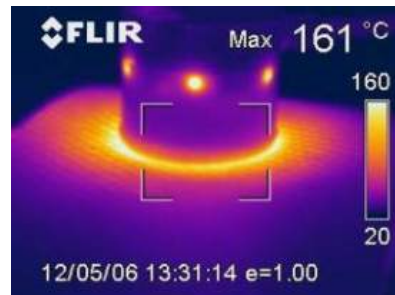


Prozessbeschleunigung durch Induktion

T. Ströhlein

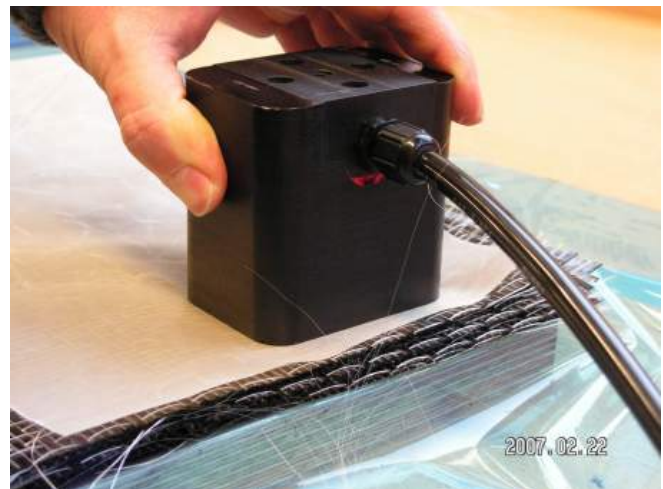


Agenda

Einleitung

Anwendungen

- manuelles Preformen
- automatisiertes Preformen



Induktives Preformen - Einleitung

Überblick

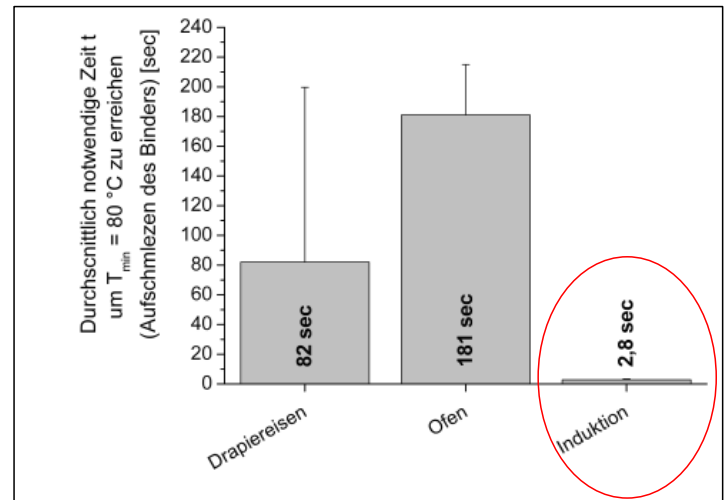
- erste Erwähnung der Möglichkeit der induktiven Erwärmung in CFK 1986 [Ben86]
- Forschung konzentrierte sich bisher auf Prepreg- und Thermoplaste

Gründe für induktive Erwärmung

- bis zu 1000x schneller als über Strahlung (bei Metallen)
- volumetrisch (bei CFK)
- selektiv
- berührungslos
- energetisch effektiv
- kostengünstig in der Anschaffung
- bereits etabliert in anderen Bereichen

