

## Projekt SAUBER 4.0: SMART & SUSTAINABLE RTM 4.0

### Motivation und Ziel

Im Rahmen des Forschungsprojektes SAUBER 4.0 wird eine Fertigungstechnologie für komplexe Großbauteile entwickelt, welche ökologische und ökonomische Kriterien gleichermaßen berücksichtigt. Schlüsselement zur Umsetzung dieses Ansatzes ist, die Anwendung der RTM-Technologie mit den Möglichkeiten der Digitalisierung sowie Berücksichtigung innovativer Preforming- und Werkzeug-Technologien weiterzuentwickeln. Das Gesamtziel des Vorhabens leitet sich somit als die „Entwicklung einer ganzheitlich vernetzten und öko-effizienten Produktion von komplexen Großbauteilen in RTM 4.0 Technologie für die Luftfahrt“ ab. Die Technologie grenzt sich somit klar vom heutzutage in der Luftfahrt vorherrschenden energieintensiven Prepreg-Autoklav-Verfahren für Großbauteile ab. Schwerpunkte im Projekt liegen in dem Preforming für Haut und Versteifungsprofile, der Untersuchung des 2K-RTM-Prozesses auf Subkomponenten-Ebene, der Konstruktion und Herstellung des Großbauteils, der Digitalisierung im Prozess sowie einer Nachhaltigkeitsbewertung. Das Faserinstitut Bremen e.V. arbeitet in den beiden Schwerpunkten Preforming und Großbauteil-Herstellung und setzt sich darin zwei Hauptziele:

1. Entwicklung von strukturmechanisch- und prozessoptimierten Preforms mittels Tailored Fibre Placement (TFP) -Technologie für Versteifungsprofile und
2. aufstellen von Multiphysik-Modellen für den Profil-Drapiervorgang, die Werkzeugaufheizung sowie den Injektionsvorgang.

Im Preforming hat die TFP-Technologie, verglichen mit der Verwendung üblicher Kohlenstofffaser-Gewebe, die Vorteile, die Rovings exakt lastgerecht abzulegen sowie den Verschnitt durch die endkonturnahe Fertigung zu reduzieren. Auf der anderen Seite kann das Werkzeug mittels der Simulation ausgelegt werden, sowie der Prozess digital abgebildet werden, um Prozessparameter anzupassen oder z.B. gewünschte Temperaturprofile für den Aushärtprozess zu generieren.

### Lösungsansätze

Der Preforming-Prozess wird über verschiedene Ansätze untersucht. Zuerst wird das Drapierverhalten verschiedener Halbzeuge experimentell charakterisiert. Parallel dazu soll ein Simulationsmodell aufgestellt werden, um den Formgebungsprozess laufend zu optimieren. Dann werden die speziell an die Formgebung und Faserausrichtung optimierten 2D-customized Preforms hergestellt. Begleitend wird ein QS-Konzept erarbeitet, basierend auf digitaler Bildanalyse. Dabei werden Faserorientierung gemessen sowie Fehlstellen wie Welligkeit, Gaps zwischen Rovings oder Ondulationen identifiziert. Damit kann der Umformvorgang bewertet werden und die Simulation wird validiert. Im Bereich Simulation des Werkzeugs wird das Heizkonzept entworfen sowie die Aufheizung berechnet. Verschiedene Heizkonzepte sollen je nach Aufheizgeschwindigkeit und Temperaturhomogenität bewertet werden. Des Weiteren wird der Füllvorgang mit unterschiedlichen Angusskonzepten simuliert und bewertet. Durch experimentelle Bestimmung der Permeabilität sollen die Infiltrationseigenschaften untersucht werden.

### Mögliche Anwendungen

Der RTM-Prozess kann für ein breites Spektrum an Bauteilen für die Luftfahrt eingesetzt werden. Für jede Bauteilgeometrie wird dabei ein eigenes Werkzeug benötigt. Dies bedeutet einen erhöhten Aufwand (Kosten und Energie) zu Beginn bei der Werkzeugherstellung. Sobald sich der Prozess in der Serienproduktion befindet, werden, verglichen mit dem Prepreg-Autoklav-Verfahren, Energie und Kosten in der Bauteilproduktion eingespart. So können Teile des Flügels wie das Wingtip, mittels RTM, wettbewerbsfähig hergestellt werden. Die Verstärkungsprofile (s. Abbildung unten) sowie die Haut können separat pre-geformt werden und dann zusammen im Werkzeug zu einem integralen Bauteil gefügt werden. Das Anwendungsspektrum ist durch die Kombination verschiedener Harzsysteme mit komplexen Werkzeuggeometrien sehr breit gefächert. Das FIBRE kann in SAUBER 4.0 seine Erfahrung und Kompetenz in den Bereichen TFP, Preforming, Materialcharakterisierung, digitale Bildanalyse und Simulation ausbauen, die für zukünftige Projekte hilfreiche Erkenntnisse liefern können.



Mögliche doppelgekrümmte Profilgeometrie für TFP-Preform

### Ansprechpartner

Adli Dimassi · Telefon: +49(0)421 218-59678 · dimassi@faserinstitut.de  
Gero Förster · Telefon: +49(0)421 218-59675 · foerster@faserinstitut.de

### Gefördert durch

Luftfahrtforschungsprogramm Niedersachsen (NBank)

### Projektpartner

- Faserinstitut Bremen e.V. (Niederlassung Stade)
- Airbus Operations GmbH Stade; CTC GmbH Stade
- DLR, Fraunhofer IFAM & WKI, HSU
- NAEEXT, Frimo, KraussMaffei, Netzsch, Stadler+Schaaf, InFactory Solutions

### Faserinstitut Bremen e.V.

Das Faserinstitut Bremen e.V. nimmt Forschungs- und Entwicklungsaufgaben auf den Gebieten der Prüfung, Weiterentwicklung und Verarbeitung von Fasern, textilen Halbzeugen und Faserverbundwerkstoffen wahr. [Das Kompetenzfeld Modellbildung und Simulation](#) widmet sich der Entwicklung von innovativen Simulationsverfahren für die Betrachtung von Faserverbundstrukturen und Herstellungsprozessen. Darüber hinaus werden Verfahren für die Prozess- und Strukturüberwachung (SHM) entwickelt