

# Modul: MB-VTMB-09 (6 LP)

## Maschinen und Technologien für Garnkonstruktionen, insbesondere für Composites

Lehrveranstaltung 9: Entwicklung von neuartigen Hybridgarnkonstruktionen aus recycelten Carbon- und Thermoplastfasern auf Basis des Flyerspinnverfahrens für lasttragende Bauteile

**Dozent:** PD. Dr.-Ing. Habil. Anwar Abdkader

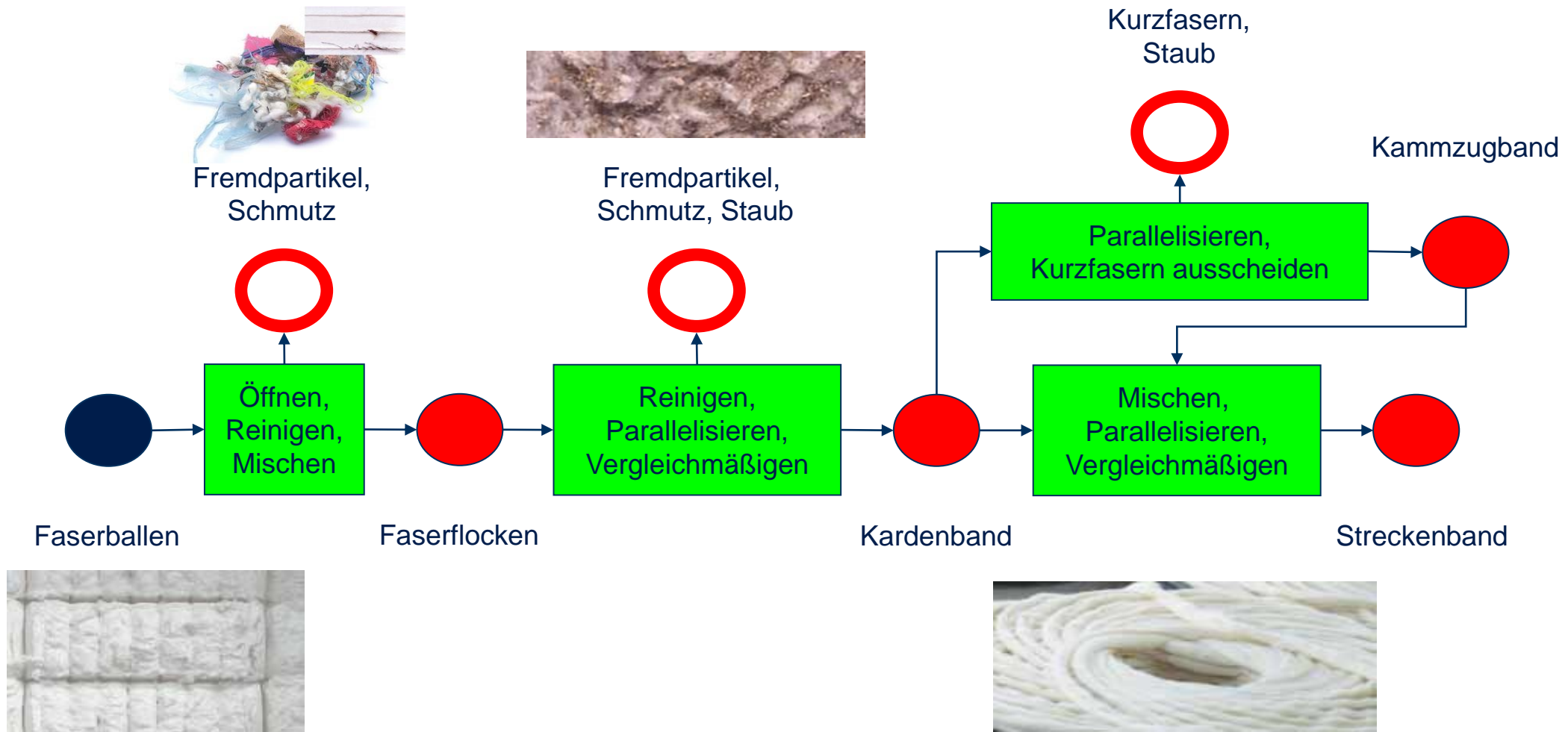
Teilnehmer: MwMTM-1

# Gliederung der Lehrveranstaltung

- 1 Einordnung in den Spinnprozess
- 2 Aufbau, Aufgaben und Funktionsprinzip des Flyers sowie Technische Kenndaten des Flyers
- 3 Neue Lösung zur Entwicklung von rCF-Hybridgarnen
- 4 Verfahren zur Herstellung von Hybridgarnen
- 5 Prozesskette zur Verarbeitung von rCF zu rCF-Hybridgarn
- 6 Modifikation der Flyertechnologie zur Verspinnung von rCF-Hybridgarnen
- 7 rCF-Hybridgarne auf Basis verschiedener Spinntechnologie
- 8 Fertigung von Verbundwerkstoffen
- 9 Charakterisierung und Garn- und Verbundeigenschaften
- 10 Zusammenfassung und Lernfragen

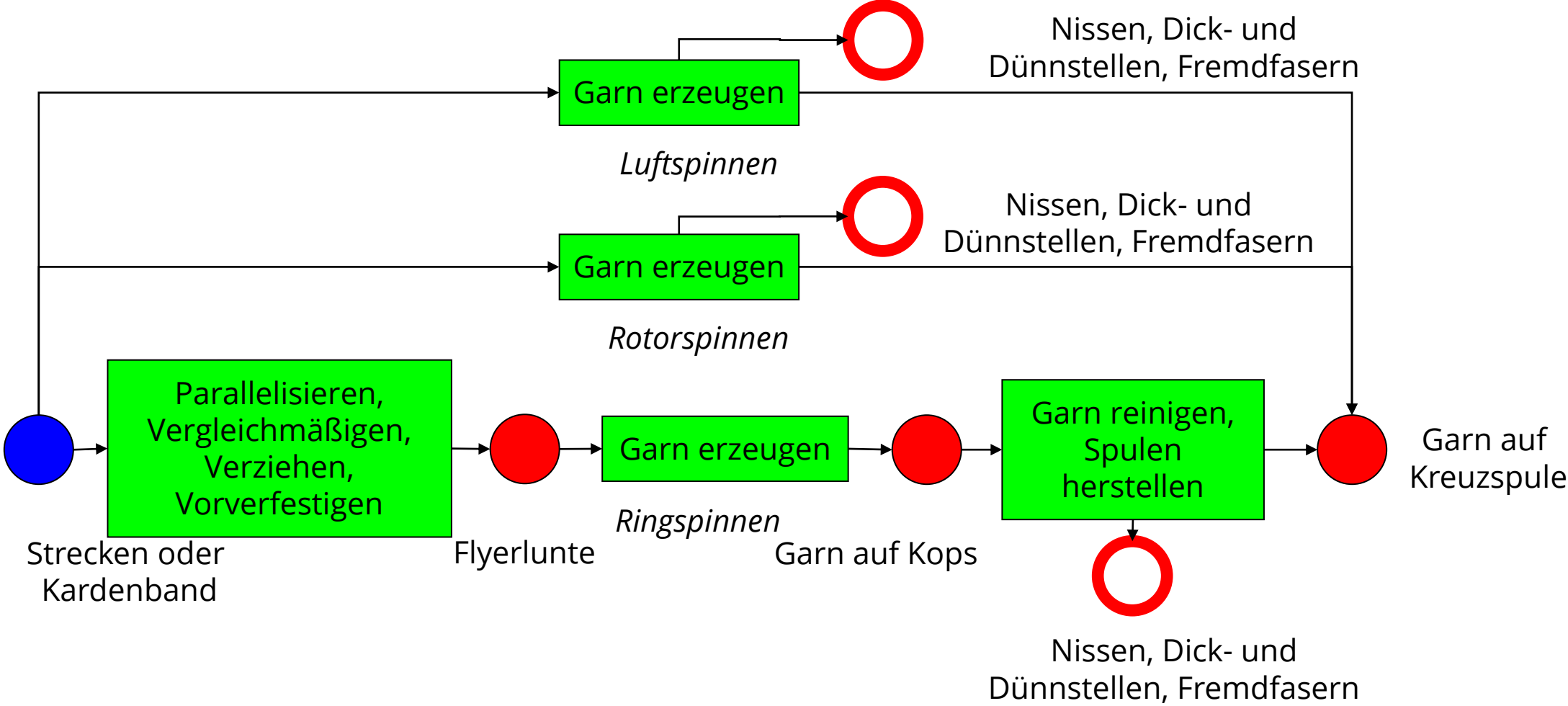
# Prozesse der Spinnereivorbereitung

## Einordnung in dem Spinnprozess



# Prozesse des Spinnverfahrens

## Einordnung in dem Spinnprozess



# Prozesse der Spinnereivorbereitung und des Spinnverfahrens

## Aufgaben

|                           | Mischen | Öffnen | Reinigen | Parallelisieren | Doublieren | Verstrecken |  |
|---------------------------|---------|--------|----------|-----------------|------------|-------------|--|
| Öffner, Reiniger, Mischer | ●       | ●      | ●        |                 |            |             |  |
| Karde                     | ●       | ●      | ●        | ●               |            | ●           |  |
| Strecke                   | ●       |        |          | ●               | ●          | ●           |  |
| Wickelmaschine            | ●       |        |          | ●               | ●          | ●           |  |
| Kämmmaschine              |         |        | ●        | ●               | ●          | ●           |  |
| Flyer                     |         |        |          |                 |            |             |  |
| Ringspinmaschine          |         |        |          |                 |            |             |  |
| Spulmaschine              |         |        |          |                 |            |             |  |
| Rotorspinmaschine         |         |        |          |                 |            |             |  |
| Luftspinnmaschine         |         |        |          |                 |            |             |  |
| Zwirnen                   |         |        |          |                 |            |             |  |

# Prozesse des Ringspinnens

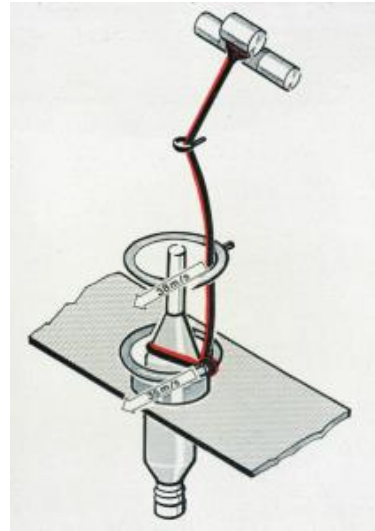
## Einordnung in den Spinnprozess

Das Ringspinnen ist das am häufigsten eingesetzte Spinnverfahren. ca. 70-90 % aller Spinnfasergarne werden damit hergestellt.

Die erste Ringspinnmaschine wurde 1828 in den USA gebaut. Im Jahre 2020 waren ca. 240 Millionen Spindeln weltweit im Einsatz.