Bekannte Anwendungen für FVW

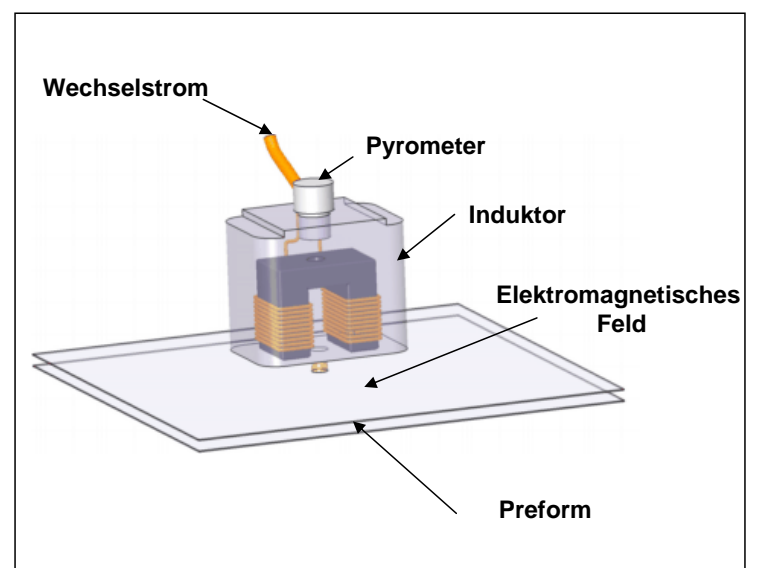
- Fügen von Faserverbundbauteilen
- Reparatur von Strukturen und Panzerungen
- Fließhilfe bei Harzinjektion
- Formen von thermoplastischen Prepregs



Induktives Preformen - Einleitung

Definition

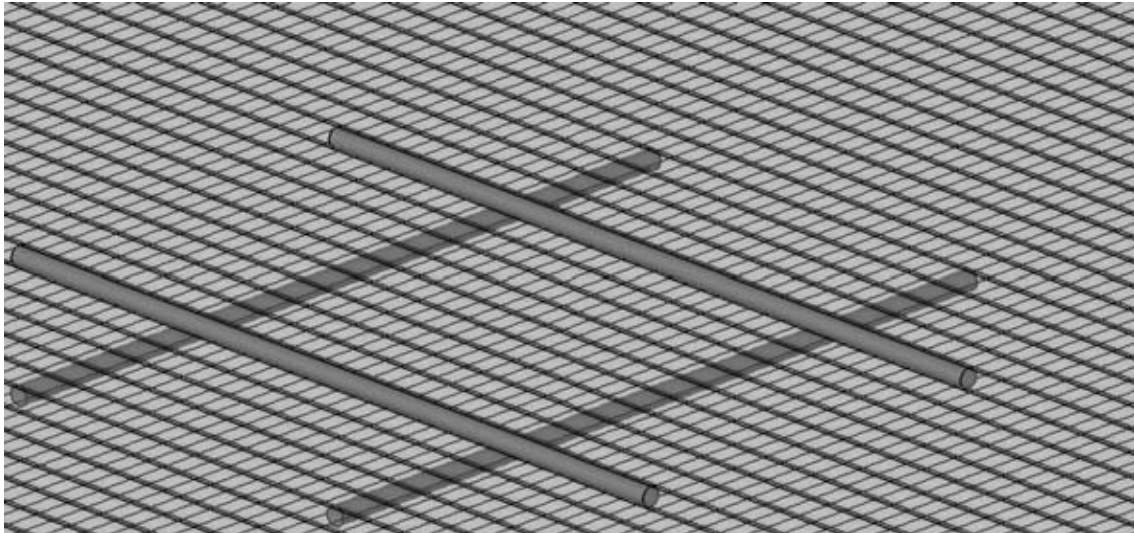
- Transformatorprinzip
- durch das Wechselstrommagnetfeld in einer Arbeitsspule („Induktor“) wird ein elektromagnetisches Feld erzeugt
- dieses Feld erzeugt einen umlaufenden Strom in den elektrisch leitenden Fasern der Preform
- durch den elektrischen Widerstand erwärmt sich das Material



Induktives Preformen - Einleitung

Wirkung:

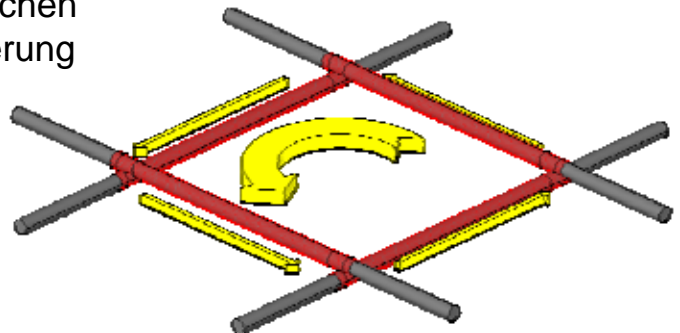
- 3 Heizmechanismen:
 - Fasererwärmung durch Leitungswiderstand (Joulesche Verluste)
 - Erwärmung der Kreuzungspunkte durch dielektrische Hysterese
 - Erwärmung der Kreuzungspunkte durch Kontaktwiderstand



Induktives Preformen - Voraussetzungen

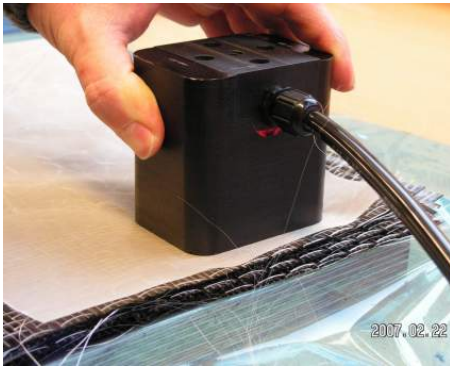
Voraussetzungen für effektive Erwärmung:

- Leiterschleifen: **Kontakt zwischen Fasern unterschiedlicher Orientierung**
 - Geringer Kontaktwiderstand zwischen Fasern unterschiedlicher Orientierung
 - Kontaktwiderstand kann durch Kompaktieren verringert werden
- Angepasste Induktoren
 - Abhängig vom gewünschten Erwärmungsbereich
- Frequenzbereich: **1..100 kHz (abhängig von gewünschter Eindringtiefe)**
 - Je höher die Frequenz desto geringer die Eindringtiefe

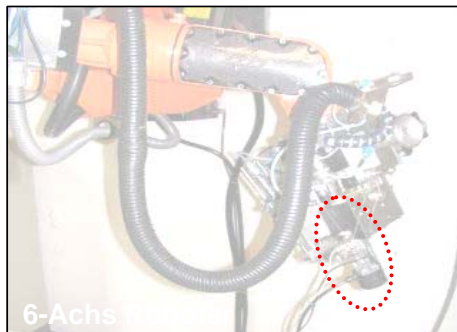
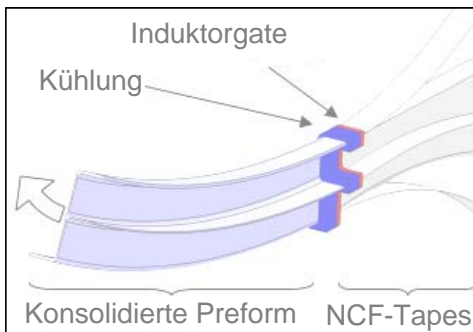
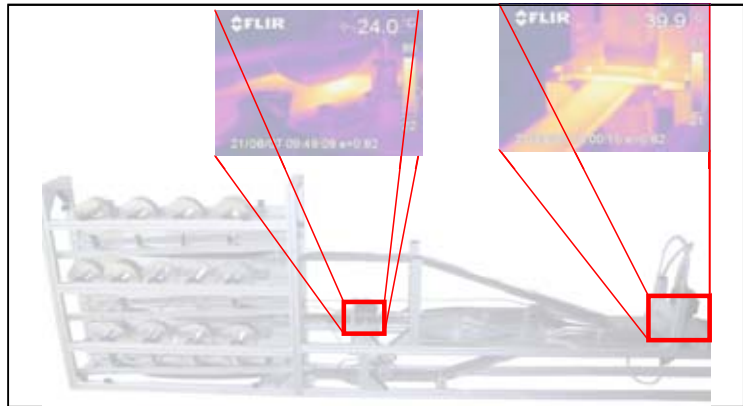


