

Anwar Abdkader; Muhammad Furqan; Patrick Sauer, Chokri Cherif
Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der Technischen Universität Dresden

Entwicklung einer industriellen Prozesskette zur Herstellung von nachhaltigen UD-Tapes aus recycelten Carbonstapelfasern und Thermoplastfasern für die kostengünstige ressourceneffiziente Massenfertigung von Verbundbauteilen

Aufbereitung und Verwertung carbonfaserhaltiger Abfälle Fachaustausch am 19. und 20.09.2019 in Dessau,
Umweltbundesamt

Gliederung

- Vorstellung des ITM
- Motivation und Problemstellung
- Zielsetzung
- Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab
- Anwendungsgebiet von UD-Tapes
- Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab
- Entwicklung und Umsetzung von rCF-Faserstrukturen für thermoplastischen Compositeanwendungen
- Zusammenfassung und Ausblick

Vorstellung des ITM – Das ITM Team

Professoren	3
Wissenschaftliche Mitarbeiter	90
Doktoranden	55
Fachangestellte	35
Studentische Hilfskräfte	130
Anzahl Studierende TKT	250



Großprojekte - Auszug:

Bundes-Exzellenzinitiativen – Multi-Material-Design
Sonderforschungsbereiche - Composites
1 Landes-Exzellenzinitiative – Leichtbau und Energietechnik
2 EU Large Scale Projekte – Composites
1 SAXO-CARBON – Entwicklung und Fertigung von kostengünstigen Carbonfasern
Zwanzig20 – C³ Carbon Concrete Composites
FOREL - Hightech-Leichtbausystemlösungen in Multi-Material-Design für E-Fahrzeuge

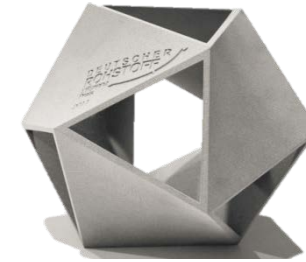
Vorstellung des ITM – **Textile Prozesskette**



Vorstellung des ITM – Auszeichnung

102 Auszeichnungen innerhalb der letzten 11 Jahre, z. B.

- ▶ Zukunftspreis für Technik und Innovation des Bundespräsidenten
- ▶ Deutscher Rohstoffeffizienzpreis des BMWi
- ▶ JEC- und AVK-Innovationspreise
- ▶ TECHTEXTIL-INNOVATIONSPREIS (Frankfurt am Main)



Vorstellung des ITM – Faserwerkstoffe



Krabbenpanzer

Werkstoff

Metallfasern
(z. B. Stahl, Titan)

Keramikfasern

Carbon

Glasfaser (z. B. AR-Glas)

Aramid

Biofasern (z. B. Chitosan)

Besonderheit

Hochfest

Hochtemperaturfest bis 1800 °C

Hochfest und hochsteif

Alkaliresistent

Hohe Querkraftfestigkeit
Temperaturfest

Bioresorbierbar

Anwendung

Faserverbundbauteile,
Reifencord

Faserverbundbauteile

Faserverbundbauteile

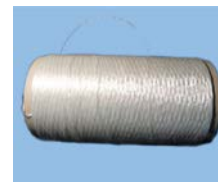
Betonverstärkung

Impactanwendungen und
Schnittschutz (kugelsichere
Weste), Hitzeschutz

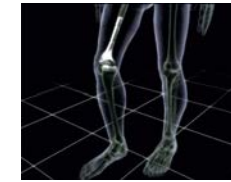
Implantate



Pulver



Chitosanfasern



Knochenimplantat

Vorstellung des ITM – Lösungsspinnanlage



- ▶ Precursor-Fasern für Carbon
- ▶ Chitosan-Fasern für Tissue Engineering
- ▶ Formgedächtnisgarne für adaptive Strukturen

Vorstellung des ITM – Bikomponenten-Schmelzspinnanlage

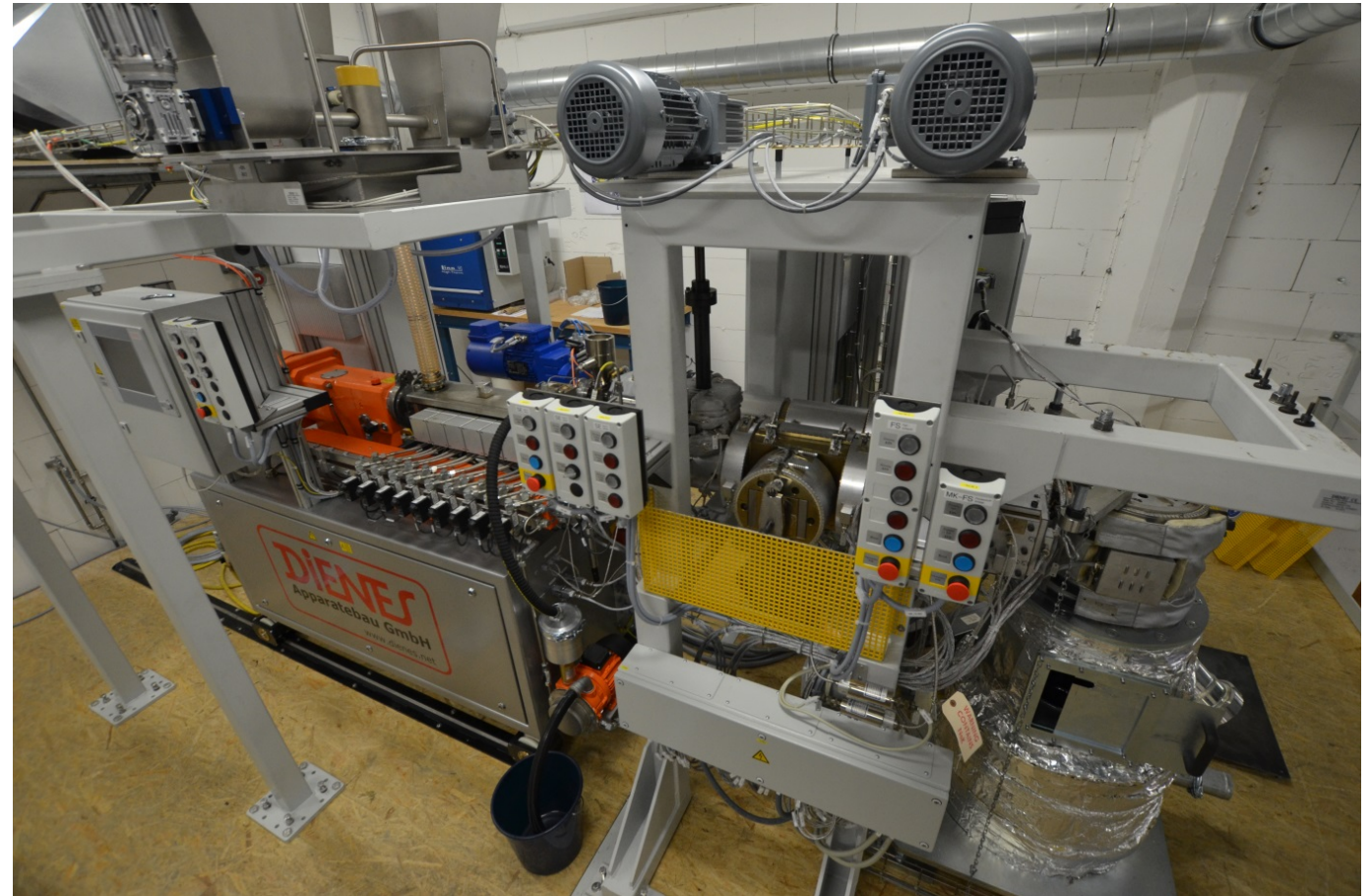
- ▶ Fördermenge: 0,5 – 15 Kg/h
- ▶ Temperaturen bis zu 450 °C
 - PP, PE
 - PA, PET, PU
 - PAI, PEI, PEEK
 - Lignin

Faserquerschnitte

„Sheath-Core“

„Side-by-Side“

„Island-in-the-Sea“



Vorstellung des ITM – Carbonisierungsanlage am RCCF



**RESEARCH CENTER
CARBON FIBERS
SAXONY**

Vorstellung des ITM – Carbonisierungsanlage am RCCF

Partner:

- Institut Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM)
- Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK)