Das Verfahren ist gegliedert in:

- Flyer
- Ringspinnen
- Umspulen



Quelle: Sauer

# Prozesse des Ringspinnens

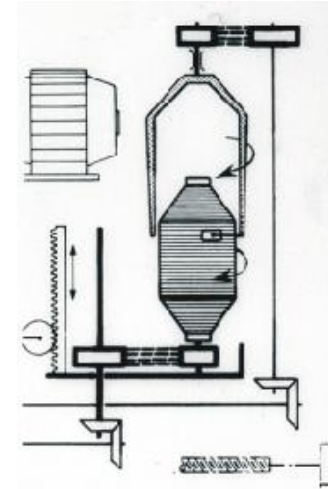
## Flyer

### Flyer:

- Strecke produziert Band (geordnet, gereinigt und parallelisiert)
- weist alle Eigenschaften zur Garnherstellung auf

### Grund für den Einsatz des Flyers:

- Ringspinnstreckwerk kann das dicke, ungedrehte Streckenband nicht verziehen
- Streckenkannen für den Transport zur Ringspinnmaschine ungeeignet



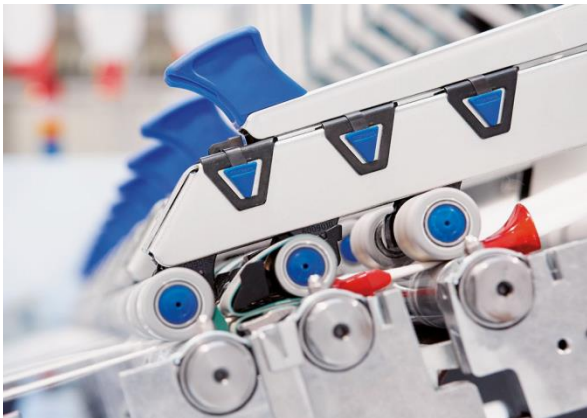
Quelle: Rieter

# Prozesse des Ringspinnens

## Flyer - Aufgaben

### Aufgaben des Flyers:

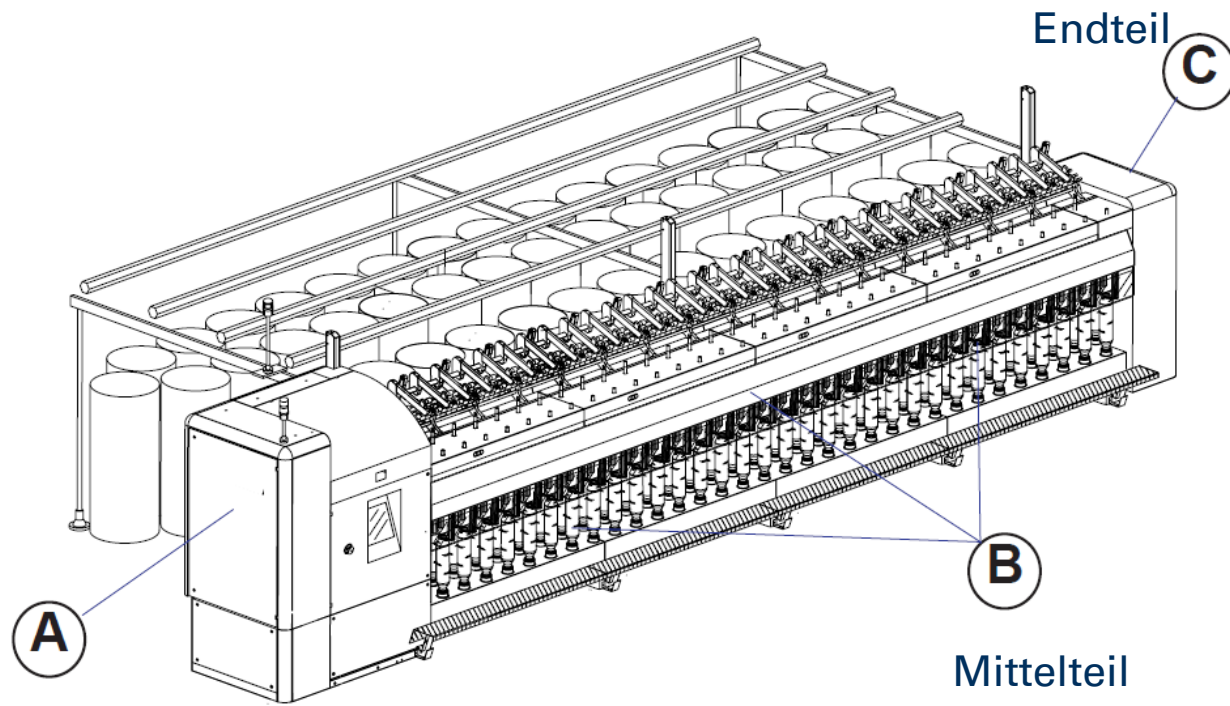
- Verfeinern des Vorlagebandes durch Verzug
- Verfestigen des Vorgarnes durch Drehungserteilung
- Aufwinden des Vorgarnes auf einen für die Ringspinnmaschine geeigneten Materialträger



Quelle: Sauer

# Prozesse des Ringspinnens

## Flyer - Aufbau



Kopf

Mittelteil

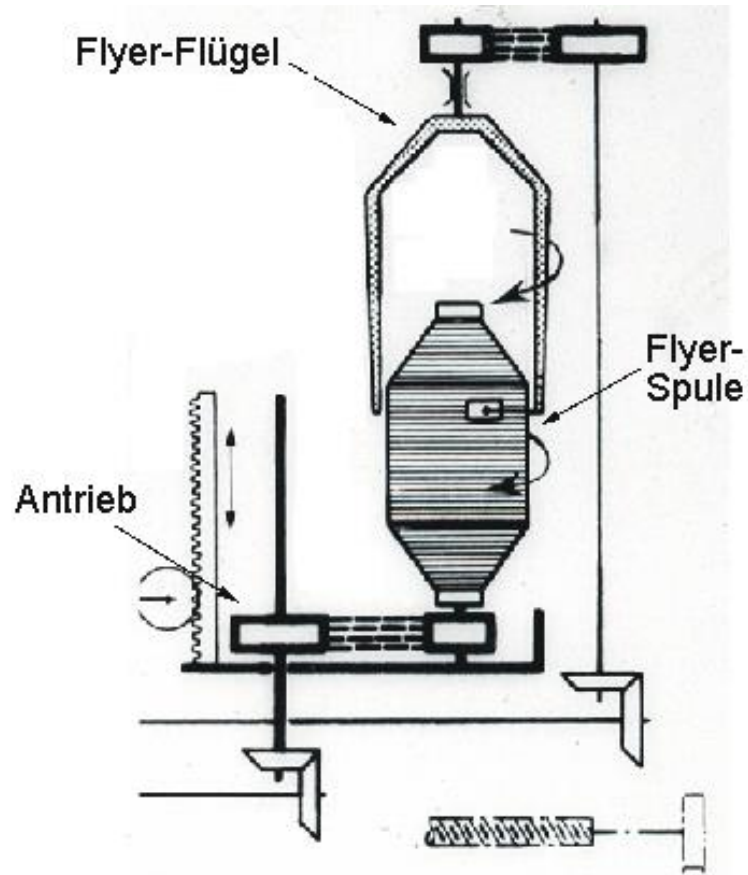
Endteil



Quelle: Rieter

# Prozesse des Ringspinnens

## Flyer - Funktionsprinzip



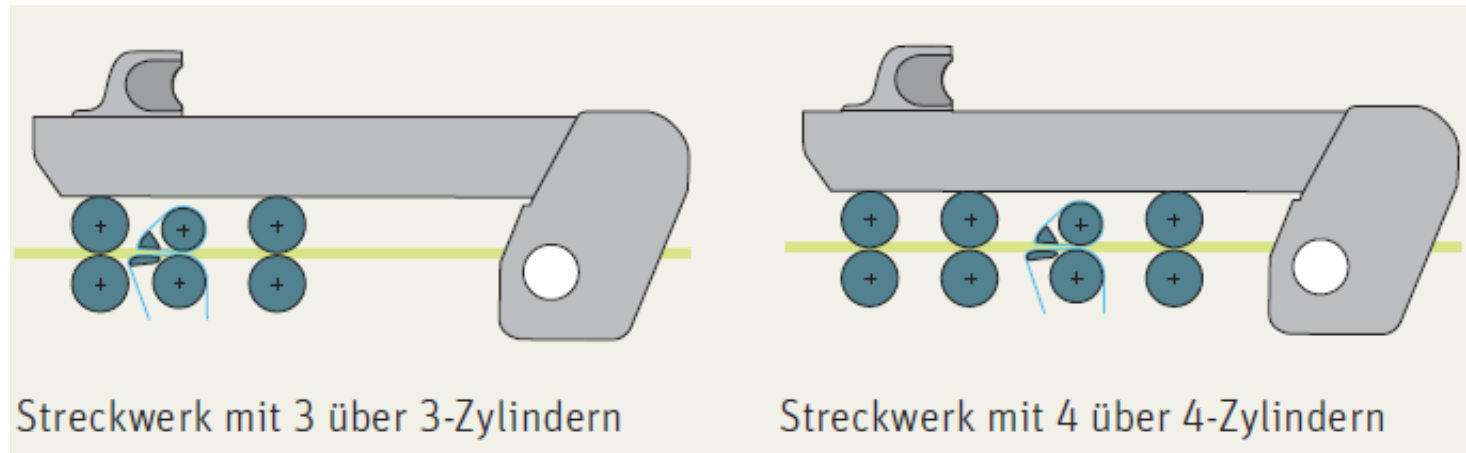
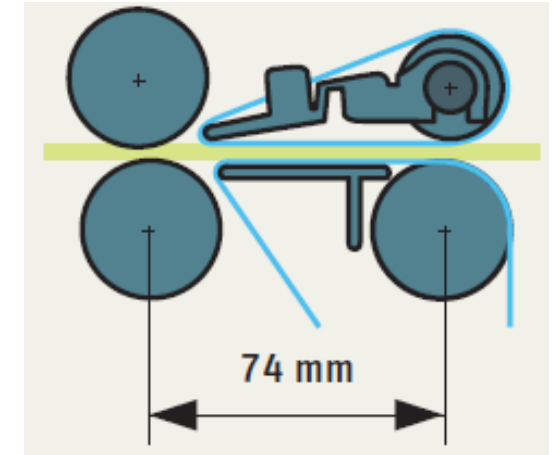
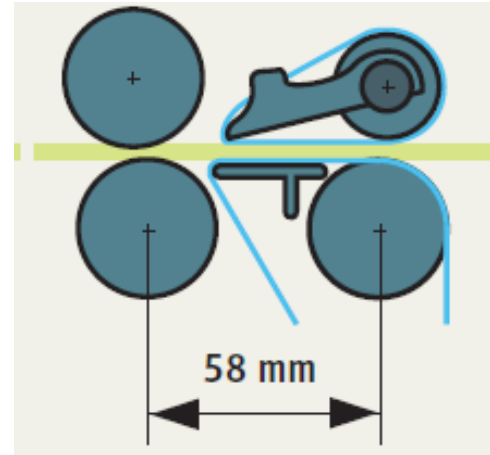
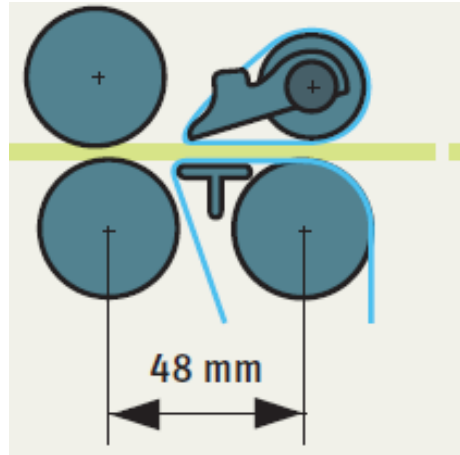
Quelle: ITA

### Verfahren:

- Verziehen des Bandes im Streckwerk
- Flyerlunte wird durch den Flügel geführt und vom Flügelfinger auf die Spule gewickelt
- Je Flügelumdrehung wird der Flyerlunte eine Umdrehung erteilt
- Spule eilt dem Flügel vor (dreht schneller)
- Flügel dreht mit konstanter Drehzahl (Anwachsen der Spule -> Anpassen der Spulen -Drehzahl an die Umfangsgeschwindigkeit)
- Dadurch auch Einstellung der Drehungs-Höhe
- Aufgewickelte Luntlänge ergibt sich aus Differenz der Umfangsgeschwindigkeit von Spule und Flyer
- Auf- und Ab- Bewegung der Spule -> Lunte über gesamte Höhe aufgewunden

