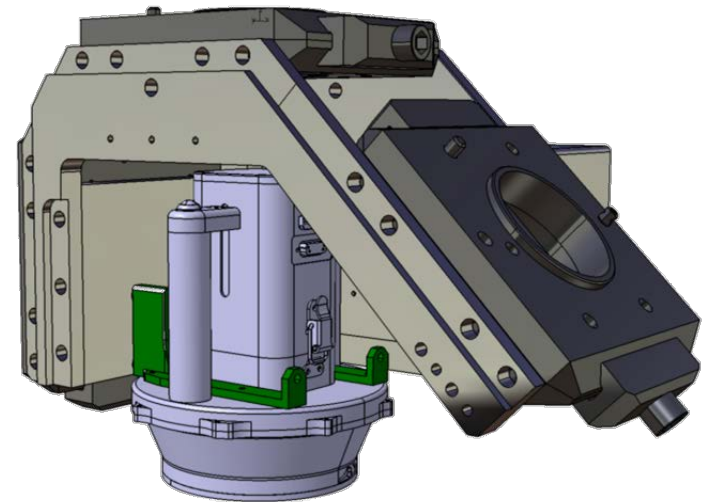
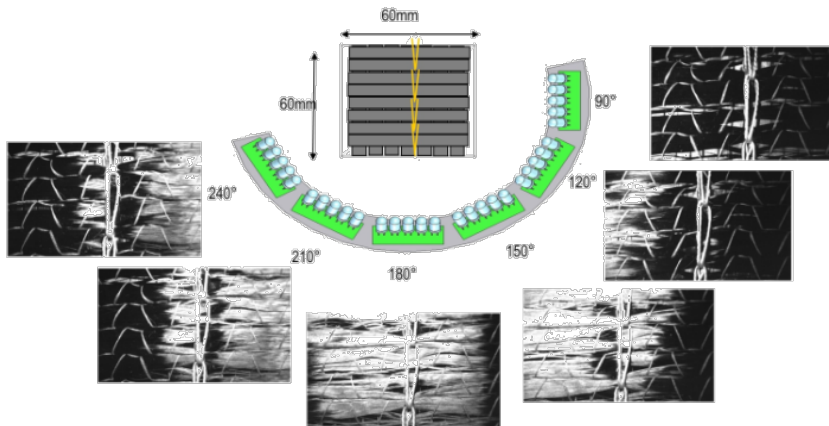
# Darstellung der Messprofile und Soll/Ist Vergleich





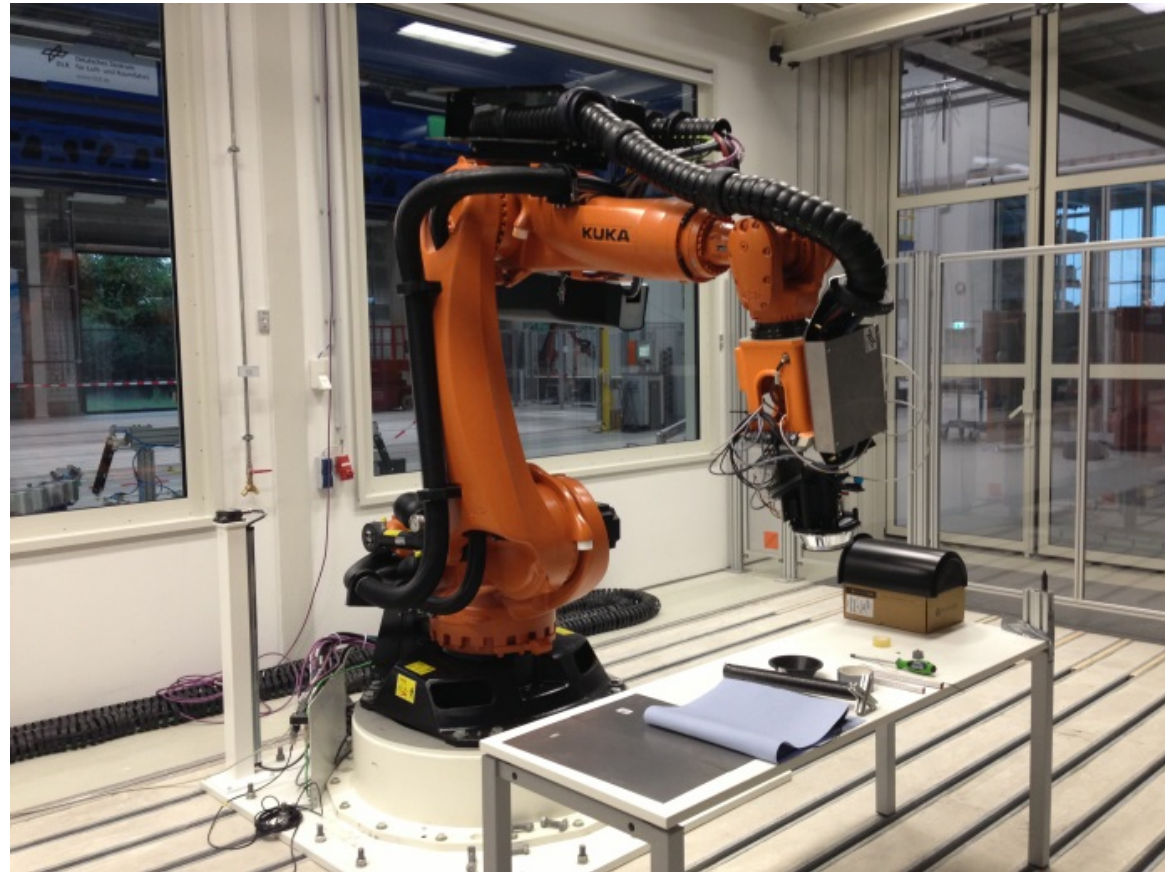
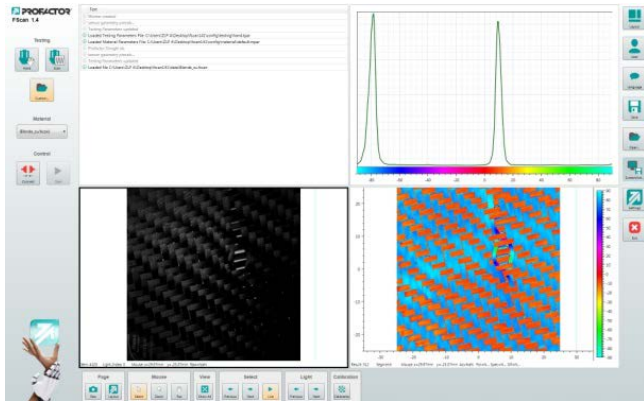
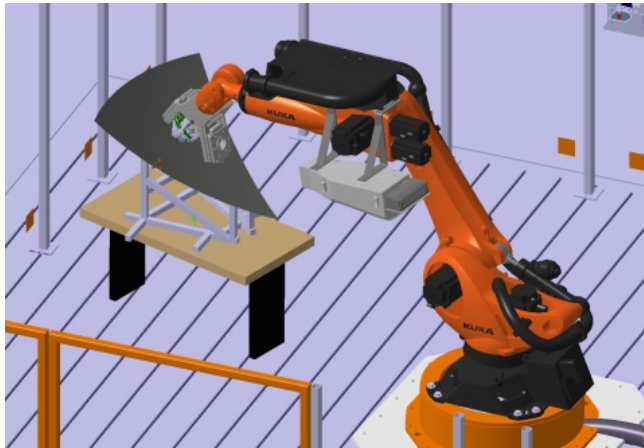
# Qualitätssicherung Preforming – Faserorientierung

