

Vernadelte Radialgewebe-Sandwich-Preformen



Vernadelte Radialgewebe-Sandwich-Preformen für keramische Reibbeläge

Hochschule für angewandte Wissenschaften Hof

Corinna Anzer, Prof. Dr. Frank Ficker, Alexandra Luft, Gunar Knöckel

Gustav Gerster GmbH & Co. KG, Biberach/Riss

Marco Bohlender

CVT GmbH & Co. KG, Halblech

Dr. Rainer Hegermann

Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden

Daniel Weise



Gliederung des Vortrags

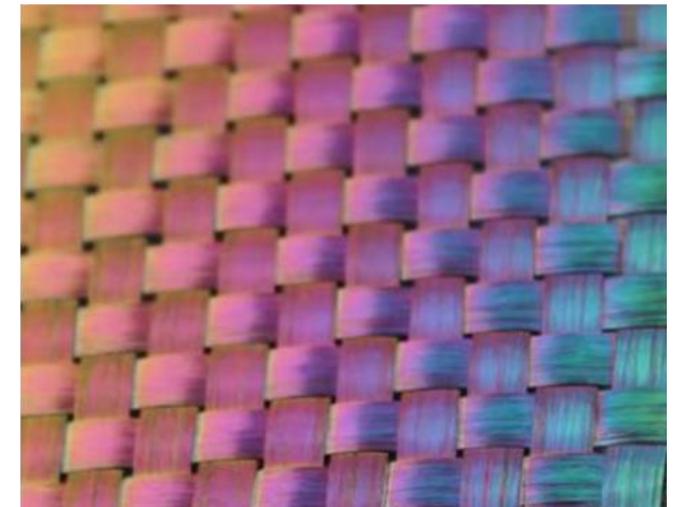
- **Vorstellung des Instituts für Materialwissenschaften der Hochschule Hof**
- **Entwicklung vernadelter Radialgewebe-Sandwich-Preformen für keramische Reibbeläge**
- Projektvorstellung, Anwendungsbereich und Zielsetzung
- Radialgewebe und Non-Crimp-Fabrics als textile Halbzeuge
- Entwicklung gechoppter Vliesstoffe
- Preformherstellung durch Vernadelung
- keramische Reibbeläge
- Zusammenfassung

Institut für Materialwissenschaften ifm

Institutsleiter: Prof. Dr. Frank Ficker

Geschäftsführer: Dr. Wolfgang Bauch

- **2010** Gründung
- Knapp **20 Mitarbeiter** und zahlreiche mitarbeitende Professoren und Studenten aus den Bereichen
 - **Textiltechnik und – design**
 - **Werkstofftechnik**
 - **Maschinenbau**
- Seit **2014 Kooperation mit Fraunhofer** zur Kompetenzerweiterung im Bereich anorganischer Fasern



Institut für Materialwissenschaften ifm

- **Oberflächenmodifikation und Funktionalisierung**
- **Innovative Textilprodukte und Verbundwerkstoffe**, auch aus anorganischen Fasern
- **Materialprüfung und –analyse**, normgerecht oder nach Bedarf
- **Kunststofftechnologie** – Extrusion und Spritzguss
- Chemische und physikalische **Textilveredlung**
- **Maschinen- und Werkzeugbau**
- **Werkstofftechnik**



BMBF-Forschungsprojekt „Anforderungsgerechte hochdrapierbare Carbon-Gelege-Faser-Preformen für effiziente Faserverbundkeramiken – CaGeFa“

Fördermaßnahme „Technische Textilien für innovative Anwendungen und Produkte –
NanoMatTextil“



Projektdaten

- Laufzeit: 01.10.2014 – 30.09.2017
- Projektkosten: 4,0 Mio. €
- Förderanteil des Bundes: 59 %
- Projektkoordination: Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof

CaGeFa

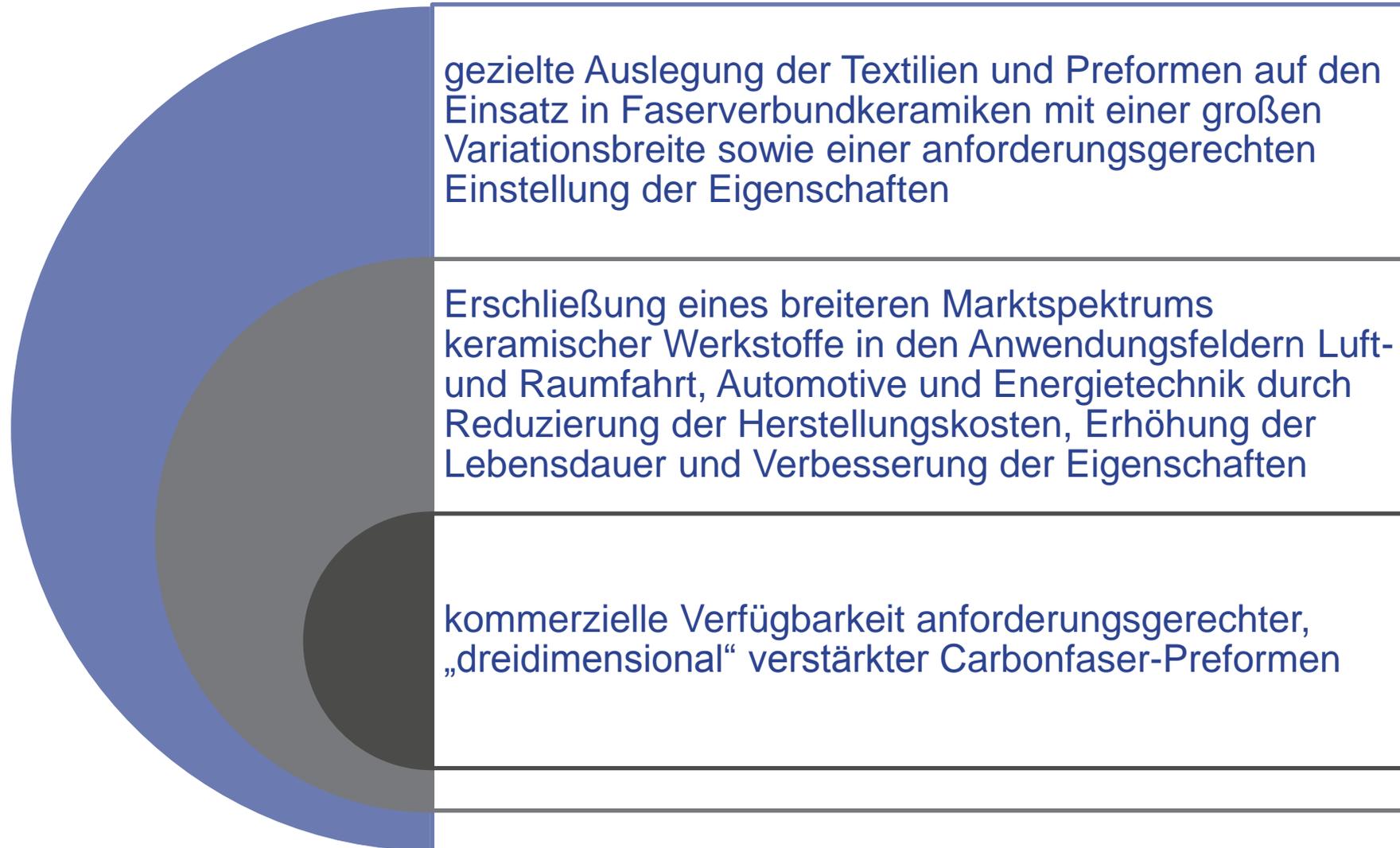


GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Motivation und Zielsetzung



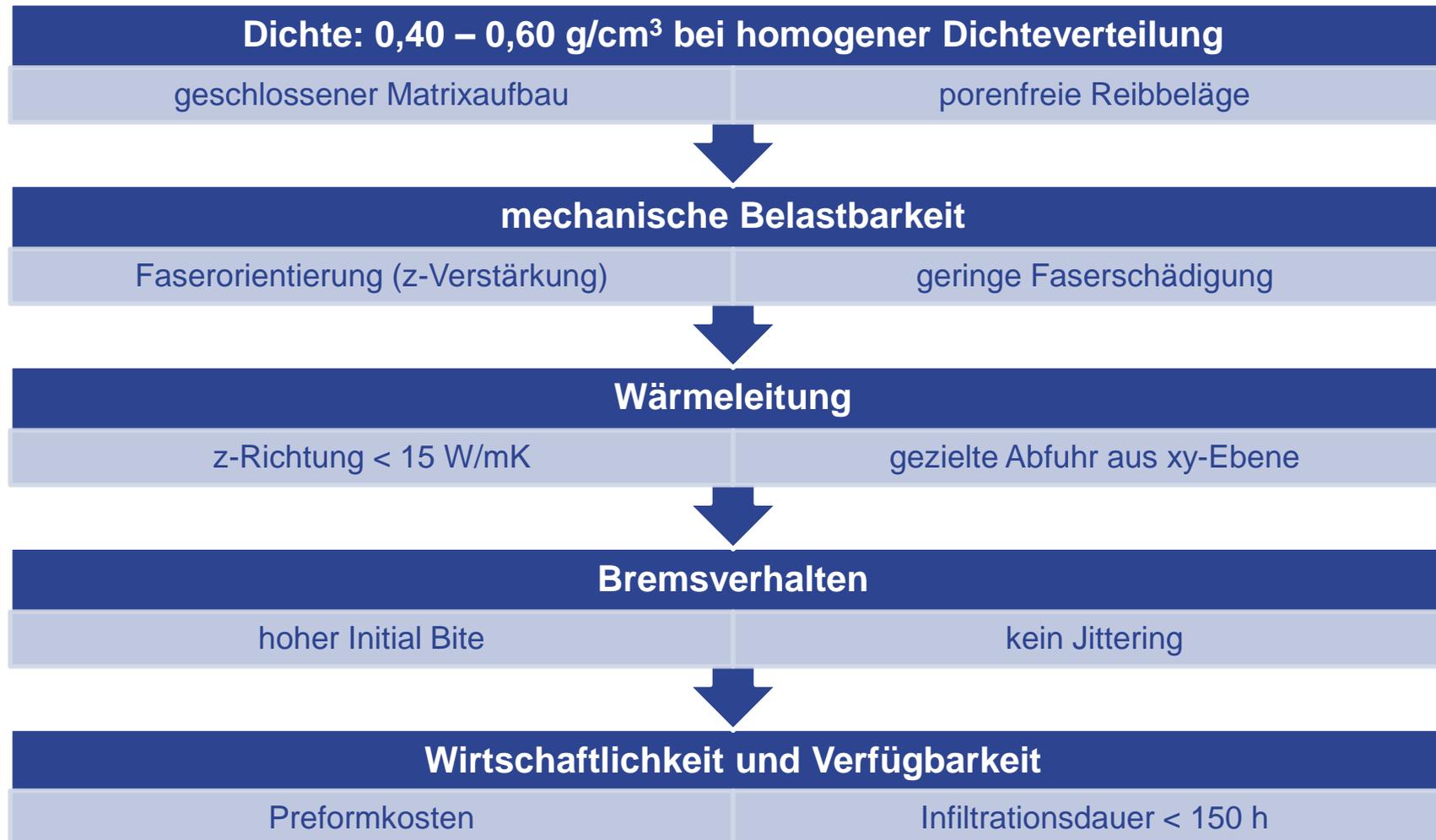
Anwendungsfeld Reibbeläge

- keramische Bremsscheiben werden bereits als Serienbauteile in HighClass-Fahrzeugen verbaut
 - Entwicklung von keramischen Bremsbelägen befindet sich noch im Anfangsstadium
 - **Stand der Technik**
 - gestapelte Gewebe
 - Imprägnierung, Pyrolyse, Carbonisierung
 - Kosten- und zeitintensiver Prozess, der bis zu 8 mal wiederholt wird
- **Ziel:** Preformherstellung durch Vernadelung zur Reduzierung der Fertigungskosten und Verbesserung der Performance



Bildquelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Carbon-Keramik>

Zielparameter für keramische Reibbeläge



Forschung entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung von CMC

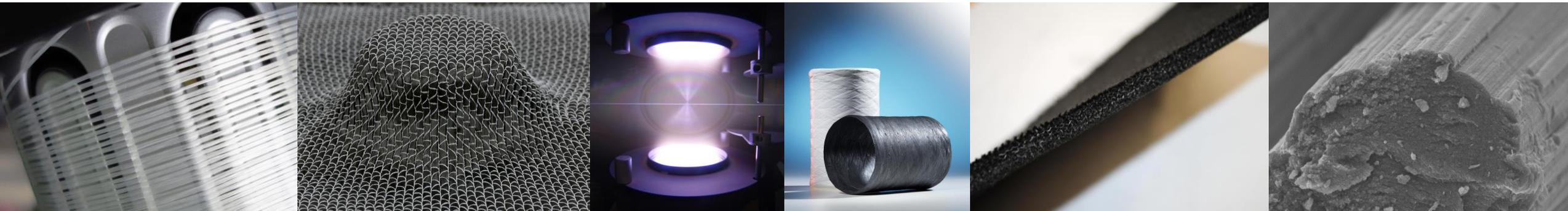
Textile Halbzeuge

Preformherstellung

keramische Reibbeläge

Prüfung und Charakterisierung

Bildquellen: Gustav Gerster GmbH & Co. KG, Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau und Universität Bayreuth



Forschung entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung von CMC

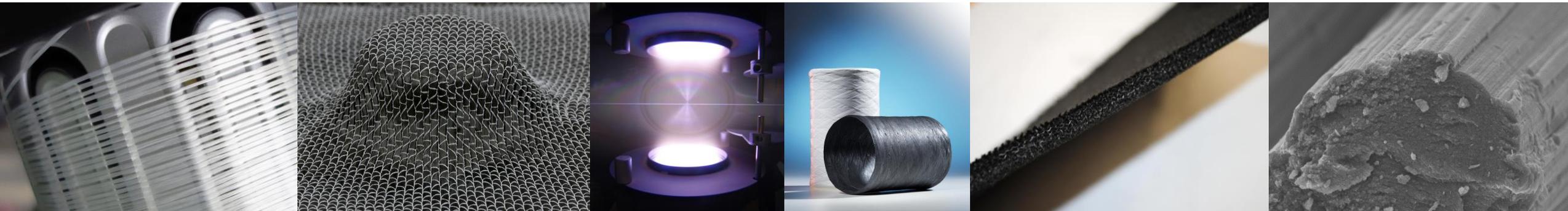
Textile Halbzeuge

Preformherstellung

keramische Reibbeläge

Prüfung und Charakterisierung

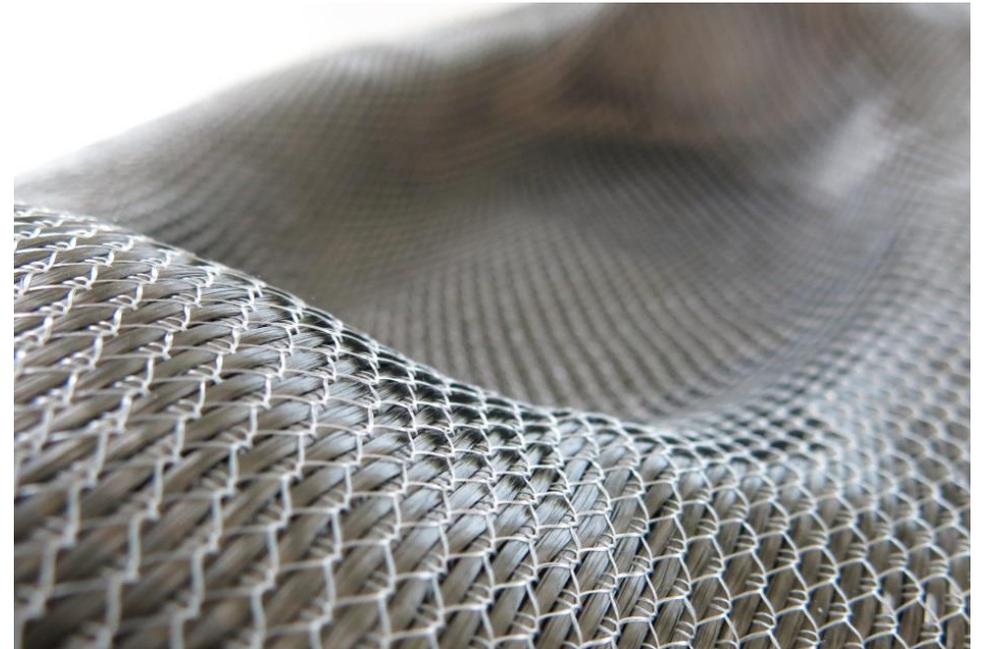
Bildquellen: Gustav Gerster GmbH & Co. KG, Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau und Universität Bayreuth



Textile Halbzeuge

Zur Fertigung anforderungsgerechter Strukturen wurden unterschiedliche textile Halbzeuge entwickelt, welche in verschiedenen Kombinationen entsprechend der gestellten Anforderungen nach Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Strukturdichte, etc. zu Preformen verarbeitet werden.

- **Spiralgewebe**
- **Gewebe**
- **Non-Crimp-Fabrics**
- Geflechte
- unidirektional verstärkte Gestricke
- Krempel-Vliese
- **gechoppte Vliese** und Endlosfaser-Vliese mit definierter Faserorientierung



Bildquelle: FTA Forschungsgesellschaft für Textiltechnik Albstadt mbH

Entwicklung von Spiralgeweben



Spiralgewebe:

- Minimaler Innendurchmesser 100 mm
- Bandbreiten von 10 mm bis 280 mm
- Einsatz von Pech- und PAN-basierten Kohlenstofffasern
- Bindung und Anzahl der Windungen frei wählbar

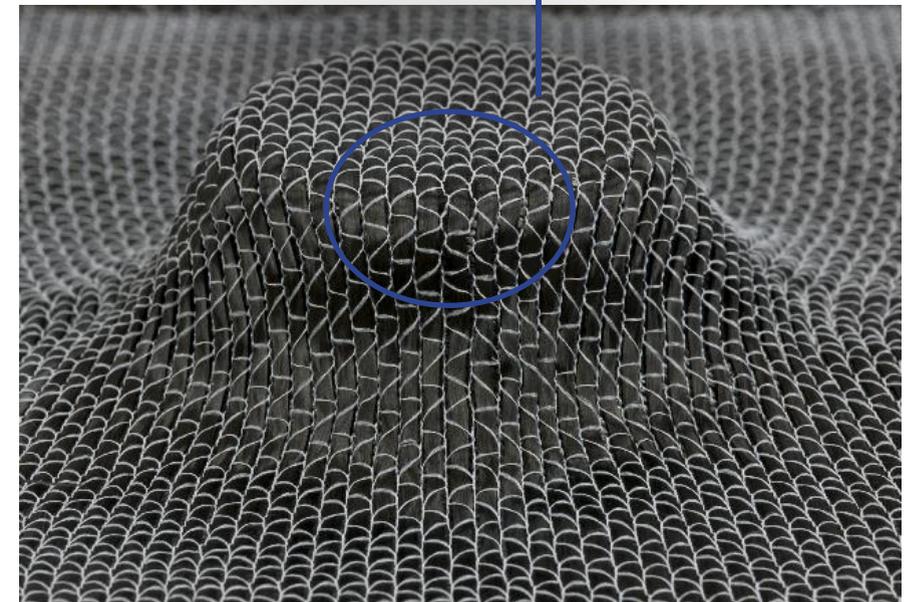
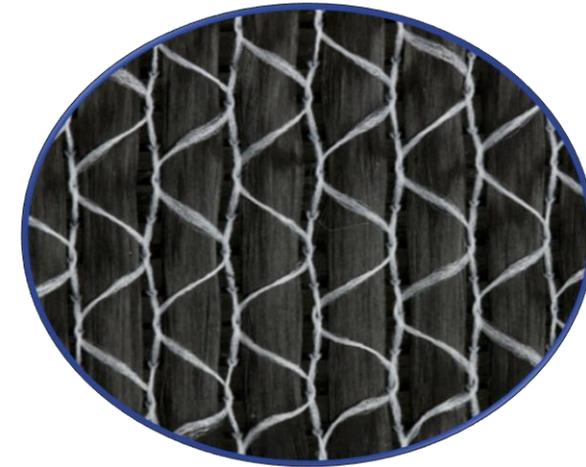
Vorteile:

- Kein Verschnitt
- Lastgerechte Faserorientierung
- Aufnahme der mechanischen Belastung
- gezielte Wärmeableitung

Entwicklung anforderungsgerechter Non-Crimp-Fabrics

Vorteile von Non-Crimp-Fabrics:

- Verarbeitung von Pech- und PAN-basierten Kohlenstofffasern
- drehungsfreier Eintrag für optimale Kraftaufnahme und Homogenität
- Abbindung der Rovings über Wirk- und Gewebearbeitungen möglich
- gestreckte Fadenlage
- maschenreihen-gerechte Einbindung der Fäden
- gezielte Variation von Flächenmasse und Strukturdichte



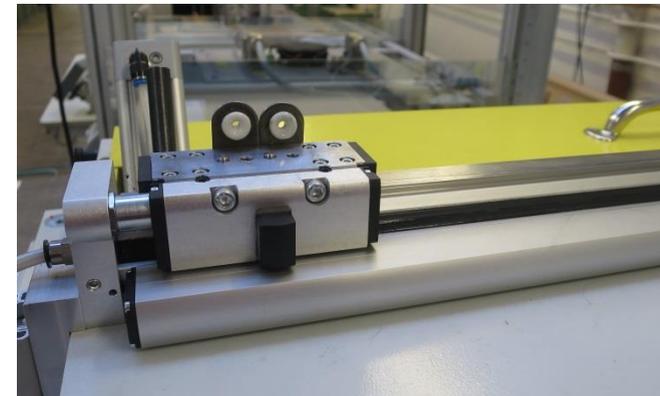
Entwicklung gechoppter Vliesstoffe



Faserchopper mit Transportband

- mögliche Schnittlängen: 6,3 – 430 mm
- Schneidleistung 800 tex Roving: bis 180 kg/h
- wirtschaftliches Verfahren zur Reduzierung der Bauteilkosten
- Chopper ist auch nutzbar zur Vorlage von Endlofasern

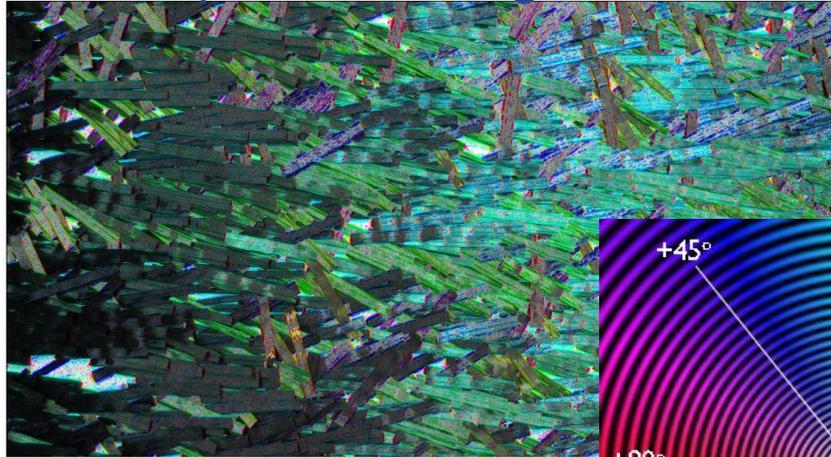
- Installation einer changierenden Faserzuführung
- steuerungstechnische Kopplung von Changiereinheit und Antrieb der Schneidwalzen
- Rotationsgeschwindigkeit kann in Abhängigkeit der Position der Faserzuführung definiert werden
- Verringerung des Badewanneneffekts



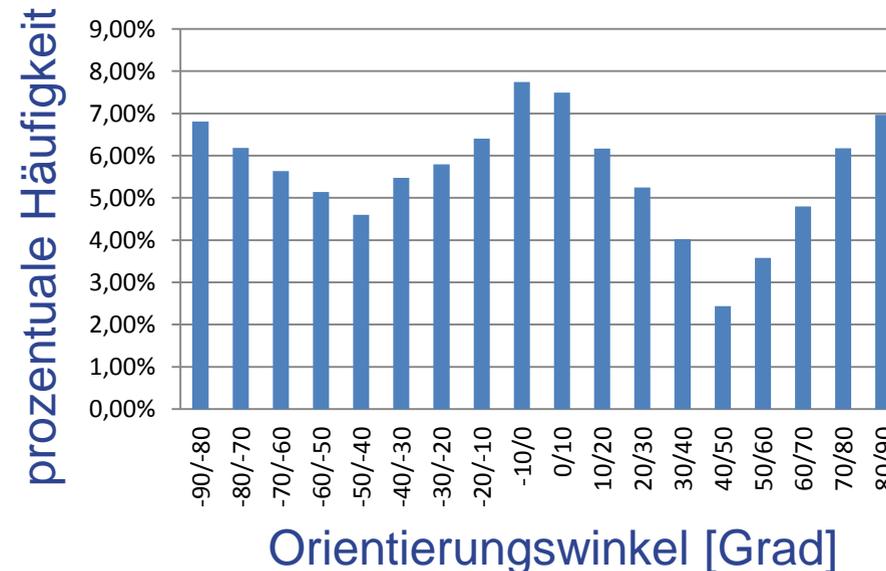
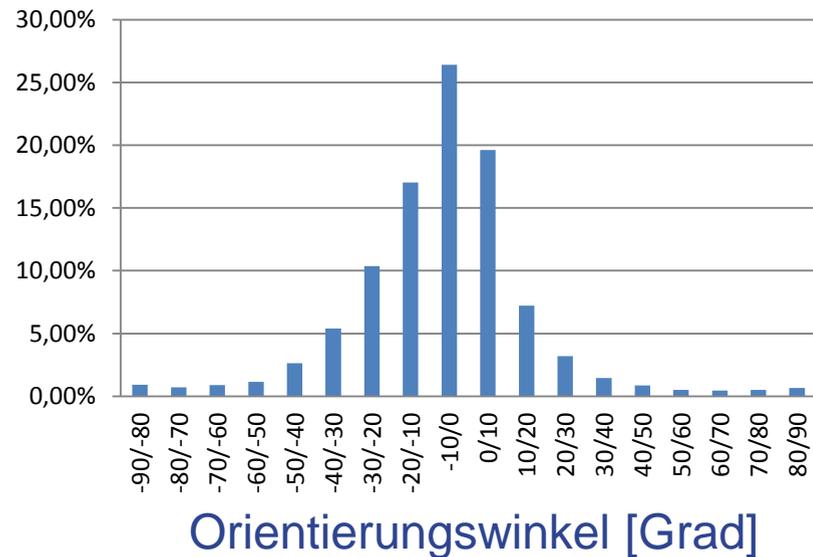
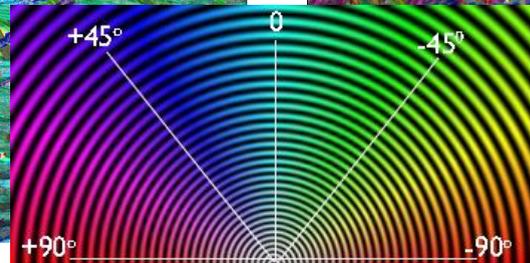
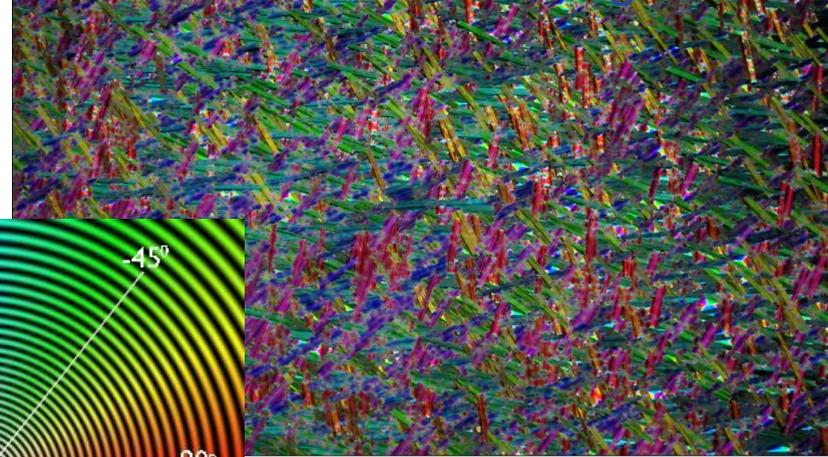
changierende Faserzuführung

Entwicklung gechoppter Vliesstoffe

anisotrope Faserablage



quasi-isotrope Faserablage



Forschung entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung von CMC

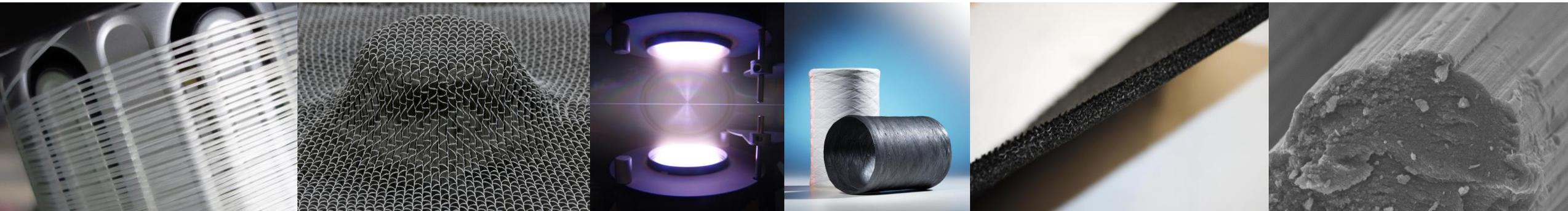
Textile Halbzeuge

Preformherstellung

keramische Reibbeläge

Prüfung und Charakterisierung

Bildquellen: Gustav Gerster GmbH & Co. KG, Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau und Universität Bayreuth



Preformherstellung durch Vernadelung

Über die Vernadelung der textilen Halbzeuge wird eine definierte z-Verstärkung durch Umorientierung der Fasern erreicht, so dass Dichte, Imprägnierverhalten, Lagenhaftung, etc. gezielt einstellbar sind.



Pitch-Krempelvlies



Filznadeln



Sandwichaufbau – Gewebe + Vlies

Preformherstellung durch Vernadelung

Anschaffung einer modernen Nadelmaschine im Rahmen des Projekts an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof



Besonderheiten:

- elliptische Vernadelung zur Herstellung homogener Preformen
- Auslegung und Umbau der Maschine zur Herstellung von Preformen mit einer hohen Dicke (bis 30 mm)

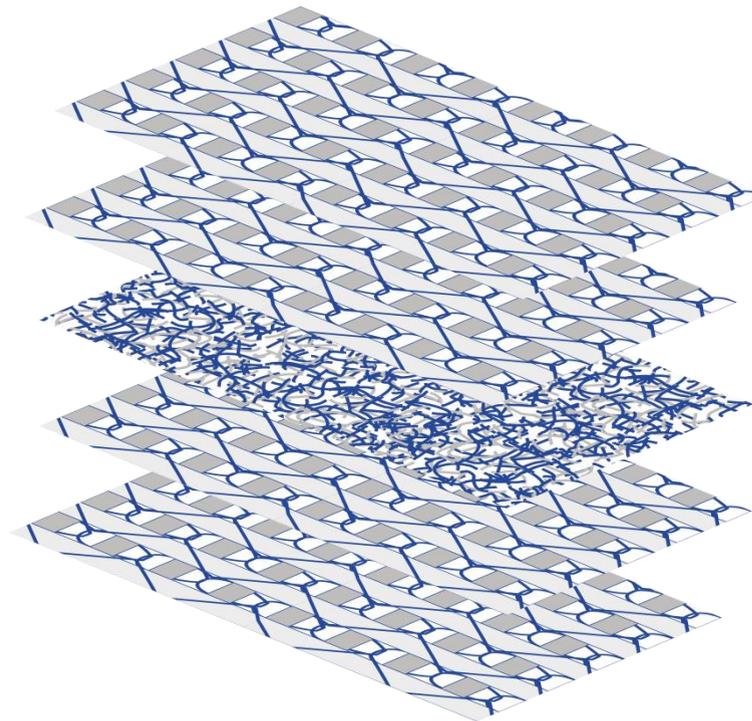
Preformherstellung durch Vernadelung – Einflussparameter



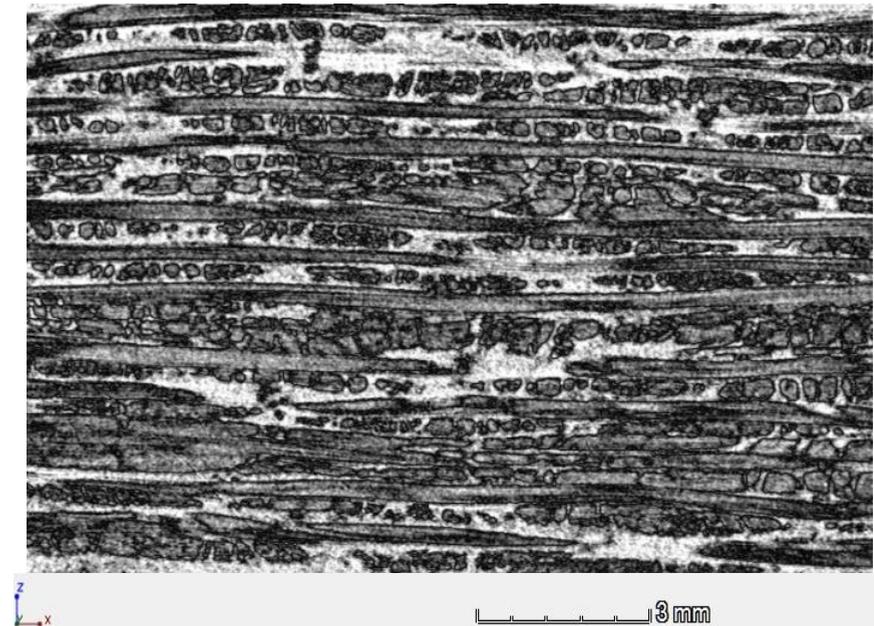
Preformherstellung durch Vernadelung – Basissandwich



Sandwichaufbau:
Dicke: 15,9 mm
 m_A : 8427 g/m²
Dichte: 0,53 g/cm³



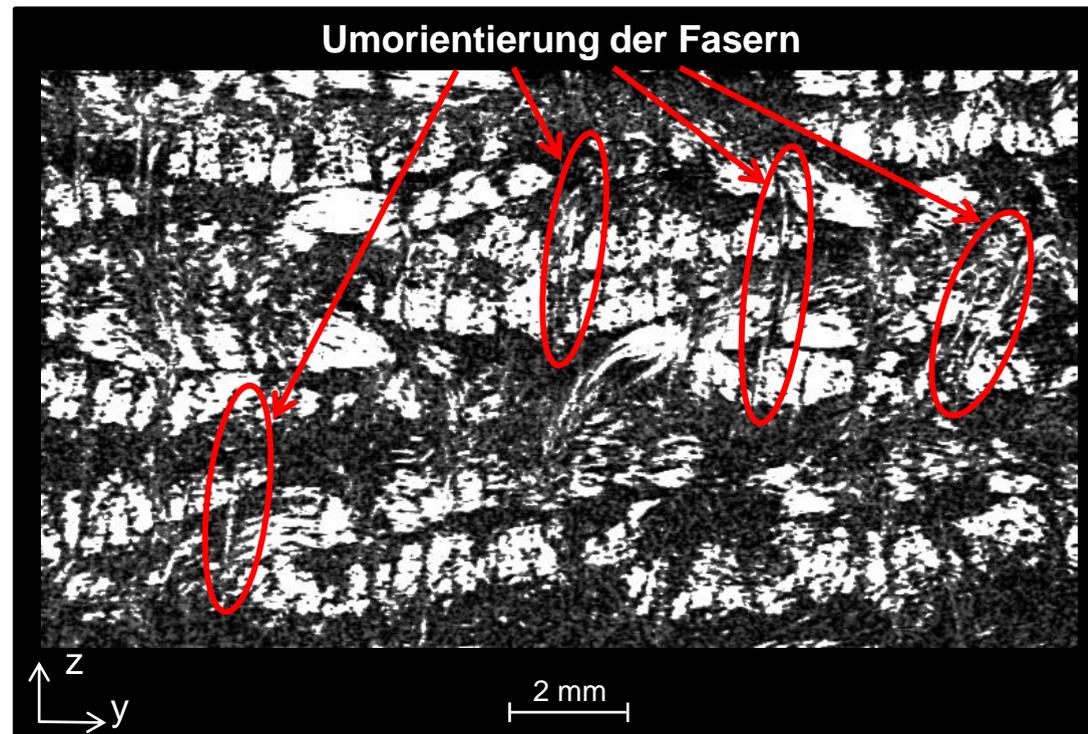
Schematischer Aufbau
NCF und gehopptes Vlies



CT-Aufnahme
der Materialstruktur

Bildquelle: Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau

Preformherstellung durch Vernadelung – z-Verstärkung

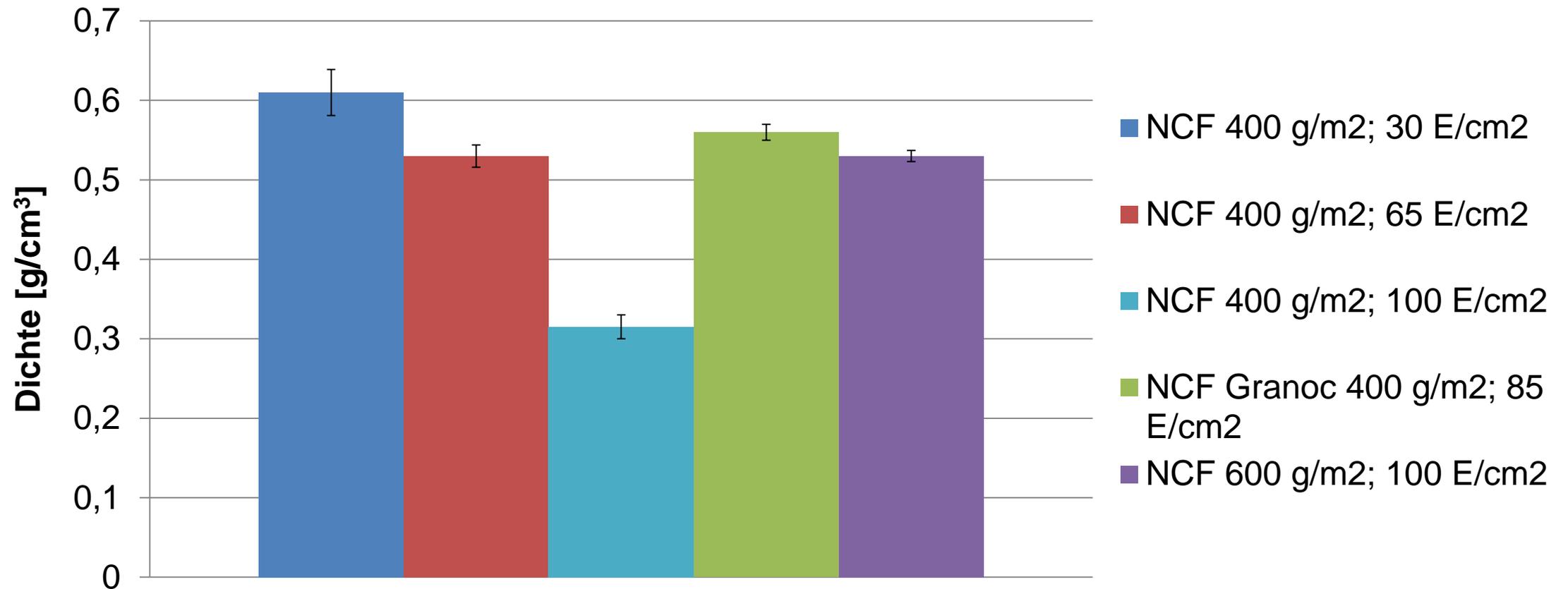


- Strukturstabilisierung zur direkten Prozessierung via CVI
- Optimierung des Infiltrationsverhaltens durch Einstichkanäle

Bildquelle: Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau

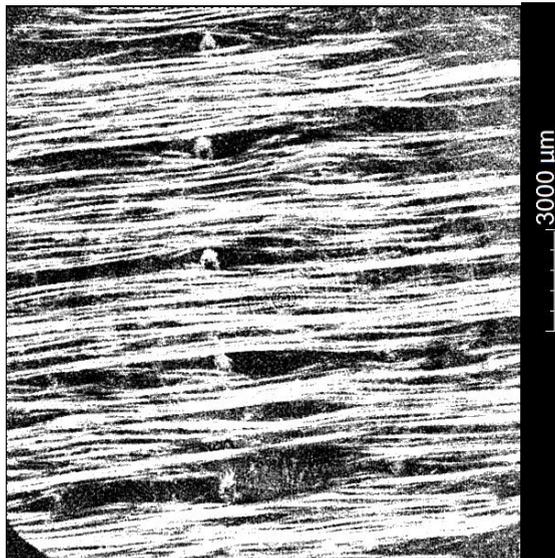
Preformherstellung durch Vernadelung – Einfluss von E_D auf Dichte

Dichte Preform

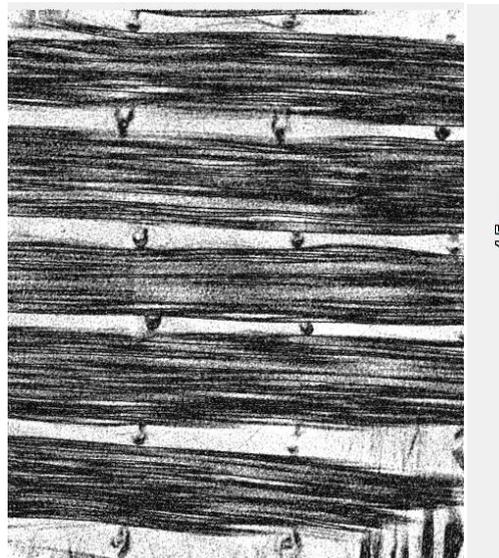


Preformherstellung durch Vernadelung – Einfluss von E_D auf Dichte

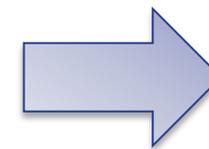
Analyse über Computertomographie am Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperaturleichtbau, Bayreuth – Auflösung $17\ \mu\text{m}$ – vernadeltes Sandwich (xy-Darstellung)



$E_D = 100\ \text{E/cm}^2$



$E_D = 30\ \text{E/cm}^2$



Reduzierung der
Faserschädigung und
Erhöhung der Dichte
durch Verringerung der
Einstichdichte

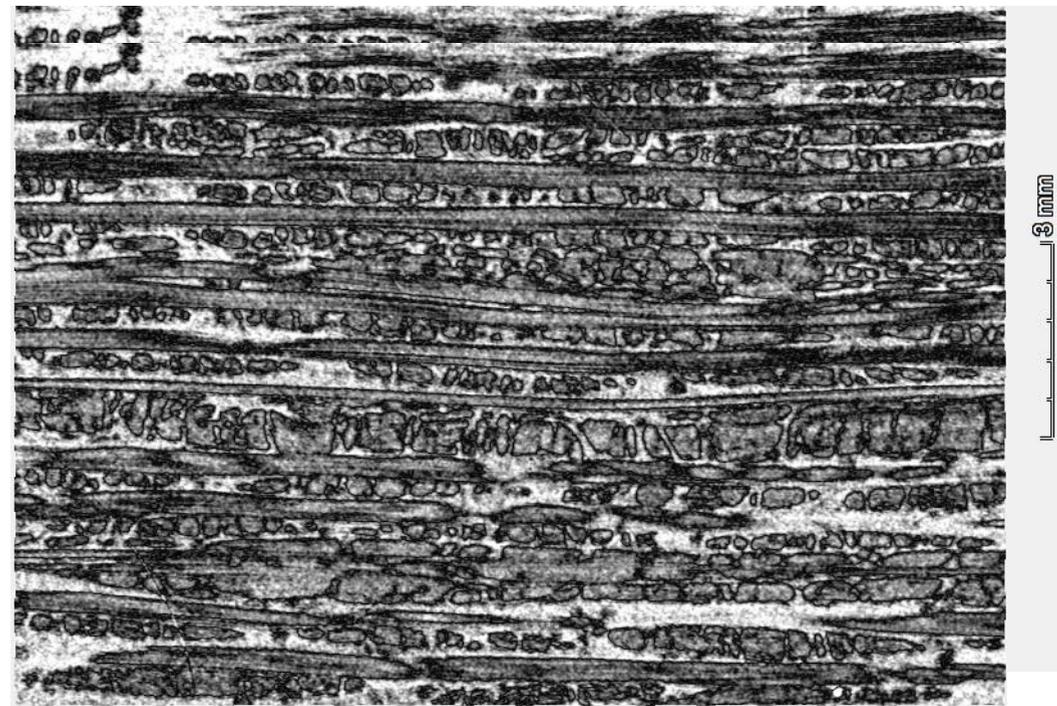
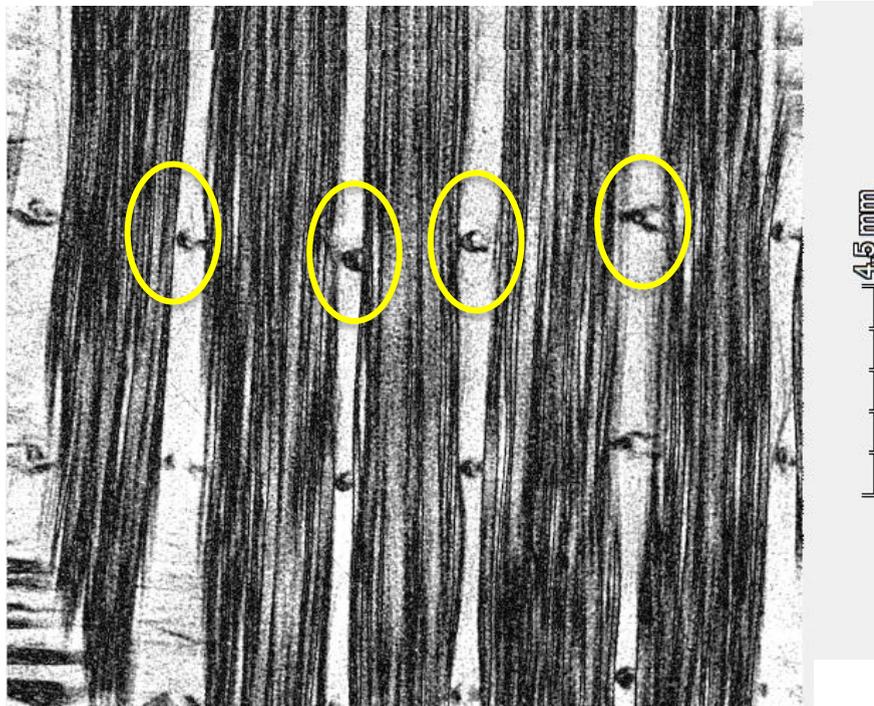
Bildquellen: Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau

Preformherstellung durch Vernadelung – Strukturdichteverteilung

Beseitigung der Gassen (xy)

Reduzierung der Einstichdichte (yz)

Gassen durch Bindefäden



Homogene Struktur
in z-Richtung

→ Homogenisierung durch Variation der Halbzeuge und Reduzierung der E_D

Bildquellen: Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau

Preformherstellung durch Vernadelung – Radialgewebe-Sandwich-Preform

Entwicklung von 30 mm dicken Hybridstrukturen mittels der Nadel-Fügetechnologie:



→ Nahtfixierung des Rundgewebes

→ nadelbruchfreies Fügen durch reduzierte Maschinengeschwindigkeit

Forschung entlang der gesamten Prozesskette zur Herstellung von CMC

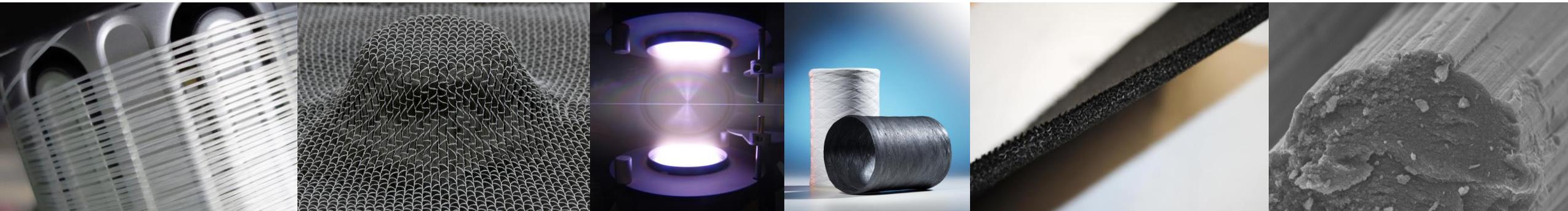
Textile Halbzeuge

Preformherstellung

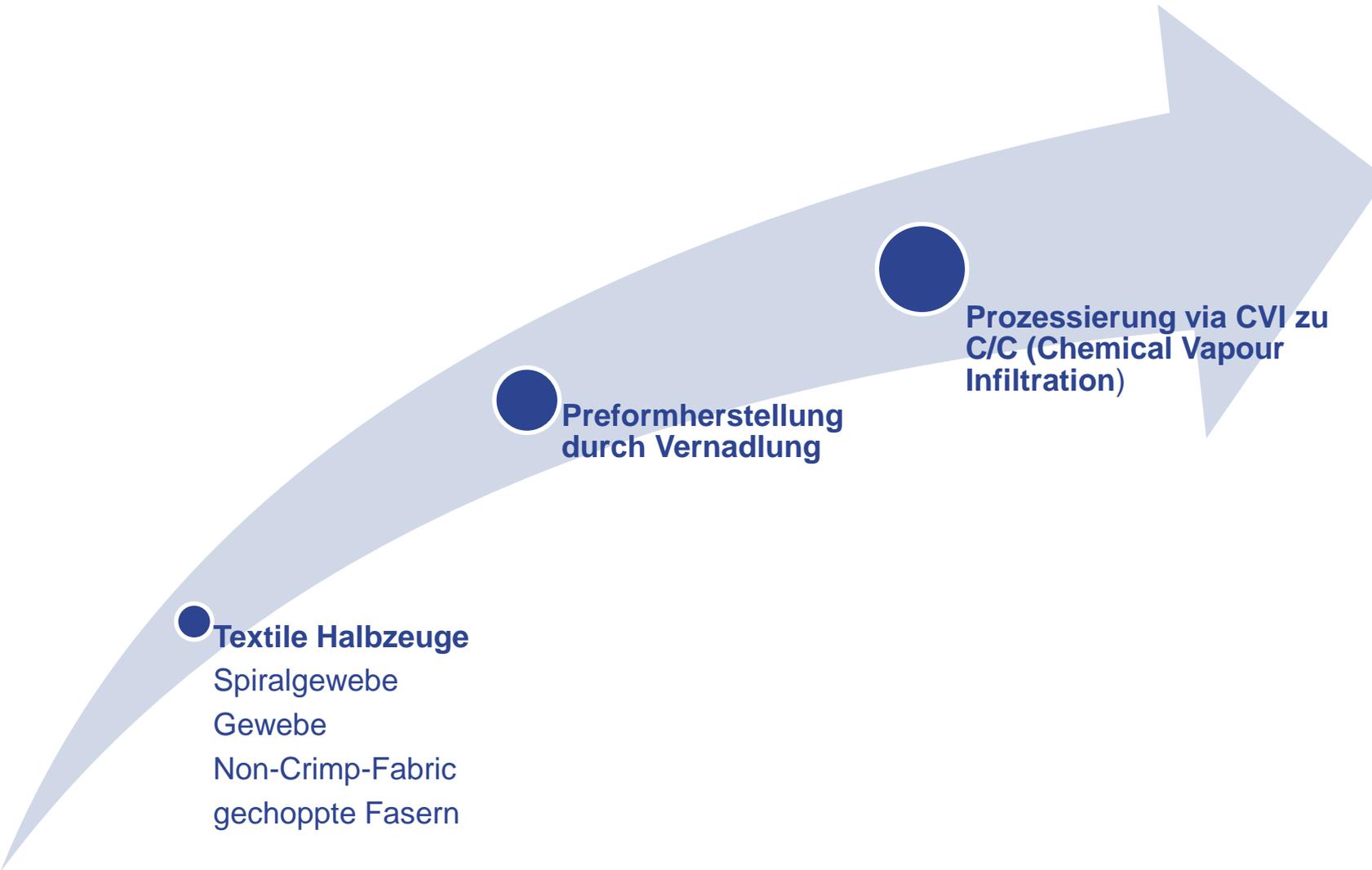
keramische Reibbeläge

Prüfung und Charakterisierung

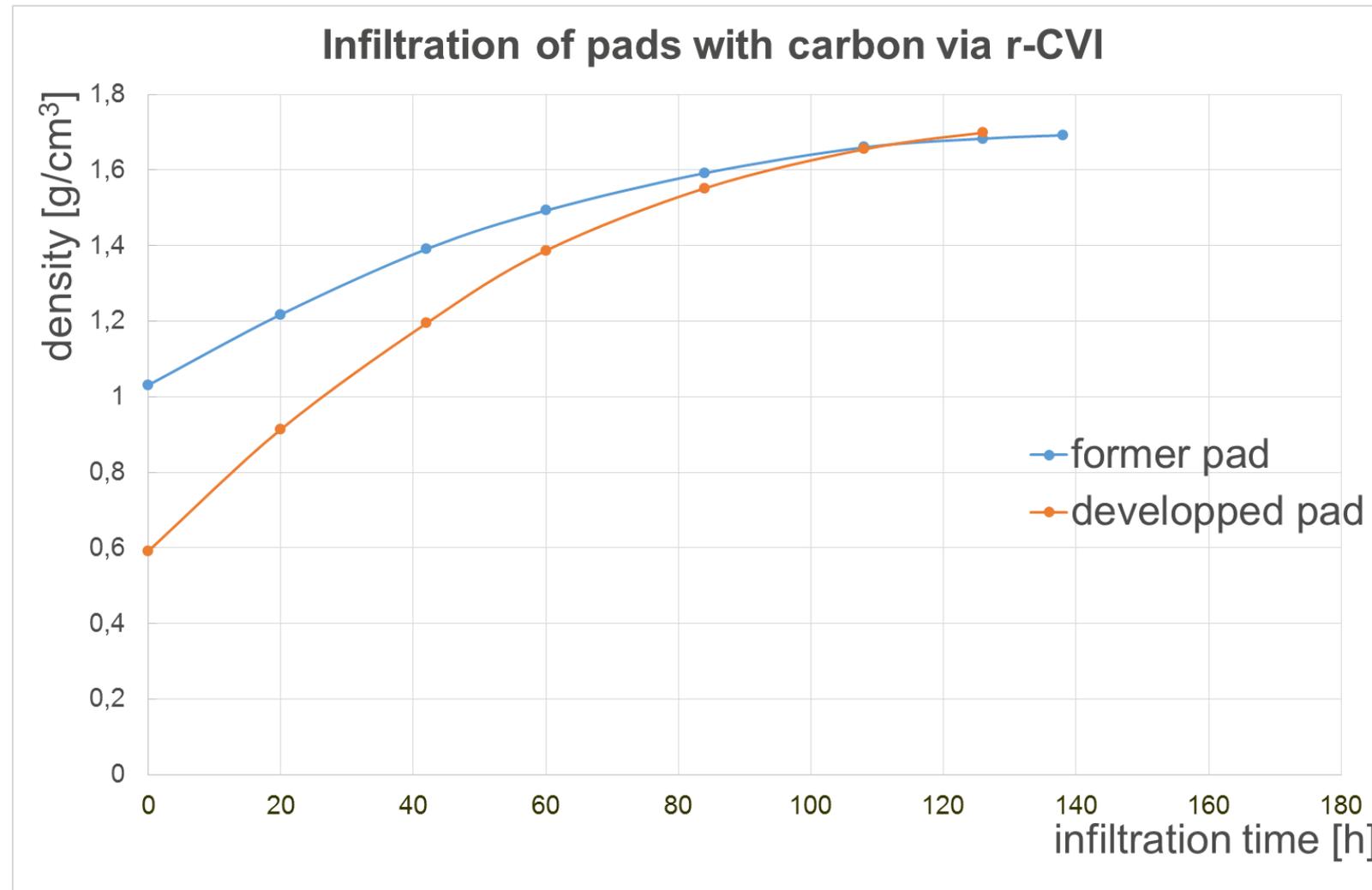
Bildquellen: Gustav Gerster GmbH & Co. KG, Fraunhofer Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau und Universität Bayreuth



Anwendung „keramischer Reibbelag“

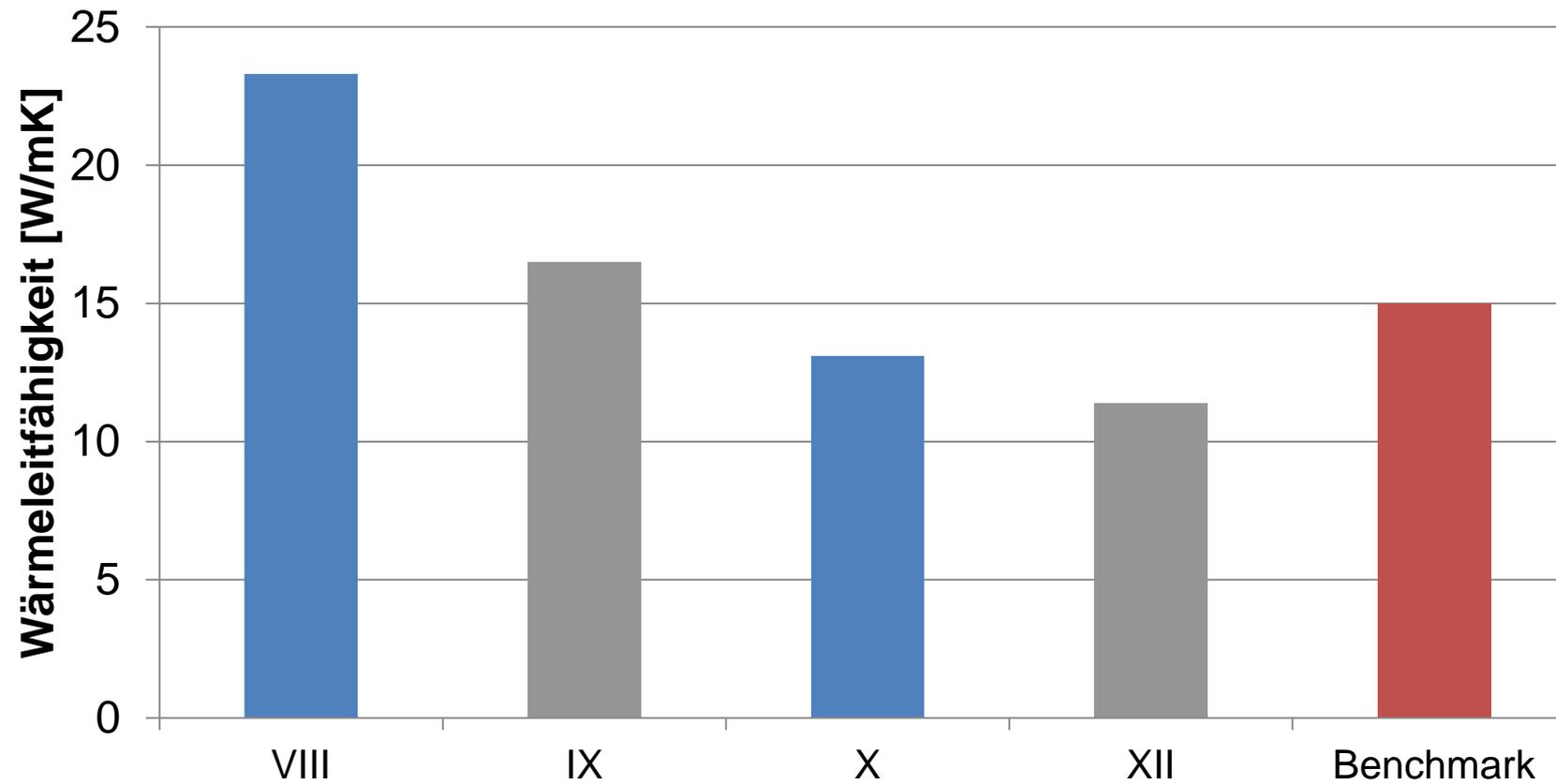


Anwendung „keramischer“ – Infiltrationsverhalten



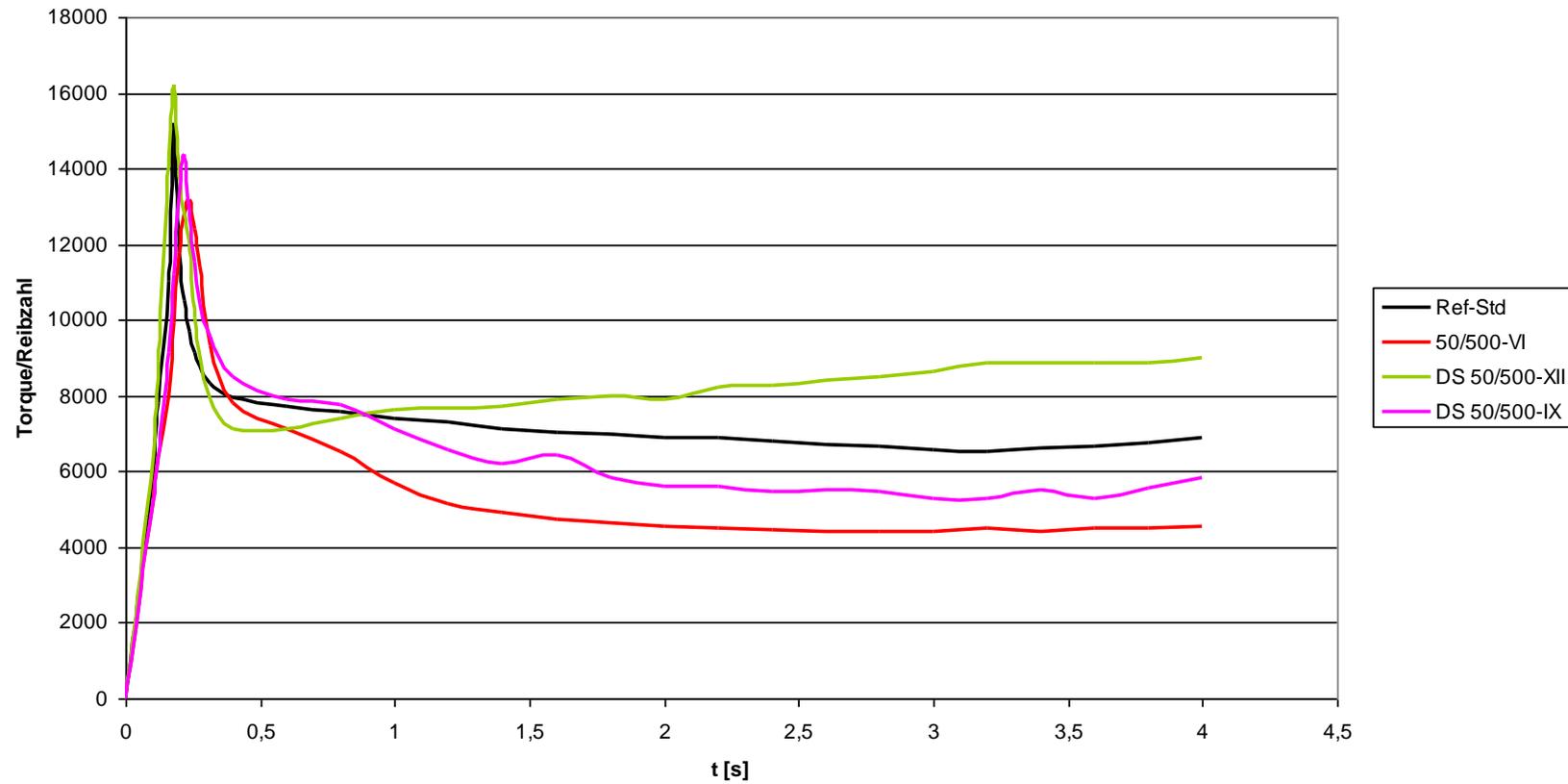
Anwendung „keramischer Reibbelag“ – Wärmeleitfähigkeit

Wärmeleitfähigkeit z-Richtung



Anwendung „keramischer Reibbelag“ – Bremsverhalten

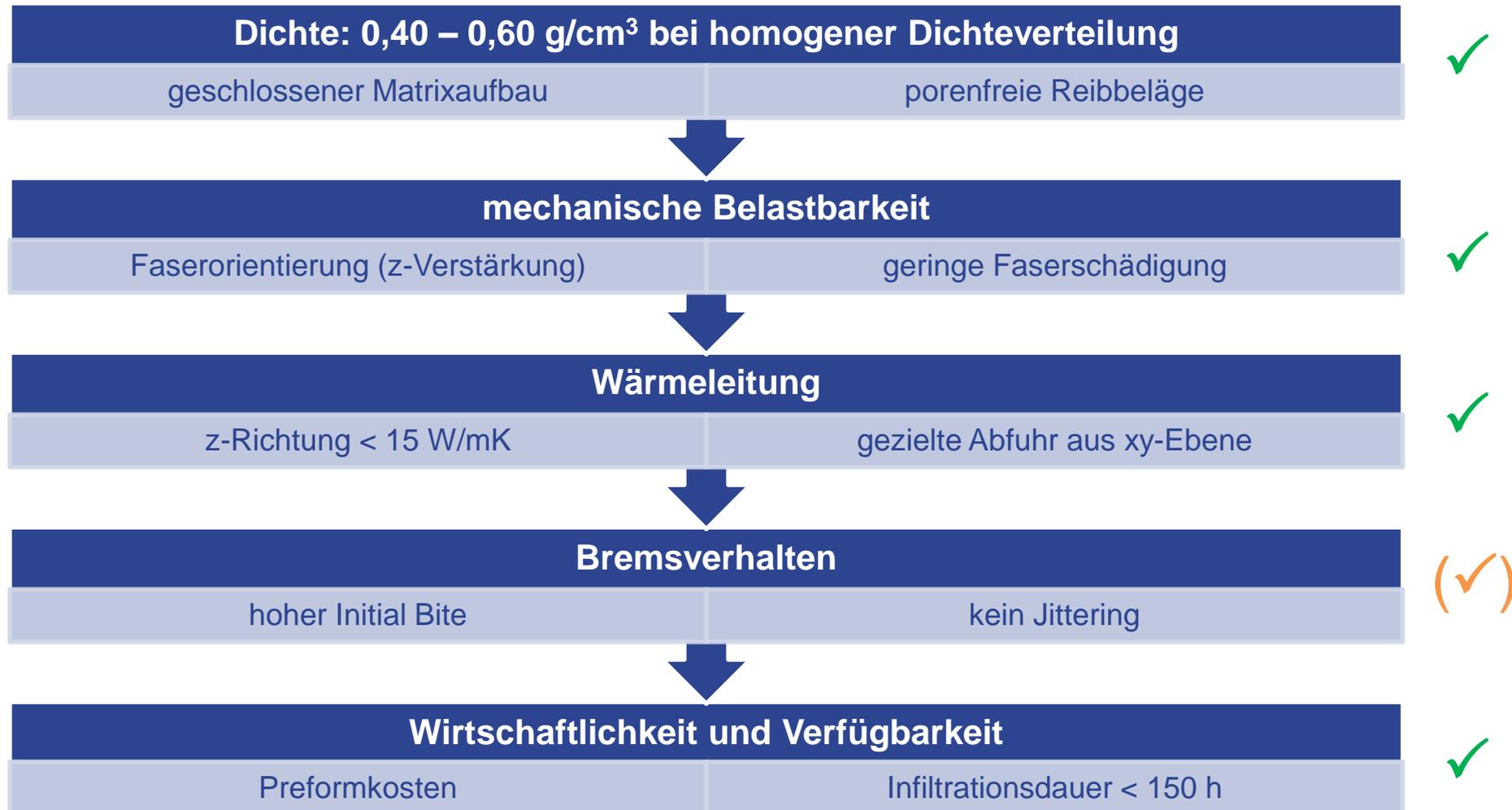
Dyno Testläufe - Sandwichstrukturen



Zusammenfassung

- anforderungsgerechte textile Halbzeuge und Preformen sind realisierbar
- Preformaufbau und Vernadelungsparameter haben einen nachweisbaren Wirkzusammenhang zu den Eigenschaften der Faserverbundkeramik
- Verdichtungsverhalten und Matrixstruktur sind bei allen Varianten homogen
- Preformdichte von $0,40 - 0,60 \text{ g/cm}^3$ sowie die erforderliche Enddichte des Reibbelags von $1,60 \text{ g/cm}^3$ wird erreicht
- Infiltrationszeiten von unter 150 Stunden werden gewährleistet
- im Bremsversuch zeigt sich ein guter „Initial Bite“; die Auslaufeigenschaften werden im Rahmer weiterführender Versuche optimiert
- Preformen weisen eine gute Strukturstabilität durch die z-Verstärkung bei gleichzeitigem Einhalten der Wärmeleitung in z-Richtung auf ($< 15 \text{ W/mK}$)

Zusammenfassung



Danksagung

Das Projekt „Anforderungsgerechte hochdrapierbare Carbon-Gelege-Faser Preformen für effiziente Faserverbundkeramiken – CaGeFa“ wird im Rahmen der Maßnahme „Technische Textilien für innovative Anwendungen und Produkte – NanoMatTextil“ unter dem Kennzeichen 03X0143A durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

