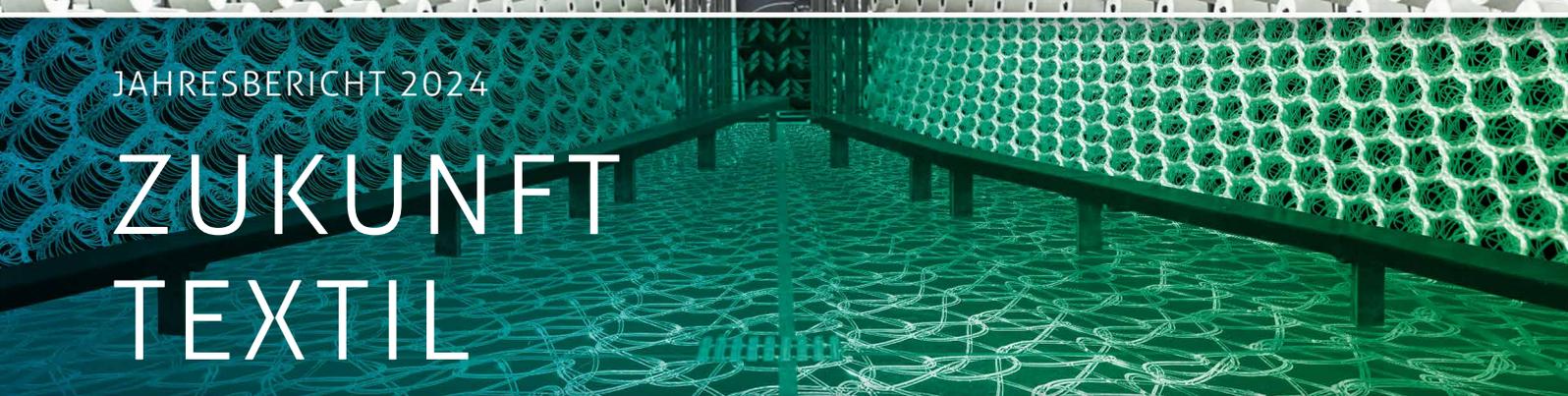




DITF

DEUTSCHE INSTITUTE FÜR  
TEXTIL+FASERFORSCHUNG



JAHRESBERICHT 2024

# 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 2024

# VORWORT

## Liebe Leserin, lieber Leser,

Zukunft Textil – davon zeichnen wir mit diesem Jahresbericht erneut ein Bild. Für das Jahr 2024 präsentieren wir die wissenschaftlichen Highlights aus den wichtigsten Zukunftsfeldern. Entlang der gesamten Produktions- und Wertschöpfungskette von Textilien 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 der Schlüssel für Innovationen in vielen wichtigen Industrien und Hightech-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.

Das Jahr 2024 stand erneut im Zeichen großer technologischer, ökologischer und gesellschaftlicher Veränderungen. Globale Herausforderungen wie der Klimawandel, geopolitische Unsicherheiten sowie der rasante Fortschritt in der Digitalisierung fordern uns heraus und eröffnen zugleich neue Perspektiven für Innovation, Nachhaltigkeit und Transformation. Die Diskussion um den Bundeshaushalt 2025 und die vorläufige Haushaltsführung gaben und geben weitere Fragestellungen auf und erschweren die mittelfristige Planung öffentlicher Forschungsprojekte. Dabei ist gerade in herausfordernden Zeiten die Verlässlichkeit der Politik für den Erhalt der Forschungskapazitäten, zur Versorgung der heimischen Wirtschaft mit neuen Innovationen, unabdingbar.

## Forschung für eine nachhaltige Zukunft

Die Energiekrise und drängende Klimaschutzaspekte setzen Prioritäten für unsere Arbeit und rücken die Themen erneuerbare Energien, Energieeffizienz und Energiespeicherung, effektive Ressourcennutzung, Kreislaufwirtschaft und nachwachsende Rohstoffe in den Fokus unserer Forschung. Faserbasierte Werkstoffe und textile Komponenten avancieren dabei mehr und mehr zu Enabling Technologies und – Dank ihrer spezifischen Eigenschaften – zu wirkungsvollen Problemlösern.

Gleichzeitig setzen wir auch intern unsere Nachhaltigkeitsstrategie fort und arbeiten intensiv daran, unseren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu reduzieren – mit dem Ziel, bis 2030 klimaneutral zu sein. Für dieses Engagement stehen auch die Ernennung eines Nachhaltigkeitsbeauftragten und erste Arbeiten für die Erstellung eines DITF-Nachhaltigkeitsberichts.

## Fokusthema Digitalisierung

Digitale Technologien sind zentrale Treiber für den Fortschritt, die wir in ihrem Potenzial für unsere Forschungsfelder konsequent nutzen – 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 Digital Textile Micro Factory und dem Mittelstand-Digital-Zentrum Smarte Kreisläufe einen wichtigen Beitrag. Digitale Zukunftstechnologien wie KI-Verfahren, Machine Learning oder Neuronale Netze bieten faszinierende Möglichkeiten für textile Innovationen.



Peter Steiger

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

Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser

### Veranstaltungshighlights

2024 richteten die DITF zum dritten Mal die Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference aus – eine der wichtigsten Textiltagungen in Europa. Der renommierte Branchentreff fand mit über 450 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus 25 Ländern in Stuttgart statt. Mit 78 Vorträgen boten die DITF zusammen mit dem DWI Aachen und dem ITM Dresden ein breit gefächertes, hochaktuelles Programm und einen überaus gelungenen Fachkongress.

Nicht für das Fachpublikum, sondern für die breite Öffentlichkeit veranstalteten die DITF nach vielen Jahren einmal wieder einen Tag der offenen Tür. Rund 2.000 Gäste gingen auf Entdeckungsreise durch die Welt der Textilforschung und nahmen Einblick in die Labore und Technika der DITF.

Zukunft Textil – das geht nur gemeinsam. Unser Dank gilt daher allen Partnern, Förderern, Unterstützern und insbesondere unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die mit Fachwissen, Leidenschaft und Engagement zum Gelingen unserer Arbeit beitragen.

Wir wünschen Ihnen eine inspirierende Lektüre!

Herzlichst

Ihr DITF-Vorstand

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

Prof. Dr.-Ing.  
Götz T. Gresser

Peter Steiger

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort . . . . .	4
Inhaltsverzeichnis . . . . .	6
DITF . . . . .	8
Unser Angebot . . . . .	10
Denkendorfer Fasertafel . . . . .	12
DITF Forschungsfelder . . . . .	14
Anwendungsfelder . . . . .	16
Zahlen – Daten – Fakten . . . . .	18
Netzwerke und Kooperationen. . . . .	19
Forschungsprojekte, Trends und Highlights	
Architektur und Bau . . . . .	20
Gesundheit und Pflege . . . . .	26
Mobilität . . . . .	32
Energie, Umwelt und Ressourceneffizienz . . . . .	38
Produktionstechnologien . . . . .	44
Bekleidung und Heimtextilien . . . . .	50
DITF-Gremien . . . . .	56
Verein der Förderer der DITF . . . . .	58
Impressum . . . . .	61

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 230 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 unterstützt 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 Forschungs 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.

Ihr umfassendes Angebot haben die DITF 2024 erweitert und die weithin bekannte Denkendorfer Fasertafel dafür als digitale Wissensplattform umgesetzt. Ausführliche Informationen zu diesem neuen, digitalen Angebot finden Sie auf der nächsten Doppelseite.



# DENKENDORFER FASERTAFEL

2024 umfassend überarbeitet und digital umgesetzt. Relevante Kennwerte der wichtigsten textilen Rohstoffe auf einen Blick.

Die Denkendorfer Fasertafel hat Tradition und ist seit Jahrzehnten in der textilen Welt ein fester Begriff. Aus dem Studium oder der praktischen Anwendung ist sie einer Vielzahl an Textilexperten gut bekannt. Die erste Auflage wurde bereits 1970 veröffentlicht, erarbeitet von Denkendorfer LaborleiterInnen und WissenschaftlerInnen in enger Zusammenarbeit mit Herstellern und Anwendern. Fundierte Grundlage für die Auswahl und Zusammenstellung der Faserdaten war ihre langjährige Prüferfahrung, ihre Mitarbeit in Normenausschüssen und ihr Praxiswissen aus vielen Industriekontakten. 1986 wurde eine zweite Auflage erstellt.

## Update 2024

2024 haben die LaborleiterInnen und WissenschaftlerInnen der DITF die dritte Auflage der Denkendorfer Fasertafel veröffentlicht – komplett überarbeitet. Sie umfasst 40 Fasern und informiert über jeweils 80 Eigenschaften. Wie bisher gibt es die Fasertafel als 140x120 cm großes Poster. Neben der Nennung der wichtigsten Kennwerte werden zu jeder Faser ein REM-, Mikroskop- und Faserschar-Bild sowie ein Kraft-Dehnungs-Diagramm gezeigt.

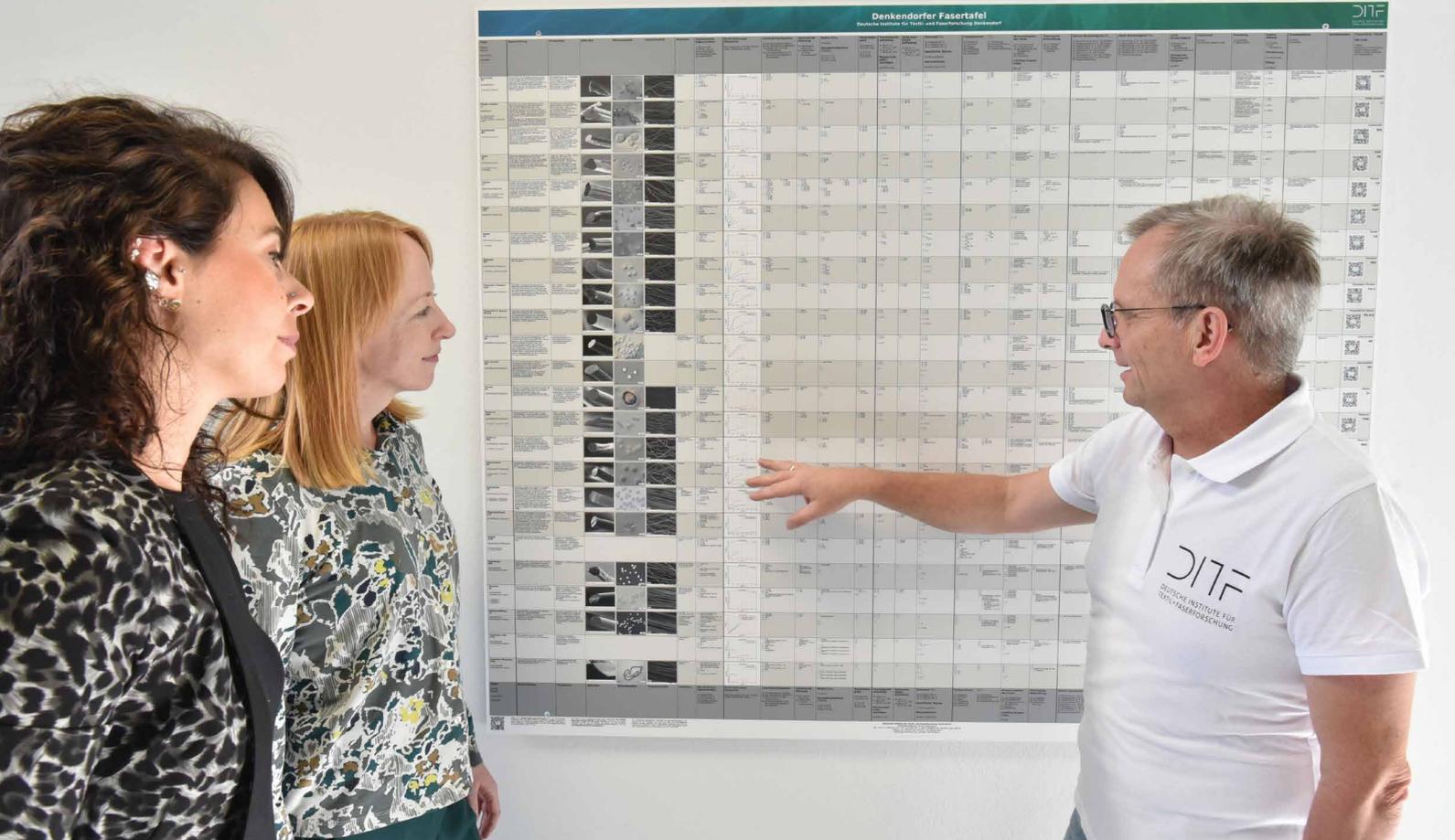
## Neu: Digitale Umsetzung

Neu ist die digitale Umsetzung der Denkendorfer Fasertafel auf einer Online-Plattform, die viele zusätzliche Features und Funktionen bietet. Über eine Suchfunktion können Fasern mit bestimmten Eigenschaften abgefragt werden. Einzelne Fasern und ihre Eigenschaften können anforderungsspezifisch verglichen und eingeordnet werden. Datenblätter sowie Bilder in hoher Auflösung ergänzen das Angebot.

## Denkendorfer Fasertafel im Webshop

Für die Bestellung der Denkendorfer Fasertafel als Poster oder zur Nutzung über die Online-Plattform wurde ein Webshop aufgebaut, der 2025 online geht. Mit dem Angebot im Shop sorgen die DITF zukünftig für zusätzlichen Wissenstransfer. Neben der Fasertafel in neuester Auflage bietet der Webshop auch Publikationen zu Forschungsergebnissen der DITF und Tickets für Fachveranstaltungen.





### Die wichtigsten Kennwerte auf einen Blick

Die Denkendorfer Fasertafel listet für 40 Fasern natürlichen und synthetischen Ursprungs die wichtigsten Kennwerte auf. Sie zeigt alle wichtigen Faserstoffe im Bild, nennt Modifikationen und beschreibt ihre chemischen, physikalischen und spezifischen Eigenschaften mit zentralen Kennwerten wie zum Beispiel die

- > Spezifische Festigkeit
- > Dehnung
- > Hysterese
- > Feuchtigkeitsaufnahme
- > Elektrostatische Aufladung
- > Schrumpf

- > Brennverhalten
- > Löslichkeit
- > Säure- und Alkali-Beständigkeit
- > Knitterbildung
- > Veredlung

Einschlägige Markennamen ergänzen das Bild und ermöglichen dem Praktiker eine sichere Orientierung bei der Wahl der Materialien für seine Produkte.

# 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.

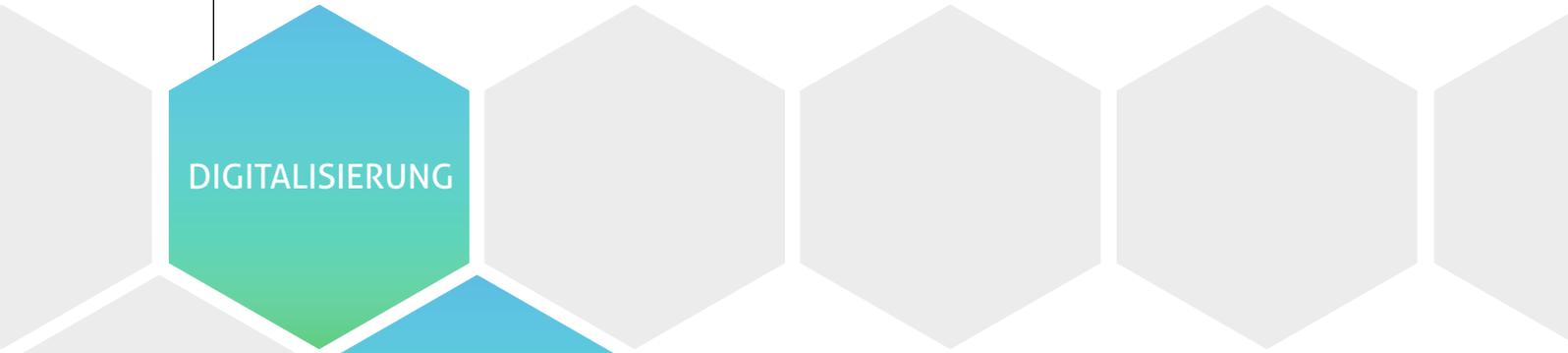
Das DITF-Portfolio umfasst fünf Forschungsfelder. Sie bilden die thematischen Schwerpunkte der DITF und berücksichtigen die gesamte Produktions- und Wertschöpfungskette. Über öffentliche Projekte und Industrieaufträge erfüllen die DITF-Kompetenzzentren die Themen bedarfsorientiert mit Leben.