- Elektrische und steuerungstechnische Integration
  - Forschungsthema: flexible Übertragbarkeit auf andere Roboterzellen
- Entwicklung Automatisierungssoftware
  - Forschungsthema: Erweitere Funktionalität hinsichtlich automatisierter Auswertung

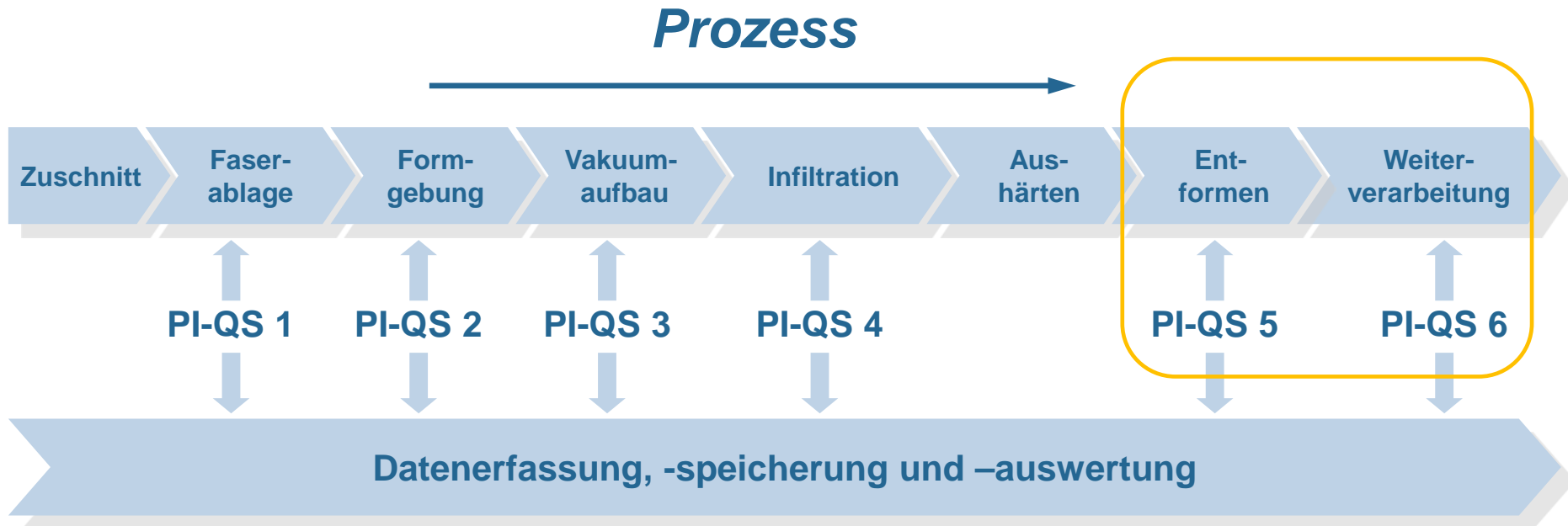


