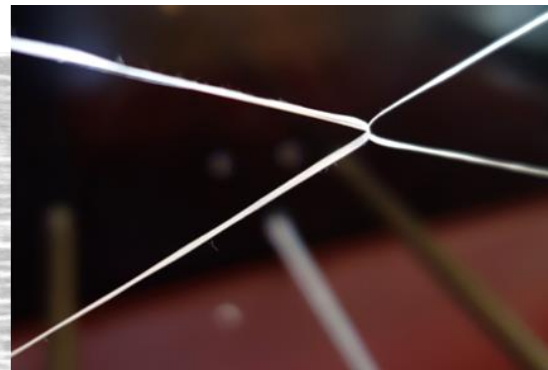
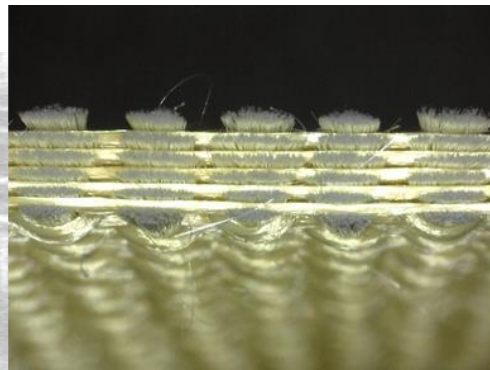
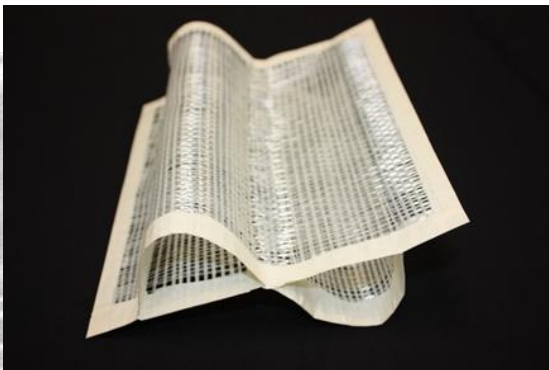


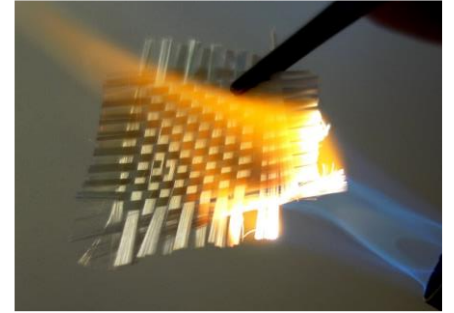
# Anforderungsgerechte, endkonturnahe Preforms in Keramikverbundwerkstoffen

Silke Grosch, Prof. Dr.-Ing. Frank Ficker

Fraunhofer-Institut für Silicatforschung, Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL,  
Anwendungszentrum Textile Faserkeramiken TFK



# Themenübersicht



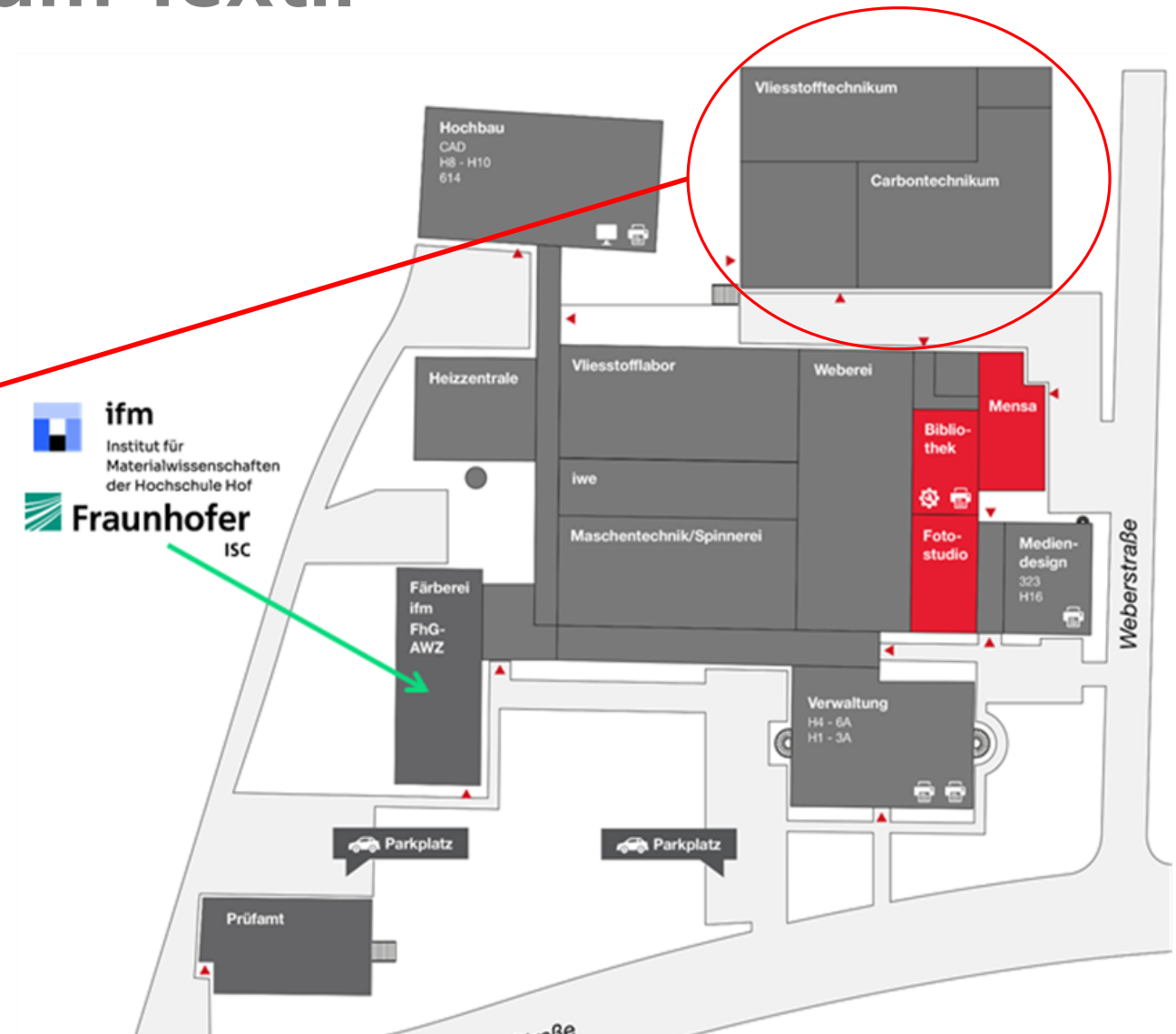
- **Kompetenzzentrum Textil in Münchberg**
- **Automatisierbare Prozesskette für Faserverbunde**
- **Chancen und Herausforderungen bei der Herstellung von Low-Cost-Preforms**
- **Textiltechniken**
- **Textilprüfung**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Neues Kompetenzzentrum Textil am Campus Münchberg

Einweihung 09/2020, Nutzfläche von 937 m<sup>2</sup>



- Vliesstoff- und Carbontechnikum
- Umsetzung und Lehre von Industrie 4.0
- moderne Maschinenteknik ausgelegt auf die Anforderungen der Industrie