# Prozesse des Ringspinnens

## Flyer - Streckwerk



# Prozesse des Ringspinnens

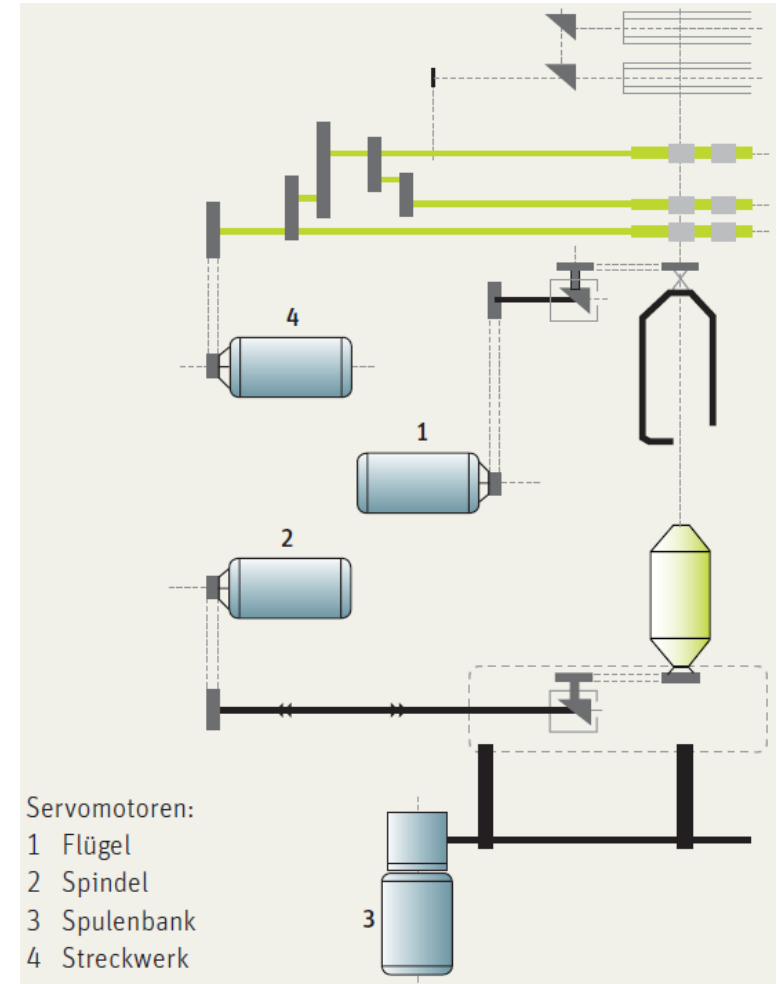
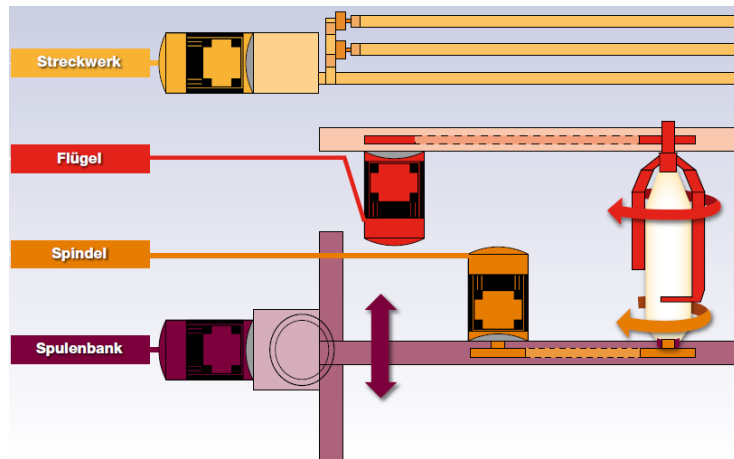
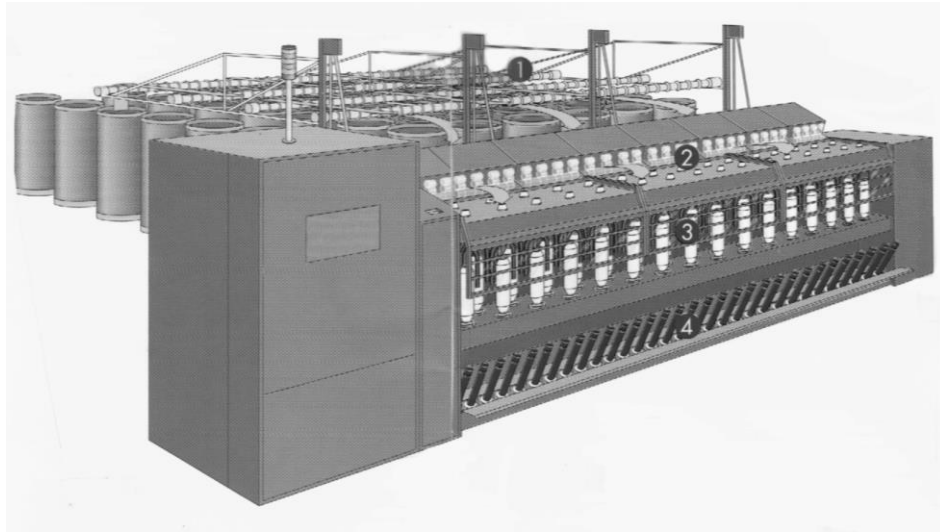
## Flyer - Funktionsprinzip



- Elektronische Überwachung und Regulierung der Vorgarnspannung über den gesamten Spulenaufbau (ROJ)
- Vorgarnbruch-Überwachung mit Fozelle oder optional mit optischen Sensoren an jeder Spinnstelle (ROJ)
- Die Funktion der Vorgarnregulierungssensoren basiert auf einer optischen Fozelle mit einem Arbeitsbereich von 30 mm.

# Prozesse des Ringspinnens

## Flyer - Antrieb



# Prozesse des Ringspinnens

## Flyer - Vollautomatisches Doffsystem



# Prozesse des Ringspinnens

## Flyer - Technische Daten

| Parameter                                     | Einstellbereich                      |
|---|--------------------------------------|
| Flügeldrehzahl                                | Max. 1500 U/min                      |
| Spule<br>- Durchmesser<br>- Höhe<br>- Gewicht | 150 und 175 mm<br>406 mm<br>2-3,2 kg |
| Gesamtverzug                                  | 4-20                                 |
| Verarbeitete Fasern                           | 22-60 mm                             |
| Titer   | Ne 0,4-Ne 3,5                        |
| Drehung                                       | 17-96 T/m                            |



# rCF-Hybridgarne für Composites

## Prozesskette - Verspinnungsprozess

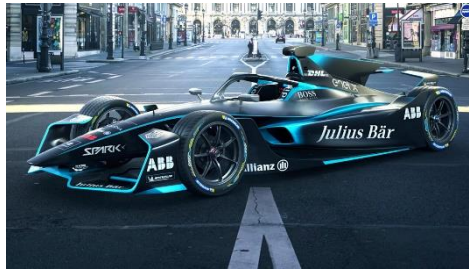
---

### Flyer:

- Strecke produziert Band (geordnet, gereinigt und parallelisiert) → weist alle Eigenschaften zur Garnherstellung auf
- Eignung für die Herstellung von Vorgarnen mit einer Feinheit im Bereich zwischen 500 bis 1500 tex
- Garndrehung im Bereich 10-100 T/m
- Ein geeigneter Spulenträger für die Weiterverarbeitung

# Motivationen und Problemstellung

## CFK-Bauteile aus Carbonfilamentgarnen



Verbundzug-  
festigkeit [MPa]:

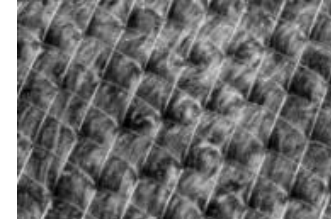
max. 1800

## rCF- Spritzguss



max. 200

## rCF-Vliesstoffe rCF-Hybrid- vliesstoffe



max. 400

Eine  
nachhaltige  
Lösung ist  
nötig

für gering belastbare Strukturen

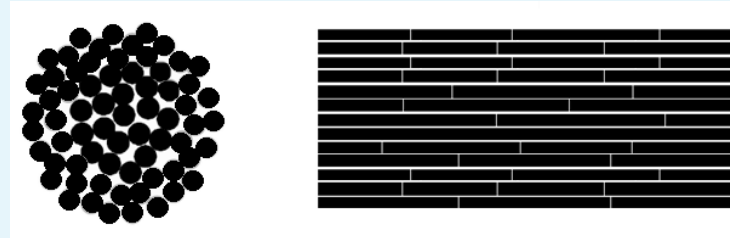
**→Bislang keine effizienten Lösungen für CFK aus rCF mit hohen mech. Eigenschaften!**

# Entwicklungskonzept von Faserstrukturen aus recycelten Hochleistungsfasern (rCF, rGF, rAR) für Composite

## rCF-Garne

➤ rCF-Hybridgarn:

➤ 100% rCF-Stapelfasergarn:



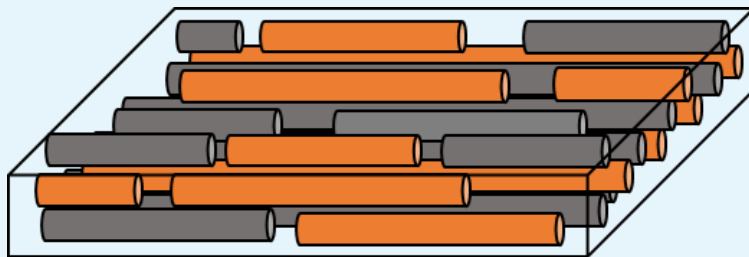
Schematische Garnstrukturen

— Carbon Stapelfasern  
— Thermoplastische Stapelfasern

Garnfeinheit:  
200-3500 tex

## Tapesstrukturen

### rCF-Tape-Struktur



rCF



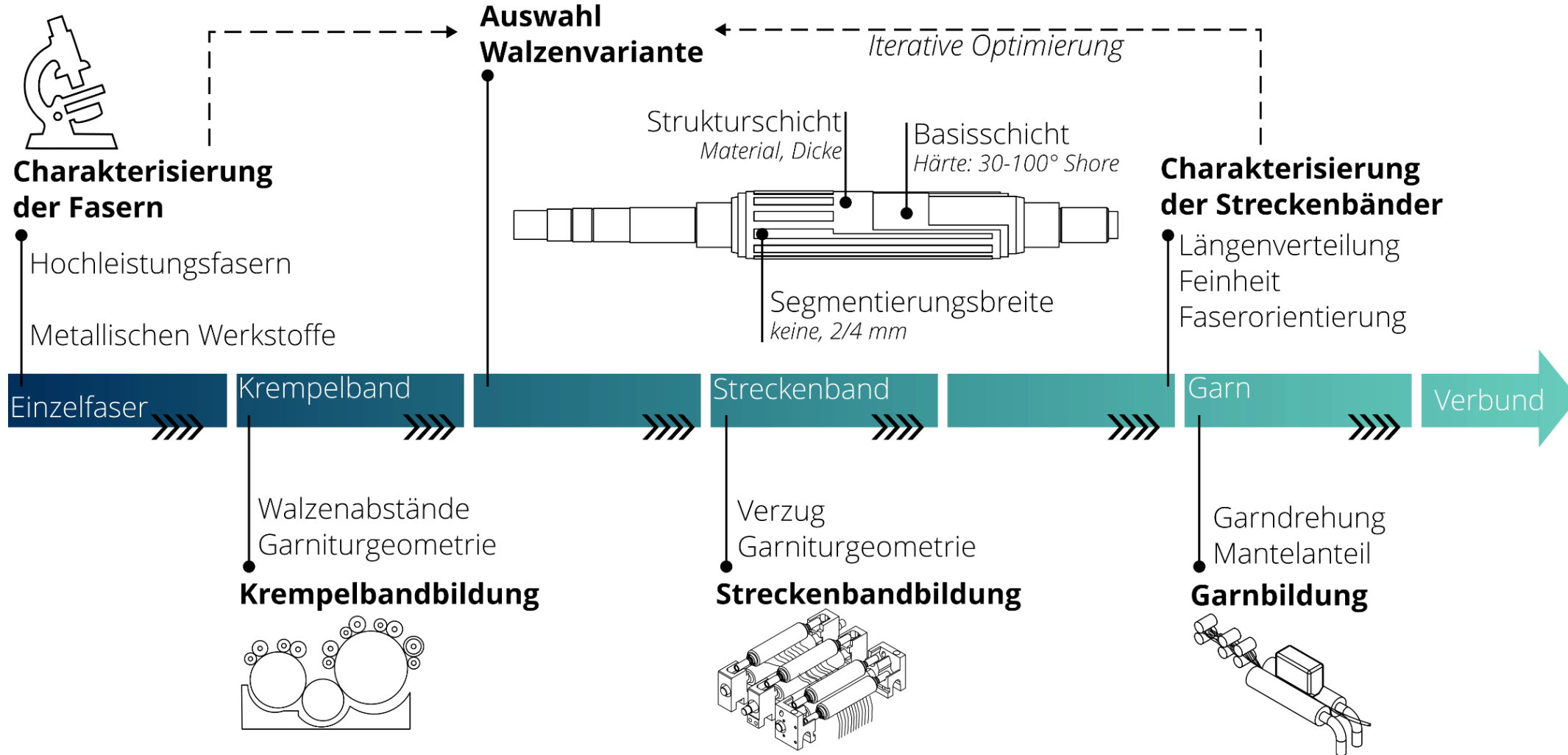
Thermoplastische Fasern



Tapes aus  
Carbonfilamentgarn

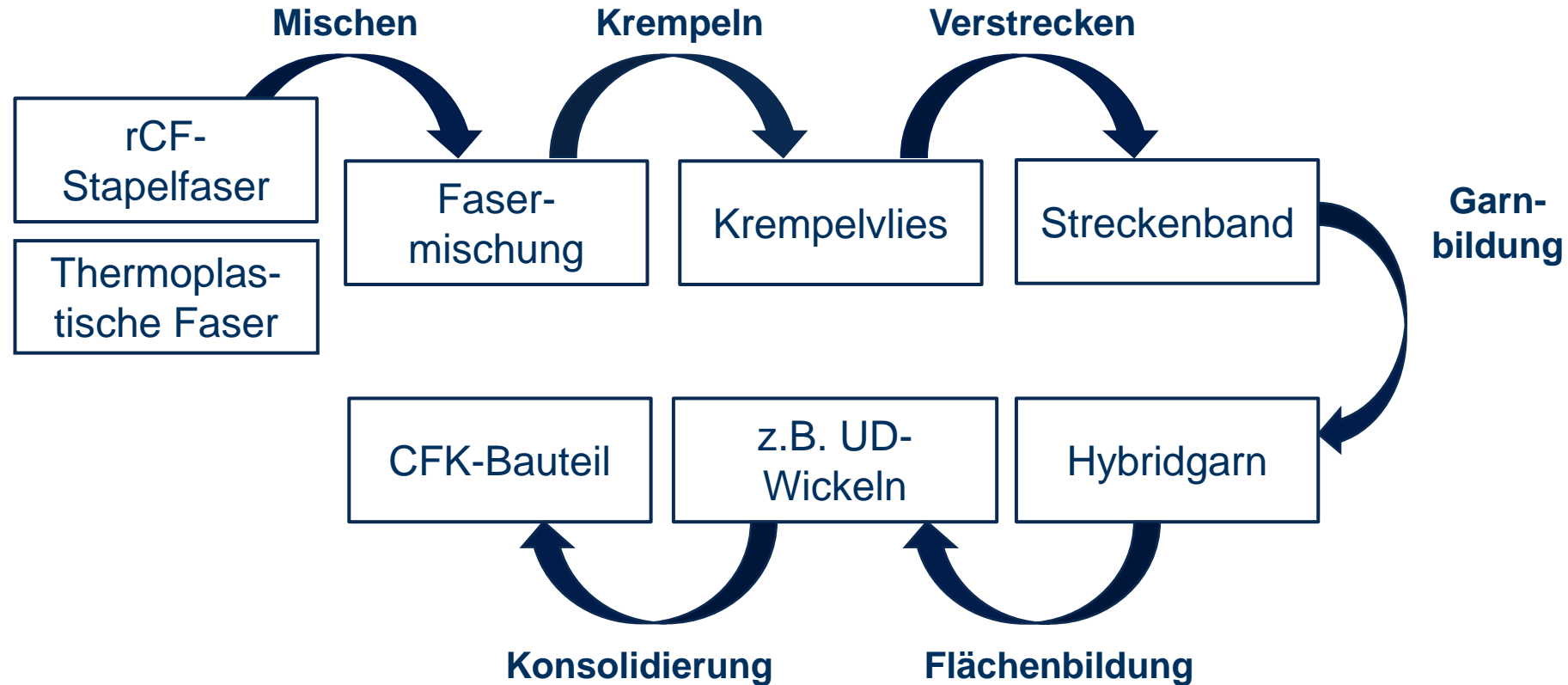
# Prozessablauf der verschiedenen Verfahren

## Prozessstufe zur Herstellung der Spinnfasergarne



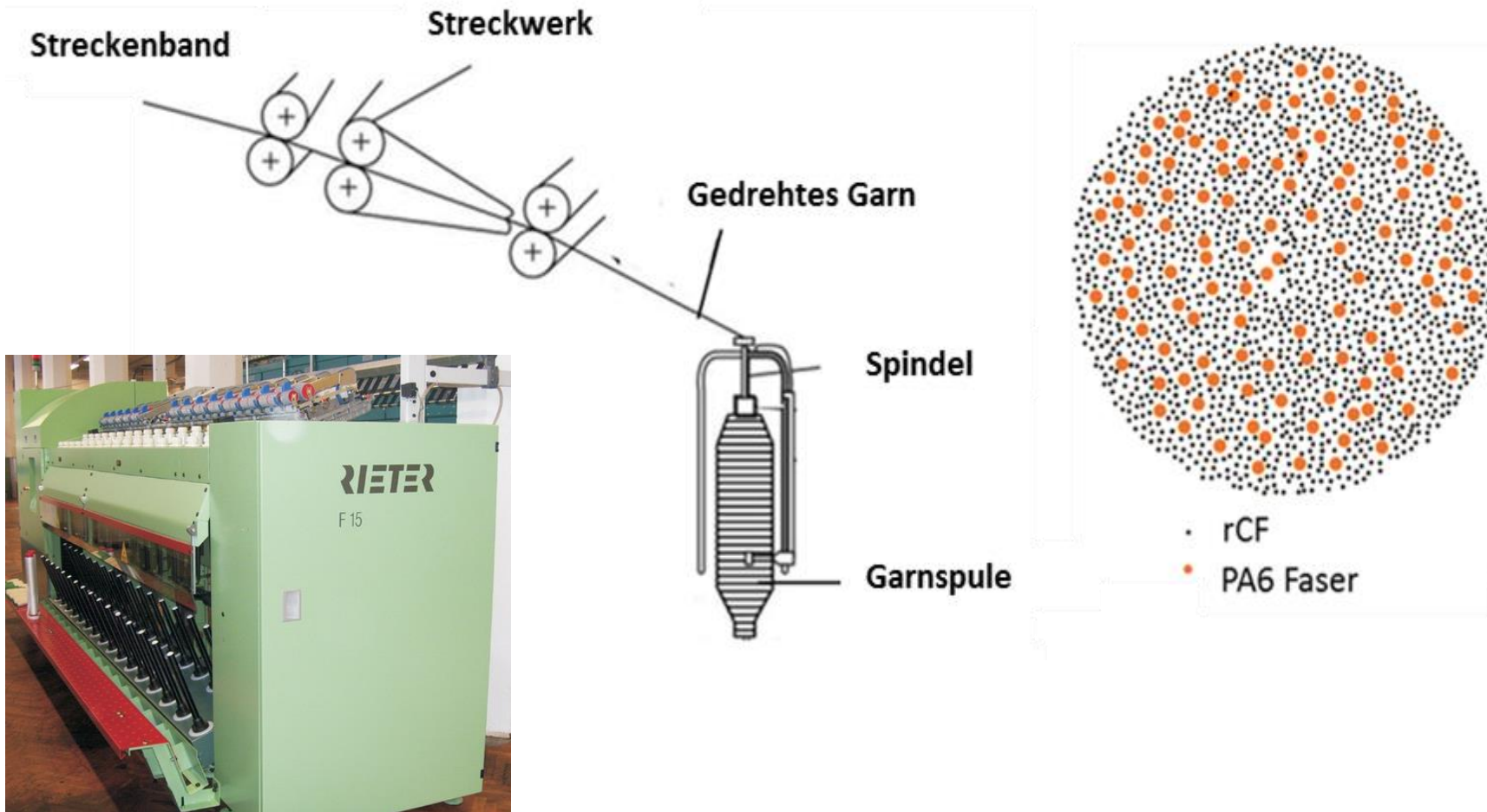
# rCF-Hybridgarne für Composites

## Prozesskette zur Verarbeitung von rCF zu rCF-Hybridgarn



# rCF-Hybridgarne für Composites

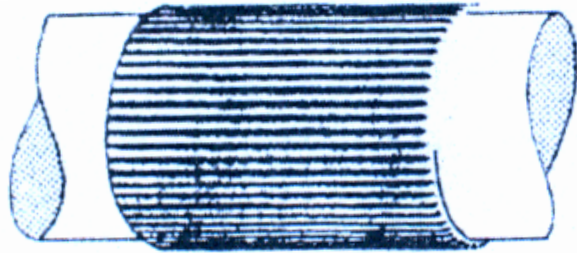
## Prozesskette - Verspinnungsprozess



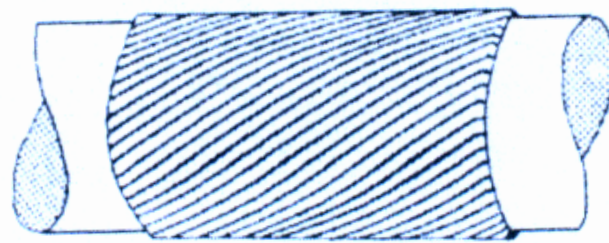
# Prozesse der Spinnereivorbereitung - Strecke

## Aufbau – Streckwerk - Riffelung der Unterzylinder

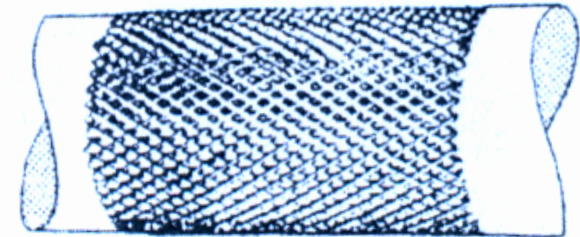
Die Unterzylinder sind aus Stahl und in Zylindersupporten oder im Gestell in Nadel-, Rollen- oder Kugellager gelagert. Sie sind aktiv angetrieben. Durchmesser 25-90 mm



axialer Riffelung



schräger Riffelung



Fischhautriffelung

Fischhautriffelung (Kordelung) – Antreiben vom Riemchen

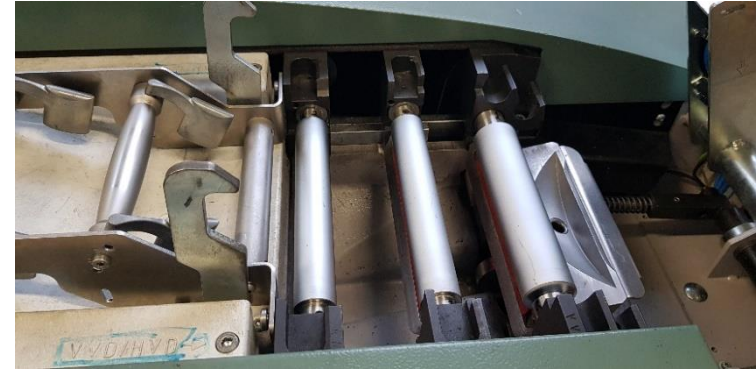
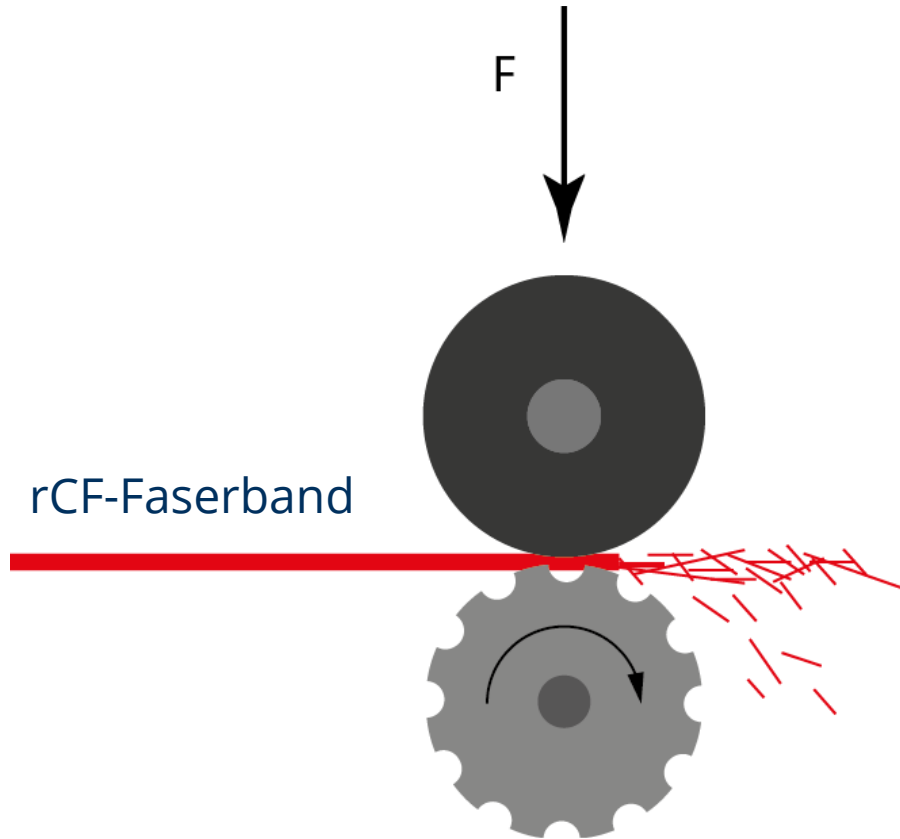
Schräger Riffelung ist gegenüber axialer Riffelung – ruhige Lauf und eine gleichmäßigere Klemmung der Fasern.