# Qualitätssicherung Preforming – Faserorientierung

- Roboter Fahrprogramm-Erstellung mittels Offline Programmierung



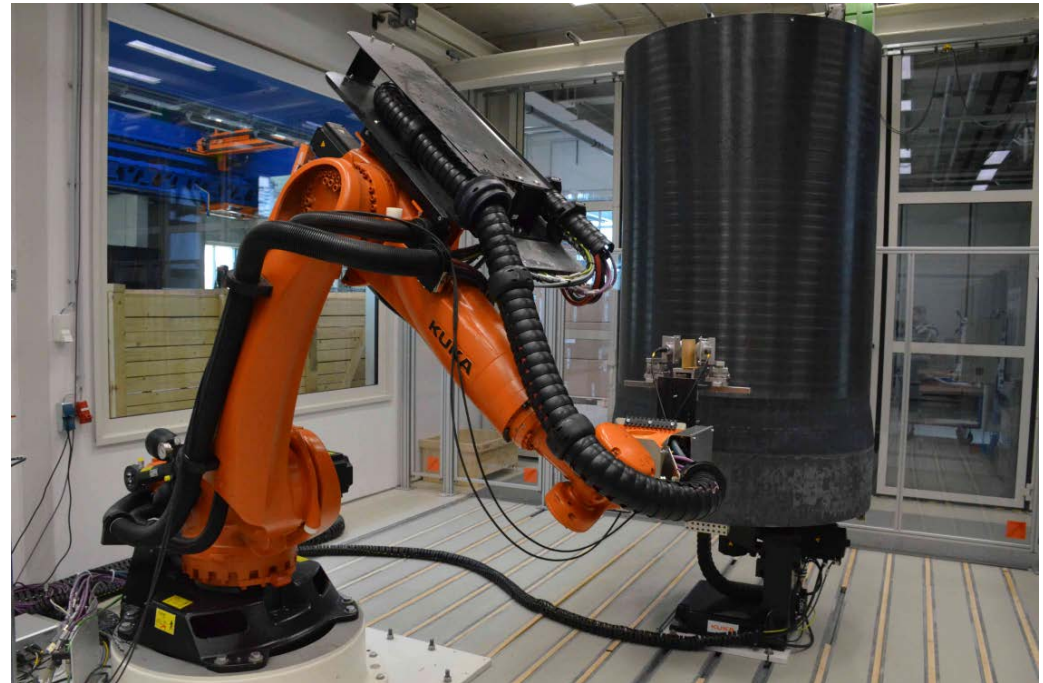
# Automatisierte Luftultraschallprüfung





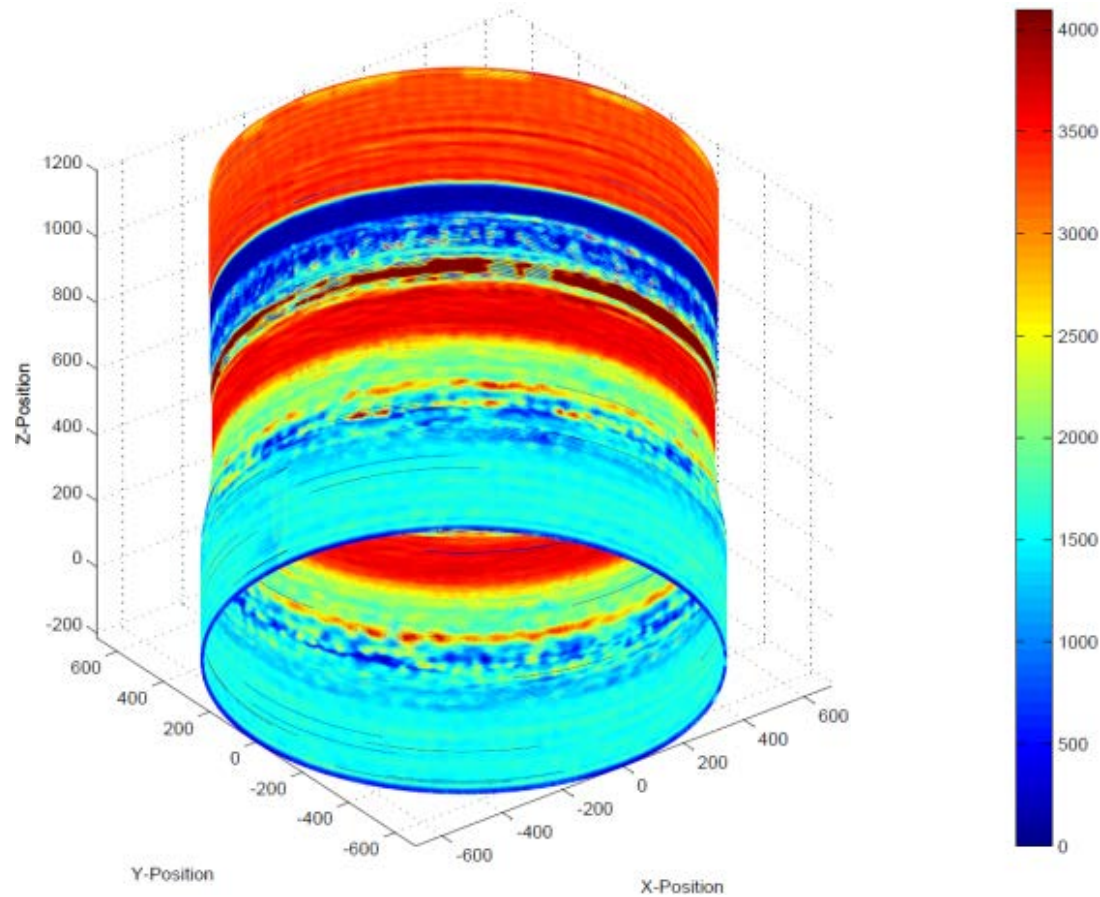
# Luftultraschalltechnologie am ZLP Augsburg

