



Endkonturnahe Fertigung von CFK-Bauteilen in hoher Stückzahl

Ziele des Technologieprojekts EVo in
Stade

S. Torstrick
M. Meyer
M. Wiedemann



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



Wir sind die Experten für Entwurf und Realisierung anpassungsfähiger, effizient gefertigter, toleranter Leichtbausysteme.

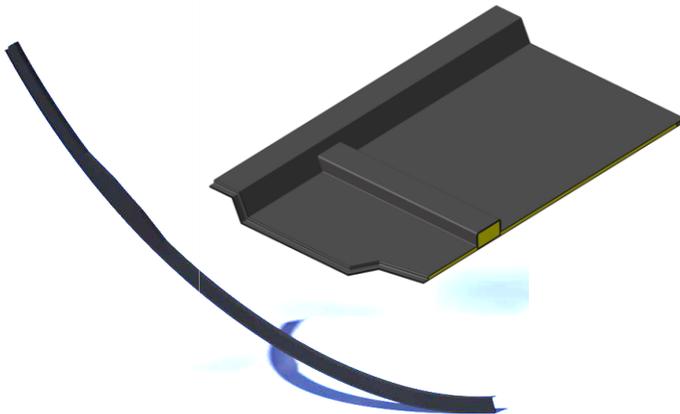
Unsere Forschung dient der Verbesserung von

- **Sicherheit**
- **Kosteneffizienz**
- **Funktionalität**
- **Komfort**
- **Umweltverträglichkeit**

EVo: Endkonturnahe Volumenbauteile

Entwicklung einer vollautomatisierten Prozesskette zur Fertigung komplexer RTM-Bauteile

- Komplexe, 3D-gekrümmte Geometrien (Luffahrt und Automotive)
- Stückzahlen bis 100.000 Stück/Jahr
- Äußerst kosteneffizient
- Sehr hohe Prozesssicherheit

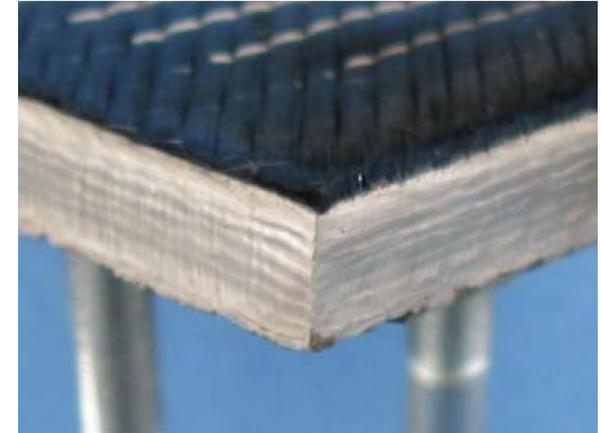


Endkonturnahe Volumenbauteile

- **Was bedeutet „Near-Netshape-Bauweise“?**
 - Hochgenauer Zuschnitt des Preforms auf die Endkontur des Bauteils

- **Was sind die Vorteile?**
 - Vermeidung von Endkonturbearbeitung am ausgehärteten Bauteil
 - Keine thermische Schädigung der Matrix
 - Keine mechanische Schädigung der Matrix
 - Weniger Werkzeugverschleiß
 - Das Versiegeln der Schnittkanten wird unnötig
 - Prozesssicherheit bei der Injektion

- **Was sind die Nachteile?**
 - Kein Klemmen der Fasern im RTM-Werkzeug möglich
 - Keine „Fehlerkorrektur“ möglich