Induktives Preformen - Anwendungen

1.Schritt: Manuelles Preformen



2.Schritt: Kontinuierliches Preformen



3.Schritt: 3D Preformen

Anwendungen: Manuelles Preformen

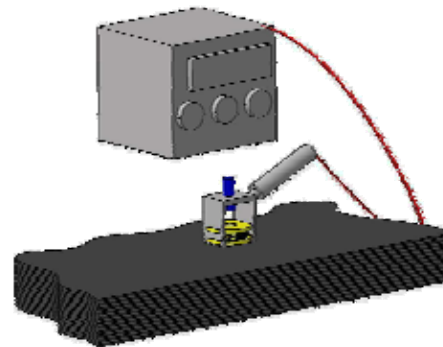
1.Schritt: Manuelles Preformen

Prinzip:

- Ersatz des Bügeleisens oder Strahlers durch Induktor

Vorteile:

- kürzere Prozesszeit
- automatisierbar
- höhere Permeabilität der Preform
- geringe Anschaffungs- und Energiekosten



Frequenz-generator
Messgerät
Induktor
Preform

Anwendungen: Manuelles Preformen

1.Schritt: Manuelles Preformen



DLR Forschungen (bereits erfolgt)

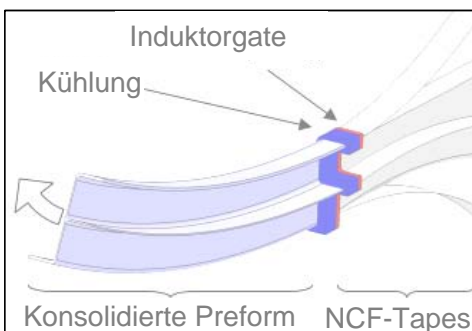
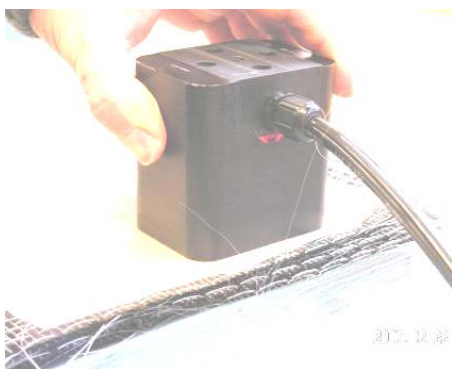
- Nachweis der Nichtschädigung der Schlichte und Fasern (per REM)
- Untersuchung der Einflussparameter
 - Lagenaufbau
 - Fasertyp
 - Bindertyp
 - Kompaktierung
 - Frequenz und Leistung
 - Suszeptoren

DLR Forschungen (in Arbeit)

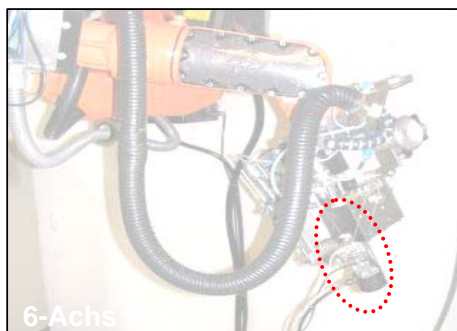
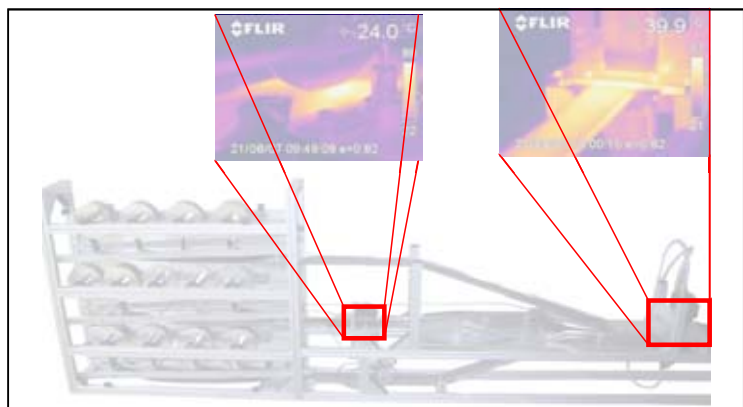
- Nachweis der Nichtschädigung der Schlichte und Fasern (mechanische Kennwerte)
- Entwicklung geeigneter Induktoren und Anlagentechnik für Serieneinsatz