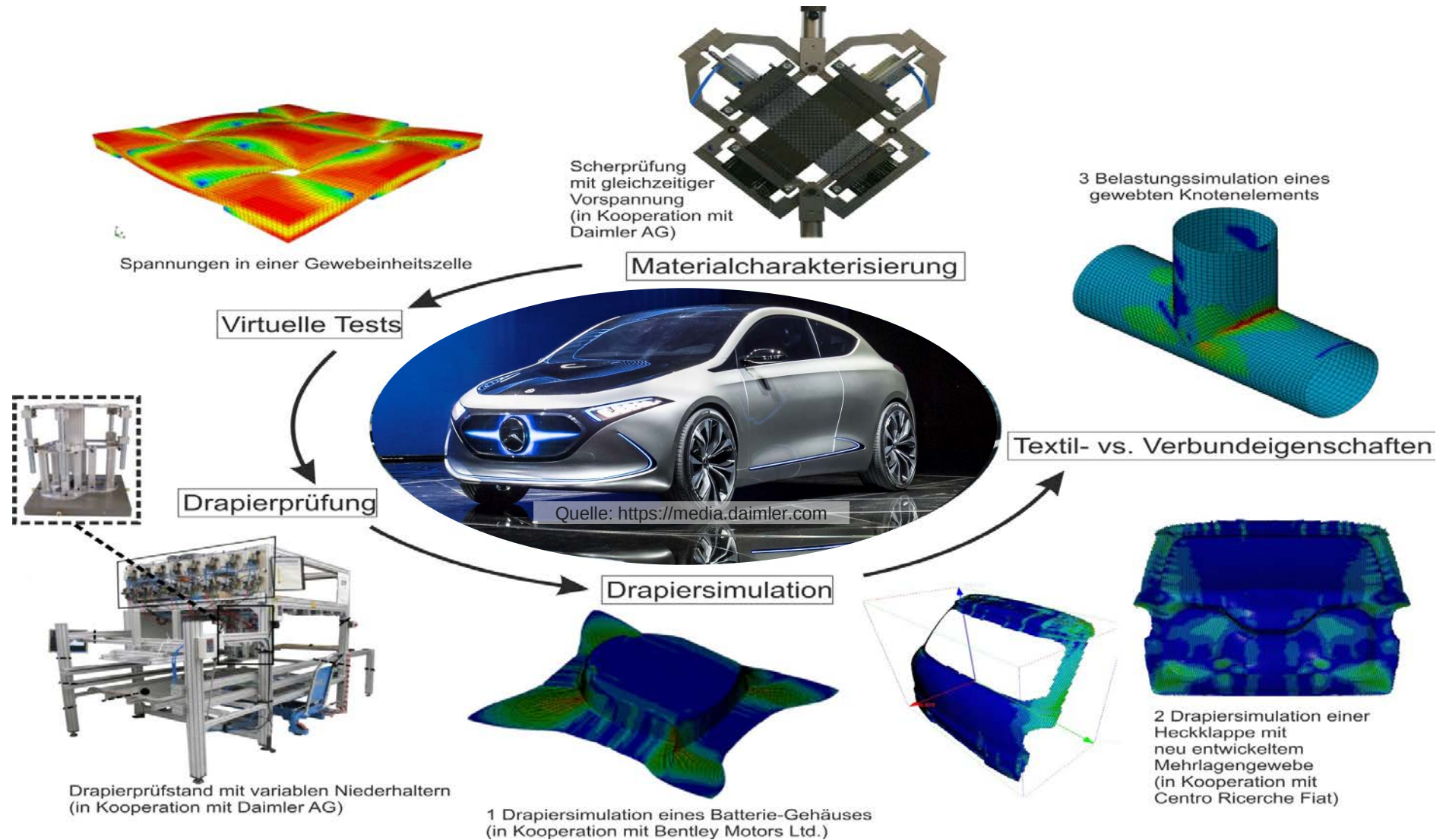
Ziele:

- Entwicklung maßgeschneiderter Kohlenstofffasern für hochmoderne Funktions- und Strukturwerkstoffe
- Abbildung aller Prozessstufen: vom Rohstoff bis zum fertigen Bauteil



**RESEARCH CENTER
CARBON FIBERS
SAXONY**

Vorstellung des ITM – Prozess-, Maschinen- und Strukturentwicklung



Vorstellung des ITM – Prozess-, Maschinen- und Strukturentwicklung

intelligent, verstärkt, funktionalisiert, endkonturgerecht

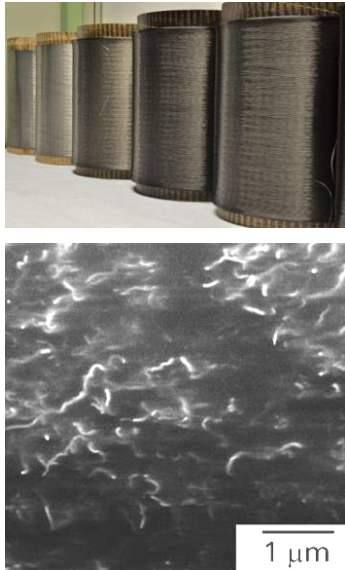
Filament

Garn

Preform

Bauteil

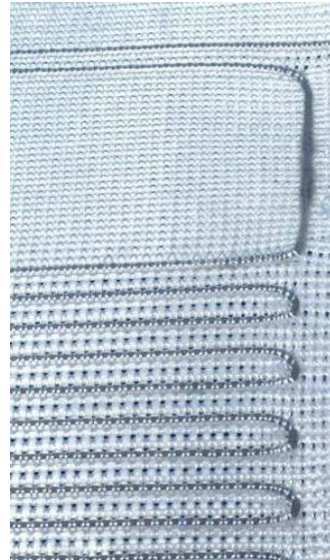
Baugruppe



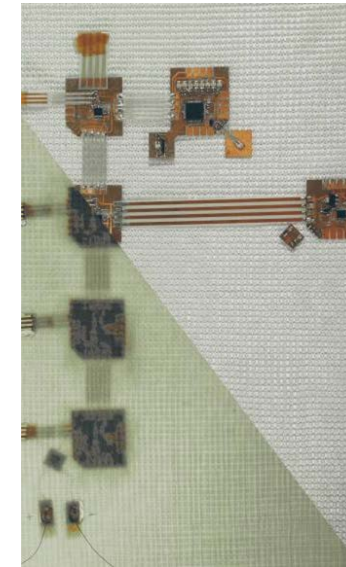
Angepasstes
Sizing mit CNT



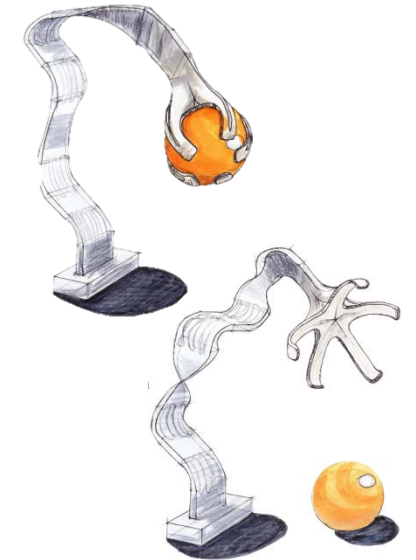
Hybridgarne
mit integrierter
Funktionalität



Integrierte
Sensoren

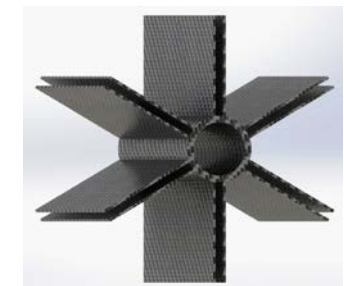
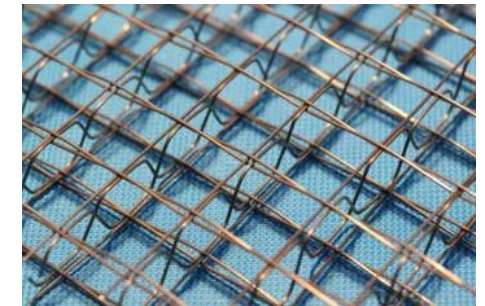
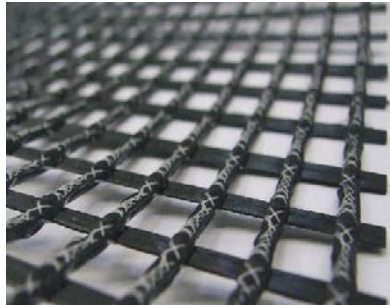
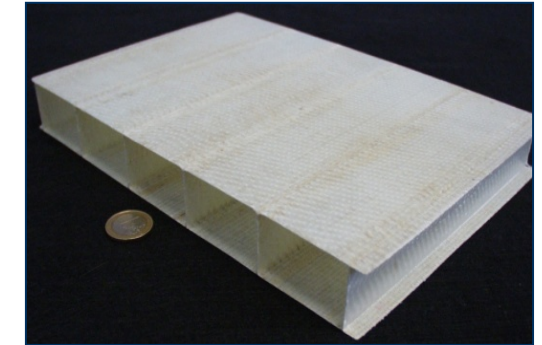


Integrierte
Mikroelektronik



Compliant
Mechanisms

Vorstellung des ITM – Preforms in Integral- und Mischbauweise



Vorstellung des ITM – Studienmöglichkeiten am ITM

Studienrichtungen

Diplomstudiengang
Verarbeitungs- und
Textilmaschinenbau mit
Profilierung Textilmaschinenbau

Konsekutiver
Masterstudiengang
Textil- und
Konfektionstechnik

Schwerpunkt Textilmaschinenbau
im Diplomstudiengang
Wirtschaftsingenieurwesen
(Dipl.-Wirt. Ing.)