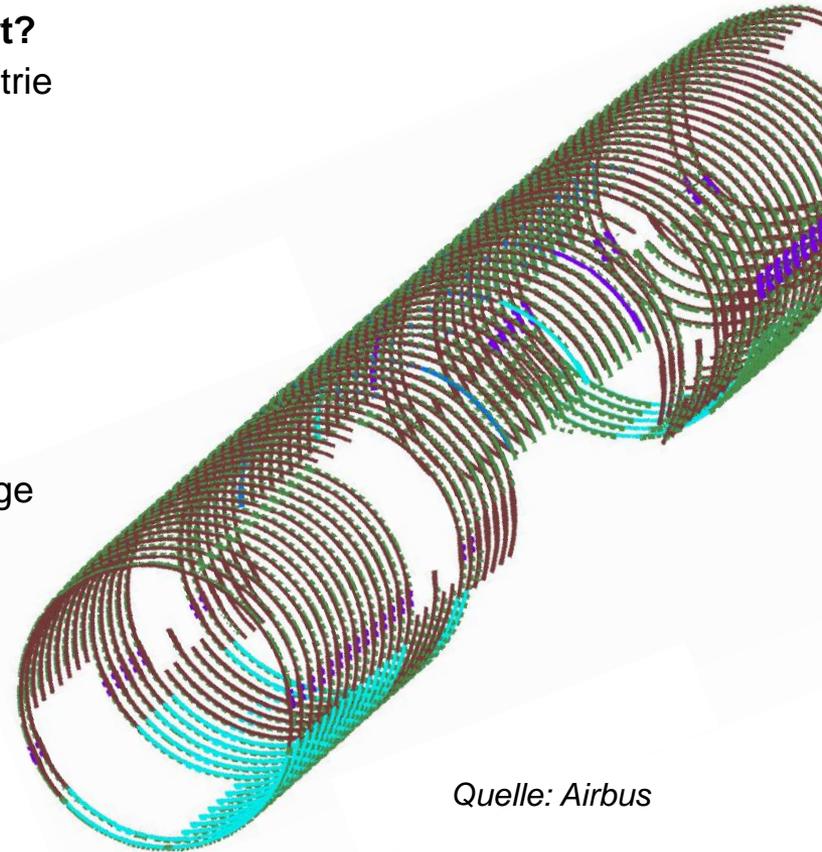


Endkonturnahe **V**olumenbauteile

	Automotive	Luftfahrt
Hohe Stückzahlen	Wenige gleiche Bauteile in vielen Fahrzeugen	Viele ähnliche Bauteile in wenigen Flugzeugen
Werkstoffe	<ul style="list-style-type: none">➤ Geringe Kosten➤ Verfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none">➤ Sehr gute mechanische Eigenschaften➤ Schadenstoleranz
Qualität	<ul style="list-style-type: none">➤ Qualitätsnachweis durch Prozessstabilität und Stichproben	<ul style="list-style-type: none">➤ Qualitätsnachweis durch zerstörungsfreie Prüfung (100%)

Produktion eines „Typical“ Frame

- **Was bedeutet „Volumenbauteil“ im Bereich Luftfahrt?**
 - Hohe Stückzahlen bei leicht variierender Geometrie
 - 140 – 200 CFK-Spante pro Flugzeug
 - 500 Flugzeuge pro Jahr
 - 100.000 Spante pro Jahr
 - 20 Spante pro Stunde
- *Herausforderung:* zugelassene Harzsysteme haben lange Aushärtezeiten
 - 1K-Epoxidharz RTM6: 90min