Faserschädigung aufgrund

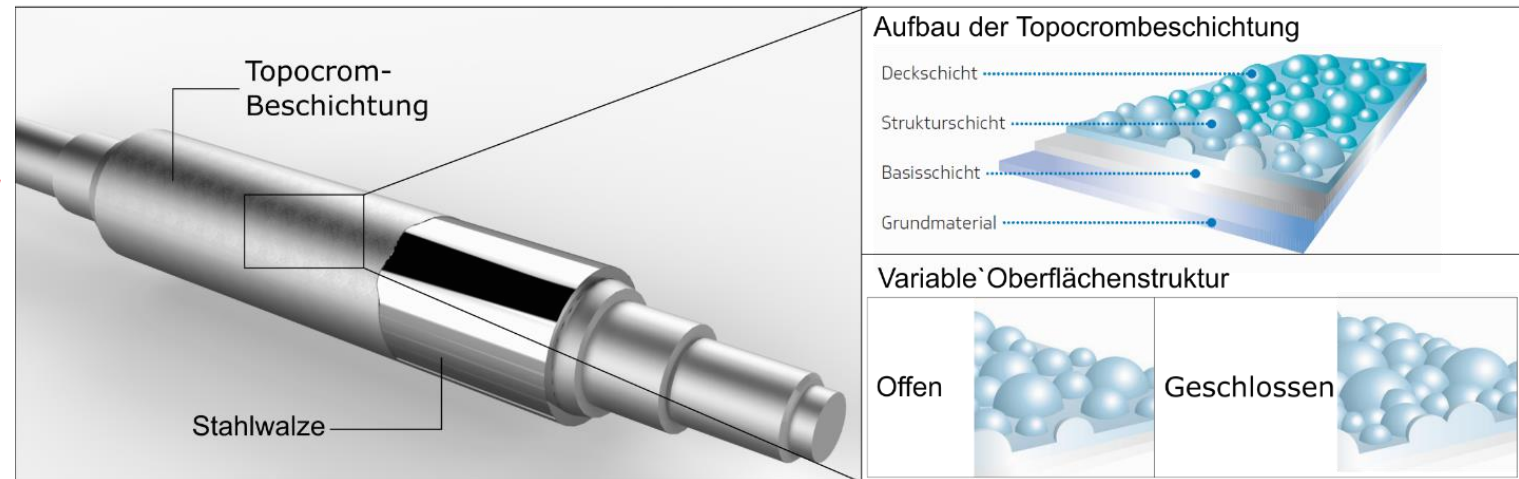
- der scharfkantigen Profile der Riffelzylinder sowie
- der unter Druck erfolgenden Faserdehnung

# Prozesse der Spinnereivorbereitung - Strecke

## Aufbau – Streckwerk - Riffelung der Unterzylinder

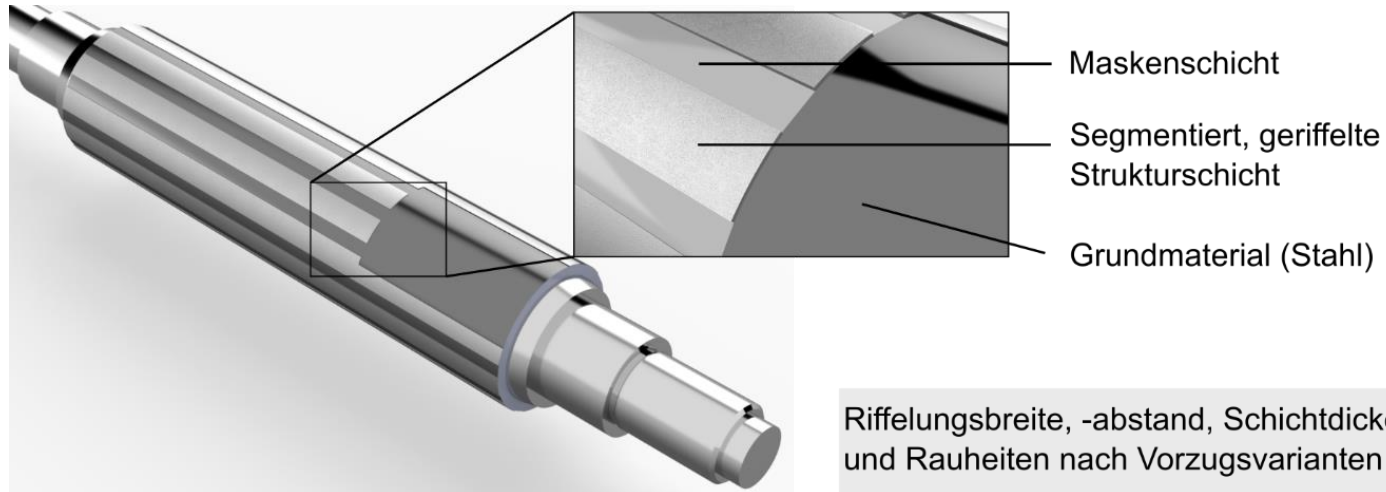


topocrombeschichtete Unterwalzen

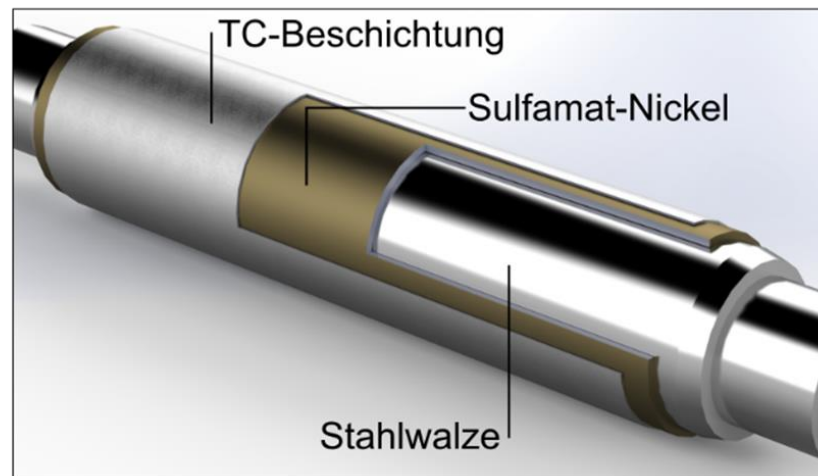


# Prozesse der Spinnereivorbereitung - Strecke

## Aufbau - Streckwerk - Riffelung der Unterzylinder

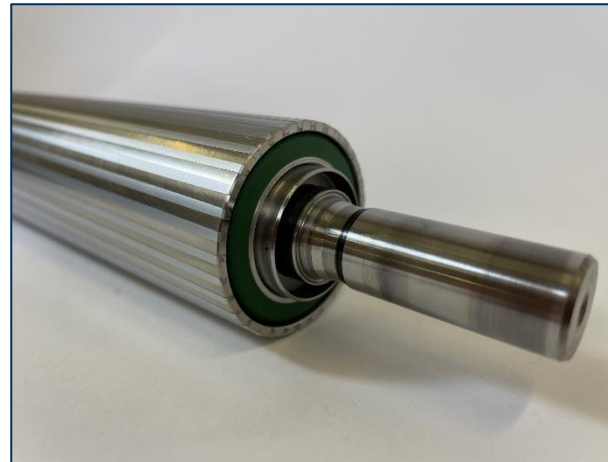
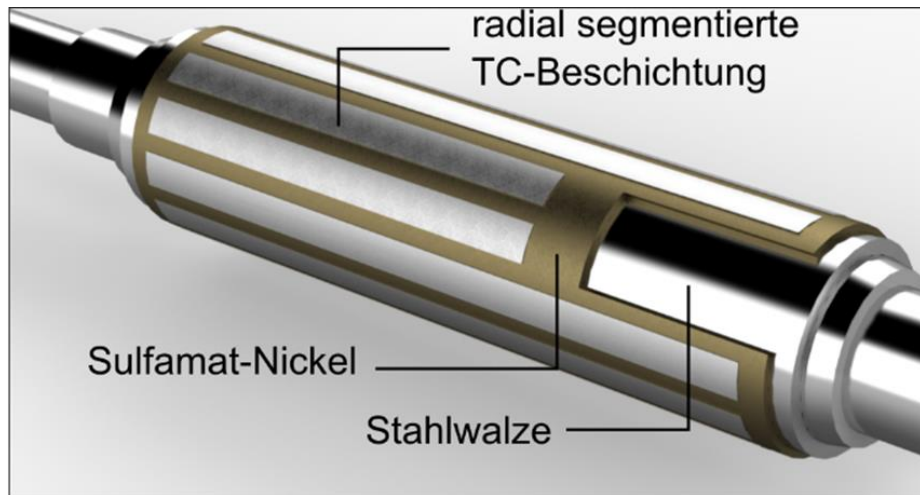
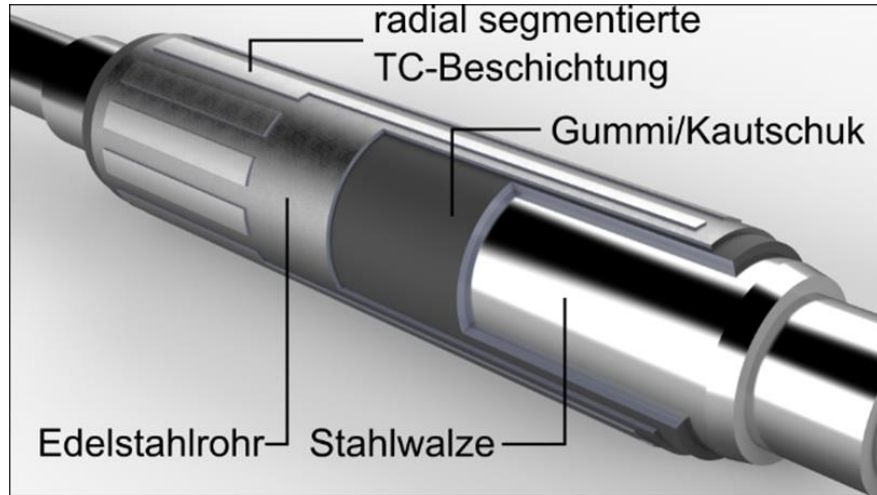


Riffelungsbreite, -abstand, Schichtdicken und Rauheiten nach Vorzugsvarianten aus AP2



# Prozesse der Spinnereivorbereitung - Strecke

## Aufbau - Streckwerk - Riffelung der Unterzylinder



# Prozesse der Spinnereivorbereitung - Strecke

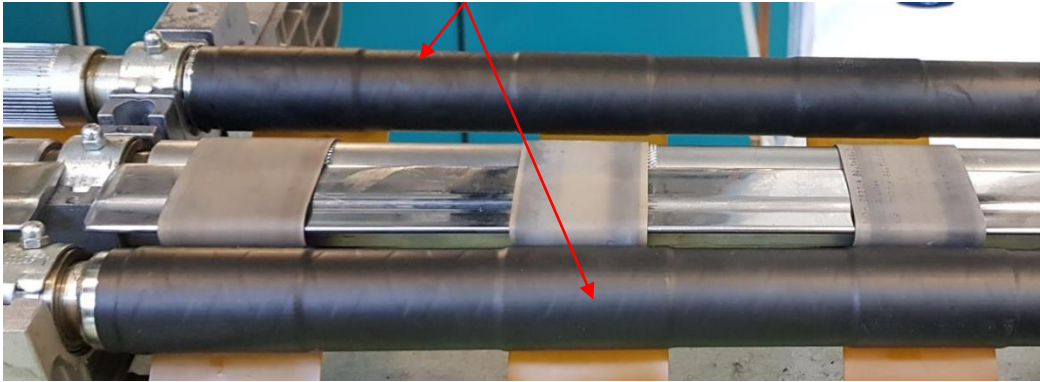
## Aufbau – Streckwerk - Riffelung der Unterzylinder



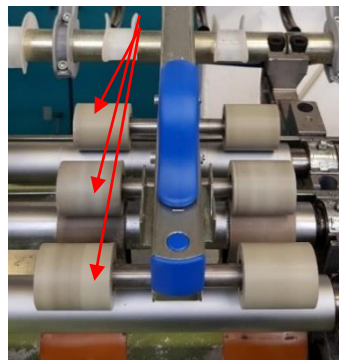
# rCF-Hybridgarne für Composites

## Prozesskette - Verspinnungsprozess

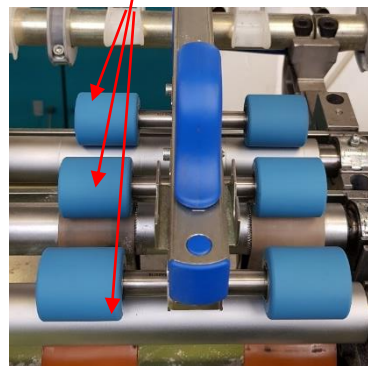
**gummibezogene Unterwalzen am Streckwerk**



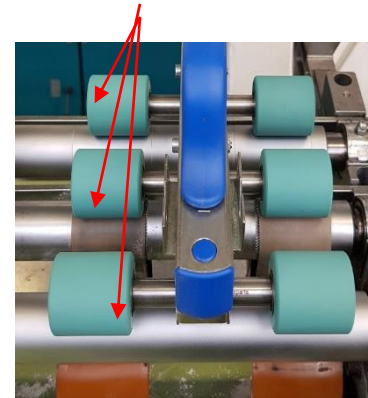
**geriffelte Standardunterwalzen**



**Härte: 83° Shore**



**Härte: 76° Shore**



**Härte: 70° Shore**

**Gummierte Oberwalzen mit Härten von 70°, 76° und 83° Shore**

# rCF-Hybridgarne für Composites

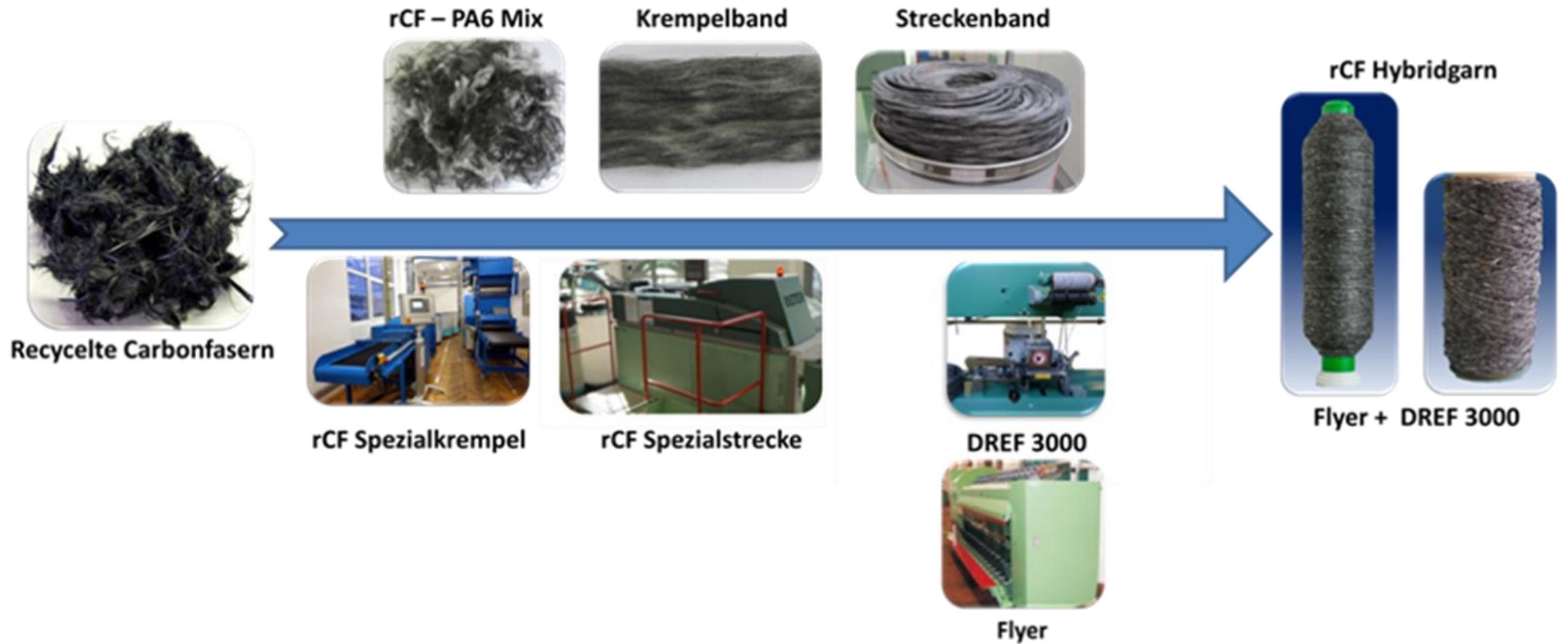
## Prozesskette - Verspinnungsprozess



rCF Hybridgarn

# rCF-Hybridgarne für Composites

Entwickelte Prozesskette zur Verarbeitung von rCF zu rCF-Hybridgarn



# rCF-Hybridgarne für Composites

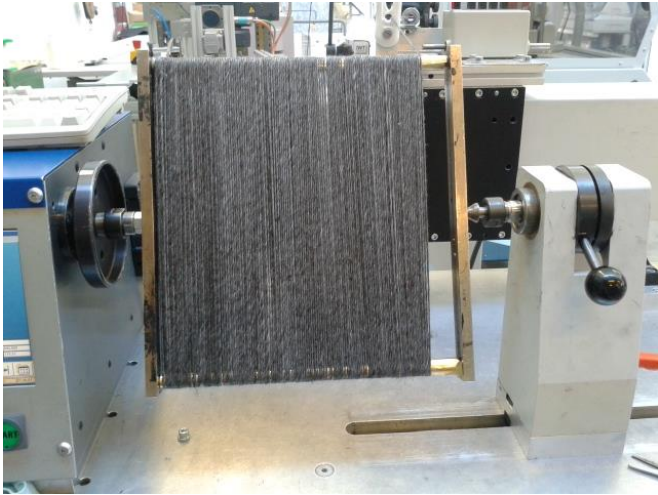
Entwickelte rCF-Hybridgarne auf Basis verschiedener Spinntechnologien

## ➤ rCF-Flyerhybridgarn



# rCF-Hybridgarne für Composites

## Prozesskette – Verbundfertigung



UD-Wickelrahmen



Vakuum-Heißpresse

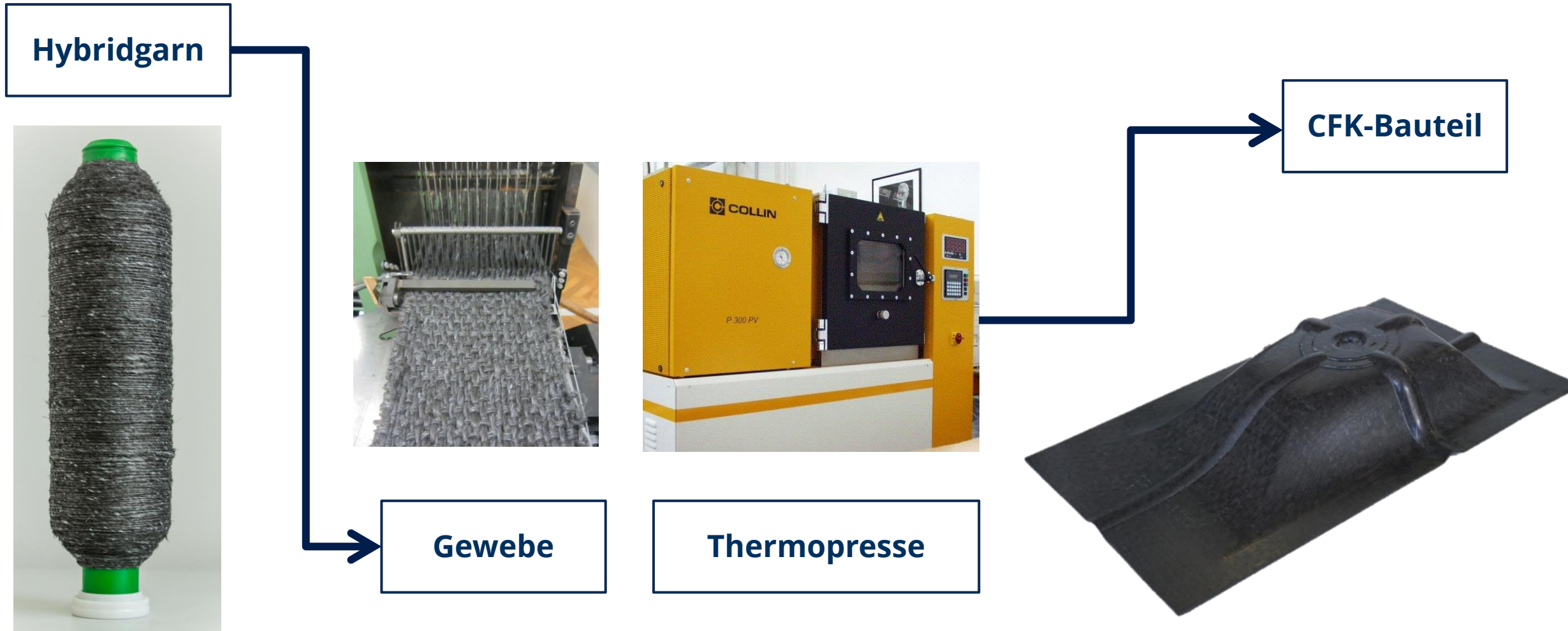


Konsolidierte Platte



# rCF-Hybridgarne für Composites

## Fertigung von CFK-Bauteilen aus rCF-Hybridgarnen



# rCF-Hybridgarne für Composites

Fertigung von CFK-Bauteilen aus rCF-Hybridgarnen für Fahrzeug Autotür



# rCF-Hybridgarne für Composites

## Charakterisierung von Fasern, Bändern, Garnen und Verbunden

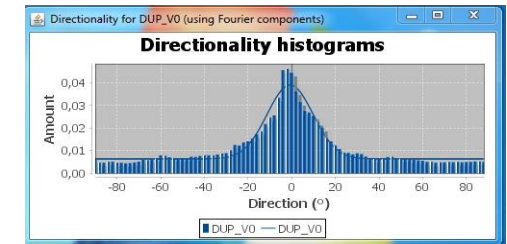
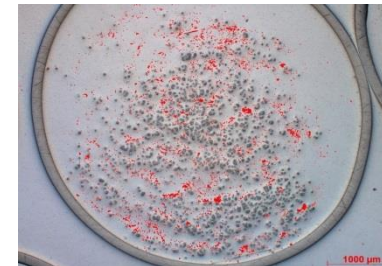
### ➤ Charakterisierung der Bänder:

- ✓ Gleichmäßigkeit
- ✓ Faserorientierung
- ✓ Faserlängenverteilung



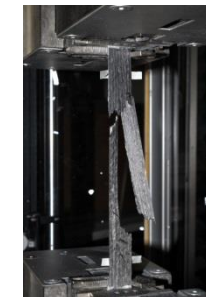
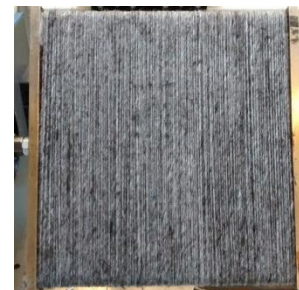
### ➤ Charakterisierung der Garne:

- ✓ Gleichmäßigkeit
- ✓ Haarigkeit
- ✓ Festigkeit



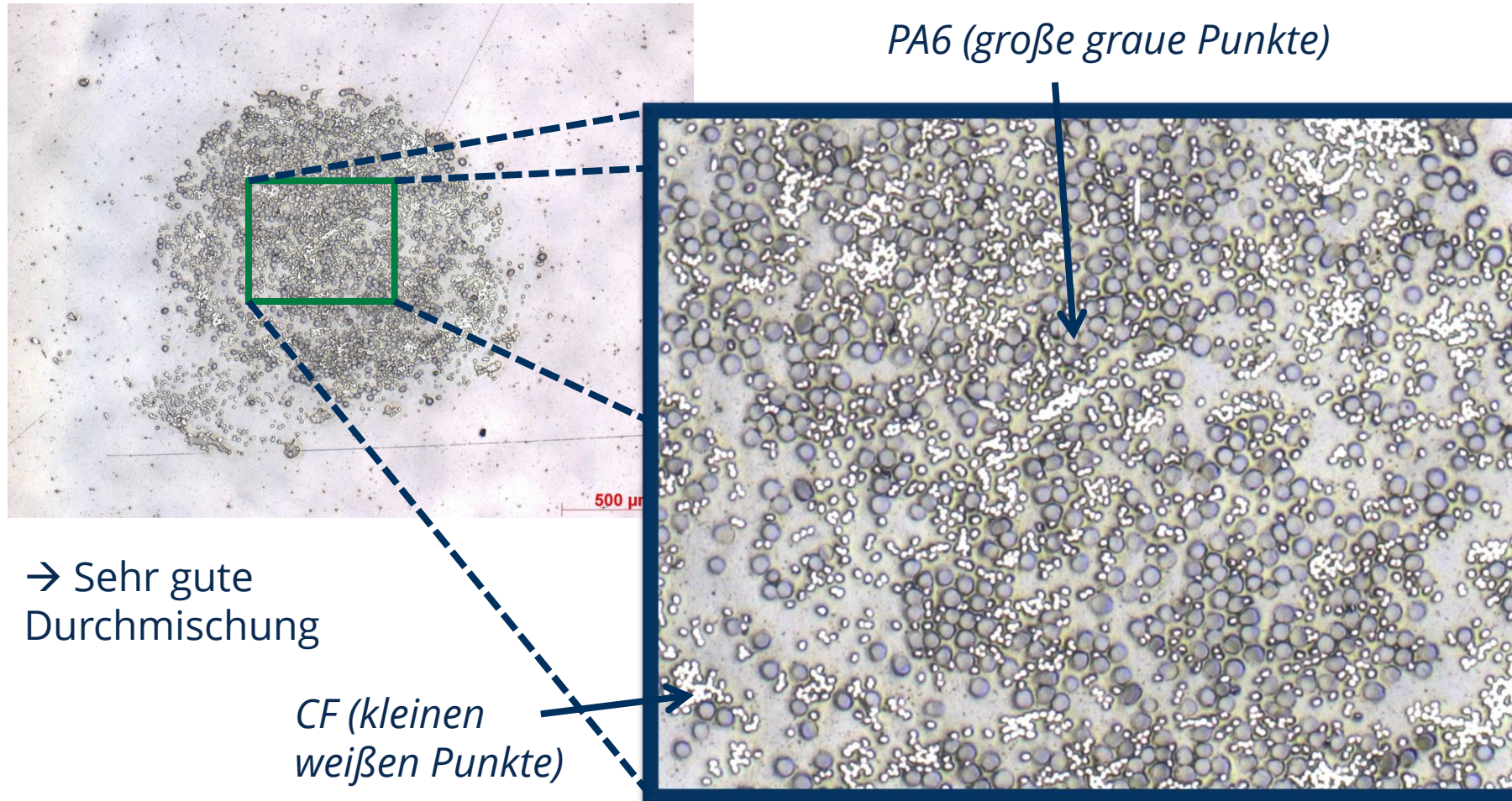
### ➤ Charakterisierung der Verbundplatten

- ✓ Zug/Biegeprüfung



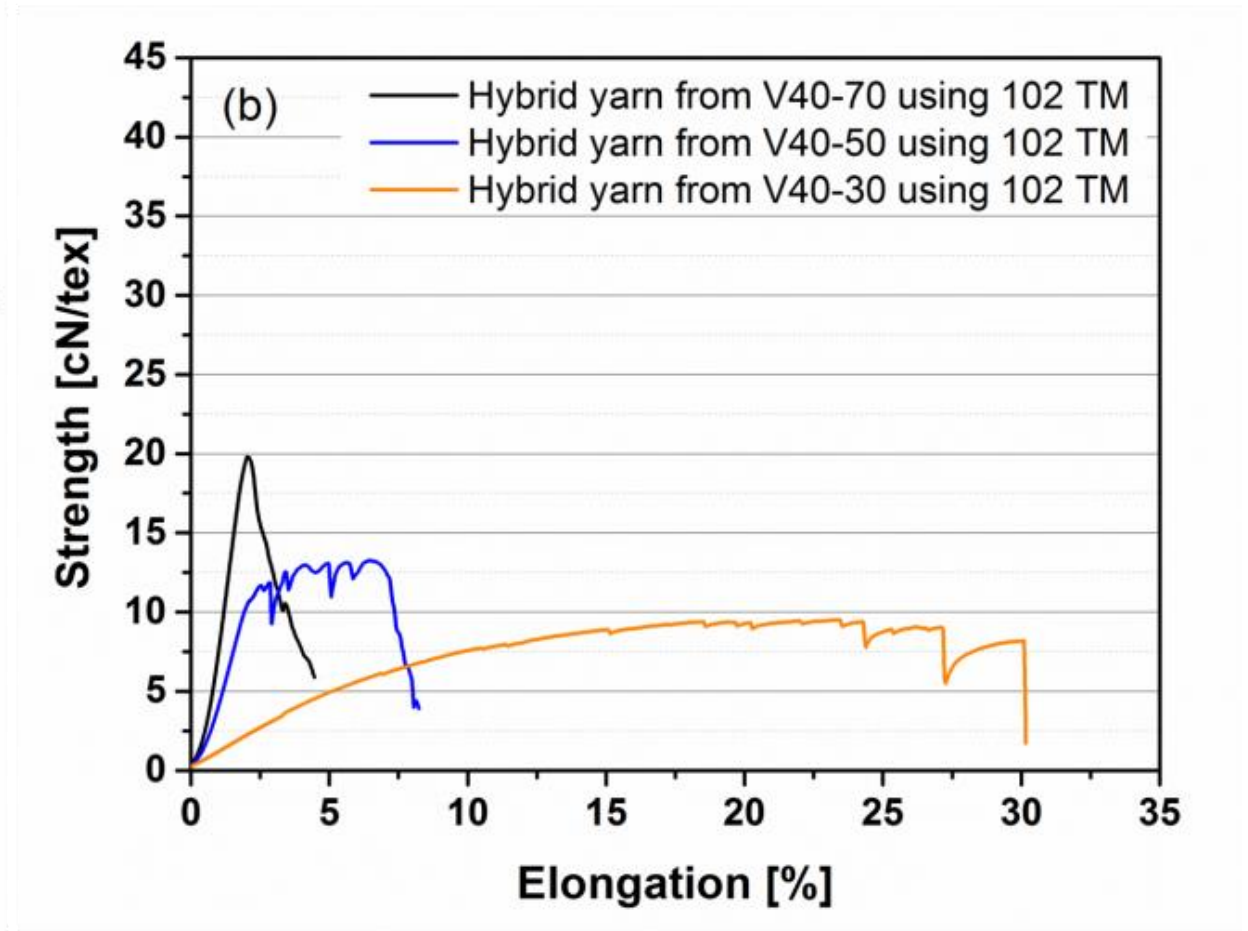
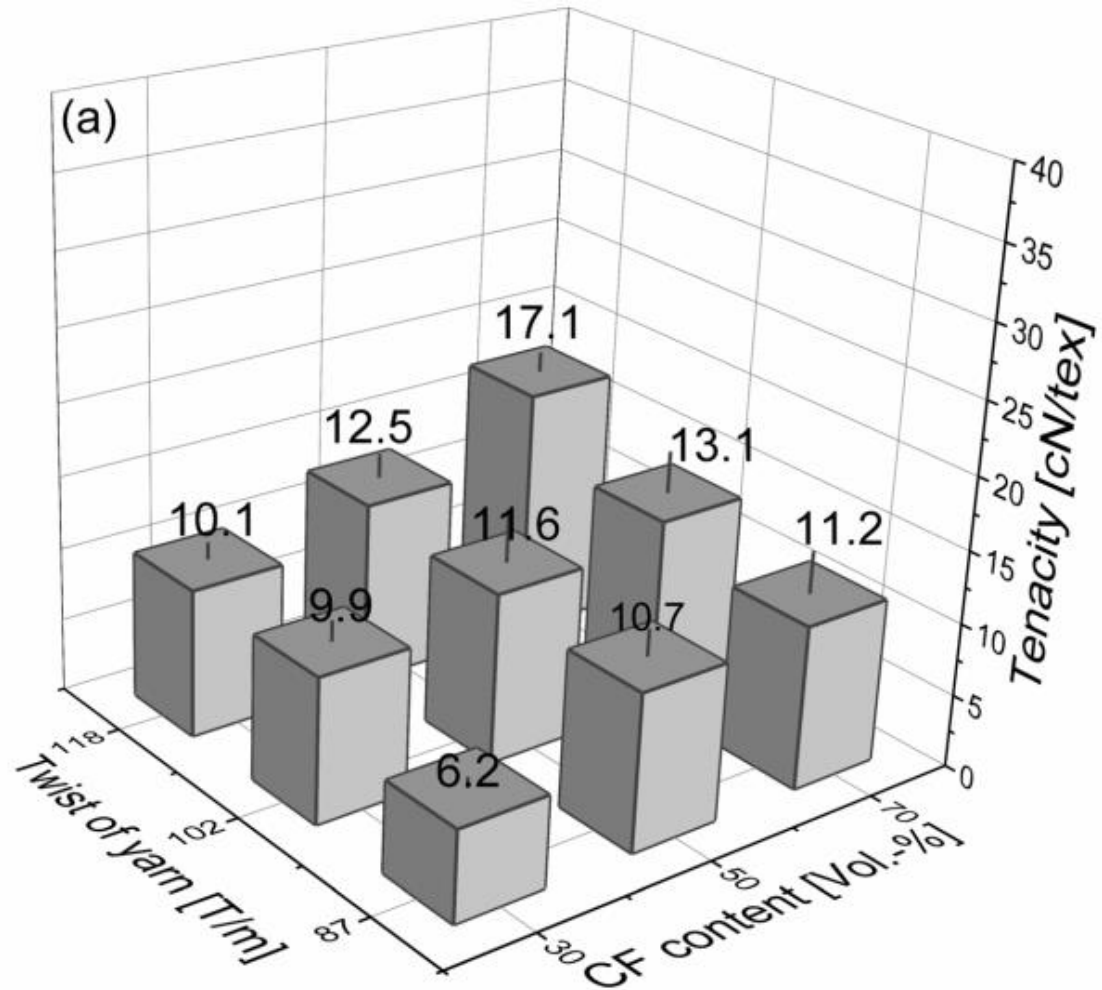
# rCF-Hybridgarne für Composites

## Charakterisierung - Durchmischungsgrad



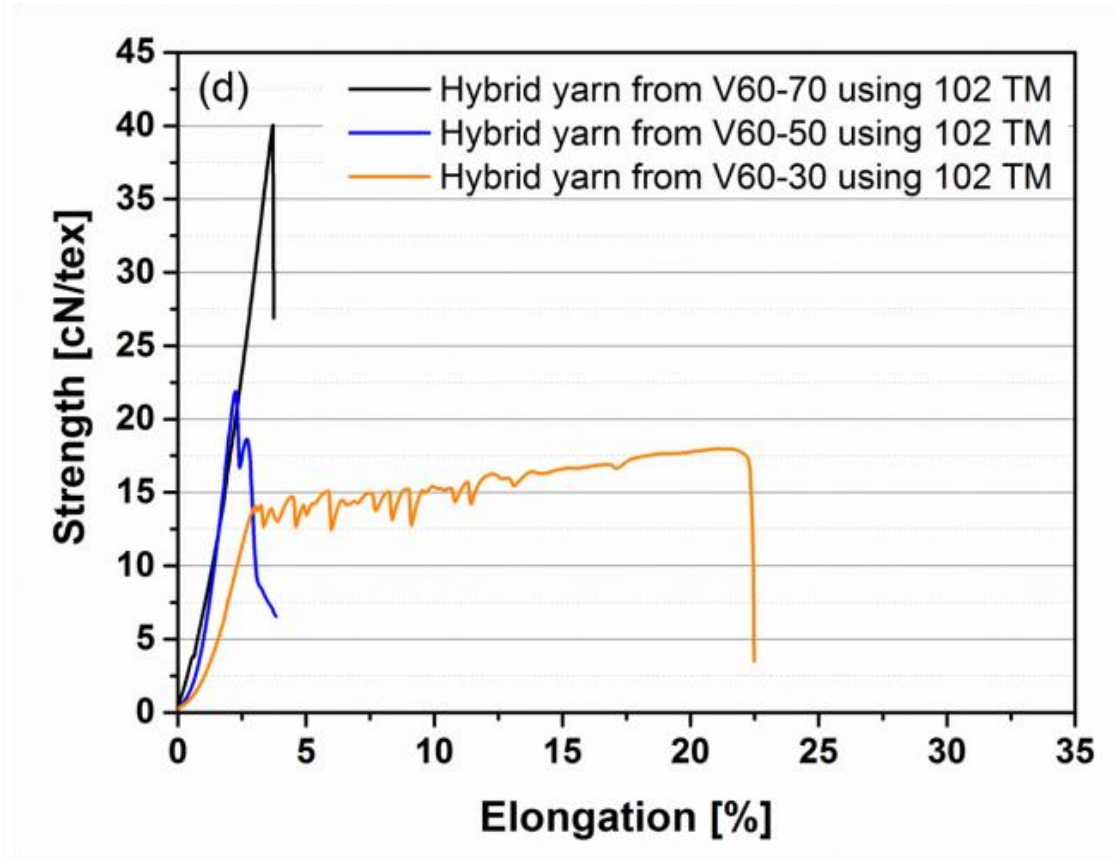
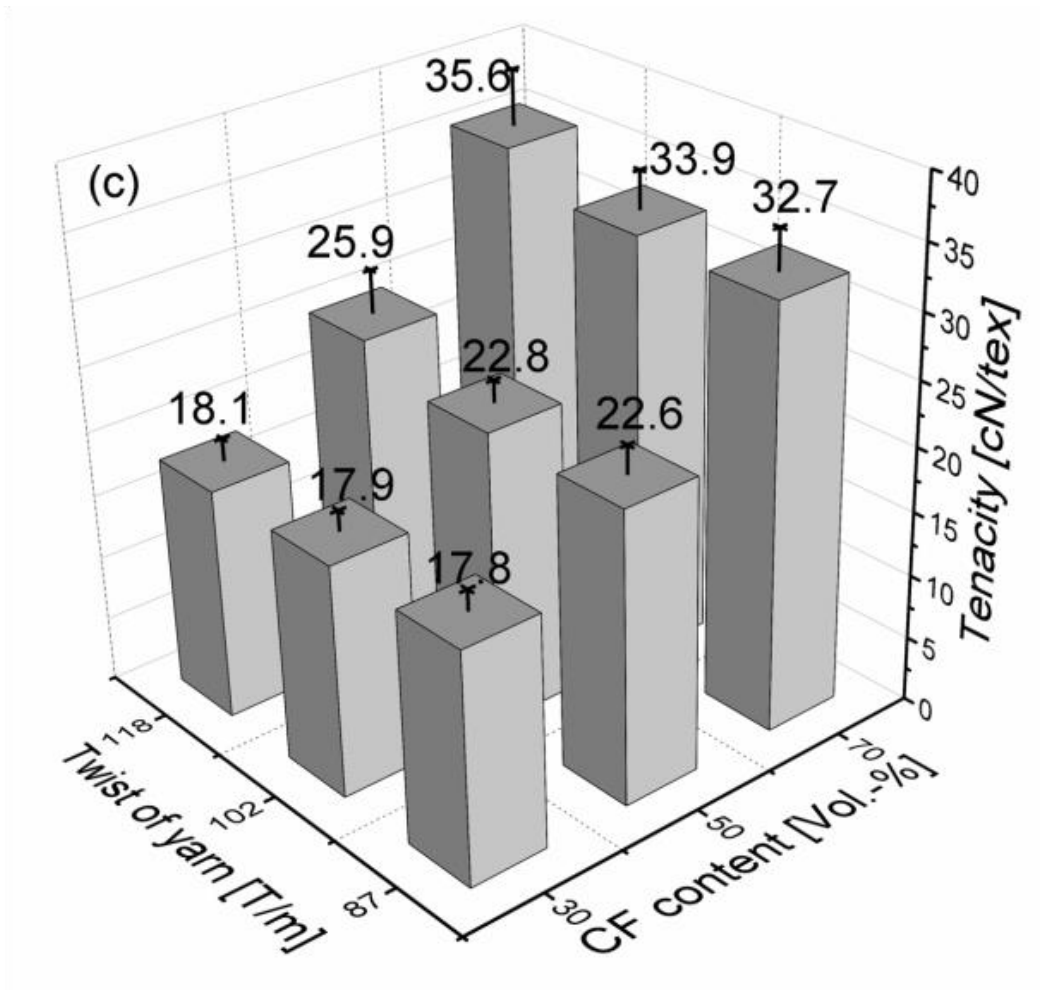
# rCF-Hybridgarne für Composites

Charakterisierung – Mechanische Eigenschaften von Garnen (Faserlänge 40 mm)



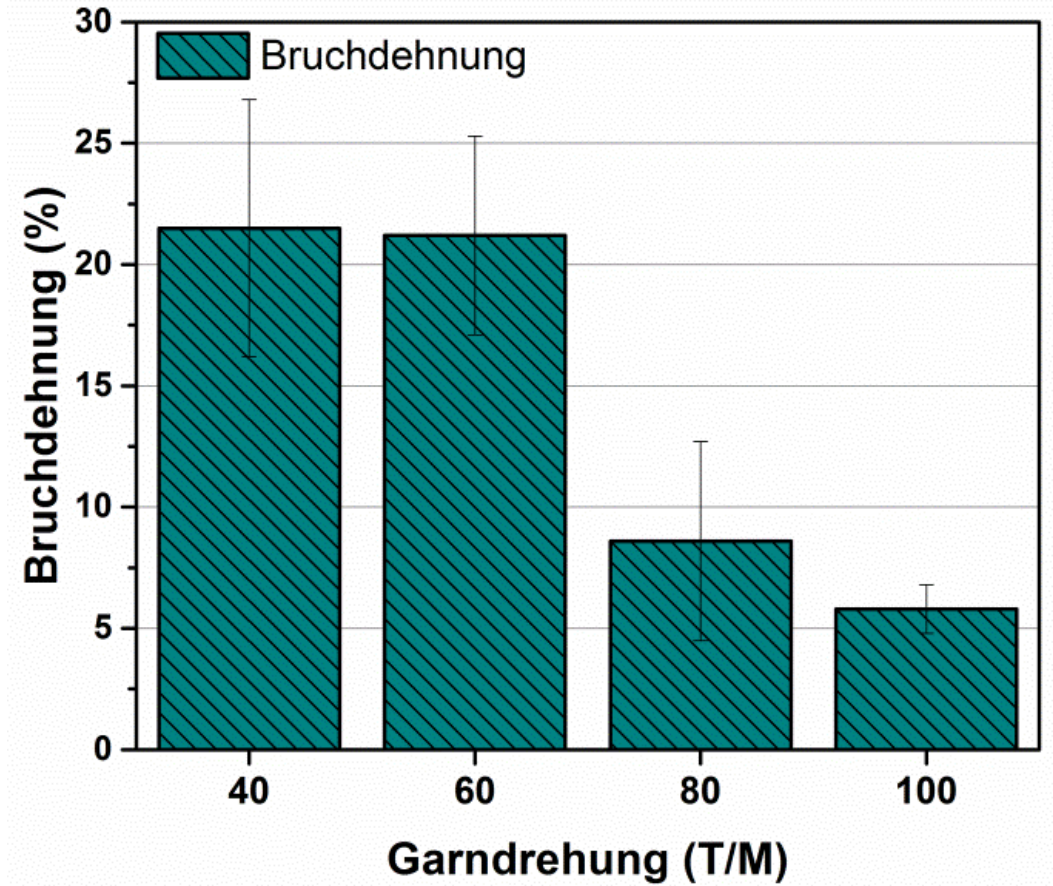
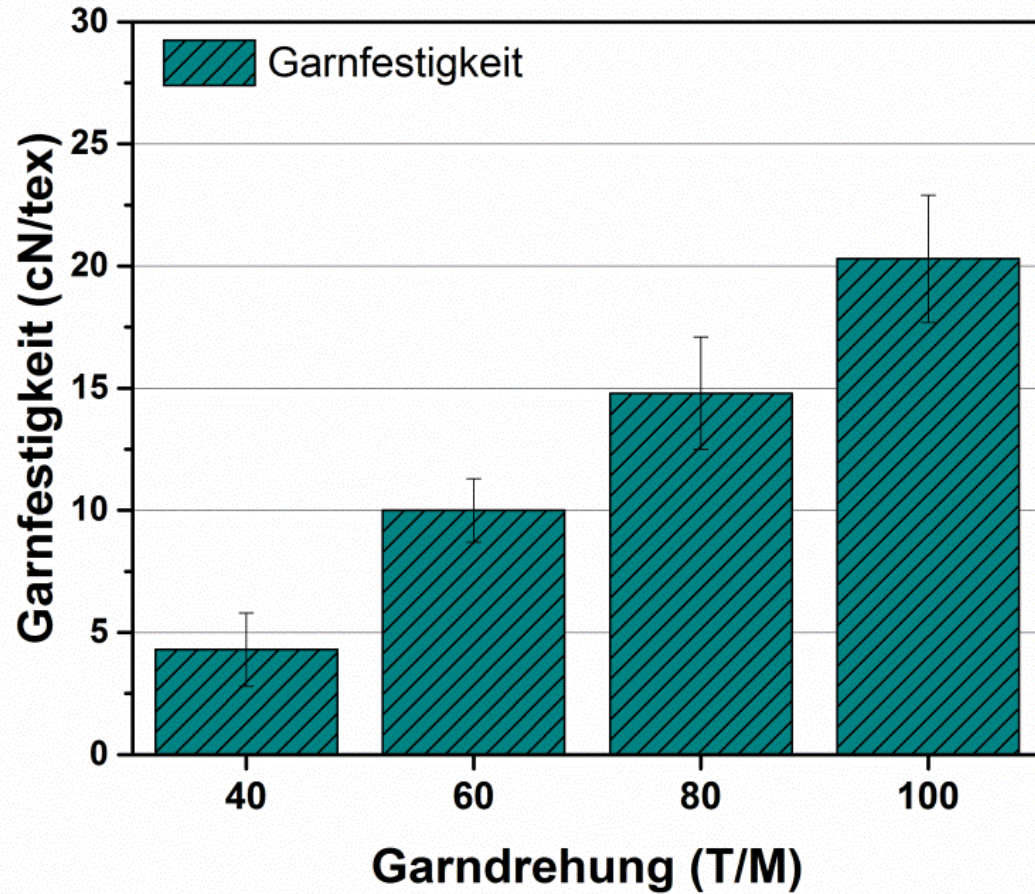
# rCF-Hybridgarne für Composites

Charakterisierung – Mechanische Eigenschaften von Garnen (Faserlänge 60 mm)



# rCF-Hybridgarne für Composites

## Charakterisierung - Eigenschaften von rCF-Hybridgarne



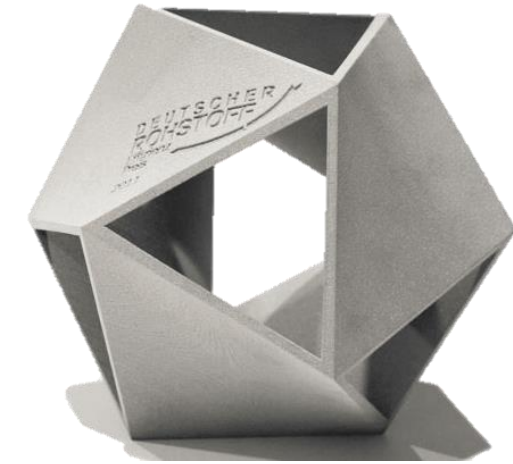
# rCF-Hybridgarne für Composites

## Preise - AVK-Innovationspreis 2016



# rCF-Hybridgarne für Composites

Preise - Deutscher Rohstoffeffizienzpreis 2016



**Nominierung für den „Future  
Textile Award 2017“ am 10.05.17  
in Frankfurt**

# Prozesse der Spinnereivorbereitung und des Spinnverfahrens

## Aufgaben

|                           | Mischen | Öffnen | Reinigen | Parallelisieren | Doublieren | Verstrecken | Drehungserteilung |
|---------------------------|---------|--------|----------|-----------------|------------|-------------|-------------------|
| Öffner, Reiniger, Mischer | ●       | ●      | ●        |                 |            |             |                   |
| Karde                     | ●       | ●      | ●        | ●               |            | ●           |                   |
| Strecke                   | ●       |        |          | ●               | ●          | ●           |                   |
| Wickelmaschine            | ●       |        |          | ●               | ●          | ●           |                   |
| Kämmmaschine              |         |        | ●        | ●               | ●          | ●           |                   |
| Flyer                     |         |        |          | ●               |            | ●           | ●                 |
| Ringspinmaschine          |         |        |          |                 |            |             |                   |
| Spulmaschine              |         |        |          |                 |            |             |                   |
| Rotorspinmaschine         |         |        |          |                 |            |             |                   |
| Luftspinnmaschine         |         |        |          |                 |            |             |                   |
| Zwirnen                   |         |        |          |                 |            |             |                   |

# Zusammenfassung

- Der Aufbau, die Aufgaben und das Funktionsprinzip des Flyers wurden vorgestellt.
- Technische Kenndaten des Flyers wurden zusammengefasst.
- Neue Lösungen zur Entwicklung von rCF-Hybridgarnen wurden erläutert.
- Die Prozesskette zur Verarbeitung von rCF zu rCF-Hybridgarnen wurde vorgestellt.
- Die Möglichkeiten zur Modifikation der Flyertechnologie zur Verspinnung von rCF-Hybridgarnen wurden präsentiert.
- Verschiedene Spinntechnologien zur Herstellung von rCF-Hybridgarnen wurden vorgestellt.
- Der Prozessschritt zur Fertigung von Verbundwerkstoffen wurde erläutert.
- Die Methoden zur Charakterisierung von Fasern, Bändern, Garnen und Verbunden wurden vorgestellt.

# Lernfragen

- 1 Erläutern Sie die Funktionsweise des Flyers! Nennen Sie die wichtigsten Elemente des Flyers und deren Aufgaben!
- 2 Nennen Sie Beispielhaft drei Lösungen zur Entwicklung von rCF-Faserstrukturen für Compositeanwendungen!
- 3 Nennen Sie die Gründe, warum das Flyerspinnverfahren zur Herstellung von rCF-Hybridgarnen für Compositeanwendungen geeignet ist!
- 4 Welche Modifikationen hinsichtlich des Streckwerkes sind notwendig, um mittels Flyertechnologie schonend rCF-Hybridgarne zu verspinnen?
- 5 Mit welchen Parametern werden die Eigenschaften von rCF-Hybridgarnen beeinflusst?
- 6 Welche Garneigenschaften haben maßgeblichen Einfluss auf die Verbundeigenschaften?
- 7 Welche Eigenschaften von Fasern, Bändern, Garnen und Verbunden werden charakterisiert? Bitte beschreiben Sie die Methoden!