# Neues Kompetenzzentrum Textil am Campus Münchberg



# Automatisierbare Prozesskette für Faserverbunde mit hochtemperaturbeständiger Matrix

Faser



Bauteil





# Chancen und Herausforderungen

## Herstellung von Low-Cost-Preforms

### PREFORM

- geringe Materialkosten gegenüber keramischen Fasern
- sehr steif und spröd
- Faserbruch und Faserflug und -verlust
- hohe Zuglasten bei der Verarbeitung
- Realisierung kleiner Biegeradien
- ➔ besonders anspruchsvolle Verarbeitung in textilen Prozessen
- ➔ Modifikation und Optimierung der Maschinen- und Prozessparameter



### BAUTEIL

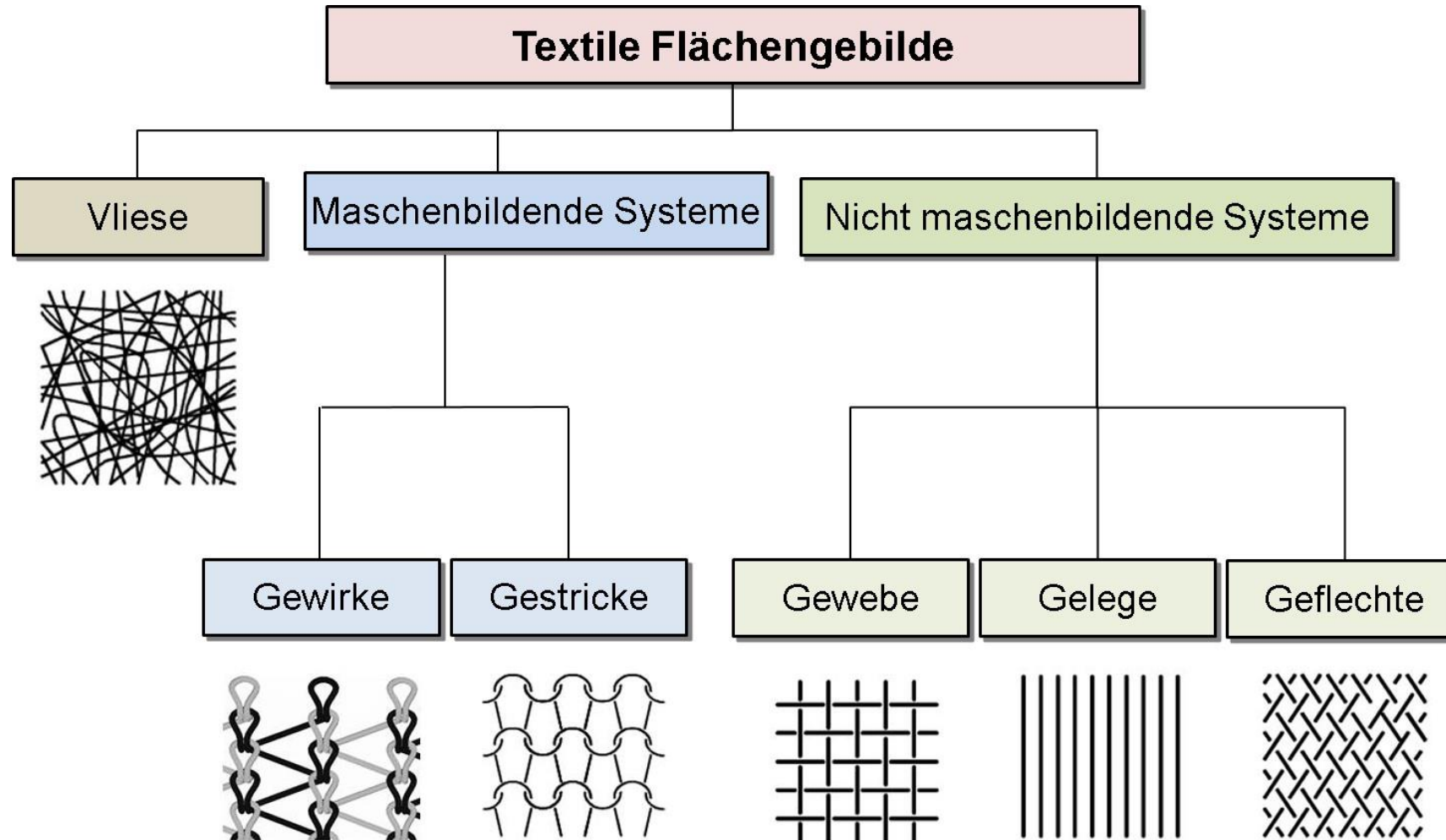
Im Vergleich zu monolithischer Keramik:

- Verbesserung der Bruchzähigkeit, Schadenstoleranz, Schlagbelastungsfähigkeit, Korrosions-, Verschleiß-, Thermoschockbeständigkeit, Lebensdauer

# Chancen und Herausforderungen Herstellung von Low-Cost-Preforms

- **Ziel:**  
Entwicklung von textilen Strukturen (u. a. Preforms aus anorganischen Mehrlagengeweben) für CMC mit besserer Verfügbarkeit und höherer Qualität bei geringeren Kosten
- **Lösungsweg:**
  - Schlichteentwicklung für anorganische Fasern
  - Bindungsentwicklung für gut drapierbare und infiltrierbare Strukturen
  - Maschinenanpassung auf anorganische Fasern
  - Prozessentwicklung z. B. für mehrlagige Gewebe
  - Anpassung der Prüftechnik
- **Anwendungsgebiete:**
  - Rohre für HT-Anwendungen
  - Brandschutzanwendungen

# Überblick textile Flächengebilde



Quelle: VERBUNDWERKSTOFFE – WERKSTOFFVERBUNDE, D. Nestler



# Automatisierbare Prozesskette für Faserverbunde mit hochtemperaturbeständiger Matrix

Faser



Bauteil



# Anlagen des Textiltechnikums

## Rovingvorbereitung

- Aufspreizen
- Schlichten



Beschlichtungsanlage

## Weben

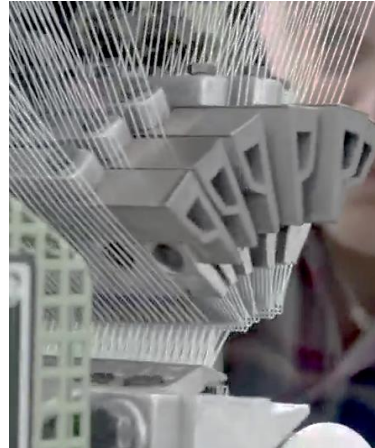
- Schaft-, Jacquard-Multiaxialgewebe (ORW)
- Laborwebstühle
- Doppelgreiferwebmaschine für Abstandsgewebe



Greiferkopf einer Webmaschine

## Stricken/Wirken

- Wirkmaschinen u. a. für Abstands- und Drahtgewirke
- Rund- und Flachgestricke
- Kuliergewirke



Wirkmaschine

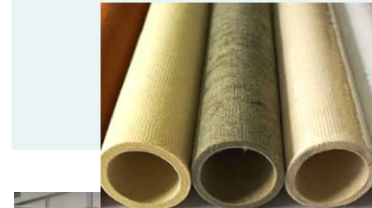
## Vliesherstellung

- Nassvlies
- Nadelvlies
- Krempeltechnologie
- Wasserstrahlverfestigung
- Thermofusion
- Streupuder



Nassvlies

- Rundvernadelung für textile Halbzeuge, z. B. orbitale Gestänge



Rundvernadelung

## Flechten

- Rundgeflechte
- Flachgeflechte
- Verzweigungsgeflechte
- Packungsgeflechte



Varioflechter



# Schichten von Rovings

## Ziele:

- Minimierung der Faserschädigung, nötig auch bei niedrigen Verarbeitungsgeschwindigkeiten
- Optimierung der Verarbeitungseigenschaften
- Auswahl der Schlichte im Abhängigkeit vom textilen Herstellprozesses
- Spreizen der Fasern vor der Aufbringung der Schlichte, falls erforderlich