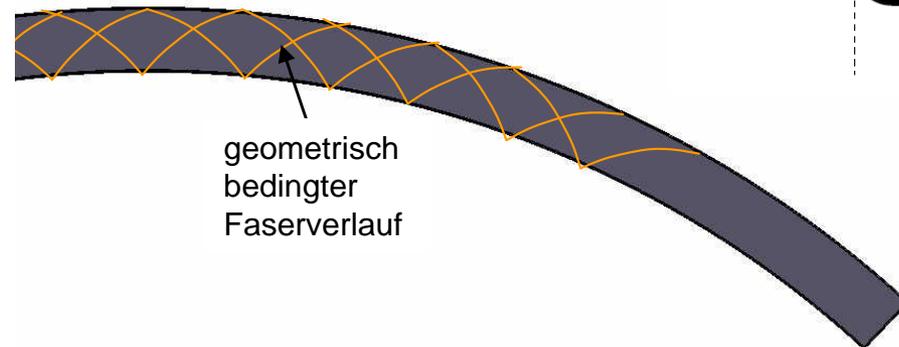
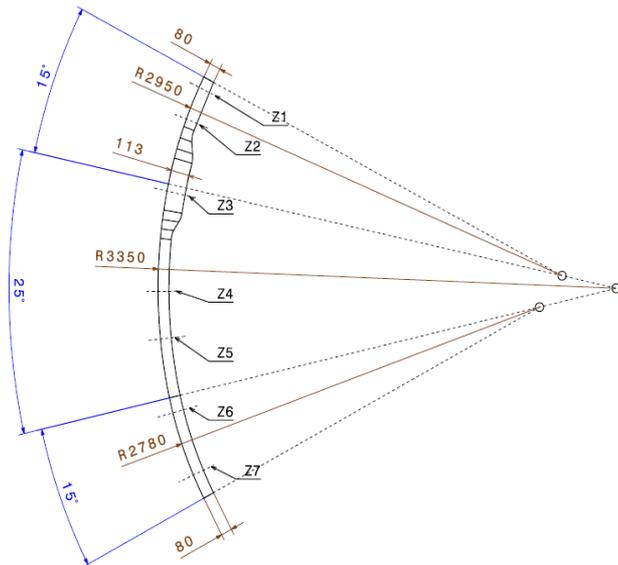
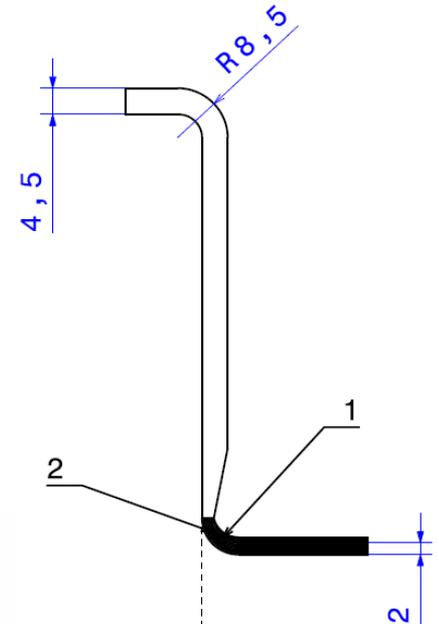


Quelle: Airbus

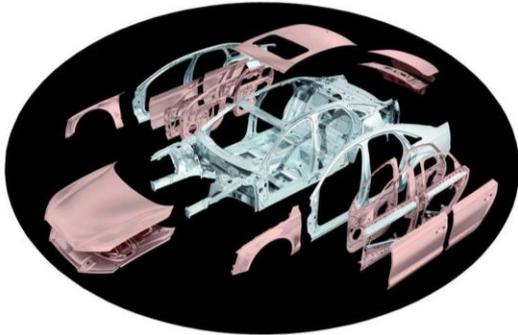
Zielbauteil Flugzeugspant



- Z-, C- oder LCF-Profil (asymmetrisch, gekrümmt)
- Lokale Aufdickungen
- Lokale Verbreiterungen
- Laminatdicke 2 bis 5 mm
- Bogenlänge des Zielbauteils: 3-5m
- Radius variiert um 3m, nicht konzentrisch



Automotive- Bauteilklassen



Außenhautbauteile



Quelle: BMW

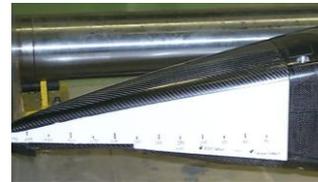


Quelle: Audi

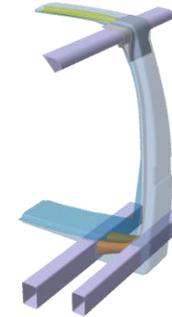
- Class-A Oberfläche
- designgetriebene Geometrie