- Prototypischer Endeffektor für Messung in Reflexion vorhanden
- Roboterintegration der Luftultraschallanlage abgeschlossen
- Verwendung des FSD (Fast Send Driver von KUKA) für KRC4
- Einbindung in Offline Programmierumgebung
- Eigenentwicklung für Auswertesoftware als Vorarbeit für Partner

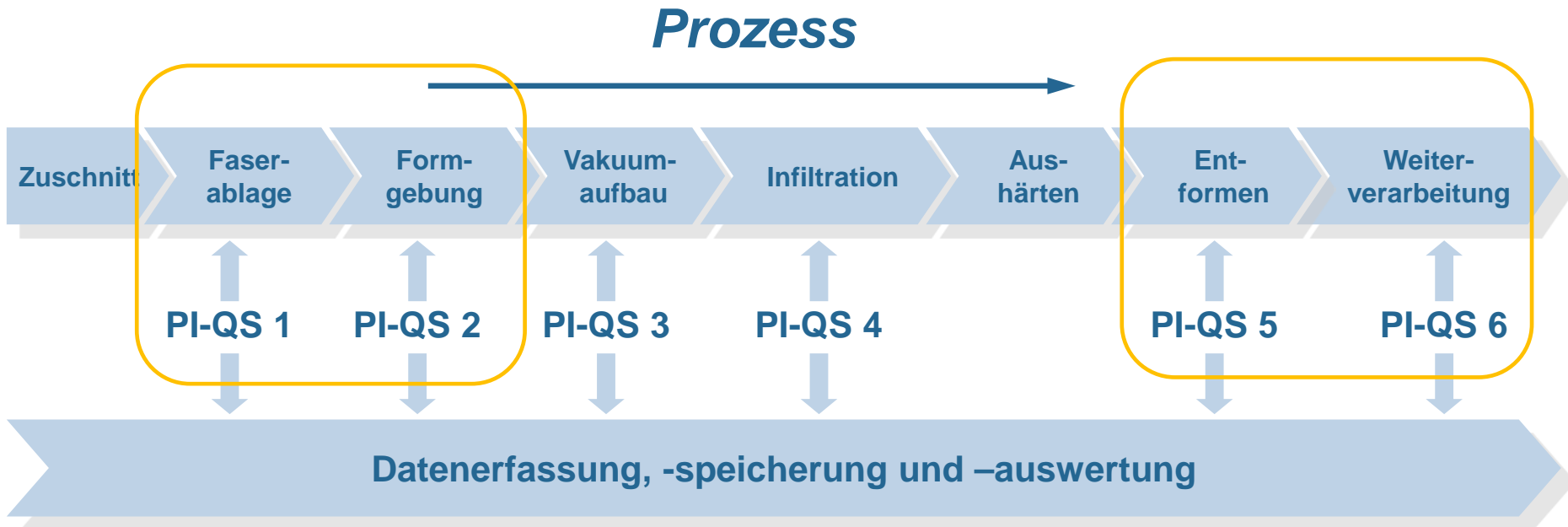


# Visualisierung und Auswertung

- 2D-Darstellung des C-Scans in allen Ansichten möglich
- 3D-Darstellung, jedes Farbpixel zeigt den Amplitudenmaximalwert an, Werte sind proportional zur Schall-Amplitude
- Positionen dargestellt nach x,y,z-Koordinaten im Bauteilkoordinatensystem

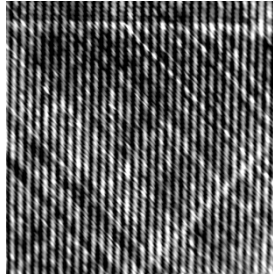


# Produktionsintegrierte automatisierte Thermographie

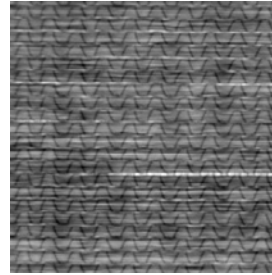




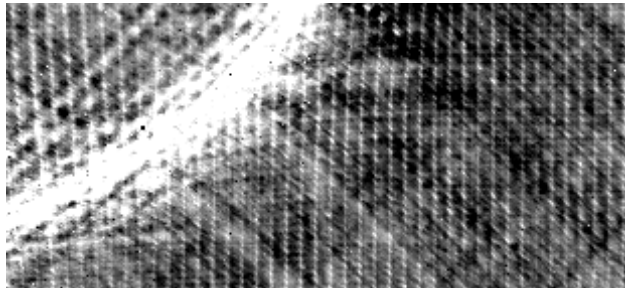
# Optisch angeregte Lock-In Thermographie



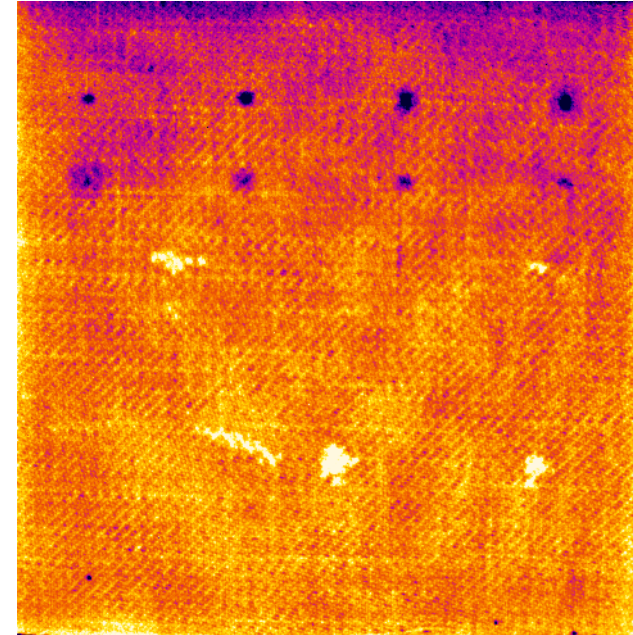
(a) Fehlender Roving



(b) Spalte



(c) Roving-Orientierung auf gekrümmten Flächen



Faserwinkel

Zuschnittsposition

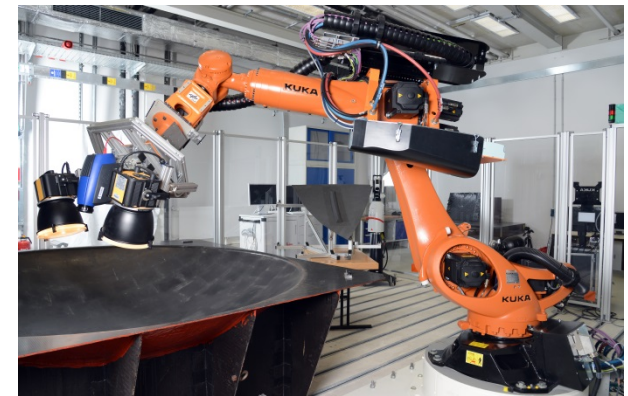
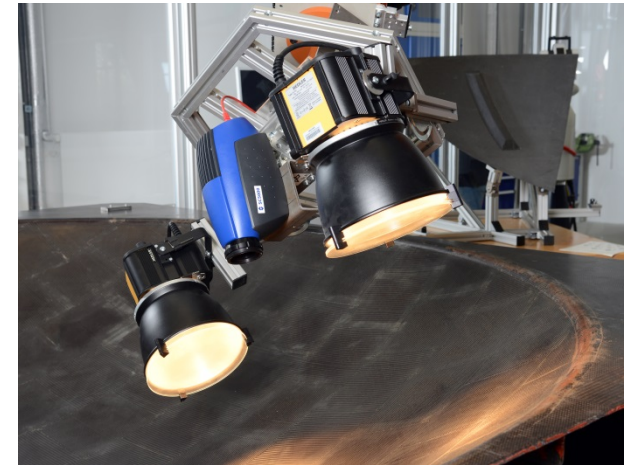
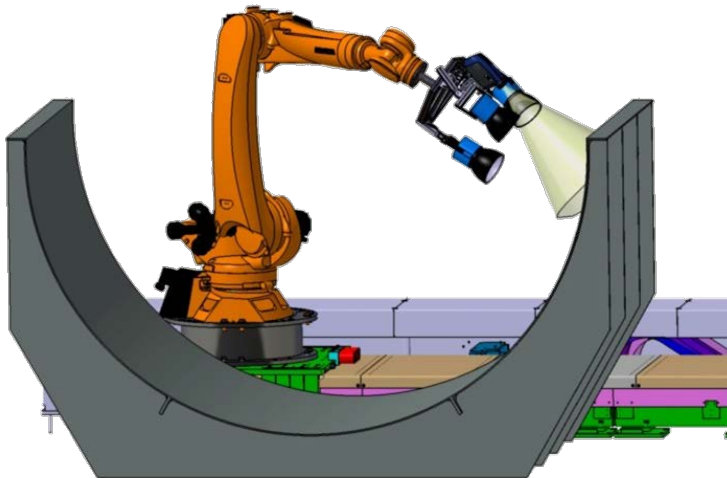
2D- Defekte (Delaminationen)

3D- Defekte (Porosität)



# Endeffektor Prototyp

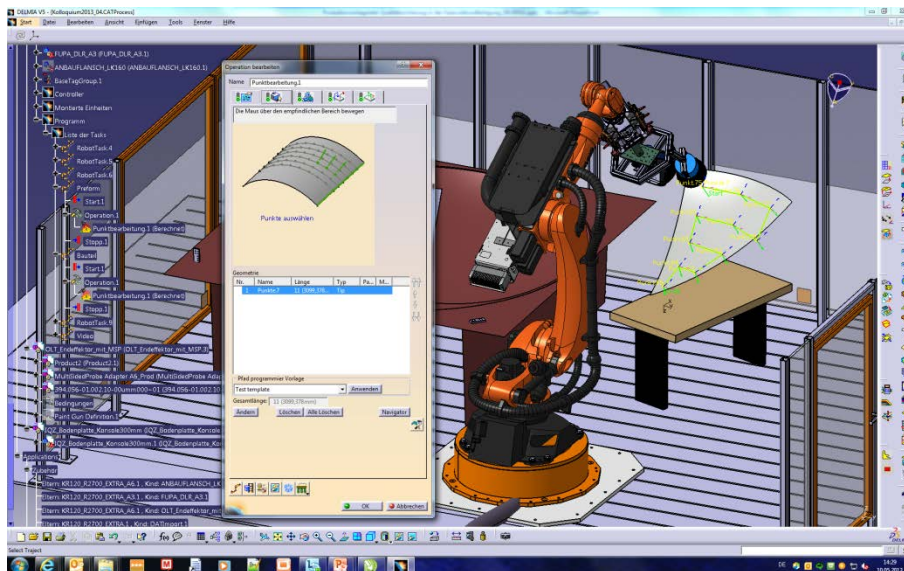
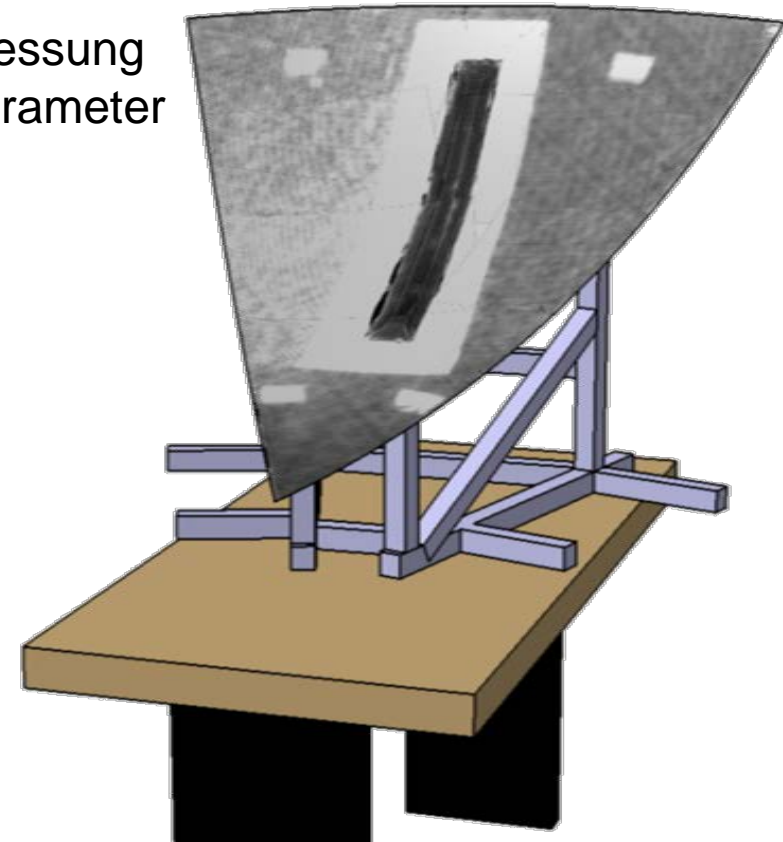
- Flexibler Aufbau
- Aufnahme von bis zu 3 Scheinwerfern
- Kameraneigung und Scheinwerferorientierung einstellbar
- Integriertes Steuerungskonzept





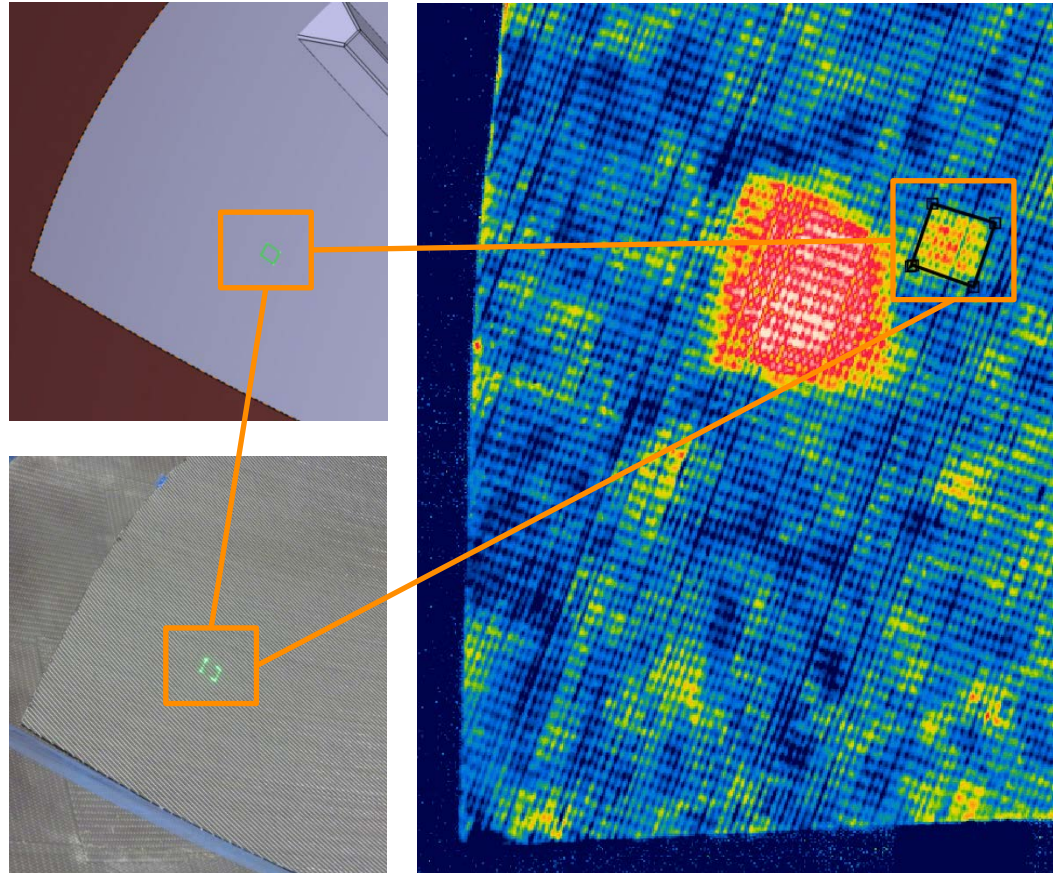
# Messung am Endbauteil

- Vorgehensweise analog zur Preformmessung
- Verwendung unterschiedlicher Messparameter
- 11 Messfelder für ca. 1m<sup>2</sup>
- Messdauer ca. 12 Minuten



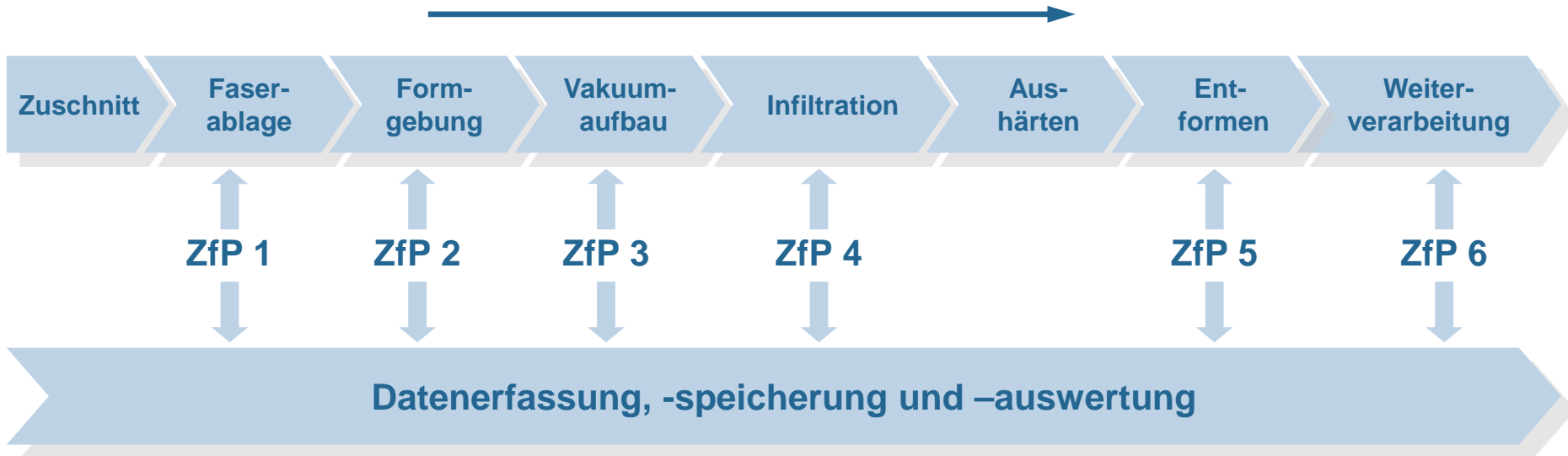
## Ergebnisse ZfP

- Ort und Größe einer künstlich eingebrachten Delamination stimmen überein
- Inhomogene Struktur durch Infiltrationslaminat mit Abdrücken von Folie und Abreisgewebe auf der Oberseite sowie Porosität
- Übergroße Anzeige ist der Probenhalter



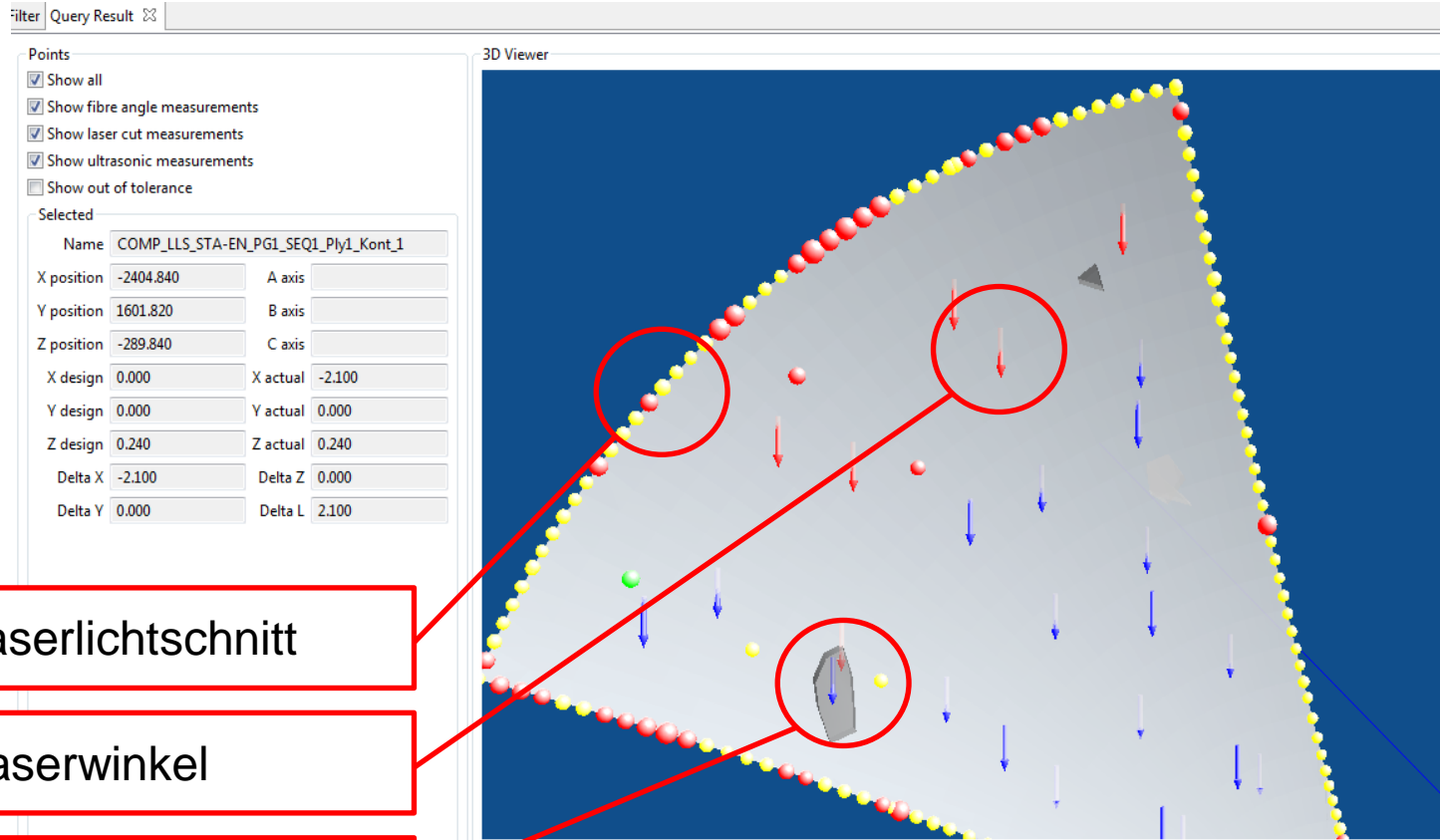
# Produktionsintegrierte QS am ZLP Augsburg

## Prozess





# Datenerfassung, -speicherung und -auswertung



Laserlichtschnitt

Faserwinkel

Ultraschall





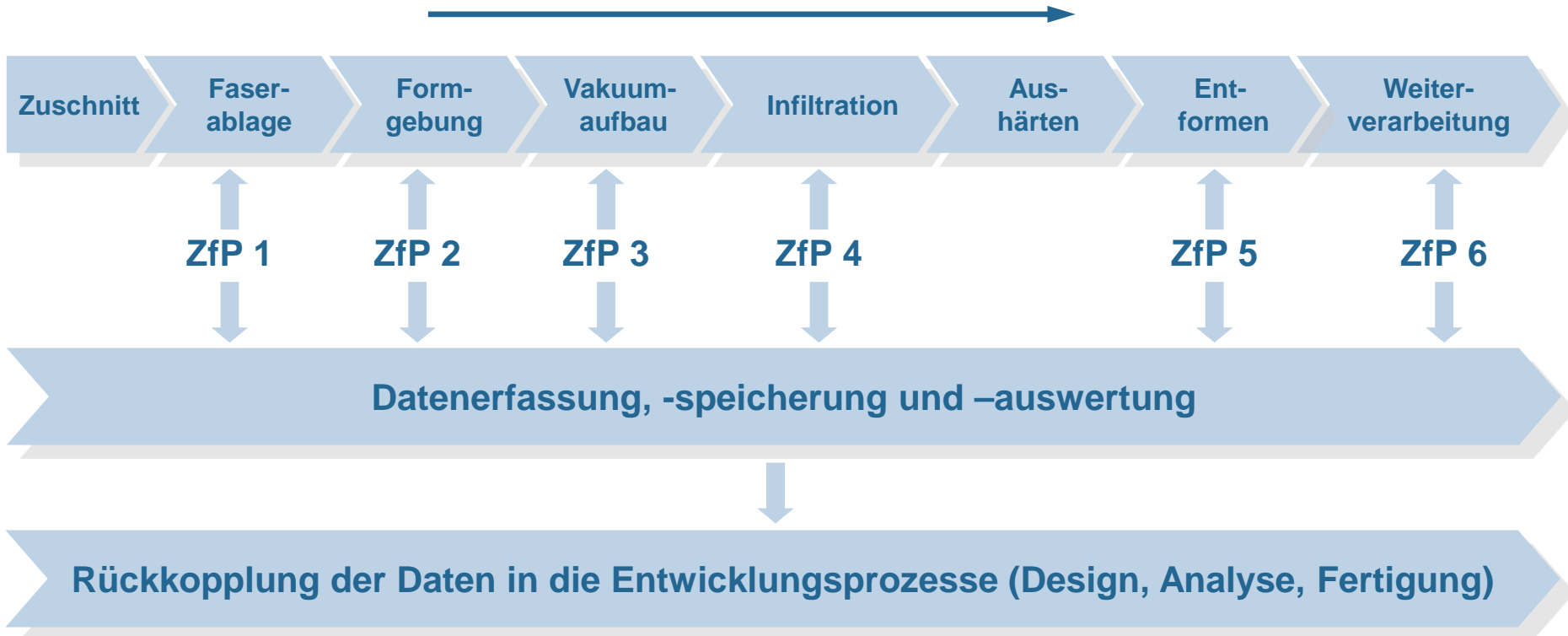
# Zusammenfassung

- ZLP-A verfügt über unterschiedliche berührungslose Sensoriken
- Verschiedene Roboteranlagen erlaubt automatisierte und zerstörungsfreie Prüfung von großen Bauteilen mit komplexer Geometrie im Industriemaßstab
- Beispiele demonstrieren die Kommunikation zwischen Roboter und Sensoriksystem
- Datenaustausch und Koordinatentransformation zur Defektlokalisierung auch bei großen Strukturen



# Ausblick

## Prozess



# Danksagung

Der Aufbau des ZLP Augsburg wurde gefordert durch die Stadt Augsburg, den Freistaat Bayern sowie das Bundeswirtschaftsministerium

Besonderer Dank gilt dem gesamten Team des DLR-ZLP Augsburg



Stadt  
Augsburg



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