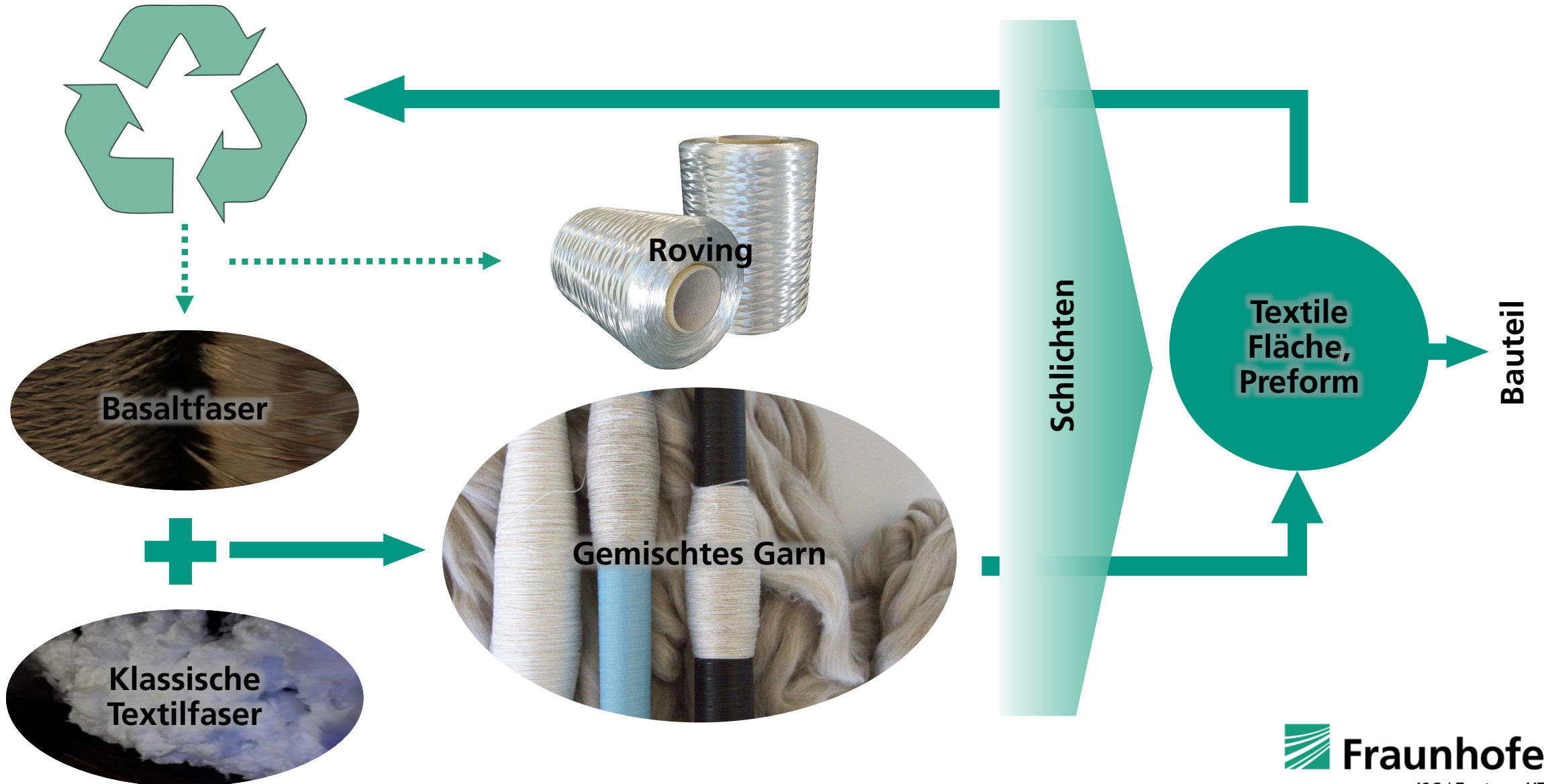
## Verbesserung von:

- Gleiteigenschaften
- Verarbeitungseigenschaften
- Reduzierung der Faserbruchneigung



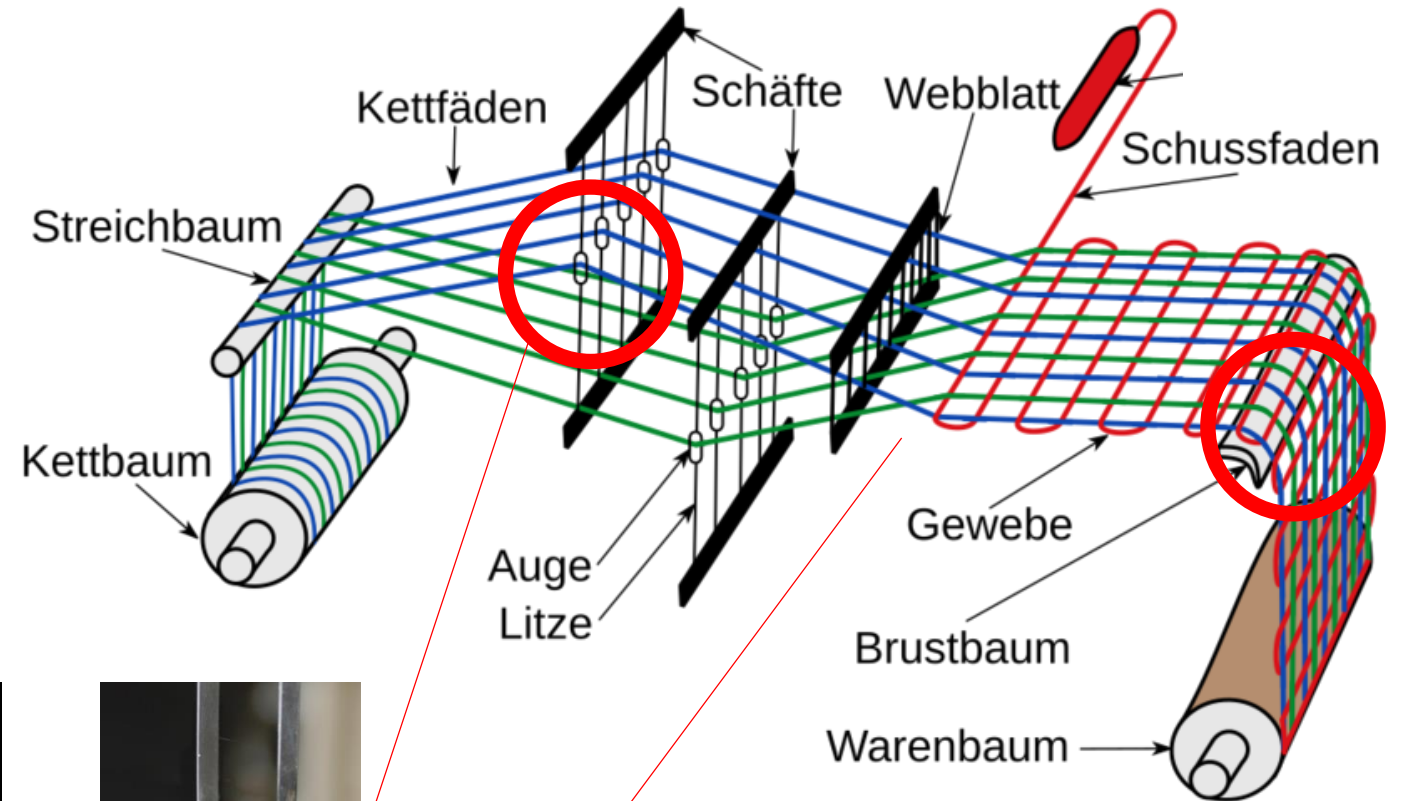
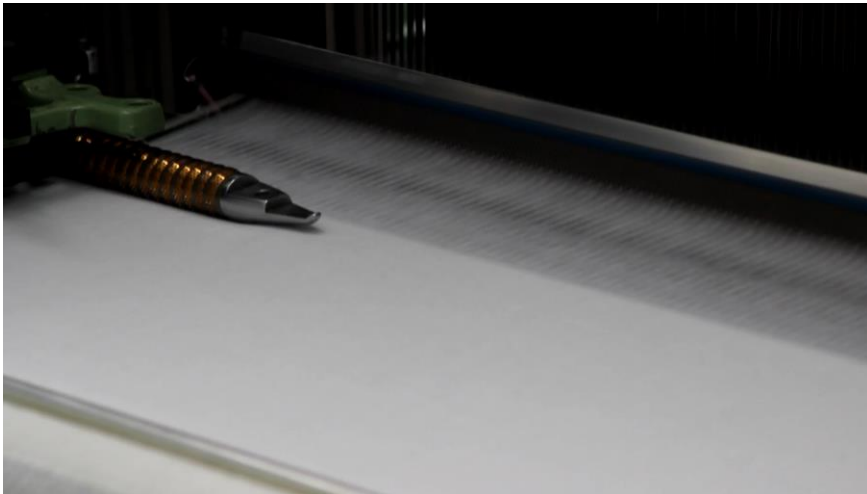