Energiedissipierende Strukturbauteile

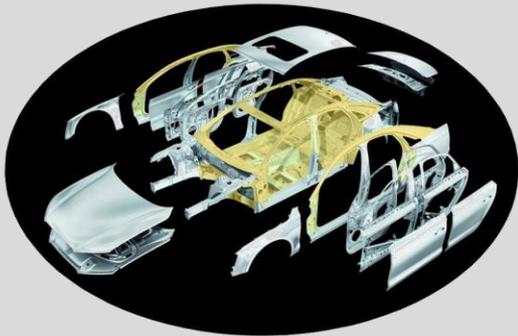


Quelle: Dallara

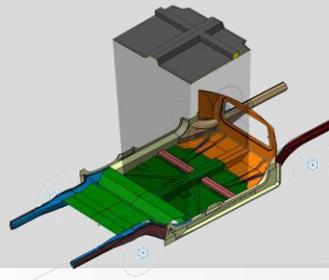


- Gleichmäßige, hohe Energiedissipation bei Frontal- und Seitencrash

Schwerpunkt EVO



Gestaltfeste Strukturbauteile

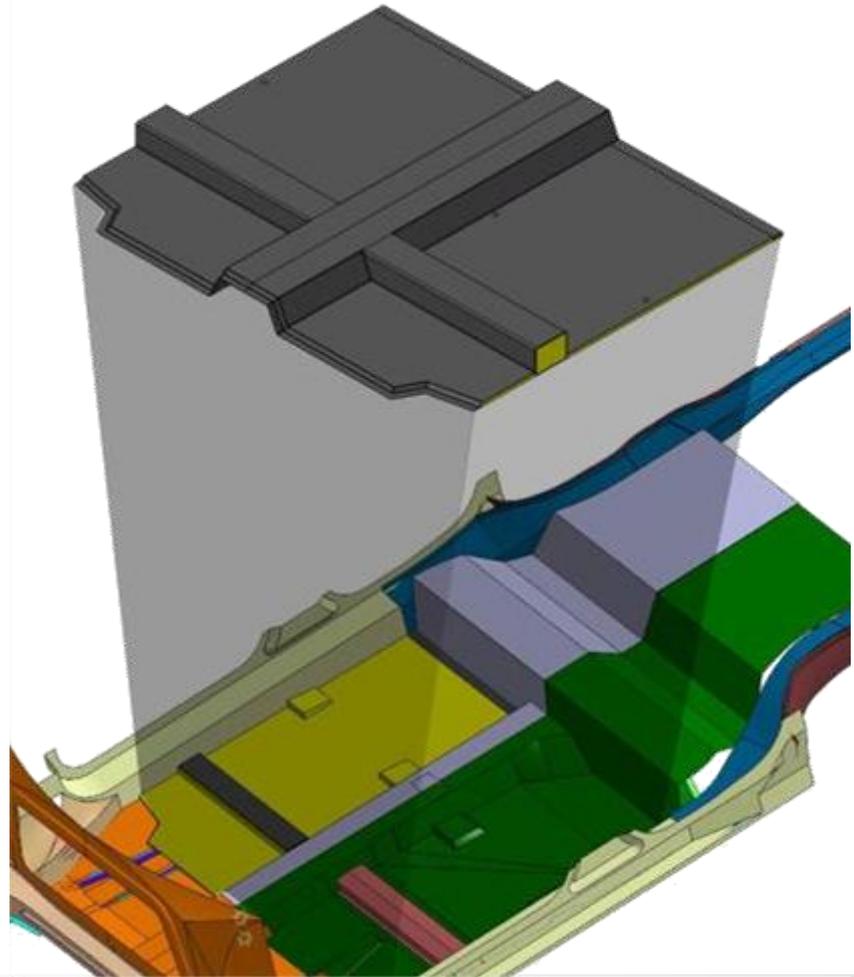
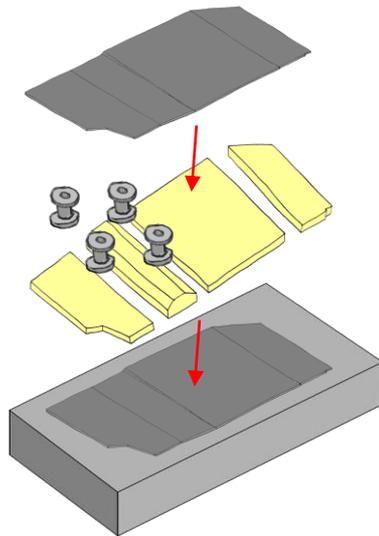