Induktives Preformen - Anwendungen

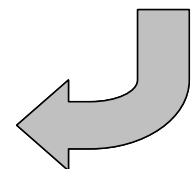
1.Schritt: Manuelles Preformen



2.Schritt: Kontinuierliches Preformen

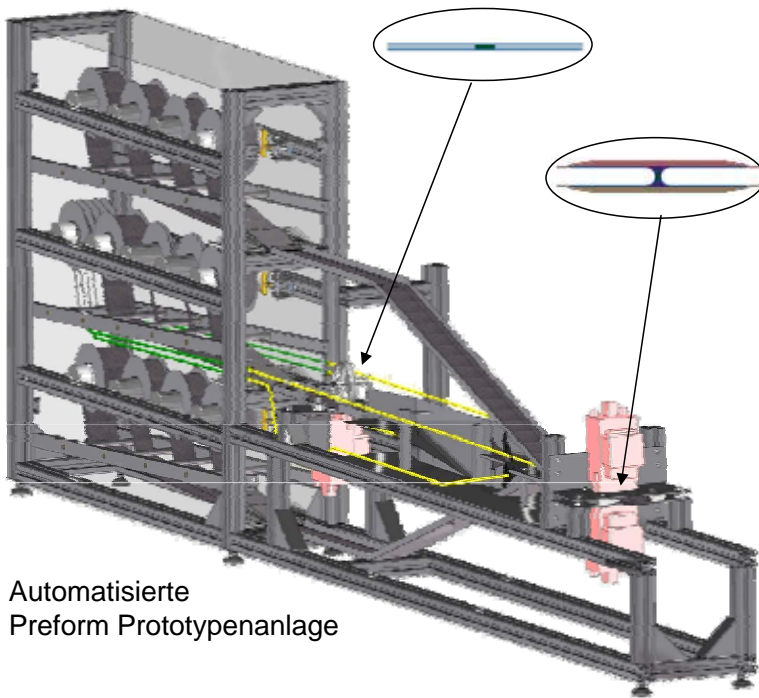


3.Schritt: 3D Preformen



Anwendungen: Automatisiertes Preformen

2.Schritt: Kontinuierliches Preformen gerader Profile



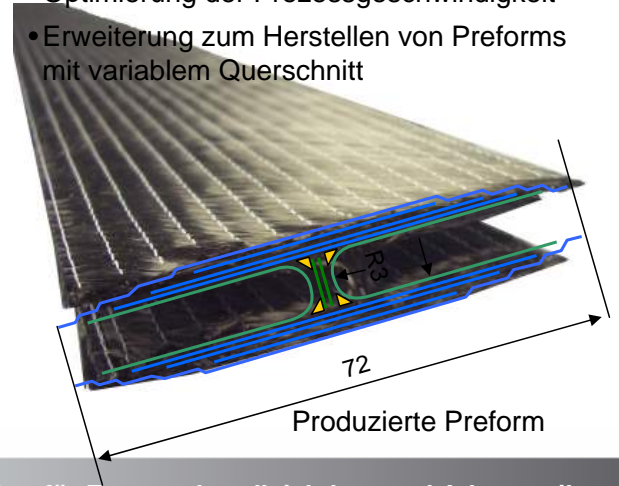
Automatisierte Preform Prototypenanlage

DLR Forschungen (bereits erfolgt)

- Entwicklung und Erprobung einer Prototypenanlage mit 3 Induktoren zum kontinuierlichen Konsolidieren des Binders