# Garnherstellung



# Weben

- Anpassungen der
  - Litzen für Rovings
  - materialspezifische Messer
  - geeignete Greiferköpfe
- Umlenkungen vermeiden, bzw. Winkel vergrößern
- tangentialer Roving-Abzug von den Spulen (statt über Kopf)



Quelle: <https://www.wikiwand.com/de/Webmaschine>

# Weben

## Laborwebanlage mit Gatter

... ist ideal geeignet für Vorversuche.

**Vorteile: geringe Materialmengen, hohe Flexibilität in der Bindungsgestaltung**

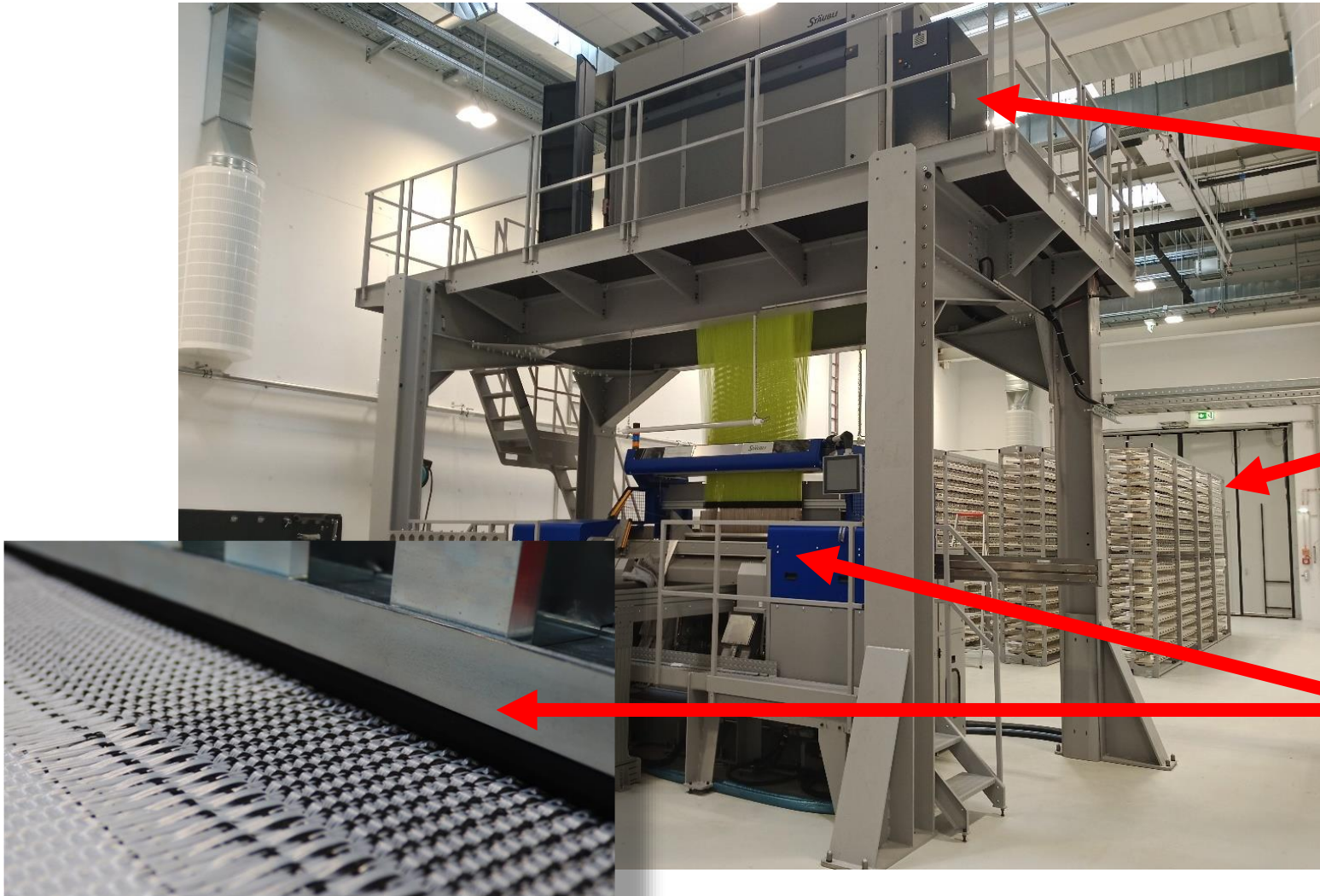
- **Gatter mit 240 Spulstellen (Teilbesatz möglich)**
  - **Kettfädenlänge (10 m + Gewebelänge)**
  - **Möglichkeit zum Umspulen**
- **Laborwebanlage**
  - **24 Schäften**
  - **halbautomatisch (manueller Schusseintrag; programmierbare Schaftbewegung)**
  - **max. Gewebebreite: 40 cm**





# Weben

## Doppelgreiferwebmaschine mit Einzelfadensteuerung



### Unival 100 -

Fachbildeeinrichtung mit Einzelfadensteuerung (inkl. variabler Höhe des Fachhubs)

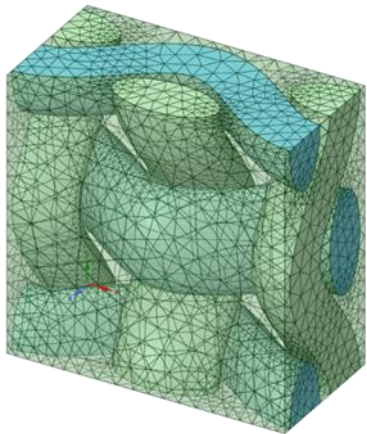
### Gatter

mit über 4000 Spulstellen – davon über 1000 Spulstellen speziell für empfindliche Materialien wie anorganische Fasern