160 eingeschriebene Studierende

übergreifende Studienangebote

Europäischer
Masterstudiengang
(E-TEAM)

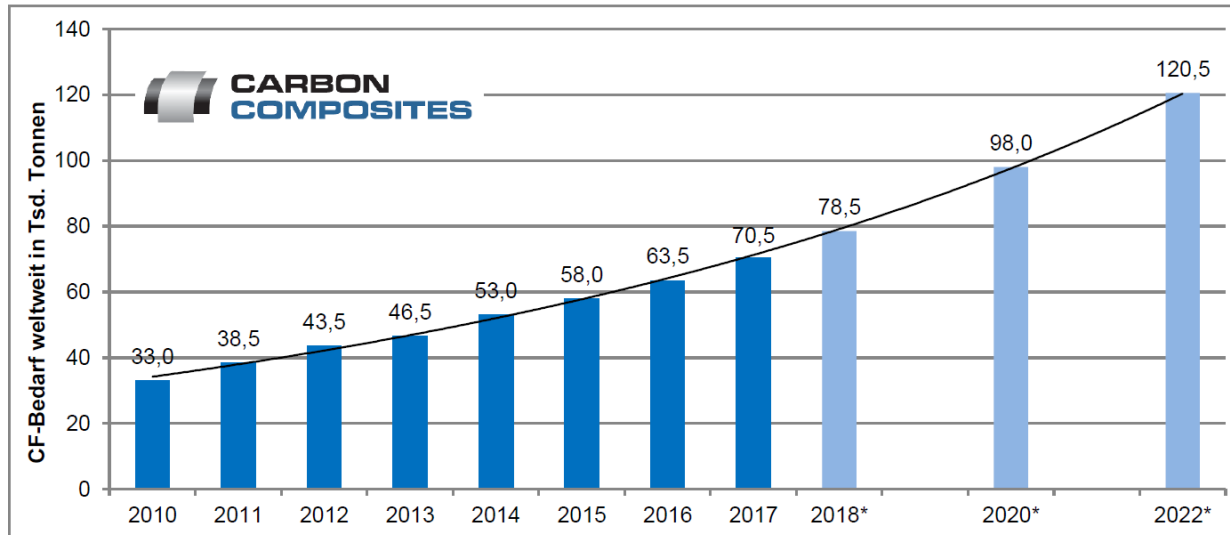
Vorlesungsreihe Textile Halbzeuge
und Verfahren für Studierende mit
der Vertiefung Leichtbau

Studium Generale /
Textilrecycling
Expertenseminar

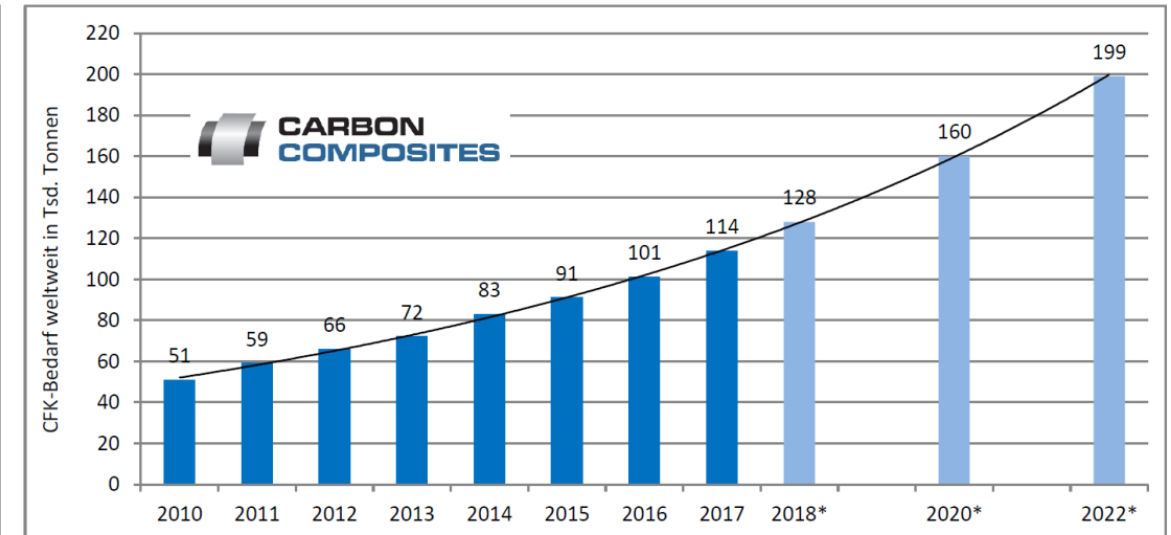
100 eingeschriebene Studierende

Das ITM hat aktuell über 250 Studierende.

Motivation und Problemstellung



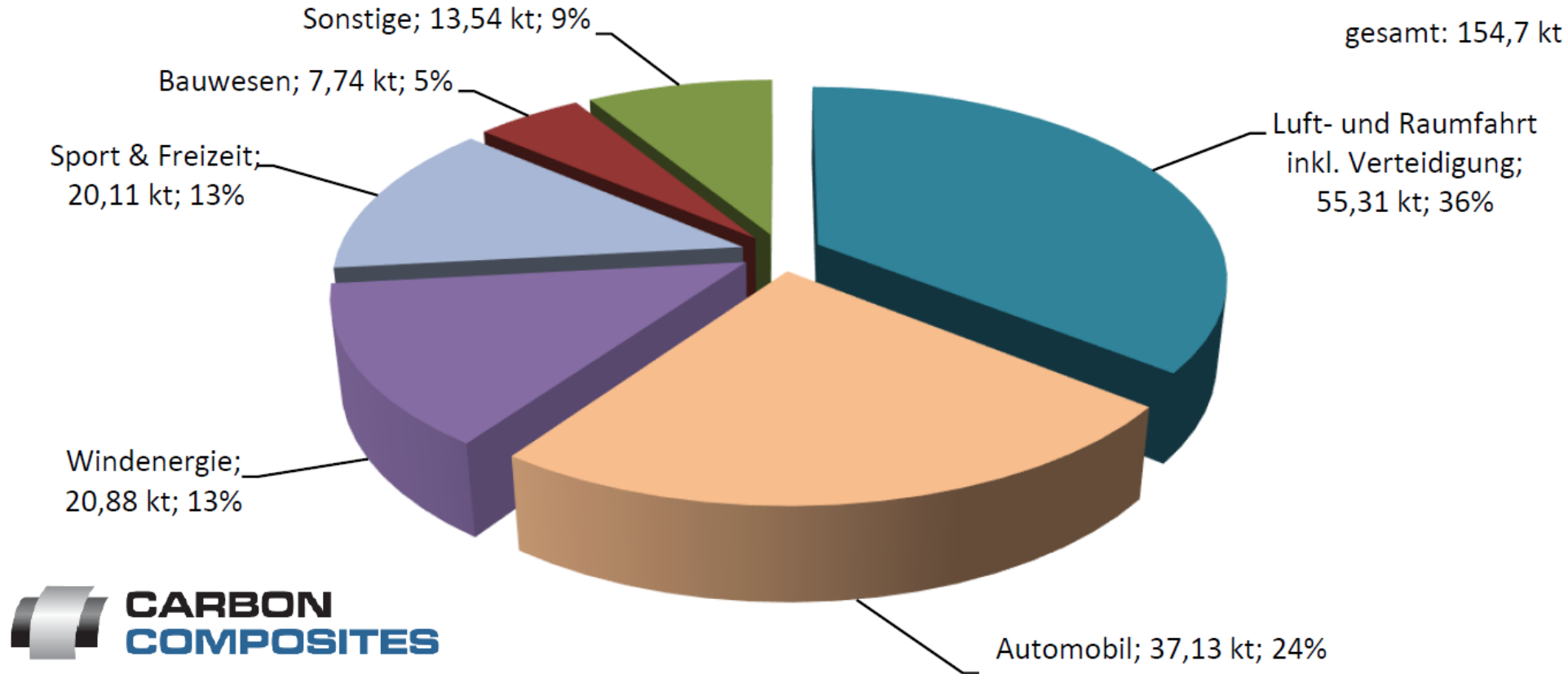
Entwicklung des globalen CF-Bedarfes in Tsd. t von 2010 bis 2022 (*Schätzungen; 11/2018).



Entwicklung des globalen CFK-Bedarfes in Tsd.t von 2010 bis 2022 (*Schätzungen; 11/2018).

- Steigender Anteil von Carbonfasern und deren Anwendung
- Hoher Anteil an Faserabfall während der Produktion
- Steigender Anteil an Carbonfasern aus End-of-Life-Bauteilen
- Hoher Herstellungspreis für Carbonfasern
- Entsorgungsproblem der Carbonfasern
- ➔ **Wiederverwendung/Recycling von Carbonfasern sinnvoll!**

Motivation und Problemstellung



CC-Bedarf weltweit in Tsd. Tonnen nach Anwendungsgebieten (11/2018).



Source: AIRBUS S.A.S.



Source: io9.com



Source: Daimler AG



Source: ELG Carbon Fiber

Motivation und Problemstellung

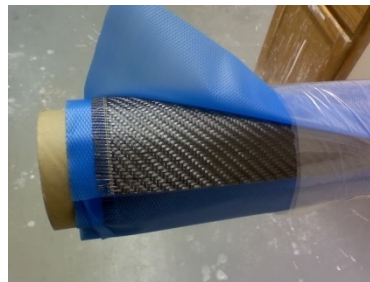
Recycle Carbonfasern (rCF)



Verschnitt
(Typ 1)



Restspulen
(Typ 1)



Prepregs
(Typ 2)



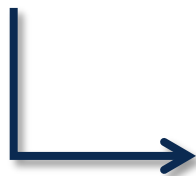
End-of-Life CFK
(Typ 3)



Sekundäre Fasern
(harzfrei)



Recycelte Fasern
(Pyrolyse/Solvolyse
notwendig)

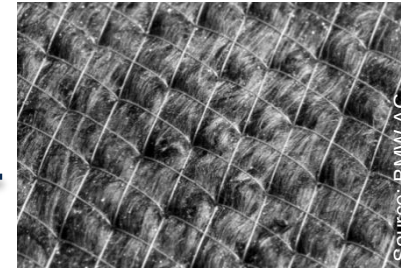


Motivation und Problemstellung

Bisherige Lösungen



Source: ELG Ltd.



Source: BMW AG

rCF-Spritzguss



Source: BMW AG

Verbundzugfestigkeit: 100-200 MPa

rCF-Vliesstoff



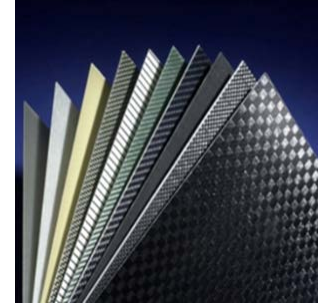
Source: BMW AG

Verbundzugfestigkeit: 300-400 MPa

→ Nur sehr geringe Verbundzugfestigkeit (ca. 10 – 30 % der Verbundzugfestigkeit beim Einsatz von Carbonfilamentgarn) ausgeschöpft!

Motivation und Problemstellung

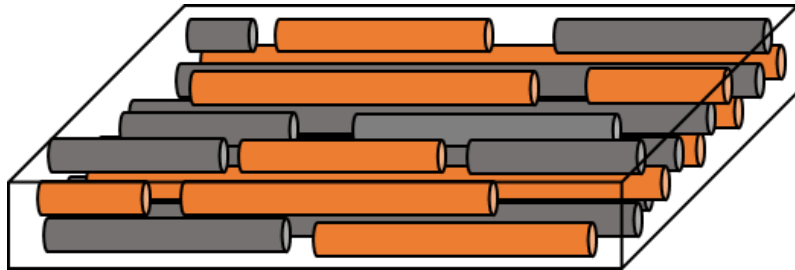
- ▶ Defizite von Tapes/Organoblechen auf Basis von Filamentgarnen und Geweben oder Gelegen aus Glas- oder Carbonfilamentgarnen:
 - Geringe realisierbare Dicke und Breite von Tapes
 - Fertigung der erforderlichen Garne und Flächengebilde ist sehr aufwendig und kostenintensiv.
 - Für das Schichten der Flächengebilde für geforderte Bauteildicke ist eine zusätzliche Prozessstufe notwendig.
 - Begrenzte Drapierfähigkeit
 - Schwierige Konsolidierung der Verstärkungsfilamente aufgrund des langen Fließweges des thermoplastischen Matrixsystems
- ▶ Defizite von Tapes/Organoblechen auf Basis von rCF-Vliesen:
 - Starke rCF-Faserschädigung und geringer Faservolumengehalt
 - Ungeeignet für hochlasttragende Bauteile
 - Stark limitierte mechanische CF-Eigenschaften



Zielsetzung des DBU-Projektes

Lösung

- rCF-UD-Tapes für Compositeanwendungen



— Carbonstapelfasern
— Thermoplastische Stapelfasern

Flächenmasse: 100 – 300 g/mm²
Breite: 10 - 100 mm
Verbundplattendicke: bis 4 mm

- Kurze Prozessstufen, Eignung für automatisierte Massenproduktion mit hoher Produktivität und vollständiger Recyclingfähigkeit
- Hohe Gestaltungsfreiheit sowie reproduzierbare, funktionsintegrative sowie kosten- und ressourcenschonende Herstellung von lasttragenden thermoplastischen Verbundbauteilen
- Erschließung neuer Anwendungsgebiete und neuer Produkte für die Verwendung der Organobleche
- Hohe Faservolumengehalte (bis 65 %) durch hohe Faserorientierung der Streckenbänder für neuen lastgerechte Bauteilkonstruktion
- Eignung für hochlasttragende Bauteile
- Automobil- und Verbundindustrie mit ihren zahlreichen Zulieferern; Luft- und Raumfahrtindustrie; Sportgeräte; Medizintechnik

Ziel: $\geq 80\%$ der Verbundzugfestigkeit von Carbonfilamentgarn!

Zielsetzung des DBU-Projektes

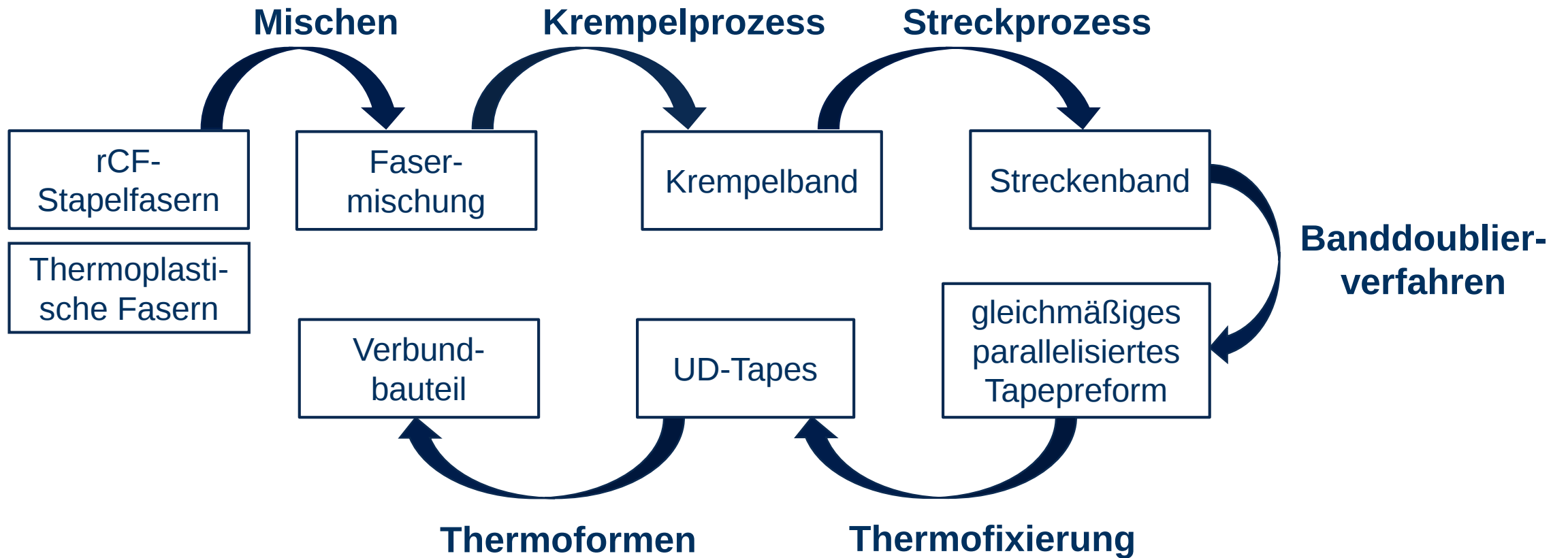
Entwicklung einer wirtschaftlichen, qualitativ hochwertigen und reproduzierbaren industriellen Prozesskette zur Fertigung von hochorientierten Tapes aus recycelten Carbonstapelfasern und thermoplastischen Fasermaterialien für lasttragende Bauteile

Angestrebte Forschungsergebnisse

- ▶ Entwicklung einer unikalen Prozesskette am **ITM** auf Basis der prämierten rCF-Hybridgarne
- ▶ Weiterentwicklung der Maschinentechnik zusammen mit **Textilmaschinenbauer RIETER**
- ▶ Industrielle Umsetzung der Prozesskette bei **Spinnerei Neuhoof**
- ▶ Nachweis der Einsetzbarkeit der rCF-Organobleche für hochfeste Anwendungen bei gleichzeitig sehr niedrigen Herstellungskosten

Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

Unikale Prozesskette zur Herstellung der rCF-UD-Tapes

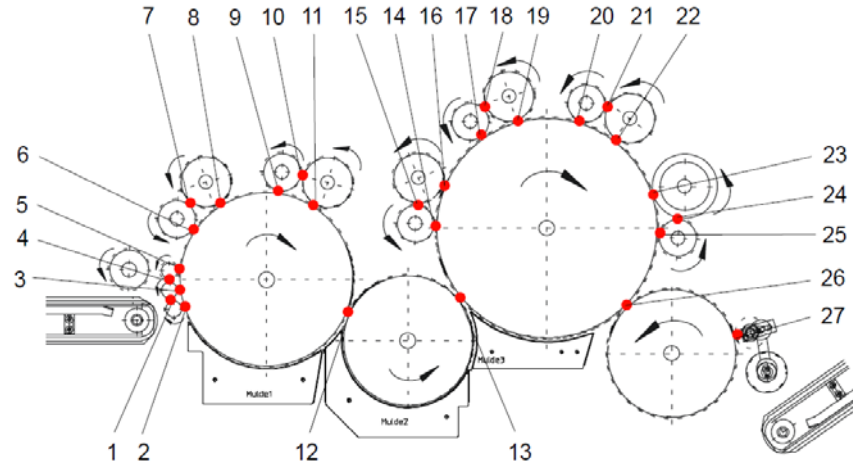


Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

Weiterentwickelte und am ITM installierte Spezialkrempelanlage für die schonende Verarbeitung von rCF im Technikummaßstab



Fasermischung



Krempelprozess



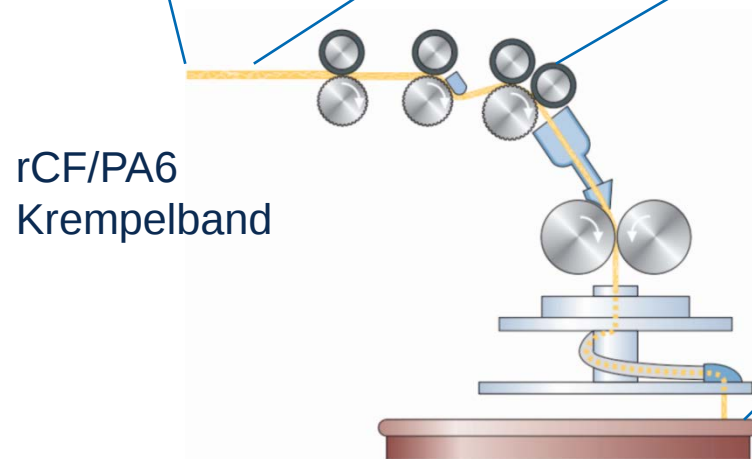
Bandbildung



Krempelband

Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

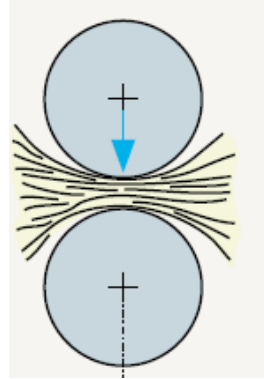
Modifikation und Weiterentwicklung der Spezialstrecke



rCF/PA6 Streckenband

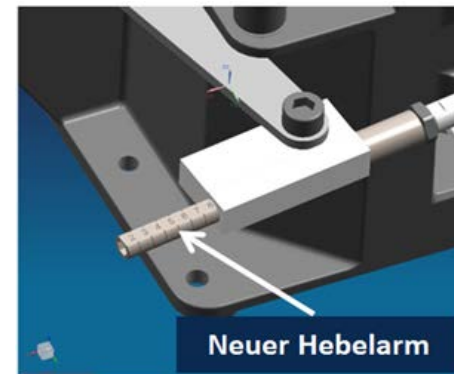
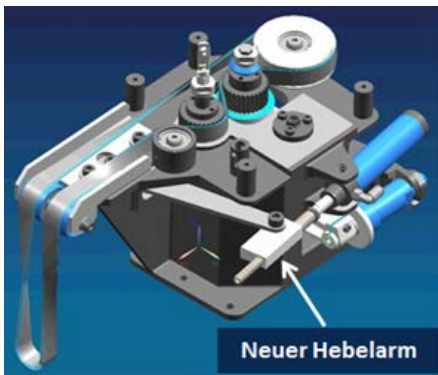
Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

Modifikation und Weiterentwicklung der Spezialstrecke



Tastrollenbelastung 800 N

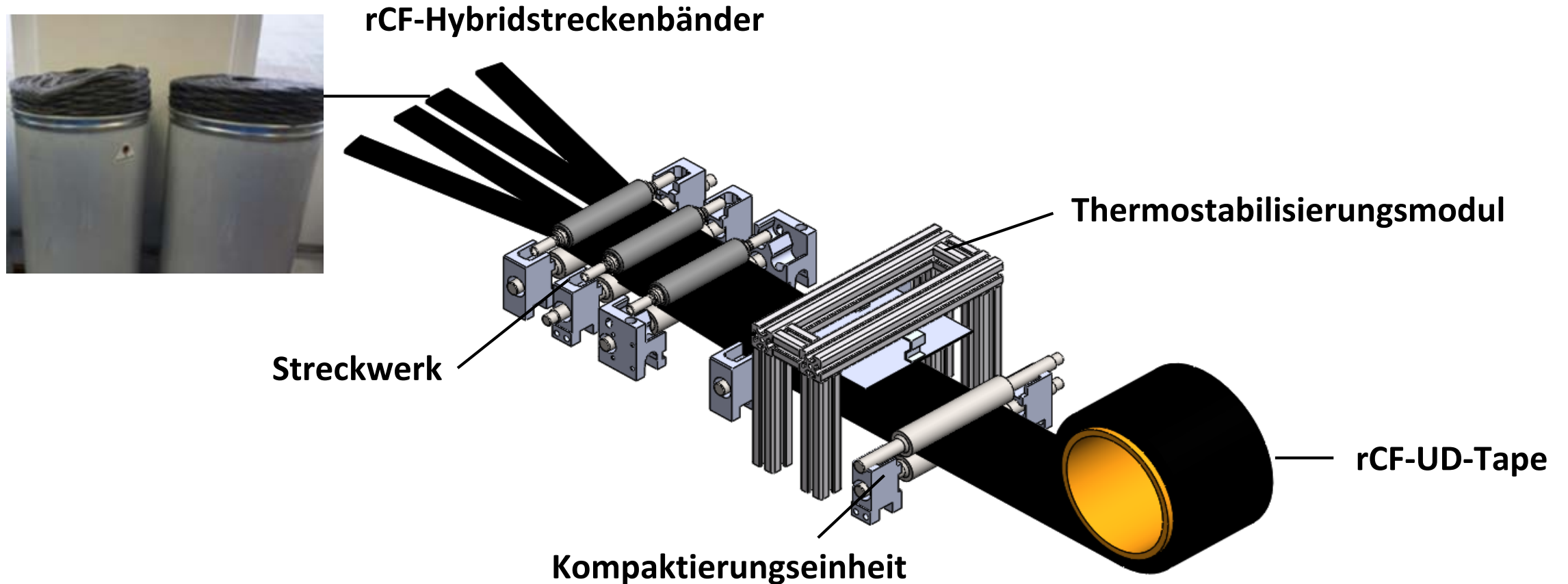
**Aktuell ohne Regulierung
Band CV>15%
Faserschädigung >60%**



**Ziel:
Band CV<3%
Faserschädigung <10%
Tastrollenbelastung < 100 N**

Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

Konzept zur Entwicklung von rCF-UD-Tapes



Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

Untersuchungen zur Thermostabilisierung der rCF-Hybridfaserbänder



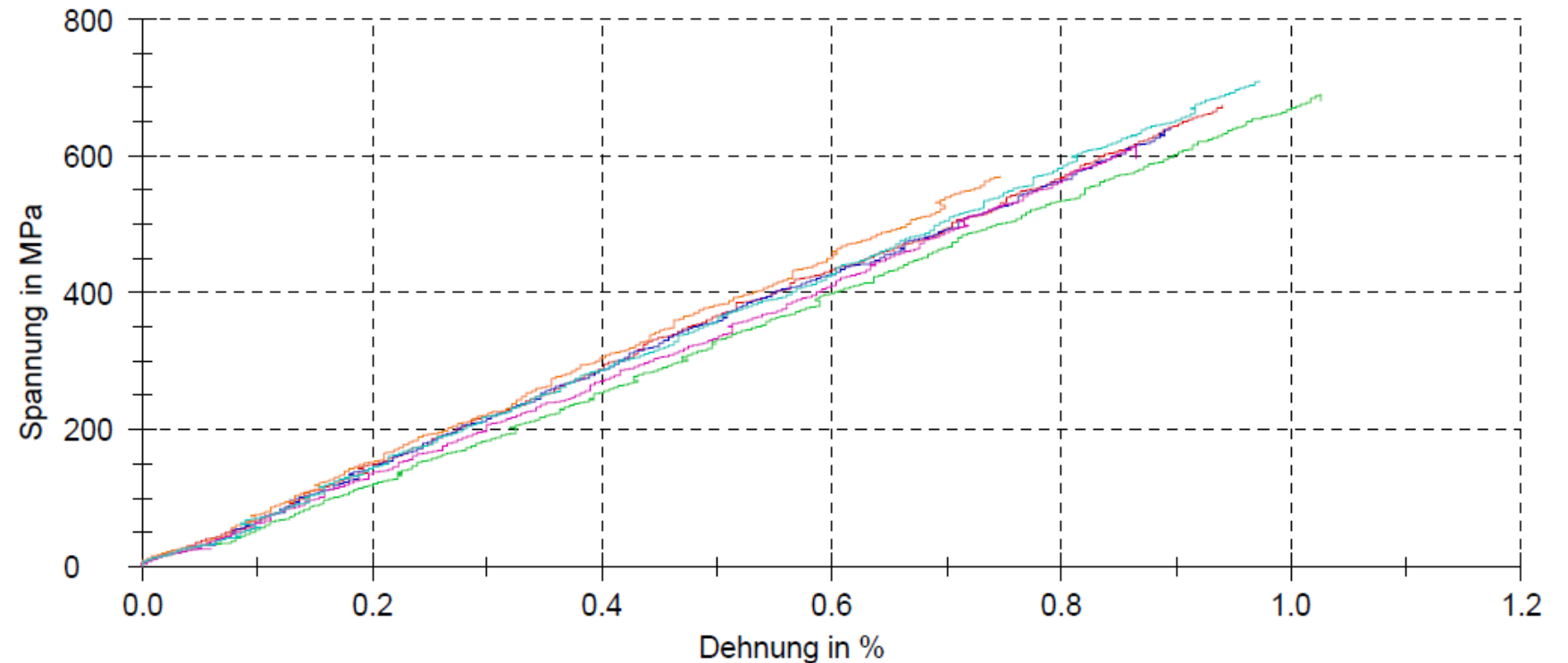
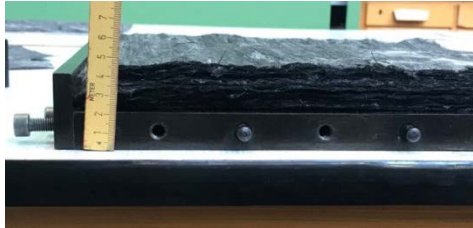
Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

Untersuchungen zur Entwicklung von rCF-UD-Tapes



Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

Untersuchung der Verbundeigenschaften auf Basis entwickelter rCF-UD-Tapes



Entwicklung und Umsetzung von rCF-UD-Tapes im Technikummaßstab

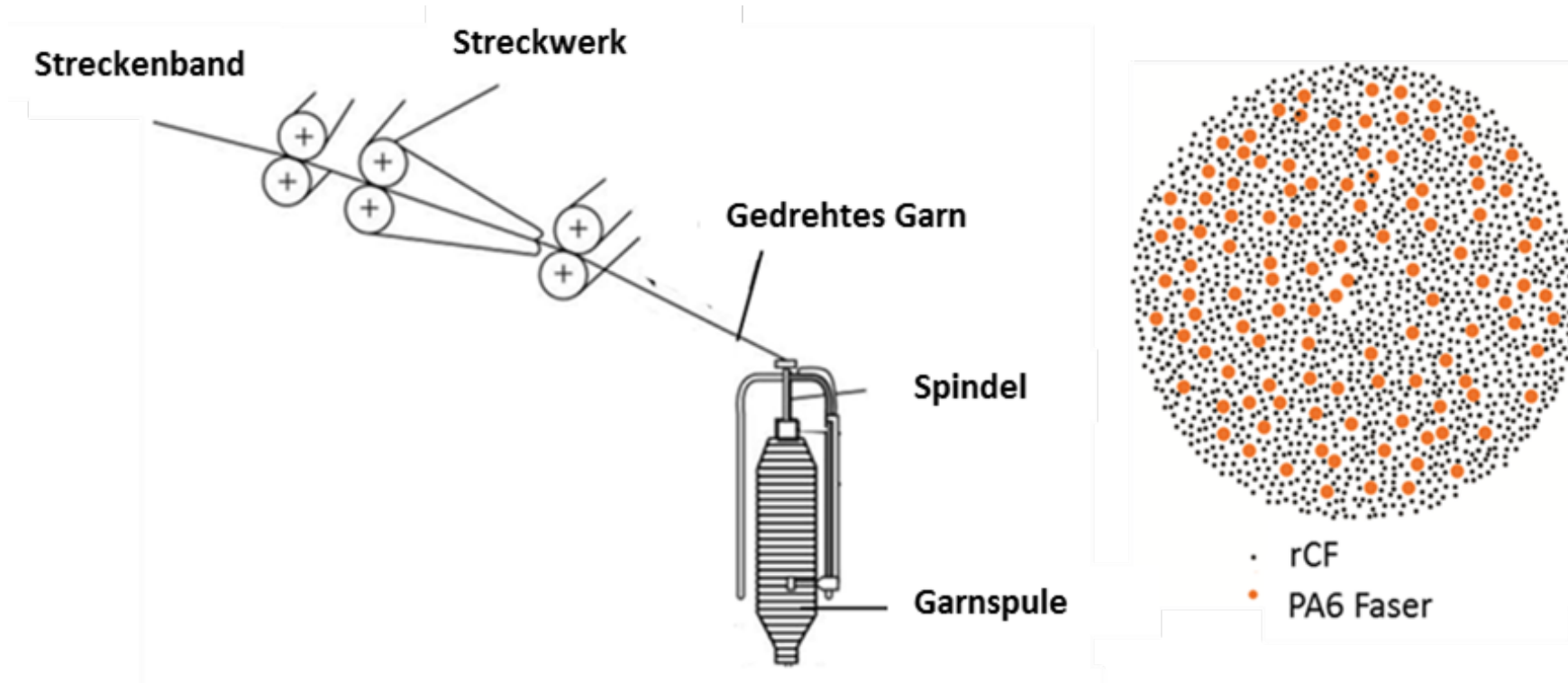
Einsatz von rCF-UD-Tapes

Aus rCF-UD-Tapes gefertigte Bauteile können in zahlreichen Anwendungen eingesetzt werden, z. B.:

- in Automobilen für strukturelle und energieabsorbierende Bauteile
(Stoßfängerträger, Crashelemente, Strukturelemente)
- in der Luftfahrt (Flugzeugsitzkomponenten, Interieurbauteile)
- für Elektronikanwendungen (Gehäuse, Lautsprecherkomponenten, Laptopgehäuse und Handygehäuse)
- im Sportbereich (Schutzhelme, Schuhe, Fahrradkomponenten).

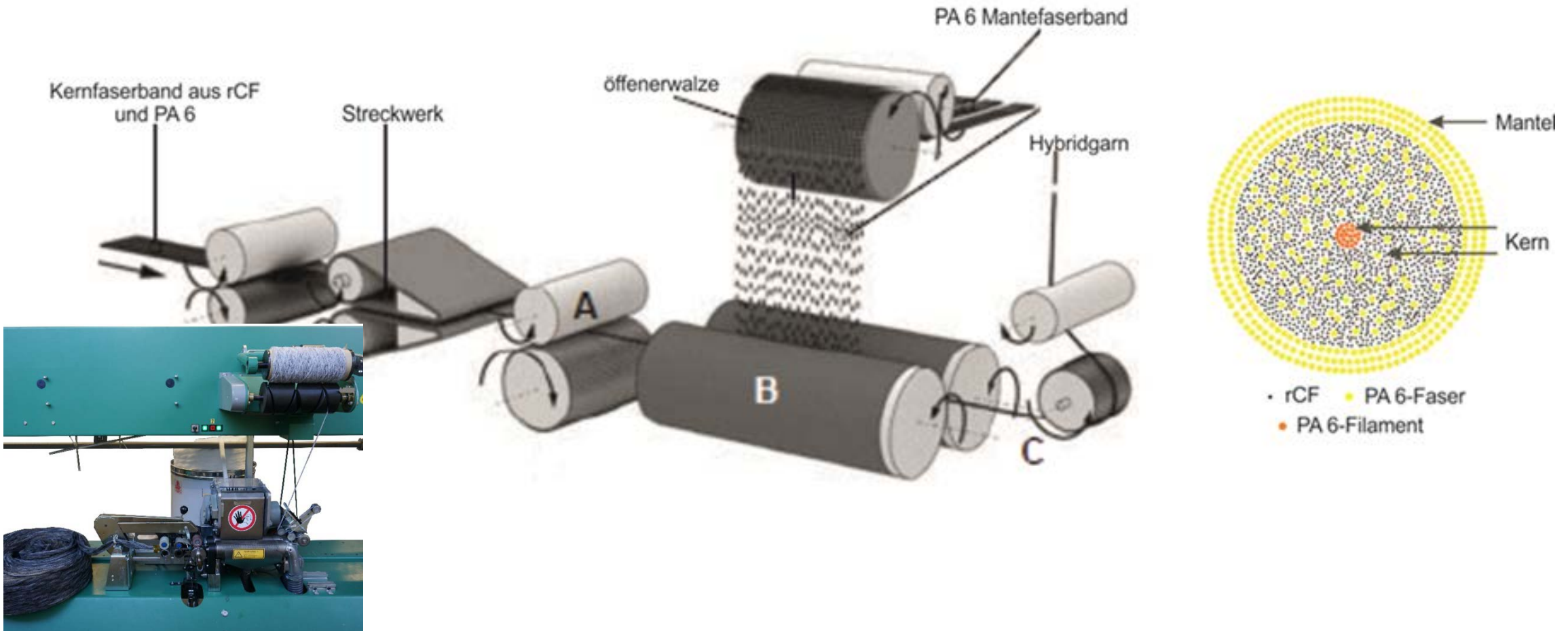
Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikummaßstab

Modifikation und Weiterentwicklung des Spezialflyers



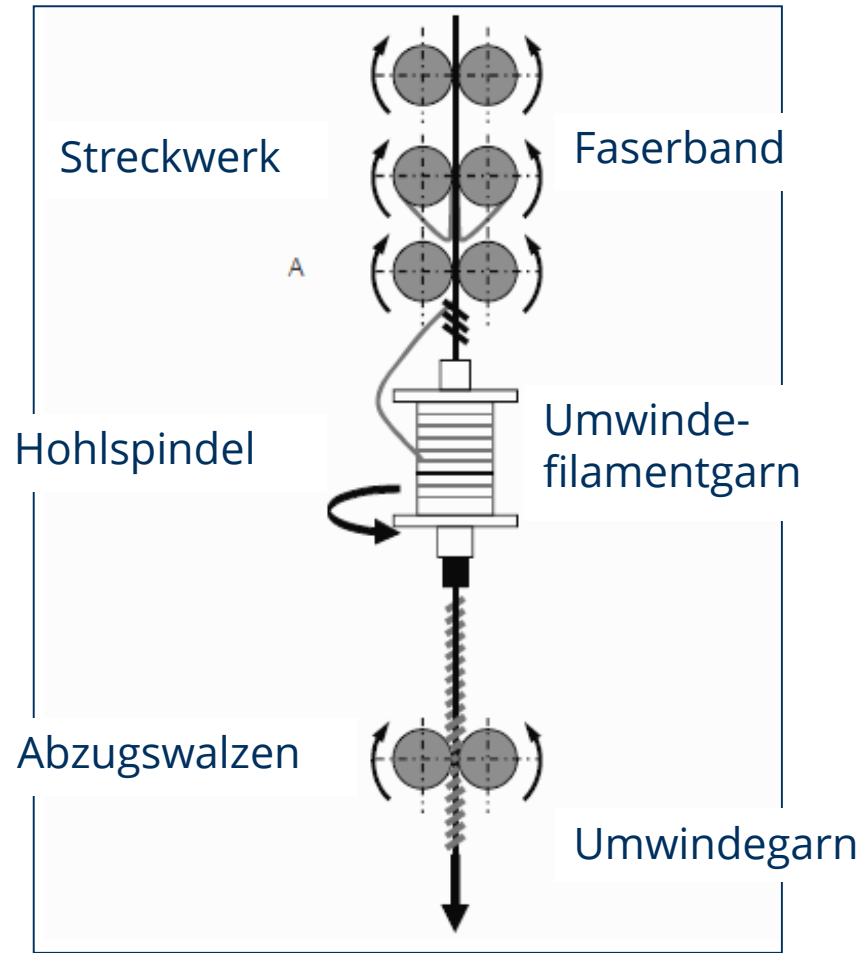
Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikummaßstab

Modifikation und Weiterentwicklung der Spezialfriktionsspinnmaschine



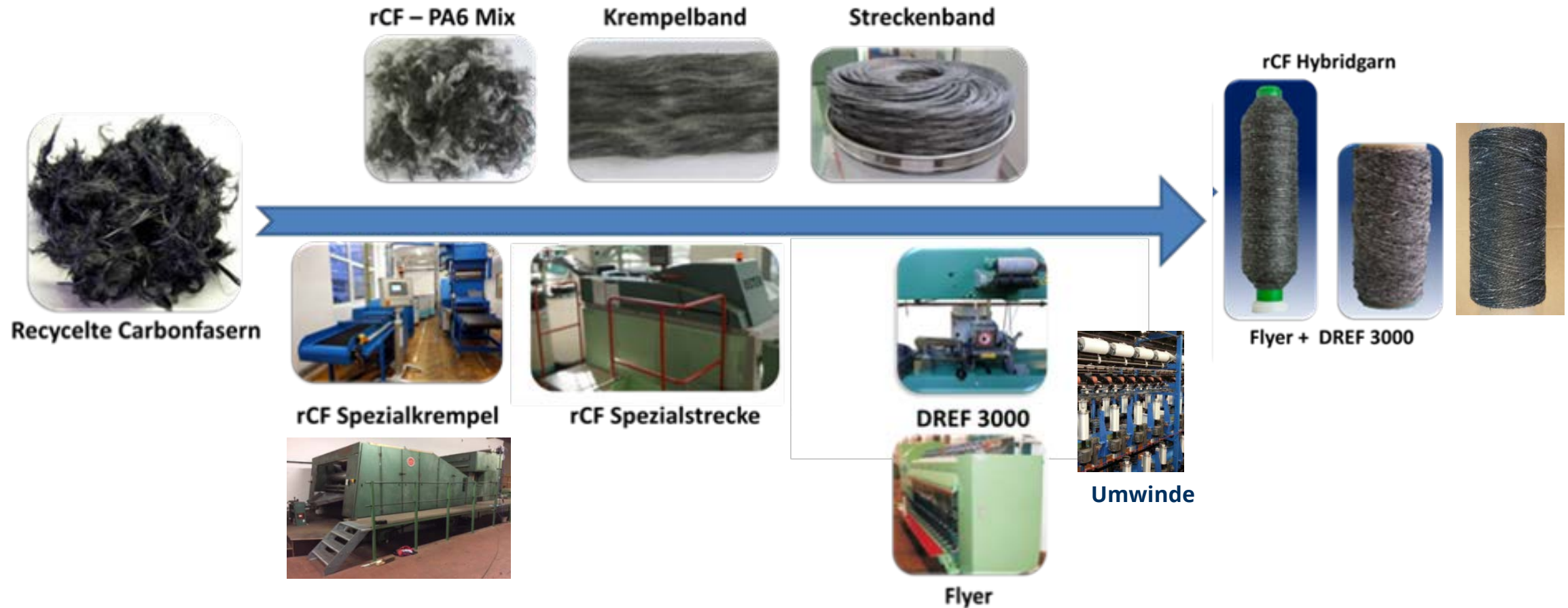
Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Industriemaßstab

Modifikation und Weiterentwicklung der Spezialumwindespinnmaschine



Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab

Entwickelte Prozesskette zur Fertigung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab



Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab

Entwickelte rCF-Hybridgarne auf Basis verschiedener Spinntechnologien



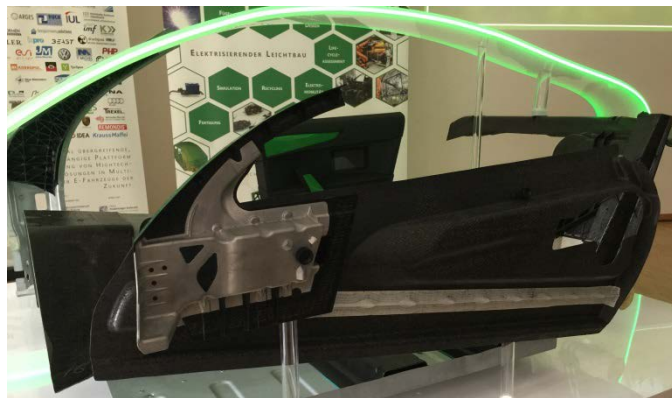
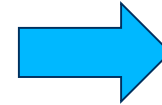
Flyer-Spinntechnologie



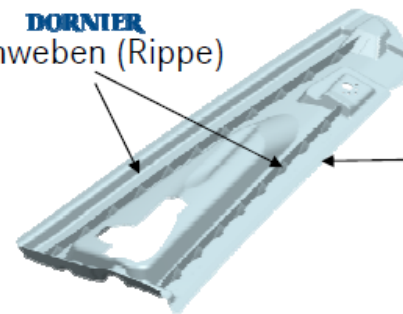
DREF-Spinntechnologie



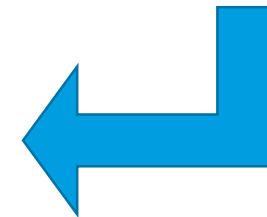
Umwinde-Spinntechnologie



DORNIER
Faltenweben (Rippe)



MAGEBA
Konturweben
(Grundgewebe)



Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab

Entwickelte rCF-Hybridgarne auf Basis verschiedener Spinntechnologien

- rCF-Umwindehybridgarn



- rCF-Flyerhybridgarn



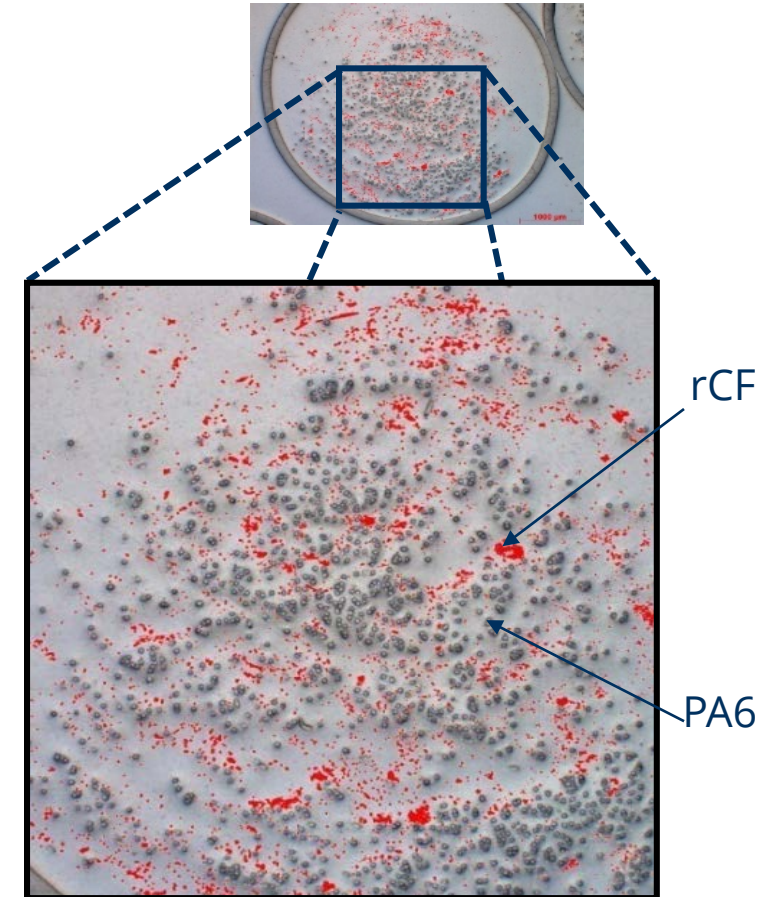
- rCF-Friktionhybridgarn



Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab

Vorteile von entwickelten rCF-Hybridgarnen

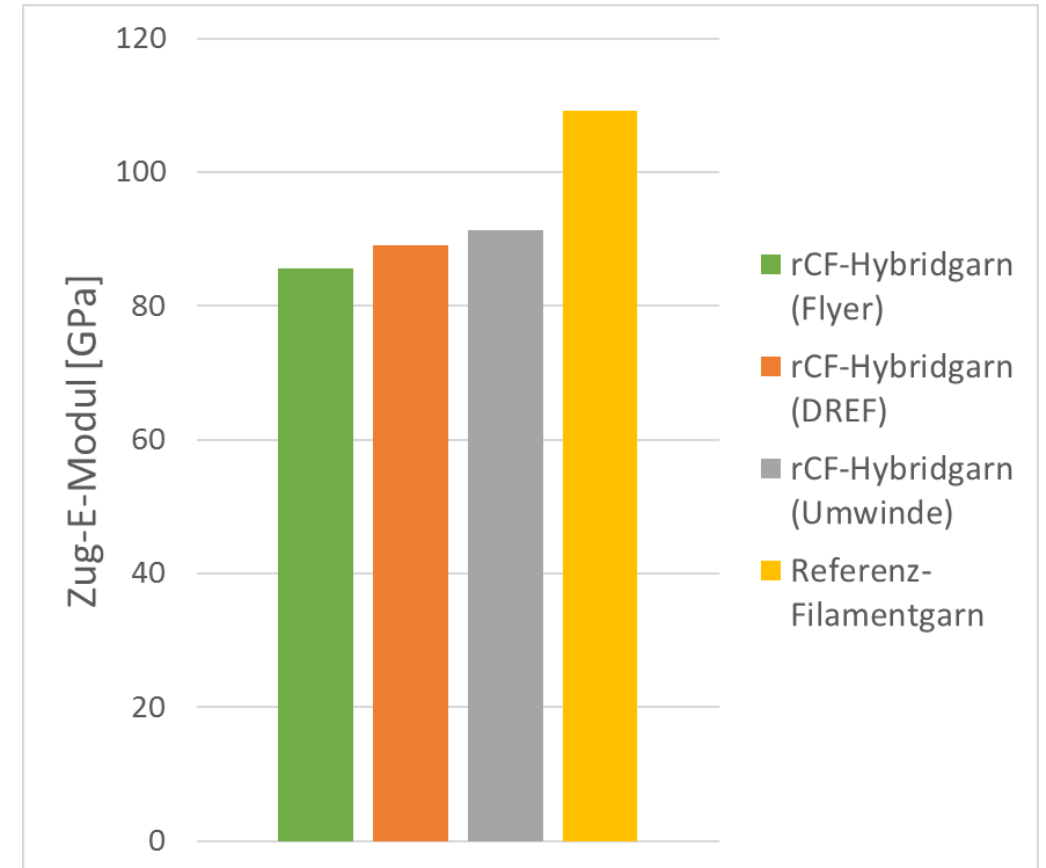
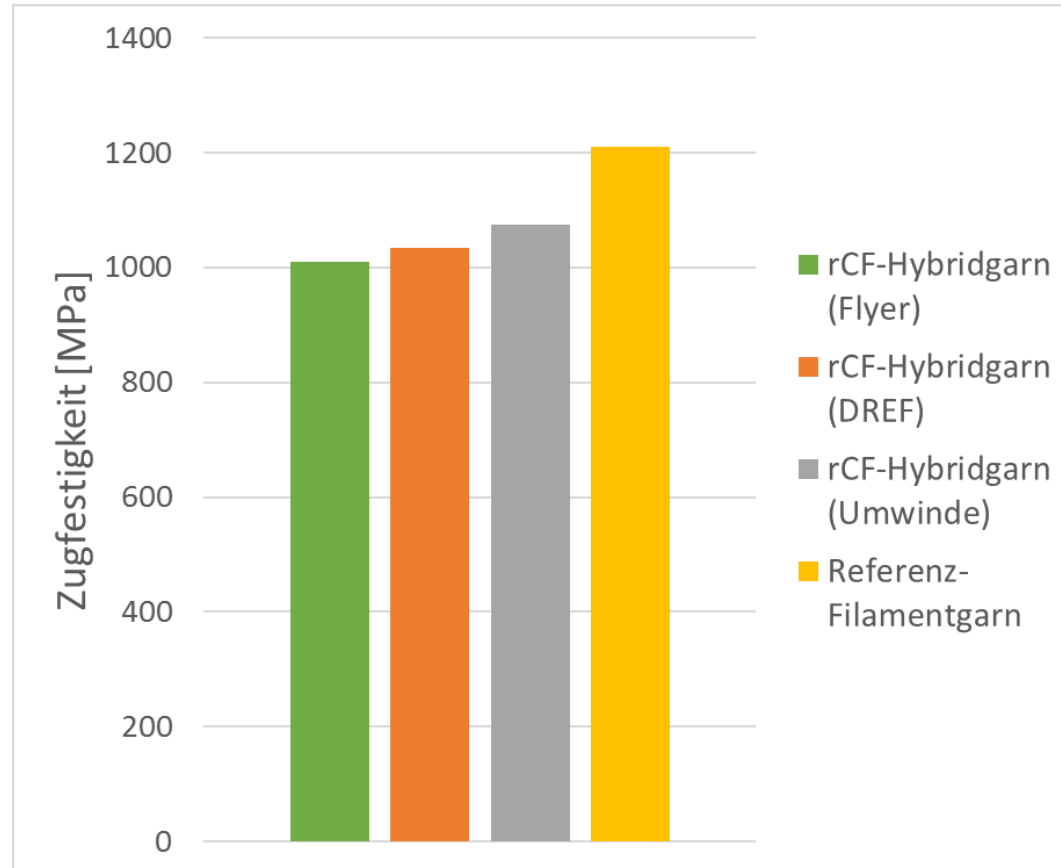
- rCF-Wiederverwendung in hochbelastbaren Bauteilen → hohe Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz für CF zukünftig möglich!
- Sehr gute Verbundqualität aufgrund der exzellenten Durchmischung
- rCF-Hybridgarne ermöglichen sehr kurze Taktzeiten zur Bauteilkonsolidierung (< 1 Minute)
→ Serienanwendungen
- Faservolumengehalt und Materialkombination anforderungsgerecht einstellbar
- Hoher Grad an Drapierbarkeit zur Umsetzung komplexer Bauteilgeometrien



Schliffbild eines rCF-Hybridgarns

Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab

Verbundeigenschaften der entwickelten Hybridgarne



Steigerung Verbundeigenschaften rCF-Hybridgarne auf 80 % des primären CF-Filamentgarne

Entwicklung und Umsetzung von rCF-Faserstrukturen für thermoplastischen Compositeanwendungen

Am ITM entwickelte rCF-Hochleistungsfaserstrukturen

- Gleichmäßiges rCF-Krempelband
- Gleichmäßiges rCF-Streckenband
- Gleichmäßiges rCF-Hybridgarn (200-3500 tex)
- Hochdrapierbare und hochorientierte rCF-UD-Tapes /Organoblechen

■ Gute Verarbeitbarkeit auf den Flächenbildungsmaschinen zu Textilstrukturen

■ Ziel → Nahezu gleiche Verbundzugfestigkeit wie Primärstrukturen

Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab

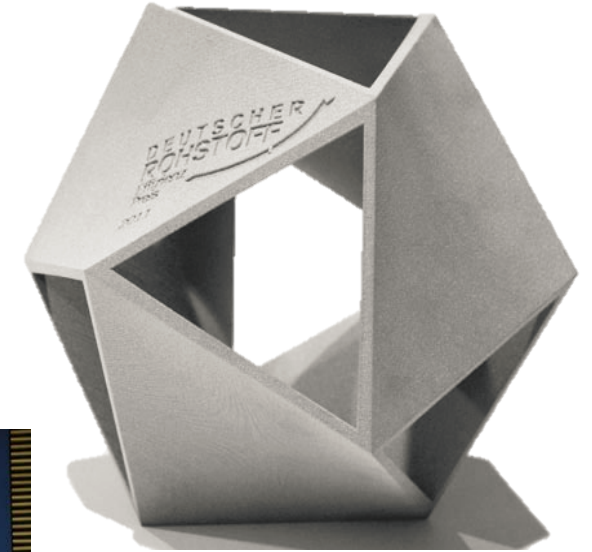
Auszeichnungen



AVK-Preis 2016



Deutscher Rohstoffeffizienzpreis 2016



Entwicklung und Umsetzung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab

Institut für Textilmaschinen und Textile
Hochleistungswertstofftechnik (ITM)
an der Technischen Universität Dresden

Carbonfaserrecycling

00:02



Zusammenfassung und Ausblick

- Abfallbeseitigung, Umwelt-, Energie- und Ressourchenschonung sowie Nachhaltigkeit
 - Optimierung der technologischen und maschinentechnischen Parameter der Spezialkrempelanlage zu schonender Verarbeitung von recycelten Carbonfasern
 - Optimierung der technologischen und maschinentechnischen Parameter der Spezialstrecke zu schonender Verarbeitung von recycelten Carbonfasern
 - Erstellung eines Konzeptes zur Modifikation der Regulierungseinheit der Regulierstrecke
 - Erstellung eines Konzeptes zur Entwicklung von rCF-UD-Tapes
 - Untersuchung zur Entwicklung von rCF-UD-Tapes und deren Charakterisierung
 - Vorstellung der am ITM umgesetzten Prozesskette zur Entwicklung von rCF-Hybridgarnen im Technikum- und Industriemaßstab
- Entwickelte UD-Tapes aus recycelten Carbonstapelfasern und Thermoplastfasern sind gut geeignet für die kostengünstige ressouceneffiziente Massenfertigung von Verbundbauteilen mit extrem kurzen Taktzeiten**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Wir bedanken uns bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), dem Bundesministerium für Bildung und Forschung und bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung der Forschungsprojekte AZ-33809/01, DFG CH 174/34 und 3DProCar im FOREL

Dr.-Ing. Anwar Abdkader
Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen,
Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM)
01062 Dresden
Tel. 0049/351/46344022
Fax: 0049/35/46344054
E-Mail: anwar.abdkader@tu-dresden.de
<http://tu-dresden.de/mw/itm>
<http://www.facebook.com/ITM.TUDresden>
Besucheradresse:
Breitscheidstrasse 78, 01237 Dresden

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG

Herzlichen Dank für Ihr Interesse.

Ihre Fragen sind willkommen.



Foto: Sylvio Dittrich