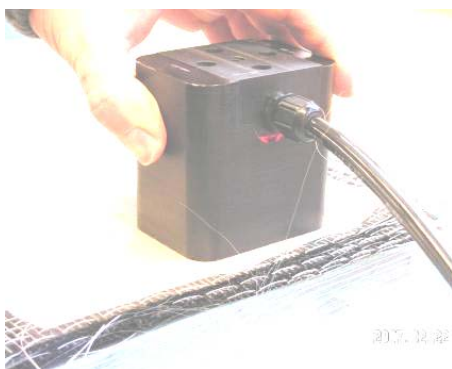
DLR Forschungen (in Arbeit)

- Kopplung der Preformanlage mit Pultrusionsanlage
- Optimierung der Prozessgeschwindigkeit
- Erweiterung zum Herstellen von Preforms mit variablem Querschnitt

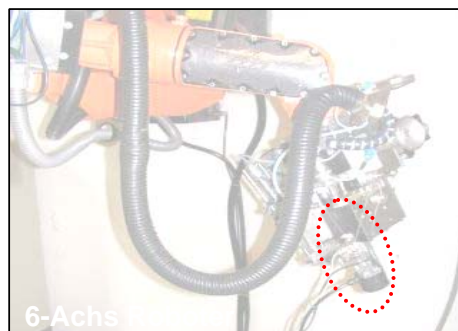
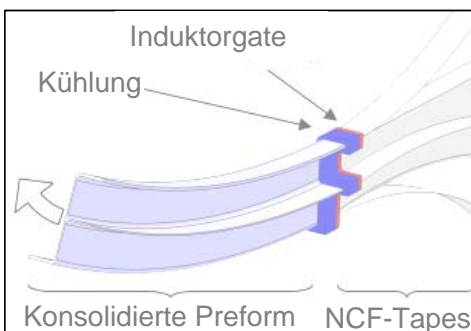
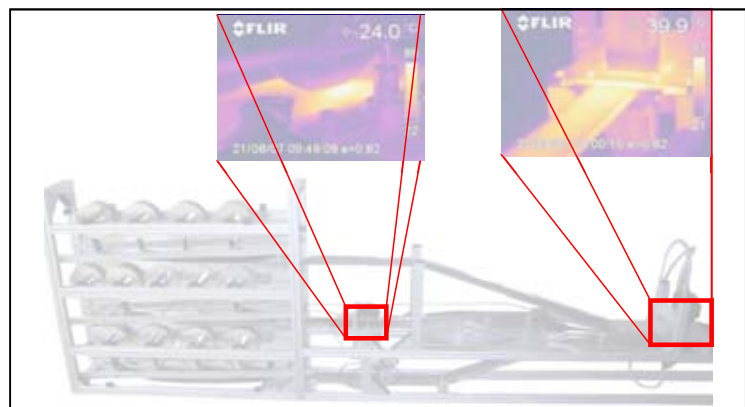