Quelle: Lotus

- Gestaltfestigkeit bei Frontal- und Seitencrash
- hohe Biege- und Torsions-steifigkeit

Zielbauteil Fahrzeugbodengruppe

- Flächiges Bauteil
- Lokale Aufdickungen
- Metallinlays
- Schaumkerne



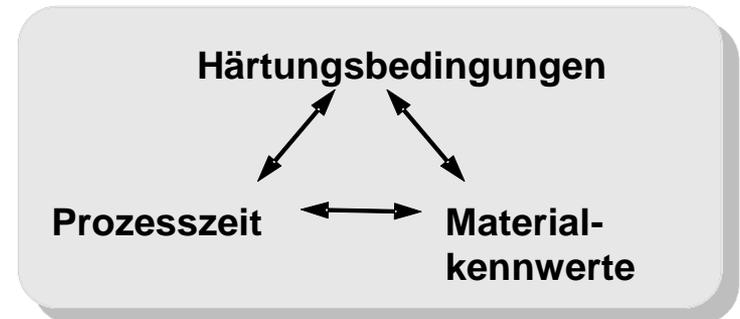
Harzsysteme (EP)

➤ 1K-Systeme

- Definierte Zusammensetzung
- Gekühlte Lagerung
- Rückstände in den Harzführenden Leitungen müssen entfernt werden
- Lange Aushärtezeiten

➤ 2K-Systeme

- Kurze Aushärtezeiten
- Keine Aushärtung der Komponenten
- Einsatz von internem Trennmittel oder Additiven möglich
- Konstantes Mischverhältnis gegen sich ändernden Forminnendruck muss gewährleistet sein



EVo- Prozesskette



Endkonturnahes Preforming

Primäre Preformingtechnologie

Innerhalb der Anlage hergestellte Preforms

- Zuschnitt von flächigem NCF
- Absammeln und Zwischenspeichern
- Automatisiertes Drapieren und Umformen von Einzellagen
- Verbinden und Konsolidieren von Subpreforms
- Lokale Kombination mit AFP/DFP (Erweiterung)

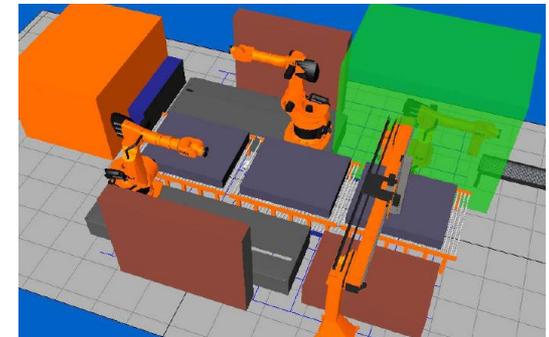
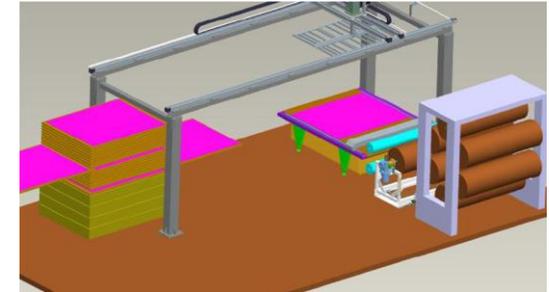
Sekundäre Preformingtechnologie