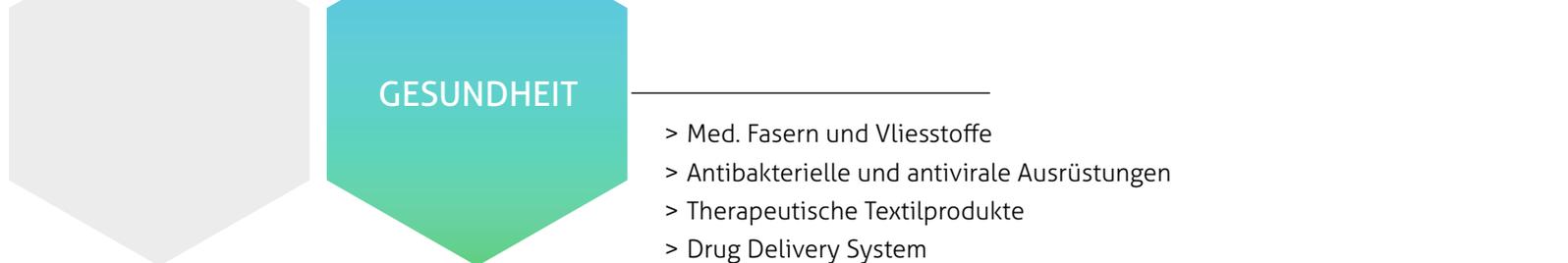
Die Festlegung der Forschungsfelder basiert auf einer umfassenden Recherche und berücksichtigt eine Vielzahl für die DITF maßgeblicher Studien. Dazu gehören die Hightech-Strategie 2025 des BMBF, die FKT Perspektiven 2035, die Innovationsstrategie und der Koalitionsvertrag des Landes und viele mehr.

Gleichzeitig unterstützte eine Analyse der Zentren im Rahmen des Strategieprozesses die Einteilung in die neuen Forschungsfelder. Die aktuellen Forschungsthemen ergeben Themencluster, die passgenau mit den Forschungsfeldern korrespondieren.

- > 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!

# 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



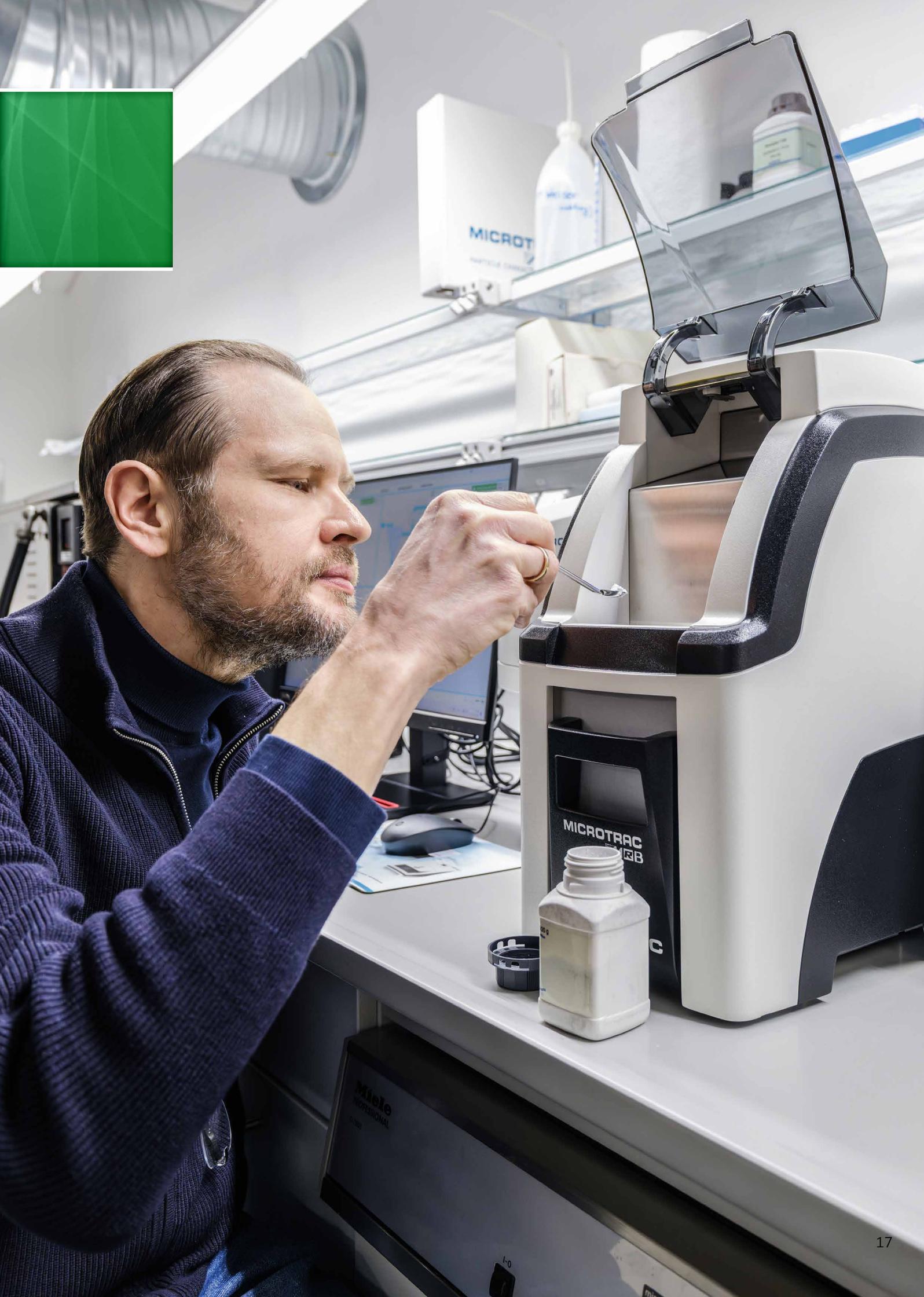
**Produktionstechnologien**  
Verfahrenstechnik und Prozesstechnologie für höhere Produktivität, Qualität und Energieeffizienz, Automatisierung



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



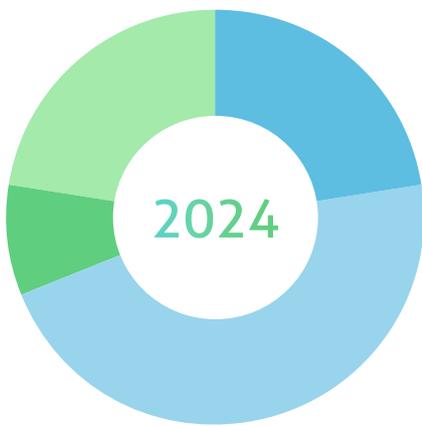
**Bekleidung und Heimtextilien**  
Funktionsbekleidung, klimaregulierende Textilien, Lichttextilien, schalltechnische Textilien, Smart Textiles



# ZAHLEN – DATEN – FAKTEN



27.630 Gesamterlös



■ Einnahmen Industrie:	6.266 TEUR
■ Einnahmen öffentl. Aufträge:	12.844 TEUR
■ Sonstige Einnahmen:	2.326 TEUR
■ Institutionelle Förderung:	6.194 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 2024 bei ca. 84%.

122 Öffentliche Forschungsprojekte

Fördermittel aus Programmen des Landes, des Bundes und der EU. 20,0% 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.



66 Publikationen

45 davon in Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren

3 Bachelorarbeiten

13 Masterarbeiten

4 Dissertationen

6 Patente

Beschäftigte zum 31.12.2024



## DITF

232	Beschäftigte
	107 Wissenschaftler*innen und Ingenieur*innen
	125 Nichtwissenschaftliche Beschäftigte
12	Doktorand*innen
28	Studierende (Bachelor- und Master)
44%	Frauenanteil

## ITV Denkendorf Produktservice GmbH

40 Beschäftigte

Qualitätsmanagement



Das DZ Prüftechnologien und das Prüflabor Biologie der DITF sowie die ITV Denkendorf Produktservice GmbH sind akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018.

Die Produktionsbereiche Filamentgarne und Nadel- filze sowie die Entwicklungsbereiche der DITF im geregelten Bereich der Medizinprodukte und 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 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

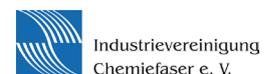
Eine wichtige Aufgabe der DITF ist die Unterstützung des Mittelstands durch anwendungsorientierte Forschung und erfolgreichen Technologietransfer. Vernetzung und Kooperation mit anderen wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen tragen dazu bei, die Leistungsfähigkeit des Forschungsmittelstands in Deutschland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

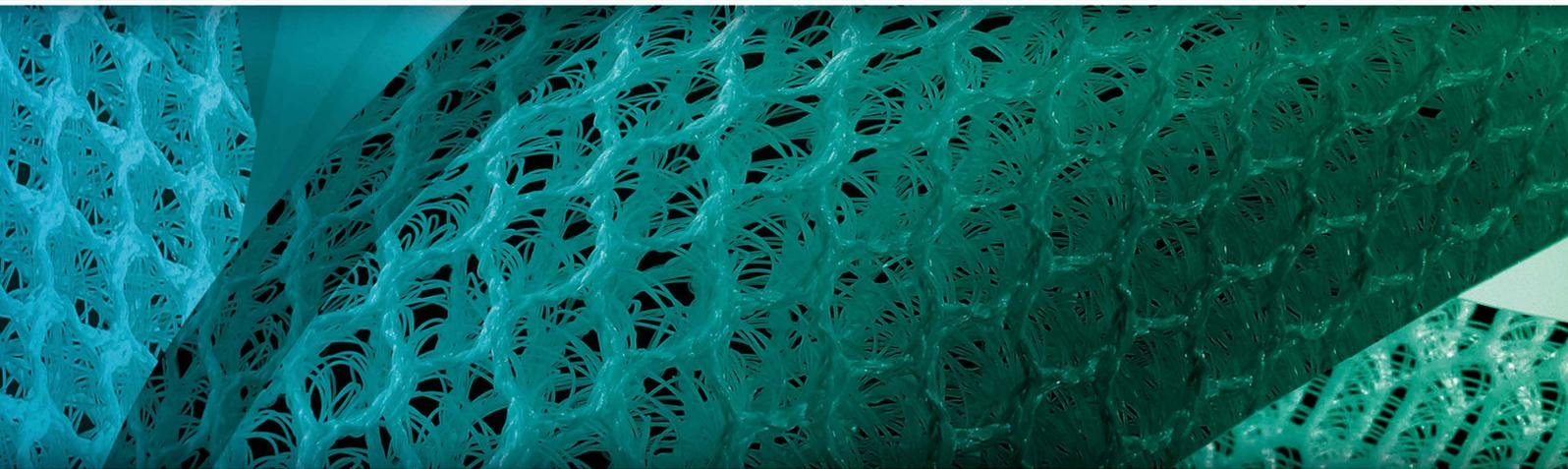


Die DITF sind Teil der Innovationsallianz Baden-Württemberg (innBW), einem Bündnis aus 10 außeruniversitären, wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen mit insgesamt 1.500 Beschäftigten. Die Institute betreiben ergebnisorientierte Auftragsforschung in den wichtigen Zukunftsfeldern des Landes. Mit rund 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 Interessen von über 80 gemeinnützigen Industrieforschungseinrichtungen auf Bundesebene. 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.





The background of the page is a collage of architectural and construction-related images. The top half shows a close-up of a white, curved architectural element, possibly a ceiling or a wall, with a soft blue and white color palette. The middle section is a green banner with a white diagonal line, containing the title and subtitle. The bottom half shows a white, curved architectural element, possibly a balcony or a walkway, with a white railing, set against a light blue background.

# ARCHITEKTUR UND BAU

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

- > Schalltechnische Textilien
- > Autonome Living Wall-Systeme
- > Optisch transparente, faserverstärkte Materialien
- > Neue textile Werkstoffe für das Bauen

## Architektur und Bau

Der Bedarf an bezahlbarem Wohnraum definiert zusammen mit allen Aspekten der Nachhaltigkeit und sich ändernder Wohnsituationen 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 im Kontext von Homeoffice beachten. Die DITF erarbeiten deshalb textile Lösungen, die ressourceneffizient und recyclefähig die Herausforderungen sowohl im Neubau als auch bei weitest gehender Nutzung der Bausubstanz qualitativ und sozial für die Menschen gestalten.

### Smarte textile „Nachverdichtungs-lösungen“

Die DITF entwickeln für den gesamten Bereich des Bauens neue textile Materialien, Strukturen und Systeme. Ein besonderer Schwerpunkt liegt in der Schaffung von Lösungen für die Nachverdichtung. Neben der Reduzierung des Landschaftsverbrauchs adressieren die Arbeiten das kostenreduzierte Bauen, die Aufenthaltsqualität sowie CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenziale. Insbesondere Produkte, die den gebauten Bestand für die Nachverdichtung erschließen und somit die darin enthaltene graue Energie respektieren, sind bedeutsam für die Dekarbonisierung des Bauens. Die in den Highlights vorgestellten Entwicklungen wie die selbstkühlenden Oberflächen oder die Entwicklung eines konvektionsgerechten, innenliegenden Sonnenschutzes sind Beispiele hierfür. Ergänzt werden diese Arbeiten durch KI-Entwicklungen, die solare Gewinne und Verluste in Gebäuden intelligent steuern und so Energieeffizienz, Nutzungsvarianz und Aufenthaltsqualität verbessern. Auch hier werden Retrofitlösungen für Bussysteme im Bestand erarbeitet, um diese für die intelligente Nutzung zu ertüchtigen.

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.

Für diese Zukunftsaufgaben steht mit dem Denkendorfer ForschungskUBUS ein Reallabor zur Verfügung, mit dem diese Entwicklungen erprobt und demonstriert werden können. Hier werden auch autonome textile Living Wallsysteme entwickelt, die für die Nachverdichtung einen wichtigen Baustein darstellen. Diese steigern nicht nur die Luft- und Lebensqualität in den dicht bebauten Innenstädten, sondern können durch steuerbares Wasserrück-

haltevermögen im urbanen Wassermanagement genutzt werden und reduzieren die Hitzeinselproblematik.

In Summe tragen die an den DITF Denkendorf erarbeiteten Lösungen dazu bei, die aktuell anstehenden Sanierungen des Gebäudebestands wirtschaftlicher umzusetzen und gleichzeitig energetische Potenziale zu heben.

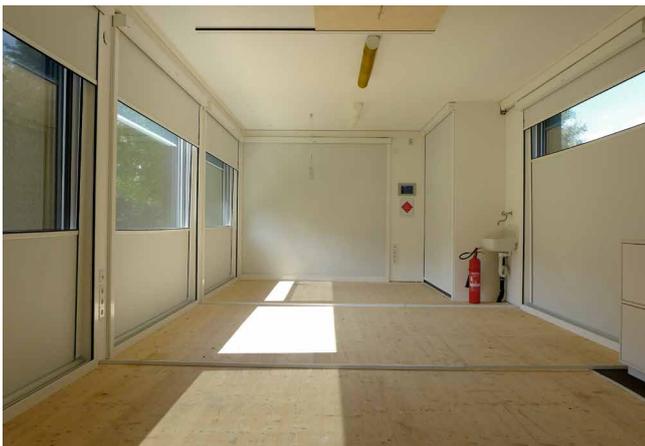
### Faserverbundwerkstoffe im Bau

Die Dekarbonisierung sowie die Reduzierung mineralischer Werkstoffe ist vor dem Hintergrund des globalen Wachstums bei gleichzeitiger Beschränktheit der Rohstoffe eine zentrale Zukunftsaufgabe im Bau. Recyclinggerechter Leichtbau und Materialsubstitutionen sind hierbei wichtige Lösungsstrategien. Deshalb sind auch Faserverbundwerkstoffe im Fokus für den Einsatz im Bau. 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. Ein 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. Das nachfolgend vorgestellte Verbundprojekt DACCUSS (Direct Air Carbon Capture, Utilization and Safe Storage) ist hierfür ein wichtiges Beispiel. Das Institut für Flugzeugbau (IFB, Prof. Dr.-Ing. P. Middendorf) und das Institut für Polymerchemie (Prof. Dr. M. R. Buchmeiser), beide Universität Stuttgart, entwickelten gemeinsam volltransparente Glasfaser-Polymerkomposite für den ballistischen Schutz; diese Technologie steht bereits kurz vor der Lizenzierung. Schließlich sind noch die Arbeiten zu Cellulosehochleistungsfaser-bewehrtem Beton zu nennen; derzeit werden dafür gemeinsam mit Prof. Dr. L. Blandini, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, ILEK, Universität Stuttgart konkrete Lösungen und Applikationen für den Baubereich erarbeitet.

Ein Beispiel für Faserverbundlösungen im Bestand wird in den Highlights mit der Nachrüstung von Leichtbauaufzügen aufgezeigt. Abschließend wird mit Schutzbeschichtungen für Geotextilien ein Beispiel aus dem Bereich der Materialsubstitutionen vorgestellt.

## Retrofit von KNX-Bussystemen für das Tageslichtmanagement im Bestand

Tages- und jahreszeitliche Steuerungen einer Gebäudeverschattung können bestenfalls an die klimatischen Erwartungen angepasst sein, sind jedoch nie geeignet, auf eine konkrete Wettersituation zu reagieren. Somit erschließen solche Steuerungen nie das komplette energetische Potenzial der Gebäudeverschattung und verschlechtern zusätzlich noch die Aufenthaltsqualität in den Gebäuden. Besonders energieeffizient wird eine Gebäudeverschattung dann, wenn sie mit einem geringen zeitlichen Vorlauf auf aktuelle Wetterereignisse reagieren kann.



Innenraum des ForschungsKUBUS mit unterschiedlichen Stellungen der Außen-, Innen- und Plafond-Rollos

Um dieses CO<sub>2</sub> Potenzial zu erschließen, sollten Wettervorhersagen, wie sie im Internet verfügbar sind, in ein intelligentes Tageslichtmanagement mit einfließen. Bereits mit einem geringen Retrofitaufwand ist es möglich, einen vielfach in Deutschland verbauten KNX-Bus in ein solches intelligentes Tageslichtmanagement zu überführen. Dies wurde im DITF-ForschungsKUBUS beispielhaft realisiert. Der Schwerpunkt lag dabei auf der intelligenten Nutzung von innen- und außenliegendem Sonnenschutz. Dazu wurden die Daten des DITF-Wetter- und Strahlungsdatenpools analysiert und aufbereitet. Unter Einbindung einer Wettervorhersage aus dem Internet ist aktuell ein antizipierender und intelligenter Betrieb eines Beschattungssystems in Betrieb. Die notwendigen Ergänzungen im bestehenden KNX-Bus lagen in der Einbindung eines App- und eines Logikmoduls. Dadurch kann bei bestehenden Systemen auch ohne aufwendige Nachrüstung von Sensoren einer Überhitzung des Innenraums im Sommer und einer Auskühlung des Innenraums im Winter vorgebeugt werden.

## Nachrüstung von Leichtbauaufzügen

Vor dem Hintergrund einer zunehmend älter werdenden Gesellschaft ist die Tatsache eines fehlenden Aufzugs in einem Gebäude nicht zu unterschätzen. Mit einem Aufzug im Haus können ältere Menschen länger mobil und in ihrer Wohnung bleiben. Die Barrierefreiheit ermöglicht gesellschaftliche Teilhabe auch im Alter oder bei Krankheit. Daher wird bei mehrgeschossigen Gebäuden und auch bei Einfamilienhäusern zunehmend nachgefragt, inwieweit sich Aufzüge nachrüsten, modernisieren oder austauschen lassen.

In einem ZIM-Kooperationsprojekt mit den Partnern Sautter Lift Components GmbH, Prof. Dr.-Ing Wolfram Vogel (Sachverständigenbüro Gut Achten Vogel) und der S-Form Kunststofftechnik GmbH war es daher das Ziel, eine extrem leichte Leichtbaukabine mit hoher Energieeffizienz, geringem Bauvolumen und geringem Transportvolumen, modularer Bauweise und einer neuartigen Mehrlagenwicklung für das Trageseil zu entwickeln.

Der im Maßstab 1:1 aufgebaute Demonstrator hat mit einem Gewicht von 120 kg (ohne Anbauteile) das Gewicht von einer Original-Stahlkabine von 313 kg (ohne Anbauteile) weit unterboten. Durch die Gewichtseinsparung bei der Kabine kommt die erfolgreich entwickelte Mehrlagenwicklung noch einmal besser zum Tragen. Mit dem entwickelten Prüfstand konnten diverse Seilarten auf ihre Eignung zur Nutzung in der Mehrlagenwicklung überprüft und ein Faserseil gefunden werden, das die Anforderungen an Laufleistung etc. erfüllt. Mit den Optimierungen der Sekundärbauteile konnte weiteres Potenzial zur Gewichtsreduzierung aufgezeigt werden.

Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse schaffen die Grundlage für darauf aufbauende Produkte, die sich im Markt etablieren können.



Leichtbaukabine für Aufzüge in mehrgeschossigen Gebäuden und Einfamilienhäusern

## DACCUSS – Leichtbaukomposite aus Stein und Carbonfasern für das Bauwesen

Unter Projektleitung der DITF hat im Projekt DACCUSS ein Entwicklungsteam von zwölf Firmen und Forschungseinrichtungen erfolgreich ein neuartiges Bauelement für Hauswände als Ersatz für Stahlbetonfertigteile realisiert. Den technischen Lead hatte die Firma TechnoCarbon/München.

Jedes DACCUSS-Bauelement besteht aus mehreren hochfesten Natursteinplatten aus magmatischem Gestein. Im Inneren der Konstruktion befinden sich biobasierte Carbonfasern. Sie bilden das Versteifungselement, das die hohe Festigkeit der Bauelemente ermöglicht und tragen ihrerseits zu der negativen CO<sub>2</sub>-Bilanz bei. Die Schicht zwischen den Natursteinplatten ist mit kohlenstoffnegativem Biokohlegranulat gefüllt, das für die Isolierung des Bauelementes verantwortlich ist. Das mineralische Sägemehl aus dem Zuschnitt der Gesteinsplatten kann als Bodenverbesserer ausgebracht werden und dient als zusätzlicher Binder von freiem CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre. Die strikte Orientierung an Prozessen und Materialien, die aktiv CO<sub>2</sub> binden, hat die Fertigung eines Baumaterials mit CO<sub>2</sub>-negativer Bilanz ermöglicht.



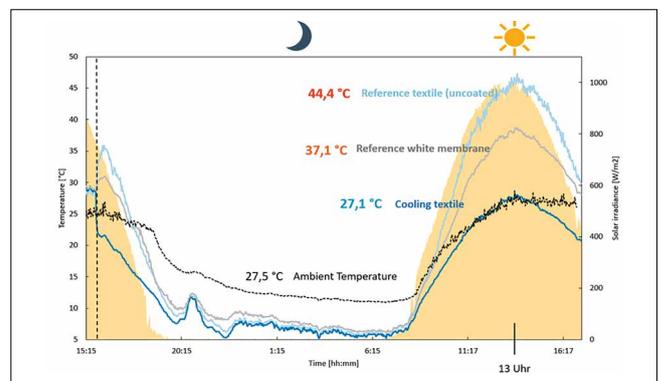
Demonstrator der DACCUSS-Hauswand

Das neue Baumaterial aus Naturstein, Biokohle und biobasierten Carbonfasern dient als umweltfreundlicher Ersatz für CO<sub>2</sub>-intensiven Beton in der Bauindustrie. Während herkömmliche Betonwände bei der Herstellung in hohem Maße CO<sub>2</sub> freisetzen, bindet das DACCUSS-Bauelement 59 kg CO<sub>2</sub> je Quadratmeter und hat dadurch eine negative CO<sub>2</sub>-Bilanz. Zudem wiegen die Elemente ein Drittel weniger als entsprechende Hauswände aus Stahlbeton. In weiteren Projekten sollen die Lignin-basierten Carbonfasern der DITF das neue Baumaterial noch umweltfreundlicher und kostengünstiger gestalten.

## Selbstkühlende Textilien – Energiefreie Methode mit Strahlungs- kühlung

Die Aufheizung von Städten und Siedlungen aufgrund des Klimawandels und die damit verbundene Überhitzung des menschlichen Körpers erfordert neue Materialien und Technologien, um die Temperaturen erträglich zu halten. Im Rahmen einer bereits abgeschlossenen Dissertation wurde an den DITF eine neuartige substratunabhängige Beschichtung mit spektral selektiven Strahlungseigenschaften auf Basis thermooptisch aktiver Partikel zur Erzeugung eines Selbstkühlungseffekts auf der textilen Oberfläche entwickelt. In die Beschichtung integrierte Nano- und Mikropartikel können wellenlängenabhängig hohe Emissionen im Himmelsfenster (8-13 µm) und maximale Reflektionen bei kürzeren Wellenlängen des Sonnenlichtes (0,3-2,5 µm) erzielen.

Die Funktionalität des Beschichtungssystems auf verschiedenen Textilsubstraten wurde mittels einer Außenmessanlage auf dem Institutsdach unter realen Bedingungen untersucht, wobei die Sonneneinstrahlung, Windgeschwindigkeit, Umgebungstemperatur und relative Luftfeuchtigkeit mit einer Wetterstation gemessen wurden. Das Ergebnis zeigt eine Temperatursenkung von bis zu 20 °C durch die Beschichtung im Vergleich zu einem unbeschichteten Polyestergewebe. Über einen Tageszeitraum von 7 bis 19 Uhr wurde eine durchschnittliche Abkühlung von 2 °C unter die Umgebungstemperatur gemessen, sogar bei einer maximalen Sonneneinstrahlung von 1.000 W/m<sup>2</sup> zur Mittagszeit.



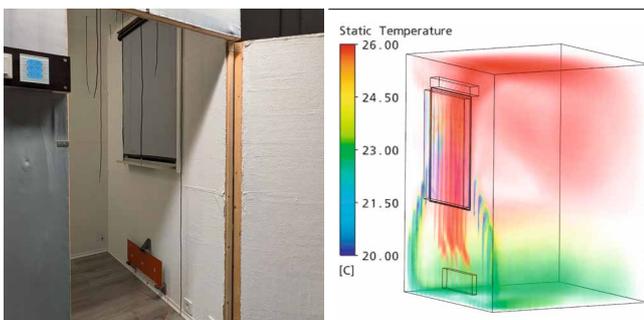
Die mit thermooptisch aktiven Partikeln selbstkühlend beschichtete Probe heizt sich trotz starker Sonneneinstrahlung nicht auf.

Im Rahmen eines IGF-Projekts untersucht das Forscherteam derzeit neue, zellulosebasierte Beschichtungssysteme, um das Funktionsprinzip der Strahlungskühlung auf nachhaltige, recycelbare, selbstkühlende Kleidung zu übertragen.

## Innenliegendes Sonnenschutzsystem mit minimierter Wärmeabgabe

Zum Schutz vor Blendung, Überhitzung und Auskühlung spielt die Beschattung sowohl im privaten, öffentlichen und gewerblichen Bereich eine wichtige Rolle. Außenliegender Sonnenschutz ist effektiver, um eine Überhitzung zu reduzieren. Innenliegender Sonnenschutz hingegen kann einer Auskühlung entgegenwirken. In manchen Situationen können Außensonnenschutzsysteme nicht verwendet werden oder sind unwirtschaftlich. Hier werden Sonnenschutzverglasungen in Kombination mit oder ohne Innenbeschattung eingesetzt. In beiden Fällen wird jedoch das Potenzial der Energieeffizienz herkömmlicher Innensonnenschutzsysteme nicht ausgeschöpft.

Weniger als 50% des EU-Gebäudebestands sind bisher mit Sonnenschutz ausgestattet, wobei dynamisch einstellbarer Sonnenschutz eine kosteneffiziente Verbesserungsmöglichkeit von Bestandsgebäuden ist. Das Europäische Klimaschutzgesetz sowie der European Green Deal legen ein Ziel für Netto-Null-Treibhausgas-Emissionen bis 2050 vor und beziehen Sonnenschutz explizit ein.



Links: Messraum mit innenliegendem Sonnenschutz, Heizung und Temperatursensoren zur Charakterisierung der sich einstellenden Raumtemperatur; rechts: Dreidimensionale Visualisierung der Temperaturverteilung im Raum als Ergebnis der Numerischen Strömungssimulation mit ANSYS Fluent.

### Optimierungen durch neue Einstellmöglichkeiten

Im Projekt wurden neue, textile, konvektionsoptimierte, innenliegende Sonnenschutzsysteme entwickelt. Es wurde ein Messraum mit kühlbaren Versuchsfenstern gebaut. Zusätzlich wurden numerische Strömungsberechnungen durchgeführt, um bestehende innenliegende Sonnenschutzsysteme zu charakterisieren, Anwendungsempfehlungen zu geben und auf dieser Basis neue, einstellbare und energieeffizientere innenliegende Sonnenschutzsysteme zu entwickeln. Das Ergebnis sind zwei neuartige, einstellbare Sonnenschutzsysteme und Regelungsstrategien, mit denen Energie eingespart werden können.

## Lignin: Aus Abfall wird ein vielversprechender Rohstoff für die Textilbeschichtung

Lignin ist neben Zellulose ein Hauptbestandteil von Holz und fällt in großen Mengen als Abfall bei der Papierherstellung an. Bei entsprechender Verarbeitung kann Lignin als Textilhilfsmittel genutzt werden, um die festigkeitssteigernden Eigenschaften von Textilien aus Naturfasern mit den schützenden Eigenschaften einer Ligninbeschichtung zu kombinieren. In Zusammenarbeit mit der TECNARO GmbH hat das Forschungsteam Barriere-textilien der DITF ein ligninbasiertes Beschichtungssystem entwickelt.



Baumwollgarn mit und ohne Ligninbeschichtung (links) und Mikroskopbild des Garnquerschnittes mit Ligninbeschichtung (rechts)

Wie die biologischen Abbautests im Labor und im Outdoor-Feld zeigen, kann die Ligninbeschichtung die Lebensdauer von Textilien aus Naturfasern in Erde deutlich verlängern. Die so beschichteten, textilen Materialien ermöglichen nachhaltige Anwendungen, insbesondere für Geotextilien. Sie haben eine einstellbare, für bestimmte Anwendungen wie z. B. bei der Stabilisierung von Vegetationsflächen oder von temporären Straßen ausreichend lange Lebensdauer, sind aber dennoch biologisch abbaubar und können daher viele synthetische Materialien ersetzen.

Lignin-beschichtete Textilien haben das Potenzial, den Kohlendioxid-Fußabdruck deutlich zu verringern und nicht nur die Abhängigkeit von erdölbasierten Produkten, sondern auch die Menge an Mikroplastik, die in die Umwelt gelangt, zu reduzieren.

Die Entwicklung wurde vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg im Rahmen der Landesstrategie für eine nachhaltige Bioökonomie gefördert.





# 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

Die Gesundheitswirtschaft ist und bleibt ein Wachstumsmarkt, Medizintextilien spielen darin eine bedeutende Rolle als Innovationstreiber und Trendsetter. Die Forschung sowie die Entwicklung und Produktion von Medizinprodukten, insbesondere von textilen Komponenten und Halbzeugen der Medizintechnik, spielt an den DITF eine zentrale Rolle. Textile Medizinprodukte und Textilien für die Gesundheit haben dabei ganz eigene Herausforderungen. Die Zulassungsverfahren für textile Medizinprodukte sind komplex und benötigen entsprechende Ressourcen bei der Zulassung, so dass die regulativen Anforderungen häufig schon in der Forschung und besonders bei der Entwicklung berücksichtigt werden müssen.

### Garnentwicklung und -produktion im Spinnurm

Im Kompetenzzentrum Chemiefasern und Vliesstoffe der DITF werden hochspezialisierte Garne für die Medizintechnik auf modernen Technikumsanlagen entwickelt und produziert, die sowohl die Herstellung von Mono- als auch von Bikomponentengarnen ermöglichen. Besonders hervorzuheben ist die vierstellige Spinnanlage, die die Umsetzung komplexer Spinnverfahren im Pilotmaßstab erlaubt und so die Brücke zwischen Laborentwicklung und industrieller Fertigung schlägt.

Die Materialentwicklungen decken ein breites Spektrum ab. Von bioresorbierbaren und permanenten Polymerfasern bis hin zu Funktionsgarnen mit spezifischen Eigenschaften wie Porosität, mechanischer Festigkeit oder gezielter Wirkstofffreisetzung.

Die an den DITF hergestellten Garne bilden die Grundlage für eine Vielzahl medizintechnischer Produkte. In enger Zusammenarbeit mit der ITVP werden sie zu komplexen, textilen Halbzeugen und Komponenten für Implantate weiterverarbeitet – so z. B. Gefäßprothesen, Netze für die Hernienversorgung, regenerative Trägermaterialien oder resorbierbare textile Strukturen für die Weichgeweberegeneration. Dabei ist sowohl die Entwicklung als auch die Produktion nach der strengen ISO 13485:2021 zertifiziert. Nur durch das Qualitätsmanagementsystem können die hohen Anforderungen bezüglich Sicherheit und Qualität in der Medizintechnik erfüllt und dokumentiert werden.

### Vliesentwicklung im Reinraum

Die Entwicklung und Produktion medizinischer Nadelvliese im Reinraum beginnt mit einer intensiven Forschungs- und Entwicklungsphase, in der biokompatible Materialien sorgfältig ausgewählt und innovative Vliesstrukturen gezielt auf medizinische Anwendungen abgestimmt werden. Die Entwicklung und Produktion von Nadelvliesen in einem Reinraum stellt höchste Anforderungen an Technologie, Präzision und Prozesskontrolle. Der Reinraum des Kompetenzzentrums Chemiefasern und Vliesstoffe wird nach der Norm DIN EN ISO 14644-1 in der Klasse ISO 8 betrieben. Jeder Schritt – von der Filamentgarnherstellung über die Vernadelung bis zur Verpackung – wird durch das strenge Qualitätsmanagementsystem überwacht.

Die eigene Herstellung von Filamentgarnen in medizinischen Qualitäten macht unabhängig von international schwieriger werdenden Lieferketten und ermöglicht die Definition der Materialeigenschaften bereits auf Faserbasis. Dadurch können Nadelvliese in medizinischen Qualitäten mit exakt abgestimmten Funktionalitäten entwickelt werden. Die durchgängige Prozesskontrolle vom Garn bis zum Endprodukt schafft die Grundlage für maßgeschneiderte Lösungen auf höchstem Qualitätsniveau. Bereits in der frühen Forschungs- und Entwicklungsphase liegt der Fokus auf der Auswahl geeigneter Fasermaterialien und der Optimierung der Faserbindung, um maßgeschneiderte Produkteigenschaften wie Flächengewicht (geprüft nach DIN EN ISO 29073-01), Dicke (nach DIN EN ISO 5084), Porosität und Zugfestigkeit (nach DIN EN 29073-03) zu gewährleisten.

Dieser Ansatz ist unerlässlich, um eine gleichbleibend hohe Qualität zu gewährleisten und Kontaminationen bei der Umwandlung von Textilien in Medizinprodukte der Klasse III, der höchsten Sicherheitsklasse, zu vermeiden. Im kontrollierten Reinraum der Klasse ISO 8 im Kompetenzzentrum Chemiefasern und Vliesstoffe wurden und werden unter anderem Vorhofuhr-Occluder (LAA), chirurgische Patches für orthopädische Operationen, Dichtmanschetten für Katheter sowie bioresorbierbare Patches für die Knorpelregeneration nach den Standards für Medizinprodukte entwickelt und produziert.

## Kanülen-Stichschutzhandschuhe aus dem 3D-Druck

Stichschutzhandschuhe werden im Gesundheitswesen von Rettungs- und Einsatzkräften ebenso wie von Sicherheitsdiensten eingesetzt, um gegen Kanülen und scharfe Klingen geschützt zu sein. Sie bestehen je nach Einsatzbereich aus Beschichtungen und schnittfesten Materialien wie Glas- oder Kevlarfasern sowie Stahl. Diese und die bislang vornehmlich aus ölbasierten Polymeren, Nitrilkautschuk oder Latex bestehenden Beschichtungen konnten durch innovative 3D-Druck-Technologien durch eine umweltfreundliche Lignin-basierte und dadurch flexible und dennoch robuste Handschuhbeschichtung ersetzt werden.



Bedruckte Textilien mit einer Lignin-Beschichtung für die Verwendung in Handschuhen

Die bisher gebräuchlichen Beschichtungen erzeugen einen gewissen Abrieb. Um eine langfristige Verschmutzung der Umwelt zu vermeiden, wurden Materialien eingesetzt, deren Abriebpartikel abbaubar sind. So konnten herkömmliche Schutzausrüstungen funktionell verbessert und nachhaltigere und umweltfreundlichere Materialien integriert werden.

Die additive Fertigung ermöglicht die präzise und effiziente Herstellung der Beschichtung und darüber hinaus die Anpassung des Handschuhs an individuelle Bedürfnisse des Tragenden. Dies verbessert den Tragekomfort und die Bewegungsfreiheit.

Das durch das Ministerium für den Ländlichen Raum und Verbraucherschutz des Landes Baden-Württemberg geförderte Forschungsprojekt zeigt, dass die Verwendung von Lignin nicht nur ökologische Vorteile bietet, sondern dass damit besonders langlebige und widerstandsfähige Schutzhandschuhe hergestellt werden können, die Sicherheitsstandards erfüllen und gleichzeitig einen Beitrag zur Nachhaltigkeit im Gesundheitssystem leisten.

## Intelligente Wischmopphalter für kritische Umgebungen

Reinräume und die betriebliche Umsetzung der Kontaminationskontrolle in diesen Räumen sind grundlegende Voraussetzungen für Branchen mit hohen Anforderungen an Hygiene und Sauberkeit wie Pharma, Medizintechnik, Biotechnologie, Mikroelektronik oder Lebensmittel. In einem Forschungsprojekt haben sich die Partner DITF und die Pfennig Reinigungstechnik GmbH zum Ziel gesetzt, ein intelligentes Wischmoppsystem zur automatisierten Überwachung von Reinigungsprozessen in Reinräumen zu entwickeln, damit die Kontrolle und eine Verbesserung der Konstanz des Wischvorgangs gewährleistet werden können.

Aufgaben der DITF waren die Entwicklung einer Wischsimulationstechnik für den intelligenten Wischmopphalter (iWMH), die Durchführung umfangreicher Wisch- und Simulationsversuche zur Prüfung der Funktionalität des iWMH sowie die Entwicklung eines Auswerteprogramms zur detaillierten Analyse der erfassten Daten aus den Wischversuchen. Dazu wurde eine Wischsimulationstechnik entwickelt und aufgebaut, mit der auch die Reinigungswirkung auf der Oberfläche optisch erfasst werden kann und die eine Variation von Neigungswinkel, Druck und Wischgeschwindigkeit ermöglicht.

Bei den Wischversuchen wurden Parameter wie Winkel, Gewicht, Flüssigkeitsmenge im Mopp und Wischgeschwindigkeit systematisch untersucht. Die generierten Daten wurden mit Hilfe des neu entwickelten Excel-basierten Auswerteprogramms evaluiert, indem die wichtigsten Reinigungsparameter wie Anpresskraft, Reibkraft und Flüssigkeitsabnahme ausgewertet wurden.

Die Funktionsprüfungen am iWMH-Prototyp zeigten eine gute Praxistauglichkeit und Zuverlässigkeit des Systems. Das System ermöglicht damit eine genauere Überwachung und potenzielle Optimierung von Reinigungsprozessen im Reinraum.



Projektspezifisch weiterentwickelte Wischsimulationseinrichtung im Messreinraum der DITF. Die neue Sensorik ist im und oberhalb des Gelenkes des Wischmopphalters eingebaut

## ReBa<sup>2</sup> – Neues Prüfverfahren zur Bewertung des Keimdurchgangs bei Reinraumbekleidung

An den DITF ergänzt ein neues biologisches Verfahren das Prüfangebot für Reinraumbekleidung: die **Realitätsnahe Bakterienbarriere** (ReBa<sup>2</sup>)-Prüfmethode, die in Zusammenarbeit mit der Dastex Group GmbH entwickelt wurde.

Insbesondere bei der Herstellung steriler Arzneimittel in Reinräumen stellen Bakterien, Hautschuppen und Faserteilchen, die von Personen und deren Bekleidung ausgehen können, eine Gefahr für die im Reinraum hergestellten Produkte dar. Reinraumbekleidung hat hier die Aufgabe, dieses Risiko zu minimieren. Zur Beurteilung der Barrierefunktion der Reinraumbekleidung wird unter anderem der „Keimdurchgang“ durch das Reinraumbekleidungstextil ermittelt. Die bisher eingesetzten Prüfmethode konnten hinsichtlich realitätsnaher Testbedingungen nicht überzeugend die Frage beantworten: Wie viele Keime der menschlichen Hautflora gelangen durch die Reinraumbekleidung beim Tragen nach außen?

Bei der neuen ReBa<sup>2</sup>-Prüfmethode wird diese Situation weitgehend abgebildet, wodurch eine aussagekräftige Bestimmung des Keimdurchgangs unter realitätsnahen Bedingungen möglich ist. Die mechanische, flächige Belastung unter Bewegung, bei frei wählbarer Belastungsdauer und bei mäßiger Feuchte im Testsystem kann in zahlreichen Prüfscenarien durchgeführt werden. So kann neben dem Einfluss von Reinraumzwischenbekleidung auch das Schwitzen oder ein Benetzen der Reinraumbekleidung durch Prozessmedien oder Desinfektionsmittel untersucht werden.

### Auszeichnung mit dem Cleanzone Award 2024

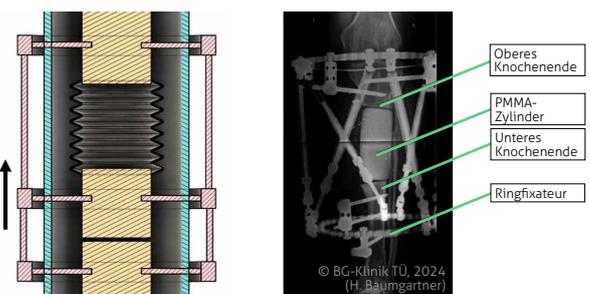
Auf der Cleanzone 2024, der Messe für Reinraum und Reinheitstechnik, Hygiene und Kontaminationskontrolle, erhielten die DITF-Wissenschaftlerinnen Evi Held-Föhn und Gabriele Schmeer-Lioe den 1. Preis für die Entwicklung des ReBa<sup>2</sup>-Prüfverfahrens.



Die Preisträgerinnen und Preisträger (v.li.): Carsten Moschner (CMC3), Evi Held-Föhn (DITF), Gabriele Schmeer-Lioe (DITF), Alina Kopp (Dastex)

## Additiv gefertigter, resorbierbarer Platzhalter für geplante Kallusdistraktion

Bei großen Knochendefekten durch Tumorerkrankungen, Sepsis oder traumatischen Brüchen im Bereich der langen Röhrenknochen am Ober- und Unterschenkel muss bei der Behandlung der PatientInnen häufig eine Knochenverlängerung (Distraktion) erfolgen. Das bisherige chirurgische Verfahren unterliegt dabei einer Vorbereitungsphase, bei der in die Defektstelle ein Platzhalter aus PMMA-Knochenzement eingebracht wird, um den sich eine sogenannte Masquelet-Membran bildet.



Links: Schematische Darstellung des Segmenttransports mit einem Faltschlauch zur Kompartimentierung des Knochendefekts, rechts: PMMA-Zylinder im Spalt

Diese Phase dauert 4-6 Wochen, verbunden mit einem Klinikaufenthalt. Anschließend wird der Knochenzement chirurgisch entfernt, was ein weiteres Operationsrisiko darstellt. In der zweiten Phase wird im durch die Masquelet-Membran freigehaltenen Defektraum über einen Fixateur extern ein Knochensegment mit ca. 0,5 mm pro Tag transportiert, wobei sich in dem auseinander gezogenen Knochenspalt neuer Knochen bildet und der Defekt dadurch zuwächst.

Bisher ist keine Alternative zur Bildung der Masquelet-Membran verfügbar, weshalb in dieser Studie die Machbarkeit der Kompartimentierung des Defektes mit einer additiv gefertigten, künstlichen Membran untersucht wurde, so dass die Distraktion ohne Vorbereitungsphase gestartet werden kann. Hierfür wurde eine an den individuellen Defekt angepasste flexible Struktur als Faltschlauch entworfen. Durch die Verwendung eines resorbierbaren Poly-ε-Caprolacton kann eine Entnahme-Operation erspart werden. Dies stellt allerdings für die additive Fertigung im AKF-Verfahren (Arburg Kunststoff Freiformen) durch den niedrigen Schmelzpunkt bei hoher Verarbeitungstemperatur besondere Herausforderungen.

Mit dieser Studie belegte das Team der DITF den 1. Platz beim IdeenCamp 2024 des BioMedtech e.V.

## Textile Ankle-Foot Orthosis (AFO) für neuroorthopädische Bewegungs- störungen

Die entwickelte Ankle-Foot-Orthosis (AFO) hat das Ziel, die Gelenkkette zu stabilisieren sowie die sensomotorischen Funktionen von Patientinnen und Patienten mit neuroorthopädischen Bewegungsstörungen zu unterstützen. Um dies zu erreichen, wurden neue textile und mechanische Strukturen entwickelt, die die Fußstellung korrigieren.

Zentrale Elemente der Orthese sind textile Grundkörper, die mit sensomotorischen, modularen Funktionskomponenten kombiniert werden. Diese unterstützen gezielt den Fuß und das Sprunggelenk und fördern gleichzeitig die Körperhaltung.



Links: Textile Ankle-Foot-Orthosis; rechts: Digitale Verifizierung des Fußbetts

Besonderes Augenmerk lag auf der Entwicklung individuell anpassbarer, senso-dynamischer Fußbetten, die mithilfe von 3D-Druck aus flexiblen Materialien gefertigt werden. Eine präzise Passform der Orthese wird durch die digitale Vermessung des Patientenfußes und die Möglichkeit der virtuellen Verifizierung vor der Fertigung gewährleistet. Damit können funktionale und therapeutische Anforderungen optimal berücksichtigt werden.

Zum Abschluss der Entwicklung wurde die Orthese in Trageversuchen getestet, um ihre Wirksamkeit zu überprüfen und mögliche Anpassungen vornehmen zu können.

## Herstellung von 3D-Matrix-Strukturen für den Meniskusersatz

Die operative Versorgung von Meniskusverletzungen führt im betroffenen Knie häufig zu Arthrose, daher rückt die Entwicklung von Scaffolds weiter in den Mittelpunkt. Für zellbesiedelbare Scaffolds eignen sich Vliesstoffe, allerdings können mit herkömmlichen Vliesstofftechnologien die stark keilförmigen Strukturen des Meniskus nicht nachgebildet werden. Um diese Strukturen mit den geforderten Porositäten, Porengrößen, aber auch mechanischen Eigenschaften und der nötigen Kompressibilität zu erreichen, wurde das Melt-Elektrospinning (MES) und das Melt-Elektrowriting (MEW) kombiniert.

### Schmelzelektrospinnen von Polycaprolacton

Beim MES von Polycaprolacton entstehen feine Fasern mit einem mittleren Durchmesser von 10 µm. Diese können aufgrund des entstehenden Peitschens des Polymerjets nicht gezielt abgelegt werden, da es durch die Permittivität der vorher abgelegten Schichten zu einem verzerrten Ablagen der Vliesschichten kommt. Das MEW kann dies ausgleichen, da das Peitschen durch einen geringeren Düsen-Abstand unterbunden wird und die Ablage auch auf stärker isolierten Bereichen möglich ist. Der schichtweise Aufbau der Scaffolds mit der MES- und MEW-Technologie kombiniert die Eigenschaften beider Technologien, so dass die Fasern angelehnt an den natürlichen Meniskus orientiert werden können.



Links: 3D-gedruckter, rechter Meniskus aus MRT-Daten einer Patientin; rechts: Schnitt durch einen Meniskus-Scaffold hergestellt mittels Kombination aus MES und MEW

In weiteren Untersuchungen soll nun geklärt werden, ob die geforderten strukturellen und mechanischen Eigenschaften für einen Meniskus-Scaffold erreicht werden können, damit ein Meniskus- oder Teilmeniskusersatz additiv mit Patientendaten gefertigt werden kann.





# 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
- > 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, Heißpressen 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 bilden die Grundlage für die Innovationskraft und Nachhaltigkeit dieser Industrien. 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.

### Hochleistungswerkstoffe in der Luft und Raumfahrt

In der Luftfahrtindustrie ist der Einsatz von Faserverbundwerkstoffen bereits Standard. Textilbasierte Lösungen reduzieren das Flugzeuggewicht und senken dadurch nicht nur den Treibstoffverbrauch, sondern auch die Emissionen. Über die Gewichtsersparnis hinaus ermöglichen keramische Verbundmaterialien in Turbinen den Betrieb bei höheren Temperaturen und leisten so einen entscheidenden Beitrag zur Effizienzsteigerung. Die Entwicklung eigener Herstellungsrouten und maßgeschneiderter Eigenschaftsprofile keramischer Fasern, die z. B. eine verbesserte Verarbeitbarkeit zu textilen Flächen und eine erhöhte Temperaturbeständigkeit in den Fokus nehmen, ermöglicht komplexere Strukturen und bietet Lösungen für Herausforderungen, die durch die Elektrifizierung der Antriebe entstehen. 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 und tragen damit insgesamt wesentlich zur Versorgungssicherheit bei und reduzieren die Abhängigkeit von Importen.

### 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. Somit sind vollständig biobasierte Komposite realisierbar.

### 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, die bis zum fertigen Bauteil umgesetzt werden können.

### Stand der Technik in der Fahrzeugindustrie

In der Fahrzeugindustrie sind Innovationen für Effizienz und Umweltfreundlichkeit unerlässlich. Leichtbauweise, elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe sind Schlüsselthemen der 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, die aus nachwachsenden Rohstoffen wie Cellulose und Lignin gewonnen werden, bieten ähnliche mechanische Eigenschaften wie konventionelle Carbonfasern, sind aber kostengünstiger und umweltfreundlicher in Herstellung und Entsorgung.

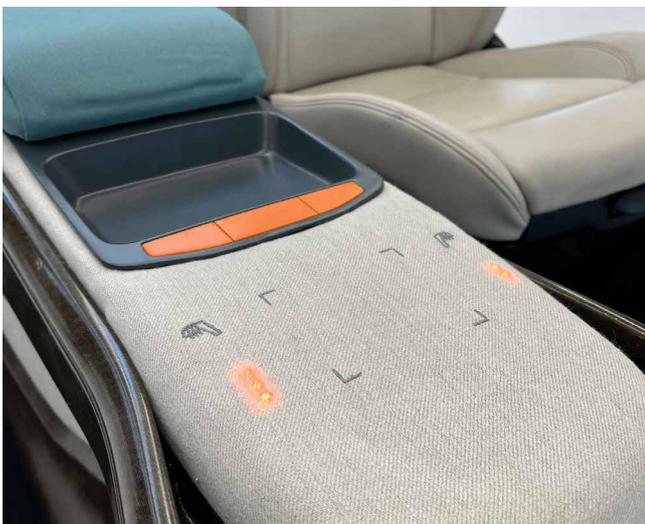
### Nachhaltigkeit und Lebenszyklusanalyse

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.

## Projekt Cyclometric – Nachhaltig Produktgestaltung in der Automobilindustrie

Nachhaltigkeit und Klimaschutz gewinnen gesellschaftlich immer mehr an Bedeutung, was sich neben anderen Branchen auch in der deutschen Automobilindustrie bemerkbar macht. Auch hier wächst das Bestreben, eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu fördern. Die Entwicklung neuer, umweltfreundlicher Technologien und Produkte erfordert jedoch eine ganzheitliche Betrachtung verschiedener Aspekte – von der Produktion über die Nutzung bis hin zur Wiederverwertung. Dabei spielen Faktoren, wie Recyclingfähigkeit, Herstellungsprozesse und Geschäftsmodelle, eine entscheidende Rolle. Um nachhaltige Lösungen frühzeitig in den Entwicklungsprozess zu integrieren, sollten diese Aspekte bereits in den ersten Phasen der Produktentwicklung miteinbezogen werden.

Im Rahmen des durch das BMBF geförderten Projekts mit dem Kurztitel „Cyclometric“ verfolgten die DITF zusammen mit anderen Projektpartnern das Ziel der Erforschung, Konzeptionierung und Erprobung eines Wissens- und Entscheidungstools, welches es erlaubt, bereits in einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses umweltfreundliche und nachhaltige Entscheidungen zu treffen. Die DITF beteiligten sich hierbei unter anderem an der Entwicklung einer Entscheidungsmatrix für Materialkonzepte sowie der Entwicklung und dem Aufbau einer nachhaltigen Mittelkonsole mit smarten textilen Funktionen. Der so entstandene Demonstrator soll beispielhaft zeigen, wie das im Projekt entwickelte Tool in der Automobilindustrie eingesetzt werden kann.



Nachhaltige Mittelkonsole – Demonstrator im Projekt Cyclometric

## Extremleichtbau für Luftfahrtanwendungen

Für Entwicklungen in der Luft- und Raumfahrt hat die Gewichtsreduzierung zentrale Bedeutung. Der Einsatz von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK), kombiniert mit funktionsoptimiertem Design des Bauteils, ist dabei ein wesentlicher Ansatz.

Im Projekt VOLARE<sup>2</sup> wird am Beispiel des elektrisch angetriebenen Flugtaxi VoloRegion der Firma Volocopter der vorteilhafte Einsatz von 3D-Gewebe für leichte und leistungsfähige Faserverbundbauweisen demonstriert. Mit Hilfe der 3D-Webtechnologie wird eine CFK-Strukturkomponente des Fahrwerks nach einem völlig neuartigen Leichtbaukonzept hergestellt. Die 3D-Webtechnologie ermöglicht die Herstellung räumlich gewebter Faserstrukturen als Gewebepreform, wobei durch die hohe Gestaltungsfreiheit komplexe Bauteilgeometrien, lastoptimierte Krafteinleitungen und Gelenkfunktionen realisiert werden können. Insbesondere die Einleitung von Druckkräften in Faserverbundbauteile stellt im konventionellen Leichtbau eine große Herausforderung dar, da dies häufig zu Delaminationen führt. Hierzu liefert das Forschungsvorhaben VOLARE<sup>2</sup> Antworten.



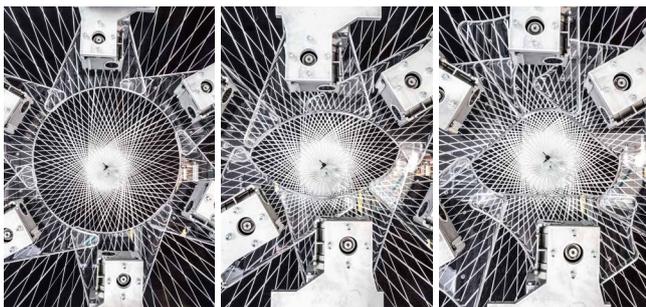
VoloRegion Flugtaxi

Durch den Einsatz der 3D-Webtechnologie in Kombination mit einer simulativen Gewebeentwicklung werden Bindungen für 3D-gewebte Krafteinleitungselemente entwickelt, die es ermöglichen, Druckkräfte an Stellen einzuleiten, an denen dies bisher nicht möglich war. Der simulationsunterstützte Entwicklungsansatz ermöglicht es, die Ressourcen in der Entwicklung zielgerichtet einzusetzen und damit den Aufwand bei gleichzeitiger Steigerung der Ergebnisqualität zu reduzieren. So konnte bereits mit dem ersten Bauteil das Gewicht des Fahrwerks von ursprünglich 2,7 kg auf 1,9 kg reduziert werden. Das entspricht einer Einsparung von 30 Prozent. Die Auslegung, Optimierung, Fertigung und Erprobung erfolgt gemeinsam mit den Verbundpartnern DLR, Volocopter und Keim Kunststofftechnik.

## Projekt FlexiRing: Fertigung eines flexiblen Flechtrings

Für die Herstellung von FVK gibt es verschiedene Fertigungsverfahren. Häufig werden trockene Preforms erstellt, die anschließend imprägniert werden. Eine Möglichkeit zur Herstellung solcher Preforms ist die Flechttechnik.

Beim Flechten werden Spulen in entgegengesetzte Richtung umeinander geführt, ähnlich dem Maientanz. Um eine Preform zu erhalten, wird ein Flecht kern durch den Flechtring geführt, auf dem die Fäden abgelegt werden. Die Geflechtgeometrie wird bestimmt durch das Verhältnis von Flechtringdurchmesser zu Kerndurchmesser sowie durch die Kerndurchführungsposition, den Kerndurchführungswinkel, die Flechtgeschwindigkeit, die Abzugsgeschwindigkeit und auch durch das Verhältnis der Flechtringgeometrie zur Kerngeometrie. Für bestmögliche Bauteileigenschaften müssen die Fasern direkt am Kern anliegen und die Form des Kerns ideal abbilden. Für das optimale Anpassen des Geflechts an die Geometrie des Flecht kerns ist eine präzise Führung des Kerns durch den Flechtring sowie ein definierter regelmäßiger Abstand von Flechtring zu Kern entscheidend.



Verschiedene Einstellungen des FlexiRing: Rund, Oval und Dreieck

Um bei komplexen Strukturen mit wechselnden Querschnitten wie zum Beispiel einer Knotenstruktur den Flechtringdurchmesser anpassen zu können, wurde im Rahmen des IGF-Projekts ein flexibler Flechtring, der FlexiRing, entwickelt. Dieser besteht aus sechs drehbar gelagerten Segmenten, die linear verfahrbar sind. Die Segmente, haben vier unterschiedliche Seiten, zwei gekrümmte mit unterschiedlichen Radien und zwei gerade mit verschiedenen Längen, um diverse Konturen abbilden zu können. Die Segmente können bei Bedarf ausgetauscht und den jeweiligen Anforderungen der Bauteilquerschnitte angepasst werden. Damit kann sich der Flechtprozess weiter im Leichtbau etablieren und in seiner Wirtschaftlichkeit weiter vorangebracht werden.

## Natürlich unterwegs: Nachwachsende Sportstöcke aus Hanffasern

Die Nachfrage nach nachhaltigen Produkten wird immer größer, auch in der Sportbranche. Herkömmliche Sportstöcke bestehen oft aus Aluminium oder Carbonfasern, deren Herstellung energieintensiv und umweltbelastend ist. Eine nachhaltige Alternative bietet der Einsatz von Naturfasern, die ressourcenschonend sind.



Sportstock mit im Projekt Hanf-Profil hergestelltem Pultrusionsprofil

Im gemeinsamen BIPL BW Projekt Hanf-Profil haben die DITF und die Leki Lenhart GmbH nachhaltige Sportstöcke aus Hanffasern und einer biobasierten Matrix entwickelt. Ziel war es, eine umweltfreundliche Alternative zu den herkömmlich verwendeten Materialien zu entwickeln, die sowohl leistungsfähig als auch umweltschonend ist. Um die robusten Sportstöcke herzustellen, wurde das energieeffiziente Pultrusionsverfahren genutzt, das auch für die Produktion von Profilen im Fahrzeugbau angewendet wird.

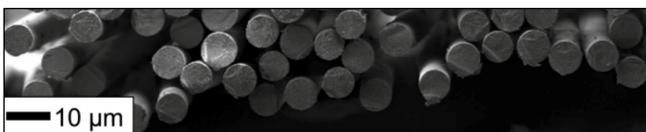
Ein zentraler Fortschritt des Projekts war die Entwicklung von Hanf-Rovings, die eine sehr gute Verarbeitbarkeit und Materialperformance ermöglichen. Zudem wurde eine biobasierte Matrix auf Basis von epoxidisiertem Leinsamenöl entwickelt, die eine hohe Belastbarkeit gewährleistet. Die hergestellten Sportstöcke bestehen ausschließlich aus Hanffasern als Verstärkungskomponente und erreichen einen Faservolumengehalt von 40%. Der gesamte Bioanteil lag bei über 60%. Damit sind sie eine der nachhaltigsten Alternativen auf dem Markt.

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Biocomposites and More GmbH, mit trei.cc, CG TEC und Steinhuder Werkzeugbau realisiert. Die erfolgreiche Umsetzung zeigt, dass nachhaltige Alternativen nicht nur theoretisch machbar, sondern auch praktisch umsetzbar sind. Hanf-Profil setzt damit ein Zeichen für umweltfreundliche Innovationen in der Sportbranche.

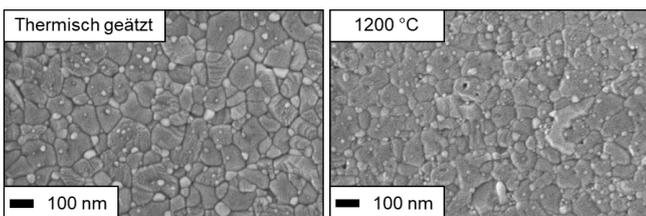
## Oxidische Keramikfasern für die Luftfahrt der Zukunft

Oxidkeramische Verbundwerkstoffe werden aufgrund ihrer Vielzahl außergewöhnlicher Eigenschaften und steigender Anforderungen, nicht zuletzt aufgrund der Energiewende, immer interessanter. Anwendungen finden sich im Bereich der chemischen Prozess- und Verfahrenstechnik, in stationären Gasturbinen (Energieerzeugung), in Flugturbinen, Raketen und Raumfahrzeugen.

Für die Werkstoffe werden an den DITF seit vielen Jahren hochwertige Oxidkeramikfasern entwickelt. Solche Fasern sind der Schlüssel für High-End Anwendungen, bei denen hohe Anforderungen an die Temperaturstabilität, Kriechbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit sowie die Verarbeitbarkeit zu textilen Flächen bestehen. Die DITF verfolgen dabei das Ziel, über einen Know-how-Transfer ihrer Technologie in die Industrie eine alternative Faserquelle in Europa zugänglich zu machen.



ZTM15-Keramikfaserbündel



REM-Aufnahmen von Faserquerschnitten von ZTM15-Keramikfasern thermisch geätzt und nach thermischer Auslagerung bei 1.200 °C für 25h

Weiterhin stehen die Entwicklung und Optimierung neuer Materialzusammensetzungen im Fokus der Forschungsaktivitäten, um neue vielversprechende Anwendungsperspektiven dieser Fasern zu eröffnen. Durch Kooperationen mit hochrangigen Forscherteams zum Studium der Strukturbildung innerhalb der Fasern sowie durch die weitere Investition in die technische Ausstattung an den DITF ist es gelungen, das Verständnis der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen zu vertiefen und den komplexen Herstellungsprozess weiter zu optimieren.

Der erfolgreiche Weg der Keramikfaserforschung an den DITF zeigt sich u.a. in der nun erfolgten Patenterteilung der neu entwickelten, Zirkoniumoxid verstärkten Mullitfaser, die mit verbesserten thermomechanischen Eigenschaften punktet.

## CELLUN – ein Faserverbundwerkstoff aus Biopolymeren auf Basis von Cellulose

Die DITF entwickeln gemeinsam mit den Partnern CG TEC, Cordenka, ElringKlinger, Fiber Engineering und Technikum Laubholz den Faserverbundwerkstoff CELLUN. Dieser Werkstoff ist eine nachhaltige Alternative zu Glas- und Carbonfasern und kann in etablierten industriellen Verfahren wie Heißpressen oder Pultrusion verarbeitet werden.

Das Kernkonzept von CELLUN umfasst die Herstellung von faserverstärkten Verbundwerkstoffen aus endlosen, hochfesten und nicht schmelzbaren Cellulosefasern als Verstärkungsfasern und thermoplastischer, derivatisierter Cellulosefasern als Matrix. Die Verstärkungsfasern sind kommerzielle Regeneratfasern als auch Regeneratfasern, die mithilfe der ionischen Flüssigkeitstechnologie der DITF entwickelt und produziert werden. Die Verstärkungs- und Matrixfasern werden weiter zu Hybridgarnen und/oder Hybridgeweben verarbeitet. Die Garne kommen direkt in der Thermoplastpultrusion zum Einsatz; die Gewebe werden zu vorkonsolidierten Halbzeugen, den sogenannten Organoblechen, verarbeitet.

Der Fokus liegt auf der vollständigen Wiederverwertung des CELLUN-Materials nach seiner Nutzungsdauer. Die thermoplastische Matrix ermöglicht die Kreislaufführung des Materials nach dem End of Life (EOL). Einerseits besteht die Möglichkeit, CELLUN-Formteile thermisch umzuformen, ohne dass Qualitätsverluste auftreten. Andererseits wird die vollständige chemische Trennung der CELLUN-Materialien in ihre Einzelkomponenten untersucht, sodass diese wieder als Rohstoffe verwendet werden können.

Die CELLUN-Werkstoffe bieten einen substanziellen Vorteil im Markt für technische Halbzeuge, insbesondere im Leichtbau- und Automobilsektor. Sie sind umweltfreundlich, ressourcenschonend und kostengünstig. Durch die Verwendung nachwachsender Biopolymere trägt CELLUN zum Umwelt- und Klimaschutz bei, indem es herkömmliche Kunststoffe aus fossilen Rohstoffen ersetzt.



Hinten: Organobleche auf Basis von Cellulose  
Mitte: Hybridgarn (cellulosebasierte Matrix- und Verstärkungsfaser)  
Vorne: Drehergewebe aus Hybridgarnen





# 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
- > Energiegewinnung durch Einsatz technischer Textilien
- > Einsatz von Schafwolle als Energiespeicher
- > Textile Werkstoffe zur Trinkwassergewinnung aus Nebel und industrieller Aerosolabscheidung
- > Recycling-Technologien für Hochleistungsfasern und beschichtete Textilien
- > Nachhaltige Herstellung von Denimprodukten
- > Entwicklung Faserverbundwerkstoffe Lignincompounds als Matrix
- > Nachhaltigkeitsinformationen entlang der textilen Wertschöpfungskette mithilfe von Workflows und Cloudstrukturen
- > Kreislaufwirtschaft

## 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-Wasserreinigung und CO<sub>2</sub>-Absorption, Leichtbauentwicklungen, Isolier-, Dicht- und Dämmstoffen für Gebäude, Energiespeicher 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. Mit Hilfe von Bakterien lassen sich aus Alttextilien neue Biopolymere herstellen. Die Weiterentwicklung der Schallabsorption im Heim- und Mobilbereich ist weiterhin ein Forschungsthema. Die direkte Absorption und Desorption von Kohlenstoffdioxid aus der Umgebungsluft wird durch neuentwickelte 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 recyklierbar 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 für die Faserherstellung als auch für die 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.

## CORA: CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Luft für Power-to-X-Prozesse

Durch die Förderung und Verbrennung fossiler Brennstoffe kommt es zu einer Anreicherung von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre, die zur globalen Erwärmung des Klimas führt. Um die Erderwärmung auf einen geringen Anstieg zu begrenzen, müssen der Atmosphäre bis Ende dieses Jahrhunderts laut Weltklimarat ca. 1.000 Gigatonnen CO<sub>2</sub> entzogen werden. Natürliche Mechanismen reichen hierzu nicht. Lösungen bieten sogenannte Direct Air Capture Prozesse, mit denen auf chemischem oder physikalischem Weg die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre verringert werden kann.



Bandapparat mit integriertem Vlies als Demonstrator

### Ausgezeichnetes Material

Im Rahmen des CORA-Projektes wurde an den DITF ein DAC-Material auf Basis von chemisch modifizierten Cellulosevliesen entwickelt. Die Erfindung wurde bereits 2023 mit dem Best CO<sub>2</sub> Utilisation Innovation Award ausgezeichnet. Grundlage für die DAC-Aktivität ist die Interaktion der Materialoberfläche mit CO<sub>2</sub> und Wasser aus der Atmosphäre. Die beiden Gase werden an die Oberfläche sorbiert und anschließend in konzentrierter Form desorbiert. Im Dezember 2024 ging beim ZSW ein Demonstrator in Betrieb, bei dem das entwickelte Material – in Form eines 10m langen Vlieses – in einem kontinuierlichen Prozess die Gase adsorbiert und desorbiert. Für das von der EU und vom Bundesforschungsministerium geförderte Projekt wurden neben dem Aufbau des Demonstrators umfangreiche LCA-Berechnungen vom ifeu Institut durchgeführt, wodurch sich ein ganzheitliches Konzept ergibt.

## Nachhaltige Farbgebung für Denimprodukte

Das Färben von Jeansstoffen verbraucht extrem viel Wasser und Energie und verursacht eine sehr hohe Abwasserbelastung durch Chemikalien und nicht fixierte Farbstoffe. Häufig werden für die Farbgebung einer Jeans weit mehr als 100 l Wasser verbraucht. Hinzu kommen erhebliche Emissionen durch Laserbehandlung und Stonewash-Effekte, um einen modischen Vintage-Look zu erreichen.

### Jeans-Optik wird aufgedruckt

Im Rahmen des Entwicklungsprojektes „DENIMPRINT“ wurde erstmals das digitale Pigmentdruckverfahren zur Farbgebung von Denimware angewandt. Da beim Pigmentdruck nicht nachgewaschen werden muss und die finale Jeans-Optik als digitales Abbild auf den Stoff aufgedruckt wird, ist das Verfahren vollkommen wasserfrei und es kann auch auf die emissionsreichen Laser- und Stonewash-Nachbehandlungen verzichtet werden.

Im Projekt wurden dafür geeignete Pigmentdrucktinten identifiziert und die erforderlichen Druckparameter und geeignete Warenvorbereitungen entwickelt. Ergebnis ist eine fantastische Denim-Optik und einwandfreie Echtheitseigenschaften des finalen Produkts. Die Nachhaltigkeit des neuen Verfahrens wurde quantifiziert und mit Zahlenwerten belegt. So wird es möglich, Denim-Ware unter Einhaltung hoher sozialer Standards unter Vermeidung von Kinderarbeit und ohne ungeschützten Umgang mit Chemikalien nachhaltig, regional und äußerst ressourcenschonend auch wieder in Deutschland herzustellen.



Gedruckte Gesäßtasche einer Jeans

## Schutzbeschichtungen für Garne mit thermoplastischem Lignin

Lignin ist ein natürlicher Bestandteil von Holz, der bei der Papierherstellung als Nebenprodukt anfällt und zur Energiegewinnung verbrannt wird. Lignin weist jedoch für textile Beschichtungen interessante Eigenschaften wie Flammenschutz, UV-Schutz und antibakterielle Eigenschaften auf. Die Verarbeitung von Lignin für Textilbeschichtungen ist jedoch bisher sehr limitiert, sodass das Anwendungspotenzial nicht voll ausgeschöpft werden kann.

Im Projekt „FormLig“ wurde vom Projektkonsortium Buck GmbH, spek Design und DITF ein frei verformbarer Verbundwerkstoff mit Lignincompounds als Matrix entwickelt und hergestellt. Die DITF entwickelten die Auftrags-technik der Compounds auf Einzelgarne anhand einer modifizierten Kabelummantelungsdüse an einem Extruder. Buck GmbH verarbeitete die Garne zu Gestriicken und spek Design erarbeitete die Anwendungsfelder und den Bau von Demonstratoren.



Lampenschirm aus Lignin-beschichteten Garnen

Es wurde gezeigt, dass Naturfaser- und Viskosefilamentgarne unterschiedlicher Titer beschichtet werden können. Die daraus hergestellten Rund- und Flachgestricke können leicht drapiert und durch Heiß-Verpressen in ihrer Form fixiert werden. Auf diese Weise wurden zwei verschiedene Lampenschirme und ein Sitzbezug als Demonstratoren hergestellt.

Im Gegensatz zu unbeschichteten Naturfaser- und Viskosegestriicken bestehen die Gestricke aus beschichteten Garnen die Brandprüfung für den Einsatz im Fahrzeuginnenraum nach DIN 75200 1980 09.

## EU-Projekt VIBES – Vollständig biobasierte Komposite

Im EU-Projekt VIBES werden unter Beteiligung der DITF im Kompetenzzentrum Hochleistungsfasern vollständig biobasierte Komposite entwickelt. Das Konsortium umfasst dabei 13 Partner entlang der Wertschöpfungskette. Neben biobasierten Harzen werden auch biobasierte Carbonfasern aus Lignin-haltigen Fasern entwickelt.



Gewebe aus Lignin und ein Carbonfaserpatch aus Lignin

Die DITF haben in VIBES ein neues Verfahren entwickelt, um direkt Carbonfasergewebe aus vollständig biobasierten Rohmaterialien herzustellen. Aus einem Gemisch von Lignin und thermoplastischer Cellulose werden Compounds hergestellt und im Pilotmaßstab durch Schmelzspinnen im Maßstab bis 100kg zu Endlosfasern mit gleichbleibender Qualität verarbeitet. Diese Fasern können endlos stabilisiert und carbonisiert werden. Es ist im Projekt aber auch gelungen, die lignin-haltigen Fasern direkt zu großflächigen Halbzeugen – sowohl zu unidirektionalen Gelegen als auch zu Geweben – zu verarbeiten. Die Gewebe können durch eine chemische Vorbehandlung und durch Luftoxidation und Carbonisierung zu echten Carbonfasergeweben verarbeitet werden.

Selbst kleine Anteile von Lignin in den Fasern erhöhen deutlich die Kohlenstoffausbeute und damit die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens bei der Herstellung der neuartigen Carbonfasern. Die Carbonfasergewebe lassen sich künftig bis in den Quadratmeterbereich skalieren und können für Low-cost-Anwendungen etwa im Bau-sektor oder auch für den Sportsektor genutzt werden.

Ein bedeutender Vorteil der entwickelten biobasierten Carbonfasern liegt in ihrer Nachhaltigkeit. Im Vergleich zu herkömmlichen Carbonfasern, die aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden, bieten die neuen Materialien eine deutlich reduzierte CO<sub>2</sub>-Bilanz. Dies macht sie besonders attraktiv für Anwendungen, bei denen Umweltaspekte eine zunehmende Rolle spielen.

## Nachhaltigkeitskommunikation in der textilen Wertschöpfungskette

Nachhaltigkeit hat sich zu einem zentralen Thema in der Textilbranche entwickelt, das Unternehmen vor komplexe Herausforderungen, insbesondere aufgrund ihrer Lieferkettenstruktur, stellt. Um diese zu bewältigen, wurde im IGF-Projekt „NaTex“ ein innovatives Framework zur Ermittlung und Kommunikation von Nachhaltigkeitsinformationen entwickelt.

Dieses cloudbasierte System ermöglicht eine systematische Erfassung und Kommunikation von Nachhaltigkeitsdaten (z. B. CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, Materialzusammensetzung, Recyclinganteil) entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Es definiert klare Schnittstellen und Aggregationsstufen, berücksichtigt die Datenqualität und erlaubt eine Auswertung der ökologischen und sozialen Auswirkungen von Produkten. Die Flexibilität des Frameworks ermöglicht es Unternehmen, sowohl einfache als auch komplexe Nachhaltigkeitsabfragen, wie z. B. für den digitalen Produktpass, präzise zu beantworten, und damit transparente Kommunikation und datengestützte Entscheidungen zu fördern.



Nachhaltigkeitsinformationen – die DNA textiler Produkte

Diese Informationen können genutzt werden, um weitergehende Nachhaltigkeitsbewertungen von Produkten zu ermöglichen. Im EU-Forschungsprojekt Trick wurde unter anderem der On-line „Material Circularity Index“ entwickelt, der als Web-Service Aussagen über die Kreislauffähigkeit eines Produktes trifft. Dazu werden u. a. Materialzusammensetzung, Produktherstellung, Wieder- und Weiterverwertung, Abfälle und die Nutzung von Rezyklaten berücksichtigt.

Das Framework stellt einen bedeutenden Fortschritt dar, da es die Erfassung, Verarbeitung und Kommunikation von Nachhaltigkeitsdaten in der Textilbranche erheblich vereinfacht und Unternehmen bei der kontinuierlichen Verbesserung ihrer Nachhaltigkeitsleistung unterstützt.

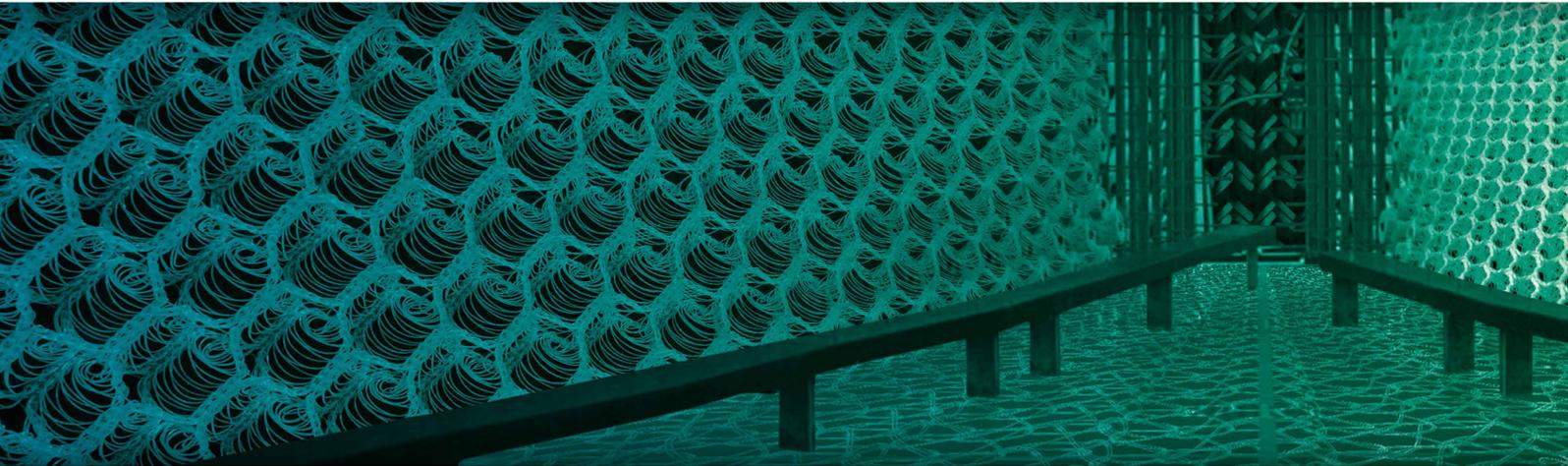
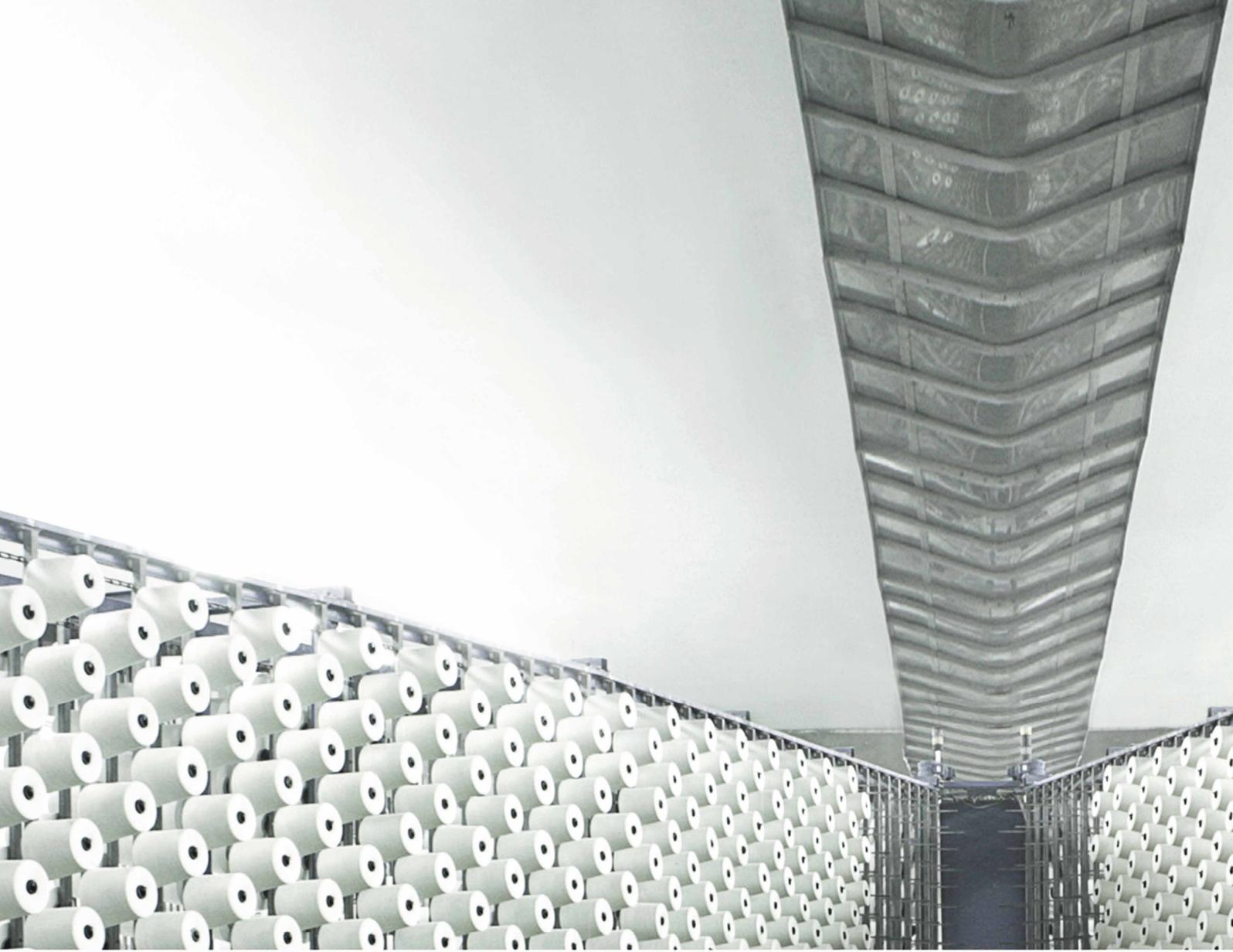
## Unterstützung der KMU bei der Transformation zur Kreislaufwirtschaft

Die Kreislaufwirtschaft steht im Mittelpunkt eines dringend notwendigen Paradigmenwechsels. Das lineare Wirtschaftssystem, welches seit langem den Umgang mit Produkten bestimmt, führt zu steigendem Ressourcenverbrauch und Abfall. Um die Kapazitäten zu senken, müssen Produkte länger verwendet und wertvolle Rohstoffe nicht mehr verbraucht, sondern in einem steten Kreislauf möglichst lange eingesetzt werden. Die Umstellung auf die Kreislaufwirtschaft ist allerdings kein Selbstläufer: sie benötigt in vielen Fällen die Investition in neue Verfahren und Technologien, die Anpassung von Geschäftsmodellen und die Schulung von Mitarbeitenden.

Im Folgenden werden zwei Projektvorhaben vorgestellt, die hier ansetzen. Das erste ist das durch das BMWK geförderte Mittelstand-Digital Zentrum Smarte Kreisläufe, das mittelständische Unternehmen bei der Verankerung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft unterstützt. Dies geschieht aktuell über ein Trendradar, das zur Orientierung die wichtigsten Bereiche rund um das Thema Kreislaufwirtschaft vorstellt, ebenso wie Regularien auf europäischer und nationaler Ebene, z. B. den Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft oder die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie. Das zweite Projektvorhaben, ein IGF-Projekt mit dem Akronym „CirclE“, entwickelt ein branchenspezifisches Angebot, in Form eines Einführungskonzeptes zur Etablierung von Kreislaufwirtschaft, für den Bereich technische Textilien. Dieses Angebot beinhaltet ein Tool zur Selbsteinschätzung sowie darauf abgestimmte Strategien und Maßnahmen zur Umsetzung mit Schulungsmaterialien.



Die aktuelle Broschüre „Trendradar Kreislaufwirtschaft“





# 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. Durch angepasste und neue Produktionstechnologien wird die Transformation zu einer digitalen und nachhaltigen Kreislaufwirtschaft gelingen. Aktuelle Forschungsschwerpunkte zeigen den technologischen Wandel durch Digitalisierung und Künstliche Intelligenz sowie 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.

Carbon- und andere Hochleistungsfasern 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 Carbon- und Hochleistungsfasern und deren 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.

## EU-Projekt SOLSTICE: 5R-Lösungen für eine zirkuläre Textilwirtschaft

Die DITF sind Teil des seit 28. Mai 2024 durch die Europäische Union geförderten Projekts SOLSTICE. Das Projekt adressiert wichtige soziale und technische Herausforderungen in der Textilindustrie. In vier europäischen Regionen – Grenoble in Frankreich, Berlin in Deutschland, Prato in Italien und Katalonien in Spanien – demonstriert das Projekt aktiv die Umsetzung klimaneutraler Praktiken und den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft speziell für den Textilsektor.



Kick-off Meeting in Lyon

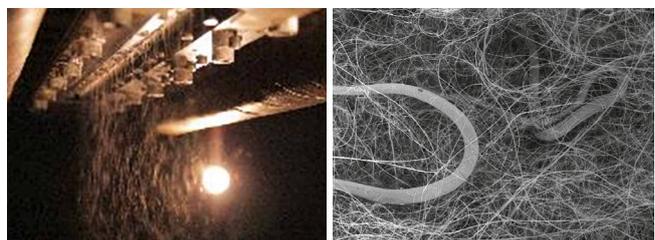
SOLSTICE basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz, der alle Phasen der Abfallvermeidung und -bewirtschaftung umfasst und von einer 5R-Strategie geleitet wird: Verwerfen/Reduzieren (Refuse/Reduce), Wiederverwenden (Reuse), Reparieren, Umnutzen (Repurpose) und Recyceln. Als Teil eines Konsortiums von 24 Partnern setzen die DITF zum einen das Pilotprojekt und den Demonstrationsanwendungsfall für das Recycling von Polyamid (PA) um. Zum anderen leiten die DITF das Arbeitspaket für Integrations- und Nachhaltigkeitsbewertungen und führen eine Ökobilanz der betrachteten vier Polymerrecyclingverfahren sowie eine technisch-wirtschaftliche Bewertung für diese Verfahren durch.

## Fluorfreie Befeuchtermembranen mit Feinstfaservliesstoffen für PEM-Brennstoffzellen

Das Kompetenzzentrum Chemiefasern und Vliesstoffe der DITF arbeitet u.a. an der Entwicklung von Feinstfaservliesstoffen mit Faserdurchmessern im Mikrometer- und Nanometerbereich. Auch zur „Technologieoffensive Wasserstoff“ des BMWK wird in diesem Arbeitsfeld über das laufende Projekt „FLUID“ ein Beitrag geleistet. Zusammen mit der FUMATECH BWT GmbH, der BASF SE und der Spiraltec GmbH sowie mit den Kolleginnen und Kollegen des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik haben sich die DITF das Ziel gesetzt, sowohl neuartige Fluor-freie Flachmembranen wie auch ein neues, gewickeltes Moduldesign für Membranbefeuchter zur Anwendung in PEM-Brennstoffzellen zu entwickeln und zu validieren.

Feinstfaservliesstoffe der DITF finden darin als „ultra-feine“ Stützstrukturen für die Membranentwicklung Anwendung und bestehen aus anspruchsvollen Hochleistungspolymeren wie PSU, PESU, PPS oder PEEK. Diese Polymere können aus der Schmelze teilweise erst bei Temperaturen von über 400°C über das etablierte Meltblow-Verfahren oder alternativ über das Elektro-Zentrifugenspinverfahren der DITF aus Lösungsmitteln zu Feinstfaservliesen verarbeitet werden. Eine Verfestigung und Stabilisierung dieser Feinstfaservliesstoffe kann im Nachgang über eine Thermobond- oder Ultraschallkalandrierung erfolgen, um das Eigenschaftsprofil weiter zu optimieren.

Die Abbildung zeigt ein neuartiges Feinstfaser-Meltblownvlies aus PESU, das auch in anderen Anwendungsfeldern mit hohen Materialanforderungen eine fluorfreie und kostengünstige Alternative bieten kann. Sind noch feinere Faserdurchmesser gefordert, eröffnet das Elektro-Zentrifugenspinverfahren mit seinen Nanofaser-Varianten, vorzugsweise gesponnen aus grünen Lösungsmitteln, weitere Optionen. Erste Prototypen wurden bereits erfolgreich produziert und werden in der verbleibenden Projektlaufzeit weiter optimiert.



REM-Aufnahme eines PESU-Feinstfaservlieses (rechts) aus dem DITF Meltblowprozess (links)

## Effiziente Charakterisierung von leitfähigen Textilien durch innovative Prüfstandstechnologien

Die Entwicklung von textilen Sensoren ist oft zeit- und kostenintensiv, da eine Vielzahl von Parametern berücksichtigt werden muss. Künstliche Intelligenz (KI) kann Muster in komplexen Daten erkennen. Im IGF-Vorhaben „KI-Sensor“ wird daher eine KI entwickelt, die elektrische Eigenschaften von leitfähigen Garnen und piezoresistiven Drucksensoren vorhersagt. Ein zentraler Aspekt ist dabei, welche Garnmerkmale für die Sensorentwicklung relevant sind. Es stellte sich heraus, dass die aktuell erfassten Garnmerkmale unzureichend sind. Neben den bisherigen Eigenschaften spielen auch die Kreuzungspunkte der Garne in der textilen Fläche sowie der Widerstandsverlauf bei unterschiedlichen Kraft-Dehnungseigenschaften eine wichtige Rolle.



Statimat mit Sonderklemmen für die Messung der Kraft-Dehnungswiderstandseigenschaften von leitfähigen textilen Flächen

Daher wurde zum einen ein neuer Prüfstand umgesetzt, der die Messung des Widerstands an diesen Kreuzungspunkten ermöglicht, wobei auch der Kreuzungswinkel und Zugspannungen variiert werden können. Zum anderen wurde ein neues Prüfgerät genutzt, das die Kraft-Dehnungseigenschaften und die Leitfähigkeit von Garnen zeitgleich messen kann, wofür bisher separate Prüfungen mit eingeschränkter Aussagekraft notwendig waren.

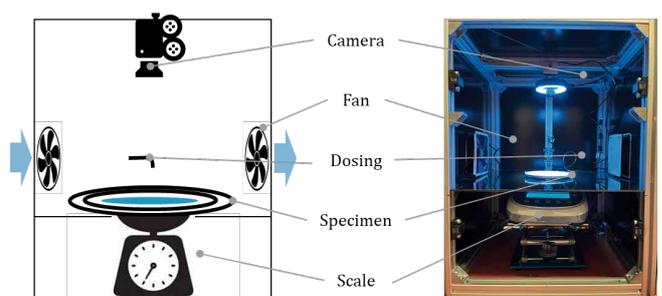
Mit dem neuen Statimat mit integrierter Widerstandsmessung ist nun eine automatische, kombinierte Messung der Dehnung, Zugfestigkeit und des elektrischen Widerstands von Garnen und textilen Flächen während einer Zugprüfung oder Wechselbelastung möglich. Dies führt zu einer Reduktion des Arbeits- und Zeitaufwands. Darüber hinaus sind die Ergebnisse dieses innovativen Prüfgeräts aussagekräftiger als die bisherigen Prüfverfahren und verbessern damit die Charakterisierung leitfähiger Textilien erheblich.

## Porenstruktur von Gestriicken: Einfluss auf den Flüssigkeitstransport

In der Prozessierung und Anwendung von Textilien ist der Transport von Flüssigkeiten durch und in den Strukturen ein kritischer Parameter. Da garnbasierte Textilien, anders als Papiere oder klassische Vliese, eine heterogene, mehrskalige Struktur aufweisen, sind Benetzungs- und Kapillartransportvorgänge in der Fläche sehr komplex. Durch die Garn- und Flächenbildenden Prozesse können sie aber auch in weiten Bereichen eingestellt werden.

Gestricke finden seit jeher in körpernah getragener Bekleidung Anwendung. Durch die mäandrierende, offene Struktur schmiegt sich die Fläche an den Körper an und sorgt für eine gute Atmungsaktivität. Im DFG-Forschungsvorhaben „Porenstrukturabhängiger Wärme- und Stofftransport“ wurde der Fokus auf die Analyse und das Design des Porenraumes in der Struktur gelegt. Im Kooperationsprojekt mit dem Institut für Chemische Verfahrenstechnik (ICVT Universität Stuttgart) stand für die DITF die Herstellung definierter Porensysteme im Strickprozess und die experimentelle Bestimmung von deren Eigenschaften im Fokus.

Um den Einfluss des Flüssigkeitstransportes in der Struktur auf das Trocknungsverhalten zu untersuchen, wurde ein kombinierter Prüfstand aufgebaut. In diesem kann der Einfluss von Garn- und Strickparametern auf den Kapillartransport und dessen Interaktion mit Trocknungsprozessen untersucht werden. Parameterstudien mit Polyester-Gestriicken zeigen, dass die Benetzungseigenschaften und die Maschenstruktur vor allem den Flüssigkeitstransport beeinflussen, die Garnstruktur jedoch bei der Trocknung der kritische Parameter ist.



Prüfstand zur kombinierten Messung des Flüssigkeitstransport- und Trocknungsverhaltens

## Schmelzspinnen an der Oerlikon-BCF-Anlage

Bereits 2023 haben die DITF mit Unterstützung des Landes Baden-Württemberg das Schmelzspinnzentrum 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 für die Entwicklung und Anwendung neuer Materialien und Chemiefasern.

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 Spinnzentrum mit der neuen Bikomponenten-Spinnanlage in industrieller Größenordnung ideale Bedingungen, die in 2024 in vielen Projekten genutzt werden konnten.



Bikomponenten-BCF-Spinnanlage der Firma Oerlikon Neumag

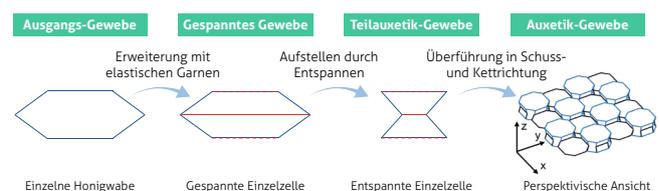
Das BCF-Verfahren (bulk continuous filaments) erlaubt eine spezielle Bündelung, Aufbauschung und Verarbeitung der (Multifilament-) Fasern. Dieses Verfahren ermöglicht die großskalige Herstellung von Teppichgarnen sowie die Stapelfaserproduktion, ein Alleinstellungsmerkmal in einem öffentlichen Forschungsinstitut. Ergänzt wird die Anlage unter anderem 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 beiträgt. Außerdem konnte in 2024 ein neuer Compounder für die Entwicklung von funktionalisierten Polymeren und für das energiesparende thermomechanische Recycling von Textilabfällen eingesetzt werden.

## Auxetische Webstrukturen

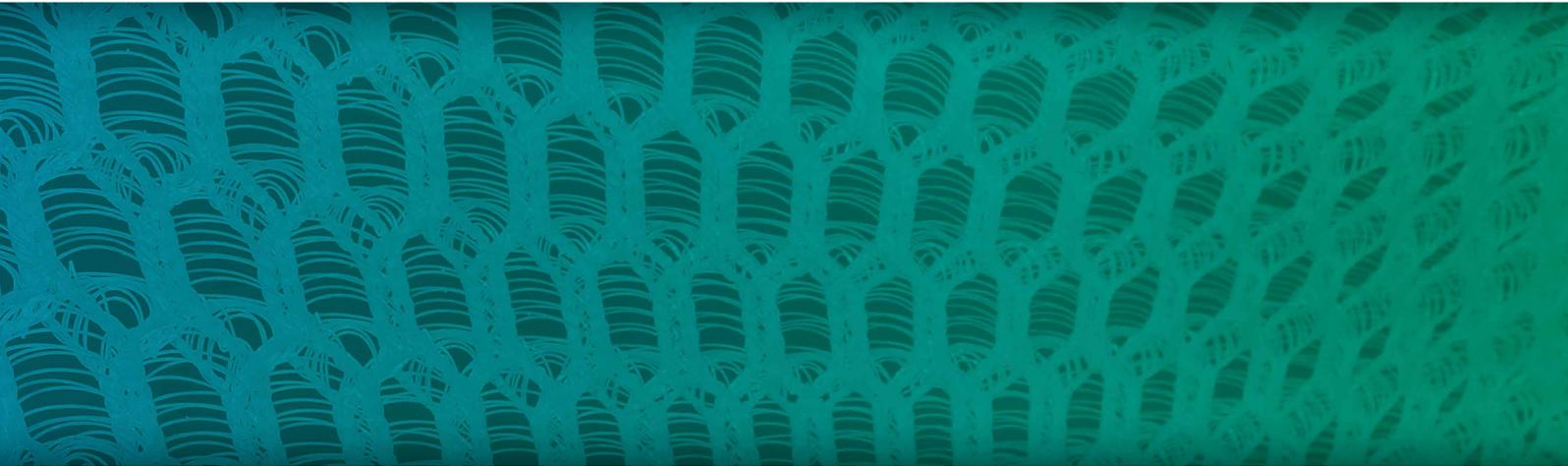
Die Vereinbarkeit von Sicherheit und Tragekomfort ist insbesondere im Kontext der Anwendung von textilem Sicherheitsequipment, das eng am Körper getragen wird, nicht immer leicht umzusetzen. Es ist festzustellen, dass Textilien in vielen Fällen nur geringen Schutzansprüchen genügen, auch wenn die Anzahl der Lagen, die dann dauerhaft zu tragen sind, mit steigenden Standards zunimmt. In diesem Kontext werden innovative Ansätze in Bezug auf die Schutzwirkung und Tragekomfort erwünscht.

Ein solcher kombinierter Ansatz wird im Forschungsprojekt „Auxetische Webstrukturen“ verfolgt. Darin wird die Entwicklung eines Gewebes mit einer negativen Querkontraktionszahl  $\nu_{xy}$  angestrebt. Ein solches Gewebe weist bei einer Druckbelastung eine Verdichtung des Materials auf, wodurch die einwirkende Kraft in konzentrierter Form abgebaut werden kann. Im Falle einer Zugbelastung hingegen ist eine Vergrößerung des Gewebesvolumens zu beobachten, was einer Belüftung oder verbesserten Drapierung zugutekommt.

Im dargestellten Beispiel (siehe Abb.) findet das sogenannte Raute-Falt-Modell Anwendung. Durch das Einsetzen von sich verkürzenden Garnen kann die Struktur als Honigwabe gewebt und nach Abschluss des Webprozesses in die auxetisch wirkende Sanduhrstruktur überführt werden. Im Projekt konnte nachgewiesen werden, dass die Herstellung von Geweben mit einem signifikanten auxetischen Effekt möglich ist und sich der Effekt insbesondere bei kleiner Zellgröße verstärkt manifestiert. Dies ist dadurch zu begründen, dass sich bei kleineren Strukturgrößen höhere Steifigkeiten in den Auxetikzellen erzielen lassen. Weitere Gewebestrukturen werden entwickelt.



Entwicklungsschritte des auxetischen Strukturaufbaus





# 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 FlammSchutzausrüstungen und -beschichtungen
- > Ausrüstung über physikalische Verfahren (UV, ESH, Plasma)
- > Innovative carrierfreie Färbverfahren 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
- > Digitale Farbgebung und Funktionalisierung von Textilien
- > Verfahren zur Signierung von Textilien zur Nachverfolgbarkeit und Vermeidung von Produktpiraterie
- > Virtuelle Produktentwicklungs- und Retailerfeedbackprozesse in der Bekleidungsindustrie
- > Sustainable Product Design, Recycling und Circular Economy

# Bekleidung und Heimtextilien

## Sustainable Product Design

Die Verabschiedung des „Green Deal“ durch die EU-Kommission im März 2022 und die darin enthaltene Ökodesignverordnung 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.

## Entwicklung nachhaltiger Kunstleder als Modell für nachhaltige Entwicklungen

Modellhaft können aktuelle Entwicklungen aus dem Bereich der Kunstleder angeführt werden. Breite Beachtung in der Industrie finden zum Beispiel die zusammen mit dem Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen in Freiberg (FILK) durchgeführten Arbeiten zur Herstellung eines rezyklierbaren, gleichzeitig auch kompostierbaren (End-of-life-Szenario) Kunstleders aus biobasierten Polymeren. Unter Nutzung des biobasierten und bioabbaubaren Rohstoffs Polybutylensuccinat (PBS) wurden Verbunde aus einem PBS-Gewebe plus mehrschichtiger PBS-Beschichtungsmatrix hergestellt.

Die ersten Prototypen stoßen in der Industrie auf großes Interesse und dienen als Grundlage für weitere Optimierungen in Bezug auf den Materialaufbau. Der Herstellungsprozess geht rein über die Schmelze – sowohl der Primärspinnprozess von PBS-Filamenten als auch die

Extrusionsbeschichtung mit PBS. Ein etwas anderer Ansatz wird in einem aktuellen EU-Projekt gewählt. Hier ist es das Ziel, ein sortenreines Kunstleder rein auf Cellulosebasis herzustellen. Grundlage dafür sind das an den DITF entwickelte Direktspinnverfahren für Cellulose aus ionischen Flüssigkeiten sowie die in 2024 erarbeiteten Möglichkeiten zur Beschichtungsapplikation von Cellulose für die Herstellung von beschichteten Verbunden. Die neuen alternativen Kunstleder können für den Bereich Accessoires, Interieur, Bekleidung und Heimtextilien aber auch für die Automobilindustrie neue Geschäftsfelder und Innovationen entwickeln.

## Textilrecycling

Im Rahmen der EU-Textil-Strategie sowie der europäischen Ökodesign-Verordnung wird intensiv über eine Mindestzyklat-Quote für Konsumtextilien und Bekleidung diskutiert. In diesem Zusammenhang stellt sich die zentrale Frage, ob ausgelobte Rezyklat-Anteile in einem Textil- oder Bekleidungsprodukt tatsächlich und zuverlässig nachgewiesen werden können. Wie die Ergebnisse eines vom Verband textil+mode initiierten Projekts, bei dem die DITF Partner waren, zeigten, ist die Nachweisführung von Rezyklaten am Textilien-Endprodukt, insbesondere bei komplexen Materialmischungen, äußerst schwierig und mit erheblichen technischen sowie praktischen Hürden behaftet. Diesbezügliche analytische Möglichkeiten werden derzeit an den DITF für Baumwolle und PET installiert.

Im Bereich Bekleidung verdienen aktuell 2 EU-Projekte besondere Erwähnung. Zum einen das Projekt „Solstice“ (siehe Kapitel „Produktionstechnologien“), in welchem es um die Entwicklung von alternativen Recyclingverfahren für bestimmte Stoffströme bei Pre- und Post-consumer „waste“ geht. Zum anderen das Projekt „FiberLoop“, welches sich auf die Kreislaufschließung bestimmter Verarbeitungsprozesse und Lieferketten konzentriert.

## Ist eine Recyclingquote überhaupt umsetzbar?

Im Rahmen der EU-Textil-Strategie sowie der europäischen Ökodesign-Verordnung wird intensiv über eine Mindest-Rezyklatquote für Konsumtextilien und Bekleidung diskutiert. In diesem Zusammenhang stellt sich die zentrale Frage, ob ausgelobte Rezyklat-Anteile in einem Textil tatsächlich und zuverlässig nachgewiesen werden können. Im Fokus stehen vor allem Textilien aus den beiden mengenmäßig am häufigsten verwendeten Fasern Baumwolle und PET.

Der Anteil an rezykliertem PET (rPET) als Granulat oder Chip beträgt, bezogen auf den Gesamtmarkt, bei PET derzeit etwa 13 %. Hiervon wiederum stammen fast 98 % aus Flaschengranulat. Der Anteil von rPET, das aus Pre- oder Postconsumer-Material in den textilen Kreislauf eingespeist wird, ist derzeit demnach noch sehr überschaubar. Angesichts der enormen Anstrengungen in Bezug auf das chemische und physikalische Recycling (CR bzw. PR) von PET darf erwartet werden, dass der Anteil von entsprechend produziertem rPET in den nächsten Jahren stark ansteigen wird. Unklar ist noch, inwieweit sich diese neu auf den Markt kommenden rPET-Typen hinsichtlich ihrer makromolekularen Eigenschaften der Produkte einordnen lassen.



Probeneingang im Prüflabor zur Überprüfung der Rezyklat-Anteile

### Analysetool zur Bestimmung von Recycling-PET

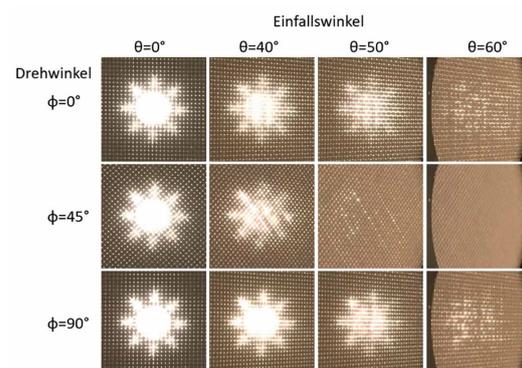
Wie die Untersuchungen an einer Vielzahl von PET-Textilien unterschiedlichster Provenienz zeigen, ist rPET aus Flaschengranulat mittels Differential Scanning Calorimetry (DSC) und – optional – gaschromatographisch relativ gut bestimmbar. Zur qualitativen und quantitativen analytischen Bewertung von rPET aus dem CR und PR fehlt generell jedoch noch eine verlässliche Datenbasis. Ein hierfür notwendiges KI-basiertes Analysentool aus verschiedenen Methoden wie z. B. DSC, intrinsischer Viskosität und Oligomerenanalyse wird derzeit an den DITF entwickelt.

## Abschirmwinkelbestimmung – Neue Möglichkeiten für Sonnenschutztextilien

Die Bedeutung von Tageslicht und einem sinnvollen Tageslichtmanagement spielt für das gesunde Umfeld eines Menschen eine wichtige Rolle und bietet weite Möglichkeiten, Energie einzusparen. Textile Tageslichtsysteme beeinflussen den Lichteinfall entweder als innen- oder außenliegender Sonnenschutz.

Eine in den Laboren der DITF neu entwickelte Prüfmethode erlaubt die Neubewertung des Blendschutzes von Sonnenschutzeinrichtungen und ist als Bestimmung des Abschirmwinkels in die Norm aufgenommen worden. Dieser Abschirmwinkel beschreibt, in welchem Ausmaß eine Sonnenschutzeinrichtung die Durchlässigkeit von direktem Licht ab einem bestimmten Einfallswinkel blockiert. In der aktuell gültigen Norm erfolgt die Quantifizierung des Blendschutzes durch die beiden Kenngrößen normaler und diffuser Lichttransmissionsgrad. Bei Sonnenschutzeinrichtungen mit einem Öffnungsgrad von 1-3 % kann eine Höherstufung in der Blendschutzklasse erreicht werden. Dies gilt für Abschirmwinkel von 65° oder kleiner. Dies ermöglicht nun die Entwicklung neuer Sonnenschutztextilien, die unter Einhaltung des Blendschutzes einen besseren Sichtkontakt nach außen ermöglichen.

Die Bestimmung des Abschirmwinkels erfolgt durch eine winkelabhängige Messung des direkten Lichttransmissionsgrads. Bei der Prüfung wird das Sonnenschutztextil vom Nullpunkt aus so lange gedreht, bis der direkte Lichttransmissionsgrad unter einen festgelegten Schwellenwert fällt. Dieser Vorgang wird nach einer schrittweisen azimutalen Drehung der Messprobe wiederholt und es können bis zu 29 Einzelmessungen zur Bestimmung des Abschirmwinkels nötig sein.



Die direkte Transmission eines Textilscreens bei Änderung des Einfallswinkels und des spezifischen Drehwinkels

## Sonnenwärme reflektierende Kleidung

Bei Sonnenschein heizt das dunkelblaue Polo-Shirt im Bild etwa 5 Grad Celsius stärker auf als das ansonsten gleich konstruierte weiße Polo-Shirt. Die Farben Rot, Hellblau und Grün liegen dazwischen. Offenbar absorbieren die Baumwollfasern der Shirts desto mehr Sonnenwärme, je dunkler gefärbt sie sind, aber gibt es weitere Einflussparameter wie die Farbpigmentgröße? Reflektieren Indanthrenfarbstoffe, die beim Färben tief in die Fasern eindringen, Sonnenwärme stärker, oder Reaktivfarbstoffe auf der Faseroberfläche? Heizen sich Naturfasern aus Baumwolle, Wolle oder Seide in der Sonne stärker auf oder synthetische Faser aus Polyamid oder Polyester?



Nicht nur die Farbe beeinflusst das Aufheizen der Kleidung im Sommer

Diese und viele weitere Fragen wurden in zwei umfangreichen Forschungsprojekten untersucht. In Labormessungen reflektierten marktgängige Kleidungstextilien maximal 67 Prozent der von der Sonne emittierten Wärmestrahlung. Das Aufheizen der Kleidung in der prallen Sonne ist also nicht gänzlich zu verhindern, aber die Unterschiede im Ausmaß sind gewaltig und von einer ganzen Reihe verschiedenster Parameter abhängig, nicht zuletzt von Kleidungsdicke und -gewicht.

Unter Normbedingungen gemessen heizt Kleidung, die Sonnenwärme gut reflektiert, um knapp 19 Grad Celsius auf. Dagegen heizt Kleidung, die Sonnenwärme vor allem absorbiert, mit knapp 37 Grad Celsius nahezu doppelt so stark auf. Dies hat erhebliche physiologische Folgen, da die Haut Körperwärme nur abgibt, wenn sie wärmer als die sie bedeckende Kleidung ist. Aus diesem Grund erhöht im Sommer jedes zusätzliche Grad Kleidungs-temperatur die Wärmebelastung.

## KI-gestützte Prozessoptimierung revolutioniert die Entwicklung getufteter Bodenbeläge

Die Entwicklung von getufteten Bodenbelägen ist mit erheblichem Material-, Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Besonders für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) wird es immer wichtiger, ihre Prozesse effizienter zu gestalten, um Rohstoffe zu sparen und Kosten zu senken. Gleichzeitig sind die Anforderungen an eine konstante Produktqualität auch bei schwankenden Rohstoffqualitäten enorm.

Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) eröffnet hier neue Möglichkeiten, die bisherigen Entwicklungs- und Fertigungsprozesse deutlich zu verbessern. Während traditionell viele physische Muster erstellt werden bevor die Produktion effizient läuft, ermöglicht es KI, Produktions- und Entwicklungsdaten systematisch zu analysieren und schneller optimale Maschineneinstellungen für mehrstufige Prozesse zu identifizieren. Dies hilft Unternehmen, Ressourcen wie Material, Energie und Zeit effizienter zu nutzen.

### Textilrecycling und Kreislaufwirtschaft

Der besondere Mehrwert von KI liegt in der automatisierten Analyse komplexer Datenmuster und der Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen. Das System lernt kontinuierlich aus den Produktionsdaten und erkennt Zusammenhänge, die für Menschen schwer ersichtlich sind. Für KMU bedeutet dies eine deutliche Entlastung des Personals und die systematische Sicherung des wertvollen Erfahrungswissens der Belegschaft.

Aktuelle Forschungsergebnisse belegen, dass mithilfe von KI Maschineneinstellungen präzise vorausberechnet werden können, die bisher nur durch aufwendige Versuchsreihen ermittelt werden konnten. Die Technologie ermöglicht es, Materialverbrauch und Produktionsausschuss zu reduzieren und innovative Ansätze für eine ressourcenschonende Produktion zu realisieren. Unternehmen, die frühzeitig auf KI-gestützte Prozessoptimierung setzen, sichern sich Wettbewerbsvorteile und leisten einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Transformation ihrer Branche.



Getufteter Teppichboden

## Digital Textile Micro Factory: Mit Automatisierung gegen Fachkräftemangel und hohe Lohnkosten

Auf dem Touchpoint Textile der drupa 2024 in Düsseldorf, der Weltleitmesse für Drucktechnologien, realisierte das Zentrum für Management Research der DITF gemeinsam mit internationalen Industriepartnern eine Digital Textile Micro Factory zur On-Demand-Fertigung von individualisierten Sport-Shirts. Die digital durchgängigen Prozessschritte umfassten Produkt- und Textildesign, Direct-to-Garment Druck, Einzellagenzuschnitt und Konfektion.



Materialpuffer der Digital Textile Micro Factory auf der drupa 2024 mit zwischengespeicherten Produktionsaufträgen nach dem Druck und vor dem Zuschnitt

Zentrale Schwerpunkte des Messeauftritts waren die im Vorfeld erarbeiteten Lösungen zur Automatisierung des Materialhandlings und zur Durchgängigkeit des Materialtransports. Die Adressierung dieser technologisch komplexen Problemstellungen ist ein wichtiger Meilenstein bei der Überwindung von Hürden, die aufgrund des Fachkräftemangels und der hohen Lohnkosten der Realisierung einer nachhaltigen Bekleidungsproduktion durch Nearshoring-Ansätze und den Reshoring-Bestrebungen von Politik und Wirtschaft entstehen.

Eine wesentliche Innovation ist die unterbrechungsfreie Materialführung durch die Produktionsmaschinen. Dabei werden die unterschiedlichen Kinematiken der Druck- und Schneidemaschinen durch einen zwischengeschalteten Materialpuffer entkoppelt. Je nach Füllstand kann der Puffer den Druck oder den Zuschnitt stoppen und so den Produktionsablauf steuern. Zusammen mit dem robotergestützten Abnehmen der biegeschlaffen Shirt-Zuschnitte vom Einzellagencutter ermöglicht die gezeigte Produktionsanordnung einen Betrieb mit minimalem Personalaufwand und erfüllt damit eine der wesentlichen Voraussetzungen für ökonomisch nachhaltige Produktionskonzepte für Bekleidung in Hochlohnländern.

## Bestimmung der Schweißbeständigkeit von Smart Textiles

Smart Textiles können als Medizinprodukte einen wichtigen Beitrag zur Digitalisierung im Gesundheitssystem leisten. Damit Smart Textiles sowohl als Medizinprodukt als auch als PSA zugelassen werden können, müssen sie sicher funktionieren, wenn sie mit menschlichem Schweiß in Berührung kommen. Bisher gibt es für die Zulassung solcher Textilien noch kein standardisiertes Verfahren, das die Funktionssicherheit von Smart Textiles bei Kontakt mit Schweiß testet.

Für Smart Textiles werden Prüfungen benötigt, die sowohl die textile als auch die elektrische Veränderung erfassen können. Die DITF haben in einem Forschungsprojekt die unterschiedlichen Einflussgrößen wie Temperatur oder Dauer des Schweißkontakts näher analysiert. Während des Projekts wurden leitfähige Garne, Gewebe und Elektroden auf ihre Schweißbeständigkeit getestet und hinsichtlich der Veränderung ihrer elektrischen Eigenschaften bewertet. In den Versuchen zeigte sich, dass leitfähige Materialien wie Kupfer, Edelstahl oder Silber jeweils unterschiedlich mit Schweiß reagieren. Außerdem wurde ersichtlich, dass der Schweiß die Leitfähigkeit an Kontakten verändern kann und dass es bei den leitfähigen Textilien Unterschiede in der Leitfähigkeit zwischen dem nassen und dem getrockneten Zustand gibt.



Analyse von Smart Textiles hinsichtlich der Schweißbeständigkeit

Die Firmen aus dem projektbegleitenden Ausschuss konnten die Ergebnisse nutzen, um ihre Smart Textiles zielgerichteter zu entwickeln und um sich mit anderen Herstellern von Smart Textiles auszutauschen. Zukünftig soll es die Möglichkeit geben, smarte Produkte hinsichtlich der Schweißbeständigkeit testen und zertifizieren zu lassen.

# 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. rer. nat. habil. Michael R. Buchmeiser  
(Vorstandsvorsitzender 2024)  
Prof. Dr.-Ing. Götz T. Gresser  
Peter Steiger

## Kuratoriumsausschuss

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

Edina Brenner  
Südwesttextil e.V., Stuttgart

Eric Jürgens (ab 05.12.2024)  
Verein der Förderer der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf e.V.

Dr. Wilhelm Rauch (bis 04.06.2024)  
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  
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  
CHT Germany GmbH, Tübingen

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

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

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

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

Dr. Wilhelm Rauch (bis 04.06.2024)  
Industrievereinigung Chemiefaser e.V., Frankfurt/Main

Prof. Dr. Holger Reinecke  
Aesculap AG, Tuttlingen

Prof. Peter Schäfer  
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  
Eschler Textil GmbH, Balingen

Dr. Andreas Wego (ab 05.12.2024)  
Industrievereinigung Chemiefaser e.V., Frankfurt/Main

Dr.-Ing. Stephan Weidner-Bohnenberger  
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:  
Eric Jürgens  
72458 Albstadt

ADVANSA Marketing GmbH  
59071 Hamm

Aesculap AG  
78532 Tuttlingen

Archroma International (Germany) GmbH  
(ehemals Huntsman Textile Effects (Germany) GmbH)  
86460 Langweid am Lech

BASF SE  
67056 Ludwigshafen

Campus Reutlingen e.V.  
72762 Reutlingen

Cerdia Produktions GmbH  
79123 Freiburg

CHT Germany GmbH  
72072 Tübingen

Dienes Apparatebau GmbH  
63165 Mühlheim am Main

Freudenberg FT GmbH  
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

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

Industrievereinigung Chemiefaser e.V.  
60329 Frankfurt

Joh. Jacob Rieter Stiftung  
8406 Winterthur, Schweiz

KARL MAYER STOLL Textilmaschinenfabrik GmbH  
63179 Obertshausen

KOB GmbH  
67752 Wolfstein

Kreissparkasse Esslingen-Nürtingen  
73728 Esslingen

Lenzing AG  
4860 Lenzing, Österreich



Treten Sie ein!

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

Mayer & Cie. GmbH & Co. KG  
72438 Albstadt

n.schlumberger  
68502 Guebwiller, Frankreich

Oerlikon Neumag Zweigniederlassung der  
Oerlikon Textile GmbH & Co KG  
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  
73230 Kirchheim unter Teck

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)



## WEITERE INFORMATIONEN

Eine ergänzende 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



Download hier.

## 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 | 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)