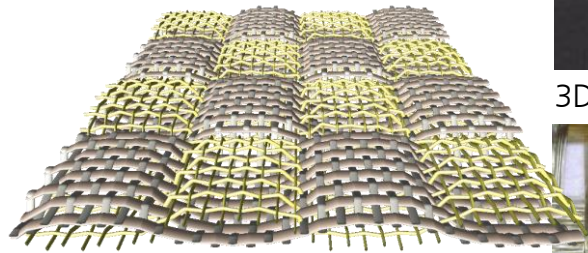
**Linearer Warenabzug** beste Voraussetzungen für die Fertigung von 3D-Gewebe

# Weben

## Beispiele Webstrukturen



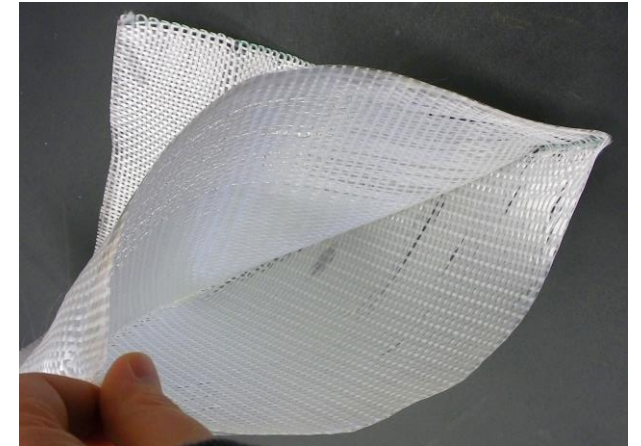
Multiskalenmodell



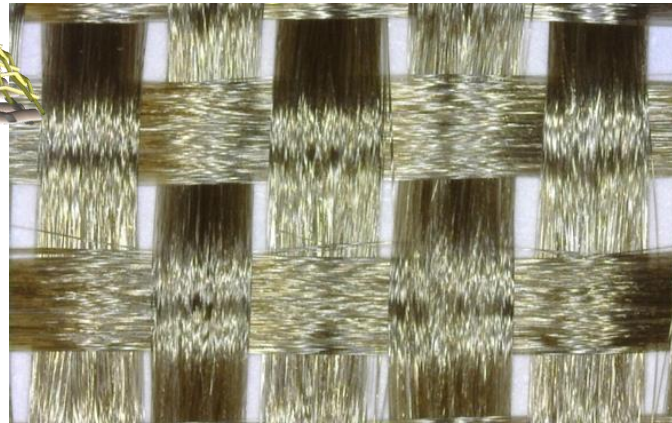
EAT-Bindungssimulation



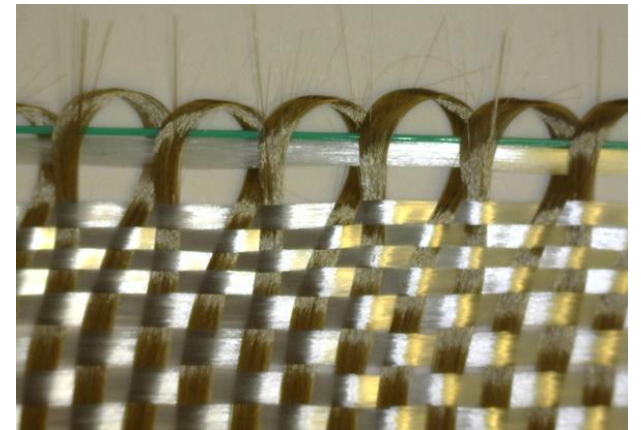
3D-Gewebe



Gewebte Tasche



Gewebe aus Basaltfasern



Webkante mit Filamentbruch



# Weben

## Beispiele Webstrukturen

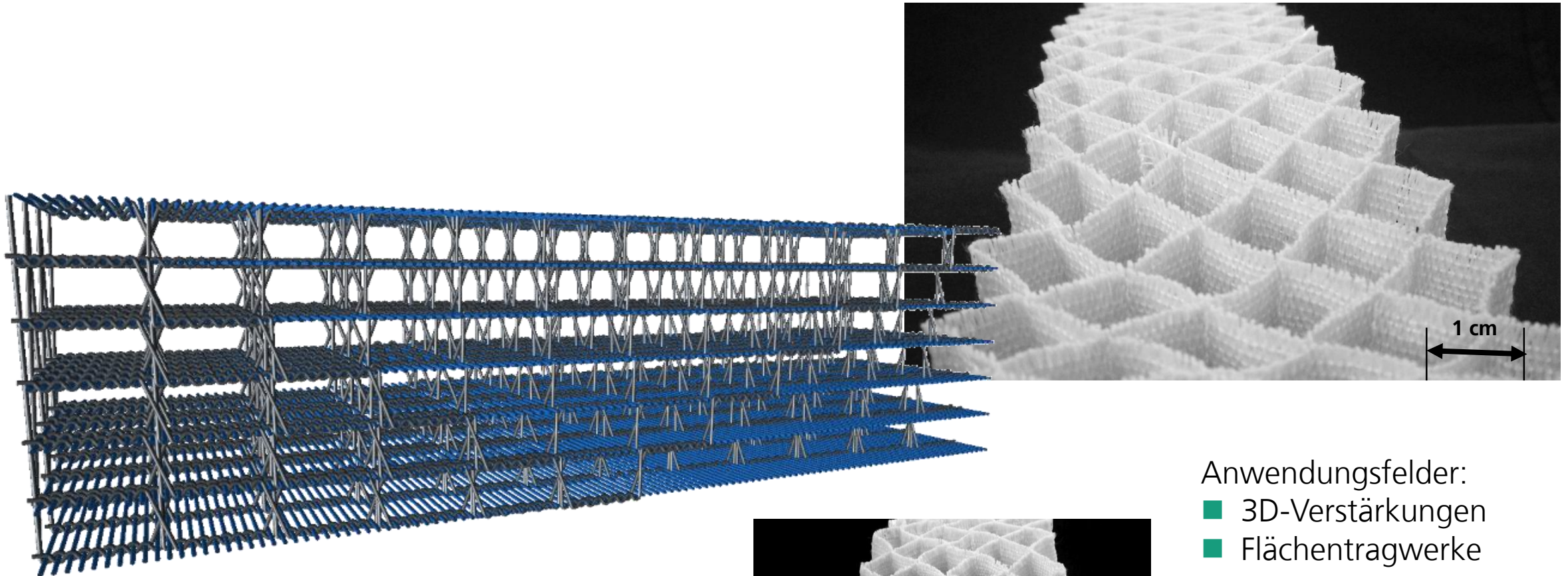


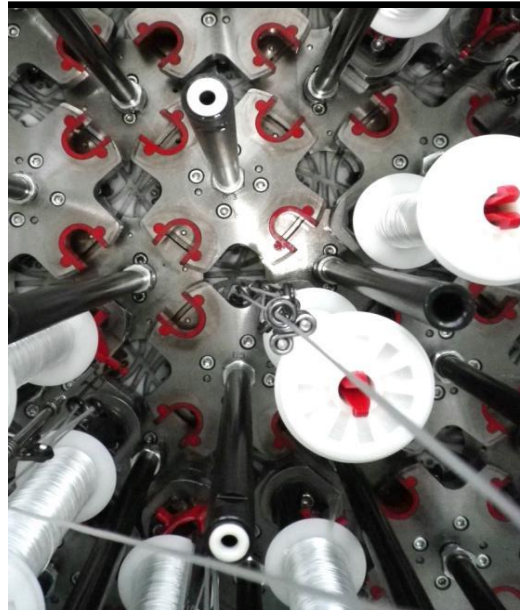
Abb. links: EAT-Simulation, rechts: mehrlagigen Gewebes

- Anwendungsfelder:
- 3D-Verstärkungen
  - Flächentragwerke

# Flechten

## Variationsflechter

- 4 x 4 Flügelräder
  - bis zu 32 Klöppel
  - 24 pneumatische Schaltweichen
  - 9 Kernzuführungen
  - 16 Stehfadenzuführungen
- 
- Modifikation durch
    - spezielle Klöppel



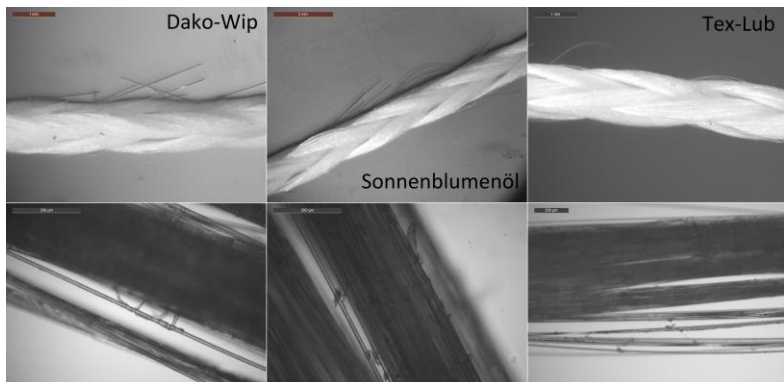
## Radialflechter

- 9 m Durchmesser
- ca. 200 Klöppel



# Flechten

## Strukturen aus anorganischen Materialien



# Vliesherstellung

## Nassvliesherstellung



Stapelfasern



Faserauflösung im Pulper



Nasses Vlies auf Produktionsanlage



Vliesanlage

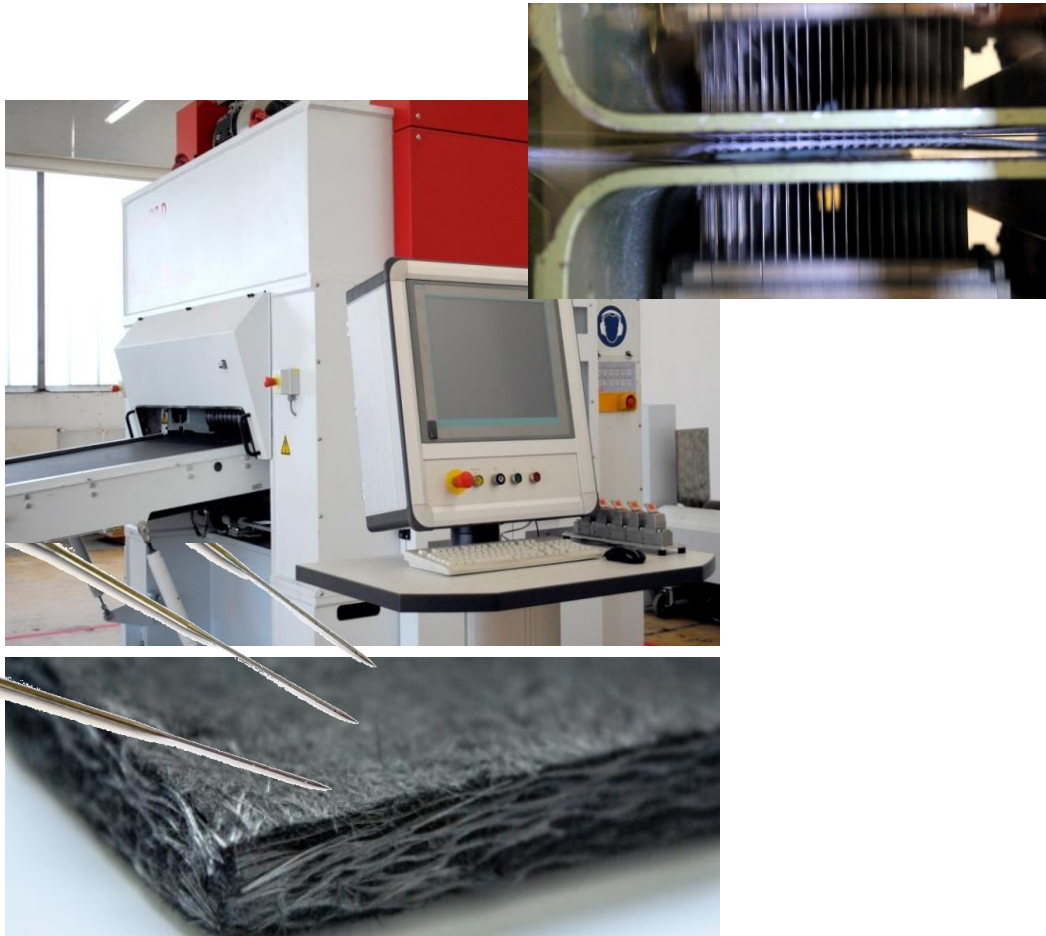


Preform

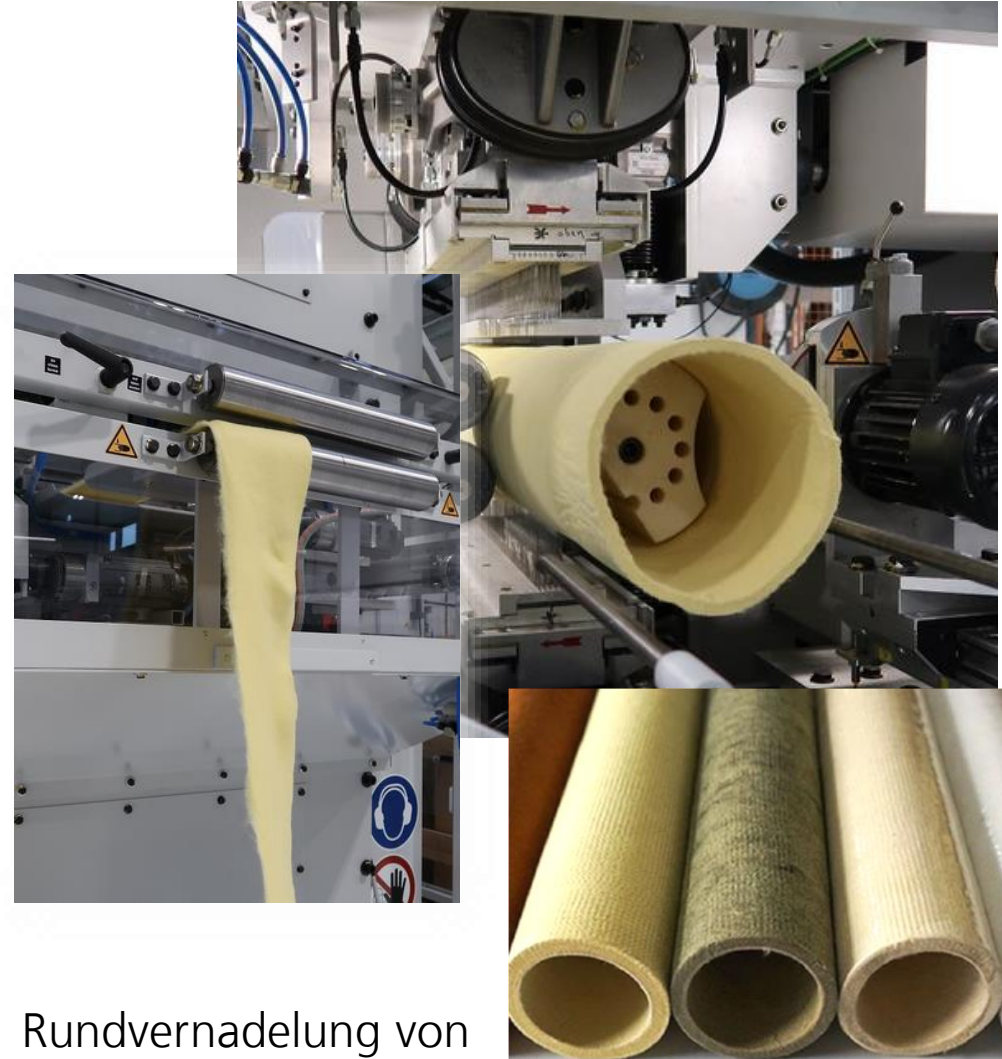


# Verfestigung und Verbindungen in Z-Richtung

## Vernadeln



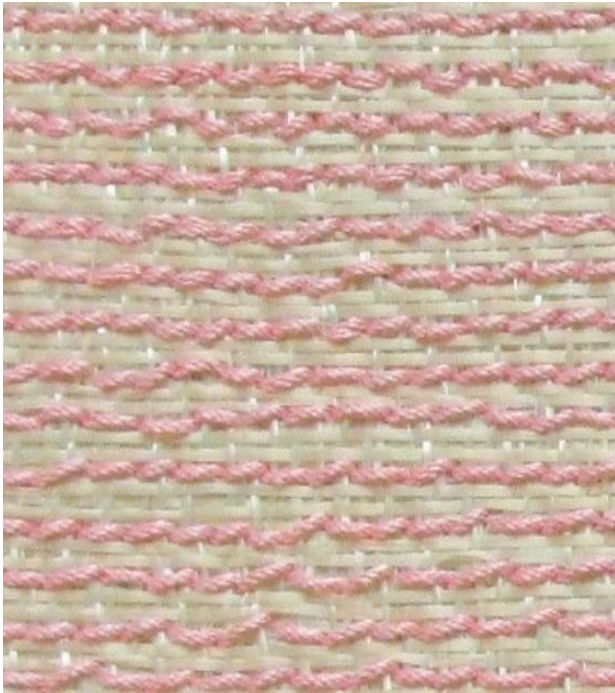
Autefa-Vernadelungsanlage



Rundvernadelung von Rohrstrukturen

# Verfestigung und Verbindungen in Z-Richtung

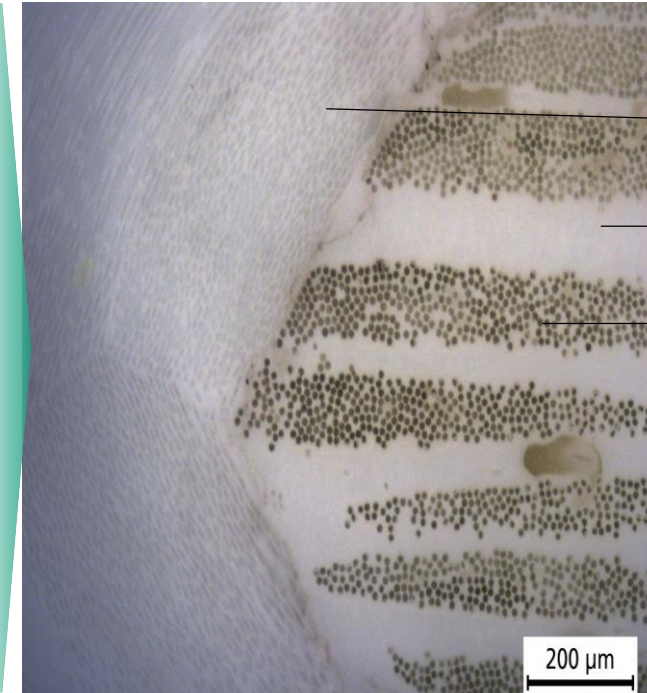
## Vernähen



Vernähte Preform



Gesintertes CMC



Mikrostrukturaufnahme

Nähfaden  
Schlicker  
Rovingfilamente

200 μm

# Automatisierbare Prozesskette für Faserverbunde mit hochtemperaturbeständiger Matrix

Faser



Bauteil

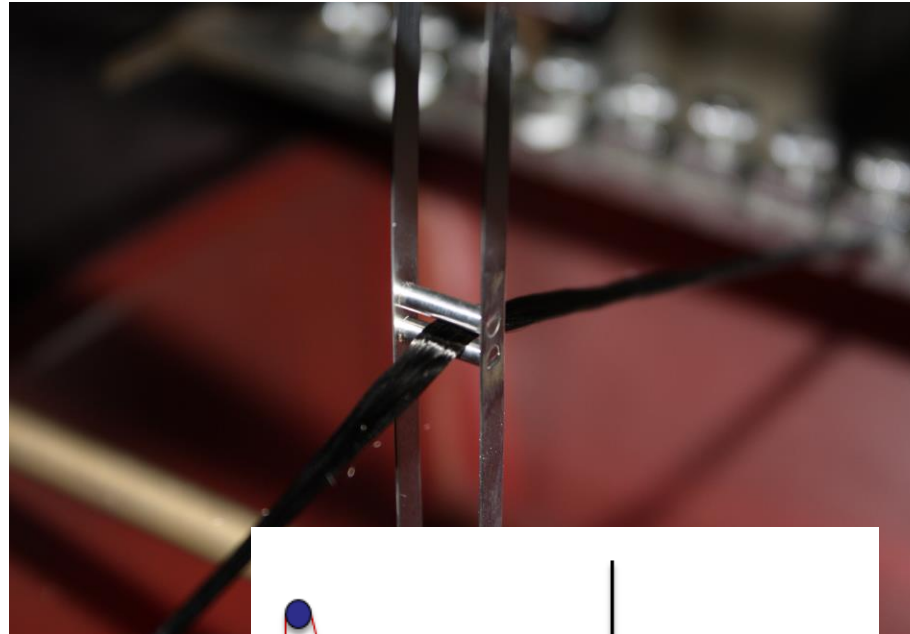
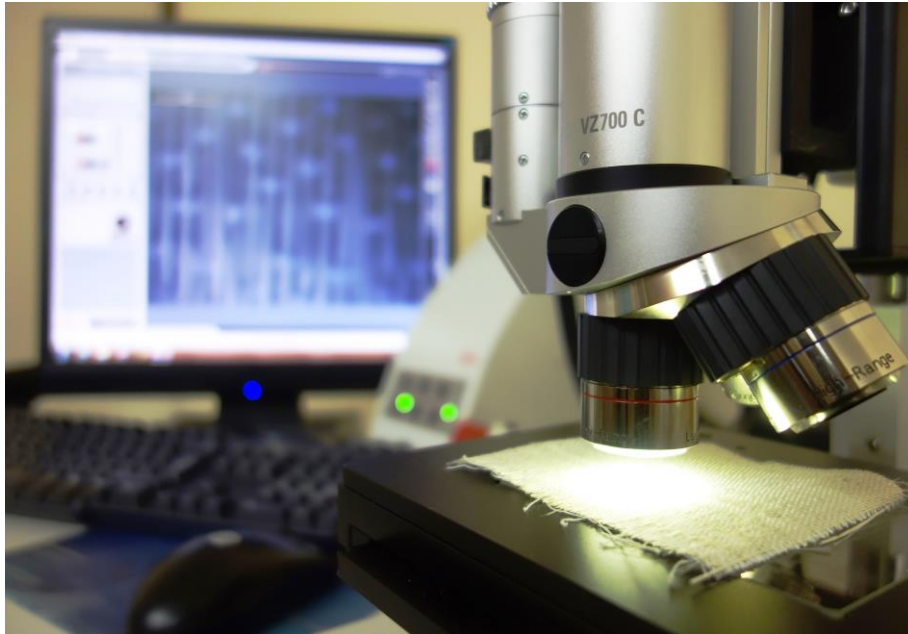




# Prüfverfahren und Methoden

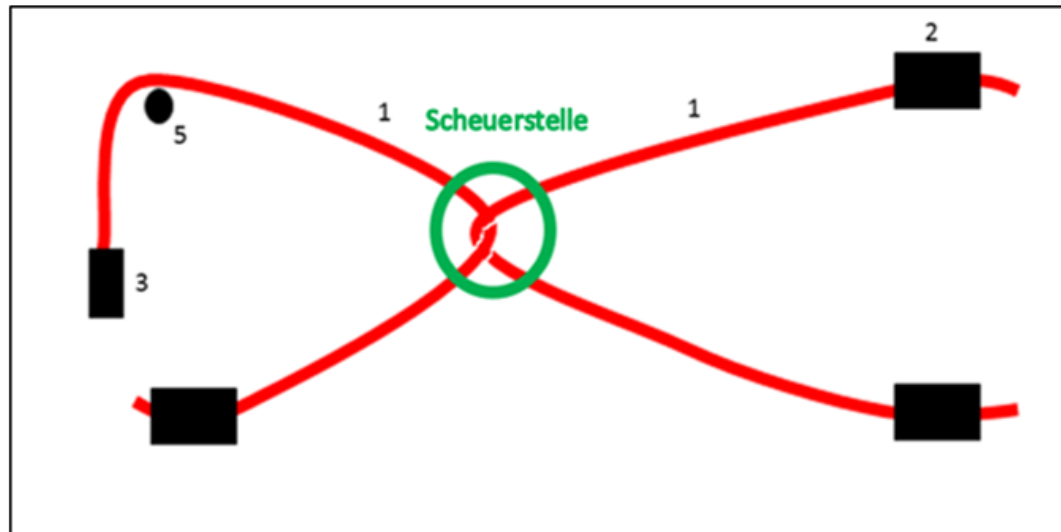
## Materialbewertung

- Digitalmikroskopische Analysen
- Infrarot (IR)-Spektroskopie
- Differenz-Wärmestrom-Kalorimetrie (DSC)
- Flächenmasse und Dicke, Rovingfeinheit
- Fadenscheuerprüfung
- Permeabilitätsprüfung



# Prüfverfahren und Methoden

## Faden-Faden-Scheuerung



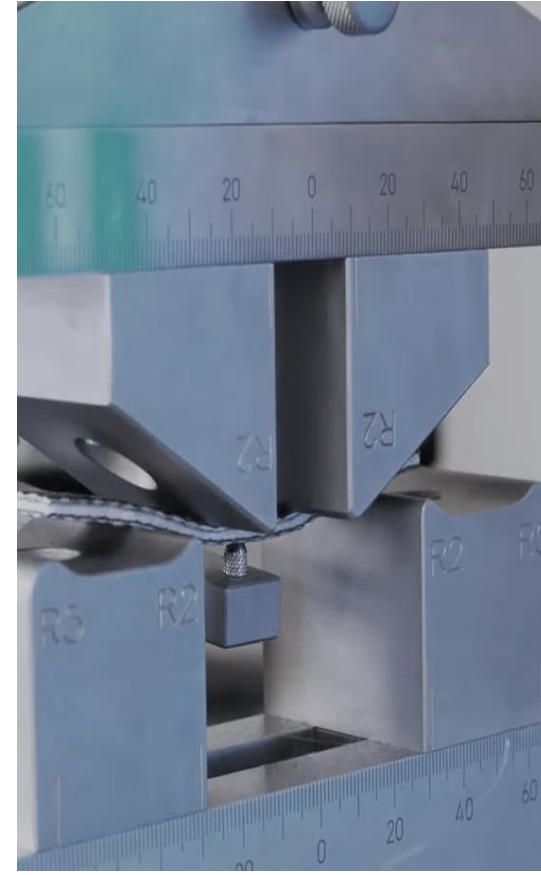
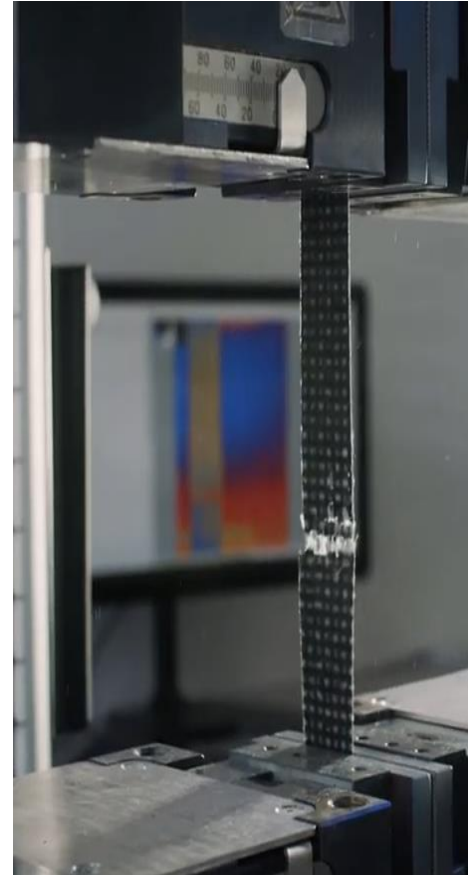
- 1 Roving
- 2 Schraubklemmen
- 3 Klemme mit Gewicht
- 5 Umlenkrolle

- Eine Standardmethode
- Testen von Avivagen zur Beurteilung der Laufeigenschaften

Abb. Schematischer Aufbau der Faden-Faden-Scheuerung

# Prüfverfahren und Methoden

- Zugprüfung, Trennversuch zur Bewertung der Lagenhaftung
- 3-Punkt, 4-Punkt-Biegeversuch
- ILSS-Prüfung
- Kontaktwinkelmessung
- Bestimmung von
  - Schlichtegehalt nach DIN EN 1007-1
  - Feinheit nach DIN EN 1007-2
  - Faserdurchmesser und -querschnitt gemäß DIN EN 1007-3
  - Zugeigenschaften von Fasern bei Raumtemperatur nach DIN EN 1007-4
  - Zugfestigkeit von Fasern im Faserbündel bei Raumtemperatur gemäß DIN EN 1007-5





# Zusammenfassung und Ausblick

- **Erweiterung der textilen Technologien für die Preformherstellung aus Glas- und Basaltfasern**
- **Entwicklung von Near-Net-Shape-Konstruktionen für eine ressourcen- und kostensparende Herstellung**
- **Verbesserung der lastpfadgerechten Eintrages, u. a. durch die Weiterentwicklung der Simulationssoftware**
- **Erarbeitung von industrietauglichen Recycling- und Kreislaufkonzepten**
- **Entwicklung von serientauglichen Prozessen**
- **Optimierung textiler Prozesse durch Digitalisierung (Industrie 4.0)**

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



**Silke Grosch**

**Fraunhofer-Anwendungszentrum  
Textile Faserkeramik**

c/o Hochschule Hof

Kulmbacher Str. 76

95213 Münchberg

Tel: +49 (0) 921 78510 724

Mobil: +49 (0) 175 113 71 92

Email: [silke.grosch@isc.fraunhofer.de](mailto:silke.grosch@isc.fraunhofer.de)

<https://youtu.be/AJs3WbEW6xo>