Zuführen von vorkonfektionierten Sub-Preforms und deren Verbindung

- Flechtschläuche
- Kontinuierlich umgeformte Sub-Preforms
- Sandwich-Kerne (Erweiterung)
- Metall-Inlays (Erweiterung)

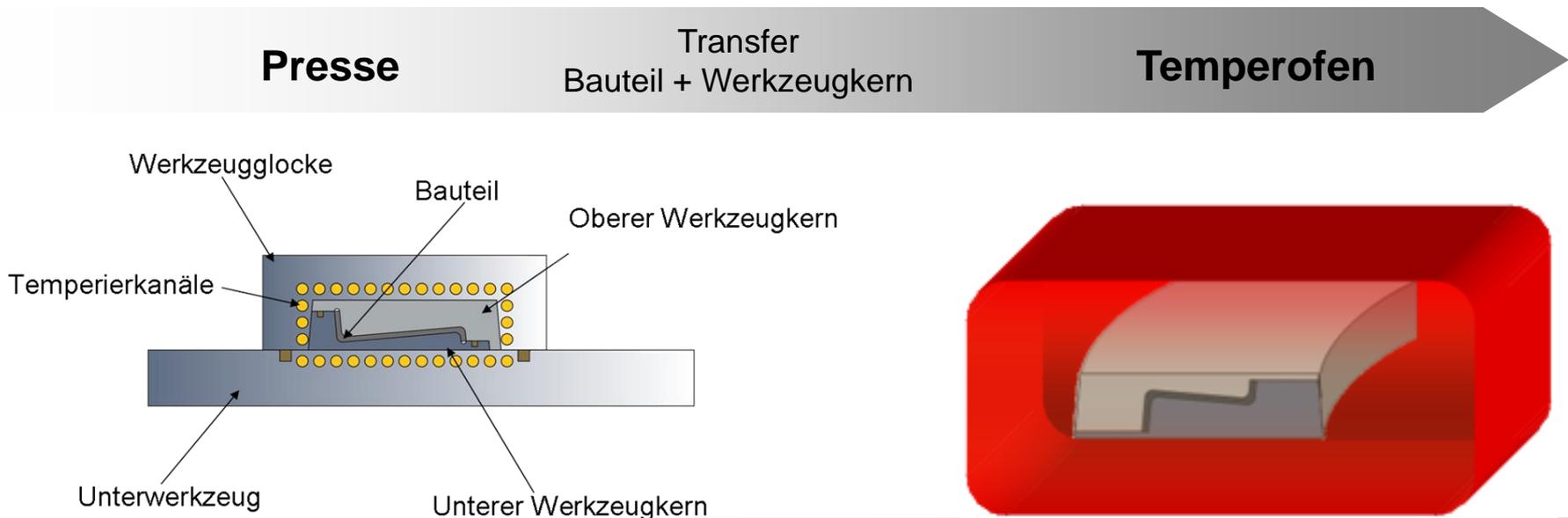
Feinbesäumung

- Laser oder bahngeführtes Ultraschallmesser



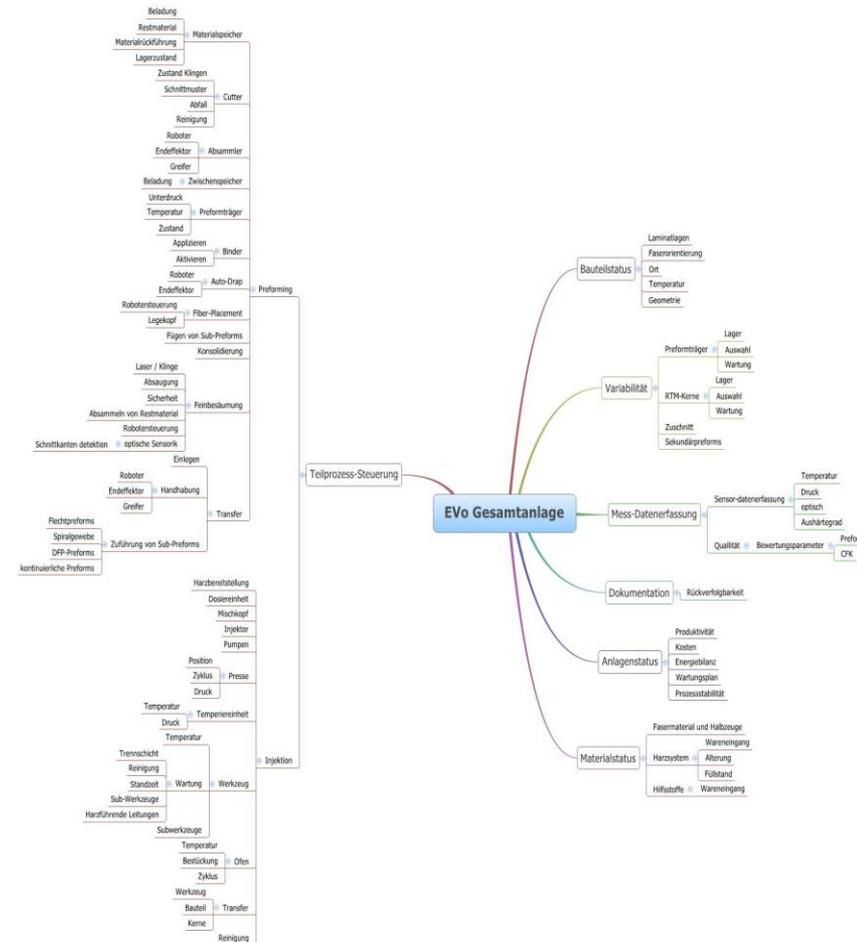
Injektion bei hohen Stückzahlen

- Flexibles Formwerkzeug mit variablen Kernen
- Injektionsanlage für 1K bis 3K-Matrixsysteme
- Presse mit fixierten äußeren Werkzeugkomponenten
- Gezielte Temperaturführung im Presswerkzeug
- 2-stufige Aushärtung
- Automatisierte Entformung und Reinigung des Werkzeugs