Induktives Preformen - Anwendungen

1.Schritt: Manuelles Preformen



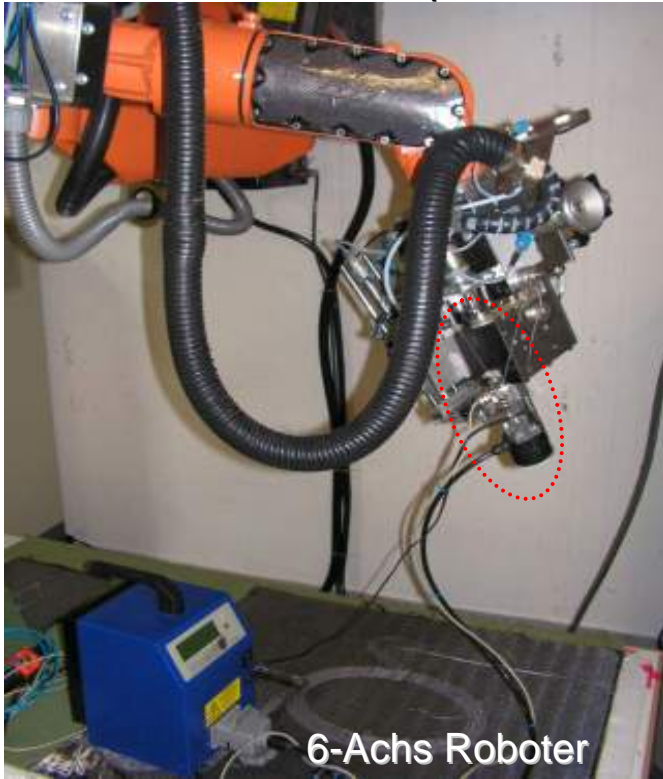
2.Schritt: Kontinuierliches Preformen



3.Schritt: 3D Preformen

Anwendungen: Automatisiertes Preformen

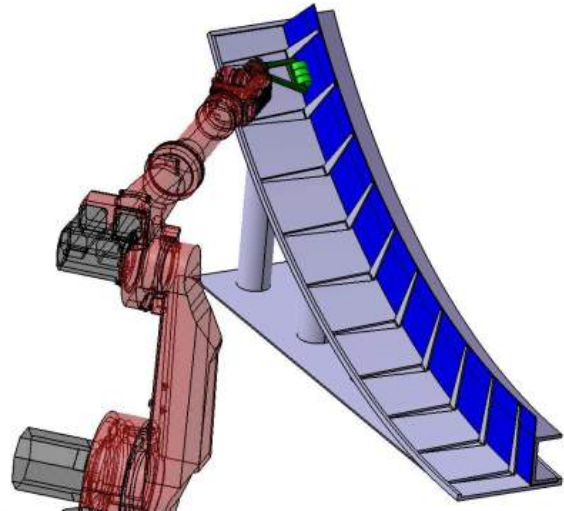
3.Schritt: 3D Preformen (diskontinuierlich)



6-Achs Roboter

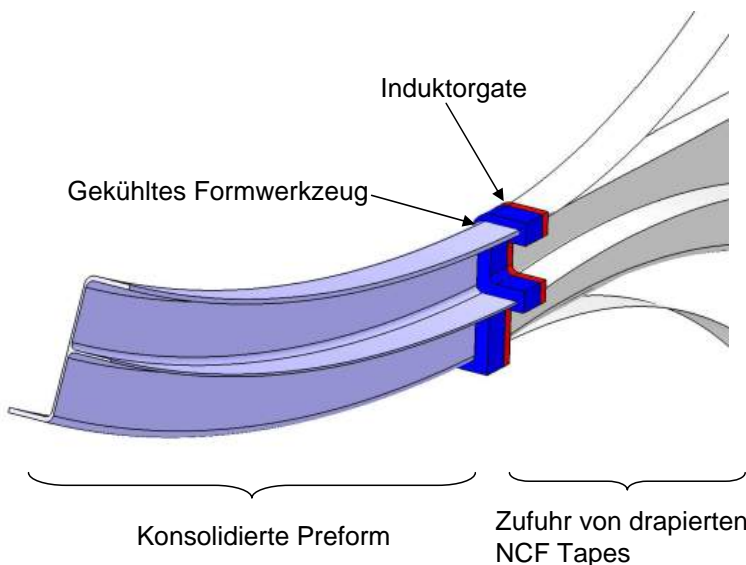
DLR Forschungen (Geplant)

- Entwicklung eines Roboter-Manipulatorkopfes zum Greifen und Konsolidieren von Einzelschichten
- Erprobung an realer Preform, z.B. für Spante



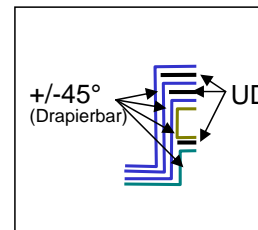
Anwendungen: Automatisiertes Preformen

3.Schritt: 3D Preformen (kontinuierlich)



DLR Forschungen (Geplant)

- Validierung der Konzepte



Querschnitt