

DITF

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR  
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

JAHRESBERICHT 2023

# ZUKUNFT TEXTIL

# ÖFFNEN SIE DAS FENSTER IN DIE TEXTILE WELT.

NEHMEN SIE EINBLICK IN DETAILS UNSERER  
FORSCHUNG, IN IDEEN UND INNOVATIONEN  
AUS DEN DEUTSCHEN INSTITUTEN FÜR TEXTIL-  
UND FASERFORSCHUNG DENKENDORF.



DITF

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR  
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

# JAHRESBERICHT 2023

# VORWORT

## Liebe Leserin, lieber Leser,

mit Freude überreichen wir Ihnen unseren Jahresbericht 2023. Er spiegelt die Vielfalt faserbasierter F&E-Projekte in den Zukunftsfeldern des Landes wider. Vom Molekül bis zum fertigen Produkt berichten wir über zukunftsweisende Entwicklungen und zeigen die große Anwendungsbreite und das enorme Potenzial, das faserbasierte Werkstoffe und textile Technologien bieten.

Textile Produkte und Verfahren, die wir an den DITF Denkendorf entwickeln, sind Innovationstreiber für viele Branchen. Sie geben Impulse im Leichtbau, in der Medizin und Umwelttechnik, bei den Themen regenerative Energien, Ressourceneffizienz und Mobilität oder in den klassischen Bereichen Bekleidung und Heimtextilien. Als Wegbegleiter in diesen Anwendungsfeldern gestalten wir die Zukunft mit praxisnahen Lösungen und Ideen.

## Forschung, die ankommt

Wichtigste Aufgabe der DITF ist und bleibt die Entwicklung marktreifer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen für die Wirtschaft und damit die Ausrichtung unserer Arbeit auf die Bedürfnisse der Industrie. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen schätzen die DITF als wichtigen Forschungspartner und Lieferanten für innovatives Know-how. Der KMU-Anteil bei den Industrieprojekten lag 2023 bei ca. 80%. Gleichzeitig trugen zahlreiche ZIM-Projekte und Projekte aus dem Programm Invest BW zur Stärkung der Innovationskraft mittelständischer Unternehmen bei. In politisch und wirtschaftlich herausfordernder Zeit und vor dem Hintergrund der aktuellen Transformationsanforderungen ist diese Unterstützung des Mittelstands von existenzieller Bedeutung.

## Transforming the World of Textiles

So lautete das Motto der ITMA 2023 und konnte für die Forschung der DITF nicht besser gewählt sein. Zu den Leitthemen Advanced Materials, Innovative Technologies, Automation & Digital Future, Sustainability & Circularity konnten wir dem internationalen Publikum eine Vielzahl an Entwicklungen über alle textilen Produktionsstufen hinweg präsentieren. Nicht fehlen durften im Nachgang die traditionelle ITMA-Nachlese an den DITF, die in Kooperation mit dem Forschungskuratorium Textil e.V. die wichtigsten Trends der Messe für die Branche zusammenfasst.

## Digitalen Wandel gestalten

Aktuell gibt es kaum ein Projekt, das diese Aufgabe nicht adressiert. In fast allen unserer Forschungsprojekte spielen digitale Zukunftstechnologien wie KI-Verfahren, Machine Learning und Neuronale Netze inzwischen eine zentrale Rolle – sei es um Entwicklungs- und Produktionsprozesse durch „Digitales Engineering“ zu optimieren und Lösungen für die digitale Transformation zu erarbeiten, sei es um die Funktionalisierung textiler Produkte durch Integration elektronischer Komponenten voranzutreiben.

Auf dem Weg zu Industrie 4.0 leisten die DITF u. a. mit der Digitale Textile Microfactory und dem Mittelstand-Digital Zentrum Smarte Kreisläufe einen wichtigen Beitrag. Ergänzend starteten 2023 im Themenfeld Digitalisierung und Künstliche Intelligenz gleich drei Projekte bei Invest BW, dem größten einzelbetrieblichen Förderprogramm in der Geschichte Baden-Württembergs.



Peter Steiger

Prof. Dr. rer. nat. habil. Michael R. Buchmeiser

Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser

### Fokus Sustainability

Mit dem „European Green Deal“ wird ein breites Spektrum an Forschungsthemen adressiert. Die Fülle an Aufgaben, die auf dem Weg zur Klimaneutralität und Nachhaltigkeit von Europa einer Lösung bedürfen, ist groß. Textile Produkte und Verfahren, die wir an den DITF entwickeln, bieten hierfür eine Vielzahl zukunftsweisender Lösungsansätze. Der Jahresbericht 2023 stellt mit unterschiedlichem Anwendungsfokus aktuelle Forschungsprojekte zu den Nachhaltigkeitsthemen Energie- und Ressourceneffizienz, Recycling und nachwachsende Rohstoffe sowie Kreislaufwirtschaft vor.

Die aktuelle Situation erfordert auch eine kritische Analyse des eigenen Energieverbrauchs und CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks. Die DITF wollen ihren Beitrag zu den Klimazielen des Landes leisten und bis 2030 klimaneutral werden.

### Im Verbund mit starken Partnern

Um die Leistungsfähigkeit des Forschungsmittelstands in Deutschland zu stärken, ist für die DITF die Zusammenarbeit mit den auf Industrieforschung fokussierten Forschungsgemeinschaften auf Landes- und Bundesebene von besonderer Bedeutung. Mit den Instituten der Innovationsallianz Baden-Württemberg (innBW) und der ZUSE-Gemeinschaft haben wir wertvolle Partnerschaften

aufgebaut und bringen uns intensiv in die Gremienarbeit ein. 2023 wurde Peter Steiger, Vorstand Verwaltung und Finanzen, als Mitglied in das Präsidium der Zuse-Gemeinschaft gewählt.

Wir bedanken uns herzlich bei allen Partnern, Förderern, Unterstützern und vor allem bei unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für ihr leidenschaftliches und wertvolles Engagement. Nehmen Sie mit diesem Jahresbericht Einblick in Details unserer Forschung, in Ideen und Innovationen aus den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf.

Allen Leserinnen und Lesern unseres Jahresberichts wünschen wir eine inspirierende Lektüre!

Herzlichst

Ihr DITF-Vorstand

Prof. Dr.-Ing.  
Götz T. Gresser

Prof. Dr. rer. nat. habil.  
Michael R. Buchmeiser

Peter Steiger

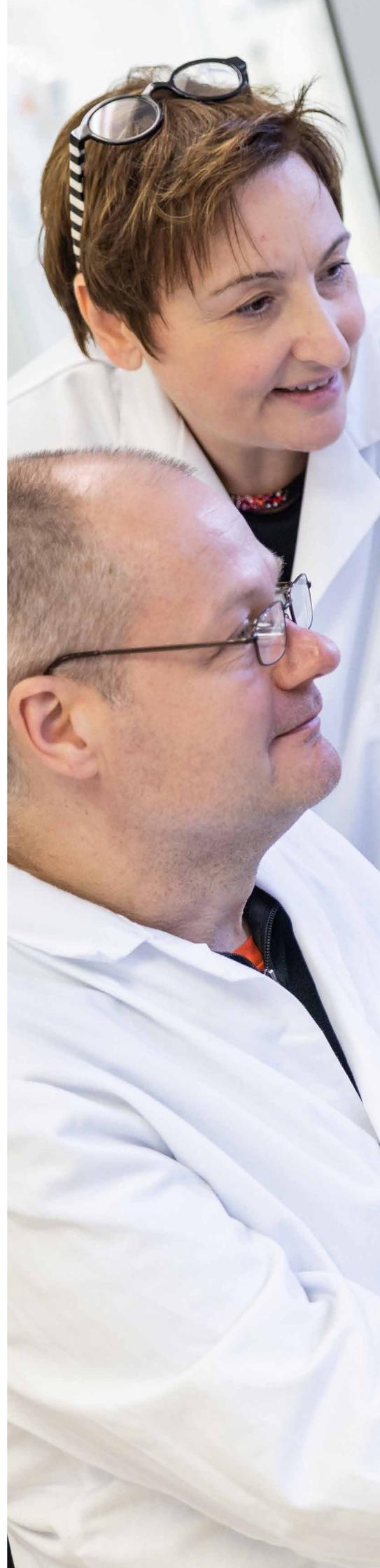
# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort . . . . .	4
Inhaltsverzeichnis . . . . .	6
DITF . . . . .	8
Unser Angebot . . . . .	10
DITF Forschungsfelder . . . . .	12
Anwendungsfelder . . . . .	15
Zahlen – Daten – Fakten . . . . .	16
Netzwerke und Kooperationen . . . . .	17
Forschungsprojekte, Trends und Highlights	
Architektur und Bau . . . . .	18
Gesundheit und Pflege . . . . .	24
Mobilität . . . . .	30
Energie, Umwelt und Ressourceneffizienz . . . . .	36
Produktionstechnologien . . . . .	42
Bekleidung und Heimtextilien . . . . .	48
DITF-Gremien . . . . .	54
Verein der Förderer der DITF . . . . .	56
Impressum . . . . .	59

Eine separate Dokumentation zum Jahresbericht gibt Übersicht über

- > DITF Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner
- > Öffentlich geförderte Forschungsvorhaben
- > Veröffentlichte Abschlussberichte, Publikationen, Vorträge, Pressemitteilungen
- > Dissertationen, Preise
- > Veranstaltungen, Messen, Ausstellungen
- > Patente
- > Gremien, Wissenschaftliche Beiräte

Bestellung der Dokumentation: [info@ditf.de](mailto:info@ditf.de)





# DITF

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR  
TEXTIL+FASERFORSCHUNG

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR TEXTIL- UND FASERFORSCHUNG DENKENDORF

## ZUKUNFT TEXTIL

*Unter dem Dach der DITF sind die Bereiche Textilchemie und Chemiefasern, Textil- und Verfahrenstechnik sowie Management Research vereint. Mit ihren Forschungsschwerpunkten bilden sie zusammen die gesamte Produktions- und Wertschöpfungskette faserbasierter Werkstoffe ab – vom Molekül bis zum Produkt. Ihr Potenzial liegt in ihrer engen Verbindung. Gemeinsam bereiten sie den Weg in die textile Zukunft.*

# DEUTSCHE INSTITUTE FÜR TEXTIL- UND FASERFORSCHUNG DENKENDORF

*Wir denken in textilen Systemen. Sie sind der Schlüssel für Innovationen in vielen wichtigen Industrien und Hightech-Branchen.*

## Die DITF sind das größte Textilforschungszentrum in Europa

Mit mehr als 250 wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern decken die Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung als einzige Textilforschungseinrichtung weltweit die gesamte Produktions- und Wertschöpfungskette von Textilien ab. Seit 1921 besetzen die DITF alle wichtigen textilen Themenfelder. In ihren Arbeitsgebieten zählen die DITF zu den weltweit führenden Forschungseinrichtungen.

### Anwendungsorientierte Forschung vom Molekül bis zum Produkt

Die DITF betreiben anwendungsbezogene Forschung über die gesamte textile Produktionskette hinweg. Mit produkt- und technologieorientierten Innovationen sowie modernen Managementkonzepten tragen die Denkendorfer Forscherinnen und Forscher zur Wettbewerbsfähigkeit und zur Standortsicherung der deutschen und europäischen Wirtschaft bei.

### Partner der Industrie

Die DITF sind Partner zahlreicher Unternehmen im In- und Ausland. Diese beteiligen sich an öffentlichen Forschungsvorhaben oder erteilen direkte Forschungsaufträge an die DITF. Unternehmen in den wichtigsten Industrienationen weltweit werden von den DITF betreut und beraten.

### F&E-Dienstleister

Von der Ideenfindung über die Materialforschung, die Entwicklung von Prototypen und Produktionsverfahren, die Pilotfertigung bis hin zur Prüfung sind die DITF für Industrie- und Dienstleistungsunternehmen wichtiger F&E-Partner. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen ohne eigene F&E-Abteilung sind die DITF wichtiger Lieferant für innovatives Know-how.

### Technologie- und Wissenstransfer in die Praxis

Die DITF übertragen zukunftsfähige Forschungsergebnisse schnell in die wirtschaftliche Verwertung und Anwendung. Wichtigstes Ziel ist die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in marktreife Verfahren, Produkte und Dienstleistungen.



## Lehre und praxisnahe Weiterbildung

Als eine der führenden europäischen Forschungseinrichtungen im Bereich der Textiltechnik stehen die DITF in besonderer Verantwortung, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Aus- und Weiterbildung gehören daher zu den elementaren Aufgabenstellungen der DITF.

Mit den Hochschulen der Region werden zahlreiche Lehr- und Forschungsk Kooperationen gepflegt. Über das Zentrum für Interaktive Materialien (IMAT) besteht ein kooperativer Forschungs- und Lehrverbund mit der Hochschule Reutlingen. Mit der Universität Stuttgart sind die DITF über drei Lehrstühle sowie durch Lehrangebote in weiteren Studienfächern eng verbunden.

## Lehrstühle an der Universität Stuttgart

Lehrstuhl für Makromolekulare Stoffe und Faserchemie –  
Institut für Polymerchemie  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Michael R. Buchmeiser

Lehrstuhl für Textiltechnik, faserbasierte Werkstoffe  
und Textilmaschinenbau – Institut für Textil- und Faser-  
technologien  
Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser

Lehrstuhl für Diversity Studies in den Ingenieurwissen-  
schaften – Institut für Diversity Studies in den Ingenieur-  
wissenschaften  
Prof. Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. Meike Tilebein

# VOM MOLEKÜL BIS ZUM MARKT – UNSER ANGEBOT



Molekül



Faser



Gewebe



Technologie



Prozess



Prototyp



Produkt



Markt

Die DITF begleiten Sie – von der Ideenfindung über die Materialforschung, die Entwicklung von Prototypen und Produktionsverfahren, die Pilotfertigung und Prüfung bis hin zur Beratung neuer Geschäftsmodelle. Wir orientieren uns an den Bedürfnissen der Industrie und realisieren für Sie marktreife Produkte, Verfahren und Dienstleistungen.

## Denkendorfer Zukunftswerkstatt

Per Zufall oder durch intuitive Eingebung entstehen nur selten Innovationen. Um neue, marktgerechte und umsetzungsfähige Ideen zu generieren, ist ein strukturierter Innovationsprozess notwendig. Hilfestellung hierfür bietet die Denkendorfer Zukunftswerkstatt. Sie gibt Unternehmen zielgerichtete und systematische Unterstützung bei der Ideenfindung.

## Angewandte Forschung & Entwicklung

Wir investieren in Vorlaufforschung, setzen neueste Ergebnisse aus Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung für den Textilsektor um, betreiben Verbundforschung, Auftragsforschung und Entwicklung im Auftrag. Vom Molekül bis zum fertigen Produkt und seinem Marktgang forschen und entwickeln wir entlang der gesamten textilen Wertschöpfungskette und beziehen dabei auch Unternehmensabläufe und Geschäftsmodelle mit ein.

## Prüf-Dienstleistungen

Seit ihrer Gründung verfügen die DITF bereits über Prüflaboratorien und bieten einen umfassenden Leistungskatalog zur Prüfung von Fasern, Garnen, Flächen und Textilien. Kaum ein anderes Institut bietet eine derart umfassende Technik für die Forschung und Prüfung faserbasierter Werkstoffe und Textilien. Für die Untersuchungen stehen modernste Analyse- und Prüftechniken für textiltechnische, chemische, biologische und sensorische Prüfverfahren zur Verfügung.

## Pilotfabrik

Die DITF betreiben eine Pilotfabrik, in die alle wichtigen Technologien entlang der textilen Prozesskette implementiert sind. Mit der Pilotfabrik bieten wir der Industrie eine im textilen Markt einmalige Möglichkeit zur Null- und Kleinserienfertigung. Erfahrenes Personal garantiert in Verbindung mit dem vorhandenen Maschinenpark und gut ausgestatteten Technika optimale Rahmenbedingungen für die Auftragsfertigung.

## Prototypenbau

Wir verfügen über eine hausinterne Entwicklung und Konstruktion für den Prototypenbau. Gut ausgebildetes Personal setzt in einer modern ausgestatteten Mechanischen Werkstatt und im Elektroniklabor neue Ideen zu Prüf- und Produktionsverfahren für die Textilbranche um. Damit bieten wir der Industrie die Möglichkeit, gemeinsam mit uns neue Verfahren zu entwickeln und an eigens gebauten Prüfständen zu testen und zu optimieren.

Fordern Sie uns!



# DITF FORSCHUNGSFELDER

Die DITF Forschungsfelder haben 2022 im Rahmen der Strategieentwicklung ein komplettes Update erfahren. Die neue Festlegung wendet den Blick auf die Märkte und Bedarfe von morgen. Sie adressiert die Megatrends der globalen Entwicklung und die damit verbundenen Herausforderungen.

Die bisher sechs, auf die gesamte Produktions- und Wertschöpfungskette fokussierten Forschungsfelder wurden auf fünf reduziert. Sie bilden nun die thematischen Schwerpunkte im DITF-Forschungsportfolio, das die Zentren mit ihren Projekten bedarfsorientiert mit Leben füllen.

- > Verarbeitung von Naturfasern
- > Biopolymere
- > Biobasierte, bioabbaubare Polymere und Beschichtungen
- > Biokompatible Biomaterialien
- > Oxidkeramikfasern
- > Duro-, thermoplastische Matrices
- > Low-rost, low-energy biobasierte Carbonfasern
- > Funktionsfasern (leitfähig, self-healing, sensorisch)
- > Schallabsorbierende und lichttechnische Materialien
- > Flammschutz

- > Maßgeschneiderte textile Faserverbunde
- > Multifunktionale Matrixsysteme
- > Vliesstoffe für thermoplastischen Verbund
- > Faserverstärkter 3D-Druck
- > 3D-Textilien für endkonturnahe, adaptive und funktionsintegrierte Strukturen
- > Faserbasierter Spannbeton
- > Urban Textiles
- > Bauteilüberwachung

## LEICHTBAU

## NEUE MATERIALIEN

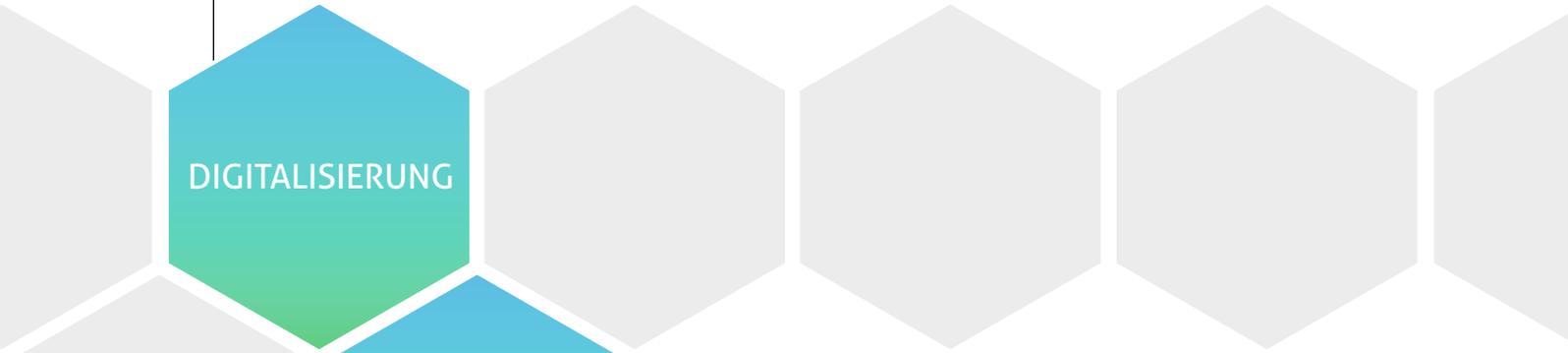
## NACHHALTIGKEIT

- > Mechanisches, thermisches, chemisches Recycling
- > Kreislaufwirtschaft
- > Sortenreine Verbundwerkstoffe
- > Produktivitätssteigerung/optimale Rohstoffausnutzung
- > Ressourceneffiziente Prozesse
- > Energieeffizienz durch Textilien
- > Textile Materialien für Biotechnologie u. Umweltschutz
- > Ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung

Die Überarbeitung der Forschungsfelder basiert auf einer umfassenden Recherche und berücksichtigt eine Vielzahl für die DITF maßgeblicher Studien. Dazu gehören die Hightech-Strategie 2025 des BMBF, die FKT Perspektiven 2035, die Innovationsstrategie und der Koalitionsvertrag des Landes und viele mehr.

Gleichzeitig unterstützte eine Analyse der Zentren im Rahmen des Strategieprozesses die Einteilung in die neuen Forschungsfelder. Die aktuellen Forschungsthemen ergeben Themencluster, die sich passgenau den neu gewählten Forschungsfeldern zuordnen lassen.

- > Digitales Textil-Engineering
- > Virtuelles Testen
- > Skalenübergreifende Modellierung und Simulation
- > Digitale Material- u. Prozesszwillinge
- > KI-unterstützte Prozesse
- > Smart Home & Quartier
- > Stückzahl Eins
- > Digital vernetzte Produktion
- > Digitale Geschäftsmodelle
- > Soziotechnische Systeme und Wertschöpfungsstrukturen



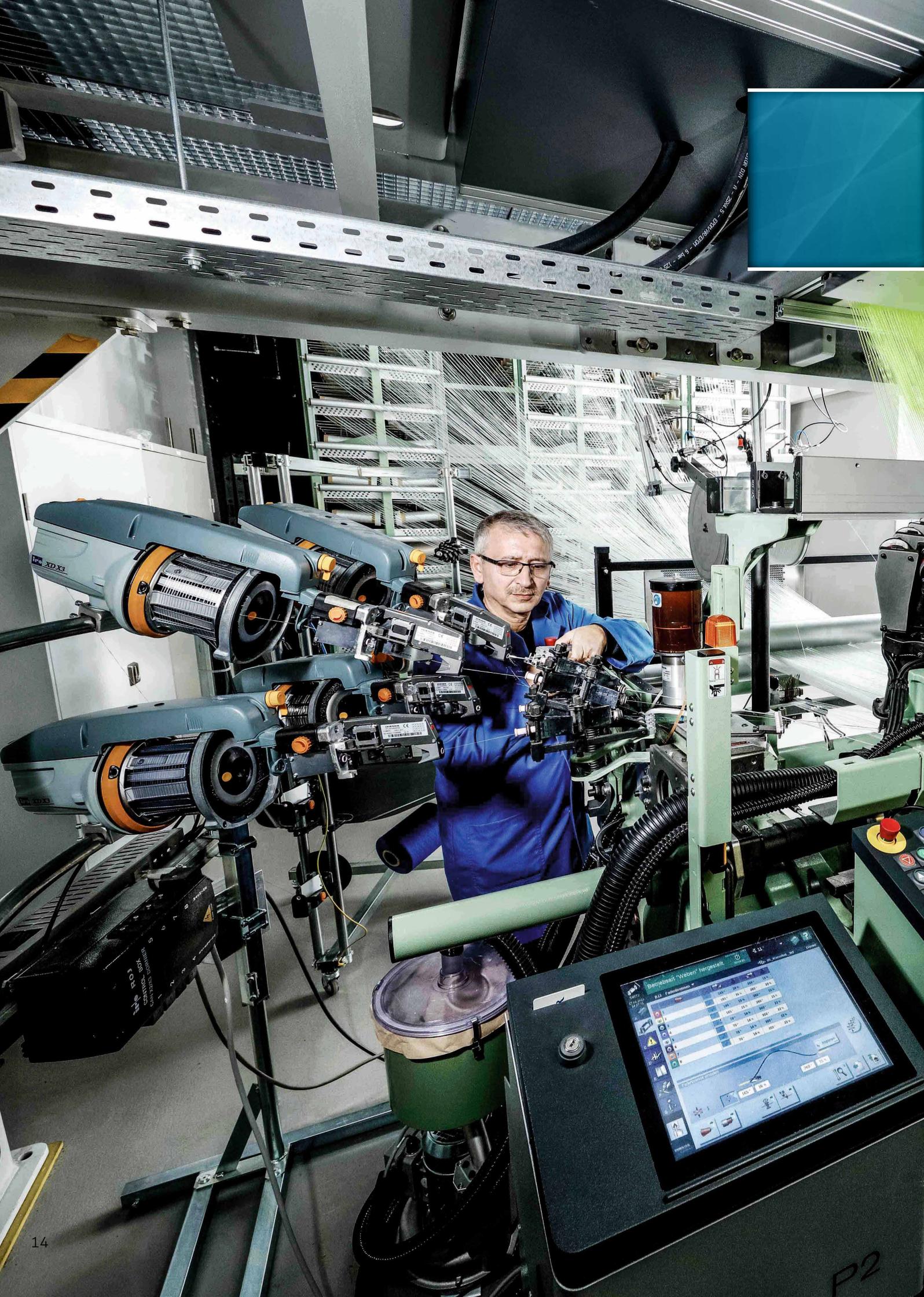
DIGITALISIERUNG



GESUNDHEIT

- > Med. Fasern und Vliesstoffe
- > Antibakterielle und antivirale Ausrüstungen
- > Therapeutische Textilprodukte
- > Drug Delivery System
- > Theranostische Systeme
- > Additive Verfahren für die individualisierte Medizin
- > Textilbasierte Sensorik und Aktorik gekoppelt mit KI
- > Gesundheitsmonitoring und persönliche Schutzausrüstung

# DIE **ZUKUNFT** IST TEXTIL!



Бетонная смесь

№	100	125	150	175	200	225
1	100	125	150	175	200	225
2	140	155	170	185	200	215
3	180	195	210	225	240	255
4	220	235	250	265	280	295
5	260	275	290	305	320	335
6	300	315	330	345	360	375
7	340	355	370	385	400	415
8	380	395	410	425	440	455
9	420	435	450	465	480	495
10	460	475	490	505	520	535
11	500	515	530	545	560	575
12	540	555	570	585	600	615
13	580	595	610	625	640	655
14	620	635	650	665	680	695
15	660	675	690	705	720	735

Панель управления

100 125

# ANWENDUNGSFELDER

Die textile Welt begegnet uns überall. Textile Entwicklungen und Produkte sind der Schlüssel für Innovationen in vielen wichtigen Industrien und Hightech-Branchen. Faserbasierte Werkstoffe gehören zu den wichtigsten Werkstoffen des 21. Jahrhunderts. Multifunktional, kosteneffizient und nachhaltig empfehlen sie sich für

immer neue Anwendungsfelder. Für die Industrie und öffentliche Auftraggeber haben wir im vergangenen Jahr vielfältige Forschungsprojekte in folgenden Anwendungsfeldern realisiert:



## Architektur und Bau

Baustoffe mit textilen Komponenten, faserbasierte Werkstoffe



## Energie, Umwelt und Ressourceneffizienz

Energietechnik, Umwelttechnik (zum Beispiel Wasseraufbereitung, Geo- und Landschaftsschutz, Recycling von Hochleistungsfasern), intelligente Energiebewirtschaftung



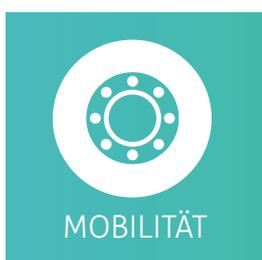
## Gesundheit und Pflege

Textile Implantate und Regenerationsmedizin, Wundbehandlungsprodukte, Diagnose- und Überwachungssysteme, Smart Textiles, Depot- und Therapie-systeme



## Produktionstechnologien

Verfahrenstechnik und Prozesstechnologie für höhere Produktivität, Qualität und Energieeffizienz, Automatisierung



## Mobilität

Fasern, Strukturen und Produkte zum Beispiel für die Automobilindustrie und für die Luft- und Raumfahrt-technik



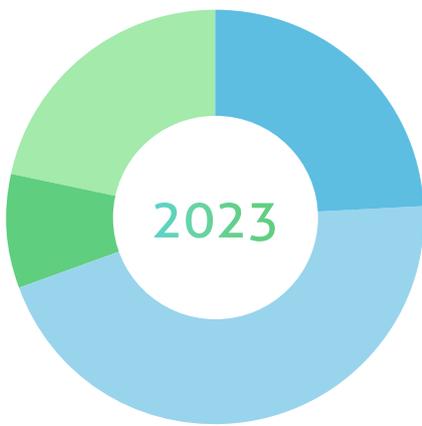
## Bekleidung und Heimtextilien

Funktionsbekleidung, klimaregulierende Textilien, Lichttextilien, schalltechnische Textilien, Smart Textiles

# ZAHLEN – DATEN – FAKTEN



27.811 Gesamterlös



■ Einnahmen Industrie:	6.750 TEUR
■ Einnahmen öffentl. Aufträge:	12.584 TEUR
■ Sonstige Einnahmen:	2.505 TEUR
■ Institutionelle Förderung:	5.971 TEUR

(Einnahmen ohne ITV Denkendorf Produktservice GmbH)

Bei den Industrieerlösen spielen besonders die kleinen und mittleren Unternehmen für die DITF eine große Rolle. Der KMU-Anteil bei den Industrieprojekten lag 2023 bei ca. 80%.

132 Öffentliche Forschungsprojekte

Fördermittel aus Programmen des Landes, des Bundes und der EU. 25,0% der Einnahmen aus öffentlichen Aufträgen kamen im Berichtszeitraum aus dem technologie- und branchenoffenen Förderprogramm ZIM, das die nachhaltige Stärkung der Innovationskraft mittelständischer Unternehmen zum Ziel hat.



77 Publikationen

54 davon in Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren

9 Bachelorarbeiten

9 Masterarbeiten

6 Dissertationen

2 Patente

Beschäftigte zum 31.12.2023



DITF

223	Beschäftigte
101	Wissenschaftler*innen und Ingenieur*innen
122	Nichtwissenschaftliche Beschäftigte
12	Doktorand*innen
28	Studierende (Bachelor- und Master-Student*innen)
43%	Frauenanteil

ITV Denkendorf Produktservice GmbH

40	Beschäftigte
----	--------------

Qualitätsmanagement



Ausgewählte Laboratorien der DITF und das Prüflabor der ITV Denkendorf Produktservice GmbH sind akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018.

Die Produktionsbereiche Filamentgarne, Nadelfilze, ummanteltes PP-Monofil und die Entwicklungsbereiche der DITF im geregelten Bereich der Medizinprodukte sowie die ITV Denkendorf Produktservice GmbH sind zertifiziert nach EN ISO 13485:2016. Geltungsbereich: Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von resorbierbaren und nicht resorbierbaren Polymeren, Fasern, Folien und Membranen, chirurgischem Nahtmaterial, Implantaten, Wundauflagen und antimikrobiellen Netzen.

# NETZWERKE UND KOOPERATIONEN

Netzwerke helfen uns, Innovationen schneller voranzutreiben und am Markt erfolgreicher zu agieren. Deshalb betreiben wir aktives Networking und setzen auf Kooperationen – branchenübergreifend, national und international.

## Gebündelte Kompetenz

Neben engen Verbindungen mit Wirtschaft und Wissenschaft sind die DITF umfassend eingebunden in die Aktivitäten einer Vielzahl von Verbänden, Organisationen und themenbezogenen Kompetenznetzwerken, die als Plattform für eine systemübergreifende, interdisziplinäre Forschung dienen.

## Anwendungsorientierte Forschung

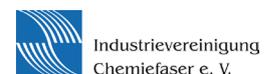
Eine wichtige Aufgabe der DITF ist die Unterstützung des Mittelstands durch anwendungsorientierte Forschung und erfolgreichen Technologietransfer. Vernetzung und Kooperation mit anderen wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen tragen dazu bei, die Leistungsfähigkeit des Forschungsmittelstands in Deutschland zu stärken. Daher engagieren sich die DITF auf Landesebene und im Bund in den wichtigsten, auf Industrieforschung fokussierten Forschungsgemeinschaften:

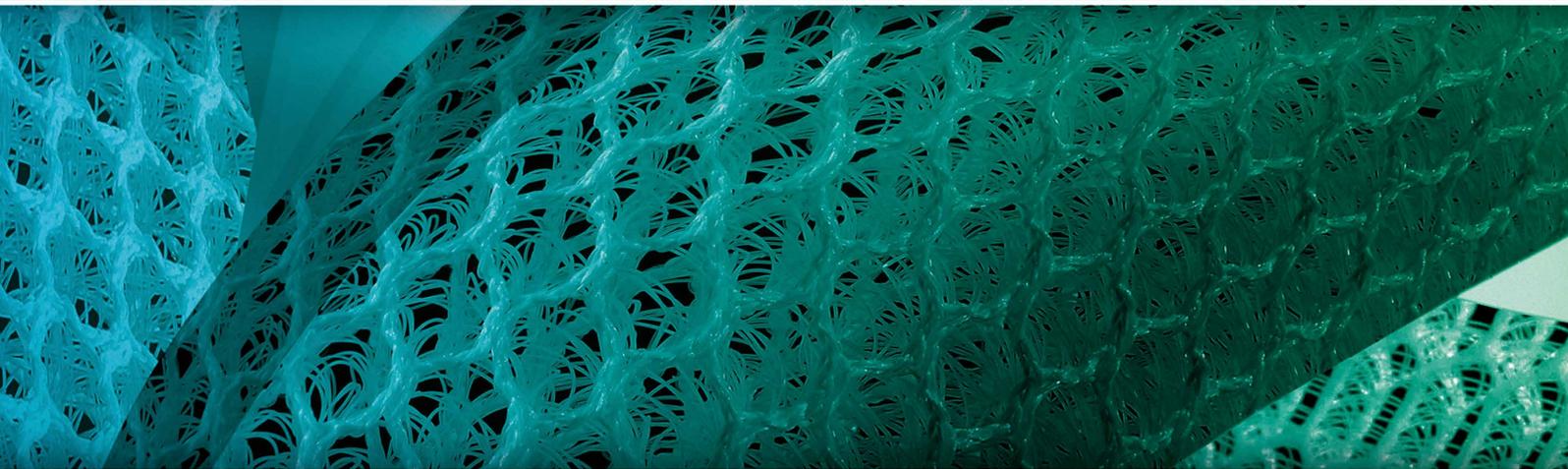


Die DITF sind Teil der Innovationsallianz Baden-Württemberg (innBW), einem Bündnis aus 10 außeruniversitären, wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen mit insgesamt 1.500 Beschäftigten. Die Institute betreiben ergebnisorientierte Auftragsforschung in den wichtigen Zukunftsfeldern des Landes. Mit rund 4.800 Industrieprojekten pro Jahr ist die innBW wichtiger Partner insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen.



Die DITF sind Gründungsmitglied der Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. Diese vertritt die öffentlichen Interessen gemeinnütziger Industrieforschungseinrichtungen in Deutschland. Zu den Mitgliedern des technologie- und branchenoffenen Verbandes gehören unabhängige Forschungseinrichtungen aus dem gesamten Bundesgebiet. Die Mitglieder fördern Innovationen in allen Branchen von der Agrarwirtschaft über die Medizin bis hin zum Maschinen- und Schiffbau.







# ARCHITEKTUR UND BAU

*Faserbasierte Werkstoffe und Verfahren für das Bauen von Morgen.  
Innovationen für mehr Ästhetik, Nachhaltigkeit und Funktionalität.  
Für temporäre und permanente Bauten.*

- > Textile Fassadenelemente:  
intelligente, leichte Gebäude-  
beschattung
- > Lichtlenkende Textilien
- > Schalltechnische Textilien
- > Pneumatische und hydraulische  
Textilaktoren
- > Autonome Living Wall-Systeme
- > Optisch transparente, faserverstärkte  
Materialien
- > Textile Lösungen für Smart Home  
und Smart Quartier
- > KI im Bau
- > Neue textile Werkstoffe für das Bauen

## Architektur und Bau

Umwälzungen in der Energieversorgung, ein Bedarf an bezahlbarem Wohnraum und sich ändernde Wohnsituationen definieren die Zukunftsaufgaben im Bau. Es müssen nachhaltige, bezahlbare und lebenswerte Lösungen gefunden werden, die den Energiewechsel sowohl in der Stadt als auch auf dem Land klimaneutral gestalten und die geänderten Wohnsituationen vor dem Kontext von Homeoffice beachten. Die DITF erarbeiten deshalb textile Lösungen, die ressourceneffizient und recyclefähig die Herausforderungen im Bau qualitativ und sozial für die Menschen gestalten.

### Smarte textile „Nachverdichtungs-lösungen“

Die DITF entwickeln neue textile Materialien, Strukturen und Systeme für den gesamten Bereich des Bauens, die im Denkendorfer ForschungskUBUS real erprobt und demonstriert werden können. Hierbei stehen integrierte Lösungen im Fokus. So fordert der Nachverdichtungs-kontext häufig neue Lösungen für Schall und Licht. Neue Beschattungstextilien erzeugen eine Lichtsituation im Innenraum, die trotz verminderter Blendung so viel wertvolles Tageslicht in den Raum lenkt, dass auf künstliche Beleuchtung verzichtet werden kann. Integrierte textile Sensoren messen die Beleuchtungsstärke und steuern KI-unterstützt die Beschattung. Für die ressourcenschonende Bewältigung von Lärmproblemen können sowohl intrinsische Eigenschaften von Textilien als auch textile Möglichkeiten für akustische Effekte gezielt für die Nachverdichtung genutzt werden. Die Zunahme von Wetterextremen wie Hitzephase und Starkregen generieren neue Anforderungen in der Nachverdichtung. Textile Living Wallsysteme steigern hier nicht nur die Luft- und Lebensqualität in den dicht bebauten Innenstädten, sondern können durch steuerbares Wasserrückhaltevermögen im urbanen Wassermanagement genutzt werden und reduzieren bei intelligenter Nutzung die Hitzeinselproblematik.

So können diese Lösungen dazu beitragen die aktuell anstehenden Sanierungen des Gebäudebestands wirtschaftlicher umzusetzen und gleichzeitig energetische Potenziale zu heben. Sie unterstützen so direkt das Bestreben nach finanzierbarem Wohnen.

### Faserverbundwerkstoffe im Bau

Vor dem Hintergrund des globalen Wachstums bei gleichzeitiger Beschränktheit der Rohstoffe ist die Dekarbonisierung sowie die Reduzierung mineralischer Werkstoffe zentrale Zukunftsaufgabe im Bau. Deshalb gewinnen Faserverbundwerkstoffe auch für den Einsatz im Bau zunehmend an Bedeutung. Sie erschließen mit industriell relevanten Eigenschaftsprofilen aufgrund ihrer hohen spezifischen Festigkeiten und Steifigkeiten neue Möglichkeiten. Die Materialeigenschaften können durch die Faserausrichtung, die Faser-Matrix-Haftung und die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten aus Fasern und Polymermatrizes maßgeschneidert an unterschiedlichste Applikationen angepasst werden.

Hohes Innovationspotenzial haben in diesem Bereich Faserverbund-Baustoffe, die dauerhaft Kohlenstoff speichern und der Atmosphäre mehr CO<sub>2</sub> entnehmen als bei ihrer Herstellung freigesetzt wird. Die DITF leiten hierzu das Verbundprojekt DACCUSS (Direct Air Carbon Capture, Utilization and Safe Storage), das die Aufnahme und Fixierung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in einem neuartigen Leichtbaumaterial untersucht (siehe Highlight Seite 23).

## Naturfaserhochleistungsverbundprofile für Architektur

Für architektonische Anwendungen haben die DITF einen nachhaltigen Faserverbundwerkstoff aus nachwachsenden Rohstoffen entwickelt. Für den neuen Bioverbundwerkstoff wurden Hanf- und Flachsfasern als Verstärkungskomponente und ein Epoxidharz mit hohem Bioanteil auf Basis von Leinsamenöl verwendet. Damit bietet der Werkstoff zahlreiche Vorteile im Vergleich zu erdölbasierten Glasfaserkunststoffen.



Pavillon LightPRO Shell

Aus dem neuen Werkstoff haben die DITF Stützprofile und Verbindungsknoten für wiederverwendbare temporäre Bauten entwickelt. Erste Umsetzungen im Industriemaßstab waren der LightPRO Shell Pavillon und der Buckyball, von dem man einen Ausschnitt auf der Biennale-Ausstellung in Venedig besichtigen konnte. Die Bauten bestehen aus einem Fachwerk von zusammengesteckten Rohren. Die Rohrprofile wurden mittels Pultrusion (Strangziehen) gefertigt, die Verbindungsknoten wurden aus mehrlagigen Naturfaservliesen im Heißpressverfahren hergestellt. Partner in diesem Projekt waren das ITKE-BioMat sowie die Unternehmen CG TEC, BAB, Zenvision und Steinhuder Werkzeugbau.

Praxistests haben gezeigt, dass der an den DITF entwickelte Bioverbundwerkstoff für vielfältige Anwendungen in der Architektur geeignet ist. Im Vergleich zu Glasfaserkunststoffen splintern Bioverbundwerkstoffe bei einem Crash nicht. Zudem sind sie ein nachhaltiger Baustoff. Sie verbrauchen bei ihrer Herstellung viel weniger Energie und binden langfristig eine große Menge Kohlenstoff. Sie bringen aufgrund ihrer geringen Dichte wenig Gewicht auf die Waage und sind daher für viele Anwendungen im Leichtbau geeignet.

## PapierEvents – recycelbare Event- und Messemöbel aus Papier

In der Eventbranche fällt sehr viel Abfall an. Sinnvoll sind Möbel, die schnell aufgebaut und platzsparend gelagert werden können und nach Ende der Nutzungsphase einfach recycelt werden können. Papier ist hier der ideale Rohstoff: lokal verfügbar, nachwachsend und mit einem etablierten Prozess zu recyceln. Die DITF und ihre Projektpartner PMV der TU Darmstadt, GarnTec GmbH, quintessence design und Rödиг GmbH haben deshalb gemeinsam einen recyclinggerechten Baukasten für Messemöbel in einem von der DBU geförderten Projekt entwickelt.

Als Demonstratoren wurde eine sensorische und leuchtende Theke, ein Kundenstopper und ein pyramidenförmiger Aufsteller mit strukturgespulten Papiergarnen umgesetzt, die eine völlig neue Formsprache zeigen. Die Möbel sind leicht, modular und können in Einzelteilen in Paketen verschickt werden. Alle Teile können mehrfach, also auch für mehrwöchige Kampagnen eingesetzt werden.

Die ungewöhnliche Optik entsteht im Strukturspulpprozess. Bei dieser an den DITF entwickelten Technologie wird das Garn präzise auf einem rotierenden Dornkörper abgelegt. So sind hohe Prozessgeschwindigkeiten und hohe Automatisierungsgrade möglich. Danach werden die Garne fixiert, so dass ein selbsttragendes Bauteil entsteht. Für die Fixierung wurde im Projekt ein Klebstoff eingesetzt, der ebenso wie die mit Papier hergestellten Sensorgarne eine volle Recyclingfähigkeit über den normalen Altpapierprozess aufweist.

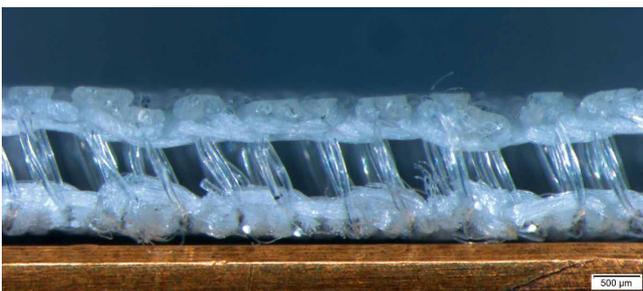


Pyramidenförmiger Aufsteller und sensorische und leuchtende Theke

## Vakuumdämmelemente neu gedacht!

Regelbare Dämmelemente erlauben die Reaktion auf wechselnde thermische Lasten. Adaptive Gebäudehüllen können abhängig vom thermischen Leistungsbedarf eines Raums und den Außenbedingungen den Wärmedurchgang anpassen und ermöglichen so eine Reduzierung des Heiz- als auch des Kühlenergiebedarfs. Des Weiteren können sie strukturell notwendige Gebäudemassen als flexible thermische Energiespeicher zur Gebäudetemperierung nutzbar machen.

Im Projekt ReVaD werden regelbare Dämmelemente basierend auf dem Knudsen-Effekt entwickelt: Die Wärmeleitfähigkeit poröser Strukturen ändert sich signifikant mit dem im Inneren vorherrschenden Gasdruck. Um die Technologie sinnvoll einzusetzen, ist ein möglichst hoher Schaltfaktor notwendig. Dazu müssen Porensystem und Gasdruckbereich optimal aufeinander abgestimmt werden. Das im Dämmpaneel notwendige multimodale Porensystem wird an den DITF im Technologiezentrum Maschentechnik in der Form von mesoporösen Abstandstextilien entwickelt. Größte Herausforderung stellt dabei zunächst die Drucksteifigkeit des Füllkernes dar, die bei einer Flächenpressung von  $10\text{ N/cm}^2$  nur eine minimale Verformung zulassen darf.



Druckstabile Abstandsgestricke werden als textile Füllkerne für Vakuumdämmelemente eingesetzt. Im Strickprozess lassen sich die Poreneigenschaften durch Garn- und Bindungswahl flexibel einstellen.

Im Verbundprojekt wird am Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart eine Reaktorkomponente zur kontrollierten Einstellung des Vakuum-Gasdrucks mittels reversibler Gas-Feststoff-Reaktionen entwickelt. Das Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE) der Universität Stuttgart integriert die Paneele in den Wandverbund, untersucht diese anhand eines Demonstrators und ermittelt simulativ energetische Potenziale für unterschiedliche Gebäudearten.

## Textilbasierte, nicht brennbare Materialien

Die Einsatzmöglichkeiten von Faserverbundwerkstoffen als Betonverstärkung und allgemein für den Bau von Gebäuden und Brücken werden bisher vor allem durch die relativ geringe Temperaturbeständigkeit der organischen Matrices ( $< 200^\circ\text{C}$ ) und deren Brennbarkeit bzw. Brandverhalten eingeschränkt. Im AiF-Projekt NiBreMa haben die DITF diese Herausforderung aufgegriffen und zur Lösung eine neue Phosphatkeramik-Matrix entwickelt. Für diesen Entwicklungsansatz untersuchten die DITF gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowohl die Matrix- als auch die Prozessentwicklung.

Der neue Faserverbundwerkstoff besteht aus einer Faserverstärkung aus Glas- und Basaltfasern und der neu entwickelten Phosphatkeramik CBPC (Chemically Bonded Phosphate Ceramics). Die chemisch gebundenen Keramiken können bei Temperaturen unterhalb von  $200^\circ\text{C}$  hergestellt werden. Die Basaltfasern haben eine Temperaturbeständigkeit bis  $650^\circ\text{C}$ , die CBPC-Matrix sogar bis ca.  $1100^\circ\text{C}$ . Die kalt ausgehärteten basaltfaserverstärkten Verbundwerkstoffe weisen gute mechanische Eigenschaften und eine gute Kompatibilität mit dem Portland-Zement-Beton auf.

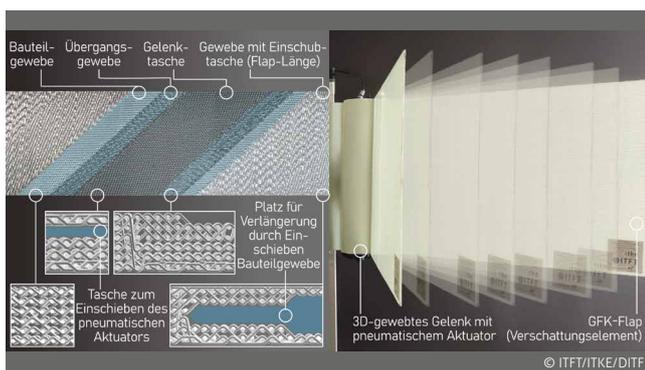
Der neue Werkstoff erreicht die EU-Brandschutzklasse A1 und erfüllt die gängigen Brandschutzanforderungen im Bauwesen. Der CBPC-Verbund maximiert die Nutzung von E-Glas und Basaltfasern für Bauanwendungen und ermöglicht gleichzeitig eine wirtschaftliche Herstellung mit einer besseren  $\text{CO}_2$  Bilanz als Bewehrungsstahl. Mit diesem Leistungsprofil zeigt der neue Werkstoff großes Anwendungspotenzial, beispielsweise für Bewehrungsstäbe und weitere Bauteile, die mit Pultrusion und Faserwickeln hergestellt wurden.



Basaltrovung, CBPC-Matrix, pultrudierte Profile und gewickelte Platte

## 3D gewebte adaptive Faserverbundkunststoffe

Die Integration nachgiebiger Gelenke in adaptive Faserverbundbauteile eröffnet neue Anwendungsfelder für den ressourcenschonenden Leichtbau im Bauwesen. Die mechanische Komplexität beweglicher Konstruktionen wird durch die Substitution von Starrkörpermechanismen erheblich reduziert. Damit werden beispielsweise wartungsarme Verschattungssysteme für komplexe Gebäudegeometrien oder auch kurzfristige, temporäre Bauten wie Zelte, Camps und Wohncontainer realisierbar. Zur effizienten Fertigung von adaptiven FVK-Bauteilen ist der textile Lagenaufbau ein entscheidender Aspekt.



Links: 3D-Gewebe-Struktur für adaptive FVK, Rechts: Demonstrator eines 3D-gewebten adaptiven Fassadenverschattungsbauteils

Im Projekt „FVK-Gelenke“ konnte erstmals ein Gelenk auf Basis eines 3D-Gewebes mit einer Fadenorientierung von  $\pm 45^\circ$  entwickelt werden. Die 3D-Webtechnologie ermöglicht nicht nur graduelle Materialübergänge für eine bessere Lastverteilung, sondern schafft auch interlaminaire Verbindungen. Darüber hinaus wird die Fertigung des textilen Halbzeuges in einem Fertigungsschritt möglich. Die Entwicklungsarbeit umfasste eine detaillierte Analyse der geeigneten Materialkombinationen hinsichtlich ihrer Kompatibilität, Festigkeit und Langlebigkeit, um flexible und steife Eigenschaften in einem Bauteil kombiniert abbilden zu können. Die Analyse verschiedener Gewebearrangements in Kombination mit weiteren Untersuchungsaspekten, beispielsweise Faservolumenanteil, elastomerer Anteil und Faser-Matrix-Haftung, führte zu einem textilen Aufbau mit vergleichmäßiger Lastverteilung und einer Dauerfestigkeit von über 5.000 Zyklen. Auf Basis der durchgeführten Analysen und Berechnungen wurden Richtlinien abgeleitet, wie FVK-Gelenke sinnvoll gestaltet werden können.

## CO<sub>2</sub>-negatives Bauen durch neuartigen Verbundwerkstoff

Die DITF leiten das Verbundprojekt „DACCUS-Pre“\*. Die Grundidee des Projektes ist es, einen neuen Baustoff zu entwickeln, der langfristig Kohlenstoff speichert und der Atmosphäre sogar mehr CO<sub>2</sub> entnimmt, als bei seiner Herstellung freigesetzt wird.

In Zusammenarbeit mit der Firma TechnoCarbon Technologies ist das Vorhaben inzwischen weit fortgeschritten – ein erster Demonstrator als Hauswandelement konnte realisiert werden. Dieser besteht aus drei Komponenten: Zwei Gesteinsplatten aus Naturstein bilden die Sichtwände des Wandelementes. Carbonfasern in Form von technischem Gewebe verstärken die Seitenwände der Wandelemente. Die dritte Komponente des neuen Baumaterials besteht aus Biokohle. Diese kommt als Füllmaterial zwischen den beiden Gesteinsplatten zum Einsatz. Jede einzelne Komponente trägt dabei in unterschiedlicher Art und Weise zu der negativen CO<sub>2</sub>-Bilanz des Werkstoffs bei.

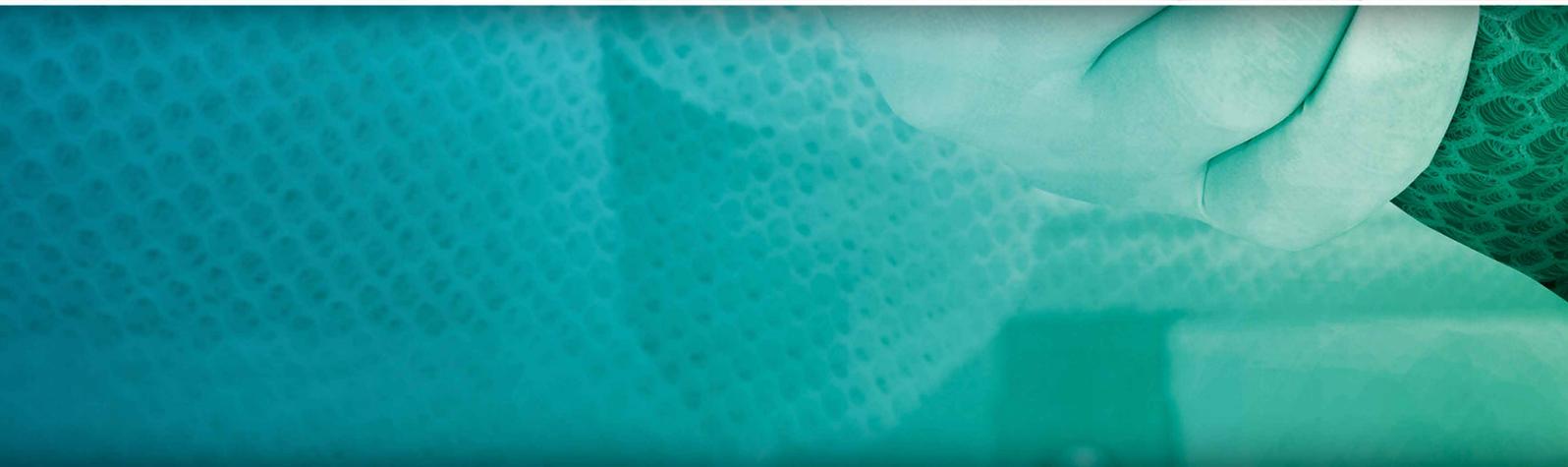
Aus technischer Sicht ist der bereits realisierte Demonstrator, ein Wandelement für den konstruktiven Bau, weit ausgereift. Es wurde der Naturstein Gabbro aus Indien verwendet, der optisch hochwertig und für hohe Lastaufnahmen geeignet ist. Das wurde in Lasttests nachgewiesen. Biobasierte Carbonfasern dienen als Decklagen der Gesteinsplatten. Die Biokohle der Firma Convoris GmbH zeichnet sich durch besonders gute Wärmeisolationseigenschaften aus.



Fertig aufgebautes Wandelement

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz einer Hauswand aus dem neuen Werkstoff wurde berechnet und der von etabliertem Stahlbeton gegenübergestellt. Es ergibt sich eine Differenz in der CO<sub>2</sub>-Bilanz von 157 CO<sub>2</sub>-Äquivalenten je Quadratmeter Hauswand. Eine deutliche Einsparung!

\* (Methods for removing atmospheric carbon dioxide (Carbon Dioxide Removal) by Direct Air Carbon Capture, Utilization and Sustainable Storage after Use (DACCUS)).





# GESUNDHEIT UND PFLEGE

*Textile Materialien, Produkte und Verfahren für innovative Anwendungsfelder rund um die medizinische Versorgung des Menschen.*

- > Resorbierbare Polymere und Biomaterialien
- > Implantate
- > Zellträger für die Regenerative Medizin, Biohybride Organe
- > Additive Fertigung, Mikrospritzguss
- > Sensorische Textilien
- > Personalisierte Orthesen
- > Wundverbandsmaterialien
- > Bioaktive Beschichtungen, z. B. für den Wundverband
- > Wirkstofffreisetzende Systeme (Drug Delivery): Wirkstoffkapseln und poröse Fasern
- > Antibakteriell und antiviral wirksame Textilien
- > Textilbasierte OP-Instrumente
- > Krankenhaus- und OP-Textilien
- > Biologische Prüfungen an Implantaten, Barriertextilien und Bekleidung

## Gesundheit und Pflege

Auch im Jahr 2023 standen textile Medizinprodukte und Textilien für die Gesundheit allgemein vor verschiedenen Herausforderungen. Die Zulassungsverfahren für textile Medizinprodukte haben in ihrer Komplexität deutlich zugenommen, selbst die Frage, ob es sich bei einem bestehenden oder neuen Produkt überhaupt um ein Medizinprodukt handelt, ist oft nicht einfach zu beantworten. Dabei wird die Textilforschung nicht müde, neue und innovative Lösungen zu finden. Die Gesundheitswirtschaft ist und bleibt ein Wachstumsmarkt, Medizintextilien spielen darin eine bedeutende Rolle als Innovationstreiber und Trendsetter.

### Herausforderung durch Nachhaltigkeit

Neben der selbstverständlich vorausgesetzten Biokompatibilität, die die Verträglichkeit von textilen Medizinprodukten durch geeignete Biokompatibilitätsprüfungen sicherstellt, spielen Nachhaltigkeitsaspekte auch bei Medizinprodukten eine wichtiger werdende Rolle. Die Branche steht vor der Herausforderung, nachhaltigere Produktions- und Entsorgungsprozesse zu entwickeln. Kreislaufwirtschaft und umweltfreundliche Materialien sind hierbei zentrale Themen für zukünftige Entwicklungen, immer natürlich vor dem Hintergrund der schwierigen Bedingungen bei der Zulassung. Dabei stehen hier vorläufig weniger Implantate oder Medizintextilien im Fokus, die direkt mit nichtintakter Haut oder Wunden in Berührung kommen und damit kontaminiert werden, sondern Produkte, die mit vertretbarem Aufwand wiederverwendet werden könnten.

### Intelligente und antimikrobielle Textilien

Viele richtungsweisende Entwicklungen im Bereich der Medizintextilien gibt es bei den Intelligenten Textilien, die in der Telemedizin, bei der Unterstützung und Überwachung von Patienten zu Hause und in der Rehabilitation eingesetzt werden. Auch im Bereich antimikrobieller und antiviraler Textilien, bei denen neue Materialien und Beschichtungen das Wachstum von Bakterien und Keimen auf Textiloberflächen und die Weitergabe von

Viren verhindern, ist ein hohes Innovationspotenzial zu verzeichnen. Dies ist besonders wichtig für medizinische Kleidung, Bettwäsche und Verbände. Die additive Fertigung findet zunehmend breitere Anwendung bei der Funktionalisierung von Textilien, z. B. bei Schutzbekleidung aber auch bei der Herstellung komplexer Textilstrukturen, die individuell an den Patienten angepasst werden können. Dies kann bei Prothesen, Orthesen und Implantaten neue Möglichkeiten schaffen.

### DITF Qualitätsmanagement

Die höhere Klassifizierung von Medizinprodukten gemäß der Medical Device Regulation (MDR) beeinflusst den eingangs erwähnten Zulassungsprozess in mehreren Aspekten, da bei höherklassifizierten Produkten umfangreichere Konformitätsbewertungen erforderlich sind. Dies umfasst klinische Prüfungen, Risikobewertungen und die Einbindung einer Benannten Stelle u. U. auch für Produkte, die schon lange Zeit erfolgreich als Klasse I Produkte vertrieben werden, nun aber in eine höhere Klasse fallen. Die MDR verlangt hier detaillierte klinische Daten, um die Sicherheit und Leistungsfähigkeit auch zu bereits zugelassenen Produkten mit umfassenden klinischen Studien zu belegen. Ein Qualitätsmanagementsystem ist nicht nur bei höherklassifizierten Produkte erforderlich. Die DITF unterstützen die Hersteller bei der Entwicklung sowie bei der Fertigung von textilen Komponenten und resorbierbaren Polymerwerkstoffen durch die Zertifizierung gemäß ISO 13485 und mit akkreditierten Prüfungen nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS.

## Biologische Prüfungen mit Mikroorganismen der Schutzstufe 2

Ob Bakterien, Viren oder Schimmelpilze: im biologischen Labor der DITF wird mit Mikroorganismen der Risikogruppe 2 gearbeitet. Diese Mikroorganismen können beim Menschen und/oder beim Tier Krankheiten hervorrufen. Für entsprechende Tätigkeiten im Labor der Schutzstufe 2 sind daher behördliche Genehmigungen notwendig. Nach der Erlaubnis für Arbeiten mit Krankheitserregern bis zur Risikogruppe 2 nach dem Infektionsschutzgesetz, welche bereits seit vielen Jahren vorliegt, ist nunmehr die Erlaubnis für Tätigkeiten mit tierpathogenen Mikroorganismen nach der Tierseuchen-erregerverordnung neu hinzugekommen. Damit sind die Prüfoptionen und die Auswahlmöglichkeiten relevanter Mikroorganismen nochmals erweitert worden. Textilbezogene mikrobiologische Fragestellungen können mit anwendungs- und praxisnahen Mikroorganismen bearbeitet werden. Beispiele hierfür sind relevante Krankenhauskeime, „Fußpilze“ oder geeignete Viren-Surrogate für SARS-CoV-2.



ReBa²-Prüfgerät zur Bestimmung des Keimdurchgangs

Neu im Prüfangebot ist die **Realitätsnahe** Prüfmethode für **Bakterienbarrieren** (ReBa²) zur Bewertung des Keimdurchgangs bei Reinraumbekleidung. Wie viele Keime der menschlichen Hautflora gelangen durch die Reinraumbekleidung beim Tragen nach außen? Die Prüfmethode bildet die Tragesituation weitgehend ab und ermöglicht so eine aussagekräftige Bestimmung der Barrierefunktion der Reinraumbekleidungstextilien gegenüber Bakterien.

Die ReBa²-Prüfmethode kann darüber hinaus zahlreiche Prüfscenarien abbilden. Neben dem Einfluss unter der Reinraumbekleidung getragener Zwischenbekleidung wird auch der Schwitzvorgang oder das Benetzen der Reinraumbekleidung durch prozessbedingte Flüssigkeits-spritzer oder Desinfektionsmittel untersucht.

## Knochenersatz aus dem 3D-Drucker

Mittels additiver Fertigung mit dem Arburg Kunststoff Freiformen (AKF) wurden biomimetische Knochengerüste zur Unterstützung der Osteosynthese aus Polycaprolacton mit Kanalstrukturen zum Einwachsen von Blutgefäßen hergestellt. Die gezielte Schaffung von definierten Kanalstrukturen unterstützt das Einwachsen von Blutgefäßen, so dass die Regeneration von natürlichem Knochen- gewebe erheblich fördert bzw. erst ermöglicht.

### Entwicklung individueller Implantate mit optimiertem Strukturdesign

Ein Schienbeinmodell wurde in die Kortikalis und die Spongiosa unterteilt, um die Umsetzung der unterschiedlichen Anforderungen der beiden natürlichen Strukturen mit den gedruckten Strukturen vergleichen zu können. Die Füllichte der kortikalen und spongiösen Knochengerüste liegt im physiologischen Bereich. Die vertikalen und horizontalen Kanäle der kortikalen Gerüste sind mit Durchmessern zwischen 200 und 1000 µm gut ausgebildet. Kompressionstests zeigten, dass die Kanäle in der Tibiakortikalis zu einer etwas höheren Steifigkeit führen als die ohne Kanäle. Bei den Spongiosa-Gerüsten mit Kanälen ist die Steifigkeit geringer als die ohne Kanäle. Die für beide Gerüsttypen erreichte Porosität liegt im physiologisch geforderten Bereich.

Das AKF-Verfahren ist grundsätzlich für die Herstellung von biomimetischen Gerüsten geeignet. In zukünftigen Entwicklungsarbeiten soll die Drucksteifigkeit der kortikalen Knochengerüste durch Faserverstärkung erhöht werden.



Mikrotomschnitt durch Kanäle eines additiv gefertigten kortikalen Gerüsts

## Vibrationen weisen den Weg

Wie können sehbehinderte Menschen bei der Orientierung im Straßenverkehr und in Innenräumen unterstützt werden? Die Firma feelSpace GmbH beantwortet diese Frage mit ihrem naviGürtel®. Dabei handelt es sich um einen Bauchgurt, in den ringsum sechzehn Vibrationselemente eingearbeitet sind. Der Gürtel ist damit in der Lage, durch Vibration eine Richtung zu weisen. Er kann wie ein Kompass eingesetzt oder mit einer Navigations-App verbunden werden. Im Rahmen eines ZIM-Projekts haben die DITF ein Kontaktierverfahren entwickelt, womit diese Orientierungshilfe – und E-Textiles allgemein – wirtschaftlicher und komfortabler hergestellt werden können.

### Kontaktierung von textilintegrierten Leitern durch Wire Bonding

Gemeinsam mit den DITF und der Firma AMOHR GmbH wurden der Navigationsgürtel weiterentwickelt und innovative Produktionsprozesse erschlossen. Die Vibrationselemente wurden dabei an ein textiles, dehnbares Band mit integrierten Leiterbahnen kontaktiert. Die DITF nutzen hierfür das Wire Bonding, ein Ultraschallschweißverfahren. Verglichen mit einem Lötverfahren können die Kontaktstellen beim Wire Bonding deutlich verkleinert werden, die Kontaktierungen werden punktgenau fixiert. Der Energieeintrag bleibt auf die Kontaktstelle beschränkt, wodurch die Wärmebelastung des umliegenden Textils minimiert wird. Das Ultraschallschweißverfahren ermöglicht außerdem eine Kontaktierung des Leiters ohne ein vorheriges Abisolieren.

Darüber hinaus hat das Ultraschallschweißen gegenüber einem Lötverfahren Vorteile für Gesundheit und Umwelt. Lötzinn ist mit Flussmittel versetzt, das gesundheitsschädliche Dämpfe erzeugt, die abgesaugt und gefiltert werden müssen.



naviGürtel® – Orientierungsunterstützung für sehbehinderte Menschen

## Neue Strategien in der Behandlung von Meniskusverletzungen

Das Selbstheilungspotenzial des Meniskus nach einem Riss ist gering. Eine Regeneration, wie bei einem anderen Körpergewebe, findet in dem faserknorpeligen und minderdurchbluteten Meniskus praktisch nicht statt. In einem DFG geförderten Projekt zur Meniskusregeneration haben die DITF in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Trauma Research der Universität Ulm nun die Grundlagen für die künftig mathematisch unterstützte Entwicklung von regenerativen Meniskusersatzmaterialien geschaffen.



Biokompatible Halterung für die Zellbesiedlung

Halterung mit besiedelten PET Nadelvliesen in Kultur

Dafür hat das Biologie-Labor der DITF die Kultivierung humaner Stammzellen (MSC) etabliert und diese durch Wachstumsfaktoren zur Knorpel-Differenzierung und damit zur Bildung einer Knorpelmatrix angeregt. Als Zellkulturgerüste dienen PET-Nadelvliese, für deren Besiedlung die DITF eine spezielle Haltevorrichtung im 3D-Druckverfahren entwickelt haben. Sie sorgt durch eine kontaktlose Positionierung des Scaffolds in der Kulturschale für eine optimale Nährstoffversorgung und eine gute Zellverteilung in der Sedimentationsphase (180° Drehung). Gleichzeitig ist die Halterung mit gängigen Methoden sterilisierbar und nicht zytotoxisch.

Die Scaffolds wurden an den DITF mit einem optimierten Verfahren besiedelt und nach 7 bis 21 Tagen Inkubation mittels Rasterelektronenmikroskopie bzw. Lichtmikroskopie analysiert. Parallel dazu hat die Arbeitsgruppe in Ulm die Proben immunhistologisch, mechanisch und mittels Genexpressionsanalyse untersucht. Für eine verbesserte Differenzierung der MSC zu Chondrozyten sollen die besiedelten Vliese während der Inkubation mechanisch stimuliert werden. Hierfür wird an den DITF eine Perkussionskammer konstruiert und im 3D-Druckverfahren hergestellt.

## Sensorisches Gewebiband zum Atmungsmonitoring

Eine richtige Atmung ist wichtig für die menschliche Gesundheit. Doch viele Menschen atmen falsch. Um dem entgegen zu wirken, kann mit verschiedenen Techniken wie beispielsweise dem „Biofeedback“ gearbeitet werden. Hierbei werden die körpereigenen Vorgänge wie zum Beispiel das Atmen durch elektronische Hilfsmittel sichtbar gemacht. Der Mensch soll auf Basis der dargestellten Daten lernen, seine Funktionen wie das Atmen zu regulieren und zu steuern. Smarte textile Sensorik spielt hierbei inzwischen eine wichtige Rolle, denn sie vereint Funktion mit Tragekomfort.

Im Rahmen eines laufenden ZIM-Vorhabens entwickeln die DITF hierfür ein dehnbares, sensorisches Gewebiband. In das elastische Band integrierte, sensorische Silikongarne erfassen die Bewegung des Brustkorbs und des Bauches in Echtzeit und senden das erfasste Signal via Bluetooth an eine auswertende Elektronik. Diese Elektronik, zum Beispiel in Form einer Handy-App, stellt dann das erfasste Signal verständlich dar, sodass entsprechend darauf reagiert und eine richtige Atemtechnik trainiert werden kann.

Das sensorische Gewebiband ist so konstruiert und verstellbar konfektioniert, dass mit einem Band möglichst viele verschiedene Körperumfänge und -formen abgedeckt werden können und es damit größen- und geschlechterspezifisch universell einsetzbar ist. Der Einsatzbereich ist dadurch vielseitig gestaltet und erstreckt sich vom Heimgebrauch über den Sportbereich bis hin zu Therapiezwecken.



Richtig Atmen lernen Dank Band zum Atemmonitoring

## Smart Textiles für den Schutz vor Schnittverletzungen

Das Thema Arbeitssicherheit wird in zahlreichen Berufsfeldern immer wichtiger. Intelligente Textilien haben dabei das Potenzial, das Risiko am Arbeitsplatz, das durch Interaktion zwischen Mensch und Maschine entsteht, zu verringern.

Ein hohes Verletzungsrisiko birgt das Arbeiten mit Motorsägen. Häufige Verletzungen sind Schnittwunden an Hand und Arm. Um künftig schwere Unfälle bei der Baumpflege zu vermeiden, haben die DITF einen intelligenten Armschutz entwickelt. Das System schützt den Baumpfleger vor der Kettensäge durch eine Reihe von Sensoren, die im textilen Armschutz und der Motorsäge integriert sind und miteinander kommunizieren. Durch die Abstände zwischen dem Werkzeugsensor und den Sensoren am Arm wird bestimmt, ob eine Schutzmaßnahme eingeleitet wird. Kommen sich Arm und Säge zu nahe, schaltet sich die Maschine automatisch ab.



Patentiertes Schutzsystem: Intelligenter, sensorischer Armschutz gegen Schnittverletzungen

Häufig geschehen Schnittverletzungen, wenn der Baumpfleger eine Hand von der Kettensäge nimmt, um einen Ast zu halten und mit der anderen Hand die Säge bedient. Aktuell verfügbare Schnittschutz-Handschuhe bieten aufgrund ihres begrenzten mehrschichtigen Textilaufbaus keinen vollständigen Schutz, vor allem nicht bei voller Kettengeschwindigkeit. Zusätzlich werden die bisherigen textilen Schutzmöglichkeiten durch die Dicke und den mangelnden Tragekomfort limitiert, da zu dicke Handschuhe hinderlich bei der Baumpflege sind. Smart Textiles können diese Einschränkung überwinden, indem dünne und intelligente Schutzlösungen entwickelt werden, die den Schutz signifikant erhöhen.





# MOBILITÄT

*Textile Innovationen der DITF im Bereich Leichtbau/Faserverbundwerkstoffe gestalten die Mobilität der Zukunft mit und bieten Lösungen bezüglich Emissions-Reduktion, Ressourcenschonung, Komfort und Funktionalität.*

- > Zunehmender Einsatz von Naturfasern, biobasierten Fasern, Bio-Matrizes und Zuschlagstoffen. Durchführung des Kongresses NATURALfiberEXTRACTION
- > Zusammenarbeit mit V-Carbon zur Herstellung hochwertiger Halbzeuge aus rezyklierten Carbonfasern für lasttragende Bauteile
- > Durchführung des 5. Carbon-Recycling Kongresses in Stuttgart
- > Reduzierung des Carbon-Footprints durch Carbonfasern aus Cellulose, Lignin und Chitin in Verbindung mit energiesparender Ofentechnik
- > LCA-Wissen über die gesamte textile Verarbeitungskette
- > Herstell- und Bauteilsimulation zur Reduzierung der Kosten und Verlängerung der Lebensdauer
- > Mikro-Computertomographie zur Erkennung und Beseitigung von Bauteilfehlern
- > 3D-Wickeln, Flechten, Pultrusion und Tapelegen für den FVK-Leichtbau
- > Komplex gewebte Keramikfaser-Preforms für Ceramic Matrix Composites (CMC) mit hoher Steifigkeit und Temperaturwechselbelastung
- > Cellulose-basierte Filtermaterialien sowie ökonomische und ökologische Werkstoffe für die Brennstoffzelle
- > Smarte, ressourcenschonende, textile Lösungen für die Innenraumbeleuchtung, Heizung, Bedienung, Sicherheit
- > Energiesparende Produktionstechniken, z. B. Einsatz von UV-Technik

# Mobilität

Die Fahrzeug- und Luftfahrtindustrie sind Schlüsselindustrien in Deutschland, die vor erheblichen Herausforderungen durch internationalen Wettbewerb und neue Antriebsformen stehen. Kontinuierliche Innovationen sind unerlässlich, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Der Einsatz biogener Rohstoffe, die Entwicklung fortschrittlicher Materialien und Technologien sowie das Recycling wertvoller Ressourcen tragen entscheidend zur Innovationskraft und Nachhaltigkeit dieser Industrien bei. Die DITF tragen mit der Entwicklung textiler Lösungen, die neue Technologien unterstützen und Nachhaltigkeit fördern, vielfältig zum Fortschritt in diesem Bereich bei. Die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Industrie wird entscheidend sein, um die technologische und ökologische Transformation erfolgreich zu gestalten.

## Biogene Rohstoffe

Zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Footprints und zur Erreichung klimaneutraler Produkte ersetzen Unternehmen fossilbasierte Rohstoffe durch nachhaltige Alternativen. Die DITF nutzen Naturfasern wie Hanf in Kompositmaterialien für diverse Anwendungen. Cellulose und Lignin dienen als biogene Rohstoffe zur Herstellung von biobasierten Carbonfasern, die in Brennstoffzellen für emissionsfreie Antriebe verwendet werden. Reine Cellulosekomposite werden erforscht, um Glasfaserkomposite nachhaltig zu ersetzen, und finden in Filtermedien Anwendung. Außerdem entwickeln die DITF biobasierte Harzsysteme als Ersatz für fossilbasierte Harze wie Epoxid- und Polyesterharze.

## Recycling

Wesentlich ist das Recycling hochwertiger Fasern wie Carbonfasern, um deren nachhaltige Nutzung zu gewährleisten. Die DITF haben Methoden zur industriellen Wiederverwertung von Carbonfasern entwickelt und ihre Expertise u. a. durch die Ausrichtung des 5. Carbon-Recycling-Kongresses in Stuttgart unterstrichen.

## Stand der Technik in der Fahrzeugindustrie

In der Fahrzeugindustrie sind Innovationen für Effizienz und Umweltfreundlichkeit unerlässlich. Leichtbauweise, elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe prägen diese Branche. Textile Materialien wie Hanf- und Flachsfasern in Verbundwerkstoffen reduzieren das Fahrzeuggewicht und damit den Kraftstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Biobasierte Carbonfasern, aus nachwachsenden Rohstoffen wie Cellulose gewonnen, bieten ähnliche mechanische Eigenschaften wie konventionelle Carbonfasern, sind aber umweltfreundlicher in Herstellung und Entsorgung. Die DITF arbeiten an der Entwicklung und Integration solcher Materialien in industrielle Anwendungen.

## Stand der Technik in der Luftfahrtindustrie

In der Luftfahrtindustrie sind Faserverbundwerkstoffe Standard. Textilbasierte Lösungen reduzieren das Flugzeuggewicht und senken den Treibstoffverbrauch sowie die Emissionen. Keramische Verbundmaterialien in Turbinen ermöglichen den Betrieb bei höheren Temperaturen und verringern das Gewicht, was die Effizienz steigert. Die Entwicklung eigener Keramikfasern kann die Versorgungssicherheit erhöhen und die Importabhängigkeit reduzieren. Biobasierte Carbonfasern spielen eine Schlüsselrolle bei der Herstellung von Brennstoffzellen für vollelektrische Antriebe auf Wasserstoffbasis. Die DITF sind führend in der Entwicklung solcher Materialien und Technologien.

## Nachhaltigkeit und Lebenszyklusanalyse

Eine zentrale Herausforderung bei der Entwicklung neuer Materialien ist die Bewertung ihrer Nachhaltigkeit über den gesamten Lebenszyklus. Die DITF führen umfangreiche Lebenszyklusanalysen durch, um die ökologischen und ökonomischen Vorteile ihrer Innovationen zu quantifizieren. Diese Analysen sind entscheidend, damit die Industrie fundierte Entscheidungen über die Implementierung neuer Materialien und Technologien treffen kann. Nur durch eine ganzheitliche Betrachtung der Lebenszykluswirkungen können nachhaltige Lösungen entwickelt und erfolgreich auf den Markt gebracht werden.

## VOLARE<sup>2</sup> – Landefahrwerk für Flugtaxi

In allen Bereichen der Mobilität hat sich das Bestreben, den Ressourcenverbrauch und den ökologischen Fußabdruck zu reduzieren, als wichtiger Motor für Erneuerung und Innovation etabliert. Insbesondere in der Luftfahrt ist geringes Gewicht gleichbedeutend mit Vorteilen bzgl. Treibstoffverbrauch, Emissionen, Reichweite und Nutzlast. Leichtbau stellt den Schlüsselfaktor für Ökoeffizienz, Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit dar. Daher ist die Gewichtsreduzierung durch kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) von zentraler Bedeutung bei den Entwicklungen in der Luft- und Raumfahrt.



eVTOL Flugtaxi

Im Projekt VOLARE<sup>2</sup> wird am Beispiel des elektrisch betriebenen Flugtaxis VoloRegion der Firma Volocopter der vorteilhafte Einsatz von 3D-Gewebe für leichte und leistungsfähige Faserverbundbauweise gezeigt. Mit Hilfe der 3D-Webtechnik entsteht eine CFK Strukturkomponente des Fahrwerks nach einem völlig neuartigen Leichtbaukonzept. Die 3D-Webtechnik ermöglicht die Herstellung räumlich gewebter Faserstrukturen als Gewebepreform, wobei durch die hohe Designflexibilität komplexe Bauteilgeometrien, lastoptimierte Krafteinleitungen und Gelenkfunktionen realisierbar sind. Die Gefahr, dass das CFK-Bauteil unter Belastung durch Delamination des Lagenaufbaus versagt, ist bei Einsatz von 3D-Gewebe geringer als bei der etablierten Fertigung aus mehreren textilen Lagen. Mit 3D-Gewebe als Preform kann das inhärente Leichtbaupotenzial für komplexe und tragende Strukturen wesentlich besser ausgeschöpft werden. Die Auslegung, Optimierung, Fertigung und Prüfung erfolgt mit den Verbundpartnern DLR, Volocopter und Keim.

## NaMiKoSmart

Leichtbau stellt als eine branchen-, werkstoff- und länderübergreifende Querschnittstechnologie ein signifikantes Innovations- und Wertschöpfungspotenzial für die hiesigen Industriestrukturen, Handel, Dienstleistungsunternehmen und Non-Profit-Organisationen dar. Als Innovationstreiber der deutschen Wirtschaft bietet systemischer Leichtbau viele Diversifikations-Möglichkeiten, um sich in Automobil- und Elektroindustrie, Luft- und Raumfahrt, Maschinen- und Anlagenbau, im Sportartikel- und Bauwesen sowie in angrenzenden Branchen und Marktsegmenten gezielt weiterzuentwickeln.

Im Projekt „NaMiKoSmart“ wird am Beispiel einer Mittelkonsole zusammen mit den Projektpartnern AMC GmbH und csi entwicklungstechnik GmbH die digitale Prozesskette für das dreidimensionale Faserverbund-Wickelfverfahren entwickelt, um eine durchgängige Datenstruktur zu gewährleisten. Durch die Definition des Bauraumes und die nachfolgende Topologieoptimierung anhand des Lastenhefts wird eine erste grobe Struktur generiert aus der die notwendigen Wickelpunkte abgeleitet werden. Über die folgenden Prozessschritte wie Balkenmodell, CAD, Wickelpfad, Roboterpfad entsteht Schritt für Schritt über die digitale Prozesskette das Bauteil.

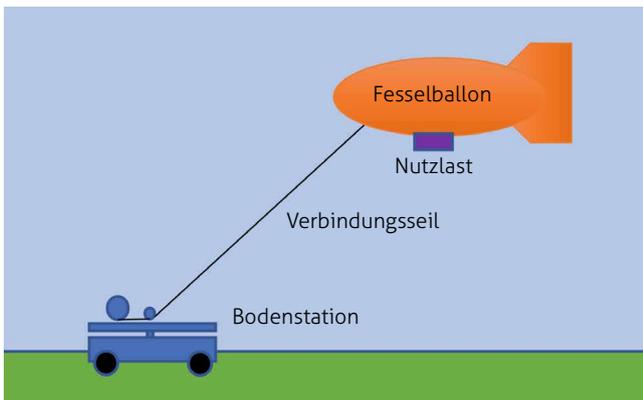


Erster Demonstrator im Projekt „NaMiKoSmart“

Ziel ist eine leichte und zugleich hochfeste, steife Fachwerkstruktur mittels nachhaltiger Faser- und Matrixmaterialien herzustellen, die das maximale Festigkeitspotenzial des eingesetzten Materials nutzt. Ferner soll das Leichtbaukonzept für eine angenehme Haptik mit Textilien überzogen und Funktionen wie Beleuchtung, Heizen sowie Bedienmöglichkeiten integriert werden.

## ComBalloon – mit dem textilen Datenballon in die Luft

Fesselballone sind zwar bekannt, jedoch im unteren Nutzlastsegment bislang zu leistungsschwach. Die Nutzlasten früherer Fesselballone sind schwer und haben einen hohen Energieverbrauch, so dass in Deutschland keine Fesselballone in der Telekommunikation im Einsatz sind. Derzeit sind lediglich Werbeballone bei gutem Wetter im Einsatz, doch diese werden nachts am Boden gesichert und müssen täglich nachgefüllt werden.



Prinzip Fesselballonsystem

Aufbauend auf diesem Marktbedarf entwickeln die DITF zusammen mit der Trans-Atmospheric Operations GmbH (TAO) im Invest BW Projekt „ComBalloon“ einen speziellen Fesselballon für die Anwendung in den Bereichen Monitoring und Telekommunikation – insbesondere auf allen Gebieten für eine Smart Society. Das Ballonsystem übernimmt die Funktion eines „fliegenden“ Antennenmastes, ist schneller aufgestellt und flexibler einsetzbar. Es kann mobil auf einem Fahrzeug oder stationär von einer Plattform aus betrieben werden. Es ist variabel in der Höhe einsetzbar, was den Sende- und Datentransferadius beeinflusst und somit eine größere Bandbreite in der Auswahl der Anwendungen zulässt.

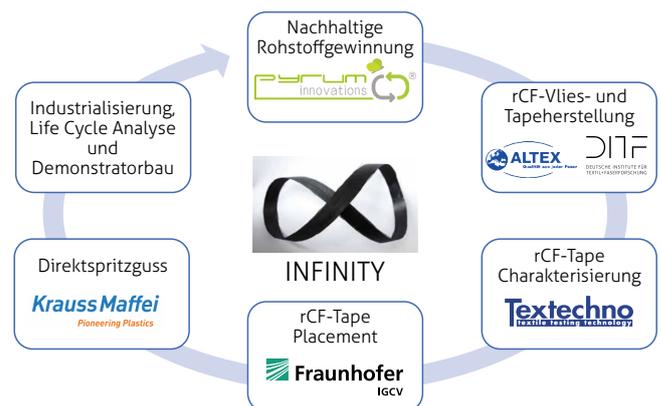
Die DITF übernehmen in ihrem Teilprojekt die Entwicklung, Konstruktion und Prüfung der textilen Materialien wie die äußere Ballonhülle, die innenliegende und mit Helium gefüllte Gaszelle sowie die aerodynamische Verkleidung des Fesselseiles. Der Projektpartner TAO Trans übernimmt die Entwicklung des aerodynamischen Designs und der Dynamik der Anbindung an das Fesselseil. Das neue Ballon-System soll eine ergänzende Datentransferplattform werden, die bei einer geringen Kapitalinvestition und niedrigen Betriebskosten ein hohes Anwendungspotenzial bietet.

## Projekt „Infinity“ – rCF Tapes für das Automated Tape Laying

Ziel des Projekts „Infinity“ war die Entwicklung und Etablierung eines nachhaltigen, effizienten und faser-schonenden Recyclingkreislaufs für Carbonfaserverbundwerkstoffe (CFK).

Der Prozess begann mit einer innovativen Pyrolyse, die neben der Rückgewinnung hochwertiger rezyklierter Carbonfasern (rCF) auch eine stoffliche Verwertung des entstehenden Pyrolyseöls ermöglichte. Die rCF wurden in einem modifizierten Krepelverfahren wiederaufbereitet und zu hochorientierten rCF-Tapes weiterverarbeitet. Durch Automated-Tape-Laying konnten diese „Infinity“ Tapes lastpfadgerecht für den Einsatz in anspruchsvollen Anwendungen abgelegt werden. Im Direktspritzgussverfahren wurden die entstandenen CFK durch den Einsatz von rCF als Verstärkungsphase zusätzlich funktionalisiert. Darüber hinaus wurde ein Testsystem für Tapehalbzeuge entwickelt und im Projekt eingesetzt, um die Qualität der „Infinity“-Tapes kontinuierlich zu bestimmen und zu verbessern. Abgerundet wurde die Studie durch die Herstellung eines Demonstratorbauteils für die Automobilindustrie sowie eine Ökobilanz.

Der entwickelte rCF-Tape-basierte Verbundwerkstoff erzielte 88 % der Zugfestigkeit und 89% des Zugmoduls eines vergleichbaren Neufaserprodukts. Zudem wurde in einer Lebenszyklusanalyse eine Reduzierung des Treibhauspotenzials von 49,3 % bei Einsatz von Pyrolysefasern und 65,9% für rCF aus Produktionsabfällen ermittelt. Die Ergebnisse weisen somit den Weg zur echten Substitution von Neufaser-CFK anstelle des Downcyclings zu schwach orientierten Materialien und dem damit verbundenen Verlust an mechanischen Eigenschaften.



Prozesskette und Projektpartner des Projekts „INFINITY“

## Plant-Tire: Neue Haftvermittler-Compounds aus biobasierten Rohstoffen als RF-Ersatz

Technische Elastomererzeugnisse sind aus dem täglichen Leben und aus der Anlagentechnik nicht wegzudenken. Die Anwendungen reichen von Reifen, Förderbändern, Keilriemen bis zu Faltenbälgen. Aufgebaut sind sie aus hochfesten Fasern, die in eine elastische Matrix (z. B. Kautschuk) eingebettet sind. Ohne den Einsatz von Haftvermittlern, die die einwirkenden Kräfte aufnehmen, wird jedoch keine ausreichende Performance der Produkte erreicht. Basissystem der Haftvermittlung sind in der Technik Kondensate aus Resorcin-Formaldehyd (RF). Diese werden auf die Garne oder Textilien aufgebracht und über einen Heißprozess fixiert. Problematisch ist, dass Formaldehyd als CMR-Stoff eingestuft ist. Resorcin ist sehr geruchsintensiv und gerät immer wieder in die Diskussion, als SVHC-Stoff gelistet zu werden.



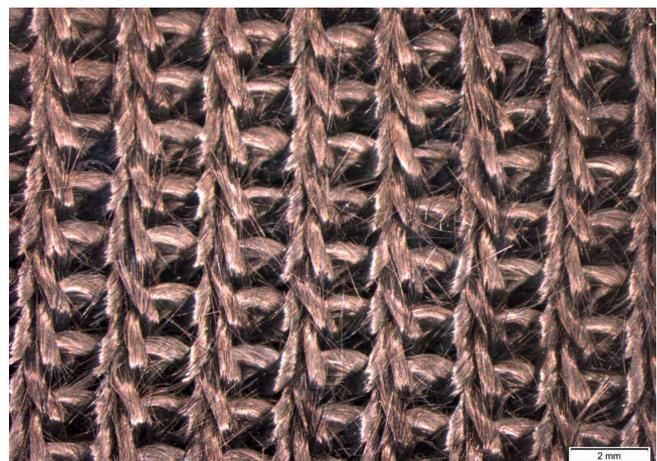
Auf der Suche nach RF-Alternativen stehen bei den Arbeiten an den DITF biobasierte Systeme im Fokus, die ähnliche chemische und strukturelle Eigenschaften haben. Voraussetzung ist, dass diese in der Lage sind, die erforderlichen kovalent verknüpften Netzwerkstrukturen der Haftvermittlerschicht aufzubauen und dass sich diese idealerweise unter vergleichbaren Prozessbedingungen wie die herkömmlichen RF-Standards applizieren lassen. Wie die Ergebnisse zeigen, ist es möglich, anstelle von Formaldehyd das aus natürlichen Rohstoffen erhältliche Hydroxymethylfurfural (HMF) zu verwenden. Dieses ist unter gesundheitlichen Aspekten unbedenklich und hat für künftige Entwicklungen im Bereich der Haftvermittler das Potenzial einer Plattformchemikalie. Als Alternative zu Resorcin dienen speziell aufbereitete Lignine aus Jahrespflanzen wie z. B. Stroh oder Miscanthus. Ein großer Vorteil in punkto Nachhaltigkeit hierbei ist, dass die Abtrennung der lignin-haltigen Fraktionen im Vergleich zum Holzaufschluss einen geringeren Energie- und Zeitaufwand erfordert.

## Neue Carbonfilamentgarne – effektiv in der Verarbeitung und hoch wider- standsfähig

Bei der Verarbeitung von Carbonfasern und daraus hergestellter Garne ist ihre geringere Dehnfähigkeit (< 2,0%) problematisch. Dies schränkt ihre mechanische Verarbeitung auf Textilmaschinen erheblich ein, so dass im Prinzip nur Verarbeitungsverfahren mit einer geringen Biege- und Scherbeanspruchung in Frage kommen. Sobald die genannten Beanspruchungsarten in den Vordergrund treten, wie bei Näh- oder auch maschenbildenden Prozessen, ist mit erheblicher Schädigung der Carbonfasern zu rechnen.

Im Projekt Carbonfilamentgarne entwickelten die DITF daher Endloscarbonfasern mit erhöhter Bruchdehnung und einer Schutzbeschichtung. Durch Bestrahlungsmethoden und zielgerichtete Stabilisierungsmethoden konnten die Carbonfasern so konditioniert werden, dass höhere Dehnbarkeiten resultierten. Durch spezielle Beschichtungen und Garnbildungsprozesse wurden die Fasern gegen äußere Belastungen besser geschützt. Nach der Optimierung dieser Methoden konnten die Carbonfasergerne erfolgreich in einem Strick- und Tuftingprozess demonstriert werden.

Die neuartigen Carbonfasergerne könnten bei der Herstellung von Windkraftanlagen, aber auch bei anderen anspruchsvollen Anwendungen etwa in der Luftfahrt zum Einsatz kommen. Carbonfasern aus Biomasse, basierend auf den Projektergebnissen der Garnbildung mit ihrer hohen Dehnung von > 3%, sind ein zukunftsweisendes Produkt, das aufgrund der hohen Kompetenz in Europa beim Thema Biomasse längere Zeit am Markt ein Alleinstellungsmerkmal aufweisen wird.



RR-Gestrick aus Chitosan-beschichteten Carbonfilamentgarne





# ENERGIE, UMWELT UND RESSOURCEN- EFFIZIENZ

*Die DITF entwickeln mit und für ihre Industriepartner Verfahren und Systeme für mehr Energie-, Umwelt- und Ressourceneffizienz. So entstehen nachhaltige Produkte und Dienstleistungen für vielfältige Anwendungen.*

- > Hochleistungsfasern aus Biopolymeren
- > Carbonfasern aus Cellulose- und Ligninpräkursoren
- > Nachhaltige Polymersynthesen zum Ersatz petrobasierter Monomere
- > Beschichtungen und Ausrüstungen aus nachwachsenden Rohstoffen
- > Umweltfreundliche Aufschlussverfahren für Naturfasern
- > Cellulose-basierte Vliesstoffe zur CO<sub>2</sub> Absorption aus der Luft
- > Sortenreine, nachhaltige Einkomponentenverbundwerkstoffe
- > Lösungsmittelfreie, energiesparende Prozesse für Beschichtungen und Textilveredlungen
- > Minimalauftragstechnologien (Schaum, Plasma, 100% Systeme)
- > Einsatz von KI zur Parametereinstellung von Ausrüstungsmaschinen
- > Textilbasierte, thermische Solar Kollektoren
- > Energiegewinnung durch Einsatz technischer Textilien
- > Ökonomische und ökologische Werkstoffe für die Brennstoffzelle
- > Textile Werkstoffe zur Trinkwassergewinnung aus Nebel und industrieller Aerosolabscheidung
- > Bewässerungssysteme auf Basis von besonders hohen Kapillarkräften und Sogspannungen
- > Filterwerkstoffe für Gas-/Fest-/ Flüssigtrennungen
- > Recycling-Technologien für Hochleistungsfasern und beschichtete Textilien
- > Analyse des biologischen Abbaus in Wasser und Böden

## Energie, Umwelt und Ressourceneffizienz

Die Kapazitäten des Forschungsfeldes Energie, Umwelt und Ressourceneffizienz bündeln die DITF in zwei Kompetenzzentren, dem Kompetenzzentrum für Biopolymerwerkstoffe und dem Kompetenzzentrum für Textilchemie, Umwelt & Energie. Die DITF entwickeln mit und für ihre Industriepartner hierzu neue nachhaltige Materialien, Verfahren und Systeme.

Aktuelle Forschungsarbeiten befassen sich vor allem mit der Substitution von erdölbasierten Materialien, Ressourceneffizienz, Einsatz Künstlicher Intelligenz sowie biologischem Abbau und Recycling. Diese finden Anwendung in nachhaltigen Hochleistungsfasern, neuen Biopolymerwerkstoffen, Filter und Membranmaterialien für die Luft- und Wasserreinigung, Leichtbauentwicklungen, Isolier-, Dicht- und Dämmstoffen für Gebäude und textilbasierten Solarzellen.

### Erneuerbare Energien, Energiesysteme

Zur Gewinnung von Energie forschen die DITF intensiv in der Solarthermie und in der Speicherung von thermischer Energie – sogar Schafwolle zeigt hier gutes Potential. Ferner gibt es Weiterentwicklungen bei Werkstoffen für die Wasserstofftechnologie, bei der Speicherung elektrischer Energie, bei Systemen für die Meerwasserentsalzung und bei Faserverbundwerkstoffen für Rotorblätter von Windkraftanlagen.

### Textilien für den Umweltschutz

Zum Umweltschutz umfassen unsere Arbeiten Filtersysteme zur Abscheidung von Feinstaub/Pollen als auch von Aerosolen aus der Luft bzw. Abgasströmen und von Mikroplastik aus Abwässern. Wir entwickeln textile Trägermaterialien für biologische Organismen in vertikalen Begrünungen, Kläranlagen und der Algenproduktion sowie neuartige Bewässerungs- und Wasserspeichersysteme. Die Weiterentwicklung der Schallabsorption im Heim- und Mobilbereich ist weiterhin ein Forschungsthema. Die direkte Absorption und Desorption von Kohlenstoffdioxid aus der Umgebungsluft wird durch neu entwickelte Filtermaterialien auf Basis von Vliesstoffen aus funktionalisierten Cellulosefasern ermöglicht.

### Nachhaltige Fasern und Verbundwerkstoffe

Angesichts der Diskussion um Mikroplastik sind unsere Forschungsarbeiten zu Naturfasern und Polymeren aus nachwachsenden Rohstoffen, die gleichzeitig gut biologisch abbaubar und/oder recycelbar sind, von zukunftsweisender Bedeutung. Diese umfassen die Aufarbeitung von Naturfasern u. a. aus Holz, Hanf, Hopfen, Nesseln und Lavendel. Lignin, bisher ein Abfallprodukt in der Papierherstellung, zeigt hohe Potenziale als Beschichtung von Garnen und Textilien. Die Erzeugung cellulosischer Verbundwerkstoffe zeigt insgesamt eine positive CO<sub>2</sub>-Bilanz. Die Entwicklung von Verstärkungsfasern, neuer Filtermaterialien und Verbundwerkstoffe aus Cellulose und auch aus Chitin basiert auf der HighPerCell®-Technologie. Die Herstellung von biobasierten Carbonfasern ist kurz vor der industriellen Umsetzung.

Häufig werden diese Entwicklungen mit einer Life-Cycle-Analyse zur Bewertung des Verbrauchs unserer natürlichen Ressourcen als auch des Impacts auf die Umwelt begleitet und quantifiziert.

### Energieverbrauch in der Textilfertigung

Die Textilveredlung und Beschichtung ist der energieintensivste Prozess in der Textilherstellung. Zur Energieeinsparung arbeiten wir an vernetzenden Feststoffsystemen ohne Lösemittel und reaktiven Hotmelts, am Einsatz von Minimalauftragstechnologien wie Schaumauftragsverfahren und an innovativen Vorbehandlungsmethoden auf Basis von Ultraschall und Plasma.

Mit dem Einsatz von Methoden der KI in der Textilveredlung gelingt es, Expertensysteme zu schaffen, die dem Anwender Ressourcen einsparen.

## Flexholz – eine nachhaltige Lederalternative aus Zellulose

Werkstoffe aus heimischen, nachwachsenden Rohstoffen gewinnen zunehmend an Attraktivität, da sie den CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzieren, den Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt vermeiden und den Stoffkreislauf schließen. Aufbauend auf dieser Marktnachfrage entwickelt das Projektkonsortium, bestehend aus der Schorn & Groh GmbH, der Ribler GmbH und den DITF Denkendorf, einen neuen dekorativen Werkstoff aus verschiedenen natürlichen Komponenten.



Der hochflexible Verbundwerkstoff NUO des Projektpartners Schorn & Groh GmbH

Dieser Verbundwerkstoff „FlexHolz“ besteht aus einer dekorativen Schicht aus Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft in Form einer dünnen Furnierschicht und einem Textil auf Basis von zellulosebasierten Naturfasermaterialien, das zur Stabilisierung auf die Rückseite des Holz-furniers laminiert wird. Bisher wurden Polyurethanfolien oder Polyurethandispersionen verwendet, um das Textil mit dem Holzfurnier zu verbinden. Im Projekt wurde eine nachhaltige, neue Lösung auf der Basis von Lignin als Klebstoffsystem für die erforderliche Laminierung entwickelt. Lignin ist ein Abfallprodukt der Papierindustrie.

Nach dem Laminieren wird nur die dünne Furnierschicht mit einem Laserstrahl in kleine Segmente geschnitten. Das darunter liegende Textil bleibt unversehrt. Die feine Gravur verleiht der Holzoberfläche ihre Flexibilität und angenehme Haptik. Aufgrund der daraus resultierenden extremen Biege- und Drapierbarkeit kann dieser Verbundwerkstoff als dekorative Oberfläche im Automobilinnenraum, im Innenausbau, im Möbelbau, in der Bekleidung und in vielen anderen Industrien und Bereichen eingesetzt werden.

## BiPoTex: Biopolymere aus Bakterien schützen technische Textilien

Textilien für technische Anwendungen erhalten ihre besonderen Funktionen durch Beschichtungen. Diese erfüllen jedoch in der Regel nicht Kriterien der Nachhaltigkeit, da sie fossilen Ursprungs sind, nicht biologisch abbaubar und schwer recyclebar.

Abhilfe können Beschichtungen aus den biotechnologisch herstellbaren Polyhydroxalkanoaten (PHA) bringen. Sie werden aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und werden beim Austritt in die Umwelt vollständig biologisch abgebaut. Polyhydroxyalkanoate haben den Vorteil, dass ihre Eigenschaften durch die Variation der molekularen Struktur der Wiederholungseinheit bei der Biosynthese anpassbar sind. Somit können wasserabweisende und gleichzeitig mechanisch belastbare Beschichtungen hergestellt werden. Hierdurch bieten Sie eine gute Grundlage, um im Automobilbereich und auch bei Outdoor Bekleidung angewandt zu werden. Des Weiteren sind PHA-Produkte am Markt zunehmend verfügbar, sodass Beschichtungen aus PHA im technischen Bereich in Zukunft attraktiv sind.

Die DITF leisteten hierzu bereits erfolgreiche Forschungsarbeiten. So zeigten Beschichtungen auf Baumwollgarnen und -geweben sowie Polyamid und Polyester glatte und gut haftende Beschichtungen. Je nach Variation der Seitenkette unterscheiden sich die beschichteten Textilien in wichtigen Kenngrößen wie Haptik, Steifigkeit und Waschbeständigkeit.

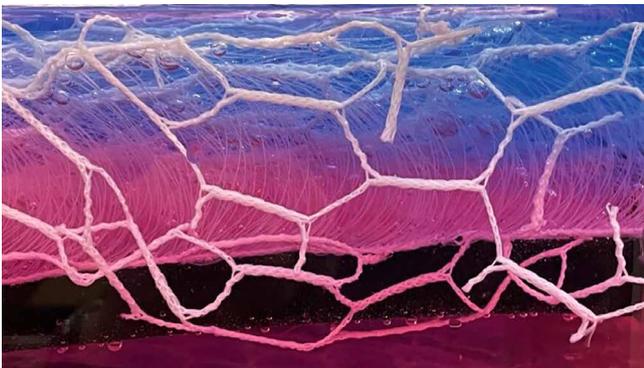


Nahaufnahme eines Baumwollgarns, das mit PHA beschichtet wurde

## Nachhaltig, flexibel, platzsparend: Grauwasseraufbereitung mit 3D-Textilien

Der Wasserbedarf in Deutschland steigt und gebrauchtes Wasser wird nicht ausreichend genutzt. Dabei bietet vor allem das sogenannte Grauwasser, also das Abwasser aus Dusche, Badewanne und Handwaschbecken, großes Potenzial für eine weitere Verwendung. Es kann vor Ort auf Betriebswasserqualität gebracht werden und zum Beispiel für die Toilettenspülung oder zur Gartenbewässerung wiederverwendet werden.

Bei etwa 50 bis 80 Prozent aller häuslichen Abwasser handelt es sich um Grauwasser. Um es wiederaufzubereiten und in den Kreislauf zurückzuführen, benötigt man bisher große Behälter und Tanks, die im Gebäude viel Raum blockieren.



3D-Abstandstextil

Die DITF haben gemeinsam mit ihrem Projektpartner ARIS ein neues biologisches, textilbasiertes System entwickelt. Es beruht auf einem 3D-Abstandsgewirk aus sehr beständigem Polypropylen. Sein Vorteil ist, dass es flach verbaut werden kann und dadurch äußerst platzsparend ist. Durch seine spezielle Anlagengeometrie kann es an Orten eingebaut werden, die sonst ungenutzt bleiben – zum Beispiel bei einem Neubau unter dem Boden einer Tiefgarage, auf einem Flachdach oder im Garten. Es kann modular an den Wasserbedarf und die baulichen Voraussetzungen in den jeweiligen Gebäuden angepasst werden. Sogar vertikale Lösungen an Fassaden sind realisierbar.

Das von den Projektpartnern entwickelte System verursacht nur einen geringen Wartungsaufwand und ist dadurch besonders kostengünstig. Verglichen mit bisherigen Lösungen zeichnet es sich durch eine lange Lebensdauer aus. Die Firma ARIS plant, die neue textilbasierte Grauwasseraufbereitungsanlage noch im Jahr 2024 auf den Markt zu bringen.

## Product Carbon Footprint für textile Produkte und Prozesse

Die EU plant im Rahmen des Green Deals, dass Unternehmen zukünftig den Product Carbon Footprint (PCF) ihrer Produkte ermitteln und veröffentlichen müssen. Hierfür gibt es einen standardisierten Prozess nach ISO 14067:2018. Je nach eingesetztem Material, konkretem Prozess und eingesetzten Energiequellen variieren die Werte stark und müssen individuell berechnet werden.

Die Mehrstufigkeit der textilen Herstellungsprozesse erhöht die Komplexität. Die DITF arbeiten hier mit der MFCA-Methode (Material Flow Cost Accounting) und haben umfangreiche Modellbibliotheken für die gängigen Prozesse der Textilproduktion, auch der Kreislaufwirtschaftsansätze (Eco-Design, Recycling) entwickelt.

### Drei in eins: Materialeffizienz, Ökonomie und Ökologie

Das Besondere an dieser MFCA-Methode ist die Möglichkeit der kombinierten Betrachtung unterschiedlicher Fragestellungen in einem Modell: Materialeffizienz, Ökologie und Ökonomie. Der Fokus liegt hierbei auf dem Einsatz, Verbrauch bzw. Verlust von Ressourcen wie Material, Energie, Zeit sowie Kosten. Weiterhin können neue Materialien, Recyklate und Recyclingprozesse nahtlos in die Modelle integriert werden. So können unterschiedliche Szenarien entwickelt, simuliert und bewertet werden, um Entscheidungen in Produktion und Produktentwicklung fundiert zu unterstützen.



Ermittlung des Product Carbon Footprint (PCF) geplant

Vom ersten Kennenlernen der Methodik bis hin zum produktiven Einsatz zur Kalkulation von kompletten Produktsortimenten oder zum Vergleich alternativer Produktvarianten und Prozesstechnologien bietet das Zentrum für Management Research an den DITF dafür unterschiedliche Workshops an.

## Biobasierte und biodegradierbare Vliese aus Biopolymer Polyhydroxy- butyrat (PHB)

Die Verwendung von Biopolymeren eröffnet das Potenzial für einen grundlegenden Beitrag zur zukünftigen Ressourcenschonung und Vermeidung weiterer Umweltverschmutzung. Polyhydroxybutyrat (PHB) kann als Substitut olefinbasierter Polymere agieren, ist biobasiert und bio-abbaubar und kann über Biosynthese von Bakterienkulturen produziert werden. Die Abbaubarkeit ermöglicht geschlossene Produktkreisläufe (C2C). Trotz dieser Vorzüge ist PHB für viele industrielle Verfahren und Anwendungen wenig geeignet. Die wesentlichen Gründe sind eine langsame, dann aber sehr starke Kristallisation, die in der Verarbeitung lange Zykluszeiten und auch Versprödung mit sich bringt sowie eine hohe Schmelzadhäsion („Klebrigkeit“). Hier setzt das Forschungsprojekt Bioabbaubarer Kunststoff für die Produktentwicklung „PHB2Pro“ an.



Biobasierte und bioabbaubare Pflanzentöpfe, hergestellt via meltblow aus PHB

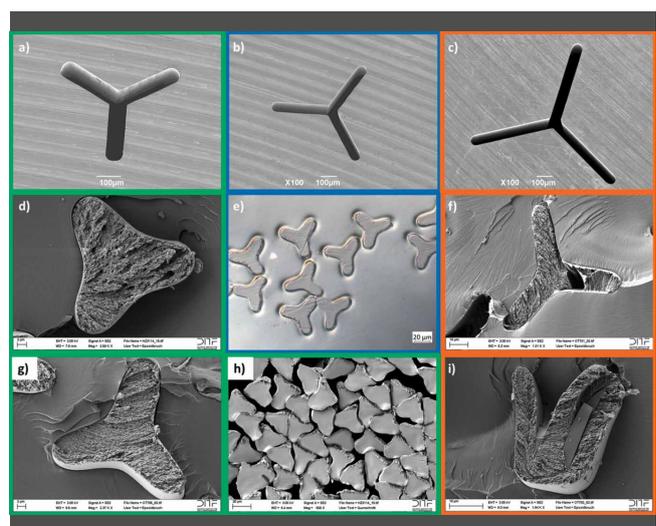
Die Erzeugung von Meltblown-Vliesstoffen ohne Verwendung von Additiven wurde von den DITF erfolgreich dargestellt. Darüber hinaus konnten die genannten für andere Verfahren negativen Eigenschaften genutzt werden, um einen noch halbautomatischen, einstufigen Prozessschritt zur Herstellung von 3D-Teilen zu entwickeln. Dieser liefert, Temperatur- und formstabile Produkte (z. B. Pflanzentöpfe). Weitere Eigenschaftskonstellationen, beispielsweise eine hohe Luftdurchlässigkeit bei minimaler Wasserdurchlässigkeit, liefern interessante Aspekte.

Ziel der Projektpartner (DITF, NOVIS und IKT Stuttgart) ist es, die PHB-Produktion unter Verbrauch von CO<sub>2</sub> durch genmodifizierte Mikroalgen, CO<sub>2</sub>-neutral und kostengünstiger zu machen sowie für die Anwendung maßzuschneidern.

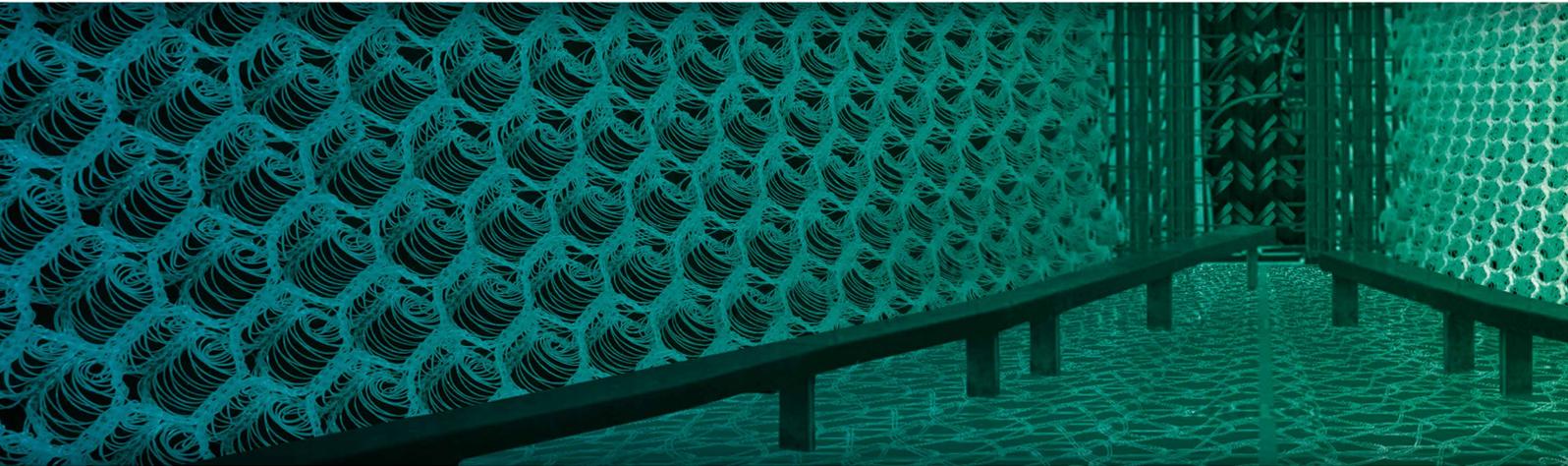
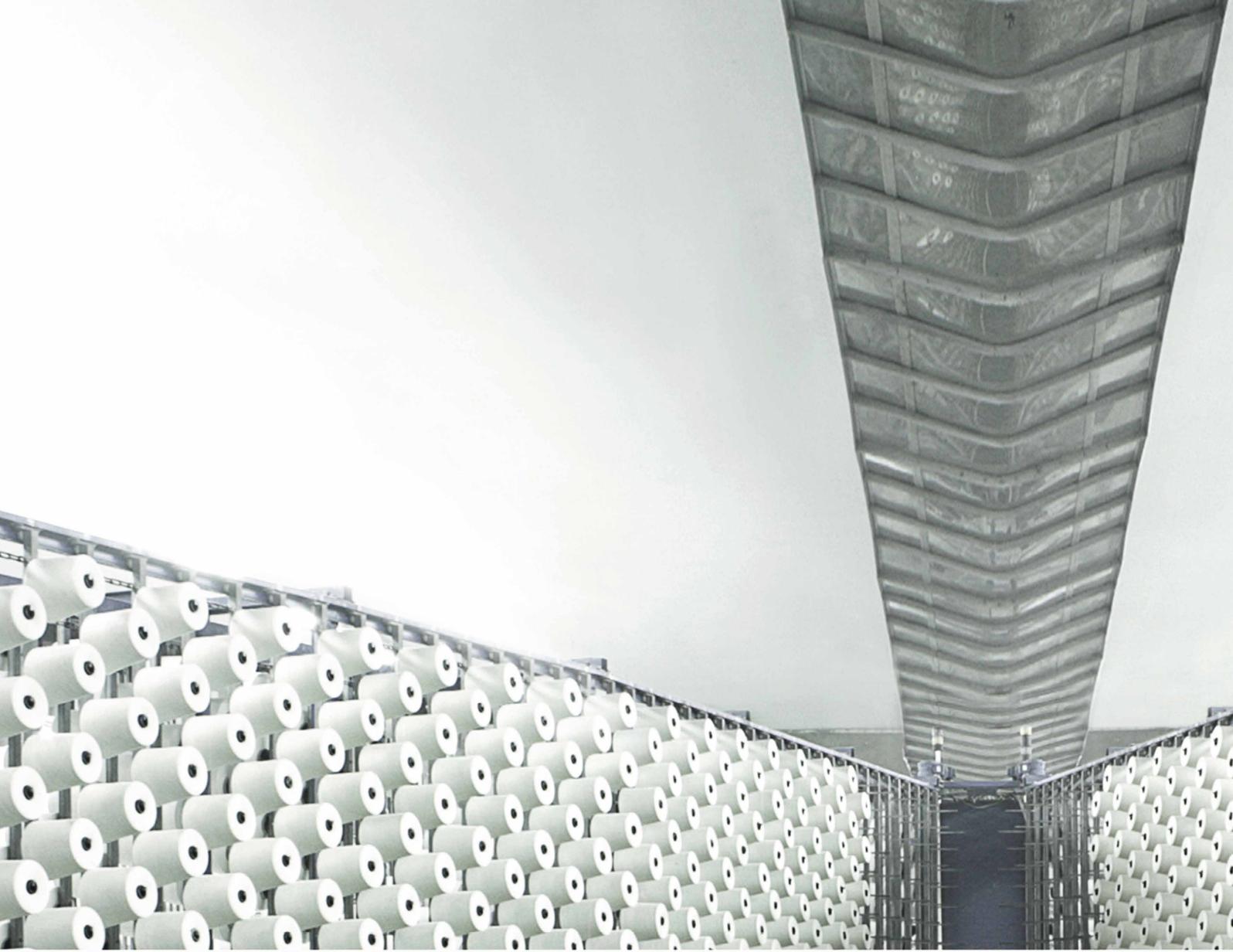
## NextSpin: Cellulosefilamente mit variablen Querschnittsformen

Etwa 3.2 Mio. Tonnen Mikroplastik gelangen pro Jahr in die Umwelt, etwa 1.5 Mio. Tonnen davon in die Ozeane. 35 % davon entfallen dabei auf synthetische Textilien. Als Alternative zu synthetischen Kunststofffasern kommen bisher nur begrenzt technische Fasern auf Cellulose-Basis zum Einsatz. Diese sind zu 100 % biologisch abbaubar und innerhalb von zwei Monaten in Kläranlagen abgebaut. Der Abbau von synthetischen Kunststoffen innerhalb derselben Zeit findet praktisch nicht statt.

Das Ziel des KMU-innovativ Projektes „NextSpin“ war es, Cellulosefasern mit beliebigen Querschnitten herzustellen. Es wurden hierbei zwei neuartige technologische Verfahren kombiniert. Mit Hilfe eines UltrakurzpulsLasers (UKP-Laser) wurden Spinndüsen mit kleineren Bohrlöchern sowie größerer Geometriefreiheit hergestellt. Gleichzeitig wurden ionische Flüssigkeiten (IL) als Direktlösemittel für die Biopolymere (Cellulose) im HighPerCell® Spinnprozess eingesetzt. Erstmals konnten so profilierte, umweltverträgliche, technische Cellulosefasern als Ersatz für Kunststofffasern für den textilen als auch technischen Einsatz, beispielsweise in Filtrationsmedien, hergestellt werden.



Trilobale Geometrien mit unterschiedlichen Schenkellängen und -breiten. Breite der Geometrie variiert von a) 70 µm, b) 35 µm bis c) 50 µm





# PRODUKTIONS- TECHNOLOGIEN

*Digitalisierung, Modellierung und Simulation – wichtige Tools für die Entwicklung intelligenter Produktionstechnologien über die gesamte textile Wertschöpfungskette.*



- > Intelligente Prozessleitsysteme
- > Digitale Technologien für die Industrie 4.0
- > Microfactories für die digital vernetzte Produktion
- > Textilfunktionalisierung mit modernen Technologien
- > Systeme für die Mensch-Maschine-Interaktion
- > Modellierung und Simulation von Prozessen als Basis für effektive Prozessoptimierung
- > Neue Verfahren zur Herstellung gedruckter Sensoren und Aktuatoren auf Textil

## Produktionstechnologien

Die DITF sind der führende Partner für die Industrie in den Bereichen der textilen Verfahrenstechnik und der Textil- und Faserchemie. Aber auch für nichttextile Unternehmen, die die Vorteile von faserbasierten Werkstoffen in neuen Anwendungsfeldern sehen, sind wir der bevorzugte Entwicklungspartner. Die Produktionstechnologien sind der größte Forschungsbereich in den Anwendungsfeldern der DITF. Aktuelle Forschungsschwerpunkte ergeben sich aus dem technologischen Wandel durch Digitalisierung und Künstliche Intelligenz sowie durch die globalen Herausforderungen in den Bereichen Klimaschutz, Energie- und Ressourceneffizienz.

### Technologien und Prozesse für die Kreislaufwirtschaft

Unter der Maßgabe der Bioökonomie und der Energiekrise werden zunehmend nachhaltige, umwelt- und ressourcenschonende Produktionstechnologien entwickelt. Begriffe und Handlungsweisen wie Recycling oder Cradle to Grave werden durch die Forderung nach einer wiederholten Kreislauffähigkeit der textilen Produkte ersetzt. Zudem erzwingen die weltweit gestörten Lieferketten ein möglichst regionales Sourcing der (kreislaufgeführten) Ausgangsprodukte, einhergehend mit der Reduzierung der Transportwege. Die Roh- und Wertstoffe sollen im Land bleiben und auch dort verarbeitet werden. Dazu müssen Aufbereitungs- und Recyclingtechnologien sowie neue Materialien entwickelt werden. Neue Verfahrenstechnologien sind notwendig, welche den letzten Schritt vom End of Life Produkt zur verspinnbaren Faser in der Kreislaufwirtschaftskette schließen

Carbonfasern weisen einen hohen CO<sub>2</sub>-Abdruck auf, so dass Fragen zur Umweltverträglichkeit gestellt werden. Um die hervorragenden Eigenschaften weiterhin im breiten Umfang nutzen zu können, müssen Entwicklungen im Bereich biobasierte C-Faser und energiereduzierte Herstellung sowie entsprechende Recyclingtechnologien und -prozesse entwickelt werden.

### Digitale Transformation über die gesamte Produktionskette

Die Digitalisierung – zusammen mit der Automatisierung – wird zum Game Changer in der Industrie, um die Herausforderungen an Leistung, Produktivität, Flexibilität und Nachhaltigkeit zu bewältigen. Ziel ist die nahtlose Integration der Wertschöpfungskette vom Design über die Produktion und den Service bis hin zum Recycling. Als Schlüsselkonzept für Industrie 4.0 und effektives Tool für eine schnelle Produkteinführung, flexible Fertigung und datengesteuerte Leistungsoptimierung gilt der Digitale Zwilling. Optimierungen in der Sensorik werden nochmalige Steigerungen in der Prozesssicherheit und Energieeinsparung möglich machen.

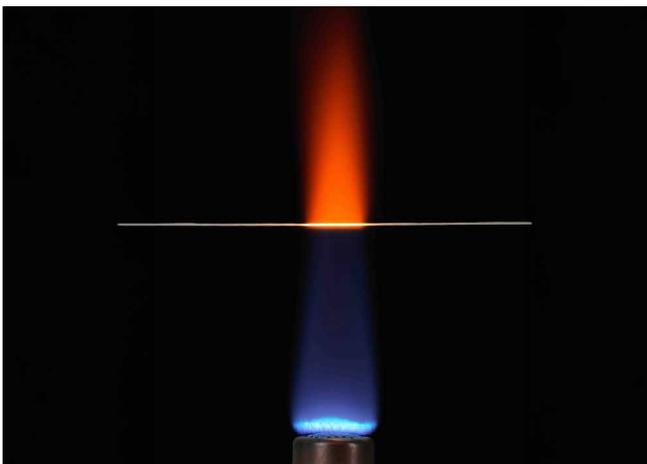
In der Produktion wird die Mensch-Maschine-Interaktion und Kollaboration weiter zunehmen. Machine Learning und KI unterstützen die Prozessoptimierung, Produktionsanalyse und Überwachung. KI kann Ausfallzeiten von Maschinen und Ausrüstungen vorhersagen, indem fortlaufend Daten von Sensoren und anderen Quellen analysiert und daraus Prognosen erstellt werden. Damit kann die KI wichtige Prozesse in Echtzeit überwachen und automatisch entsprechende Steuerungs-Aktionen ausführen.

### Anwendungsorientierte Forschung auf 25.000 m<sup>2</sup> Fläche

An den DITF stehen auf einer Fläche von 25.000 m<sup>2</sup> industrielle Produktionstechnologien zur Verfügung, welche für Kundenanforderungen genutzt, modifiziert bzw. weiterentwickelt werden. Produktionsverfahren für die Herstellung von faserbasierten Kompositen, 3D-Textilstrukturen, digital gedruckten Textilstrukturen, Hochleistungsfasern etc. sind unter einem Dach vorhanden. Der Maschinenpark ermöglicht Null- und Kleinserienfertigung nahe an der industriellen Realität. In verschiedensten Projekten werden Anlagen-Prototypen entwickelt, konstruiert und in Betrieb genommen.

## DITF Pilotanlage: Weiterentwicklung der Keramikfaser- technologie

In Zusammenarbeit mit der französischen Firma Saint-Gobain (Geschäftseinheit Advanced Ceramic Composites) wird die Pilotline zur Herstellung von oxidkeramischen Fasern an den DITF weiter optimiert. Ziel ist es, ideale Voraussetzungen für eine industrielle Herstellung von Aluminiumoxid- und Mullitfasern zu schaffen. Der komplexe, mehrstufige Herstellungsprozess von Keramikfasern, der sich in die Herstellung einer geeigneten Spinnmasse, einen Trockenspinprozess und eine Kalzinierung und Sinterung gliedert, muss so gestaltet werden, dass mit minimalem Energiebedarf reproduzierbar hochwertige Fasern in hoher Produktivität erzeugt werden können.



Thermostabile Keramikfasern

Dafür wird sehr detailliert der Einfluss einzelner Prozessparameter auf die Strukturbildung und auf die Endeigenschaften der Fasern untersucht. Neben den eigenen Arbeiten an den DITF besteht dazu über Saint-Gobain auch eine Kooperation mit einem Forscherteam der Universität PSL, Mines Paris, Centre des Matériaux (MAT). Zur weiteren Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Fasern werden dort zum Beispiel mögliche bruchauslösende Fehlstellen detektiert und Bruchmechanismen analysiert.

Neben der Durchführung von prozessbegleitenden, grundlegenden Untersuchungen wurde auch in die technische Ausstattung investiert. Ein neu beschaffter horizontaler Rohrofen, der bei Temperaturen bis 1600°C betrieben werden kann, ergänzt nun den vorhandenen Sinterofen. Dadurch besteht die Möglichkeit, den Sinterprozess bezüglich des Einflusses der Verweildauer und Temperatur auf die Endfestigkeit der Fasern noch besser zu studieren.

## FlexiRing

Die Faserverbundtechnik ermöglicht durch gezielten Einsatz von Fasern und Matrix in einem Verbundbauteil eine hohe Festigkeit und Steifigkeit bei einem geringen Gewicht. In der Luft- und Raumfahrt werden Faserverbundkunststoffe (FVK) seit langem verwendet, auch im Automobilbau, Maschinenbau, Bauwesen und Sportgerätebau werden zunehmend FVK eingesetzt – mit weiterhin hervorragenden wirtschaftlichen Aussichten. Die Flechttechnik ist zur Herstellung von Faserverbundwerkstoffen ein zunehmend verbreiteter Prozess, der mit unterschiedlichen Verfahren umgesetzt wird.

Beim Flechten im Direktverfahren führt ein Roboter einen Formkern durch den Flechtring der Flechtmaschine hindurch. Durch mehrmaliges Umflechten des Kerns wird die Preform direkt auf dem Kern in der endgültigen Form hergestellt. Dieses robotergestützte, direkte Umflechten eines Kerns ist ein verbreiteter und effizienter Prozess zur Herstellung komplexer Preforms. Für bestmögliche Bauteileigenschaften müssen die Fasern in diesem Prozess direkt am Kern anliegen und so die Form des Kerns ideal abbilden. Für das optimale Anpassen des Geflechts an die Geometrie des Flechtkerns sind eine präzise Führung des Kerns durch den Flechtring sowie ein möglichst geringer und regelmäßiger Abstand von Flechtring zu Kern entscheidend. Wechselnde und komplexe Kerngeometrien als auch verzweigte Bauteile können mit dem im Projekt entwickelten, aus sechs Segmenten bestehenden, sich der Kontur anpassenden Flechtring, dem FlexiRing, umflochten werden. Damit kann der Flechtprozess noch weiter in seiner Wirtschaftlichkeit vorangebracht und weiter im Leichtbau etabliert werden.



Radialflechtmaschine mit installiertem FlexiRing

## Digitale Zwillinge und KI an der Schnittstelle zwischen Entwicklung und Produktion

Die Entwicklung von Textilprodukten ist mit hohem Material-, Zeit-, Personal- und Kostenaufwand verbunden. Bisher ist der Entwicklungsprozess geprägt von einer empirischen Vorgehensweise, die auf dem Know-how langjähriger Fachkräfte beruht. Aufgrund der Altersstruktur der Beschäftigten in der Textilbranche und des allgemeinen Fachkräftemangels ist der langfristige Wissenstransfer gefährdet. Das Expertenwissen ist häufig kaum dokumentiert und damit auch nicht jederzeit abruf- und reproduzierbar. Dies gilt insbesondere für die Entwicklung und Herstellung textiler Produkte mit langen Produktlebenszyklen, komplexen Herstellungsprozessen oder kostenintensiven Rohstoffen bzw. Halbzeugen. Die Herausforderung besteht darin, die konstante Produktqualität über viele Produktionschargen mit variierenden Rohstoffqualitäten hinweg zu gewährleisten. Gleichzeitig wird von allen Stakeholdern ressourcenschonendes Wirtschaften erwartet.

### Digitale Zwillinge aggregieren das Wissen im Unternehmen

In mehreren nationalen (z. B. IGF-Nr. 22002 N) und regionalen (z. B. BAW WM33-42-47/149/6) Verbundprojekten erarbeitet das Zentrum für Management Research digitale Material- und Prozesszwillinge, mit deren Hilfe Informationen über die Prozesse, Materialien und Produkte aggregiert werden. Die Modellerstellung bietet zum einen eine Plattform für Diskussionen und ein gemeinsames Verständnis in den Unternehmen und trägt somit zum Wissenstransfer in die nächste Fachkräftegeneration bei. Zum anderen bilden die digitalen Zwillinge mit ihren konsequent erfassten Informationen die ideale Grundlage, um mit Hilfe von KI Erkenntnisse für Entwicklung und Produktion zu gewinnen. Hierzu zählen unter anderem die schnelle Stabilisierung von Prozessen, die Optimierung der Einstellungen bei komplexen mehrstufigen Prozessen oder der Einsatz recycelter Materialien mit schwankenden Qualitäten.



## Inbetriebnahme des neuen Spinntechnikums

Die DITF haben mit Unterstützung des Landes Baden-Württemberg ihr Schmelzspinntechnikum modernisiert und durch eine Bikomponenten-Spinnanlage der Firma Oerlikon Neumag maßgeblich erweitert. Die neue Anlage ermöglicht Forschung an neuen Spinnverfahren, an nachhaltigen Fasern aus bioabbaubaren und biobasierten Polymeren und an Faser-Funktionalisierungen. Um die Umwelt und Ressourcen zu schützen, sollen zukünftig einerseits mehr biobasierte Fasern eingesetzt werden und andererseits die Fasern nach der Nutzung besser recycelt werden können. Für diese Zukunftsaufgaben bietet das modernisierte Spinntechnikum nun ideale Bedingungen.



Bikomponenten-BCF-Spinnanlage der Firma Oerlikon Neumag

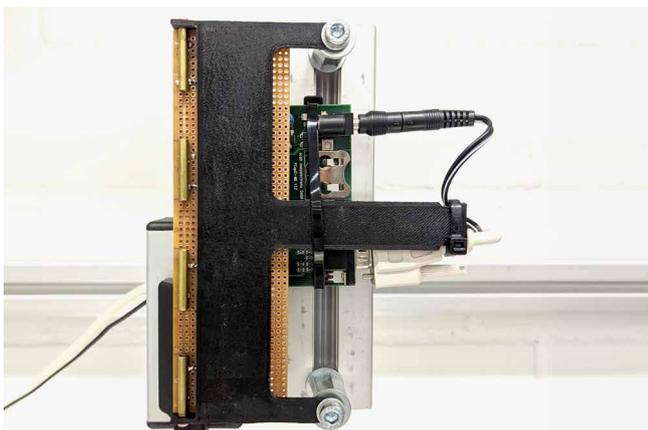
Die neue Bikomponenten-Spinnanlage wurde in einer industriellen Größenordnung aufgebaut und in Betrieb genommen. Das BCF-Verfahren (bulk continuous filaments) erlaubt eine spezielle Bündelung, Aufbauschung und Verarbeitung der (Multifilament-) Fasern. Dieses Verfahren ermöglicht die großskalige Synthese von Teppichgarnen sowie die Stapelfaserproduktion, ein Alleinstellungsmerkmal in einem öffentlichen Forschungsinstitut. Ergänzt wird die Anlage durch ein sogenanntes Spinline-Rheometer. Damit können eine Reihe an messspezifischen chemischen und physikalischen Daten online und inline erfasst werden, was zum erweiterten Verständnis der Faserbildung beitragen wird. Außerdem wird ein neuer Compounder für die Entwicklung von funktionalisierten Polymeren und für das energiesparende thermomechanische Recycling von Textilabfällen eingesetzt.

Das neue Schmelzspinntechnikum bietet an den DITF ein hochmodernes und bestens ausgestattetes Umfeld für die Entwicklung und Anwendung neuer Materialien und Chemiefasern.

## Kontaktloser Fadensensor zur Qualitätskontrolle von Sensorgarnen

Der CRC-Sensor basiert auf einem neuen, berührungslosen und kostengünstigen Sensorprinzip, das Fehler in den leitfähigen Eigenschaften von laufenden Garnen während der Produktion erkennen kann. Der potenzielle Nutzerkreis erstreckt sich von Garnherstellern über Hersteller von textilen Flächengebilden bis hin zu Herstellern von Smart Textiles.

Eine sichere Erkennung von Fehlern der leitfähigen Eigenschaften ermöglicht die Anwendung flexibler Fertigungsprozesse und damit auch die Herstellung individualisierter Produkte. Dies ist für viele smarte Produkte eine Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Marktzugang und eine kostengünstige Produktion. Hierfür wird eine sehr hohe Prozesseffizienz mit niedrigen Fehlerquoten benötigt. Bei E-Textiles ist dies besonders wichtig, da Prozessfehler in Bezug auf die elektronischen Eigenschaften bisher nur durch aufwendige Kontrollen nach den einzelnen Produktionsschritten erkannt werden konnten. Der erhöhte und unflexible Kontrollaufwand ist ein wesentlicher Preistreiber.



CRC-Sensor zur Fehlererkennung während der Produktion

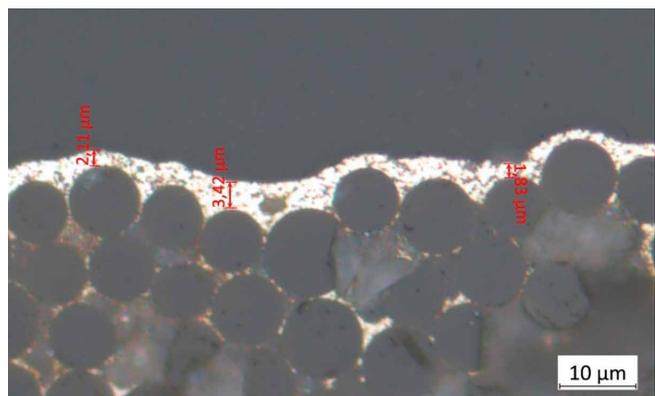
Fehler in Bezug auf die intelligenten Zusatzfunktionen werden heute typischerweise erst am Ende der Wertschöpfungskette erkannt. Mit dem neuen CRC-Sensorprinzip wird es für KMU möglich, fehlerhafte Teile bezüglich der elektrischen Eigenschaften sofort zu erkennen und frühzeitig in der Prozesskette ohne zusätzlichen Aufwand auszusortieren. Dies wird die Qualität deutlich verbessern und die Herstellungskosten von intelligenten Textilien senken. Das Messprinzip erhielt auf der Advanced Textile EXPO in Orlando den Show Stopper Award in der Kategorie „Geräte und Werkzeuge“.

## Hochleitfähige Tinten und Laserverfahren zu deren Sinterung

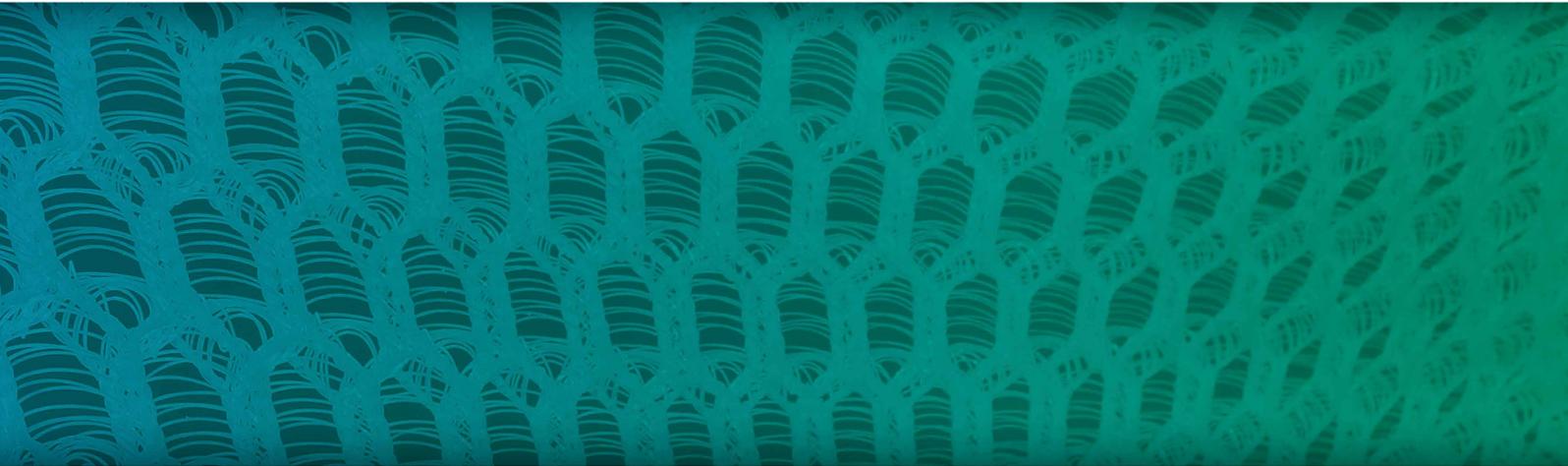
Textilien mit integrierter Elektronik stellen einen rasant wachsenden Markt dar. Nach wie vor ist deren Herstellung in den meisten Fällen noch immer sehr aufwendig und kostenintensiv. Dabei könnten drucktechnische Fertigungsverfahren grundsätzlich zu einer Vereinfachung der Prozesse und einer Kostensenkung führen. Gefordert sind niederohmige Leiterbahnen und Kontaktierungen, die zudem hohe Biegebeständigkeiten aufweisen.

### Lasersinterung gedruckter Strukturen

Im Rahmen des Projektes „DruLas“ wurden elektrisch leitfähige Tinten auf Basis von Kupfer und Silber untersucht und entsprechende Formulierungen entwickelt, die mittels digitaler Druckverfahren (Inkjet, Chromojet und Dispenser) auf textile Materialien appliziert werden können und den elektrischen Strom leiten. Durch eine spezielle Vorbehandlung wurde ein Oberflächendruck erreicht, der für die Ausbildung einer metallischen und leitfähigen Schicht bei der Sinterung von entscheidender Bedeutung ist. Die Applikation der Vorbehandlung ist mittels Foulard oder Digitaldruck möglich. Durch die Sinterung mit Laserstrahlen konnten so besonders niederohmige Drucke erhalten werden ( $R \ll 1 \text{ Ohm/sqr}$ ). Die erzeugten elektrisch leitfähigen Schichten überstehen mehr als 10.000 Biegebeanspruchungen. Entgegen dem ursprünglich geplanten Kombigerät aus Digitaldrucker und Lasergerät hat es sich aufgrund von Synchronisierungsproblemen als praktikabler erwiesen, die Druckapplikation und die Laserbehandlung nicht in einem Gerät zu vereinen. Vorteilhafter ist eine dem Druckprozess nachgeschaltete Sinterung mittels eines CNC gesteuerten Lasers. Geeignete Parameter für die Druckapplikation und die Laserbehandlung wurden entwickelt.



Querschnitt eines mit Laser behandelten elektrisch leitfähigen Drucks





# BEKLEIDUNG UND HEIMTEXTILIEN

*Neu- und Weiterentwicklung von textilen Materialien und Verfahren.  
Für mehr Komfort, Funktionalität und Nachhaltigkeit.*

- > Neue Fasern und Technologien zur Verbesserung mechanischer, haptischer, optischer oder akustischer Eigenschaften
- > Antibakterielle und antivirale Ausrüstungen
- > Entwicklung fluorfreier und formaldehydfreier Ausrüstungsverfahren
- > Entwicklung hocheffizienter halogenfreier Flammenschutz-ausrüstungen und -beschichtungen
- > Ausrüstung über physikalische Verfahren (UV, ESH, Plasma)
- > Innovative carrierfreie Färbefahren für Hochleistungsfasern
- > Neue Farbgebungssysteme für die NIR-Tarnung
- > Textilien mit selektiver Remission oder Reflexion von Wärme- und IR-Strahlung
- > Kompressive Sporttextilien
- > Beschichtete Textilien, Membranen und Lamine für Komfort und Sicherheit
- > Textilien für Kunst und Tageslichtanwendungen
- > Sensorische und aktuatorische Textilien durch Integration bzw. Aufdrucken von Schaltelementen sowie fluoreszierende oder elektrolumineszierende Farbstoffe und Pigmente
- > Digitale Farbgebung und Funktionalisierung von Textilien
- > Verfahren zur Signierung von Textilien zur Nachverfolgbarkeit und Vermeidung von Produktpiraterie
- > Virtuelle Produktentwicklungs- und Retailerfeedbackprozesse in der Bekleidungsindustrie

## Bekleidung und Heimtextilien

### Weg von „Fast Fashion“ hin zu nachhaltiger Produktion

Die Verabschiedung des „Green Deal“ durch die EU-Kommission im März 2022 und die darin enthaltene Öko-designverordnung hat auf große Teile der Textilindustrie gravierende Auswirkungen. Ziel der EU ist eine Klimaneutralität bis 2045. Dazu ist ein radikales Umdenken von „Fast Fashion“ hin zu nachhaltiger Produktion notwendig. Hersteller von Fasern und Textilien werden zum Umdenken gezwungen. Schlagworte wie „Kreislaufwirtschaft“, „Sustainability“ oder „Life Cycle Assessment“ gehören in der Textilwirtschaft heute zum täglichen Wortgebrauch. Bestehende Produkte mit mangelhafter Recyclingfähigkeit, schlechtem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck oder mit Potenzial zur langfristigen Akkumulation in der Umwelt müssen künftig durch nachhaltige Alternativen ersetzt werden. Bereits beim Produktdesign ist hierauf zu achten. Ein Schwerpunkt der Forschung an den DITF liegt demzufolge auf biobasierten Polymeren für Fasermaterialien und Beschichtungen. Die Herstellung möglichst sortenreiner Textilien und Textilverbunde erleichtert das Recycling ganz wesentlich beziehungsweise macht dieses überhaupt erst möglich.

### Textilrecycling und Kreislaufwirtschaft

Wie die ITMA 2023 in Mailand zeigte, ist das Thema „Textilrecycling“ das derzeit dominierende Thema in der Branche. Die damit verbundenen Herausforderungen wurden und werden an den DITF aktuell in mehreren Forschungsprojekten aufgegriffen. Im Bekleidungsbereich sind hierzu im Besonderen drei EU-Projekte zu nennen, die verschiedene Lösungsansätze verfolgen. So wird im Projekt „Herewear“ versucht, Cellulose aus verschiedenen Rohstoffquellen wie zum Beispiel Stroh für die Fasergewinnung nutzbar zu machen (siehe nachfolgenden Beitrag zum Projekt). Basis hierfür ist die an den DITF entwickelte „HighPerCell“-Technologie. Im Projekt „Solstice“ ist die Aufgabe der DITF, ein neues Verfahren zum Recycling von Polyamiden und insbesondere Aramiden zu entwickeln. Die involvierten Firmen bilden dabei

die komplette Prozesskette ab. Das Projekt „FiberLoop“ konzentriert sich auf die Kreislaufschließung bestimmter Verarbeitungsprozesse und Lieferketten. Eine große Herausforderung wird es sein, validierte analytische Verfahren zur Bestimmung von Recyclatfaseranteilen in Textilien auszuarbeiten und der Industrie an die Hand zu geben.

### Digitales Engineering und Transparenz in Lieferketten

Regulatorische Veränderungen – wie Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz oder Greenwashing – fordern die Industrie. Es müssen fundamentale Veränderungen stattfinden, die u. a. durch regionale Entwicklungs- und Liefernetzwerke gelingen können. Hierzu ist eine voll vernetzte, integrierte Kette für ein On-Demand Netzwerk notwendig, das digitale Technologien nutzt und eine am Bedarf orientierte, individualisierte Produktion erlaubt. Gleichzeitig müssen diese Ketten transparent sein und hinsichtlich Carbon-Footprint und in zunehmendem Maße auch hinsichtlich des Wasserverbrauchs Auskunft geben. Die DITF zeigen in einem Multifunktionslabor die Möglichkeiten der Digitalisierung auf und weisen den Weg für maßgeschneiderte Unternehmenslösungen. Hierbei ist ein zentraler Fokus die Modellierung einzelner Stufen aber auch Lieferketten hinsichtlich ökologischer Aspekte. Das durchgängige Digitale Engineering vom Design bis zum Produkt ist dabei nicht nur aus technischer Perspektive ein Meilenstein im digitalen Wandel. Vollintegrierte, hoch automatisierte digitale Prozessketten machen auch ganz neue Geschäftsmodelle interessant. Als kompakte Microfactories für die regionale oder urbane Produktion von Kleinserien oder maßgefertigten, individualisierten Einzelstücken adressieren sie aktuelle Markttrends.

## Flexidress aus strohbasieren Cellulosefilamenten

Das HEREWEAR-Projekt zielt auf die Schaffung einer europäischen Kreislaufwirtschaft für lokal produzierte Textilien und Bekleidung aus biobasierten Ressourcen ab.

Das prämierte Flexidress zeigt die erfolgreiche Zusammenarbeit der beteiligten Projektpartner: Forscher am TNO (Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung) stellten nachhaltig erzeugten Zellstoff aus Stroh zur Verfügung. Die Herstellung der Cellulosefilamente nach der HighPerCell® Technologie erfolgte in den Spinn- und Färbetechniken der DITF. Gleichzeitig entwarfen die Designerinnen des Modelabels Vretna das Design für das flexible, zweiteilige Kleid, welches ohne Zuschnittabfälle formgestrickt werden kann. Die Gestrickherstellung und die Konfektion des Kleides erfolgte durch Textilingenieure und -techniker der DITF im Technikum der Institute.



Vom Stroh zu nachhaltigen Flexidress

Ergänzend wurde am Zentrum für Management Research der DITF die „Value Chain“ auf Basis von vernetzten Digital Textile Microfactories und „Digital Twins“ für die digitale Rückverfolgung der Produktionsprozesse erstellt und pilotiert.

Ergebnis ist nachhaltige Bekleidung, hergestellt in einem lokalen Kreislauf, aus biobasierten Rohmaterialien, ohne Abfälle und Reste wieder in Sekundärrohstoff überführbar, und digital verfolgbar.

## Rundgestrickte Drucksensoren

Die DITF und der Maschenwarenhersteller roma-Strickstoff-Fabrik Rolf Mayer GmbH & Co. KG konnten die Vorteile der Rundstricktechnologie, wie Biegeelastizität, dimensionale Verformbarkeit, angenehme Haptik und vielfältige optische Gestaltungsmöglichkeiten mit der Funktionalität eines Kraftsensors verknüpfen. Im Rahmen eines ZIM Vorhabens konnten unter Einsatz der Computertomographie zuverlässige Sensorstrukturen entwickelt, bewertet und umgesetzt werden. Es wurde die Grundlage geschaffen, um gestrickte Sensoren zu simulieren und optimieren zu können. Das Ergebnis sind Rundgestricke mit einer zuverlässigen Sensorfunktionalität bei gleichzeitig guter Haptik. Die Größe, Anzahl und Position der Sensoren können je nach Anforderung der Anwendung angepasst werden.

### Praxistest: Drucksensorischer Stuhl

Zur Funktionsdemonstration wurde das Sensorgestrick in einen Bürostuhl mit je 4 Sensorflächen in der Rückenlehne und im Sitzbereich integriert und anschließend mit dem Bezugsstoff überzogen. Die textilbasierten Sensoren sind an einen Mikrocontroller mit Bluetooth-Modul auf der Stuhllunterseite angeschlossen. Es wurde eine Software entwickelt, mit der die Sitzbelegung und die Sitzposition ermittelt werden kann. Eine steigende Druckbelastung wird als Farbwechsel von grün nach rot auf einem Tablet über eine App mit grafischer Darstellung des Stuhls und der Sensoren visualisiert. Der Demonstrator verdeutlicht die Funktionsweise und das Anwendungspotenzial der neuen innovativen Rundstricksensoren für die Industrie.

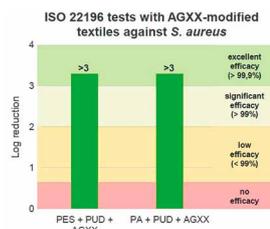


Drucksensorischer Stuhl

## Antibakterielle Fasern und Beschichtungen mit AGXX-Partikeln

Allein in Deutschland erkranken jährlich 400.000 bis 600.000 Patienten an Krankenhausinfektionen. Vor diesem Hintergrund spielt die Verwendung antimikrobiell funktionalisierter Kleidung durch Krankenhaus- oder Pflegepersonal eine wichtige Rolle für die Minimierung der Verbreitung von Bakterien und Viren.

Der Wirkmechanismus von AGXX basiert auf einer katalytischen Redoxreaktion, bei der Feuchtigkeit und Sauerstoff in reaktive Sauerstoffspezies (ROS) umgewandelt werden, die schließlich die Mikroorganismen abtöten.



Mit 0,66 Gew.-% AGXX ausgerüstetes Polyester/Lyocell-Gewebe (links); antimikrobielle Wirksamkeit von AGXX am Beispiel von Polyester- und Polyamidgeweben (rechts)

Die Wirksamkeit von AGXX wurde bereits gegen mehr als 130 verschiedene Mikroorganismen nachgewiesen, darunter auch Keime mit Mehrfachresistenzen gegen Antibiotika oder gegen herkömmliche Silberauslaugungstechnologien. Da die katalytische AGXX-Technologie weder auf der Auslaugung von Metallionen noch auf der Freisetzung von umweltschädlichen Stoffen beruht, verbraucht sie sich nicht im Laufe der Zeit und hat eine langanhaltende Wirkung.

Die DITF arbeiten zusammen mit der Firma Heraeus an der Einarbeitung von AGXX in medizinische Textilien in Form von Faserzusätzen und Oberflächenbeschichtungen. Die Tests zeigen, dass AGXX in Fasern und Textilbeschichtungen eine hervorragende antimikrobielle Wirkung hat. Derzeit werden erweiterte Labortests zur Wirkung, Beständigkeit und zu den Gebrauchseigenschaften durchgeführt.

Die wirtschaftliche Verwertbarkeit zielt auf die Etablierung und Ausweitung des Einsatzes von AGXX-Partikeln in alltäglichen, beruflichen und medizinischen Anwendungen. Neben der hier angestrebten Anwendung für Berufskleidung von Kranken- und Pflegepersonal wird das Potenzial zur Adaption an andere Anwendungen als sehr hoch eingeschätzt.

## Eine Sensormatte trainiert Gleichgewicht

Gleichgewichtsübungen stärken die Muskulatur, sie fördern ausbalancierte Bewegungen und beugen dadurch Sturzgefahr vor. Aus diesem Grund wurde eine druck-sensorische Matte an den DITF zur Förderung des Gleichgewichtssinns entwickelt.

In der Matte sind zwei Sensoren in Form von piezoresistiven Vliesstoffen zur Messung der Druckbelastung integriert. Eine Mischung aus sensorischen und nicht sensorischen Fasern wurde verwendet, einerseits um das Gewicht einer erwachsenen Person zu erkennen, andererseits um eine Rückverformung des Materials nach der Druckbelastung zu ermöglichen und somit ein reproduzierbares Signal zu gewährleisten. Zudem weist das Sensormaterial durch seine Faserstruktur eine gute Dauerbelastbarkeit im Vergleich zu Foliensensoren auf.

Diese Textilien fungieren als Steuerung eines in der Matte integrierten Spiels: Sie sind mit zwei LED-Leisten über einen Mikrokontroller verbunden. Die oberste Leiste zeigt mithilfe eines Leuchtsignals die zu erreichende Position an. Das Leuchtsignal der unteren Leiste kann durch Gewichtsverlagerung nach links oder rechts bewegt werden. Sobald die beiden Signale übereinstimmen, muss die Position für 5 Sekunden gehalten werden. Im Erfolgsfall wird eine neue Herausforderung gestellt. Das Spiel endet nach fünf Runden.

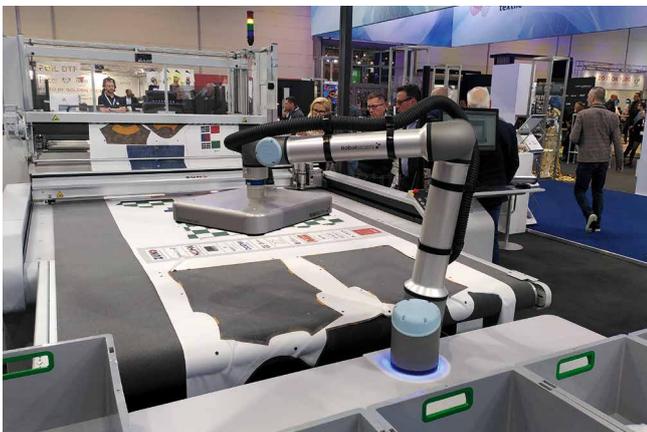


Sensormatte für Gleichgewichtsübungen

In der modernen Gesellschaft nehmen gesundheitliche Schäden durch Bewegungsmangel, ungesunde Körperhaltung oder Fehlbelastungen zu. E-Textiles können Belastungen und Bewegungen analysieren und motivieren uns, auf intuitiv-spielerische Weise, Schäden vorzubeugen.

## Blaupausen zur Konfiguration einer Digitale Textile Microfactory

Eine Digitale Textile Microfactory ermöglicht Design, Entwicklung und Produktion von nachhaltigen Textilien in Kleinmengen, bedarfsorientiert und individualisiert. Die DITF erarbeiten hierfür Konzepte, Blaupausen, Geschäftsmodelle und ermöglichen damit die Realisierung solcher Microfactories.



Digitale Textile Microfactory, ausgestellt auf der drupa

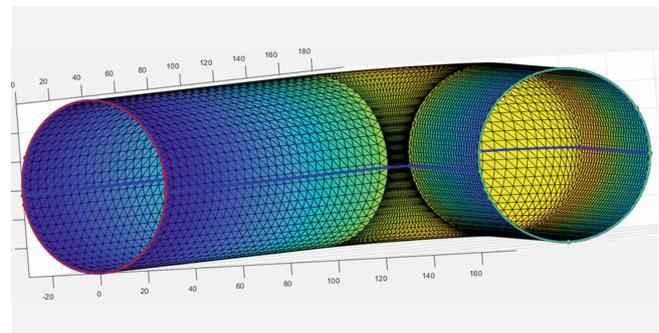
Kernstück ist eine integrierte Produktionslinie mit Design, Textildruck, Zuschnitt und robotergestützter Konfektionsvorbereitung. Das durchgängige digitale Design vernetzt dabei alle Prozessschritte von individuellem Textilmuster und der Konfiguration von Bekleidung inklusive 3D-Simulation und Visualisierung bis zur Erzeugung der Maschinensteuerungsdaten, etwa für farbgetreuen Druck.

Eine solche Microfactory kann eigenständig agieren. Zur Kapazitätsanpassung ist jedoch das Verbinden mehrerer (ähnlicher) Microfactories sinnvoll und einfach zu realisieren. Mittels Digitalisierung und Interoperation der Maschinen sind weitere digital vernetzte Prozessstufen wie Weben, Stricken und Ausrüsten integrierbar. Die einzelnen Komponenten einer Microfactory (Maschinen, Anlagen und Software) werden von führenden Unternehmen kommerziell angeboten. Die DITF unterstützen bei Auswahl und Konfiguration. Dazu hat das Zentrum für Management (MR) der DITF eine projektorientierte Vorgehensweise entwickelt. Kernelemente sind Blaupausen des Master-Diagrammes und des Geschäftsmodells. Die Entwicklung und erste Validierungen erfolgten im Rahmen des EU-Projektes HEREWEAR (<https://herewear.eu/>). Zur Weiterentwicklung im Sinne der Transformation zur Kreislaufwirtschaft arbeitet MR an der Integration weiterer Prozesse.

## Addknit: Vom 3D-Scan zum Gestrick

Im Rahmen des IGF-Forschungsprojekts Addknit haben die DITF ein Vorgehensmodell zur Entwicklung individualisierter Gestricke erstellt, das alle Schritte von der Anforderungsdefinition zum gestrickten Produkt abdeckt. Das Anforderungsprofil umfasst alle zur Charakterisierung des fertigen Produkts notwendigen Eigenschaften. Zur Umsetzung wird eine Aufteilung in physikalische Eigenschaften der Fläche und Eigenschaften des 3D-Modells vorgenommen.

Die Flächeneigenschaften werden durch Auswahl von Materialmischung und Bindung berücksichtigt. Die Maschengröße hängt von Material und Bindung ab und wird im Vorgehensmodell durch Materialtests bestimmt. Aus einem 3D-Modell berechnet der durch die DITF entwickelte Matlab-Algorithmus ein Strickjacquard, für den die Maschengröße der wesentliche Parameter ist. Die Ausgangsbasis für die 3D-Modelle können gescannte oder CAD-generierte 3D-Modelle sein, die zunächst auf die zu strickende Oberfläche reduziert und gegebenenfalls angepasst werden.



3D-Modell visualisiert in der Addknit-Software

Das so erzeugte Strickjacquard kann mit Software-Interpretern verschiedener Maschinenhersteller zu Strickprogrammen umgewandelt werden. Hierfür wird einmalig für jede Strickoperation ein Symbol bzw. eine Farbe im Strickalgorithmus definiert und im Interpreter entsprechend angelegt. Das Strickprogramm wird auf die Flachstrickmaschine geladen und mit der passenden Garnbestückung abgestrickt.

Das Strick-Produkt wird nach den Vorgaben im Anforderungsprofil ausgerüstet und die Passgenauigkeit des Produkts zum Ausgangs-3D-Modell überprüft. Hierfür können optische Verfahren, wie vergleichende 3D-Scans eingesetzt werden.

# DITF-GREMIEN

Die DITF – gegründet 1921 – sind eine gemeinnützige Forschungseinrichtung in der Rechtsform einer Stiftung des öffentlichen Rechts. Sie stehen unter der Aufsicht des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg.

Aufsichtsorgan der DITF ist das Kuratorium. Es berät den Vorstand in Fragen der fachlichen und strukturellen Ausrichtung und umfasst Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft und Wirtschaft und Repräsentanten der Ministerien für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus sowie Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg. Die Wissenschaftlichen Beiräte der Forschungseinrichtungen beraten themenspezifisch direkt die einzelnen Bereiche.

## Vorstand

Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser  
(Vorstandsvorsitzender 2023)  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Michael R. Buchmeiser  
Peter Steiger

## Kuratoriumsausschuss

Dr.-Ing. Oliver Maetschke (Vorsitzender)  
ETTLIN AG, Ettlingen

Edina Brenner  
Südwesttextil e.V., Stuttgart

Sebastian Hoyer (bis 25.05.2023)  
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus  
Baden-Württemberg, Stuttgart

Dr. Wilhelm Rauch  
Industrievereinigung Chemiefaser e.V., Frankfurt/Main

Prof. Peter Schäfer  
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus  
Baden-Württemberg, Stuttgart

Dr. Oliver Staudenmayer  
Freudenberg Filtration Technologies GmbH, Weinheim

## Kuratorium

Dr.-Ing. Oliver Maetschke (Vorsitzender)  
ETTLIN AG, Ettlingen

Prof. Dr.-Ing. Christian Bonten  
Institut für Kunststofftechnik, Universität Stuttgart

Edina Brenner  
Südwesttextil e.V., Stuttgart

Dr. Marina Crnoja-Cosic (ab 05.12.2023)  
Kelheim Fibres GmbH, Kelheim

Johannes Diebel  
Forschungskuratorium Textil e.V.

Prof. Dr. Claus Eisenbach  
Fakultät Chemie, Universität Stuttgart



Dr. Ronald Eiser  
Lindenfarb Textilveredlung Julius Probst GmbH & Co. KG,  
Aalen

Dr. Ronny Feuer  
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst  
Baden-Württemberg, Stuttgart

Dr. Michael Hees (ab 05.12.2023)  
CHT Germany GmbH, Tübingen

Dr.-Ing. Martin Hottner  
W. L. Gore & Associates GmbH, Putzbrunn

Sebastian Hoyer (bis 25.05.2023)  
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus  
Baden-Württemberg, Stuttgart

Eric Jürgens  
Groz-Beckert KG, Albstadt

Dr. Grigorios Kolios  
BASF SE, Ludwigshafen

Dr. Gert Kroner  
Lenzing AG, Lenzing, Österreich

Joan-Dirk Kümpers  
Kümpers Textil GmbH, Rheine

Dr. Harald Lutz (bis 25.05.2023)  
CHT Germany GmbH, Tübingen

Marcus Mayer  
Mayer & Cie GmbH & Co. KG, Albstadt

Christoph Mohr (bis 25.05.2023)  
AMOHR Technische Textilien GmbH, Wuppertal

Walter Pritzkow  
Walter E. C. Pritzkow Spezialkeramik,  
Filderstadt-Sielmingen

Dr. Wilhelm Rauch  
Industrievereinigung Chemiefaser e.V., Frankfurt/Main

Prof. Dr. Holger Reinecke (ab 05.12.2023)  
Aesculap AG, Tuttlingen

Prof. Peter Schäfer (ab 05.12.2023)  
Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus  
Baden-Württemberg, Stuttgart

Stefan Schmidt  
IVGT Industrieverband Veredlung – Garne – Gewebe –  
Technische Textilien, Frankfurt/Main

Dr. Oliver Staudenmayer  
Freudenberg Filtration Technologies GmbH, Weinheim

Roland Stelzer  
Gebr. Elmer & Zweifel GmbH & Co, Bempflingen

Dr.-Ing. habil. Katrin Sternberg  
CeramTec, Plochingen

Dr. Rolf Stöhr  
Textilchemie Dr. Petry GmbH, Reutlingen

Prof. Dr. Jochen Strähle  
Hochschule Reutlingen

Michael Walz (ab 05.12.2023)  
Eschler Textil GmbH, Balingen

Wolfgang Warncke  
Schill & Seilacher GmbH, Böblingen

Dr.-Ing. Stephan Weidner-Bohnenberger  
Rieter Ingolstadt GmbH, Ingolstadt

# VEREIN DER FÖRDERER DER DEUTSCHEN INSTITUTE FÜR TEXTIL- UND FASERFORSCHUNG DENKENDORF E.V.

Der Verein der Förderer der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung unterstützt seit seiner Gründung 1961 die wirtschaftsnahe Forschung und Entwicklung an den DITF. Aktuell engagieren sich 35 Mitglieder aus Industrie und Textilindustrieverbänden in dem Verein. Mit ihren Mitgliedsbeiträgen und Spenden wird der Aufbau neuer Technologien unterstützt und innovative Vorlaufforschung finanziert.

Vorsitzender:  
Andreas Georgii † (bis 29.11.2022)  
71043 Sindelfingen

Eric Jürgens (ab 29.11.2022)  
72458 Albstadt

ADVANSA Marketing GmbH  
59071 Hamm

Aesculap AG  
78532 Tuttlingen

BASF SE  
67056 Ludwigshafen

Campus Reutlingen e.V.  
72762 Reutlingen

Cerdia Services GmbH  
79123 Freiburg

CHT R. Beitlich GmbH & Co.  
72072 Tübingen

Dienes Apparatebau GmbH  
63165 Mühlheim am Main

Freudenberg Filtration Technologies SE & Co. KG  
69465 Weinheim

In den letzten Jahren wurden vorwiegend Einzelmaßnahmen gefördert wie der Ausbau des textilen Prüflabors, Investitionen in eine Vakuum-Heißpresse, eine 3D-Flachstrickmaschine und in Anlagen und Prüfgeräte für die Entwicklung von Hochleistungsfasern. Diese Investitionen in die Infrastruktur der DITF kommen direkt den Unternehmen, insbesondere dem Mittelstand, zugute.

Gesamtverband der Deutschen Maschenindustrie  
70327 Stuttgart

Groz-Beckert KG  
72458 Albstadt

Gütermann GmbH  
79261 Gutach

Huntsman Textile Effects (Germany) GmbH  
86460 Langweid am Lech

Industrieverband Veredlung – Garne – Gewebe –  
Technische Textilien e.V. (IVGT)  
60329 Frankfurt/Main

Industrievereinigung Chemiefaser e.V.  
60329 Frankfurt

ISCO Textilwerk Gebr. Ammann GmbH & Co. KG  
70190 Stuttgart

Joh. Jacob Rieter Stiftung  
8406 Winterthur, Schweiz

KARL MAYER STOLL Textilmaschinenfabrik GmbH  
63179 Obertshausen

KOB GmbH  
67752 Wolfstein



Treten Sie ein!

Kreissparkasse Esslingen-Nürtingen  
73728 Esslingen

Lenzing AG  
4860 Lenzing, Österreich

Mattes & Ammann GmbH & Co. KG  
72469 Meßstetten-Tieringen

Mayer & Cie. GmbH & Co. KG  
72438 Albstadt

Oerlikon Neumag  
24531 Neumünster

Oskar Dilo Maschinenfabrik KG  
69405 Eberbach

Peter Dornier Stiftung  
88131 Lindau

PHP Fibres GmbH  
63784 Obernburg

PLEVA GmbH  
72186 Empfingen

Polymedics Innovations GmbH  
73770 Denkendorf

Schill & Seilacher GmbH  
71032 Böblingen

Südwesttextil e.V.  
70191 Stuttgart

SV Sparkassenversicherung – SV Team Backnang  
71522 Backnang

Textechno Herbert Stein GmbH & Co. KG  
41066 Mönchengladbach

Textilchemie Dr. Petry GmbH  
72770 Reutlingen

Triumph International GmbH  
80335 München

USTER Technologies AG  
8610 Uster, Schweiz

Verband Deutscher Textilfachleute e.V. (VDTF)  
60329 Frankfurt

W. L. Gore & Associates GmbH  
85639 Putzbrunn

Zschimmer & Schwarz GmbH & Co. KG  
56108 Lahnstein

**DITF**  
VEREIN DER FÖRDERER

Der Förderverein ist offen für neue Mitglieder.  
Treten Sie ein!

Fördern Sie die anwendungsorientierte Forschung  
und Entwicklung an den DITF und gestalten Sie die  
textile Zukunft mit!

Kontakt: Peter Steiger, [peter.steiger@ditf.de](mailto:peter.steiger@ditf.de)



## IMPRESSUM

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf

Körschtalstraße 26 | 73770 Denkendorf

Telefon: +49 (0)7 11/93 40-0 | Telefax: +49 (0)7 11/93 40-297

[www.ditf.de](http://www.ditf.de) | [info@ditf.de](mailto:info@ditf.de)

Copyright DITF | Peter Steiger (V.i.S.d.P.), Vorstand DITF

Kennen Sie bereits unseren Newsletter?

Melden Sie sich an und bleiben Sie das ganze Jahr informiert: [www.ditf.de/newsletter](http://www.ditf.de/newsletter)



Deutsche Institute für  
Textil- und Faserforschung  
Denkendorf  
Körschtalstraße 26  
73770 Denkendorf  
Telefon: +49 (0) 711 93 40-0  
[www.ditf.de](http://www.ditf.de)