Anforderungen an ein übergeordnetes Anlagenkonzept

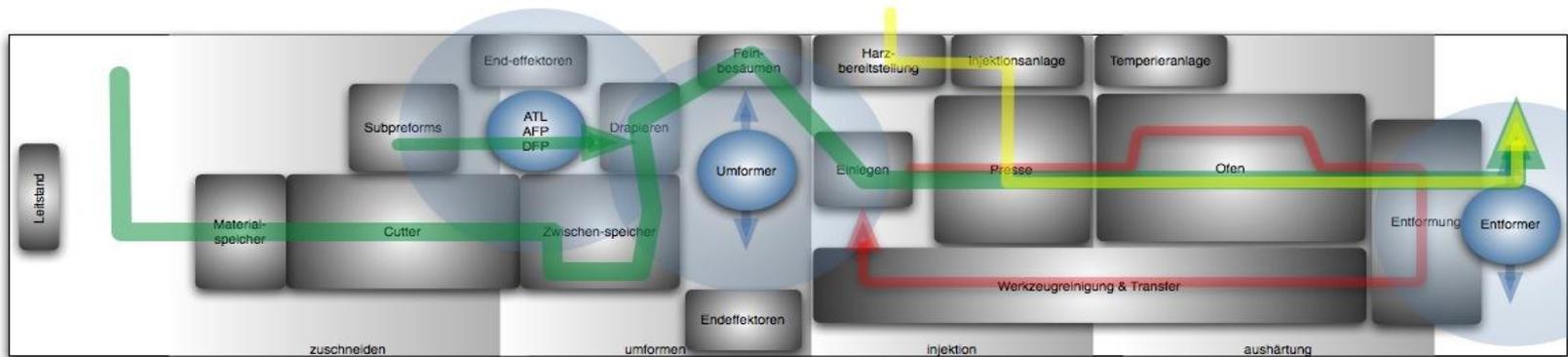
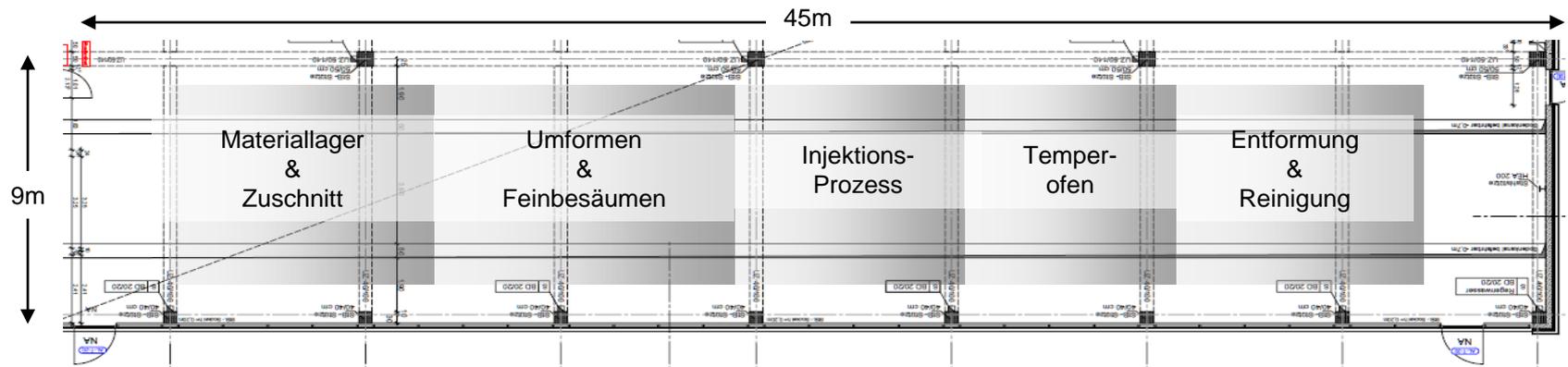
- Integration aller Teilanlagensteuerungen in einem Leitstand
- Sammeln relevanter Prozessdaten
 - *Maschinenparameter*
- Sammeln Messtechnischer Daten
 - *Sensorik, inline-QS*
- Auswertung und Bewertung von Daten
 - *Digitales Life-Data-Sheet*
- Rückführung der Erkenntnisse in den Prozess
 - *Prozessregelung*
- Wissenschaftliche Betrachtung des Zusammenhangs von Qualität, Produktivität und Wirtschaftlichkeit
 - *Prozessfenster*



EVo- Anlage

Inbetriebnahme und Verkettung bis Mitte 2012

Erstes vollständig automatisiert hergestelltes Bauteil bis Ende 2012



→ Fasermaterial

→ Harzmatrix

→ Werkzeug

Ziele und Abgrenzung des Projekts

➤ **Endkonturnahes Preforming**

- Automatisiertes Drapieren komplexer Geometrien
- Keine Nachbearbeitung am fertigen Bauteil
- Höhere Prozesssicherheit beim RTM-Prozess

➤ **Injektion bei hohen Stückzahlen**

- Faserschnelltränkung durch flächigen Anguss
- Senkung der Pressenbelegungszeit durch Temperprozess
- Hohe Variabilität durch mehrteiliges Werkzeugkonzept

➤ **Übergeordnete Prozesssteuerung**

- Inline-QS
- Virtueller Prozess
- Optimierung von Produktivität und Qualität

VIELEN DANK FÜR



IHRE AUFMERKSAMKEIT!



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

Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik
Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie