



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**



ITM

**LEADING IN FIBRE
& TEXTILE TECHNOLOGY**

Forschungsinstitut
der Exzellenzuniversität



Fakultät Maschinenwesen Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik
Direktor: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif

JAHRESBERICHT 2022

ANNUAL REPORT 2022

Herausgeber:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif

Redaktion, Layout, Satz:
Annett Dörfel, Rico Pöschel

Postanschrift:
TU Dresden
Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik
01062 Dresden

Besucheranschrift:
Hohe Straße 6
01069 Dresden

Telefon: (0351) 463 39300
Telefax: (0351) 463 39301

E-Mail: i.textilmaschinen@tu-dresden.de

<https://tu-dresden.de/mw/itm>

facebook



LinkedIn



XING



instagram



ITM LEADING IN FIBRE
& TEXTILE TECHNOLOGY
Forschungsinstitut
der TU Dresden



Redaktionsschluss: 31.03.2023

Bildnachweise: wie gekennzeichnet; Bildmaterial ohne Angabe: © ITM

Druck: addprint® AG

ISSN 2365-1539



Jahresbericht 2022
Online-Version (Flipbook)

**Jahresbericht
des
Institutes für Textilmaschinen und
Textile Hochleistungswerkstofftechnik
der TU Dresden**

**Annual Report
of
Institute of Textile Machinery and
High Performance Material Technology
at TU Dresden**

2022



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev

**Liebe Freund:innen und Partner:innen
des Institutes,
liebe Mitarbeiter:innen und Studierende,**

der vorliegende Jahresbericht 2022 bietet Ihnen wieder einen umfassenden Überblick über die vielfältigen interdisziplinären Aktivitäten am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden in Lehre und Forschung entlang der gesamten textilen Prozesskette. Wir zeigen Ihnen unsere Forschungskompetenzen anhand aktueller Highlights und Veröffentlichungen, besonders ausgewiesene Expertisen und die exzellente Infrastruktur für die Durchführung industrierelevanter Projekte. Insbesondere wollen wir auch Ihre Aufmerksamkeit und Ihr Interesse für eine zukünftige Zusammenarbeit gewinnen und bedanken uns gleichzeitig ganz herzlich für Ihre bisherige enge Verbundenheit und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit unserem Institut, die einen erheblichen Anteil an der erfolgreichen Umsetzung unserer Ziele hat.

Das vergangene Jahr 2022 war wieder von vielen besonderen Highlights in Forschung und Lehre am ITM geprägt, die wir in dieser Ausgabe Revue passieren lassen. Dazu zählen u. a. - **Graduiertenkolleg 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ erfolgreich in die zweite Phase gestartet** (S. 14) - **Techtextil Innovation Award 2022** und **Peter Dornier-Stiftungspreis 2022** für entwickelte neuartige textile Herzklappenprothesen (S. 90/92) - **zwei VDMA-Preise des Deutschen Textilmaschinenbaus 2022** für Nachwuchswissenschaftler:innen des ITM (S. 91) - **AVK-Innovationspreis 2022** für endkonturnahe 3D Gewebe für den Einsatz in FKV (S. 95) - **sieben erfolgreich abgeschlossene Promotionen** am ITM (S. 78) - **erfolgreicher Messeauftritt auf der Techtextil und Texprocess** (S. 100) - um an dieser Stelle nur einige Highlights zu nennen.

Mit vollem Stolz blicken wir auf die in 2022 errungenen interdisziplinären Forschungserfolge, nationalen und internationalen Präsentationen sowie auf die rund **200 Forschungsbeiträge** in anerkannten Fachzeitschriften/Tagungsbänden und Auszeichnungen zurück. Die interdisziplinären Forschungsaktivitäten am ITM werden bereits über Jahre hinweg kontinuierlich mit nationalen und internationalen hochdotierten Auszeichnungen honoriert. An dieser Stelle danken wir unseren Mitarbeiter:innen am ITM für ihr stetiges Engagement.

**Dear friends and partners of our institute,
dear employees and students,**

This annual report 2022 will once again offer you an insight into the various interdisciplinary activities in research and education performed along the entire textile process chain at the Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology (ITM) of TU Dresden. We will introduce you to our research competences, current highlights and publications, expertise and our excellent infrastructure for the implementation of industrial projects. We would also like to draw your attention to potential future collaborations, while at the same time sincerely thanking you for the close and trusting cooperation of the past year – you have significantly contributed to the successful realization of our goals!

*The recent year 2022, the ITM managed to realize several outstanding achievements, which will be addressed in this report. The includes among others - **the successful start of the second and final stage of the Research Training Group 2430 „Interaktive Fiber Rubber Composites“** (p. 14) - **the Techtextil Innovation Award 2022** and **Peter Dornier Foundation Prize 2022** for the developed novel textile heart valve prostheses (p. 90/92) - **two VDMA prices by Deutscher Textilmaschinenbau 2022** for young academics of the ITM (P. 91) - **AVK Innovation Award Innovationspreis 2022** for near-net-shape 3D fabrics for use in fibre reinforced plastic (p. 95) - **seven successful completed PhD thesis** at the ITM (p. 78) - **successful presence at the fair Techtextil and Texprocess** (p. 100), to name only some of the years highlights.*

We are proudly looking back at 2022 as a year filled with interdisciplinary research successes, national and international presentations as well as over 200 publications in well renowned scientific journals. Also, the continuous interdisciplinary research activities of our institute have been recognized by numerous national and international highly endowed awards over the past years. Hence, we would like to take a moment to thank all employees for their continued commitment!

Thanks to the currently over 350 students focussing on the textile field in their main studies in the academic year 2022/23, we were able to once again make a considerable contribution to recruiting young talents for the interdisciplinary textile sector. During student recruitment events it has come to our attention that it is the combination of excellent education in the textile field at TU Dresden and promising professional perspectives in the industry after graduation that has convinced numerous students to pursue their

Mit den derzeit insgesamt über **350 Studierenden mit textilem Bezug im Hauptstudium** leisten wir am ITM im Studienjahr 2022/23 einen wichtigen Beitrag zur Nachwuchsgewinnung für die interdisziplinäre textile Fachwelt. In der Studierendenwerbung merken wir, dass wir durch die Kopplung zwischen textiler Ausbildung an der TU Dresden und dem Aufzeigen der hervorragenden Perspektiven in der Industrie nach Abschluss des Studiums immer wieder viele interessierte Studierende für ein Hauptstudium auf dem Gebiet des Textilmaschinenbaus sowie der Textil- und Montagetechnik gewinnen können. Weiterhin ist das ITM jährlich in die Ausbildung Studierender anderer Studiengänge (Maschinenbau/Leichtbau und Wirtschaftsingenieurwesen) sowie im Rahmen des Studium generale involviert. Wir danken an dieser Stelle dem **VDMA Fachverband Textilmaschinen - Walter Reiners-Stiftung, dem VDMA Fachverband Textile Care, Fabric and Leather Technologies, dem DAAD**, der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden, dem Freundes- und Förderkreis des ITM sowie namenhaften Unternehmen, wie **DIENES Apparatebau GmbH, Lindauer DORNIER GmbH, KARL MAYER Technische Textilien GmbH, Saertex GmbH & Co. KG, Rieter Ingolstadt GmbH** und **Valmiera Glass Gruppe** mit deren finanzieller Unterstützung wir jährlich unsere Studentenwerbungsaktivitäten durchführen und durch die Vergabe von Deutschlandstipendien Studierende am ITM fördern können. Besonders hervorheben möchten wir an dieser Stelle wieder das Engagement unseres **ALUMNI Herrn Dr. Mohammad Kamruzzaman, der seit vielen Jahren Deutschlandstipendien finanziert**.

Nach diesem sehr erfolgreichen Rückblick auf das vergangene Jahr möchte ich Sie abschließend als Mitveranstalter und Hauptorganisator der Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference zur diesjährigen Tagung am 30. November 2023 und 01. Dezember 2023 nach Dresden herzlich einladen. Wir freuen uns wieder sehr, Gastgeber sein zu dürfen und ich bin überzeugt, dass wir Ihnen wieder ein spannendes und hochkarätiges Tagungsprogramm anbieten werden. Mit kontinuierlich über 600 Teilnehmern in Dresden zählt die Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference mit besonderem Fokus auf industrielle Relevanz seit mehreren Jahren nun mittlerweile zu den wichtigsten Textiltagungen in Europa und hat sich als nationale und internationale Plattform für die Textilindustrie, Textilmaschinenbau, Leichtbau, Bio- und Medizintechnik, Bauwesen sowie Elektro- und Informationstechnik fest etabliert. Mit unserem diesjährigen Partnerland Indien setzen wir unsere Tradition fort, eine Plattform für neue Forschungs Kooperationen und Netzwerke außerhalb Deutschlands anzubieten. Wir freuen uns außerordentlich auf den persönlichen Austausch mit Ihnen. Wir laden Sie ein, die ADD-ITC als Teilnehmende, Vortragende oder mit Ihrem Ausstellungsstand zu besuchen und vor Ort in die Faszination der textilen Zukunft einzutauchen. Wir freuen uns auf Ihre aktive Teilnahme.

Das ITM mit seinen über 240 Mitarbeiter:innen freut sich auf weitere gemeinsame Erfolge und eine weiterhin gute Zusammenarbeit mit Ihnen.

main studies in the field of textile machinery or textile and assembly technology. Moreover, the ITM is involved in other study courses (mechanical engineering/lightweight engineering, industrial engineering) and the so-called studium generale. We would like to take the opportunity to thank the VDMA Fachverband Textilmaschinen - Walter Reiners Foundation, the VDMA Fachverband Textile Care, Fabric and Leather Technologies, the German Academic Exchange Service (DAAD), the Faculty of Mechanical Science and Engineering of TU Dresden, the Circle of Friends and Supporters of the ITM and renowned companies such as DIENES Apparatebau GmbH, Lindauer DORNIER GmbH, KARL MAYER Technische Textilien GmbH, Saertex GmbH & Co. KG and Rieter Ingolstadt GmbH and the Valmiera Glass Group for their annual financial support for our student recruitment activities and scholarships for ITM students. We also want to explicitly thank our ALUMNI Dr. Mohammad Kamruzzaman, who has supported the institute since many years by founding annual scholarships.

To conclude this introduction to our annual report, we as co-host and main organising party would like to invite you to join this year's Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference on the 30th of November and 1st of December 2022 to Dresden. We are delighted to be able to be the host again and are convinced that we will offer once again an exciting and high-calibre conference programme. With continuously more than 600 participants in Dresden, the Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference with a special focus on industrial relevance has been one of the most important textile conferences in Europe for several years now. It has firmly established itself as a national and international platform for the textile industry, textile machine construction, lightweight construction, biotechnology and medical technology, civil engineering as well as electrical engineering and information technology. With our partner country India this year, we are continuing our tradition of offering a platform for new research cooperations and networks outside Germany. We invite you to visit the ADD-ITC as a participant, lecturer or with your exhibition stand and to immerse yourself in the fascination of the textile future on site. We are very much looking forward to the personal exchange and to your active participation !

The ITM with its more than 240 employees would be excited about further joint successes and continued good cooperation with you.

Chokri Cherif





Techtexitil Innovation Award 2022 geht an das ITM für entwickelte neuartige textile Herzklappenprothesen – *weiterlesen auf Seite 90*



AVK-Innovationspreis 2022 an Nachwuchsingenieur:innen vom ITM – *weiterlesen auf Seite 95*



Graduiertenkolleg 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ erfolgreich in die zweite Phase gestartet – *weiterlesen auf Seite 14*

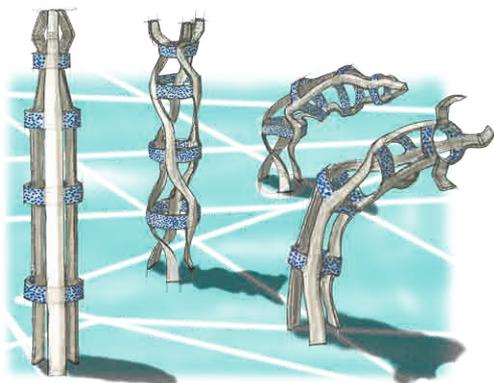


Verabschiedung von Frau Professor Sybille Krzywinski in ihren wohlverdienten Ruhestand – *weiterlesen auf Seite 96*

Vorwort / Preface**Highlights 2022****Forschungsveröffentlichungen / Research Articles**

- 8 Nachhaltigkeit und Verantwortung in einer textilen Kreislaufwirtschaft – Upcycling von post consumer Kunststoffen zu hochwertigen Textilien / *Sustainability and responsibility in a textile circular economy - upcycling of post consumer plastics to high quality textiles*

- 14 Graduiertenkolleg 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ erfolgreich in die zweite Phase gestartet / *Research Training Group 2430 „Interactive Fiber Rubber Composites“ launched into second phase*



- 18 Neuartige Garnarchitekturen ermöglichen bis zu 500 % höhere Verbundwirkung / *Novel yarn architectures allow up to 500 % increased bond behavior*

- 22 Robotisiertes Handling von Textilien / *Robotised handling of textile trims*



- 26 Entwicklung bekleidungstechnischer Assistenzsysteme zur Unterstützung der Mobilität älterer Menschen / *Development of clothing-related assistance systems to support the mobility of older people*

Forschungskompetenzen / Research Competencies

- 30 Spinntechnologie und -entwicklung für Hochleistungsfasern aus Kohlenstoff, sowie aus Biopolymeren und post-consumer Kunststoffen / *Development of precursor materials and spinning technologies for high-performance fibers and fibers made of biopolymers and post-consumer materials*

- 32 Neue Technologie zur Verspinnung von reinen Metallspinnfasern und zur Verarbeitung von Holzwolle / *New technology for spinning of pure metal staple fiber and for processing wood wool*

- 34 Innovative, auf Mikroebene homogen durchmischte Faserstrukturen aus recycelten Carbonfasern für Composites / *Innovative micro-level homogeneously mixed fiber structures made from recycled carbon fibers for composites*

- 36 Entwicklungen zum Hochleistungskettenwirkprozess und zu technischen Gewirken / *Development of the high-perfor-*

mance warpknitting process and technical warp knitting

- 38 Multiaxial-Kettenwirk- und Robotiktechnologien für Verbundwerkstoffe / *Multiaxial warp knitting and robotic technologies for composite applications*

- 40 2D- und 3D-Gewebeentwicklung für tragende Verbundkonstruktionen und medizinische Anwendungen / *Development of 2D and 3D woven fabrics for load-bearing composites and medical applications*

- 42 Stricken – verstärkt, endkontur- und funktionsintegriert / *Weft knitting – reinforced, near-net-shaped and functional designed*

- 44 Funktionalisierung und Modifizierung textiler Werkstoffe und Strukturen / *Functionalization and modification of textile materials and structures*

- 46 Textile Montage von Technischen Textilien / *Textile assembly of technical textiles*

- 48 Entwicklung fadenförmiger Sensor- und Aktorsysteme und Integration in Technische Textilien / *Development of fiber-based sensor and actuator systems and integration into technical textiles for composite applications*

- 50 Faserbasierte Biomedizintechnik / *Fiber-based biomedical technology*

- 52 Struktur- und Prozesssimulation am ITM / *Structure and Process Simulation at ITM*

- 54 Virtuelle Produktentwicklung für biegeeweiche Materialien – CAE vom Design zum Produkt / *Virtual product development for low stiff materials – CAE from design to product*

- 56 Zerstörungsfreie Prüfung und Online-Qualitätssicherung textiler Prozesse und Strukturen sowie Algorithmenentwicklung / *Non-destructive testing and online quality assurance of textile processes and structures as well as algorithm development*

- 58 Additive Fertigungstechnologien – Realisierung komplexer Strukturen und Ermöglichung neuer Methoden / *Additive manufacturing technologies – creating complex structures and enabling new methods*

- 60 Mess- und Prüftechnik zur physikalischen Charakterisierung von Hochleistungsfaserwerkstoffen und Textilstrukturen / *Measuring and testing equipment for the physical characterization of high-performance fiber materials and textile structures*

- 62 Composite-Labor des ITM – Fachkompetenz zur Realisierung uniaxialer duro- und thermoplastischer Faserverbundstrukturen im VARI-, RTM- und Thermo-Fließpressverfahren unter einem Dach / *Composite laboratory - production of thermoset and thermoplastic fiber composite components with VARI-, RTM- and thermo-flow molding process*

- 64 Skalenübergreifende Materialforschung mittels instrumenteller chemisch/physikalischer Analytik / *Multi-scale material research using instrumental chemical/physical analysis*

- 66 Zellbiologielabor: Untersuchung zellbiologischer Aspekte der Zellbesiedlung, -proliferation und -differenzierung im Kontakt mit textilen Medizinprodukten und Zellträgerstrukturen für die regenerative Medizin / *Cell biology laboratory: Evaluation of cellbiological aspects of colonization, proliferation and differentiation of cells after contact with textile medical devices and scaffolds for regenerative medicine*

Lehre / Education

- 68 Aktuelles zum Sommersemester 2022 und zum Wintersemester 2022/23 / *News about summer semester 2022 and winter semester 2022/23*

- 69 Stipendien für Studierende des ITM / *Scholarships for ITM students*

- 70 Beteiligung am Studiengang „European Master in Advanced Textile Engineering“ (E-Team) / *Participation in the course „European Masters in Advanced Textile Engineering“ (E-Team)*

- 70 Studienwerbung / *Student recruitment*
- 71 Studentische Jahresexkursion zur TEXPROCESS und TECHTEXTIL 2022 / *Student excursion to TEXPROCESS und TECHTEXTIL 2022*
- 76 Besuch auf der ADDITC 2022 in Aachen
- 77 Weitere Aktivitäten / *Other activities*

Promotionen

- 78 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Robert Tonndorf / *Thesis of Dr.-Ing. Robert Tonndorf*
- 79 Dissertation von Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann / *Thesis of Dr.-Ing. Henriette Grellmann*
- 81 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Johannes Mersch / *Thesis of Herrn Dr.-Ing. Johannes Mersch*
- 82 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Felix Lohse / *Thesis of Dr.-Ing. Felix Lohse*
- 84 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Steffen Rittner / *Thesis of Dr.-Ing. Steffen Rittner*
- 86 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Muhammad Furqan Khurshid / *Thesis of Dr.-Ing. Muhammad Furqan Khurshid*
- 88 Dissertation von Frau Dr.-Ing. Doudou Zhang / *Thesis of Dr.-Ing. Doudou Zhang*

Auszeichnungen, Ehrungen und Würdigungen / Distinctions, Honors and Appreciations

- 90 Studienpreis 2021 der SEW-EURODRIVE-Stiftung an Dipl.-Ing. Markus Koenigsdorff verliehen / *Students Award 2021 from the SEW-EURODRIVE FOUNDATION for Dipl.-Ing. Markus Koenigsdorff*
- 90 Techtexsil Innovation Award 2022 geht an das ITM für entwickelte neuartige textile Herzklappenprothesen / *Techttextil Innovation Award 2022 for developed novel heart valve prostheses*
- 91 Zwei VDMA-Nachhaltigkeitspreise des Deutschen Textilmaschinenbaus 2022 an Nachwuchswissenschaftler:innen vom ITM verliehen / *Two VDMA German Textile Machinery Industry 2022 prizes awarded to young ITM scientists*
- 92 Peter Dornier-Stiftungspreis 2022 würdigt Dresdner Textilforschung zu gewebter Herzklappe / *Peter Dornier Foundation Prize 2022 honours textile research on woven heart valve*



- 92 Paul-Schlack-Preis 2022 an den Wissenschaftler Dr.-Ing. Robert Tonndorf vom ITM verliehen / *Paul Schlack Honorary Award 2022 for Dr.-Ing. Robert Tonndorf*
- 93 Wissenschaftlerin vom ITM für exzellenten Vortrag ausgezeichnet / *Scientist from ITM awarded for excellent lecture*
- 93 Goldenes Diplom der TU Dresden an Absolvent:innen von 1972 in der Fachrichtung „Textiltechnik“ verliehen / *Golden Diploma of the TU Dresden for graduates in the field of „Textile Technology“*
- 94 CARBOrefit® – ausgezeichnet mit dem Deutschen Rohstoffeffizienz-Preis 2022! / *German Resource Efficiency Award 2022 for CARBOrefit®*

- 95 AVK-Innovationspreis 2022 an Nachwuchswissenschaftler:innen vom ITM für endkonturnahe 3D Gewebe für den Einsatz in FKV verliehen / *AVK Innovation Award 2022 presented to young engineers from TU Dresden ITM for near-net-shape 3D meshes for use in FRPs*
- 96 Verabschiedung von Frau Professor Sybille Krzywinski in ihren wohlverdienten Ruhestand / *Well-earned retirement for Professor Sybille Krzywinski*
- 98 OES Businessfrühstück / *OES business breakfast*
- 98 Tunesische Studierende zu Gast am ITM / *Tunisian students visit the ITM*

Präsentationen und Tagungsberichte / Presentations and Conference Proceedings

- 100 Das ITM auf der TECHTEXTIL und TEXPROCESS 2022 in Frankfurt am Main / *ITM at the TECHTEXTIL und TEXPROCESS 2022*
- 100 Die Professur Textiltechnik auf der Techtexsil 2022 / *Chair of Textile Technology at the TECHTEXTIL 2022*
- 103 Die Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten auf der Texprocess 2022 / *Chair of Development and Assembly of Textile Products at the TEXPROCESS 2022*
- 104 Lange Nacht der Wissenschaften 2022 / *Long Night of Science 2022*
- 106 ITM auf dem 61. Dornbirn Global Fiber Congress / *ITM at the 61st Dornbirn Global Fiber Congress*
- 107 Summerschool am ITM – „4D Culture: Dress up, Dance and Digitally Dive into Culture“
- 108 Netzwerktreffen health.textil cross border am ITM / *Network meeting health.textil cross border at the ITM*
- 109 ADD-ITC 2022 in Aachen

Veranstaltungsvorschau / Exhibition Preview

- 110 Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2023 in Dresden

AACHEN DRESDEN DENKENDORF

 INTERNATIONAL TEXTILE CONFERENCE

Dresden, November 30 - December 01, 2023

Partner Country: India

- 112 Internationale Woche der Schmal- und Smart-Textilien 2024 in Dresden / *International Week of Narrow and Smart Textiles 204 in Dresden*
- 112 Institutsjubiläum 2025 des ITM / *Anniversary of the ITM in 2025*

Informationen aus dem ITM / News from the ITM

- 113 Neue Mitarbeiter:innen / *New colleagues*
- 113 Ausgeschiedene Mitarbeiter:innen / *Departed colleagues*
- 114 Dienstjubiläum / *Anniversary*
- 114 Gastwissenschaftler:innen am ITM / *Visiting researcher at ITM*
- 116 Neue Ausstattung am Institut / *New equipment at ITM*
- 117 Institutsbesichtigungen am ITM / *ITM visits*
- 118 Informationen des Wissenschaftlichen Beirates des Institutes für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik / *Information from the „Scientific Advisory Board for the ITM“*
- 119 Informationen des Freundes- und Förderkreises des ITM der Technischen Universität Dresden e.V. / *Information from the „Circle of Friends and Supporters of the ITM“*

Nachhaltigkeit und Verantwortung in einer textilen Kreislaufwirtschaft – Upcycling von *post consumer* Kunststoffen zu hochwertigen Textilien

Sustainability and responsibility in a textile circular economy - upcycling of post consumer plastics to high quality textiles

S. Lukoschek, L. A. Frankenbach, I. Krupke, M. Hossain, M. Overberg, A. Abdkader, Ch. Cherif

Abstract

With an annual waste volume of 29 Mio. tons [1] of plastic and 1.7 Mio. tons of composite materials in the EU, large quantities of material are available for a new lifetime. To address the down cycling and utilize the original high quality material for high value applications, current research at ITM focus on the development of sustainable fibers from recycled post consumer plastics. Target applications are nonwoven mats as a mass product for acoustic insulation and thermoplastic fibers as a matrix component based on recycled carbon fibers for fiber-reinforced composites. These developments in recycling processes make a significant contribution to environmental protection, resource conservation and sustainability.

Einleitung

Aufgrund stetig steigender Verpackungsmüllmengen (*post consumer* Kunststoffe) und der immer mehr gesellschaftlich geforderten Ressourceneffizienz und -schonung, bedarf es neuer Wege mit Lebensmittelverpackungen (LVP) umzugehen. Besonders kurze Verwendungszyklen sowie eine rasche Wiederverwendung der verwerteten Kunststoffe, wie bspw. Polypropylen (PP), aus dem Verpackungsbereich, führen zu mehrfach wiederholten Recyclingschritten und damit zu einem Downcycling. Der Einsatz von PP-Rezyklaten (rPP) aus dem werkstofflichen Recycling bei hochwertigen textilen Anwendungen mit langer Nutzungsdauer schafft die Möglichkeit längerfristige Rohstoff- und Werkstoffkreisläufe nachhaltig zu etablieren. Derzeit werden Filamentgarne aus rezyklierten Kunststoffen vorwiegend noch aus aufbereiteten Granulaten bzw. *flakes* von Polyethylenterephthalat (PET)-Flaschen (z. B. bepfandete Wasserflaschen) hergestellt (*Bottle-to-Textile*).



Abb. 1: Verfahrenskonzept zur Herstellung von recycelten Polypropylenfasern aus *post consumer* Abfällen / Concept for the production of recycled polypropylene fibers from *post consumer* waste

Nachteilig zum einen ist dabei, dass sich eines Rohstoffstroms bedient wird, der sich bereits in einem geschlossenen Kreislaufsystem (PET-Flaschen) befindet. Zum anderen ist ein Zumischen mit *virgin* PET weiterhin notwendig. Folglich besteht die Herausforderung in der aktuellen Forschung weitere Polymerrezyklatquellen nutzbar zu machen und einer nachhaltigen Wertschöpfung zuzuführen.

Im Compositebereich findet sich ein weiteres innovatives Anwendungsfeld für Rezyklate als Matrixfaser für rCF Garne, die in lasttragenden Verbundbauteilen Einsatz finden.

Insbesondere auf Grund des hohen Energieverbrauchs bei der Carbonfaserherstellung (CF: 300-800 MJ/kg) und den damit verbundenen hohen CO₂-Emissionen sowie hoher Festigkeit und Steifigkeit und geringer Materialkosten, stellt die Rückgewinnung von CF von CFK ökonomisch und ökologisch einen hohen Stellenwert dar. Um den Einsatz von rCF-Produkten zu ermöglichen, ist es notwendig, eine industriell nutzbare Prozesskette für die Herstellung hochorientierter und schädigungsarmer Faserstrukturen aus rCF mit hohem Leistungsvermögen in Composites zu schaffen. Dazu gehören die Entwicklung neuer Technologien und Maschinen, die schonende Aufbereitung und Verspinnung der Fasern sowie die Entwicklung neuer Produktionsverfahren, die es ermöglichen, rCF in einer Vielzahl von Endprodukten in hoher Qualität wiederzuverwenden. Ziel ist es, die Eigenschaften der rCF möglichst vollständig auszuschöpfen, um so eine nachhaltige und kostengünstige Herstellung lasttragender Verbundbauteile zu ermöglichen.

Werkstoffliches Recycling von *post consumer* Kunststoffen

Leichtverpackungen aus Kunststoffen ermöglichen die handhabbare, sichere und haltbare Verpackung von Lebensmitteln und sind ein kaum verzichtbarer Teil der Kunststoffbranche. Für eine leichtere stoffliche Verwertung der immer weiter steigenden Mengen an Kunststoffabfällen wurde bereits 1991 durch die dt. Verpackungsverordnung das DUALE SYSTEM DEUTSCHLAND (DSD) eingeführt, dem seit 2009 alle in Verkehr gebrachten LVP unterliegen. Die Entsorgung der Verpackungen erfolgt über den GELBEN SACK bzw. die GELBE TONNE, wobei allein in Deutschland über 3.2 Mio. t Kunststoffabfälle [2] verschiedenster Art anfallen. Das zweithäufigste Material innerhalb des DSD ist PP, das bspw. bevorzugt für Joghurtbecher verwendet wird. Dabei ist die stoffliche Verwertungsquote bei *post consumer* Abfällen aus heterogenen Abfallströmen deutlich niedriger (42 % bei Privathaushalten, 34 % bei gewerblichen Verbrauchern) [3] als bei homogenen, sauberen und sortenreinen Produktions- (z. B. Anfahrhilfen) und Verarbeitungsabfällen der Kunststoffverarbeitung bzw. -produktion (bei Produzenten 68 %, bei Verarbeitern 91 %). Die Aufbereitung des entsorgten, wertvollen Materials ist sehr aufwendig, da es eine

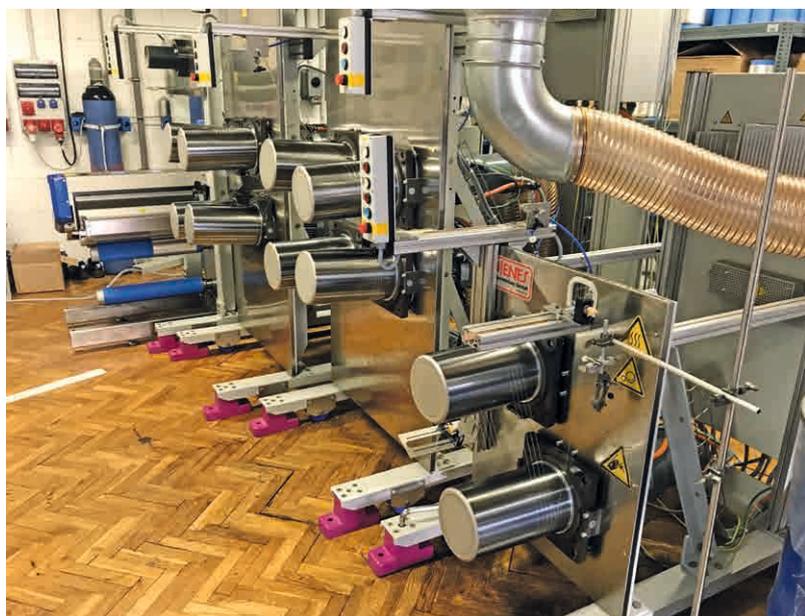


Abb. 2: Schmelzspinnentechnik mit modularer Bikomponentenschmelzspinnanlage (Fa. Dienes Apparatebau GmbH) / Melt spinning pilot line with modular bicomponent melt spinning plant (Dienes Apparatebau GmbH)

kostspielige Sortierung, Zerkleinerung, Wäsche, Filtration und Granulierung erfordert. Besonders herausfordernd für ein hochwertiges Recycling ist der sehr inhomogene Materialstrom, u. a. durch nicht kunststoffliche Fremdstoffe oder unterschiedlichste Kunststoffmaterialien bzw. -typen. Weiterhin ist die Entfernung von Störstoffen und -gerüche sowie von Feuchtigkeit in den Prozessschritten Extrusion und Filtration entscheidend für die Herstellung qualitativ hochwertiger Rezyklate. Die Nutzung von recyceltem PP konzentriert sich daher auf Anwendungen mit einer höheren Akzeptanz von Rückständen und Verunreinigungen wie bspw. im Bausektor (Baufolien, Noppenbahnen, Kunststoffrohre für die Drainage oder den Kabelschutz sowie Entwässerungsrinnen), Verpackungssektor (Folien, Eimer, Schraubdosen, Tragetaschen, Säcke, Paletten, Sham-

poo-, Klebstoff- und Reinigungsmittelverpackungen) und Landwirtschaftssektor (Landwirtschaftsfolien, Blumentöpfe, Schalen, Paletten, Regentonnen und Komposter).

Im Rahmen des erfolgreich abgeschlossenen Projekts PoCo-rPP wurde gemeinsam mit dem Partner DUALE SYSTEM DEUTSCHLAND ein neues Verfahrenskonzept zur Herstellung von rPP-Granulat für textile Anwendungen entwickelt (Abb. 1). Hierzu wurde ein beim DER GRÜNE PUNKT (DGP) patentierter Aufreinigungsprozess entwickelt, der durch eine aufwändige Sortierung der *flakes* und eine optimierte Wäsche einen sehr hohen Reinheitsgrad des Rezyklats ermöglichte.

Schmelzspinntechnik am ITM

Zur Entwicklung textiltechnisch verarbeitbarer Recyclingfasern wird eine modular aufgebaute Bikomponentenschmelzspinnanlage (Abb. 2) im Pilotmaßstab am ITM genutzt. Bei Aufwickelgeschwindigkeiten von bis zu 3000 m/min können Mono- und Multifilamentgarne mit Filamenttitern von 2 dpf bis 6 dpf ersponnen werden.

Rezyklate stellen aufgrund ihrer Zusammensetzung und Vorgeschichte eine große Herausforderung für klassische Schmelzspinnprozesse dar: Notwendige Eigenschaften, wie eine hohe Homogenität der Molmassenverteilung (M_w) und ein geringstmöglicher Polymerabbau während der Wiederaufberei-

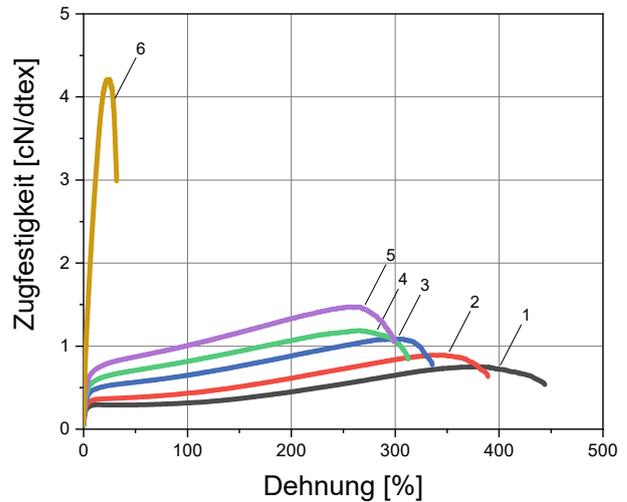


Abb. 4: Festigkeits-Dehnungs-Diagramm von teilverstretchtem rPP-Garn bei verschiedenen Verstreckungsgeschwindigkeiten [m/min]: 1) 750; 2) 1000; 3) 1500; 4) 2000; 5) 2500; 6) Referenzkurve mit vollverstretchtem rPP-Garn / *Tenacity-Elongation-Diagram of partial drawn rPP-Yarn with different drawing speeds [m/min]: 1) 750; 2) 1000; 3) 1500; 4) 2000; 5) 2500; 6) Reference curve with fully drawn rPP-yarn*

tung und der Erspinnung sowie anorganische Partikel mit Durchmessern $< 10 \mu\text{m}$, sind die wichtigsten Voraussetzungen für den Erhalt qualitativ hochwertiger Fasermaterialien. Die Schmelze ist ein komplexes System, geprägt von der Kunststoffzusammensetzung (Polymermischungen aus verschiedenen



Abb. 3: Polypropylenfasern aus Recyclingrezyklat / *Polypropylene fibers from recycled recycle*

PP-Qualitäten), Mw-Verteilung, thermischer Stabilität, Feuchtigkeitsgehalt sowie Viskositätsverhalten (bleibende Plastizität und rückstellende Elastizität). Nur mit der genauen Kenntnis dieser Parameter sowie der bestmöglichen Aufarbeitung des Rezyklats ist ein Verspinnen möglich. Des Weiteren ist auf technologische Parameter, wie Prozesstemperaturen, Durchsatz, Düsengeometrie, Klimabedingungen in der Fadenbildungszone und Verstreckungs- sowie die Abzugsgeschwindigkeitsverhältnisse zu achten und die Zusammenhänge sowie Abhängigkeiten der Material- und Prozessparameter zu ermitteln.

Schmelzgesponnene rPP-Fasern aus *post consumer* Recyclinggranulat

Die Verwendung von *post consumer* Recyclinggranulat zur Herstellung von Fasern ist gegenüber dem Einsatz von *virgin* Kunststoffen mit wissenschaftlich-technischen Herausforderungen verbunden. Zentrale Herausforderungen bei der Spinnprozessentwicklung waren die Ermittlung von Temperaturprofilen im Extruder (zur Abdampfung der VOC) und im Verstreckprozess (Kontrolle des hohen materialtypischen Schrumpfs). Die thermische Stabilität der recycelten PP-Granulate wurde mittels TGA (Thermogravimetrische Analyse) sowie der Schmelzbereich und der Kristallisationsgrad der recycelten PP-Granulate mittels DSC (dynamischer Differenzkalorimetrie) bestimmt.

Mit der Entwicklung eines neuen Aufbereitungsprozesses für das rPP-Rezyklat durch DGP und die Verfahrensentwicklung im Technikumsmaßstab zur Faserherstellung am ITM, wurde eindrucksvoll gezeigt, dass Garne aus 100 % rPP (Abb. 3) mit üblichen textilen Eigenschaften (4,5 cN/dtex) kontinuierlich und ohne Filterwechsel herstellbar sind (Abb. 4). Auf ein sonst übliches Zumischen von *virgin* PP oder ein Additiveren konnte gänzlich verzichtet werden. Mit diesen umfangreichen technologischen Untersuchungen und erzielten wissenschaftlichen Forschungsergebnissen wird erstmals ein hochwertiges Recycling von PP aus *post consumer* Kunststoffen bei annähernd gleichen Eigenschaften von *virgin* PP-Produkten möglich [4]. Neben einer deutlich besseren stofflichen Verwertung des PP entstehen so für die Textilindustrie industriell anwendbare Lösungen für das Produktrecycling und den Einsatz von Recyclingprodukten im Sinne einer zirkulären Rohstoffverwertung.

Rezyklate in Hybridgarnanwendungen

Aktuelle Lösungen zur industriellen Wiederverwendung von rCF basieren auf der Vliesstoff- oder Spritzgusstechnologie. Auf Grund der prozessbedingten Wirrvlieslage und kurzen Faserlängen können mit diesen Technologien das Potenzial der rCF nicht vollständig ausgeschöpft und aktuell nur eine max. Zugfestigkeit von bis zu 400 MPa erreicht werden. Deshalb besteht die Notwendigkeit, neuartige Faserstrukturen auf der Grundlage von CF Recyclingmaterial zu entwickeln, die eine erhebliche Leistungssteigerung bis nahe an das Ausgangspotenzial bieten. Eine naheliegende, aber auch technisch anspruchsvolle Lösung liegt in der Erarbeitung der Grundlagen der Verzugs- und Garnbildungsprozesse und im Ermitteln der technologischen Grenze zur Herstellung von Hochleistungsstrukturen, wie Bänder und Garne aus rCF. Damit besteht die überaus vielversprechende Möglichkeit, rCF in hochbelastbaren Verstärkungsstrukturen einzusetzen.

Deswegen wurde am ITM die gesamte Prozesskette der industriellen Garnbildungstechnologie entwickelt, beginnend von der Fasermischung über den Krempelprozess, die Faserbandbildung und die Verstreckung bis hin zur Garnverspinnung aus rCF und Thermoplastfasern. In aktuellen Forschungsvorhaben werden technologische Parameter, wie Prozessgeschwindigkeit, Krempelgarnitur, Streckwerkwalzenoberflächen, Benetzungsmenge im Kadierungs-, Verstreckungs- und Band- sowie Garnbildungsprozess und deren Zusammenhänge untersucht und in normierten Datensätzen festgehalten. Diese Daten werden als Grundlage für die Umsetzung modellgestützter Auslegungstools und intelligenter Maschinenteknik bereitgestellt. Damit konnte im Rahmen der Forschungstätigkeiten am ITM umfangreiches wissenschaftliches Know-how für ein tiefgreifendes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Carbonfasereigenschaften, Verarbeitungsverhalten und Produkteigenschaften erarbeitet werden. Dabei wurde die gesamte Prozesskette der industriellen Garnbildungstechnologie entwickelt. Denn nur durch eine besonders schonende Verarbeitung kann eine Faserinkürzung und -schädigung und damit eine Verringerung der Verbundfestigkeit signifikant minimiert werden. In Abbildung 5 sind beispielhaft die am ITM unikal entwickelten Produkte aus rCF dargestellt.



Abb. 5: Beispielhafte Darstellung der am ITM entwickelten Produkte aus rCF | Exemplary representation of the rCF products developed at the ITM

Mit der entwickelten Technologie werden hochorientierte, homogen durchmischte und gleichmäßige rCF-Vliese, rCF-Bänder und rCF-Hybridgarne, rCF-Tapes und rCF-Organobleche für lasttragende Verbundbauteile hergestellt. Die entwickelten Hochleistungshybridgarne aus rCF weisen im UD-Verbund in der jetzigen Entwicklungsphase mindestens 80 % der mechanischen Eigenschaften (E-Modul und Festigkeit) im Vergleich zu thermoplastischen UD-Verbunden aus primären Carbonfilamentgarne auf. Dabei besteht das Potenzial, diese weiter auf mindestens 90 % zu erhöhen. Darüber hinaus werden Prüftechniken zur Charakterisierung der Garne, Tapes und Organobleche aus rCF und thermoplastischen Fasern entwickelt. Die Vielschichtigkeit der Arbeiten des ITM gestattet eine Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse zur technischen Realisierung von Garnen aus rCF mit industrietauglichen Qualitäten auf das Recycling anderer Hochleistungsfaserstoffe.

Ausblick

Die Nutzbarmachung von zugänglichen Rezyklatquellen aus Kunststoffen von Leichtverpackungen durch wertschöpfende Aufbereitungsprozesse zur Herstellung faserbasierter PP-Produkte für langjährige Anwendungen ist eine sehr große Herausforderung. Grundvoraussetzung für die Erzeugung hochwertiger Garne ist ein aufwendiger und bisher teurer Aufreinigungsprozess der *post consumer* Kunststoffe. Ein Ansatz der als Alternative zur hochreinen Aufreinigung vorteilhafter ist, einen breiteren Einsatz von PP in der Kreislaufführung (zPP) erlaubt und in

zukünftigen Forschungsprojekten verfolgt werden soll, ist die Anpassung der Verfahrenstechnik in den Spinnereien durch die Bereitstellung von Prozessen und Anlagen zur Schmelzefiltration vor der Spinndüse zur Abfiltration von Fremd- bzw. Störstoffen. Die dabei umzusetzenden Maßnahmen und Technologieentwicklungen stehen exemplarisch für die Etablierung einer Kreislaufwirtschaftslösung für zirkulierende Textilfasern.

Mit der Entwicklung von innovativen rCF-Hybridgarnstrukturen und den dafür notwendigen Technologien wird am ITM eindrucksvoll nachgewiesen, dass hochorientierte, homogen durchmischte und gleichmäßige Vliese, Bänder und Hochleistungshybridgarne für lasttragende Verbundbauteile hergestellt werden können. Damit kann das Leistungspotenzial der rCF in signifikantem Umfang ausgeschöpft werden. Damit besteht die unikale Möglichkeit, die am ITM entwickelte Prozesskette zur rCF-Hybridgarnherstellung mit reproduzierbarer Qualität zeitnah in die Industrie zu transferieren. Darüber hinaus gestatten die Arbeiten zur technischen Realisierung der Hochleistungshybridgarne aus rCF im nächsten Schritt eine Übertragung der Erkenntnisse für eine anforderungsgerechte Fasergarnherstellung sowohl aus reinem rCF für die duroplastische Anwendung als auch aus anderen Hochleistungsfaserstoffen.

Diese FuE-Arbeiten leisten einen sehr hohen Beitrag zum Umweltschutz, Ressourcenschonung und zur Nachhaltigkeit.

Literatur

- [1] Statista: Kunststoff: Abfallaufkommen und recycelte Menge in Europa bis 2020 | Statista, 2023, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/206843/umfrage/kunststoffabfallaufkommen-und-recycelte-menge-kunststoff-in-europa/> [Zugriff am: 21.03.2023]
- [2] Conversio Market & Strategy GmbH 2020: kurzfassung-stoffstrombild-kunststoffe-2019
- [3] Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2020, 2023, <https://www.bde.de/themen/statusbericht-kreislaufwirtschaft/> [Zugriff am: 21.03.2023]
- [4] Lukoschek, S.; Frankenbach, L.A.; Kruppke, I. et al.: Post-Consumer-Kunststoffe – Vom Joghurtbecher zum hochwertigen Textil. In: : melliand Textilberichte 103, S. 217-218
- [5] ABDKADER, A.; HASAN, M. M.; BACHOR, S.; CHERIF, C.: Mechanical properties of composites manufactured from low twist hybrid yarns from discontinuous carbon fibres and polyamide 6 fibre. J. Thermoplast. Compos. Mater., 2022, 10.1177/08927057221137800
- [6] HASAN, MMB.; THỊ ANH MỸ HUỖNH; ABDKADER, A.; CHERIF, C.: Friction spun yarns with high rCF content for thermoset composites. In: Proceedings 21th AUTEX World Textile Conference, June 7-10, 2022, Online (Lodz, Poland). DOI: 978-83-66741-75-1
- [7] Khurshid, M. F.; Hasan, M. M. B.; Hoebel, S.; Abdkader, A.; Cherif C.: Uni-directional tape structures consisting of recycled carbon fibres and polyamide 6 fibers for high-performance thermoplastic composites. Materials Science Forum 1063(2022), pp. 133-138, DOI : 10.4028/p-4nx4ct
- [8] Khurshid, M. F.; Hasan, M. M. B.; Abdkader, A.; Cherif C.: Processing of waste carbon and polyamide fibers for high performance thermoplastic composites: A novel manufacturing technology for unidirectional tapes structure. Journal of Industrial Textiles, 51(2022)45, pp. 72565-72765, DOI : 10.1177/15280837221077705

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Gefördert durch



Deutsche
Forschungsgemeinschaft



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



Danksagung

Das BMBF-Forschungsprojekt 033R302 wurde im Rahmen der „Ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft - Kunststoffrecyclingtechnologien (KuRT)“ im Forschungsprogramm „Forschung für nachhaltige Entwicklungen - FONA3“ durchgeführt.

Der Autor dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung des Forschungsvorhabens (DFG CH 174/55-1).

Die IGF-Vorhaben (21612 BR und 21372) der Forschungsvereinigung (Forschungskuratorium Textil e.V.) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Das ZIM-Vorhaben ZF4008338CJ9ZIM der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. wurde über die AiF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Graduiertenkolleg 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ erfolgreich in die zweite Phase gestartet

Research Training Group 2430 „Interactive Fiber Rubber Composites“ launched into second phase

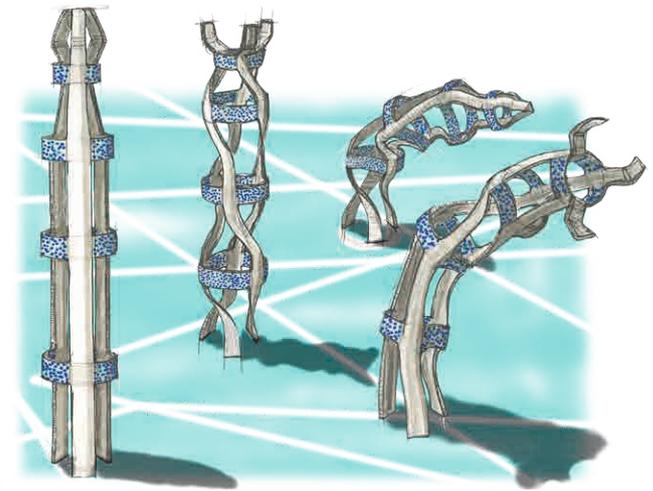
J. Mersch, M. Bruns, A. R. Annadata, T. Gereke, I. Kruppke, A. Nocke, E. Häntzsche, Ch. Cherif

Abstract

Textile elastomeric composite materials are increasingly being used in various technical fields, e.g. in automotive engineering. Due to their high intrinsic deformation capacity, interactive fiber elastomer composites (I-FEV) have become a promising approach to generate controllably deformable components with specifically adjustable properties. As actuators, they can respond to changes in their environment (e.g. temperature and magnetic fields) and ensure precise as well as long-term stable functionalities by means of regulation and control circuits that are based on and linked to sensorial condition monitoring. Potential applications include their use in systems for precise gripping and transportation processes, such as hand prostheses, automated lids, seals, shapeable membranes, and adaptive flaps for rotor blades of wind turbines as well as trim tabs for ground- and watercraft to effectively reduce flow separation.

Einleitung

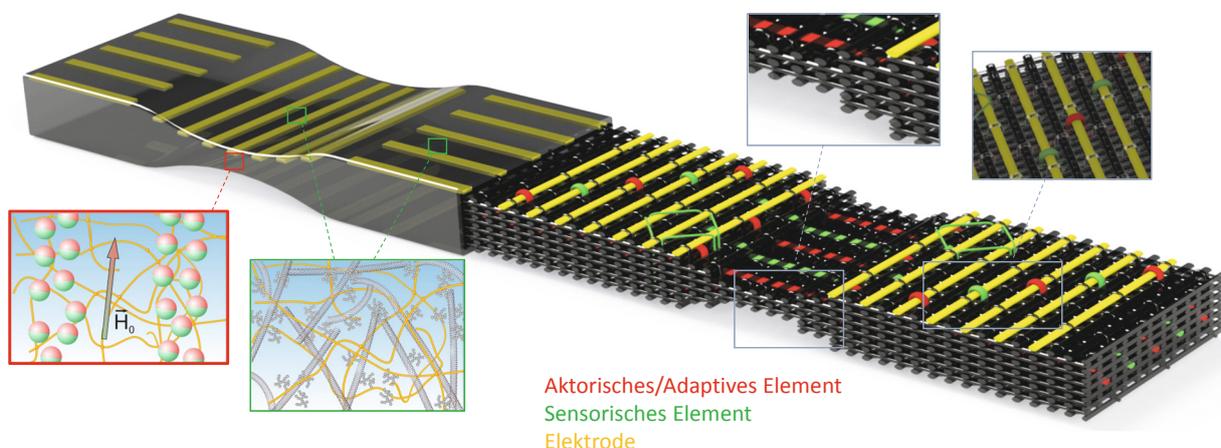
Am ITM werden zusammen mit Experten aus den Bereichen Elektrotechnik, Materialwissenschaft und Informatik gegenwärtig im Rahmen des Graduiertenkollegs (GRK) 2430 interaktive Faser-Elastomer-Verbunde (I-FEV) mit strukturintegrierter Aktorik und Sensorik sowie einer präzisen Regelung erforscht, die material- bzw. strukturinhärent zugleich präzise und schnelle Bewegungen sowie Form- und Steifigkeitsänderungen ermöglichen.



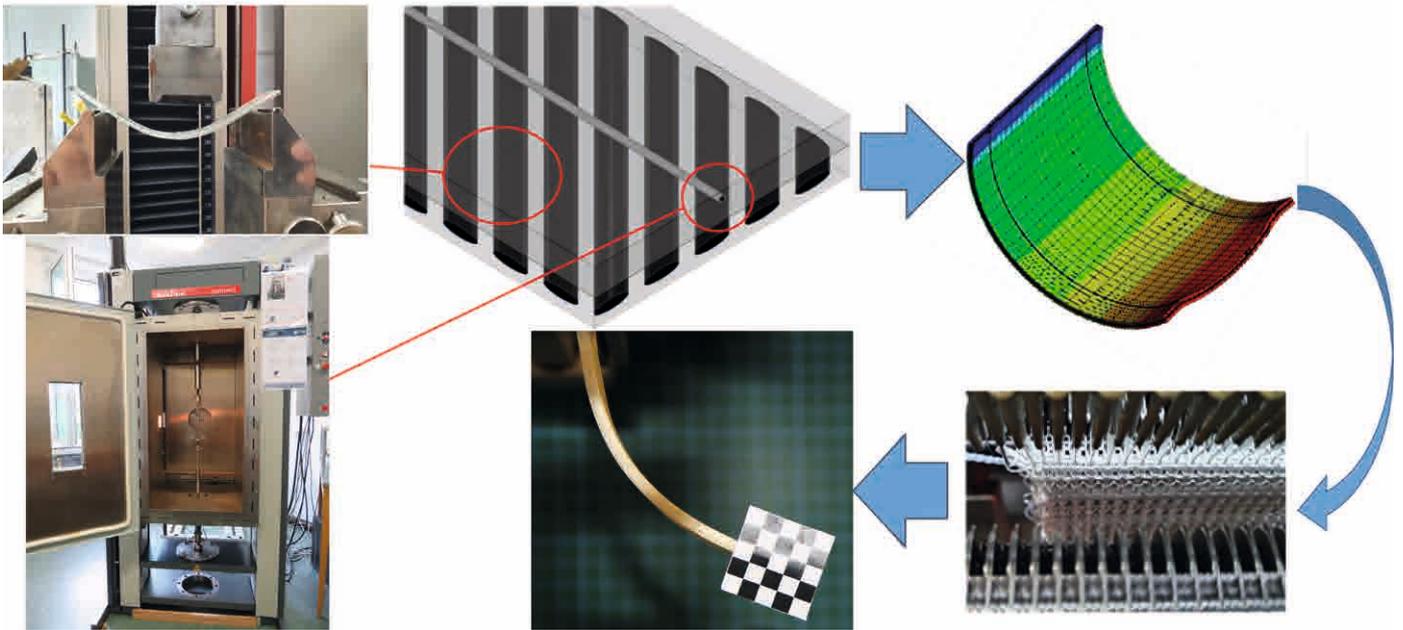
Schaffung einer neuen Werkstoffklasse „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ / Creating a new class of materials „Interactive Fiber Rubber Composites“

Motivation und Zielstellung

Ziel der Arbeiten im GRK 2430 ist die simulationsgestützte Entwicklung intelligenter Werkstoffkombinationen für sogenannte autarke Faserverbundwerkstoffe. Dabei werden Aktoren und Sensoren in die Strukturen integriert und müssen nicht mehr wie bisher nachträglich platziert werden. So werden die Systeme robuster, komplexe Vorformungsmuster lassen sich an der gewünschten Stelle maßgeschneidert einstellen – und zwar reversibel und berührungslos. Zu diesem Themenbereich wird an der TU Dresden und insbesondere auch am ITM seit Jahren intensiv geforscht.



Schematischer Aufbau eines interaktiven Faser-Elastomer-Verbundes mit strukturintegrierter Aktorik und Sensorik / Schematic structure of an interactive fiber-elastomer composite with structure-integrated actuators and sensors



Modellierung und Entwicklung textilbasierter adaptiver Strukturen für komplex verformbare adaptive Elastomerverbunde / *Modelling and development of textile-based adaptive structures for complex deformable adaptive elastomer composites*

Faserverbundwerkstoffe werden aufgrund der hohen spezifischen Steifigkeiten und Festigkeiten sowie der Möglichkeit zur maßgeschneiderten Einstellung dieser Eigenschaften immer stärker in bewegten Komponenten eingesetzt. Durch die Integration adaptiver Funktionalitäten in derartige Werkstoffe, entfällt die Notwendigkeit einer nachträglichen Aktorplatzierung und die Robustheit des Systems wird signifikant verbessert. Besonders vielversprechend sind dabei Aktoren und Sensoren auf textiler Basis, wie sie am ITM erforscht werden, da diese direkt im Fertigungsprozess in die Faserverbundwerkstoffe integriert werden können.

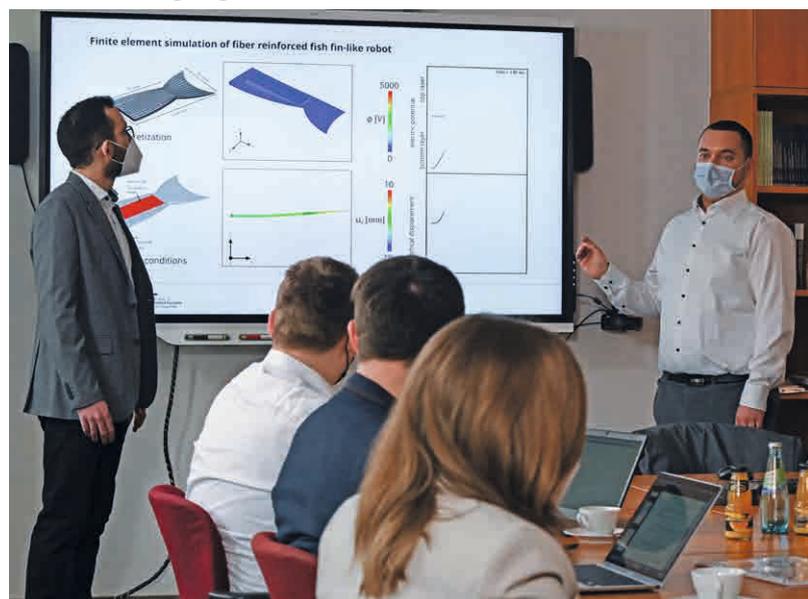
Der innovative Ansatz besteht darin, die heute noch nicht verfügbare Werkstoffklasse der interaktiven Faser-Elastomer-Verbunde (I-FEV) mit strukturintegrierter Aktorik und Sensorik zu schaffen und wissenschaftlich zu durchdringen. Die Entwicklung von I-FEV erlaubt beispielsweise die geometrischen Verformungsfreiheitsgrade von mechanischen Bauteilen reversibel und berührungsfrei einzustellen und so sehr schnell und präzise auf variable Anforderungen der Umwelt zu reagieren.

Mit ihren innovativen Eigenschaften sind interaktive Faser-Elastomer-Verbunde für zahlreiche Anwendungsfelder im Maschinen- und Fahrzeugbau, in der Robotik, Architektur, Orthetik und Prothetik prädestiniert. Beispiele sind Systeme für präzise Greif- und Transportvorgänge (z. B. bei Handprothesen, Verschlüssen und verformbaren Membranen) und Bauteile (z. B. Trimmklappen für Land- und Wasserfahrzeuge).

Erfolgreiche erste Kohorte

Nach den drei Jahren der ersten Förderperiode haben die beiden Doktorand:innen des ITM 2022 ihre Promotionen mit herausragendem Erfolg abgeschlossen.

Im Rahmen des Promotionsprojekts 1 „Modellierung und Entwicklung textilbasierter adaptiver Strukturen für komplex verformbare adaptive Elastomerverbunde“ hat Dr.-Ing. Felix Lohse an der Entwicklung adaptiver Elastomerkomposite aus textilverstärkten Strukturen und integrierten Formgedächtnislegierungen (FGL) gearbeitet. Dabei wurde eine Auslegungsmethodik entwickelt, mit deren



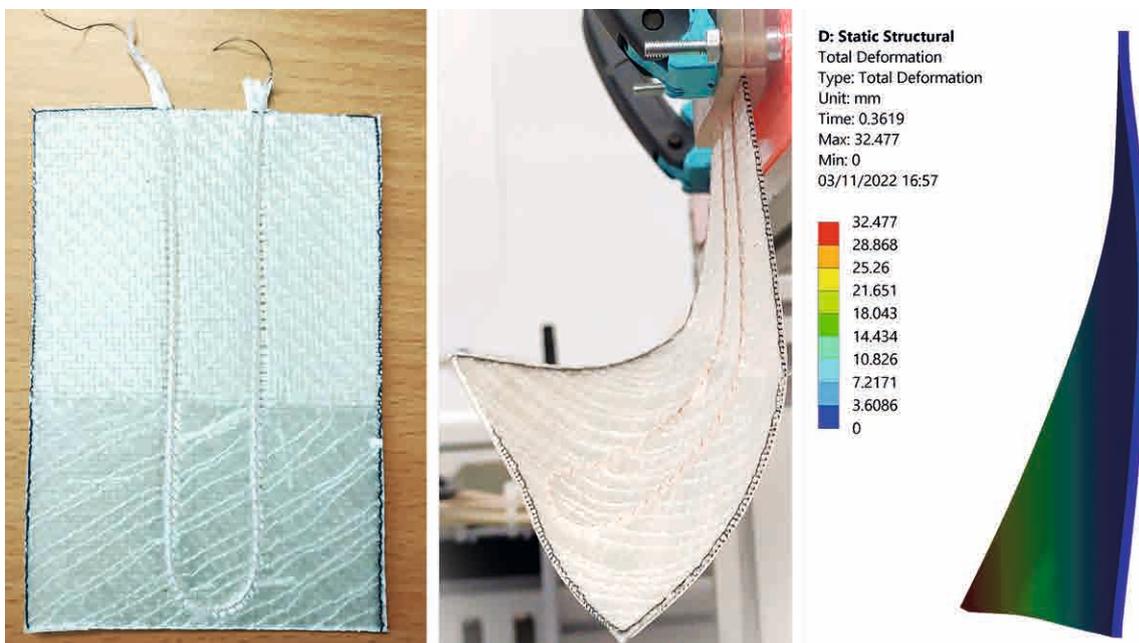
Doktorand:innen des Graduiertenkolleg 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ / *PhD students of the Research Training Group 2430 „Interactive Fiber Rubber Composites“*

Hilf textilverstärkte Elastomerkomposite mit aktiver Verformbarkeit anforderungsgerecht dimensioniert und hergestellt werden können. In Kooperation mit anderen Doktorand:innen im GRK wurden die Strukturen experimentell untersucht und mittels simulativer Parameterstudien das Verformungsverhalten der adaptiven Verbundstrukturen untersucht und für die Auslegung genutzt. Anschließend wurden die Strukturen mit integrierten FGL-Aktordrähnen hergestellt und in Aktivierungsversuchen messtechnisch untersucht. Ergebnis seiner Dissertation ist eine validierte Auslegungsmethodik für aktiv in der Ebene verformbare faserverstärkte Elastomerverbunde, die für spezifische Anwendungen entwickelt und anforderungsgerecht dimensioniert werden können.

toren entwickelt werden, die bei einer Länge von 5 cm unter Anregung von 2000 V eine mechanische Verschiebung erreichen. Darüber hinaus wurden die hochelastischen, leitfähigen Filamente auch als Dehnungssensoren bis 100 % erprobt und stricktechnisch in Faser-Elastomer-Verbunde integriert.

Vision der zweiten Förderphase

Darauf aufbauend stehen in der zweiten Förderphase ionische und helixförmige Aktor-Sensor-Konzepte im Fokus. Diese Mechanismen sind potentiell extrem leistungsstarke faserförmige Aktoren. Sie können bspw., analog zum Vorbild natürlicher Muskeln, elektrische Energie in eine mechanische Verformung umwandeln und hohe Kräfte übertragen



Biege-Torsions-Kopplung von Interaktiven Faser-Elastomer Verbunden - Experiment und Simulation / Bend-twist coupling of Interactive Fibre Rubber Composites - Experiment and simulation

Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann forschte in ihrem Promotionsprojekt „Technologische Entwicklung textilbasierter Aktor- und Sensorstrukturen für komplex verformbare adaptive Faser-Elastomer-Verbunde“ an der Entwicklung eines Herstellungsprozesses für hochelastische Kern-Mantel-Mantel-Filamente. Diese Filamente haben einen elektrisch leitenden, elastischen Faserkern, einen ebenfalls elastischen aber elektrisch isolierenden ersten Mantel und einen elektrisch leitenden zweiten Mantel. Der Faserkern und der erste Mantel wurden mittels Bikomponentenschmelzspinnentechnologie hergestellt und der zweite Mantel wurde anschließend per Beschichtungsverfahren aufgebracht. Als elektrisch isolierendes, elastisches Dielektrikum verwendete Dr. Grellmann thermoplastisches Polyurethan (TPU) und um die geforderte elektrische Leitfähigkeit zu erreichen, wurde TPU mit Carbon Nanotubes (CNT) kombiniert und sowohl im Filamentkern verarbeitet als auch als Beschichtung eingesetzt. Somit konnten Filamentak-

bzw. große Stellwege realisieren. Besondere Vorteile ergeben sich daraus, dass Aktorik und Sensorik weitgehend auf den gleichen Wirkmechanismen beruhen. Somit können faserförmige Aktormechanismen gleichzeitig als strukturkompatible Sensoren zur In-situ-Erfassung vorliegender Beanspruchungs-, Verformungs- und Degradationszustände eingesetzt werden. Durch die Kombination mit intelligenten Auslegungs- und Regelungsalgorithmen werden autarke, sich dreidimensional verformende Materialsysteme entstehen. So werden diese Systeme robuster, komplexe Verformungsmuster lassen sich an der gewünschten Stelle maßgeschneidert einstellen.

Auch in der zweiten Doktorand:innenkohorte ist das ITM wieder mit zwei Promotionsprojekten beteiligt. Im ersten Teilprojekt der zweiten Kohorte steht die Materialentwicklung von neuartigen Aktorfasern auf Basis von ionischen Elektroaktiven Polymeraktoren sowie die Entwicklung eines textiltechnischen Spinn-

prozesses für solche Fasern im Fokus. Dazu entwickelt der Promovend Dipl.-Ing. Mathis Bruns einen Primärspinnprozess für intrinsisch leitfähige Polymerfasern und maßgeschneiderte elektrolytische Fadenkomponenten. Weiterhin werden textiltechnologische Kopplungsmethoden der beiden Komponenten wie nass- und elektrochemische Beschichtungsverfahren eingesetzt. Bei Anlegen von geringen elektrischen Spannungen im Bereich von 1 – 5 Volt wird ein Ionenaustausch zwischen den beiden entwickelten Komponenten induziert, der eine regelbare Volumenänderung zur Folge hat. Durch eine intelligente Auslegung der entwickelten Fasern kann die damit einhergehende makroskopische Deformation der Aktorfasern den Anforderungen entsprechend ausgerichtet werden. Mithilfe der angestrebten textiltechnischen Integration der neuen Aktorfasern in den Verbund können diese als innovatives Antriebselement des I-FEV genutzt werden. Gleichzeitig können auch Material-intrinsische sensorische Eigenschaften der Aktorfasern zu dessen Regulierung genutzt werden.

Im Rahmen des Promotionsprojekts 2 „Simulation-based development of textile reinforcement structures for adaptive rubber composites with multi-sectional solid state joints“ entwickelt Herr M.Sc. Achyuth Ram Annadata eine Biege-Dreh-Kopplung im interaktiven Faser-Elastomer-Verbund mit Hilfe von mehrachsig orientierten Fasern. Der verstärkte Verbundwerkstoff wird aus Polydimethylsiloxane (PDMS) hergestellt und besteht aus zwei über-

einander gestapelten Schichten von Glasfasern, die mit Hilfe einer TFP-Maschine verbunden werden. Die untere Lage besteht aus einem Gewebe und die obere Lage aus einer Kombination aus Gewebe und 45° orientierten UD-Fasern. Der umflochtene FGL-Draht wird mittels Tailored Fiber Placement-Technologie auf der oberen Lage des Textils in U-Form appliziert. Simulationsmodelle basierend auf einem benutzerdefinierten Materialmodell für FGL werden entwickelt, um die Verformung im Verbundwerkstoff vorherzusagen, die durch die Aktivierung des FGL-Drahtes verursacht wird. Die simulierten kombinierten Biege-/ Torsionsverformungen entsprechen denen in realen Versuchen. Zukünftig sollen die validierten Modelle genutzt werden, um komplexe Verformungsmuster der I-FEV vorherzusagen und die dafür notwendigen Sensor- und Aktornetzwerke auszulegen.

Durch die enge Zusammenarbeit mit den 9 weiteren beteiligten Doktorand:innen und ihrer Institute sind auch für die zweite Kohorte wissenschaftlich herausragende Ergebnisse zu erwarten, um die vorgestellte Vision der interaktiven Faser-Elastomer-Verbunde zu erreichen.

Gefördert durch

DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft



Danksagung

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Förderung des Graduiertenkollegs GRK2430.

Neuartige Garnarchitekturen ermöglichen bis zu 500 % höhere Verbundwirkung

Novel yarn architectures allow up to 500 % increased bond behavior

P. Penzel, L. Hahn, T. Gereke, A. Abdkader, Ch. Cherif

Abstract

In the past two decades, carbon concrete has been established as a convincing and sustainable alternative to conventional steel reinforced concrete. A major advantage are the high load-bearing capacities of the textile reinforcement structures (TRS) that require a minimal concrete coverage, enabling light and filigree construction. The force has so far been transferred to the carbon fiber primarily through an adhesive connection (material fit) with the concrete matrix. In contrast to a stable form-fit interlocking, as used with ribbed steel bars, this material connection does not allow efficient use of the mechanical load capacity of the TRS. To improve the material efficiency of TRS, new profiled carbon reinforcement structures were developed. By creating an additional mechanical interlock with the concrete matrix, the profiled reinforcement structures show a significant improvement in bonding behavior.

Einleitung

Der Klimawandel ist die größte Herausforderung des 21. Jahrhunderts, der nur durch eine konsequente Einsparung von Ressourcen und Reduzierung von CO₂-Emissionen erfolgreich bewältigt werden kann. Da die Baubranche mit einem Anteil von ca. 38 % der weltweiten CO₂-Emissionen, insbesondere aufgrund des enormen Zementverbrauchs, einen erheblichen Beitrag zur bisherigen Klimaerwärmung hat [1], ist ein Wandel zu mehr Energie- und Ressourceneffizienz sowie einem wachsenden Nachhaltigkeitsbewusstsein zwingend erforderlich. Im Zuge dessen etabliert sich der ressourceneffiziente Carbonbeton im Bauwesen als überzeugende Alternative zum konventionellen Stahlbeton [2, 3]. Die korrosionsbeständige Textilbewehrung führt zu einer deutlich reduzierten Betondeckung und damit zu einem enormen Potenzial klimaschädlichen Beton einzusparen.

Aufgrund der hohen Tragfähigkeiten der textilen Bewehrung bei kleineren notwendigen Betonquerschnitten kommt jedoch dem Verbund zwischen Textil und Beton eine außerordentlich große Bedeutung zu. Bisher lag der Fokus der F&E-Arbeiten auf der Entwicklung von Tränkungsmiteln und zugehöriger Tränkungs-systeme zur Verbesserung des stoffschlüssigen Haftverbundes mit der Betonmatrix [4]. Damit lassen sich jedoch nur geringe Kräfte mit einem Schubfluss von etwa 5 - 40 N/mm übertragen und eine effiziente Ausnutzung der textilen Bewehrung ist nicht möglich. Signifikante Verbesserungen zur Übertragung der Verbundkräfte

versprechen Lösungen durch eine Profilierung der Garnoberfläche [5]. Daher wurden am ITM Technologien zur kontinuierlichen und reproduzierbaren Herstellung profilierter textiler Hochleistungsgarne und deren Weiterverarbeitung zu Bewehrungsstrukturen entwickelt. Diese neuartigen, profilierten Bewehrungen zeichnen sich dadurch aus, dass diese im Betonverbund deutlich höhere Kräfte übertragen können [6, 7]. Die Herstellung gitterartiger Bewehrungsstrukturen aus den profilierten Bewehrungsgarnen erfolgte durch die Weiterentwicklung der Multiaxial-Kettenwirktechnik. Diese wurde entsprechend der notwendigen Anpassungsmaßnahmen zur schädigungsarmen und anforderungsgerechten Verarbeitung der profilierten Bewehrungsgarne hinsichtlich der bestehenden Teilprozesse modular weiterentwickelt.

Entwicklung neuartig profilierter Bewehrungsgarne

Für die anforderungsgerechte Entwicklung von profilierten Bewehrungsgarnen für Betonanwendungen erfolgte eine simulationsgestützte Garnentwicklung auf Basis der Flecht- und Tränkumformtechnik. Die wesentliche Herausforderung bestand insbesondere darin, profilierte Garne mit minimaler Strukturdehnung zu realisieren, sodass beim Versagen der Betonmatrix bei ca. 0,2 % Dehnung eine initiale Kraftübertragung der Textilbewehrung ermöglicht wird und die Rissbreiten im Beton minimiert werden [2, 3]. Hierzu wurde eine neuartige Flechtstruktur mit einem Variationsflechter (siehe Abbildung 1 links) entwickelt. Darüber hinaus wurde der Flechtprozess derart weiterentwickelt, dass eine schädigungsarme Verarbeitung von Hochleistungsfilamentgarnen und ondulationsarme Vorstabilisierung der Flechtgarnstruktur während des Flechtprozesses ermöglicht wird und dennoch eine textile Weiterverarbeitbarkeit gewährleistet ist. Im Ergebnis wurden Varioflechtgarne sowie konventionelle Packungsflechtgarne bestehend aus Carbonfilamentgarnen mit nahezu eliminierter Strukturdehnung, minimaler Faserschädigung und anforderungsgerechter Vorstabilisierung der Garnstruktur realisiert.

Mit einer am ITM vorhandenen Laboranlage wurden zudem neuartige profilierte Carbonpolymergarne mit patentierter Tetraeder-Geometrie entwickelt (siehe Abb. 1 rechts).



Abb. 1: Darstellung des Variationsflechters zur Fertigung der Variationsgeflechtstrukturen (links) sowie der Laboranlage zur Fertigung von tetraederförmigen Profilgarnen (rechts) / Depiction of a vario braiding machine for the fabrication of vario braiding structures (left) and the laboratory unit for the fabrication of tetrahedral profiled rovings (right)

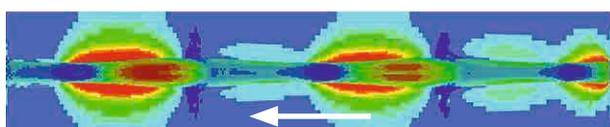
Garntyp	Darstellung	Geometriemodell
Roving ohne Profil		
Profilgarn		
Packungsflechtgarn		
Varioflechtgarn		

Tabelle 1: Darstellung von glatten und profilierten Bewehrungsgarnen (jeweils 3200 tex) / Illustration of smooth and profiled reinforcement yarns (3200 tex each)

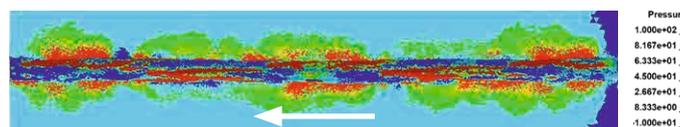
Die neu entwickelten profilierten Bewehrungsgarne sowie die Referenzstruktur eines glatten Bewehrungsgarns sind in Tabelle 1 gegenübergestellt.

Für die Optimierung der Profilgeometrie sowie der Faserorientierung erfolgte zudem die Simulation

des Kraft-Dehnungs-Verhaltens sowie des Auszugsversuchs (siehe Abbildung 2), wofür entsprechende Geometrie- und Materialmodelle der Bewehrungsgarne entwickelt und validiert wurden (siehe Tabelle 1) [8].



Spannungsverteilung mit Profilgarn



Spannungsverteilung mit Flechtgarn

Abb. 2: Simulierte Spannungsverteilung zwischen Profil- (links) und Flechtgarn (links) und der Betonmatrix (Pfeil - Auszugsrichtung des Garnes; Spannungsangabe in N/mm²) / Numerical pressure distribution between profiled (left) and braided yarn (right) and the concrete matrix (arrow shows pullout direction; pressure distribution in N/mm²)

Materialverhalten der profilierten Bewehrungsgarne

Die Ergebnisse der Betondehnkörperuntersuchungen und Auszugversuche zeigen, dass sich die neuentwickelten profilierten Bewehrungsgarne durch nahezu unveränderte zugmechanische Eigenschaften, jedoch bis zu 500 % höhere Verbundeigenschaftenwerte im Vergleich zu Carbonrovings ohne Profilierung auszeichnen (siehe Abbildung 3). Zudem weisen sie keine erkennliche Strukturdehnung auf, sodass eine initiale Kraftübertragung ohne zusätzliche Rissöffnung nach dem Versagen der Betonma-

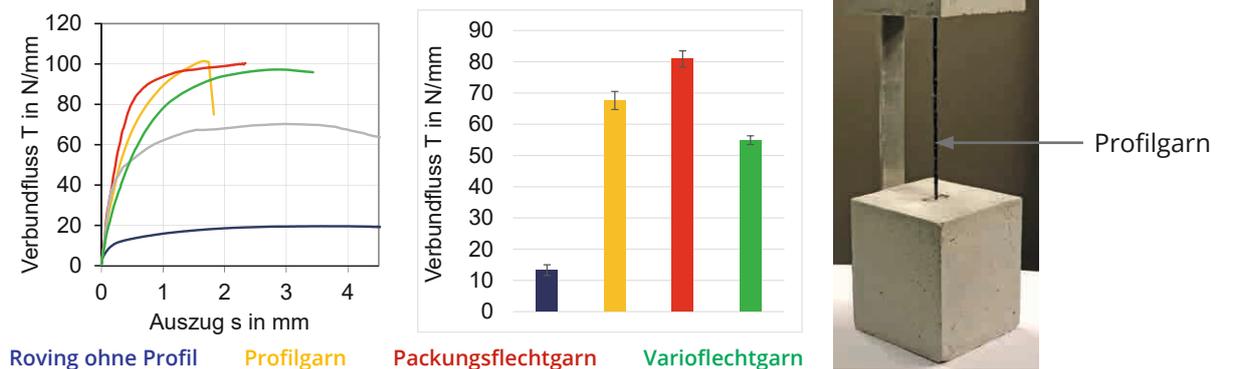


Abbildung 3: Verbundverhalten ausgewählter Bewehrungsgarne (links) sowie übertragbarer Verbundfluss bei 1 % bzw. 0,5 mm Auszug (mittig) und Auszugprobekörper (rechts) / Bond behavior of specific reinforcement yarns (left), transferable bond strength at 1 % or 0.5 mm pullout (middle) and pullout specimen (right)

Weiterentwicklung des Flächenbildungsprozesses

Zur Verarbeitung der profilierten Bewehrungsgarne zu einer gitterförmigen Bewehrungsstruktur wurde eine am ITM vorhandene Biaxial-Kettenwirkmaschine des Typs Malimo 14022 sowie die entsprechenden Teilprozesse (Garnzuführung, Schusslegung, Maschenbildung, Tränkung und Aufwicklung) weiterentwickelt, sodass einerseits die vorstabilisier-



Abb. 4: Stabablage für automatisierten Schusseintrag von Profilmanteln / Rod placement system for automatic weft insertion of profiled yarns

trix möglich ist. Jedoch konnte eine Steigerung des Verbundflusses um über 500 % von ca. 20 N/mm bei nicht-profilieren Carbonrovings auf über 100 N/mm bei profilierten Bewehrungsgarne erzielt werden, womit eine signifikante Steigerung der Materialeffizienz einhergeht (siehe Abbildung 3). Hierbei zeichnen sich insbesondere die Varioflechtgarne durch sehr hohe Verbundsteifigkeiten aus, die für eine initiale Kraftübertragung von besonderem Interesse sind.

ten Flechtgarne sowie andererseits die konsolidierten tetraederförmigen Profilmantel verarbeitbar sind. Hierzu wurde insbesondere der Schusslegungsprozess dahingegen modifiziert, dass ein neuartiger Schussfadenführer für die Schusslegung der vorstabilisierten Flechtgarne entwickelt wurde. Die Profilmantel können aufgrund deren Biegesteifigkeit nicht mit dem konventionellen Schusslegungsverfahren verarbeitet werden, sodass ein neuartiges Stabablage-system bestehend aus einer Schussstab-Magazin-Speicher und einer Welle mit Profilmantelwalzen entwickelt wurde (siehe Abb. 4). Die vorkonfektionierten Schussstäbe wurden über das Stabablage-system vereinzelt in eine mit neuen Halteelementen modifizierte Transportkette eingelegt.

Im Gegensatz zu den vollständig konsolidierten Profilmanteln, die keine weitere Tränkung benötigen, wurden die vorstabilisierten Flechtgarne zur Gewährleistung der textilen Verarbeitbarkeit im Nachgang des textilen Flächenbildungsprozesses getränkt und konsolidiert. Auf Grundlage umfangreicher Fertigungsversuche wurde ein neuartiges Imprägnierungssystem auf Basis des Kiss-Coater-Verfahrens mit zusätzlicher Streichwalze für einen beidseitigen Imprägnierungsmittelauftrag der vorstabilisierten Flechtgarne entwickelt. Abbildung 5 zeigt exemplarisch eine neuartige profilierte Textilbetonbewehrung bestehend aus vorgefertigten Profilmanteln.



Abb. 5: Textilbetonbewehrung aus Flecht- (links) und Profilgar- nen (rechts) / Carbon concrete reinforcement structure made of braided (left) and profiled yarns (right)

Zusammenfassung und Ausblick

Die neuartigen verbundoptimierten, oberflächen- profilierten Bewehrungsgarne auf Basis der Flecht- und Tränikumformtechnik übertragen bis zu 500 % höhere Verbundkräfte im Beton als Hochleistungsfilamentgarne ohne Profilierung, sodass bereits minimale Verbundlängen für eine vollständige Verankerung und hohe Kraftübertragung ausreichen. Somit können Verankerungslängen von mindestens 50 cm auf max. 10 cm reduziert werden. Daraus ergibt sich eine deutlich höhere Materialeffizienz der Textilbe- wehrung, sodass bisher notwendige unverhältnis- mäßige Überdimensionierungen und große Über- lappungslängen deutlich reduziert werden können. Dies ist insbesondere in Anbetracht der energiein- tensiven Herstellung von Carbonfilamentgarnen und damit für den Nachhaltigkeitsanspruch der zukunfts- weisenden Carbonbetontechnologie von enormer Bedeutung, um das Bauen der Zukunft ressourcen- schonend und nachhaltig zu gestalten. Somit stellen die entwickelten verbundgerecht profilierten Textil- betonbewehrungen einen wesentlichen Beitrag zur Herstellung von extrem belastbaren Textilbeton- strukturen mit deutlich besseren Verbundeigen- schaften dar, sodass für die Bauindustrie perspek- tivisch neue Möglichkeiten zur Bauteilfertigung im Bereich der Sanierung und des Neubaus aber auch im Straßenbau entstehen.

Literatur

- [1] Spiegel, D.: Uno-Report über Gebäudeemissionen: Klimaproblem, in Beton gegossen. In: DER SPIEGEL (16.12.2020), URL: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/klimawandel-38-prozent-der-co2-emissionen-stammen-aus-dem-gebaeudesektor-a-b31a21c4-a3bb-4b00-a5fc-869091ee6ca4>, letzter Zugriff: 07.02.2023
- [2] Plettendorff, M.; Rehrmann, M.: Klimaschutz auf dem Bau: Carbonbeton schlägt Stahlbeton. In: NDR (07.11.2022), URL: <https://www.ndr.de/nachrichten/info/Klimaschutz-auf-dem-Bau-Carbonbeton-schlaegt-Stahlbeton,carbonbeton100.html>, letzter Zugriff: 07.02.2023
- [3] Curbach, M.; May, S.; Müller, E.; Schumann, A.; Schütze, E.; Wagner, J.: Verstärken mit Carbonbeton. In: Bergmeister, K.; Fingerloos, F.; Wörner, J.-D. (Hrsg.): Beton-Kalender 2022, Berlin: Ernst & Sohn, 2022, S. 761–804
- [4] Kruppke, I.; Butler, M.; Schneider, K.; Hund, R.-D.; Mechtcherine, V.; Cherif, C.: Carbon fibre reinforced concrete: Dependency of bond strength on Tg of yarn impregnating polymer. *Materials Sciences and Applications* 10 (2019) 4, S. 328–348 – DOI: 10.4236/msa.2019.104025
- [5] Hengstermann, M.; Abdkader, A.; Cherif, C.: Innovative oberflächenprofilierete Bewehrungsgarnstrukturen mit verbesserter Kraftübertragung im Beton. *TUDALIT-Magazin* (2019) 20, S. 7
- [6] Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Cherif, C.; Curbach, M.: Tetrahedral profiled carbon rovings for concrete reinforcements. *Solid State Phenomena* 333 (2022), S. 173–182 – DOI: 10.4028/p-mcb200
- [7] Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Scheerer, S.; Michler, H.; Butler, M.; Waldmann, M.; Curbach, M.; Cherif, C.; Mechtcherine, V.: Bond Modification of Carbon Rovings through Profiling. *Materials* 15 (2022) 16, 5581 – DOI: 10.3390/ma15165581
- [8] Penzel, P.; Seidel, J.; Lang, T.-G.; Hahn, L.; Cherif, C.; Mechtcherine, V.: Simulation based development of profiled carbon rovings for concrete reinforcements. In: *Proceedings AUTEX 2022 Conference Prodedings*. S. 538–542. DOI: 10.34658/9788366741751.114

Robotisiertes Handling von Textilien

Robotised handling of textile trims

S. Herz, T. Kühn, Y. Kyosev

Abstract

After the exponential increase of population and the standard of living in the 20th century [1], minimizing the destructive effects of that trend to society and the environment is one of the key challenges of the 21st century [2]. The textile garment industry is a 2.4 trillion dollar industry, employing 300 million people worldwide and fulfilling a very basic human need [3]. However, the textile industry is also responsible for ~5% of worldwide climate active gases and 20% of wastewater [3], [4]. As clean water is an increasingly scarce commodity and climatic stabilization is one of the politically most pursued objectives, the textile industry is under pressure to reform and streamline processes. One of the main factors in keeping production in South East Asia is the global wage difference. One possible path to cost-neutrally relocate production closer to consumers and into strictly regulated environments is to automate production. When cost of labor seizes to be the biggest contributor to overall costs of production, production is likely to be relocated to minimize transport and make supply more diverse and less vulnerable to local or global crises. Currently, methods for automated garment manufacturing are in its infancy. Specifically, picking up, placing, and folding trims and products is a technological challenge.

Einleitung

Nach dem exponentiellen Anstieg der Bevölkerungszahlen und der Lebensqualität im 20. Jahrhundert [1], ist die Minimierung der aus dieser Entwicklung folgenden destruktiven Auswirkungen auf Mensch und Umwelt eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts [2]. Durch die textile Bekleidungsindustrie werden nicht nur elementare menschliche Grundbedürfnisse befriedigt, sondern aktuell ~2.4 Bio. \$ umgesetzt [3, 4]. Jedoch fallen auch ~5% der weltweiten Treibhausgasemissionen, sowie 20% des weltweiten Abwassers durch die Produktion und den Transport von textilen Produkten an [3, 4]. Da Wasser ein zunehmend knapper Rohstoff ist, und Klimaneutralität und Nachhaltigkeit politisch immer drängender gefordert werden, gerät die Textilindustrie zunehmend unter Druck, die Produktion und den Transport zu reformieren und optimieren. Einer der Hauptfaktoren für die Standortwahl von textiler Produktion sind die lokalen, möglichst niedrigen Lohnkosten. So sind die Produktionsstandorte aktuell vor allem südostasiatische Schwellenländer, in denen abgesehen von den Lohnkosten und Arbeitnehmerrechten auch Umweltschutzaufgaben

nicht mit westlichen Standards vergleichbar sind. Durch die großen Entfernungen zwischen Produktion und Verbraucher fallen weiterhin beträchtliche Mengen an klimaaktiven Gasen beim Transport an. Eine mögliche Strategie, die Produktion strikteren Umweltschutzaufgaben und Arbeitsrecht zu unterlegen, sowie anfallende Emissionen beim Transport zu minimieren ist, die Produktion näher am Verbraucher anzusiedeln. Um dies kostenneutral zu realisieren, müssen beträchtliche Menge an Lohnkosten eliminiert werden, z.B. durch die Automatisierung der Fertigung. Es stehen jedoch kaum marktreife Technologien zur Verfügung, diese Automatisierung von textiler Fertigung und Montage umzusetzen. Vor allem das Aufnehmen, Ordnen und strukturierte Ablegen textiler Zuschnitte und Produkte stellt in Wissenschaft und Wirtschaft eine Herausforderung dar.

Charakterisierung textiler Produkte

Ein Hauptgrund für die schleppende Entwicklung von Automatisierungslösungen für textile Produkte ist die hohe Diversität an zu verarbeitenden Materialien und Arbeitsabläufen. Im Rahmen einer umfassenden Prozessautomatisierung muss so ein hohes Maß an Modularität und Kompatibilität gesichert werden.

Dem Automatisierungsprozess vorgelagert muss eine eingehende Charakterisierung der zu verarbeitenden Materialien, sowie eine präzise Definition der zu automatisierenden Prozesse erfolgen. Im Rahmen der Materialcharakterisierung sind Flächengewicht, Zugfestigkeit, Biegesteifigkeit, Luftdurchlässigkeit, Hydrophilie und Reibkoeffizienten zu charakterisieren, siehe Abbildung 1. Aus diesen Kennwerten können Annahmen zu dem Drapierverhalten und dem Verhalten während der Manipulation mit Greifern getroffen werden.

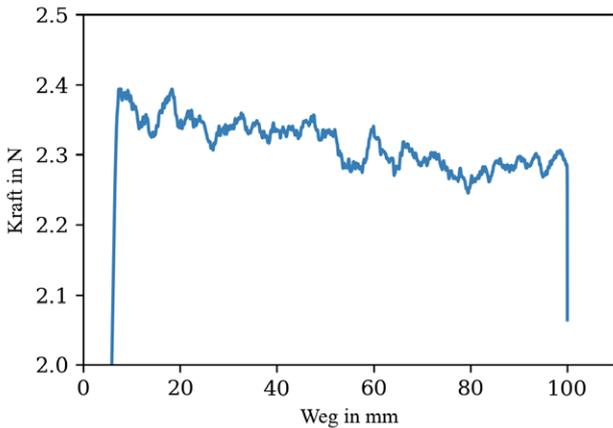


Abb. 1: Beispielaufnahme aus der Bestimmung der Reibkoeffizienten zwischen textilem Material KG3 und Silikonfingern eines Fingergreifers / Exemplary extract of force-distance diagram of friction coefficient test between material KG3 and silicon piece from a finger gripper

Verschiedene Greifer für biegeschlaffe Materialien

Für die automatisierte Produktion unabdingbar sind für die Manipulierung und das Handling von textilen Materialien geeignete Greifwerkzeuge.



Abb. 2: Auswahl der Greifer für textile Materialien der Firma Schmalz GmbH / Selection of grippers for textile materials by Schmalz GmbH

Auf dem Markt sind seit Jahrzehnten verschiedene Greifermodelle verfügbar, mit einer Vielzahl an Funktionsprinzipien, siehe Abbildung 2. Während vor allem Nadel- und Sauggreifer in der Textilindustrie Verwendung finden, sind auch Bernoulli-, Strömungs- oder Fingergreifer für die textile Anwendung geeignet, siehe Abbildung 3.

Während Nadelgreifer für die Anwendung bei einer Vielzahl von Materialien in der Bekleidungsindustrie geeignet sind, ist eine Einschränkung die nicht mögliche Nutzung bei beschichteten Materialien. Da die in den Stoff eindringenden Nadeln die Beschichtung zerstören, ist der Einsatz von Nadelgreifern nur bei Bekleidungstextilien ohne Oberflächenveredelungen möglich. Weiterhin ist eine Herausforderung die wiederholgenaue Vereinzlung: Da die Nadeln in den Stoff eindringen, um ihn aufzunehmen, ist vor allem bei besonders dünnen Stoffen das separierte Aufnehmen jeder einzelnen Lage nicht in jedem Fall umsetzbar.

Auch sowohl Saug-, Strömungs- als auch Bernoulligreifer, zusammenfassend Greifer, welche die Kräfte aus einem Luftstromnutzen, sind vor allem bei beschichteten, luftdichten Materialien hervorragend einsetzbar. Jedoch ist ein Einsatz bei großporigen, dünnen Stoffen nur eingeschränkt möglich.

Auch Fingergreifer, oder Greifer, welche im weitesten Sinne das Greifen einer menschlichen Hand oder menschlicher Finger imitieren, kommen in der Montage textiler Produkte zum Einsatz. Diese Greifer sind von Seiten des Funktionsprinzips eher unabhängig von Beschichtungen und der Luftdurchlässigkeit. Allerdings ist der steuer- und regelungstechnische Aufwand, einen Fingergreifer auf mehrere Materialien zu kalibrieren und zur wiederholgenauen Vereinzlung zu befähigen, enorm hoch.

Die Professur Entwicklung und Montage von textilen Produkten am ITM entwickelt, in Kooperation mit den Firmen Automation Uhr GmbH und IFQ GmbH, und der TH Wildau, einen Greifer, dessen Funktionsprinzip auf Cryotechnologie basiert. Eine geringe Menge Flüssigkeit wird auf das textile Material aufgebracht und bei Kontakt mit der Kontaktplatte des Greifers durch diesen gefroren, um so als zerstörungsfreies Haltemedium für das textile Material zu dienen.

Durch die Verbindung zwischen Greifer und dem textilen Material durch gefrorene Flüssigkeit kann das Textil durch den Greifer bewegt, manipuliert und vereinzelt werden. So können Materialien unabhängig von Beschichtungen, Luftdurchlässigkeit und Dicke wiederholgenau vereinzelt und manipuliert werden.

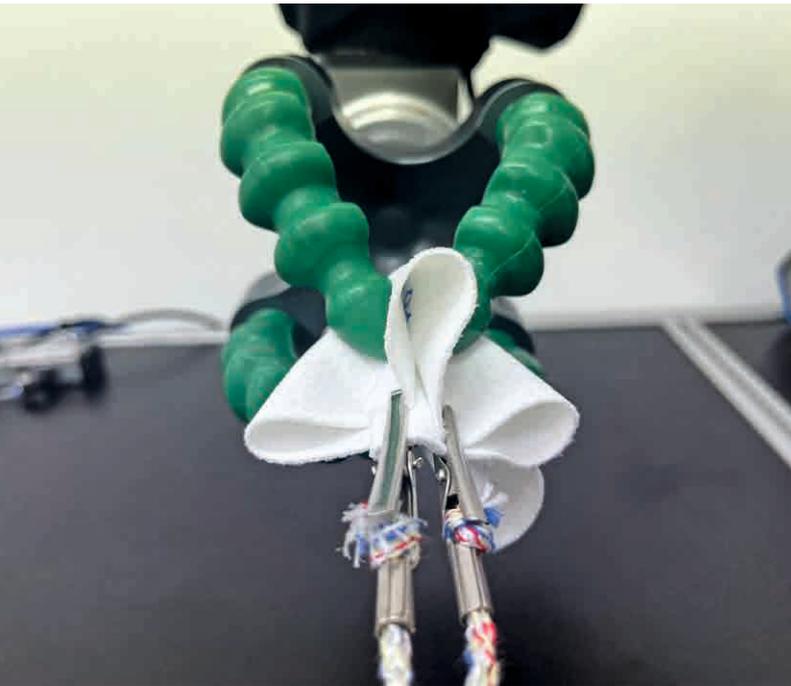


Abb. 3: Beispiel Greifertest / Exemplary gripper test

Ermittlung der Eignungen und Einschränkungen verschiedener Greifer

Um Anwendungsfelder und die Eignung für verschiedene textile Materialien quantifizieren und abgrenzen zu können, wird im Rahmen des Forschungsprojekts Cryotec der Cryotechnologiegriper gemeinsam mit einem Nadelgreifer, einem Strömungsgriper, einem Sauggreifer, einem Bernoulligriper und einem Fingergreifer der Firma Schmalz auf die jeweilige Befähigung zur Aufnahme, Vereinzelung und zum Transport verschiedener textiler Materialien untersucht.

Die Ergebnisse dieser Greifertests mit verschiedenen textilen Materialien aus verschiedenen Anwendungsbereichen werden verglichen, um in der Anwendung den geeigneten Greifer für das zu manipulierende Material auswählen zu können. Hierfür werden gripererspezifisch die ermittelten textilen Charakteristika durch eine Hauptkomponentenanalyse (HKA) untersucht. Die HKA eine Methode, eine k-dimensionale Matrix, in diesem Fall eine Matrix der ermittelten Materialkennwerte, auf eine 2-dimensionale Matrix zu reduzieren, um so Interkorrelation zwischen Variablen visuell zu erkennen und zu quantifizieren.

Die Ergebnisse der HKA der textilen Charakteristik von 16 Textilien sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Charakteristika der 16 Textilien sind in dem Diagramm als Punkte gekennzeichnet. Die Pfeile stellen die Wichtung einzelner textiler Kennwerte in den jeweiligen Bereichen des Diagramms dar. Weiterhin ist in Abbildung 4 die Haltekraft des Fingergreifers an den Proben der 16 Stoffe durch farbliche Markierung gekennzeichnet.

Die relative Position der Datenpunkte zu den Pfeilen mit textilen Eigenschaften, sowie den Abstand der Datenpunkte vom Koordinatenursprung sind Indikatoren für Korrelation. Durch die Position der blauen Datenpunkte, d. h. Textilien deren Haltekraft $< 2\text{N}$ ist, ist zu erkennen, dass entweder eine hohe Luftdurchlässigkeit oder besonders niedrige Reibungskoeffizienten die Haltekraft von Textilien in Fingergrifern beeinträchtigen. Da Fingergrifer nicht auf einem Luftstromprinzip basieren ist naheliegend, dass niedrige Reibungskoeffizienten und niedrige Haltekraften korrelieren. Die Kennwerte Reibungskoeffizient, Zusammendrückbarkeit, Flächengewicht und Biegesteifigkeit haben jedoch keinen erkennbaren negativen Einfluss auf die Haltekraft.

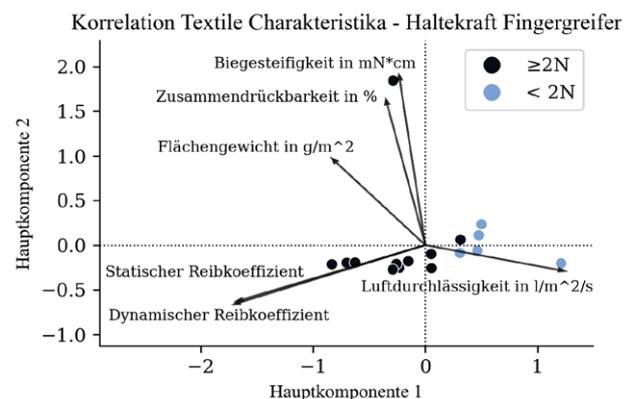


Abb. 4: Korrelationsanalyse textiler Charakteristika und der Haltekraft eines Fingergrifers durch HKA / Analysis of correlation between textile characteristics and the holding force of a finger gripper using the principal component analysis method

Anhand dieser Methode der Analyse werden alle zum Test ausgewählten Greifer hinsichtlich der Aufnehmbarkeit, Haltekraft und Vereinzelbarkeit der 16 textilen Materialien getestet und Korrelationen untersucht und quantifiziert. Weiterhin werden für Cryotechnologiegriper mit der HKA-Methode die benötigten Mengen an Flüssigkeit, Haltekraften bei verschiedenen Temperaturen und Medien, sowie Einschränkungen der Technologie ermittelt.

Zusammenfassung

Da Textilien sich von anderen zu verarbeitenden Materialien durch eine niedrige und stark variierende Biegesteifigkeit, sowie stark variierende Zugfestigkeit, Luftdurchlässigkeit, Zusammendrückbarkeit, Flächengewicht und Reibkoeffizienten abgrenzen, ist eine zuverlässige und wiederholgenau Handhabung durch Robotergreifer eine technologische Herausforderung.

Bereits für textile Materialien zur Verfügung stehende Greiferlösungen sind nicht ohne enormen regelungstechnischen Aufwand und für eine überwiegende Mehrheit der zu verarbeitenden textilen Materialien geeignet. Die Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten zusammen mit den Firmen IFQ GmbH und Automation Uhr GmbH sowie der TH Wildau forscht an einem neuartigen Gefriergreifer, welcher universal für alle textilen Materialien geeignet ist.

Die Untersuchungen über die Haltekraft und die textile Parameter und deren Analyse mit Hauptkomponentenanalyse ermöglichen die Selektion der die wichtigsten Parameter für den Prozess.

Literatur

- [1] M. Roser, H. Ritchie, E. Ortiz-Ospina, und L. Rodés-Guirao, „World Population Growth“, *Our World Data*, Mai 2013, Zugegriffen: 22. Februar 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://ourworldindata.org/world-population-growth>
- [2] A. Lopez-Claros, A. L. Dahl, und M. Groff, *Global Governance and the Emergence of Global Institutions for the 21st Century*. Cambridge University Press, 2020.
- [3] L. Chen, F. Caro, C. J. Corbett, und X. Ding, „Estimating the environmental and economic impacts of wide-spread adoption of potential technology solutions to reduce water use and pollution: Application to China’s textile industry“, *Environ. Impact Assess. Rev.*, Bd. 79, S. 106293, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.eiar.2019.106293.
- [4] J. Adamkiewicz, E. Kocharńska, I. Adamkiewicz, und R. M. Łukasik, „Greenwashing and sustainable fashion industry“, *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.*, Bd. 38, S. 100710, Dez. 2022, doi: 10.1016/j.cogsc.2022.100710.



Danksagung

Dieses Forschungsvorhaben wird als FuE-Kooperationsprojekt im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Entwicklung bekleidungstechnischer Assistenzsysteme zur Unterstützung der Mobilität älterer Menschen

Development of clothing-related assistance systems to support the mobility of older people

E. Wendt, D. Zhang, S. Krzywinski, Y. Kyosev

Abstract

The aim of this research is the development of an assistance system in clothing to support the mobility of older people, especially the movement from sitting to standing. The solution adapts to the age-related changed body proportions, postures and movements without reducing the body's own strength and counteracting the muscle degeneration. The energy storage and release, required for support, is realised by textile materials with different levels of strain stiffness. A wide range of elastic drawstrings is available for this purpose. Their embedding into the overall system of the functional clothing in terms of production technology is intended to provide partial support for muscle strength on the one hand and ensures good wearing comfort on the other. The result of the development is a passive exosuit in the form of functional underwear that can be worn under daywear.

Einleitung / Zielstellung

Mobilität ist ein menschliches Grundbedürfnis und eine Voraussetzung, um sich sozial in die Gesellschaft

zu integrieren. Mit steigender Lebenserwartung und dem damit verbundenen demographischen Wandel wird das Thema Mobilität zunehmend wichtiger. Eingeschränkte Mobilität reduziert die soziale Kommunikation im Alltag, was sich wiederum negativ auf Psyche und Gesundheit auswirken kann. Deren Verlust ist eines der maßgeblichen Risiken des Alterns. Ziel des Projektes war es, durch individuelle, auf die Körperproportionen, -haltungen und Bewegungen angepasste bekleidungstechnische Assistenzlösungen die Mobilität zu unterstützen, ohne die körpereigenen Kräfte abzubauen und einem Muskelabbau entgegenzuwirken. Die dafür nötigen Prozessschritte (Abb. 1) wurden für eine Assistenzlösung zur Unterstützung der Aufsteh-Bewegung (sit-to-stand/ STS) entwickelt.

Erfassung von Scandaten mobilitätseingeschränkter Probanden

Zur Realisierung dieses Forschungszieles wurden mobilitätseingeschränkte Probanden (männlich/weiblich) ausgewählt, sowohl die Körperformen in Standardhaltung als auch in der zuvor definierten Bewegung im Scan-Prozess (Move4D [1]) dreidimen-

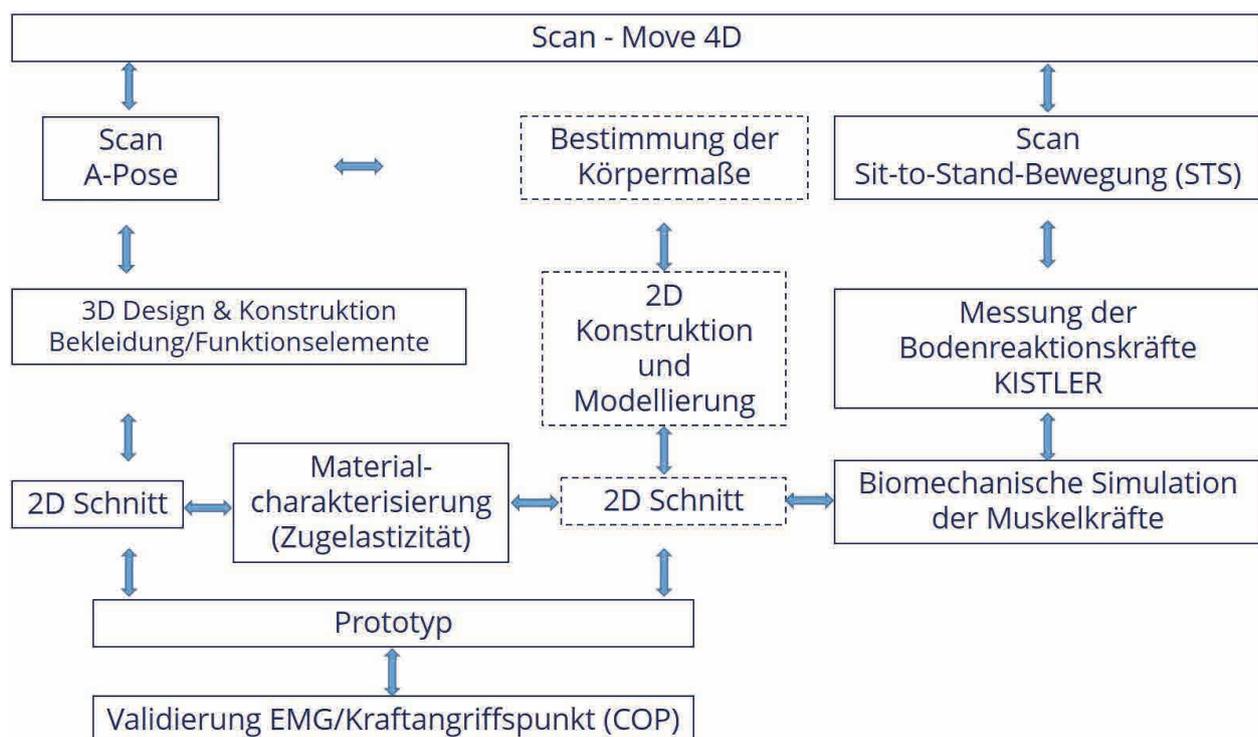


Abb 1: Prozesskette zur Entwicklung passiver Exosuits / Process chain for the development of passive exosuits

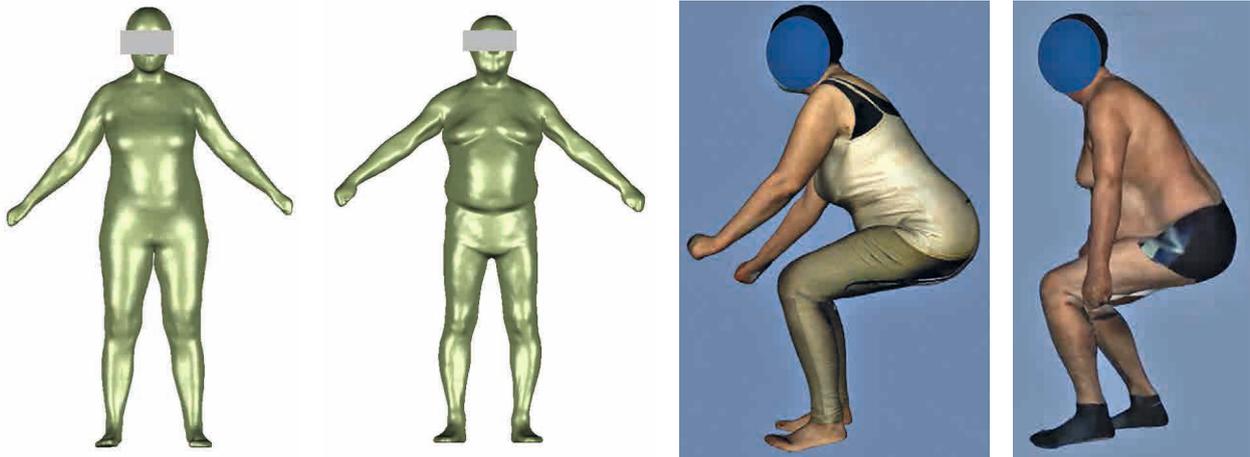


Abb 2: Scandaten in Standardhaltung und in Bewegung / *Scandata in standard posture and during STS-movement*

sional erfasst, die Körpermaße individuell bestimmt und die Daten dahingehend aufbereitet, dass sie in weiterführenden Arbeitsschritten/Simulationen Anwendung finden können (Abb. 2).

Personenindividuelle biomechanische Menschmodelle zur Simulation der Bewegung und der Muskelkräfte

Eine Analyse der menschlichen Anatomie und Biomechanik ermöglichte die Festlegung der für die Bewegung relevanten Gelenke mit den dazugehörigen Freiheitsgraden sowie die Auswahl der zu unterstützenden Muskelgruppen. Für eine zielgerichtete Auslegung des Assistenzsystems war es notwendig, die für die STS-Bewegung benötigten Muskelkräfte simulativ zu quantifizieren. Unter Verwendung der open Source Software OpenSim 4.0 [2] zur muskuloskelettalen Simulation wurde ein Standard-Template Modell (Skelett-Muskel-Modell) auf die individuellen Körpermaße angepasst und die im Scanvorgang erfasste STS-Bewegung virtuell animiert (Abb. 3) [3].

Dies ermöglichte mit Hilfe der Inversen Kinematik die Bestimmung der Gelenkwinkel für jeden einzelnen Zeitschritt der Bewegung. Zur Simulation der dazugehörigen Gelenkkräfte und Drehmomente (Inverse Dynamik) wurden parallel zum Scanvorgang die jeweiligen Bodenreaktionskräfte (Vertikal-, Schub-, Scherkräfte) mit Hilfe von Kraftmessplatten der Firma Kistler [4] experimentell bestimmt. Die Ergebnisse dienten als Eingangsgrößen zur biomechanischen Simulation (Statische Optimierung) der für die STS-Bewegung benötigten Muskelkräfte. Die Muskelkräfte wurden separat für die einzelnen Muskelgruppen zur Bewegung (Flexion/Extension) des Rumpfes, der Hüfte und des Knies aufgelöst und quantifiziert [3]. Abbildung 4 zeigt exemplarisch die zur Extension des Hüftgelenkes benötigten Muskelkräfte.

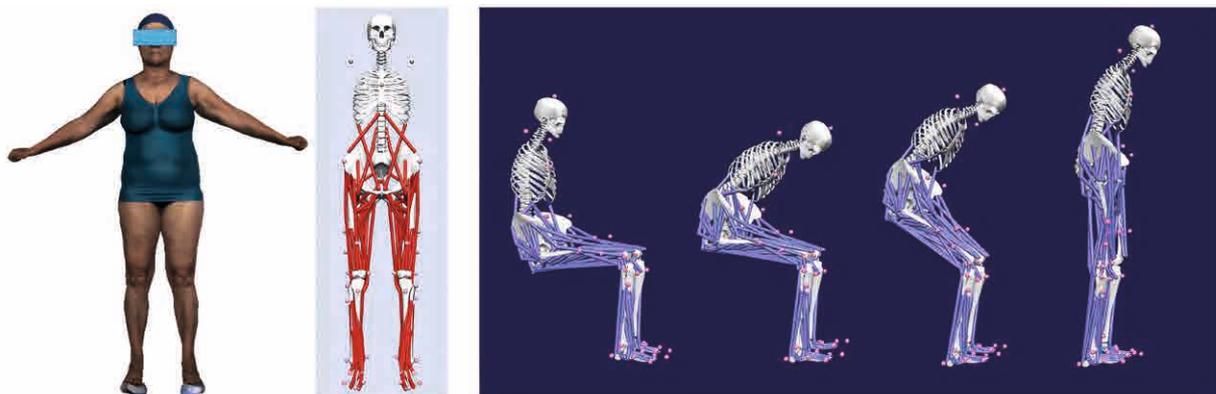


Abb 3: Personenindividuelle Modellierung der STS-Bewegung in OpenSim / *Individual modelling the STS movement in Opensim* [3]

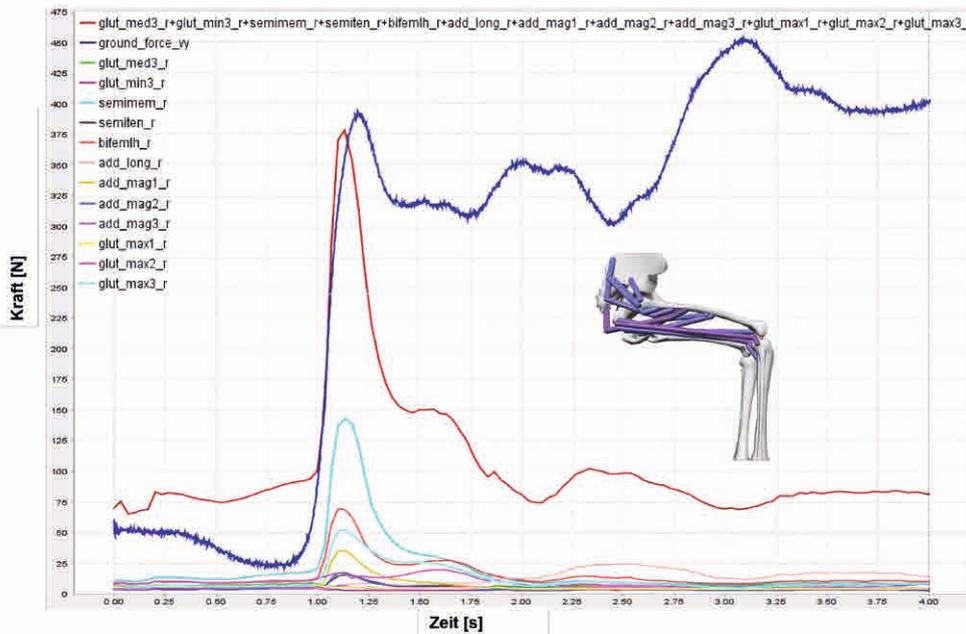


Abb 4: Simulation der Muskelkräfte in OpenSim (weibliche Probandin) zur Extension des Hüftgelenkes / Simulation of muscle forces in OpenSim (female test person) for extension of the hip joint [3]

Schnitttechnische Entwicklung des Assistenzsystems und Funktionalisierung

Parallel dazu erfolgte die schnitttechnische Umsetzung der personenindividuellen Assistenzsysteme mit 3D/2D-Konstruktionslösungen. Zur Positionierung der Funktionselemente wurden zuvor die Änderungen der Körperoberfläche infolge der Bewegung (Dehnungen) in CLO3D [5] analysiert. Des Weiteren erfolgte die textilphysikalische Charakterisierung der textilen Basis-Materialien sowie der Funktionselemente. Sowohl diese Ergebnisse als auch die in der Simulation ermittelten Muskelkräfte für die STS-Bewegung dienten als Eingangsparameter zur beanspruchungsgerechten Materialzuordnung zur Erzielung der Assistenzwirkung (Abb. 5).

Validierung der Assistenzwirkung

Ergebnis der Entwicklung ist ein passives Assistenzsystem in Form von Funktionswäsche, die unter der Tageskleidung getragen werden kann. Die textilbasierte Unterstützung der festgelegten STS-Bewegung erfolgt durch stringente elastische Bänder, die die Energie bei der Körper-Abwärtsbewegung (Hinsetzen) durch Dehnung speichern und bei der Aufwärtsbewegung wieder abgeben. Die Validierung der Assistenzwirkung erfolgte mit Hilfe der Elektromyografie (EMG), womit die elektrische Aktivität eines Muskels untersucht, jedoch keine Muskelkräfte quantifiziert werden können. Das in einem Elektromyogramm bei Bewegung aufgezeichnete elektrische Potenzial ermöglicht Aussagen zum Zustand der Muskulatur. Für die definierte STS-Bewegung wurde für die weibliche Probandin eine Oberflächen-EMG-Messung mit und ohne Assistenzbekleidung durchgeführt. Die Befestigung der Elektroden

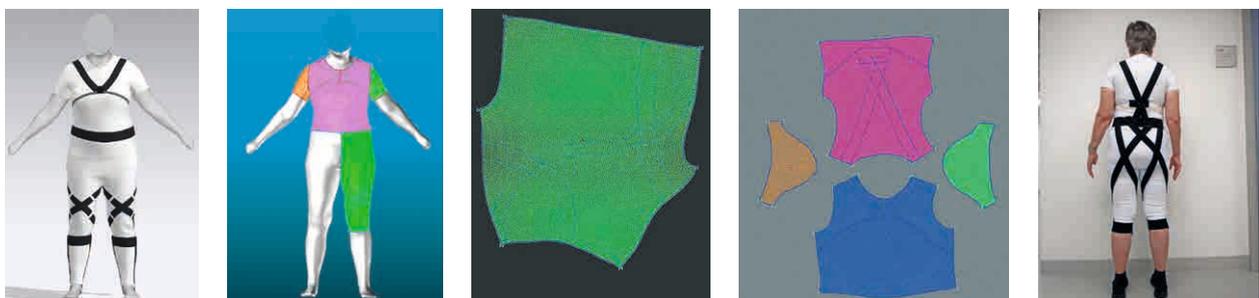


Abb 5: 3D/2D-Design und Konstruktion, Prototyp des Assistenzsystems (weiblicher Proband) / 3D/2D-design and construction, prototyp of the assistance system (female test person)

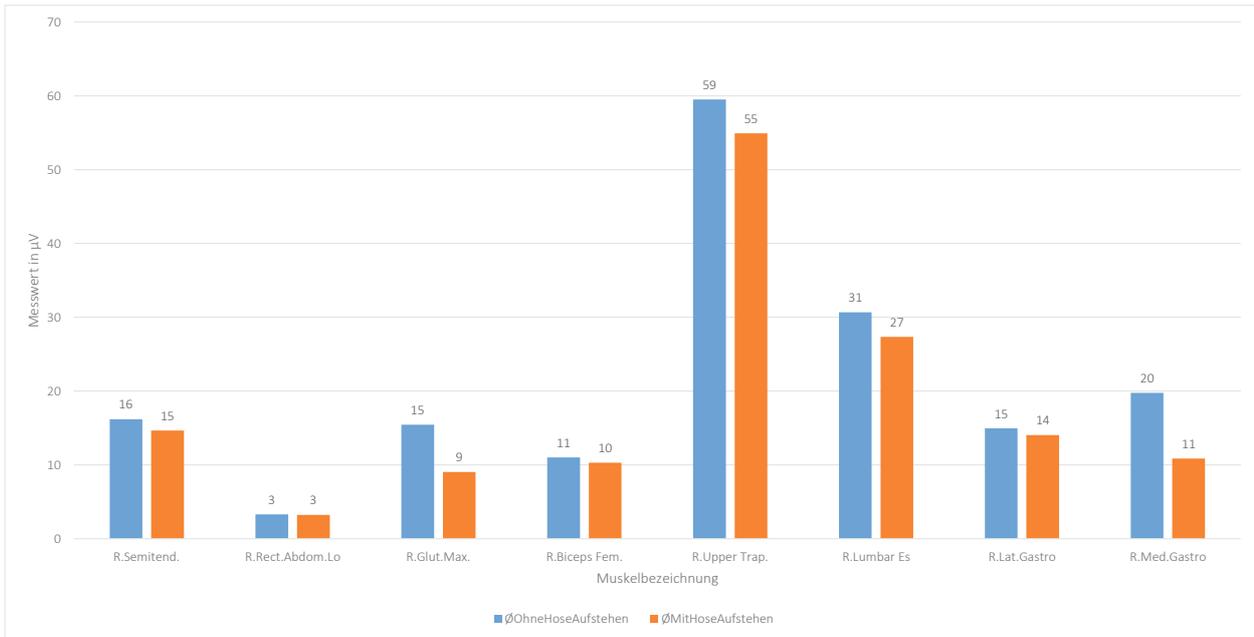


Abb. 6: Muskelaktivität in der STS-Bewegung mit/ohne Assistenzsystem (weibliche Probandin) / *Muscle activity in STS movement with/without assistance system (female test person)*

erfolgt auf den für die STS-Bewegung relevanten Muskelgruppen. Die Analyse der Muskelaktivitäten zeigt, dass die Probandin durch das Tragen des passiven Assistenzsystems für die STS-Bewegung prozentual weniger Kraft benötigt im Vergleich zu der Bewegung ohne Unterstützung (Abb. 6). Die Einsparungen liegen zwischen 6 % und 40 %.

Zusammenfassung

In diesem Forschungsvorhaben wurden passive bekleidungstechnische Assistenzsysteme in Form von Funktionswäsche für Menschen mit leichten Mobilitätseinschränkungen entwickelt. Dabei geht es darum, den Bewegungsapparat zu entlasten, d. h. die für eine STS-Bewegung benötigten Kräfte zu reduzieren und die Stabilität der Bewegungen zu erhöhen. Dazu wurden personenindividuelle Daten scantechnisch erfasst, textile Materialien unterschiedlicher Dehnsteifigkeiten ausgewählt und charakterisiert, die zu unterstützenden Muskelkräften in Abhängigkeit der definierten Bewegung simuliert sowie die Schnittgestaltung und Positionierung von Funktionselementen dementsprechend anforderungsgerecht ausgeführt. EMG-Messungen zeigen die unterstützende Wirkung des passiven Assistenzsystems. Die Reduzierung der detektierten Muskelaktivität liegt für die relevanten Muskelgruppen zwischen 6 % und 40 %. Damit stellen sie künftig eine erfolgversprechende, nutzerorientierte und alltags-taugliche Lösung dar, um die Mobilität zu unterstützen, ohne die körpereigenen Kräfte abzubauen und einem Muskelabbau entgegenzuwirken.

Literatur

- [1] <https://www.ibv.org/>, (21.02.2023)
- [2] <https://simtk.org/>, (21.02.2023)
- [3] ZHANG, D.: *Erarbeitung von personenindividuellen beweglichen Menschmodellen zur Integration in digitale Prozessketten für die Entwicklung funktioneller Bekleidung*. Dresden: Technische Universität, Fak. Maschinenwesen, Dissertation, 2022.
- [4] <https://www.kistler.com/>, (21.02.2023)
- [5] <https://www.clo3d.com/en/>, (21.02.2023)

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 21603 BR/1 der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Spinntechnologie und -entwicklung für Hochleistungsfasern aus Kohlenstoff, sowie aus Biopolymeren und *post-consumer* Kunststoffen

Development of precursor materials and spinning technologies for high-performance fibers and fibers made of biopolymers and post-consumer materials

- **Forschung und Entwicklung in der Fasertechnologie – Erspinnung von Hochleistungsfasern, maßgeschneiderten Funktionsfasern und Fasern natürlichen Ursprungs** / *Research and development of fiber technology – Spinning of high-performance fibers, customized functional fibers and natural-based fibers*
- **Entwicklung der Spinn Techniken (Nassspinnen, Schmelzspinnen, Elektrospinnen), thermische Faserumwandlungen und 3D-Druck** / *Further development of spinning techniques (wet spinning, melt spinning, electrospinning), thermal conversion of fibers and 3D-Printing*
- **Entwicklung und Konstruktion neuer Anlagemodule für die Spinnanlagen** / *Development and construction of spinning moduls*
- **Polymer- und Partikelsynthese** / *Synthesis of polymers and particles*

Das ITM verfügt entlang der gesamten Wertschöpfungskette über eine große Expertise in der Entwicklung von vielseitig einsetzbaren, faserbasierten Hochleistungstextilien. Als Grundlage dienen maßgeschneiderte Endlosfilamentgarne, die in Faserspinnprozessen aus innovativen Materialien hergestellt werden. Hierfür werden die polymeren Ausgangsstoffe in einen fließfähigen Zustand überführt und nach der Extrusion durch zielgerichtet konstruierte Spinndüsen systeme verfestigt. Auf Basis ganzheitlicher und fundierter Kenntnisse erfolgen die Auswahl, Variation und Kombination von Materialien und Prozessparametern. Mit Hilfe der am ITM vorhandenen Lösungsmittel- und Schmelzspinn Technologien entwickeln die Wissenschaftler:innen auf diese Weise bedarfsgerechte Fasern, die verschiedenste Hochleistungsanwendungen ermöglichen.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich Lösungsmittelspinnen werden mit Hilfe einer Pilotspinnanlage der Firma Fourné Polymer Technik GmbH realisiert und umfassen bspw. Biofasern aus Chitosan oder Kollagen, Hochleistungsfasern auf Polyacrylnitril (PAN)- und Lignin-Basis als

Kohlenstofffaserpräkursoren sowie piezo-sensitive Fasern und Formgedächtnisfasern. Einen großen Kenntnisstand besitzt das ITM in der Verspinnung von biologisch hochreinem Chitosan und Chitin aus ionischen Flüssigkeiten (vgl. Abb. 1). Damit können unter anderem mit der *Netshape-Nonwoven-Technologie* oder durch elektrostatisches Beflocken textile Trägerstrukturen (*Scaffolds*) hergestellt werden, die gezielt als Implantate im *Tissue Engineering* eingesetzt werden können.

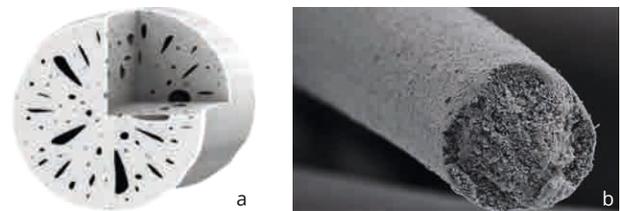


Abb. 2: Nassgespinnene PAN-Fasern; Angestrebtes Porenmodell im Querschnitt der Faser (a) und REM-Aufnahme einer porösen Präkusorfaser (b) / *Wet-spun PAN fibers; targeted pore model in cross-section of fibre (a) and SEM image of a porous precursor fiber (b)*

Ein weiterer Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten liegt in der tiefgreifenden Erforschung maßgeschneiderter Kohlenstofffasern (engl. *carbon fiber*, CF)-Präkursoren. Dabei kommen Materialien, wie PAN, Lignin oder Cellulose, sowie Nanokohlenstoffe z.B. CNT oder Graphen zum Einsatz und es werden skalenübergreifende Mechanismen bei der Faserbildung und die Minimierung von Strukturfehlern erforscht. Ein wichtiger Forschungszweig beschäftigt sich dabei mit der Entwicklung multifunktionaler Kohlenstofffasern durch die Ausbildung von interkonnektierenden Poren in den Präkusorfasern (siehe Abb. 2) für Energie- und Wasserstoffspeicherung. Durch die definierte Einstellung der Transport- und Diffusionsprozesse während der Koagulation und der Orientierung der Makromoleküle im Nassspinnprozess können die Porengrößen und -verteilung in den PAN-Präkursoren und damit die Struktur bzw. Eigenschaften der resultierenden Kohlenstofffasern gezielt beeinflusst werden (Abb. 2).

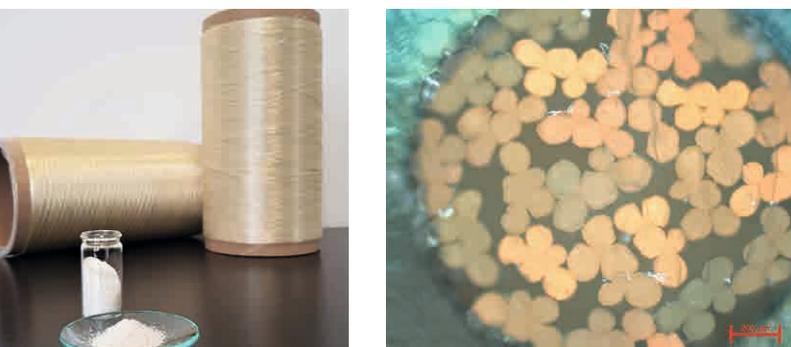


Abb. 1: Chitosan und Chitin aus Krustentieren und nassgespinnenes Chitosangarn (links) und Lichtmikroskop-Querschnittsaufnahme aus einem Schliffkörper von nassgespinnenen Chitosanfilamentgarnen (rechts) / *Chitosan raw materials and wet-spun chitosan yarn (left) and cross-section image of wet spun chitosan filament yarn (right)*



Abb. 3: Am RCCF hergestellte Spulen von der PAN-Präkursorfaser über mehrere Stabilisierungsstufen bis hin zur Kohlenstofffaser (von links nach rechts) und Kohlenstofffasern eingebettet in Beton (rechts) / Spools of PAN precursor fibre over several stabilizing steps to carbon fibre (from left to right) and carbon fibre embedded in concrete (right)



Für die Erforschung der Verarbeitung der neuartigen Präkursoren zu Kohlenstofffasern stehen dem ITM in Zusammenarbeit mit dem Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) im 2016 neueröffneten *Research Center Carbon Fibers (RCCF)*-Technikum eine kontinuierliche Stabilisierungs-, Carbonisierungs- und Ultra-Hochtemperatur(UHT)-Linie im Pilotmaßstab sowie umfangreiche instrumentelle Analytik, z.B. Fourier-Transformations-Infrarot (FTIR)-Spektroskopie, dynamischen Differenzkalorimetrie (DDK), Thermogravimetrische Analyse (TGA), etc., sowie das Netzwerk des Dresden Center for Nanoanalysis (DCN) zur Verfügung. Die erarbeiteten Erkenntnisse ermöglichen die molekular dynamische Modellierung und somit das Maßschneidern und den anforderungsgerechten Einsatz von Kohlenstofffasern in zukunftsweisenden Hochtechnologiefeldern, wie dem textilen Bauen mit Carbonbeton oder dem Einsatz von funktionellen Energiespeichersystemen mit erhöhter Elektrodenkapazität bei gleichbleibenden werkstoffmechanischen Eigenschaften.

Darüber hinaus werden am ITM neuartige Hochleistungsfilamentgarne mittels Schmelzspinnen entwickelt und erforscht. Dazu steht eine modular aufgebaute und flexible Bikomponentenschmelzspinnanlage (Biko-SSA) der Firma Dienes Apparatebau GmbH zur Verfügung. Diese erlaubt die Verarbeitung einer Vielzahl von Polymeren, von klassischen Schmelzspinnpolymeren (PP, PE, PC, PET und PA) über bioabbaubare und biokompatible Polymere (PLA, PVA, PCL und PHB) bis hin zu speziellen Hochleistungspolymeren (PPS, PEEK und PAI) und Polymerkompositen. Es werden thermoregulierbare Biko-Fasern aus *Phase Change Material* (PCM), splittfähige Biko-Fasern mit großer Oberfläche, großer Oberflächenrauheit und sehr gutem Abrasionsverhalten und Sensorgarne aus elektroaktiven Polymeren sowie Formgedächtnisgarne aus thermoplastischem Polyurethan (TPU) ersponnen und verarbeitet. Des Weiteren werden am ITM rezyklierte PP (rPP) Filamentgarne aus *post-consumer* Kunststoffen aus dem Grünen Punkt® ersponnen (siehe Artikel S. 8 ff.).

Aktueller Fokus der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an der Biko-SSA liegen einerseits auf der Entwicklung nano- bis mikrostrukturierter Fasern zur Realisierung einer deutlich verbesserten Faser-Matrix-Haftung und andererseits im Bereich des Lösungsmittelnassspinnens nachhaltiger Präkursoren für Kohlenstofffasern auf Basis von modifizierten Lignin- bzw. Cellulosederivaten. Die daraus entwickelten Kohlenstofffasern erhalten eine spezielle dreidimensionale miteinander verbundene mikroporöse Struktur, die ein vielversprechendes Potenzial für Kathoden in Lithium-Schwefel (Li-S) Batterien aufweisen. Der Einstieg in Kohlenstofffaserforschung für Batterieanwendungen ist Teil der Innovationsstrategie vom ITM.

Technische Ausstattung

- Bikomponentenschmelzspinnanlage, Lösungsmittelnassanlage, Kolbenspinnanlage, Elektrospinnanlage
- Stabilisierungs-, Carbonisierungs- und UHT-Linie (RCCF)
- Rheometer sowie umfangreiche instrumentelle chemisch/physikalische Analytik
- Syntheselabor

Ausgewählte Publikationen

Kuznik, I.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.: Pure chitosan-based fibers manufactured by a wet spinning lab-scale process using ionic liquids. *Polymers* 14(2022)3, 477, DOI: 10.3390/polym14030477 (online)

Kuznik, I.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.: Chitosan multifilament fibers made with ionic liquids. In: *Proceedings. 61. Dornbirn-GFC 2022, (Dornbirn, Österreich), 14.-16. September 2022*

Lukoschek, S.; Frankenbach, L. A.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.; Callhoff, C.: Post-Consumer-Kunststoffe – Vom Joghurtbecher zum hochwertigen Textil. *mel-liand Textilberichte* 103(2022)6, S. 217-218

Neue Technologie zur Verspinnung von reinen Metall-Spinnfasern und zur Verarbeitung von Holzwolle

New technology for spinning of pure metal staple fiber and for processing wood wool

- **Entwicklung von Hybridgarnen für Composites / Development of hybrid yarns for composites**
- **Entwicklung einer neuartigen Prozesskette zur Herstellung kostengünstiger Metall Stapelfasergarne / Development of a novel process chain for the production of cost efficient metal staple fiber yarns**
- **Hochleistungsstapelfasergarne aus CF, GF, AR und Basalt für technische Anwendungen / High performance staple fiber yarns of CF, GF, AR and basalt for technical applications**
- **Entwicklung, Modellierung und Simulation von Spinnmaschinen und -prozessen / Development, modeling and simulation of spinning machines and spinning process**
- **Entwicklung von Thermoplastholzstrukturen aus Holzwolle für komplex geformte, biobasierte Composites / Development of bio-based thermoplastic wood structures made of wood wool for complex-shaped, bio-based composites**
- **Entwicklung von Flechtgarnkonstruktionen und Flechttechnologien für technische Anwendungen / Development of braiding yarn and braiding technologies for technical applications**

Die Forschungsgruppe „Multimaterial-Garnstrukturen für Hightech-Anwendungen“ am ITM beschäftigt sich intensiv mit der Entwicklung von anforderungsgerechten Hybrid-, Filament-, Stapelfaser-, Flecht-, Sensor- und Aktorgarnkonstruktionen und -strukturen für technische Anwendungen. Alle notwendigen Maschinentechiken von der Faseraufbereitung, Spinnereivorbereitung bis zur Ausspinnung und Umspulung sowie Prüfgeräte zur Charakterisierung von Faser-, Band- und Garnstrukturen sind am ITM vorhanden.

Ein besonderer Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten konzentriert sich auf die Entwicklung von dreiphasigen, auf Filamentebene hybridisierten Hybridgarnen bestehend aus metallischen Filamentgarnen, nichtmetallischen Hochleistungsfilamentgarnen und thermoplastischen Filamentgarnen. Hierfür sollen die mechanischen Eigenschaften und Potenziale dieser neuartigen Werkstoffklasse mittels einer experimentellen sowie einer umfangreichen numerischen Charakterisierung tiefgreifend untersucht werden.



Holzwolle

Industrieholzwohle
Feine Fichte

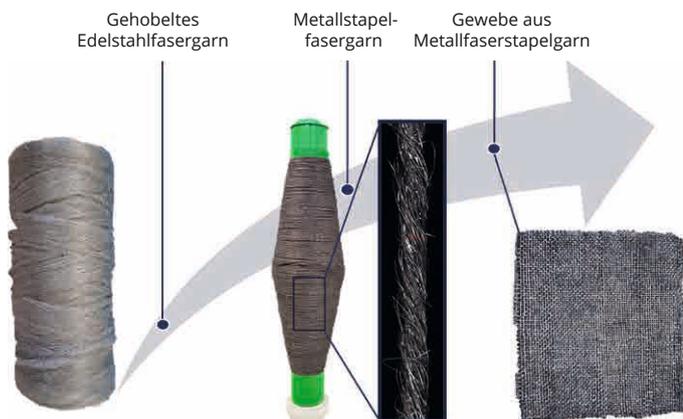


Bio-Thermoplastholzstrukturen



Bio-Composite

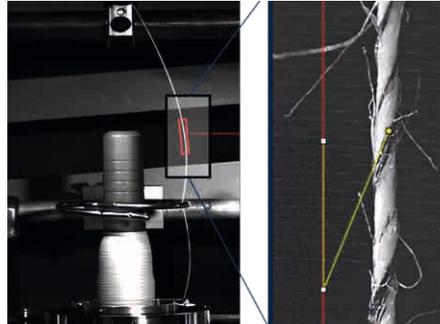
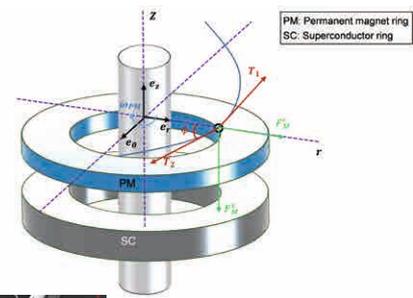
Bio-Thermoplastholzstrukturen und Bio-Composite / Bio-thermoplastic wood structures and bio-composite



Neuartige Metall-Spinnfasergarne / Novel metal fibre spun yarn

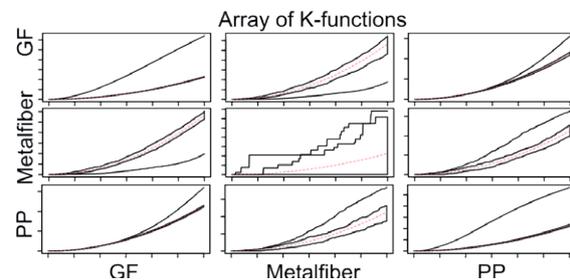
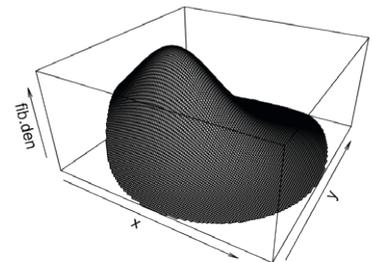
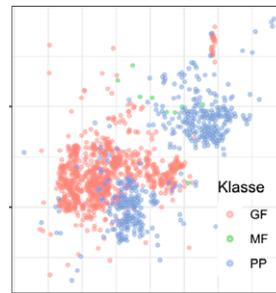
Ein weiteres wichtiges Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung und Erforschung von Technologien zur Realisierung dreiphasiger, hochgradig dispergierter Hybridgarnen auf Basis der Luftdüsen- und Spreizfalttechnik.

Weitere Forschungsprojekte befassen sich mit der erstmaligen Entwicklung und technischen Umsetzung von biobasierten, flächigen Thermoplast-Holzstrukturen (THS) aus Holzwolle und Bio-Thermoplastfasern sowie der simulationsgestützten Entwicklung einer Spinnentechnologie bis zu einer Spindeldrehzahl von 50.000 U/min auf Basis der Supraleitungstechnologie als Ersatz für das klassische Ring-Läufer-System an Ringspinnmaschinen.



Prototyp der supraleitenden Turboringspinnmaschine / Prototype of the superconducting turbo ring spinning machine

Die weiteren Forschungsaktivitäten bestehen in der Konzeption, Entwicklung, Modifizierung und Anpassung der vorhandenen Garnbildungstechnologien zu industrietauglichen Verfahren zur Ausspinnung feiner Stapelfasergarne aus empfindlichen Hochleistungsfasermaterialien und aus Metallspinnfasern. Darüber hinaus werden Flechtstrukturen bspw. für die Bewehrung von Carbonbeton, Medizinanwendungen (Implantate, Stents), Gas- und Flüssigkeitsfilter sowie thermische und elektrische Elemente entwickelt.



Ermittlung des Durchmischungsgrades in Faser-Hybrid-Strukturen / Determination of mixing degree in fiber-hybrid-structures

Technische Ausstattung

- Krepel-, Streck-, Banddoublier- und Spinnmaschinen im Labor- und Industriemaßstab zur Verarbeitung von Standard- und Hochleistungsfasern
- Prototyp einer supraleitenden Turboringspinnmaschine
- Spinnmaschinen (Auswahl): Hochleistungsregulierstrecke Rieter RSB-D40, Autocoro-Spinntester, DREF 2000/3000, Flyer Rieter F 15, Kompaktringspinnmaschine Rieter K44, Langstapelringsspinntester LSE 2000, Luftdüsenpinnmaschine Rieter Air-Jet J20V3, Texturiermaschine Stähle RMT-D, Spultester Autoconer X5, Zwirn- und Kabliermaschine von der Firma Saurer
- Variationsflechtmaschine Herzog VF 1/4-32-140
- Standard- und spezielle Prüfgeräte zur Charakterisierung von Fasern, Bändern und Garnen

Ausgewählte Publikationen

Hossain, M.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.; Sparing, M.; Hühne, R.; Krentzien, M.; Beiteltschmidt, M.: Non-stationary effects of ring rail movement in the high-speed ring spinning process with a superconducting magnetic bearing twisting system: problem and its solution. In: Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022, DOI: 10.34658/9788366741751.62, pp. 295-300

Hasan, M. M. B.; Cherif, F.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Innovative multi-material yarn constructions for fiber-metal hybrid composites. Technical Textiles 65(2022)2, pp. E76-E78

Overberg, M.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: CF/AR/Thermoplast-Hybridgarne für anforderungsgerechte thermoplastische Composites. Technische Textilien 65(2022)5, S. 246-249

Hossain, M.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Entwicklung kostengünstiger rCF-heavy Tows mit hohem mechanischen Leistungsvermögen. In: Proceedings. 17. Chemnitzer Textiltechnik-Tagung (CTT) 2022, Chemnitz, 28.-29. September 2022, S. 56-63

Innovative, auf Mikroebene homogen durchmischte Faserstrukturen aus recycelten Carbonfasern für Composites

Innovative micro-level homogeneously mixed fiber structures made from recycled carbon fibers for composites

- **Technologieentwicklung zur schonenden Verarbeitung von recycelten Carbonfasern von der Faseraufbereitung bis zur Verspinnung im Labor- und Industriemaßstab / Technological development for the gentle processing of recycled carbon fibers from fiber preparation to spinning in lab and industrial scale**
- **Entwicklung von Hybridgarnkonstruktionen aus recycelten Carbonstapelfasern für lasttragende thermoplastische CFK-Bauteile / Development of hybrid yarn constructions made from recycled carbon staple fibers for load-bearing thermoplastic CFRP components**
- **Entwicklung von auf Mikroebene homogen durchmischten, thermoplastischen rCF-Organoblechen / Development of micro-level homogeneously mixed thermoplastic rCF organic sheets**
- **Entwicklung von auf Mikroebene homogen durchmischten, thermoplastischen rCF-Tapes / Development of micro-level homogeneously mixed thermoplastic rCF tapes**
- **Technologietransfer für andere Hochleistungsfasern / Transfer of the developed technology to other high performance fibers**

Die Entwicklung einer textiltechnologischen Prozesskette zur schonenden Verarbeitung von recycelten Carbonfasern (rCF) sowie die damit verbundene Faserstrukturherstellung stehen seit einigen Jahren im Fokus der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten des ITM. Diese Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Verwertung von rCF wurden mit dem AVK-Innovationspreis 2016 im Rahmen der Composite Europe und mit dem Deutschen Rohstoffeffizienzpreis 2016 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ausgezeichnet.



AK INNOVATION AWARD

streckung bis hin zur Garnverspinnung, Tapes- und Organoblechfertigung. Darüber hinaus werden Prüftechniken zur Charakterisierung der Garne, Tapes und Organobleche aus rCF und thermoplastischen Fasern entwickelt.

Ein Kernstück der entwickelten Prozesskette stellt die Krepeltechnologie mit integrierter Bandbildungsvorrichtung dar. Die Herausforderung besteht dabei in einer schonenden Verarbeitung der glatten, sehr dünnen und extrem querkraftempfindlichen Carbonfasern. Der Anlagenbauer Oskar

Dabei wurde die gesamte Prozesskette der industriellen Technologie zur Entwicklung von rCF-Hybridgarnen, rCF-Hybridtapes und rCF-Hybridorganoblechen entwickelt (Abb. 1), beginnend von der Fasermischung über den Krepelprozess, die Ver-

DILO Maschinenfabrik KG hat in Zusammenarbeit mit dem ITM eine Speziallaborkrepel mit Bandbildungsvorrichtung im Technikumsmaßstab für die Verarbeitung der rCF in Kombination mit thermoplastischen Fasermaterialien entwickelt.



Abb. 1: Am ITM entwickelte Prozesskette zur Herstellung von rCF-Composites / Process chain for the manufacturing of rCF composites developed at ITM



Abb. 2 Recyclingprozess von rCF / Recycling process of rCF

Wesentliche Vorteile beim Einsatz der entwickelten neuartigen rCF-Garnkonstruktionen (Abb. 2) im Vergleich zu primären CF-Garnen sind:

- Kostengünstige Herstellung des rCF-Hochleistungshybridgarns mit hohem Automatisierungspotenzial
- Abfallbeseitigung, Energie- und Ressourcenschonung
- Homogene Durchmischung von rCF und thermoplastischen Fasern auf Mikroebene
- Hohe Drapierfähigkeit der Halbzeuge und damit hohe Eignung für die Gestaltung komplexer 3D-CFK-Bauteile
- Gut geeignet für Serienproduktion von komplexen Verbundbauteilen mit extrem kurzen Taktzeiten

Zusätzlich verfügen die CFK-Bauteile über folgende Eigenschaften:

- Einsatz als lasttragendes Bauteil, wobei bis zu 90 % der Verbundfestigkeit von CF-Primärfilamenten erreicht werden
- Effektive Lösung der Entsorgungsproblematik von CF-Abfällen mit Verarbeitung von rCF ab 40 mm mittlerer Faserlänge
- Hochproduktive Herstellung unterschiedlicher Bauteildicken durch Verwendung maßgeschneiderter Garnfeinheiten (je nach Anwendung im Bereich von 200 – 3500 tex)

Mit der entwickelten Technologie werden hochorientierte, homogen durchmischte und gleichmäßige Vliese, Bänder und Hochleistungshybridgarne, UD-Tapes und Organobleche für lasttragende Verbundbauteile hergestellt (Abb. 2). Damit kann das

Leistungspotenzial der rCF in hohem Maße ausgeschöpft werden. Die Vielschichtigkeit der Arbeiten des ITM gestattet eine Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse zur technischen Realisierung von Garnen aus recycelten Carbonfasern mit industrietauglichen Qualitäten auf das Recycling anderer Hochleistungsfaserstoffe.

Technische Ausstattung

- Spezielle Öffnungs-, Krepel-, Streck- und Spinnanlagen zur Verarbeitung von rCF
- Standard- und Spezialprüfgeräte zur Charakterisierung der Fasern, Faserbänder und Garne

Ausgewählte Publikationen

Abdkader, A.; Hasan, M. M. B.; Bachor, S.; Cherif, Ch.: Mechanical properties of composites manufactured from low twist hybrid yarns made of discontinuous carbon and polyamide 6 fibres. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* (2022), DOI: 10.1177/08927057221137800 (online)

Hasan, M. M. B.; Bachor, S.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Low twist hybrid yarns from long recycled carbon fibres for high performance thermoplastic composites. *Materials Science Forum* (2022)1063, DOI: 10.4028/p-42ow79, pp. 147-153

Hasan, M. M. B.; Huynh, T. A. M.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Friction spun yarns with high rCF content for thermoset composites. In: *Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022*, DOI: 10.34658/9788366741751.33, pp. 158-162

Khurshid, M. F.; Hasan, M. M. B.; Hoebel, S.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Unidirectional tape structures consisting of recycled carbon fibers and polyamide 6 fibers for high-performance thermoplastic composites. *Materials Science Forum* (2022)1063, DOI: 10.4028/p-4nx4ct, pp. 133-138

Khurshid, M. F.; Hasan, M. M. B.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Processing of waste carbon and polyamide fibers for high performance thermoplastic composites: A novel manufacturing technology for unidirectional tapes structure. *Journal of Industrial Textiles* (2022), DOI: 10.1177/15280837221077705

Entwicklungen zum Hochleistungskettenwirkprozess und zu technischen Gewirken

Development of the high-performance warpknitting process and technical warp knitting

- **Prozessentwicklung für das Hochleistungskettenwirken / Process development for high-performance warp knitting**
- **Struktur- und Bindungsentwicklung für komplexe gewirkte Technische Textilien / Structural design and pattern development of complex warp-knitted technical textiles**
- **Entwicklungen von anforderungsgerechten Gewirken aus funktionalisierten Fasern für die Biomedizin / Development of warp-knitted fabrics made from functionalised fibres for biomedical applications**

Das Kettenwirkverfahren weist durch die hohe Strukturvariabilität und extrem hohe Produktivität der Kettenwirkmaschinen ein besonders hohes Leistungspotenzial auf, das jedoch aufgrund der hochdynamischen Fadenbeanspruchungen insbesondere bei technischen Anwendungen besondere konstruktive Maßnahmen erfordert. Gezielte technologisch-konstruktive und kinematische Modifikationen, sowie die Entwicklung von Zusatzsystemen werden am ITM zur Leistungssteigerung der Kettenwirkmaschinen und Herstellung von Gewirken hoher Komplexität angewandt. Diese Entwicklungen von anforderungsgerechten Technologien und Produkten erfolgen stets in enger Zusammenarbeit mit den Industriepartnern.

Technische Gewirke und Abstandsgewirke mit immer höher werdenden Anforderungen werden am ITM systematisch mittels einer CAD-gestützten Bindungs- und Strukturentwicklung auf Basis der Software EAT ProCad Warpknit realisiert. Für derartig komplexe Strukturen ist eine wichtige Kompetenz des ITM gezielte Maschinenentwicklungen zur Umsetzung vorzunehmen. Umfassende Analysen der Kettenwirkmaschinen am ITM mit modernster Messtechnik (z. B. hochdynamische Fadenzugkraftaufnehmer, 3D-High-Speed-Videokameras, Beschleunigungsaufnehmer und Lasertriangulatoren) und Modal- sowie FFT-Analysen bilden die Basis für die technologische Entwicklungen zur effektiven Verarbeitung von dehnungsarmen Fäden und zur Integration von Funktionsfäden in Kettengewirke. Dies ermöglicht die

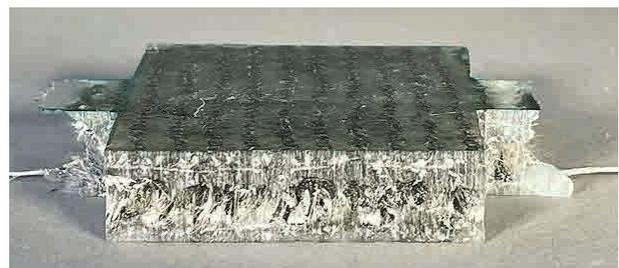
Erweiterung des Anwendungsbereiches von Kettenwirkmaschinen im Bereich der Technischen Textilien und die Leistungssteigerung bei der Verarbeitung anspruchsvoller Materialien, sodass sich z. B. hochfeste Filament-, Kompakt- und auch Baumwoll-Ringgarne bei hohen Drehzahlen schonend verarbeiten lassen.

Als Beitrag zur nachhaltigen Stromerzeugung, werden am ITM technologische Lösungen entwickelt, mit denen sich Funktionsmaterialien direkt und variabel in die Gewirke integrieren lassen. Durch die Integration von thermoelektrischen Drähten und elektrisch leitfähigen Garnen in Abstandsgewirke mit einer gezielten Gestaltung des Querschnittes und der Deckflächen für Thermogeneratoren ist eine verschleiß- und wartungsfreie Stromerzeugung aus Abwärme möglich. Die Basis für diese Entwicklung bildet das Know-how des ITM im Bereich Smart Textiles und in der Entwicklung von abstandsgewirkten Leichtbaupaneelen.

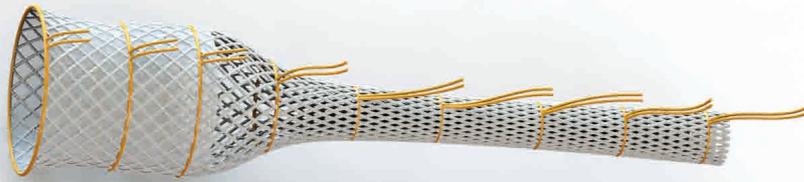
Im Bereich der Biomedizin finden Gewirke aufgrund ihrer einstellbaren Porengröße, Strukturdehnung und Festigkeitseigenschaften bereits Einsatz für verschiedenste Anwendungen, wie Herniennetze, Bandagen und Binden. Aktuelle Forschungsvorhaben am ITM thematisieren die Entwicklung eines gewirkten, schlauchförmigen Anbindungsimplantates zur Unterstützung von operativer Knochenrekonstruktion und der Anbindung von Weichteilgewebe. Durch die technologisch-konstruktive Entwicklung



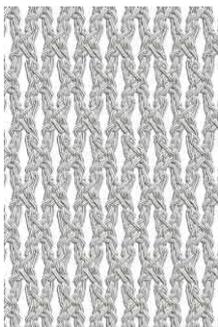
3D-Modelle von thermoelektrischen abstandsgewirkten Paneelen / 3D-models for thermoelectric spacer warp knitted panels



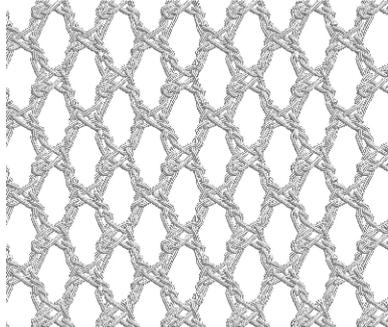
Schnittansicht eines thermoelektrischen abstandsgewirkten Paneels / Cross section of a thermoelectric warp knitted spacer fabric



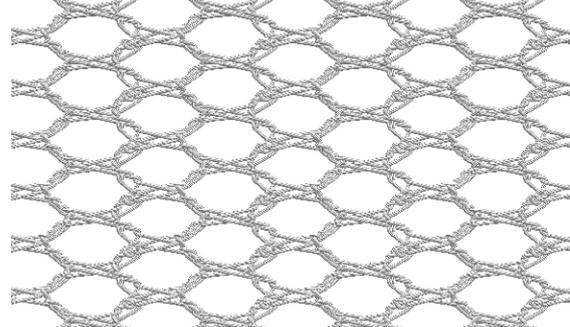
Entwicklung von gewirkten Anbindungsanplantaten zur Verbesserung operativer Knochenrekonstruktion / Warp knitted tubular implants for the improvement of surgical bone reconstruction



50 %



100 %



250 %

Modelle gewirkter Netzstrukturen mit verschiedenen Dehnungszuständen in Querrichtung / Models of warp knitted net structures with various stretching state in transversal direction



RR-Raschelmaschine zur Herstellung von Abstands- und Schlauchgewirken / Double-bar raschel machine for the production of spacer and tubular warp knitted fabrics

eines umlaufenden Schussfadensystems in der RR-Raschelwirkmaschine wird eine umlaufende Fadenreserve in einen abstandsgewirkten Netzschlauch integriert, welche es dem Operateur ermöglicht, die Schlauchkontur intraoperativ an das Implantat anzupassen. Weiterhin werden Porengröße, Strukturdehnung und -festigkeit der Netzstruktur in enger Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Carl Gustav Carus in Dresden basierend auf Zellversuchen und Implantatgeometrien ausgelegt.

Technische Ausstattung

- RL-Kettenwirkautomat Copcentra 3K
- RR-Raschelmaschine MINI-TRONIC 808
- RL-Laborraschelmaschine Racop TR6

Ausgewählte Publikationen

Beitelschmidt, M.; Cherif, Ch.: Modeling and analysis of dynamic yarn behavior to efficiently increase the production performance of textile machines (plenary lecture). In: Proceedings. Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, Aachen, 01.-02. Dezember 2022, p. 42

Golla, A.; Franz, C.; Häntzsche, E.; Hoffmann, G.; Sennewald, C.; Cherif, Ch. Geometrical modeling of yarn motion and analysis of yarn tension during stitch formation process in warp knitting machines. Textile Research Journal (2023), DOI: 10.1177/00405175231166150 (online)

Golla, A.; Mersch, J.; Hoffmann, G.; Cherif, Ch.: Thermogeneratorpaneele basierend auf multifunktionalen Abstandsgewirken. <https://textination.de/de/research-reports/org/2524> (29.03.2023)

Multiaxial-Kettenwirk- und Robotiktechnologien für Verbundwerkstoffe

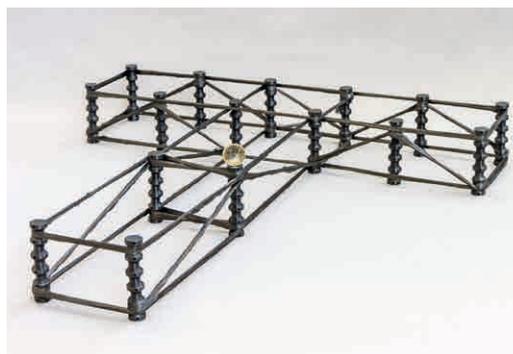
Multiaxial warp knitting and robotic technologies for composite applications

- **Maschinen-, Verfahrens- und Produktentwicklung zur Herstellung neuartiger Gelegetypen zur schonenden und materialeffizienten Verarbeitung sowie zur Entwicklung von textilen Verstärkungsstrukturen mit hoher Funktionsdichte** / *Machine, process and product development for the manufacturing of new non-crimp fabrics (NCF) for gentle and material efficient processing and for the development of textile reinforcement structures with high functional density*
- **Entwicklung von Multiaxialgelegen für Faserkunststoffverbunde, Bewehrungen für Textilbetonanwendungen und endformgerechten, textilen Halbzeugen in 2D- und 3D-Form als geschlossene/gitterartige Strukturen oder Membranen** / *Development of multiaxial NCF for fiber-reinforced plastics, reinforcements for textile concrete applications and near-net-shape textile preforms in 2D and 3D shape as a closed/grid-like structure or membrane*
- **Forschungen zur robotergestützten Herstellung biologisch inspirierter, lastangepasster 3D-Textilbewehrungen** / *Research on robot-aided production of biologically inspired load adjusted 3D textile reinforcements*

Am ITM erfolgt die Entwicklung und Fertigung geschlossener und gitterartiger textiler Verstärkungsstrukturen auf Multiaxial-Kettenwirkmaschinen sowie auf Basis der Robotik. Diese sind für die Verarbeitung von Hochleistungsfaserstoffen wie Carbon oder Glas bestens ausgerüstet. Hierfür stehen leistungsfähige Nähwirkmaschinen sowie Industrieroboter zur Verfügung. Im BMBF-Forschungsvorhaben „C³ - Carbon Concrete Composite“ wurden am ITM Bewehrungsstrukturen und Beschichtungssysteme sowie notwendige Maschinentechнологien entwickelt, um das Einsatzspektrum für Carbonbeton zu erweitern und zusätzliche Anwendungsfelder zu erschließen. Im Rahmen von C³ wurden eine Vielzahl von weiteren, praxisrelevanten Themen bearbeitet wie brandfallbeständige Textilbewehrungen, vollautomatische Umformprozesse sowie die Qualitätssicherung der Herstellungsprozesskette. Ein besonderer Schwerpunkt ist die Entwicklung von innovativen Verfahren zur Fertigung von lastangepassten, materialeffizienten Bewehrungsstrukturen. Hierfür wurde eine robotergestützte Fertigungsanlage für die Technologieentwicklung und -erprobung dieser neuartigen Prozesskette konzipiert und erfolgreich umgesetzt. Weiterhin wurde in einem interdisziplinären SAB-Projekt eine robotergestütz-

te Technologie zur Herstellung von Leichtbaugreifern mit integrierter Aktorik auf Basis von Formgedächtnislegierungen entwickelt. Im Rahmen des SFB/TRR 280 wird die Robotik weiterhin ein Forschungsschwerpunkt bleiben. Ziel ist die Entwicklung einer Technologie zur Realisierung von biologisch inspirierten, lastangepassten 3D-Textilbewehrungen.

Darüber hinaus wurden in industrienahen Projekten textile Bewehrungen mit profilierten Oberflächen entwickelt sowohl auf Basis der Multiaxial-Kettenwirktechnik als auch der Robotik mit dem Ziel den Verbund zwischen der Textilbewehrung und dem Beton zu verbessern (IGF 21153, IGF 21375, ZF4008344KI9). Weiterhin erfolgte die Entwicklung von Amphibienleiteinrichtungen aus Textilbeton sowie multifunktionaler Bewehrungsstrukturen zur Verstärkung und kontinuierlichen Bauwerksüberwachung (ZF4008332KI9, ZF4008325KI8). Der gemeinsam mit dem IMB der TUD entwickelte Netzgitterträger zeigt das Potenzial zur Betoneinsparung sowie der Integration von Hohlräumen für Medien- und Kabelführungen, für Halbfertigteile z. B. für Deckenplatten. (IGF 21556 BR).



Robotergestützte Fertigung textiler Hochleistungsstrukturen (links), 3D-Bewehrungsstruktur (Mitte), Greiferelement (rechts) / Robot-based production of high-performance textile structures (left), 3D-reinforcement structure (middle), gripper element (right)



Carbonbetondemonstratoren: Netzgitterträger (links), Wandmodul (Mitte), Amphibienschutzleitwand (rechts) / Carbon concrete demonstrators: Mesh girder (left), wall modul (middle), amphibian protection baffle (right)



Profiliertes Flechtgarn / profiled braided yarn



Profiliertes Tetraedergarn / profiled tetrahedral yarn

Am Beispiel des entwickelten Kotflügel-Demonstrators wird gezeigt, dass mit der neu entwickelten In-situ-Schussfaden-Spleißtechnologie zur Integration in die Multiaxial-Kettenwirkmaschinen bis zu 40 % an kosten- und ressourcenintensiven Carbonfasern eingespart werden kann.



Textiles Biaxialgelege mit konturgerechten Verstärkungsschussfäden für PKW-Kotflügel (oben), konsolidierter Demonstrator, PKW-Kotflügel (unten) / Textile biaxial NCF with contour reinforcing weft yarns for car fenders (top), consolidated demonstrator, car fender (bottom)

Technische Ausstattung

- Biaxial-/ Multiaxial-Nähwirkmaschinen (Arbeitsbreite: 1,0 m - 2,54 m): Malitronic, Malimo 14022/24
- 6-Achsen-Industrieroboter Kuka (Reichweite: 0,9 m – 2,7 m): KR6, KR60, KR90 mit Lineareinheit
- Laboranlage zur Herstellung von Carbongarnen mit innovativer, tetraederförmiger Profilierung
- In-situ-Beschichtungsanlagentechnik

Ausgewählte Publikationen

Friese, D.; Scheurer, M.; Hahn, L.; Gries, T.; Cherif, Ch.: Textile reinforcement structures for concrete construction applications - a review. *Journal of Composite Materials* (2022), DOI: 10.1177/00219983221127181 (online)

Hahn, L.; Cherif, Ch.: Neue Potentiale für die Betonfertigteilindustrie dank innovativer Carbonbewehrungen / New potentials for the precast industry through the use of innovative carbon reinforcement. In: *Proceedings. 66. BetonTage 2022, Ulm, 21.-23. Juni 2022, S. 91*

Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Scheerer, S.; Michler, H.; Butler, M.; Waldmann, M.; Curbach, M.; Cherif, Ch.; Mechtcherine, V.: Bond modification of carbon rovings through profiling. *Materials* 15(2022)16, 5581, DOI: 10.3390/ma15165581 (online)

Zierold, K.; Steinberg, J.; Hahn, L.; Rittner, S.; Friese, D.; Chokri, Ch.: Development of a method and technology for the production of 3D knitted reinforcement grids. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 151(2022)3, pp. 18-26

2D- und 3D-Gewebeentwicklung für tragende Verbundkonstruktionen und medizinische Anwendungen

Development of 2D and 3D woven fabrics for load-bearing composites and medical applications

- **Kontinuierliches simulationsgestütztes Engineering vom CAD-Entwurf zum fertigen Bauteil /** *Continuous computer-aided engineering from CAD design to finished component*
- **Verarbeitung anspruchsvollster Materialien innerhalb des Webprozesses, einschließlich feinsten Garne /** *Processing of challenging materials within the weaving process, including the use of finest yarns*
- **Maschinenentwicklung und -konstruktion /** *Machine development and construction*
- **Entwicklung und Fertigung von anforderungsgerechten Geweben sowie hochkomplexen 2D- und 3D-Geweben mit unterschiedlichster Webtechnik /** *Development and manufacturing of customized fabrics as well as highly complex 2D and 3D woven structures using various weaving techniques*

Das Weben von komplexen und anspruchsvollen Geometrien stellt eine zentrale Forschungskompetenz des ITM dar. Die Schwerpunkte liegen dabei in der technologisch-konstruktiven Weiterentwicklung von Webmaschinen, um neue Gewebestrukturen aus unterschiedlichen Hochleistungsfasermaterialien zu realisieren, einschließlich der Verarbeitung feinsten Garne. Beispiele hierfür sind Glasfaser mit einem Feinheitsgrad von 2,8 tex, die für Gewebe in Batterieanwendungen eingesetzt werden können. Neben Standardgarne, Bändchenmaterialien, Aramid-, Carbon-, recycelte Carbon- und Keramikgarne werden auch Drähte für die Herstellung von komplexen lastangepassten Geweben in Integralbauweise verwendet.

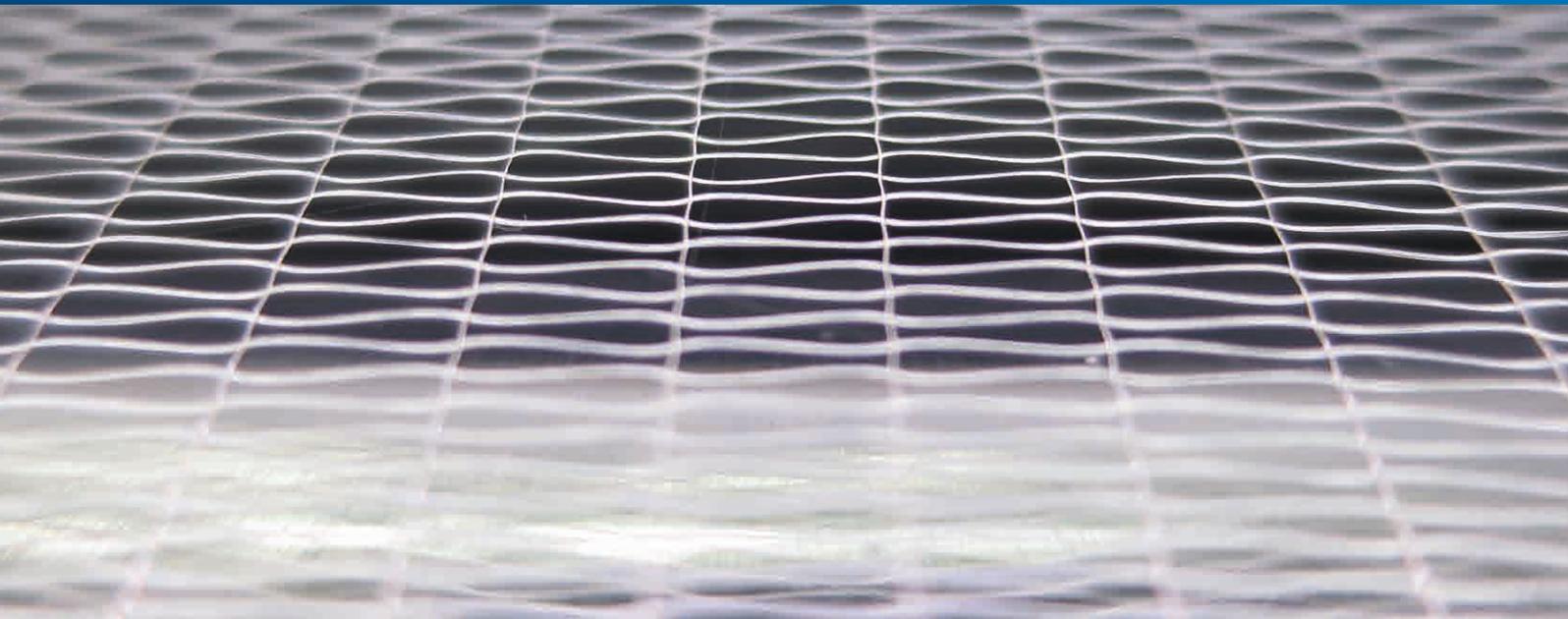


Steckschützenwebmaschine MAGEBA SL RTEC 1200/1 / Shuttle weaving machine MAGEBA SL RTEC 1200/1 (MAGEBA International GmbH)

Ein zentraler Punkt ist die Entwicklung eines durchgängigen simulationsgestützten Engineerings vom CAD-Entwurf bis zur integral gewebten 2D- und 3D-Preform. Hierfür wurde ein besonderes Know-how auf Basis der Software Design Scope 3D-Weave im Bereich der Bindungsentwicklung für komplexe räumliche Konstruktionen erarbeitet. Zu den 3D-Geweben, die am ITM entwickelt werden, gehören Mehrlagen-, Falten- und Abstandsgewebe, Profilstrukturen sowie direkt gefertigte sphärisch gekrümmte Gewebe. Mit einem hochqualifizierten Team aus Wissenschaftler:innen und Techniker:innen sowie dem Einsatz modernster Webmaschinen und Zubehör gelingt es, die vielfältigsten Herausforderungen der Gewebeentwicklung erfolgreich zu bewältigen und komplexe 3D-Netzformstrukturen für zahlreiche technische und medizinische Anwendungen zu entwickeln.



Entwicklung von 3D-Geweben / Development of 3D woven structures



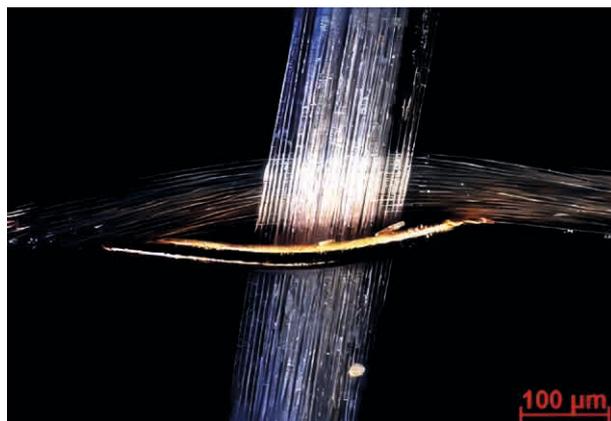
Eine weitere innovative Entwicklung des ITM umfasst die Herstellung maßgeschneiderter 3D-Gewebe. Dabei kommt die Jacquardwebtechnik in Kombination mit der Breitwebtechnik oder Schützenwebtechnik zum Einsatz. Hierbei werden beispielsweise auch Garne aus dem Webprozess entnommen und anschließend wieder eingebracht. Dieser Ansatz ermöglicht eine erhebliche Reduzierung des Verschnittabfalls, da die Gewebe genau auf die gewünschte Form und Größe gefertigt werden können. Diese innovative Entwicklung ermöglicht eine vollständige Prozesskette, um die gewünschte Geometrie in die entsprechende Gewebestruktur zu überführen. Auf Basis einer CAD-Prozesskette werden komplexe 3D-Gewebe für Faserverbundbauteile wie Rohrknotenelemente und medizinische Implantate wie Stentgrafts und Herzklappen entwickelt. Diese Gewebe werden integral auf Jacquard-Webmaschinen aus Spezialfasern gefertigt, ohne dass dabei geschnitten oder nachträglich gefügt werden muss.

Das ITM bietet außerdem Prüfungen der Gewebe an und wertet die geometrischen, textilphysikalischen und verbundtechnischen Kennwerte aus. Dadurch wird das Portfolio des ITM zur Entwicklung techni-



Greiferwebmaschine P1 (mit Open-Weaving-Technologie) / ORW-weaving machine (Lindauer DORNIER GmbH)

scher Textilien abgerundet. Die herausragenden Ergebnisse im Bereich der originären Gewebeentwicklung wurden durch renommierte Auszeichnungen wie den Innovation Awards der Fachmessen JEC Paris und Techtextil sowie den AVK-Innovationspreis und den Bertha Benz-Preis anerkannt.



Mikroskopieaufnahme Knotenpunkt eines ultraleichten Drehergewebes / Ultra light leno fabric: microscopy image of junction

Ausgewählte Publikationen

Kern, M.; Huynh, T. A. M.; Hoffmann, G.; Gereke, T.; Cherif, Ch.: Simulation-based development of woven fabrics for 3D FRP applications. *Technical Textiles* 65(2022)4, S. 78-80

Nuss, D.; Pham, M. Q.; Sennewald, C.; Hoffmann, G.; Cherif, Ch.: Spherically curved woven fabrics – shaping on the loom. *Solid State Phenomena* (2022)333, DOI: 10.4028/p-3z736y, pp. 183-195

Hoffmann, G.; Sennewald, C.; Cherif, Ch.; Danziger, M.; Harhausen, J.; Leisegang, T.: Entwicklung folienartiger, ressourceneffizienter gewebebasierter Stromkollektoren aus feinsten Glas-Multifilamentgarnen und Metalldrähten für Elektroden in hochenergie- und -leistungsdichten elektrischen Energiespeichern, z. B. in Lithium-Ionen-Zellen. In: *Proceedings. Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, Aachen, 01.-02. Dezember 2022*, p. 53

Stricken – verstärkt, endkontur- und funktionsintegriert

Weft knitting – reinforced, near-net-shaped and functional designed

- **Konzeptionierung, Entwicklung und Umsetzung innovativer Stricktechnologien** / *Development, assessment and realization of innovative weft knitting technologies*
- **Modifikation und konstruktive Weiterentwicklung von unikalere Flachstrickmaschinenteknik** / *Development and construction of unique weft knitting machine technique*
- **F&E 3D-gestrickter, funktionaler Textilhalbzeuge für technische Anwendungen, insbesondere in den Bereichen Faserkunststoffverbund und E-Textiles** / *R&D of functionalized 3D-shaped weft-knitted fabrics for technical applications, especially within the area fibre reinforced composites and e-textiles*

Die Flachstricktechnologie ist prädestiniert, um hochfunktionale, beanspruchungs- und endkonturgerechte textile Halbzeuge auch in kleinen Stückzahlen wirtschaftlich herzustellen. Das Ziel des ITM ist es, für diese Technologie weiterführende, innovative Ansätze und Methoden zur ressourceneffizienten Herstellung anforderungsgerechter Textilhalbzeuge insbesondere für die Umsetzung funktionsgerechter und leichter Faserkunststoffverbunde und für E-Textiles bereitzustellen. Forschungsschwerpunkte sind daher Entwicklung und Umsetzung neuartiger Verfahren bzw. Modifikationen vorhandener Maschinenteknik, z. B. für die belastungsgerechte Anordnung von Verstärkungsfäden in Faserkunststoffverbunden oder die funktionsgerechte Integration textiler Sensor-, Aktor- und Leitungsstrukturen in E-Textiles.

Aktuelle Arbeiten sind z. B. das ZIM-Kooperationsprojekt „SmartMediTex“ (KK5090906SK1) mit dem Ziel Menschen mit Mobilitätsbeeinträchtigungen durch Erkrankungen wie Multiple Sklerose (MS) ein alltagstaugliches, am Körper tragbares System zur funktionellen Elektrostimulation (FES) bei Fußheberschwäche bereitzustellen. Solche Systeme haben dann den größten individuellen Effekt, wenn sie auf den Tragenden individuell angepasst sind. Mit Hilfe textilintegrierter, resistiver Dehnungs- und Beschleunigungssensoren im Kniebereich erfolgt eine Ganganalyse. Aus den Messdaten leitet ein körpernah

tragbares Kontrollgerät die aktuellen Gangphase ab, um über entsprechend der individuellen Körperform ausgebildete Trockenelektroden durch Elektrostimulation des im Wadenbeinnervs die natürliche Abrollbewegung zu unterstützen. Am Beispiel einer Funktionsleggings (Abb. 1) werden im Projekt gemeinsam mit der Strickerei warmX GmbH die notwendigen Methoden und Technologien entwickelt, um eine wirtschaftliche und funktionsgerechte Fertigung in der Stückzahl 1 zu ermöglichen. Die Energieversorgung und Datenübertragung zu bzw. von den Elektroden und Sensoren erfolgt über textilintegrierte, leitfähige Trassierungen und die Anbindung an ein körpernah tragbares Steuerungs- und Kontrollgerät. Die elektrotechnische Entwicklung und Umsetzung erfolgt durch die Dresden Elektronik Ingenieurtechnik GmbH. Erste Versuchsreihen in Kooperation mit dem Zentrum für klinische Neurowissenschaften am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus zeigen, dass die auf der Flachstrickmaschine KM Stoll ADF 530-32 BW umgesetzten integrierten Dehnungssensoren aus besilberten Polyamidgarnen die Dehnung der Leggings im Gang als messbare Änderung des ohmschen Widerstandes sehr gut abbilden und damit zur Ganganalyse nutzbar sind.

Ziel des IGF-Projekts 21985BR „FKV-Reparatur“ ist die Entwicklung einer Technologie zur Herstellung gestrickter, lastpfad- und endkonturgerechter 3D-Textilpatches mit freien Fadenenden zur Repa-



Abb. 1: Gestrickte Funktionsleggings mit integrierten textilbasierten Dehnungssensoren für die Ganganalyse mit einem körpernahtragbaren System zur funktionellen Elektrostimulation bei Patienten mit Mobilitätsbeeinträchtigungen durch Multiple Sklerose / *Weft-knitted functional leggings with integrated textile-based strain sensors for gait analysis with a body-worn system for functional electrostimulation (FES) for patients with mobility impairments due to multiple sclerosis*

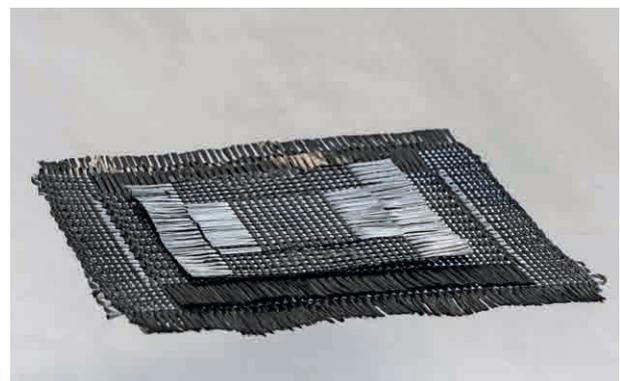


Abb. 2: Gestrickte Reparaturpatches aus gestapelten Biaxialgestrickten für die lokale Reparatur von CFK-Bauteilen / *Weft-knitted repair patches made of stitched biaxial knits for the local repair of CFRP components*

ratur komplex gekrümmter, dickwandiger FKV-Strukturen in Duromerbauweise, wie sie im Anlagen- und Fahrzeugbau eingesetzt werden. Für die Auslegung und Umsetzung der Patches wird eine simulationsgestützte Prozesskette auf Basis der Mehrlagenflachstricktechnik weiterentwickelt. Die damit direkt für komplex gekrümmte 3D-FKV-Bauteile umsetzbaren 3D-Textilpatches (Abb. 2) sind z. B. zur robotergestützten textilen Auffüllung der Schadstelle und Reinfiltration im VAP-Verfahren einsetzbar. Die Arbeiten umfassen auch die Vorbereitung der Schadstellen durch Freilegung der Fasern des Bauteils über eine lokale Matrixentfernung. Das ist notwendig, um die 3D-Textilpatches optimal mit dem FKV-Basisbauteil zu verbinden. Zur lokalen Matrixentfernung wird das Halbleiteroxid-Matrixdegradationsverfahren mit UV-Aktivierung so weiterentwickelt, dass ein exakter, sequentieller 3D-Matrixabtrag im Bereich der Schadstelle ohne Schädigung der Randbereiche gewährleistet ist. Als Nachweis der guten Nutzbarkeit der zu entwickelnden, robotergestützten Reparaturprozesskette werden drei Basisbauteile im VAP-Verfahren gefertigt und nachfolgend definiert geschädigt. Simulationsgestützt erfolgt dann die bedarfsgerechte Auslegung und Fertigung der erforderlichen 3D-Textilpatches mittels der weiterentwickelten Stricktechnologie und die Reparatur der Bauteile.

Weitere Forschungsschwerpunkte sind die textiltechnologische und maschinelle Weiterentwicklung der Stricktechnik zur Umsetzung anforderungsgerechter Gestrickstrukturen für Faserkunststoffverbunde des funktionsintegrierenden Systemleichtbaus. Ziel ist die Verbindung von endkontur- und geometriegerechter Fertigung von Verstärkungshalbzeuge mit einer last- bzw. funktionspfadgerechten Anordnung der Verstärkungs- bzw. Funktionsfäden. Im Ergebnis erlaubt das die individuelle Fertigung von Produkten bei höchster Materialeffizienz und Ressourcenschonung. Gegenstand der Entwicklung sind zudem intelligente Gestrickstrukturen mit implementierten textilen Wandlermechanismen, die bereits im Strickprozess integriert werden, um textilbasierte Sensoren und Aktoren für E-Textiles (Abb. 3 und 4) oder intelligente FKV-Bauteile zu realisieren.

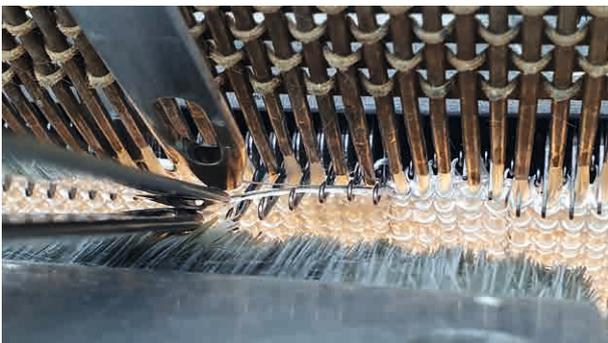


Abb. 3: Gleichzeitige, lokale Integration von Maschenfäden, Aktor und elektrisch leitfähigem Garn in die Nadelköpfe beim Flachstricken / *Simultaneous, local integration of stitch yarn, actuator and electrically conductive yarn in the needles during weft-knitting*



Abb. 4: Stricktechnisch mit Knit-&Wear® bzw. WholeGarment® realisierte E-Textiles mit integrierten textilbasierten Bewegungssensoren und textilen Leiterplatten / *Weft-knitted e-textiles with integrated textile-based motion sensors and textile circuit boards realized with Knit-&Wear® and WholeGarment® technology*

Technische Ausstattung

Flachstrickmaschinen inkl. technische Besonderheit(en)

- Shima Seiki - SWG091N: Fully-Fashion- und Whole-Garment-Technology
- Steiger - aries 3D Technology: Vergrößerter Nadelbettabstand zur Herstellung von mehrlagig verstärkten Gestriken (MLG)
- Steiger - aries 3D: Segmentierte Kettfadenzuführung und -abzug zur endkonturgerechten Herstellung von Preforms
- Steiger - aries.3: Ovalführung zur Herstellung von Schlauchstrukturen mit umlaufenden Schussfäden, Einrichtung für den Halbmaschentransfer auf einem Nadelbett, Vorrichtung für den Kettfadenversatz
- Stoll – ADF 530-32BW K&W: 2 Draht-Fournisseure, 17 spannungsgeregelte Fournisseure

Großrundstrickmaschine inkl. technische Besonderheit(en)

- Großrundstrickmaschine Mayer & Cie IV 2.0: Maschenfadenleger zur Einarbeitung von Funktions- und Zusatzfäden in Maschenstäbchenrichtung

Ausgewählte Publikationen

Bollengier, Q.; Rabe, D.; Mersch, J.; Häntzsche, E.; Nocke, A.; Cherif, Ch.: *Development of integrated in-situ actuator networks for the realization of flexure hinges for highly deformable fiber-reinforced plastic composites.* In: *Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022*, DOI: 10.34658/9788366741751.92, pp. 440- 444

Hellmann, S.; Overberg, M.; Pham, M. Q.; Häntzsche, E.; Gereke, T.; Cherif, Ch.: *Flowable 2D textile structures for the production of thermoplastic 3D FRP parts with continuous fiber reinforcement between shell and rib.* In: *Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022*, DOI: 10.34658/9788366741751.112, pp. 528-532

Lohse, F.; Kopelmann, K.; Grellmann, H.; Ashir, M.; Gereke, T.; Häntzsche, E.; Sennewald, C.; Cherif, Ch.: *Experimental and numerical analysis of the deformation behavior of adaptive fiber-rubber-composites with integrated shape memory alloys.* *Materials* 15(2022)2, 582, DOI: 10.3390/ma15020582

Rabe, D.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.: *Recycling of carbon fibres and subsequent upcycling for the production of 3D-CFRP parts.* *Materials* 15(2022)14, DOI: 10.3390/ma15145052

Funktionalisierung und Modifizierung textiler Werkstoffe und Strukturen

Functionalization and modification of textile materials and structures

- **Oberflächen-/Grenzschichtdesign mittels Plasma und Textilveredlung von textilen Strukturen zum Einsatz in unterschiedlichsten Verbundsystemen** / *Surface/interface design using plasma technique and textile finishing of textile structures for use in a wide variety of composite systems*
- **Beschichtung, Ausrüstung und Funktionalisierung: Fasern, Garne, geschlossene und gitterartige Textilstrukturen** / *Coating, finishing and functionalization: Fibers, yarns, closed and grided textile structures*
- **Entwicklung von anwendungsangepassten Schichten und Beschichtungssystemen** / *Development of application adapted sizings and coating systems*
- **Metallisierung von Garnen und Flächengebilden zur Integration von sensorischen und aktorischen Eigenschaften in polymere Schichtsysteme** / *Metallization of yarns and fabrics for integration of sensors and actuators in polymeric coating systems*
- **Chemisch/physikalische Charakterisierung verschiedenster Materialien und Werkstoffe mittels instrumenteller Analysetechnik** / *Chemical/physical characterization of various materials using analytical instruments*
- **Anwendungsentwicklungen für thermoplastische und duroplastische Komposite und textile Membranen** / *Application development for thermoplastic / thermoset composites and textile membranes*

Die Forschungsgruppe Textilchemie/Textilausrüstung (FG TCA) am ITM ist aufgrund ihrer personellen, technischen und analytischen Ausstattung in der Lage, textile Materialien und Werkstoffe mit hochanspruchsvollen Funktionalitäten zu entwickeln. Dem dafür verantwortlichen Team aus Chemikern, Chemie- und Textilingenieuren sowie technischen Assistenten ist es möglich, unter Einsatz modernster Ausrüstungs-, Beschichtungs- und Behandlungstechnologien neuartige, hochfunktionelle technische Textilien für unterschiedlichste Anwendungsfelder, wie z.B. Energieerzeugung, textile Architektur, Carbonbeton, Medizintextilien, leitfähige/sensorische Textilien oder textilem Hochtemperaturschutz zu realisieren.

Zur Bewerkstelligung gestellter Herausforderungen werden verschiedene Lösungswege verfolgt, die sich aufgrund der dabei notwendigen experimentellen Vorgehensweise in ein nasschemisches, plasmainduziertes und gasphasenreaktives Grenzschichtdesign differenzieren lassen. Die zentralen Forschungsziele der Forschungsgruppe bestehen in der Überführung

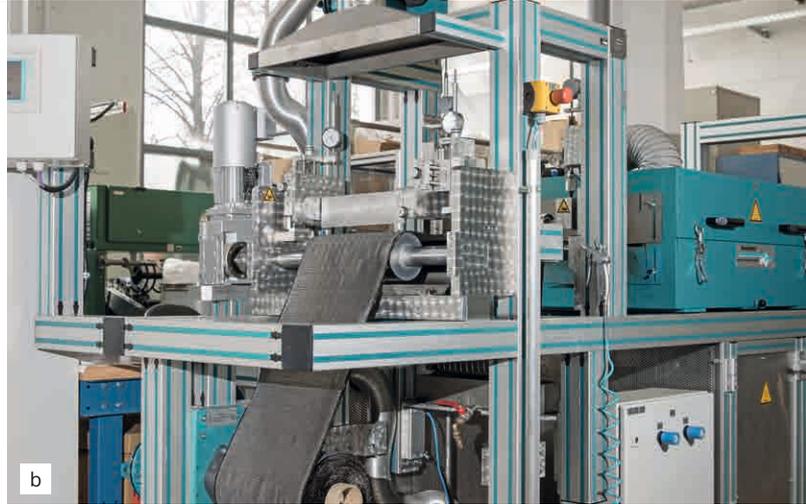
von Hochleistungsfasermaterialien aus Kohlenstoff, Glas, Basalt, PEEK, Aramid, Chitosan oder UHMW-Polyethylen zu Hochleistungsfaserwerkstoffen für den vielfältigsten Einsatz im Leichtbau, in der Ausstattung von Textilbeschichtungen mit hochfunktionellen Eigenschaften, wie z.B. temperaturregulatives Verhalten, Witterungsstabilität, repulsive / attraktive Wechselwirkungen, biologische / biomedizinische Aktivitäten oder sensorisches / aktorisches Arbeitsvermögen sowie in der Entwicklung neuartiger Schlichte- und Beschichtungsmittelsysteme für Hochleistungsfasern mit anwendungsadaptierter Funktionalität. Auch die Beschichtung, Funktionalisierung und Färbung von Textilien fällt in den Bereich der Forschungsgruppe mit dem Fokus auf Umweltfreundlichkeit und Ressourcenschonung. Ein aktuelles Forschungsthema im Bereich Funktionalisierung und Färbung ist das Färben im kritischen Kohlenstoffdioxid mit Naturfarbstoffen von natürlichen und synthetischen Textilien (Abb. 1). Hierdurch kann der Wasserverbrauch beim Färben auf ein Minimum reduziert und auch die Chemikalienlast erheblich reduziert werden.



Abb. 1: Naturfarbstoffe und (a), mit Naturfarbstoff gefärbtes Polyethylentherphthalat (b) und mit Tannin vorbehandelte Baumwolle (c) / *Natural dyes and cotton fabrics dyed with natural dyes (a) and polyethylentherphthalate (b) and with tannine pretreated cotton (c) dyed with natural dyes*



Abb. 2: Labor-Foulard mit entsprechender Trocken- und Fixiereinheit von Werner Mathis AG (a), modularer Basecoater (b) und multifunktionelle Beschichtungsanlage von Coatema Coating Machinery GmbH (c) / *Laboratory foulard and corresponding drying and fixation plant from Werner Mathis AG (a), modular Basecoater (b) and multi-functional coating plant from Coatema Coating Machinery GmbH (c)*



Im Bereich der Beschichtungstechnologie weist die FG TCA-PFT Anlagentechnik für jeden Maßstab auf. Beginnend mit einem Labor-Foulard mit entsprechender Trocken- und Fixiereinheit von Werner Mathis AG (vgl. Abb. 2 (a)) für kontinuierliche und diskontinuierliche Beschichtung bis zu einer Arbeitsbreite von 0,3 m. Auch mit dem Basecoater BC32 von Coatema Coating Machinery GmbH (vgl. Abb. 2 (b)) sind kontinuierliche Beschichtungen auf einer Arbeitsbreite von bis zu 0,3 m möglich. Hervorzuheben ist hier die Modularität der Anlage: Beschichtet werden kann mittels Tauschbeschichtung, Rakel und Kisscoater.

Der industrietaugliche Maßstab wird durch die multifunktionelle Beschichtungsanlage von Coatema Coating Machinery GmbH (vgl. Abb. 2c) mit einer Arbeitsbreite von bis zu 1 m abgebildet. Hier kann der Beschichtung vorgeschaltet und kontinuierlich zudem eine Atmosphärendruck-Plasmaanlage von Ahlbrandt System GmbH mit verschiedenen Funktionsgasen genutzt werden.

Die Basis aller F&E-Arbeiten der Forschungsgruppe besteht in der Erforschung grundsätzlicher Eigenschafts-Wirkungsbeziehungen zwischen Fasermaterialien, Reaktivsubstanzen, Hilfsmitteln, Reaktionsmedien und Reaktionsparametern. Hierfür steht den Wissenschaftlern eine umfangreiche instrumentelle Analytik zur Verfügung (siehe Kompetenz Analytik), zu deren Durchführung sehr erfahrenes Personal bereitsteht. Darüber hinaus bestehen zahlreiche Kooperationen mit institutsinternen und -externen, präparativ und analytisch arbeitenden Wissenschaftler:innen.

Technische Ausstattung

- Multifunktionelle Beschichtungsanlage, Coatema Linecoater, mit integriertem Atmosphärendruckplasma, Arbeitsbreiten von 450–1000 mm
- Plasmaerzeuger PG-31 der Firma Reylon Plasma GmbH
- Coatema Basecoater BC32, Arbeitsbreite bis 300 mm
- Mathis Labor-Foulard
- Mathis Labor-Trocken- und Fixiereinheit mit Spannrahmen
- Q-SUN Xe-2 Xenon-Prüfkammer
- Umfangreiche instrumentelle chemisch/physikalische Analytik

Ausgewählte Publikationen

Böhnke, P.; Winger, H.; Wieczorek, F.; Warncke, M.; Lüneburg, L.-M.; Kruppke, I.; Nocke, A.; Häntzschke, E.; Cherif, Ch.: *Protective coating for electrically conductive yarns for the implementation in smart textiles. Solid State Phenomena (2022)333, DOI: 10.4028/p-9q3n92, pp. 11-20*

Onggar, T.; Kruppke, I.; Trümper, W.; Cherif, Ch.; Tüfek, T.; Töbelmann, J.; Erichsen, R.: *Metallisierung von Polyimidmaterialien zur Anwendung in der Luft- und Raumfahrt / Metallization of polyimide materials for usage in aerospace. Technische Textilien/Technical Textiles 65(2022)5, S. 242-244, pp. E250-E252*

Onggar, T.; Kruppke, I.; Trümper, W.; Cherif, Ch.; Tüfek, T.; Töbelmann, J.; Erichsen, R.: *Metallization of polyimide materials for usage in aerospace. melliand International 28(2022)5, pp. 228-230*

Textile Montage von Technischen Textilien

Textile assembly of technical textiles

- **Thermische Fügeverfahren für thermoplastische Textilien und thermoplastisch beschichtete Textilien /** *Assembly with thermal joining technologies of thermoplastic textiles and thermoplastic coated textiles*
- **Ultraschallschweißen, Heißluftschweißen – Anwendung und Prozessuntersuchungen /** *Ultrasonic welding, hot air welding – application and process analysis*
- **Hochfrequenzschweißen – Anwendung und Prozessuntersuchungen (in der Vorbereitung) /** *High frequency welding – application and process analysis (in preparation)*
- **Allgemeine Anwendung thermischer Fügeverfahren zur textilen Montage /** *Application of thermal processes to textile assembly*
- **Entwicklung mechanisch hochbelastbarer Fügeverbindungen auf Basis der Nähetechnologien /** *Development of mechanical high-loaded joining seams based on sewing technologies*
- **Produktentwicklung über die Breite Technischer Textilien, kooperativ mit der Forschungskompetenz CAE, hier mit dem Schwerpunkt der anforderungsgerechten Montage und Nahtausbildung und der Gewährleistung der erforderlichen Gebrauchseigenschaften /** *Product development of technical textiles – topic of demand of seam properties and using properties*
- **Kombination additive Fertigung mit textilen Materialien /** *Combination of additive manufacturing and textile materials*

Der 3D Druck ist ein additives Fertigungsverfahren, welches erlaubt, kostengünstige und individualisierte Prototypen zu entwickeln. In der Anwendung des Fused Deposition Modelling (FDM) – Druckverfahren auf textile Flächen können die textilen Eigenschaften lokal verändert werden und so individuell eingestellt werden. Einer der Hauptforschungspunkte in der Erzeugung des Textil-Polymer-Composites ist hierbei die Adhäsion zwischen Textil und Polymer. Für die genauere Untersuchung der Adhäsion wurde am ITM eine Simulation des FDM Druckverfahrens auf textile Oberflächen entwickelt (Abb. 1 (a)).

Ziel der Simulation ist die Analyse der Polymereindringung in verschiedene textile Flächen unter dem Einfluss verschiedener 3D Druckeinstellungen. Innerhalb der Simulationsumgebung können beliebige textile Flächen (Gewebe, Gewirke, Gestricke etc.) modelliert werden. Druckparameter, z. B. die Druckgeschwindigkeit, können angepasst werden. Der Druckpfad der modellierten Düse wird aus dem originalen G-Code extrahiert und angewendet. Nach einer Drucksimulation kann der Textil-Polymer-Verbund mit dem eingedrungenen Polymer exportiert werden und beispielsweise in Finite-Element-Softwares für Festigkeitsanalysen genutzt werden (Abb. 1 (b)).

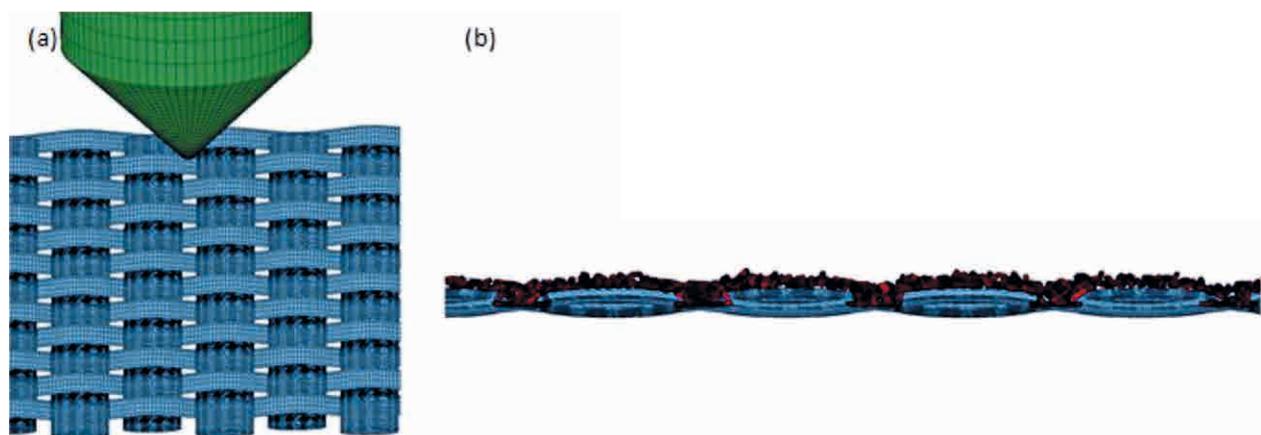


Abb. 1: Simulation eines FDM 3D Drucks: (a) Modellierung eines Gewebes und einer Druckdüse, (b) Vernetzung des eingedrungenen Polymers in das Textil / *Simulation of an FDM 3D print: (a) modelling of a fabric and a print nozzle, (b) Model of penetrated polymer into a textile* [© Schmidt, Kyosev 2023]

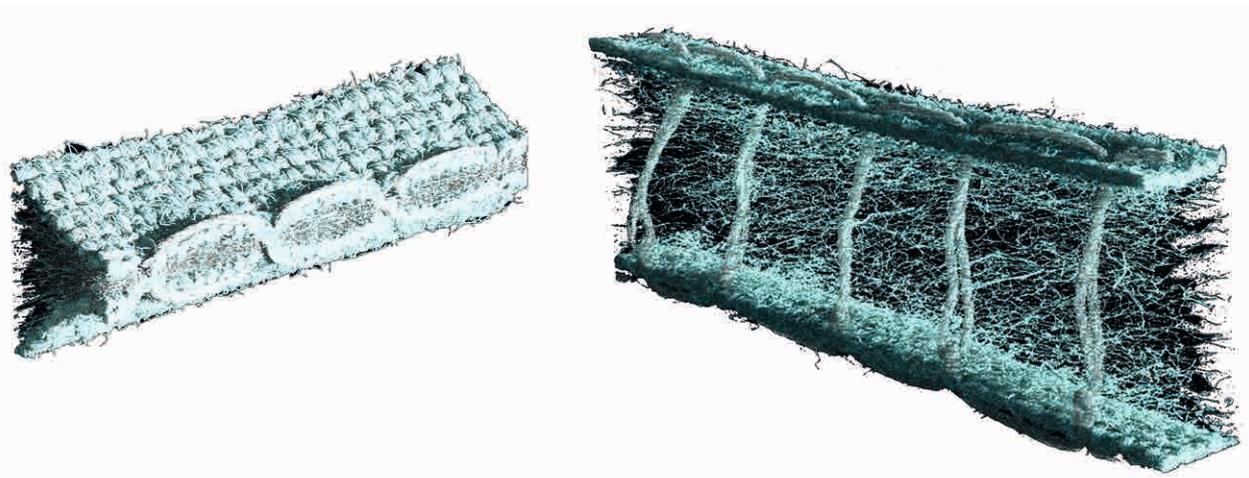


Abb. 2: X-Ray Tomografie Aufnahme von einer Naht mit herkömmlichem Doppelsteppstich Technologie (links) und mit Spacer Stitching (rechts) / X-Ray tomography image of a seam with conventional lockstitch technology (left) and with spacer stitching (right) © ITM

Zur Herstellung von 3D-Textilien ist das Durchstichnäverfahren das am häufigsten eingesetzte Fügeverfahren. Ein wesentlicher Nachteil des Durchstichnäverfahrens besteht darin, dass die 3D-Anordnungen durch die Nähfäden entlang der Stichlinien komprimiert werden. Diese Druckstellen sind entlang der gesamten Nahtlinie vorhanden und zwingen die eingeschlossene Luft, welche im Inneren des Isoliermaterials vorhanden ist, die Struktur zu verlassen. Auf diese Weise wirken sie als thermische Brücke, die die Wärmeübertragung erleichtern.

Eine innovative Durchstichnätechnologie namens „Spacer Stitching“ oder ‚Abstandsnähen‘ wurde im ITM entwickelt, um die Herausforderungen der Materialkompressionen entlang von Stichlinien für 3D-Textilbaugruppen anzugehen (Abb. 2). Zur weiteren Erforschung der Technologie wurde kürzlich ein DFG-Projekt bewilligt. Im Rahmen des Projekts wird die Technologie anwendungsgerecht weiterentwickelt.

Technische Ausstattung

- Umfangreiche und vielseitige Ausstattung an kommerzieller Nähtechnik, insbesondere für technische Textilien
- Roboter- und CNC-geführte Nähtechnik, insb. für die Montage von Verstärkungstextilen
- Ultraschall- und Heißluftschweißtechnik für kontinuierliche Nahtbildung
- Hochfrequenzschweißtechnik für Technische Textilien
- Verschiedene 3D-Drucker
- Textile Softness Analyzer zur Bestimmung der Rauheit und Weichheit von Textiloberflächen
- Allgemeine CAD&FEM- sowie spezifische Simulationssoftware für die Fügestellensimulation

Ausgewählte Publikationen

Pietsch, K.; Kyosev, Y.; Herzog, Th.: *Inline-Prüfung der Qualität von Schweißnähten von Textilien – Neue Möglichkeiten und offene Fragen*. Vortag / Text-process forum, Frankfurt a.M., 23.06.2022

Hussen, M. S.; Kyosev, Y.; Pietsch, K.; Rothe, S.; Kabish, A. K.: *Effect of ultrasonic welding process parameters on peel strength of membranes for tents*. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 17(2022), DOI: 10.1177/15589250221101463 (online)

Schmidt, A.-M.; Kyosev, Y.: *Automated G-Code to FE mesh conversion - Modeling polymer penetration into a textile to generate a polymer-textile composite made by additive manufacturing*. In: *Proceedings. 20th European Conference on Composite Materials (ECCM 2022), Lausanne (Switzerland), June 26-30, 2022, Vol. 1*, DOI: 10.5075/epfl-298799_978-2-9701614-0-0, pp. 1327-1333

Saeed, H.; Krzywinski, S.: *An X-ray tomography approach to calculate air volume present in an insulation system sewn with lockstitch and spacer stitch*. *International Journal of Clothing Science and Technology* (2020), DOI: 10.1108/IJCT-02-2019-0018 (online)

Saeed, H.; Kyosev, Y.; et.al.: *Application of ICT in the Online Education of Apparel Design and Production within the framework of ICT-TEX project.* *E3S Web of Conferences*, 2021

Entwicklung fadenförmiger Sensor- und Aktorsysteme und Integration in Technische Textilien

Development of fiber-based sensor and actuator systems and integration into technical textiles for composite applications

- **Entwicklung fadenförmiger textil- und verbundwerkstoffkompatibler Sensoren und Aktoren / Tailored fiber-based textile- and composite compatible sensors and actuators**
- **Auslegung von Sensor- und Aktorsystemen / Layout of sensor and actuator systems**
- **Automatisierte textile und robotergestützte Funktionsintegration / Automated textile and roboter-assisted functional integration**
- **Sensorische Überwachung und aktorische Beeinflussung textilbasierter Strukturen (FKV, Textilmembranen, Textilbeton, Smart-Textiles) / Sensory monitoring and actuatoric manipulation of textile-based structures (FRP, textile membranes, TRC, smart textiles)**

Das breite Anwendungsspektrum textilbasierter Materialien, wie endlosfaserverstärkter Kunststoffverbunde (FKV), Textilmembranen, Textilbeton oder Medizin- und Schutztextilien, lässt sich durch die Integration von aktiven textilen Funktionskomponenten in einem großen Umfang weiter steigern. Die Kombination von passiver lastabtragender textiler Struktur mit (elektrisch) aktiven Funktionselementen, wie Sensoren, Aktoren und weiteren elektronischen Komponenten ist aktueller Gegenstand grundlegender und anwendungsorientierter Forschungsaktivitäten am ITM. Textilbasierte fadenförmige Sensoren und Aktoren stellen bedingt durch ihre für viele Anwendungen erforderlichen Kriterien:

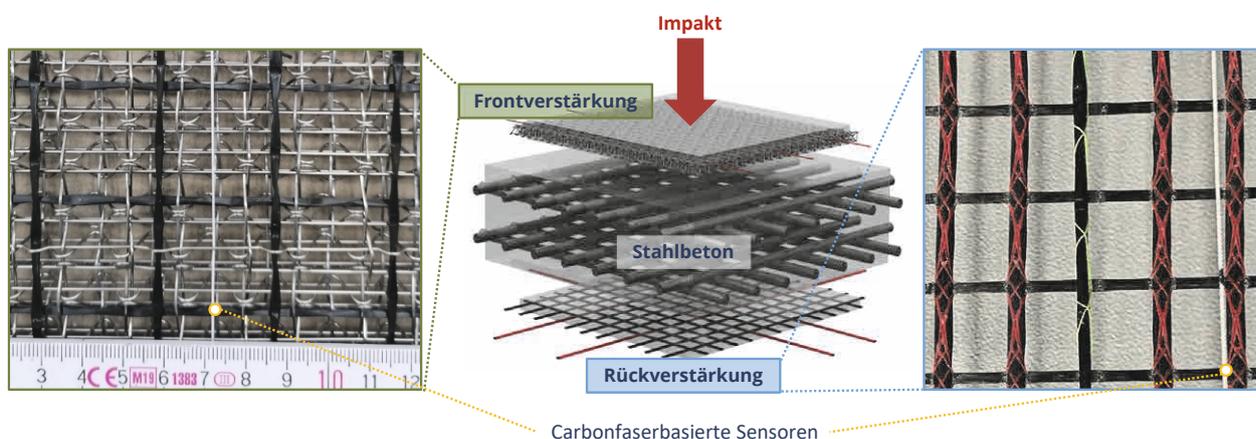
- Strukturflexibilität und Skalierbarkeit sowie
- geringe Fertigungskosten infolge vollautomatischer Herstellbarkeit der fadenförmigen Funktionselemente und der funktionalisierten textilen 2D- und 3D-Strukturen

für eine Vielzahl großtechnisch relevanter Einsatzgebiete hochinnovative Alternativen zu konventionellen elektronischen Bauelementen mit vergleichbarer Funktionalität dar. Hierfür werden am ITM durch gezielte maschinenbauliche und steuerungstechni-

sche Anpassungen der Fertigungsprozesse maßgeschneiderte Technologien entwickelt und bereitgestellt. Zusätzlich können durch die robotergestützte Faserablagetechnologie auch hochkomplexe FKV-Bauteilstrukturen durch die 3D-Ablage von getränkten Verstärkungsfasern und drahtförmigen Aktoren auf Basis von Formgedächtnislegierungen (FGL) hergestellt werden.

Aufgrund des hervorragenden Eigenschaftsprofils textil- und faserverbundbasierter Funktionskomponenten lässt sich für viele Anwendungsgebiete, ein erheblicher Mehrwert bei geringen Mehrkosten und minimaler Beeinflussung der Trägerstruktur generieren:

- Strukturüberwachung von Verbundbauteilen (FKV, Textilmembranen und Textilbeton),
- Überwachung des menschlichen Bewegungsprofils und physiologischer Parameter für biomedizinische sowie AR/VR-Anwendungen (wie Trackinghandschuhe und Fitnessarmbänder),
- Generierung von aktorischen Funktionstextilien, u. a. für Force-Feedback-Handschuhe und Heizanwendungen,



Funktionalisierte impaktgerechte textile Verstärkungstextilien zur Front- und Rückverstärkung von bestehenden Betonstrukturen / Functionalised impact-appropriate textile reinforcement for front and rear reinforcement of existing concrete structures

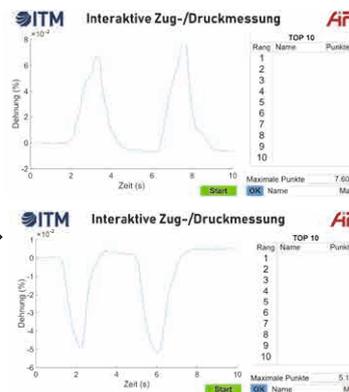


Aktor-Handschuh: Formgedächtnisbasiert für Force-Feedback-Anwendungen / Actuator glove: Shape-memory-based for force feedback applications

- Integrale Spezialkinematiken mittels adaptiver formvariabler FKV mit textiltechnologisch strukturintegrierten Formgedächtnis-Materialien (für Anwendungen im Robotik- und Automotive-Bereich sowie im Anlagenbau und in der Medizintechnik) und
- Realisierung hochfrequenter Bewegungen für Soft Robotics durch den Einsatz elastischer textiler Aktoren.

Auf dem Gebiet der Entwicklung fadenförmiger textilkompatibler Sensoren und Aktoren bestehen am ITM umfangreiche Kompetenzen in den Bereichen theoretisch physikalischer Konzeptionierung, textiltechnologischer Umsetzung und Charakterisierung der funktionalen teils mehrschichtigen Filamentgarne. Hierbei werden mittels angepasster Fertigungsverfahren, wie der Bikomponentenschmelzspinn- oder der Flechttechnik, sowohl die anforderungsspezifische Wandlercharakteristik als auch die Haftungseigenschaften als Grenzschicht zum umgebenen (Matrix-)Material, definiert eingestellt. Mit den am ITM entwickelten textilen Sensoren können hierbei sowohl spezifische physikalische Parameter wie Dehnung, Temperatur oder Feuchte für Anwendungen in den Bereichen der Strukturüberwachung und der Smart-Textiles als auch komplexere physiologische Parameter wie der Lactatgehalt für medizinische Anwendungsgebiete detektiert werden. Die anwendungsspezifisch entwickelten textilen Aktoren sind in der Lage, sowohl hohe Kräfte zu übertragen (u. a. auf Basis von Formgedächtnismaterialien) als auch kurze Reaktionszeiten zu ermöglichen (auf Basis elektroaktiver Polymere).

Interaktiver Demonstrator zur Zug- und Druckmessung durch Krafteinwirkung auf ein sensorisch funktionalisiertes CFRP U-Profil / Interactive demonstrator for tension and pressure measurement through the application of force on a sensor functionalised CFRP U-profile



Technische Ausstattung

- Universalprüfstand für statische und dynamische Langzeituntersuchungen von Faserkunststoffverbunden mit integrierten Sensor- und/oder Aktornetzwerken
- Präzisionsmesstechnik zur Aufzeichnung von resistiven, amperometrischen, kapazitiven und impedimetrischen Messwerten

Ausgewählte Publikationen

Le Xuan, H.; Vo, D. M. P.; Nocke, A.; Sennewald, C.; Hoffmann, G.; Cherif, Ch.: Textile-based 3D truss reinforcement for cement-based composites subjected to impact loading – Part II: In situ stress analysis under quasistatic and dynamic tensile loading. *Materials Science Forum* (2022)1063, DOI: 10.4028/p-6n3ols, pp. 111-119

Warncke, M.; Böhnke, P. R. C.; Gracova, A.; Nocke, A.; Cherif, Ch.: Development of test method for the characterization of electrically conductive yarns for integration in smart textiles. In: *Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022*, DOI: 10.34658/9788366741751.18, pp. 84-88

Faserbasierte Biomedizintechnik

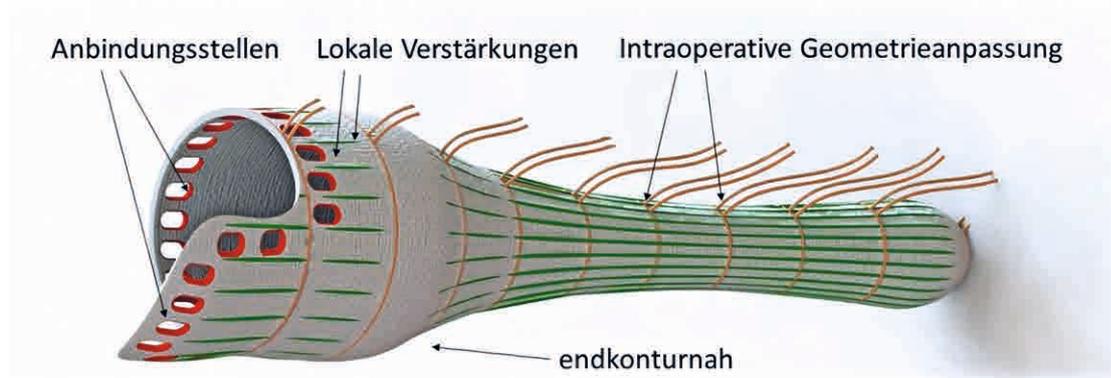
Fiber-based biomedical technology

- **Erforschung und Entwicklung neuer Biomaterialien und Medizintextilien** / *Research and development of new biomaterials and medical textiles*
- **Material- und Produktentwicklung (Faden, Struktur, Scaffold, Implantat)** / *Development of materials and products (yarn, structure, scaffold, implant)*
- **Maschinenentwicklung (Modifikation vorhandener Maschinen, Konstruktion neuer Maschinen sowie Konzipierung neuer Produktionslinien)** / *Machine development (modification of existing machines, construction of new machines, and conceptualization of new production lines)*
- **Entwicklung von Bioreaktoren, neuen Prüfgeräten und Prüfmethode**n / *Development of bioreactors, new testing instruments and test methods*
- **Zellbiologische Analyse** / *Cell biological analysis*

Mit Kooperationspartnern aus einer Vielzahl von Unternehmen und Kliniken forscht das ITM entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Biomaterial bis zur (prä-)klinischen Erprobung faserbasierter Implantate. Das ITM verfügt im Bereich der textilbasierten Biomedizintechnik über langjährige Erfahrungen und Kompetenzen in der grundlagenorientierten und anwendungsnahe Forschung. Mit den breitgefächerten Anlagentechniken und Prüflaboren steht insbesondere der Transfer von der Forschung in marktreife Produkte im Fokus der Entwicklungsarbeiten.

Ein aktueller Forschungsschwerpunkt ist die **Entwicklung eines gewirkten Anbindungsimplantates zur Weichteilanbindung bei der Implantation von Endprothesen**. Die aktuelle Rekonstruktion der Weichteile nach Implantation von Prothesen mittels Ösen, textiler Netze oder einfacher gestrickter PES-Schläuche mit sehr hohem intraoperativem

Konfektionsaufwand bieten keine ausreichend stabile Anbindung von Weichgewebe mit der Prothese. Daraus resultieren für Patienten verheerende Folgen, wie Bewegungseinschränkungen, Luxationen und periprothetische Infektionen. All dies führt zu einer hohen Rezidivrate von ca. 30 %. Daher sollen am ITM gemeinsam mit dem UniversitätsCentrum für Orthopädie, Unfall- & Plastische Chirurgie der Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden im Rahmen eines IGF-Forschungsprojekts (21998 BR) endkonturnahen und lokal verstärkten, langzeitresorbierbaren Anbindungsimplantaten mit integrierten Verankerungsmöglichkeiten entwickelt werden, um den Konfektionierungsaufwand und die Operationszeit zu reduzieren und das Infektionsrisiko zu minimieren und die Limitationen bisheriger Lösungen und die Reduktion schwerwiegender Komplikationen sowie teurer Folgeeingriffe zu überwinden.



Schematische Darstellung zum Aufbau des Anbindungsimplantates / *Principle to construction of connection implantat*

Der Fokus der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen liegt zudem auf der **Entwicklung flexibler und modularer Technologie zur Texturierung von temperatur- und scherkraftempfindlichen Biopolymeren aus natürlichen Ursprung**. Da die bisherigen Texturierverfahren lediglich darauf ausgelegt, herkömmliche synthetische Polymerfasern z. B. aus Polyester oder Polyamid zu texturieren, sind somit nicht für die Verarbeitung von Biopolymeren aus natürlichen Ursprung wie Kollagen, Chitosan und Seide geeignet. Diese Biomaterialien weisen keine thermoplastischen Eigenschaften auf und degradieren bereits bei geringen Temperaturen (ab 60 °C). Da die Fasern außerdem spröder sind und somit gegenüber mechanischer Beanspruchung, wie z. B. Scherkräften deutlich empfindlicher als synthetische (texturierbare) textile Garne sind, können sie mit den bisherigen Verfahren nicht texturiert werden. ITM entwickelt deshalb im Rahmen eines ZIM Projekts gemeinsam mit Fa. Fourné Maschinenbau GmbH eine neuartige schonende, flexible und individualisierte Texturier-technologie für temperatur- und

scherkraftempfindliche natürliche Biopolymergarne, um neue Funktionalitäten bei diesen Garnen zu ermöglichen. Die Möglichkeit zur Texturierung von natürlichen Biopolymergarnen mit anwendungsspezifischen Eigenschaften eröffnet allein im Bereich der Wundauflagen, Verbandmaterialien und der Implantatmaterialien für die Therapie von Knochendefekten erhebliche Marktpotenziale. Im Ergebnis soll eine kompakte und modular aufgebaute Technologie stehen, um einen in- und offline Prozess zu ermöglichen und somit später eine kunden- und anwendungsspezifische Texturierung realisieren zu können.

Darüber hinaus besteht die **Möglichkeit Medizinprodukte in Reinraumbedingungen (Klasse 7 gemäß ISO 14644-1 bzw. Klasse B gemäß EG-GMP operationell)** zu entwickeln und produzieren.

Technische Ausstattung

- Diverse Textilmaschinen, wie z. B. Spulenschützen-Bandwebmaschine mit Schaft- und Jacquardmaschine (Mageba), Flechtmaschinen (Herzog), RR-Raschelmaschine (Rius)
- Fiber-based Additive Manufacturing (FAM)-Anlage (Eigenentwicklung)
- 3D-Drucker Objet30 Prime für Medizinprodukte (Stratasys)
- Mono- und Bikomponenten Kolben-Lösungsspinnanlage für den Einsatz in Reinraum (Fourné)
- Laborkrempel Felt Carder 337 (Mesdan)
- Diverse Flockkabinen (MaagFlock)
- Elektrospinn-Einheiten zur Fertigung von flächigen und tubulären Mikro- und Nanostrukturen
- Scara-Roboter (Stäubli TS-60)
- Porosimeter PSM 165 (Topas)
- In-situ-Porositätsmessung (Eigenentwicklung)
- Inverses Fluoreszenzmikroskop AxioVert.A1 (Zeiss)
- Zellbiologie
- Reinraum Klasse ISO 7 (ISO 14644-1) bzw. B (EG-GMP operationell)

Ausgewählte Publikationen

- Benecke, L.; Tonndorf, R.; Cherif, Ch.; Aibibu, D.: Influence of spinning method on shape memory effect of thermoplastic polyurethane yarns. Polymers 15(2023)1, 239 DOI: 10.3390/polym15010239 (online)*
- Benecke, L.; Chen, Z.; Zeidler-Rentzsch, I.; von Witzleben, M.; Bornitz, M.; Zahnert, T.; Neudert, M.; Cherif, Ch.; Aibibu, D.: Development of electrospun, biomimetic tympanic membrane implants with tunable mechanical and oscillatory properties for myringoplasty. Biomaterials Science (2022)10, DOI: 10.1039/d1bm01815a, pp. 2287–2301*
- Wöltje, M.; Croft, A.; Aibibu, D.; Gantenbein, B.; Cherif, Ch.: Silk fiber-based implants for intervertebral disc regeneration. Vortrag / Annual Meeting of the German Society for Biomaterials 2022, Essen, 15.-17. September 2022*
- Pöttsch, H. F.; Tonndorf, R.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: Collagen fiber spinning and collagen fiber scaffolds. Vortrag / Annual Meeting of the German Society for Biomaterials 2022, Essen, 15.-17. September 2022*
- Wöltje, M.; Nuss, D.; Hoffmann, G.; Lang, T. G.; Gereke, T.; Cherif, Ch.; Aibibu, D.; Vater, C.; Gelsinsky, M.: Neuartige gewebte biomimetische Implantate bei Sehnen- und Bänderdefekten / Novel woven biomimetic implants for tendon and ligament defects. Technische Textilien/Technical Textiles 65(2022)1, S. 18-21, pp. E19-E22*
- Benecke, L.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: Entwicklung von Textilstrukturen mit materialintrinsischem Formänderungsvermögen für die regenerative Medizin (TexMedActor) / Development of Textile Structures with Material-Intrinsic Shape Changing Capabilities for Regenerative Medicine (TexMedActor). <https://textination.de/de/research-reports/org/2524> (18.10.2022)*

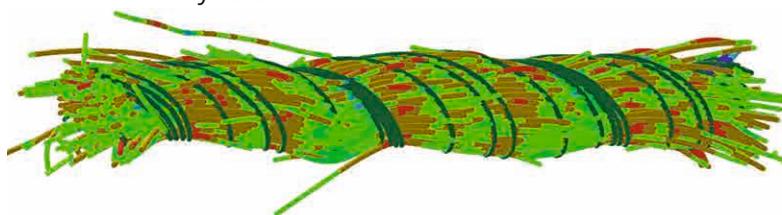
Struktur- und Prozesssimulation am ITM

Structure and Process Simulation at ITM

- **Struktursimulation textiler Strukturen auf der Mikro-, Meso- und Makroebene für Anwendungen u. a. in Medizintextilien, Faserverbundstrukturen, Betonbewehrungen oder Textilmembranen / Structural simulation of textile structures on the micro-, meso- and macro-scale for applications in medical textiles, fibre-reinforced composite structures, concrete reinforcements or textile membranes**
- **Prozesssimulation textiler Fertigungsprozesse, z. B. Webprozesssimulation/ Process simulation of textile manufacturing processes, e.g. weaving process simulation**
- **Aufbereitung der Ausgangsinformation für weitere Strukturanalyse des Verbund- oder Betonbauteils/ Preparation of the input information for further structural analysis of the composite or concrete component**

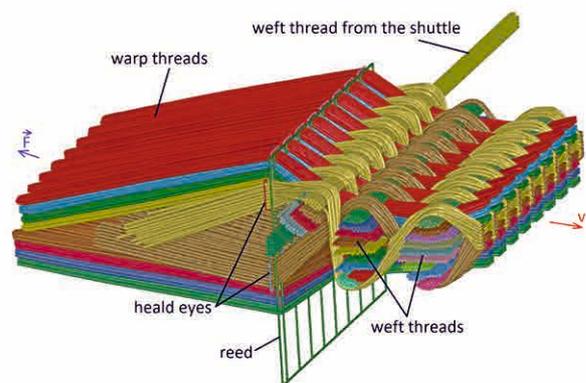
Das ITM ist in den Bereichen numerische Modellierung und Simulation von textilen Halbzeugen und textilverstärkten Verbundwerkstoffen sowie textilen Fertigungsprozessen aktiv. Es wurden und werden zahlreiche Projekte durch numerische Modellierung unterstützt und Modelle auf verschiedenen Skalen vom Garn, über das textile Halbzeug bis zum Verbundwerkstoff erfolgreich entwickelt, validiert und angewendet. Einige aktuelle Projekte seien hier stellvertretend vorgestellt.

Einer der begrenzenden Faktoren für die Drapierbarkeit von Textilien ist die Dehnbarkeit der Endlosfasern, weshalb das Drapieren von Textilhälften für komplexe Geometrien fehleranfällig ist. Im von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekt „Analyse der Verformungsmechanismen von Geweben auf Basis von rCF-Stapelfasergarnen für duroplastische Verbundanwendungen“ werden aus rCF-Stapelfasern Garne entwickelt, die in duroplastischen Faser-Kunststoff-Verbunden (FKV) zum Einsatz kommen sollen. Die entwickelten friktionsgesponnenen Garne weisen aufgrund von Gleitmechanismen zwischen den Fasern deutlich höhere Garndehnungen auf. Es werden mikromechanische Finite-Elemente-Modelle der Garne mit Hilfe von Balkenelementen erstellt. Die Monte-Carlo-Methode wird verwendet, um lokale Variabilitäten in den Garnen zu modellieren. Die Modelle werden verwendet, um das Garnverhalten unter Verformung zu simulieren und den Einfluss verschiedener Prozessparameter zu untersuchen. Für das Zugverhalten der Garne wird dabei eine gute Korrelation erzielt. Später werden Gewebe aus diesen Garnen hergestellt und Mesoskalen-Modelle erstellt, um das Drapierverhalten daraus hergestellter Gewebe zu analysieren.



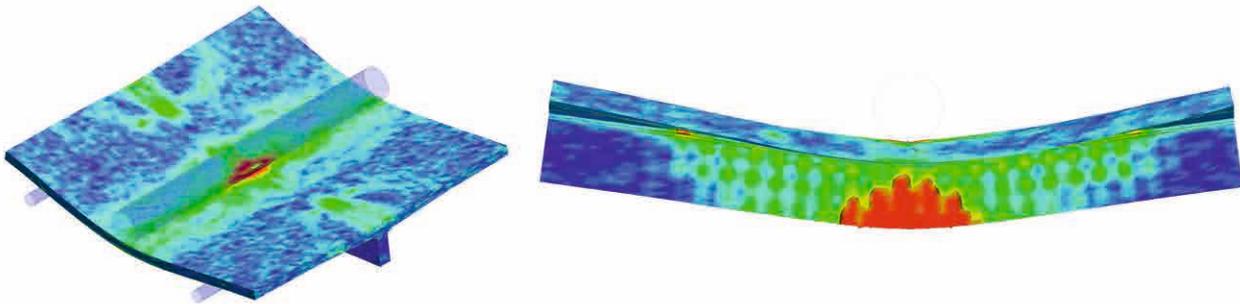
Spannungen in den Fasern eines rCF DREF-Garns / Stresses within the fibers of an rCF DREF yarn

Im IGF-Projekt „Tailored 3D-Weaves“ werden simulationsgestützt Strukturen und Technologien zur verschnittfreien Herstellung gewebter, endkonturgerechter 3D-Preformen mit komplexer Kontur aus Hochleistungsfasern hoher Feinheit für Faserverbundbauteile entwickelt. Bei der im Projekt umgesetzten Kettfadenanordnung mittels Doppelflachstahlhützen liegen die Kettfäden senkrecht übereinander, wodurch dicke Gewebe schädigungsarm gefertigt werden können. Um die Fadenzugkräfte zu ermitteln, wird der Webvorgang in einem Prozessmodell abgebildet. Dazu werden die Gewebefindungen in ein Mesoskalen-Modell transferiert und die relevanten Maschinenteile (Webblatt und Litzen) modelliert. Es werden sowohl gleiche Bindungen mit unterschiedlichen Fadenspannungen als auch unterschiedliche Bindungen simuliert.



Web-Prozesssimulation für ein Mehrlagengewebe / Weaving process simulation of a multilayer woven fabric

Im IGF-Projekt „Partiell fließfähige 2D-Textilstrukturen“ werden funktionalisierte Hybridgare auf Stapelfaser- und Endlosfilamentbasis und daraus herstellbare, partiell fließfähige 2D-Textilstrukturen entwickelt. Daraus werden dann direkt thermoplastische FKV-Bauteile gefertigt. Zur Simulation der Strukturen wurde ein FEM-Modell entwickelt. Für die Matrix wurde ein elastisch-plastisches Materialmodell implementiert. In Anlehnung an experimentelle Daten aus 3-Punkt-Biegeversuchen von konsolidierten Proben wurde die Bruchdehnung der Verstärkungsfäden so kalibriert, dass die Kraft-Verformungs-Kurven zwischen Experiment und Simula-

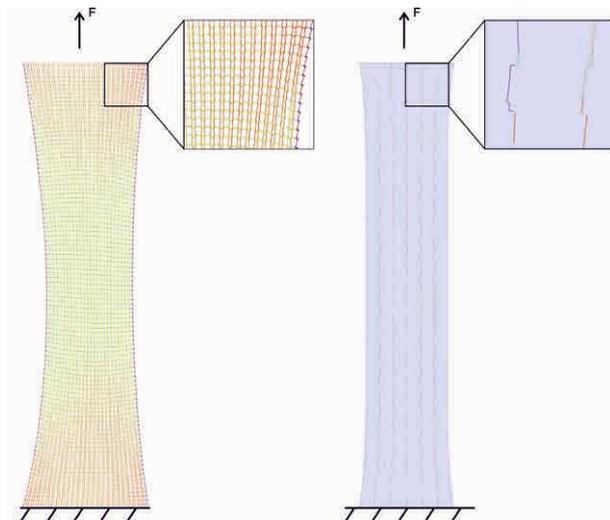


Simulation der Biegung einer thermoplastischen Schale-Rippen Struktur mit einer Verstärkung auf Stapelfaser- und Endlosfilamentbasis / *Bending simulation of a thermoplastic shell-rib structure with reinforcement based on staple fibre and continuous filaments*

tion miteinander übereinstimmen. Das FEM-Modell gilt jetzt als validiert und kann für weitere numerische Untersuchungen verwendet werden. Basierend auf dem Lastfall Biegung wurden die Steifigkeit in Abhängigkeit der Faserhöhe in der Rippe ermittelt. Bei größerer Faserhöhe in der Rippe ist der Steifigkeitsgewinn deutlich zu erkennen. Eine Zunahme der Steifigkeit von Bauteilen mit fließenden Verstärkungsfäden gegenüber herkömmlichen Bauteilen ohne durchgehende Faserverstärkung von Schale zur Rippe wurde numerisch nachgewiesen.

Im IGF-Projekt „GeDeKe“ werden Gestricke mit einstellbaren Dehnungs- und Schereigenschaften über die Einbindung von Kettmaschenfäden (KMF) realisiert. Das 2D-Gestrick ohne KMF hat eine Rechts-Links-Struktur (RL) und wurde sowohl mit Balkenelementen auf der Mesoskala (Abbildung der

Maschenstruktur) als auch mit Schalenelementen auf der Makroskala modelliert. Das Makromodell beschreibt mit Hilfe eines am ITM entwickelten Materialmodells das Zugverhalten des RL-Gestrics. Zur Modellierung des Gestrics mit KMF wurde eine Kopplung zwischen Balken- (als KMF) und Schalelementen (Makromodell des 2D-Gestrics) angewendet. Durch den Einsatz von zusätzlichen KMF kann das Zugverhalten der Gestricke modifiziert werden. Aufgrund der Strukturdehnung ist das Kraft-Dehnungs-Verhalten der Gestricke ohne und mit KMF zunächst identisch. Wenn die KMF vollständig gestreckt sind, steigt die Kraft jedoch deutlich schneller an. Sowohl die Ergebnisse der Streifenzugversuche als auch der Simulationen zeigten dieses Verhalten.



Simulation eines Streifenzugversuches eines Gestrics ohne (Balkenmodell links) und mit Kettmaschenfäden (kombiniertes Schalen-Balkenmodell rechts) / *Simulation of a tensile test of weft-knitted fabric without (beam element model on the lefthand side) and with warp stitch threads (combined shell/ beam element model on the right hand side)*

Technische Ausstattung

Die Forschungsgruppe Struktur- und Prozesssimulation verfügt über moderne Workstations und Modellierungs- und Simulationssoftware (u. a. Abaqus, Ansys, LS-Dyna, SolidWorks, Catia).

Ausgewählte Publikationen

Lang, T. G.; Hasan, M. M. B.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.; Gereke, T.: *Micro-scale model of rCF/PA6 spun yarn composite. Journal of Composites Science* 7(2023)2: 66, DOI: 10.3390/jcs7020066

Lang, T.; Nuß, D.; Gereke, T.; Hoffmann, G.; Wöltje, M.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: *Simulation-based development of gradient woven fabrics for biomimetic implants to restore tendons and ligaments. Textiles* 2(2022)2, DOI: 10.3390/textiles2020019, pp. 336-348

Lohse, F.; Annadata, A. R.; Häntzsche, E.; Gereke, T.; Trümper, W.; Cherif, Ch.: *Hinged adaptive fiber-rubber composites driven by shape memory alloys – development and simulation. Materials* 15(2022)11: 3830, DOI: 10.3390/ma15113830

Virtuelle Produktentwicklung für biegeweiche Materialien – CAE vom Design zum Produkt

Virtual product development for low stiff materials – CAE from design to product

- **CAE-Prozessketten zur virtuellen 3D-Produktentwicklung und Fertigung (u. a. Automobilinterieur, Preforming für FKV, Bekleidungs-, Sport-/Schutz- und Medizintextilien, Verpackungen)** / *CAE process chains for virtual 3D product development and production (including automotive interiors, preforming for FRP, clothing, sports, protective and medical textiles, packaging)*
- **Optische 3D-Geometrie- und Texturerfassung für anatomische und technische Objekte, Flächenrückführung aus Scan-Daten, Objektmodellierung** / *Optical 3D geometry and texture capture for anatomical and technical objects, surface reconstruction from scan data, object modeling*
- **Avatar-Generierung, parametrische und kinematische Menschmodellierung** / *Avatar generation, parametric and kinematic human modeling*
- **Entwicklung von 3D-Konstruktionsmethoden für Bodywear und körperferne Bekleidung** / *Development of 3D design methods for bodywear and loose fitting garments*
- **Materialprüfung, -modellierung und Simulation** / *Material testing, modeling and simulation*
- **Kombinatorischer Einsatz biegeweicher und biegesteifer Strukturen mittels additiver Fertigung** / *Combinatorial use of soft and rigid structures by means of additive manufacturing*
- **Digitale Haptik** / *Digital haptics*

Der Einsatz von digitalen Methoden und Werkzeugen ist in vielen Branchen der Schlüssel zu mehr Effizienz und Qualität in der Produktentwicklung. Mehrere interdisziplinäre Forschungsprojekte an der Professur Entwicklung und Montage von textilen Produkten beschäftigen sich mit CAE-Prozessketten für die virtuelle 3D-Produktentwicklung und Fertigung für Bekleidungs-, Sport-, Schutz- und Medizintextilien.

Die FuE-Arbeiten konzentrieren sich auf die Verbesserung des Komforts und der Funktionalität der Bekleidung unter Berücksichtigung der vielfältigen Aspekte der Interaktion zwischen dem Menschen und seiner Umgebung.

Nicht nur verschiedene menschliche Körper unterscheiden sich von einander, auch ein- und derselbe Körper verändert sich durch verschiedene Bewegungen. Die Analyse dieser Deformationen ist für die ergonomische Schnitterstellung von großer Bedeutung. Der 4D Scanner bietet die Möglichkeit, das Verhalten des menschlichen Körpers in Bewegung mit oder ohne den Einfluss von Bekleidung zu erfassen und auszuwerten. Durch den 4D Scan wird auf die Scandaten ein Avatar mit konstantem Netz gemappt. Anhand dieses homologen Netzes kann jede Körperstelle über eine Bewegung hinweg analysiert werden, wofür eine spezielle Programmierumgebung entwickelt wurde. Die Kurven werden mit Hilfe des üblichen Dateiformats „ini“ definiert und basieren auf den Knotenpunkten (Vertices). Die Koordinaten der Knotenpunkte werden aus den Dateien mit den konsistenten Netzen extrahiert und anschließend die Kurven und ihre Längen analysiert und visualisiert (Abb. 1). Die Methode ermöglicht eine automatische Verarbeitung der Umfänge und der Längen des Körpers und liefert zudem neue Informationen über die Körpermaße während der Bewegung. Dadurch las-

sen sich qualitativ neue Anhaltspunkte für das Design von Kleidung mit kinematisch angepasster Passform, z. B. körpernahe Sport- und Arbeitskleidung, entwickeln.

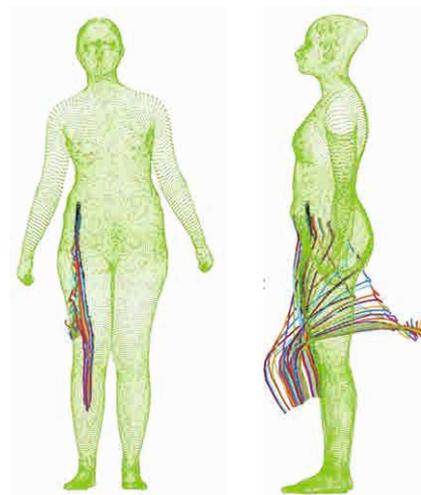


Abb. 1: 4D Scananalyse: Veränderungen der vorderen Kurve des linken Beins im Sitzen [1] / 4D scan analysis: changes in the anterior curve of the left leg in sitting [1]

Dieses Prinzip wurde im DAAD-Forschungsvorhaben 57588364 angewendet, um eine digitale Entwicklung von Bekleidung mit hohem Tragekomfort für die gebärdensprachigen Menschen zu realisieren. Die aktive manuelle Artikulation bei der Kommunikation in Gebärdensprache verursacht eine gewisse physische Beanspruchung der Arme und des Rückens, die durch unbequeme Kleidung deutlich erhöht wird. Um die Bekleidungskonstruktion für diese Zielgruppe ergonomisch anzupassen, werden typische Gebärdensprachbewegungen mit dem 4D-Scanner MOVE4D gescannt und die Daten zu einem homologen Netz verarbeitet. Basierend auf der Längenanalyse mit Hilfe des neu entwickelten Post-Processing-Tools werden die extremen Gesten der Gebärdensprache

erkannt und die erforderliche Kompensation der Längenänderungen aufgrund von Materialdehnung oder -verschiebung berechnet (Abb. 2). Die Ergebnisse bilden eine neue technische Grundlage für die Entwicklung von Kleidung mit deutlich besserem Tragekomfort und geringerem mechanischen Aufwand bei der Kommunikation mit Hörgeschädigten.

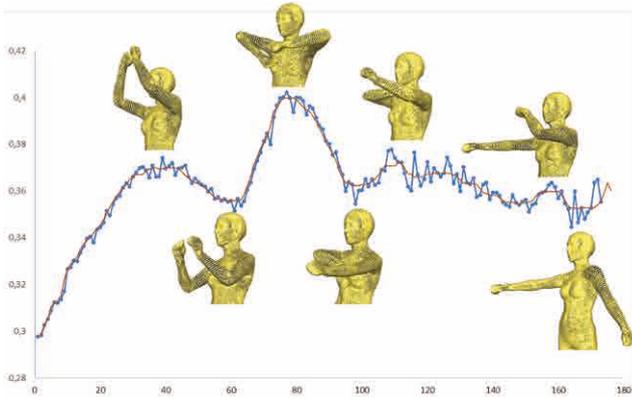


Abb. 2: Matlab-Diagramm mit extremen Bewegungen der Gebärdensprache [2] / Matlab diagram with extreme movements of sign language [2]

Dieses Konzept wurde in einer Studie zur Untersuchung der Verformung des Unterkörpers beim Sitzen in verschiedenen Positionen mittels Hochgeschwindigkeitsscannen des Körpers weiter entwickelt. Fokus hierbei ist der Komfort von Kompressionsprodukten. Ausgehend von der Untersuchung der individuellen Körpergeometrie des Patienten und der Verände-

Technische Ausstattung

Das CAE-Labor verfügt über vielfältigste Software zur Produktentwicklung von Bekleidung und Technischen Textilien:

- Entwurf, Colorierung, Design: Tex-Design (einschließlich Tex-Knit, Tex-Check, Tex-Dress, Tex-Line)
- 2D-Schnittkonstruktion, Gradierung und Schnittbildlegen, Passformsimulation 3D: Modaris, Diamino, Pgsmodel, Marka, Grafis, Vidya, Optitex, Clo3D
- 3D-Entwurf und Konstruktion, Zuschnittentwicklung: Catia, Solidworks, Design Concept 3D, FiberSim, CPD, Exact Flat
- Simulation: Matlab, ANSYS, CFD, Maya, 3DS MAX
- Flächenrückführung: Geomagic Studio / Qualify, Icem Surf
- Scannen Hard- /Software: 4D-Scanner Move 4D (IBV), Artec MHT und Artec Leo, Artec Studio, Vialux zSnapper
- Integrated Multisensory Scanning System 4Dsense, besteht aus Move4D Scanner (IBV) ; Viper System von Polhemus für absolute Koordinatenerfassung und Tex-Sens®-G für Druckmessung.

rung von Größe und Form seiner Körperteile während der Tragedauer und bei verschiedenen Aktivitäten wird das aktuelle Druckniveau ermittelt. In Phase I werden die Unterschenkel als Untersuchungsobjekt gewählt, da dort verschiedene Arten von chronischen Ödemen, venösen Thromboembolien und venösen Ulzera häufig vorkommen und die Kompressionstherapie weit verbreitet ist. Das MOVE 4D-Scan-System und die entsprechende Software ermöglichen es, die Beine in einer virtuellen Umgebung zu beurteilen und die Funktionalität des Kompressionsstrumpfes für eine bestimmte Person zu bewerten. In Phase II erfolgt die Entwicklung eines Algorithmus zur Umwandlung der beim 4D-Scan erhaltenen Daten in eine Software zur Datenverarbeitung (Abb. 3)

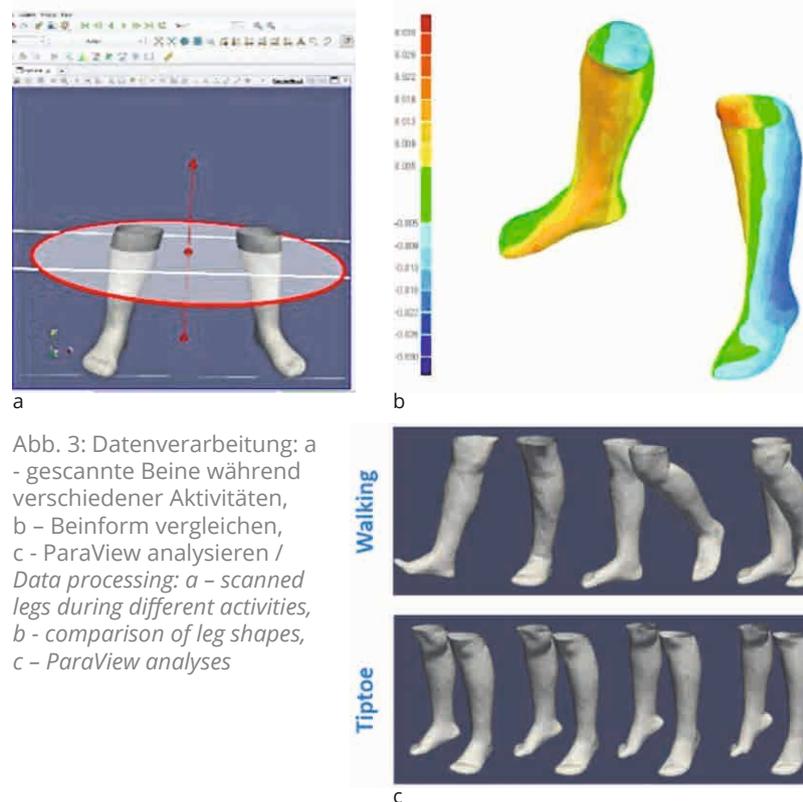


Abb. 3: Datenverarbeitung: a - gescannte Beine während verschiedener Aktivitäten, b - Beinform vergleichen, c - ParaView analysieren / Data processing: a - scanned legs during different activities, b - comparison of leg shapes, c - ParaView analyses

Ausgewählte Publikationen

- [1] Kyosev, Y. et al.: Method for Automatic Analysis of the Clothing Related Body Dimension Changes During Motion Using High-Speed (4D) Body Scanning. In: Proc. of 3DBODY.TECH 2022 - 13th Int. Conf. and Exh. on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano, Switzerland, 25-26 Oct. 2022, #24, <https://doi.org/10.15221/22.24>
- [2] Sadretdinova, N.; Kyosev, Y.: Method for Evaluation of the Motion Comfort of the Clothing for Deaf People Using of High Speed (4D) Scanning. In: Proc. of 3DBODY.TECH 2022 - 13th Int. Conf. and Exh. on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano, Switzerland, 25-26 Oct. 2022, #60, <https://doi.org/10.15221/22.60>
- [3] Schmidt, A-M.; Kyosev Y.: Investigation of the lower body deformation while sitting in different positions using high speed body scanning. In: Conference presentation, Human Modelling and Simulation in Automotive Engineering, 16.11.22-17.11.22, Wiesbaden, Germany
- [4] Wendt, E; Zhang, D.; Krzywinski, S.; Kyosev, Y.: Development of clothing-related assistance systems to support the mobility. In: Proceedings. 3DBODY.TECH 2022 - 13th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano (Schweiz), 25.-26. Oktober 2022, <https://doi.org/10.15221/22.09>

Zerstörungsfreie Prüfung und Online-Qualitätssicherung textiler Prozesse und Strukturen sowie Algorithmenentwicklung

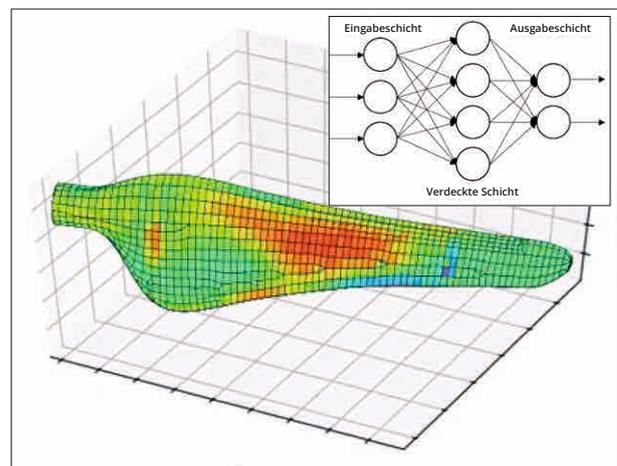
Non-destructive testing and online quality assurance of textile processes and structures as well as algorithm development

- **Messung und Analyse von Prozess- und Produktparametern zur Qualität- und Produktivitätssteigerung textiler Fertigungsprozesse** / *Measurement and analysis of process and product parameters for quality and productivity improvement of textile manufacturing processes*
- **Entwicklung und Anwendung von (robotergestützten) Messplätzen** / *Development and application of (robot-supported) measuring stations*
- **Entwicklung und softwaretechnische Umsetzung von Algorithmen u. a. zur Datenfilterung/-synchronisation/-auswertung sowie zur Ansteuerung robotischer Systeme** / *Development and software implementation of algorithms for data filtering/synchronization/evaluation as well as for controlling robotic systems*

Am ITM werden textile Fertigungsprozesse mittels kommerziell verfügbarer sowie speziell entwickelter Messsysteme charakterisiert und Zusammenhänge zwischen Garn-, Prozess- und Produktparametern ermittelt. Ziel ist hierbei die bereits hochproduktiven textilen Verfahren noch weiter hinsichtlich gesteigerter Qualität und Produktivität zu befähigen. Diese Zusammenhänge werden je nach Komplexität mittels klassischer analytischer Mathematik oder mittels Methoden des Machine Learnings beschrieben. Auf Basis derartiger Erkenntnisse werden gezielte maschinenbauliche und steuerung-/regelungstechnische Anpassungen an der Maschinenteknik vorgenommen und der deren Wirksamkeit unter industriellen Bedingungen bzw. in direkter Kooperation mit der Industrie nachgewiesen.



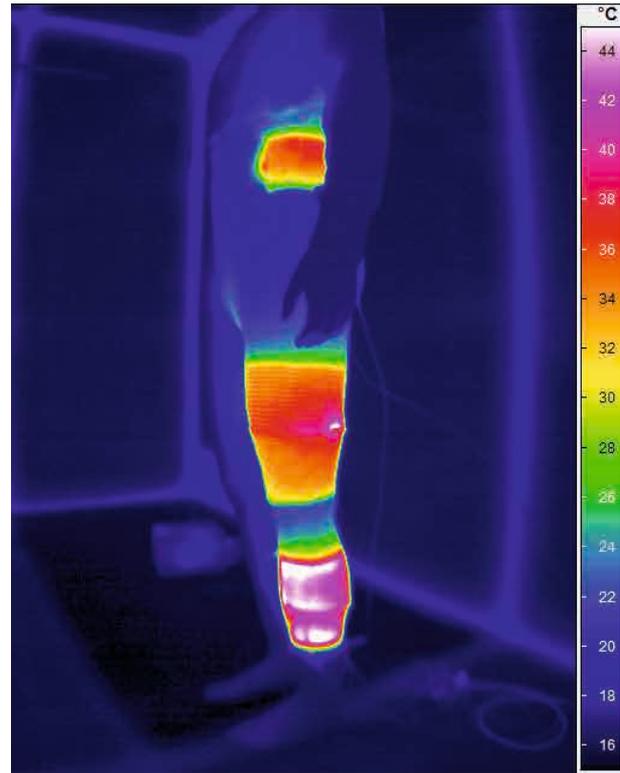
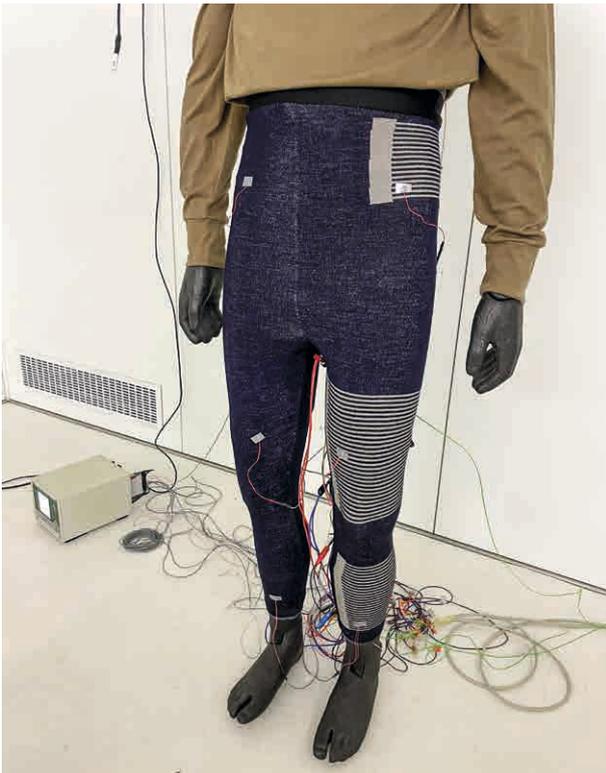
Messung der dynamischen Fadendehnungen im Kettenwirkprozess mittels Hochgeschwindigkeitskamera / *Measurement of dynamic yarn strains in the warp knitting process by high speed camera*



Ermittlung der Beanspruchungsverteilung eines Rotorflügels auf Basis eines integrierten Sensornetzwerkes sowie einer echtzeitfähigen Signalanalyse mittels künstlicher neuronaler Netze / *Determination of the stress distribution of a rotor blade based on an integrated sensor network and a real-time signal analysis using artificial neural networks*

Exemplarische zugehörige aktuelle FuE-Aktivitäten umfassen hierbei:

- Messtechnische Analyse, simulative Beschreibung und Verfahrensentwicklung des Hochleistungskettenwirkens,
- Weiterentwicklung der Hochfrequenz-Wirbelstromprüftechnik zur zerstörungsfreien Prüfung von CFK und CF-Halbzeugen mit dem Ziel einer tomografischen Komplettanalyse auch tieferliegender und verdeckter Eigenschaften und Fehlstellen,
- Algorithmische Echtzeitbeschreibung von Lastszenarien und Beanspruchungsprofilen von FKV und Textilmembranen auf Basis der Informationen integrierter In-situ Sensornetzwerke (primär mittels Methoden des Machine Learnings)
- Vollautomatisierte Bahnplanung für robotische Fertigungs- und Prüfanwendungen

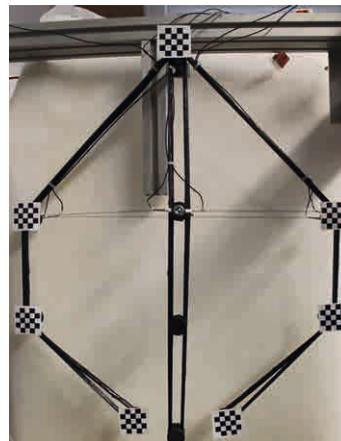


Funktionsüberprüfung beheizter Unterwäsche in Klimakammer (links) und Temperaturmessung mittels Thermografie (rechts) / Functional testing of heated underwear in climatic chamber (left) and temperature measurement by thermography (right)

Technische Ausstattung

Für die Analyse und Qualitätssicherung von textilen Prozessen und Produkten verfügt das ITM über ein breites Spektrum sowohl an moderner, kommerziell verfügbarer Mess- und Sensortechnik als auch an anwendungsspezifischen Eigenentwicklungen, u. a.:

- Hochfrequenz-Wirbelstromsensorik für 2D- und 3D-Strukturen
- Portal- und 6-Achs-Roboter mit geeigneten Adaptern für modular austauschbare Sensorensysteme
- Hochgeschwindigkeitskamera (Bildrate bis zu 1 Million Bilder/Sekunde bzw. 333 Bilder/Sekunde in FullHD) mit Bildkorrelationssoftware zur Bewegungs- und Verformungsanalyse
- Versuchsstände zur Online-Charakterisierung von Garnen und Bahnenwaren mittels wirbelstrombasierter, optischer und tensometrischer Messtechnik
- Thermografiekameras und Lasertriangulatoren
- Breites Spektrum an Sensoren für individuelle Mess- und Überwachungsaufgaben an Textilmaschinen auch im anspruchsvollen Umfeld (z. B. Inkrementalgeber, Fadenzugkraft-, Abstands- und Temperatursensoren)



Optische Ermittlung des Deformationspotenzials eines adaptiven CFK-Greifers hergestellt mittels robotergestützter Faserablage / Optical determination of the deformation potential of an adaptive CFRP gripper produced by means of robot-assisted fibre placement

Ausgewählte Publikationen

Mersch, J.; Koenigsdorff, M.; Nocke, A.; Cherif, Ch.: Modeling the eddy current testing process of carbon fiber textiles. In: Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022, DOI: 10.34658/9788366741751.13, pp. 60-64

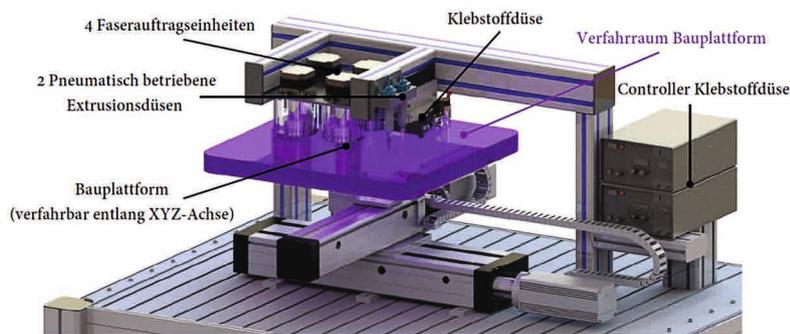
Bruns, M.; Krentzien, M.; Beitelshmidt, M.; Cherif, Ch.: Experimental investigations on the effect of yarn speed and wrap angle on yarn-solid and yarn-yarn friction using warp knitting machines. Materials Science Forum (2022)1079, DOI: 10.4028/p-118y5f, pp. 115-126

Bruns, M.; Nocke, A.; Golla, A.; Cherif, Ch.: Analysis of the local yarn elongation states during the highly dynamic stitch formation process using the example of high performance warp knitting. n: Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022, DOI: 10.34658/9788366741751.35, pp. 168-171

Additive Fertigungstechnologien – Realisierung komplexer Strukturen und Ermöglichung neuer Methoden

Additive manufacturing technologies – creating complex structures and enabling new methods

- **Faserbasierter 3D-Druck mit Biopolymeren für Implantate und Zellträgerstrukturen** / *Fiber-based 3D printing with biopolymers for implants and cell carrier structures*
- **Entwicklung von Prüfkörpern für biomechanische Analysen** / *Development of test specimens for biomechanical analyses*
- **Realisierung komplexer Spindüsengeometrien** / *Realization of complex spinneret geometries*
- **Entwicklung von individualisierten Kollektoren für das Elektrosponning von biomimetischen Trommelfellimplantaten** / *Development of individualized collectors for electrospinning of biomimetic drum implants*
- **Fertigung von individuellen Bauteilen in Losgröße 1** / *Production of individual components in batch size 1*



Fiber-based Additive Manufacturing Technologie und hochkomplexe dreidimensionale Zellträgersysteme / *Fiber-based additive manufacturing technology and highly complex three dimensional scaffolds*

Am ITM werden eine Vielzahl an additiven Fertigungstechnologien eingesetzt. Einerseits dienen diese Verfahren der direkten Realisierung komplexer Strukturen, wie faserbasierten Zellträgersystemen für das Tissue Engineering, Prototypen oder Gussformen mit Freiformgeometrien. Mit der Fiber-based Additive Manufacturing Technologie lassen sich beispielsweise 3D-Zellträgerstrukturen auf Basis von Chitosan oder Seidenfibroinfasern aufbauen. Die modulare Anlage ermöglicht darüber hinaus die Integration von verschiedenen Biomaterialien, wie Knochenzementpasten oder Hydrogele. So lassen sich faserbasierte Tissue Engineering Konstrukte für unterschiedlichste Gewebetypen aufbauen.

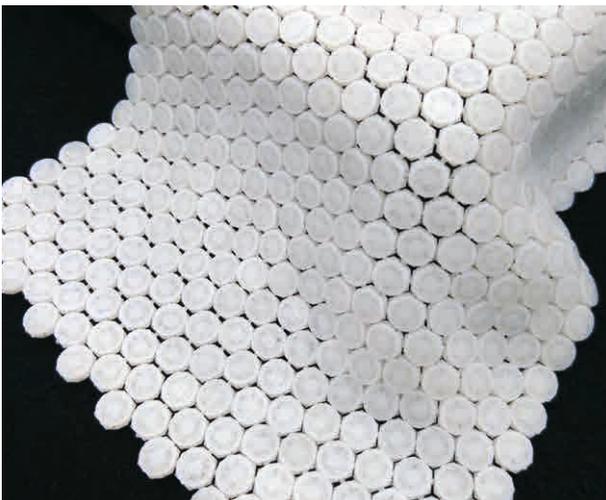
Andererseits dienen die additiven Fertigungsverfahren als **Enabling technology**, beispielsweise für komplexe Spinntechnologien, dem biologischen Vorbild entsprechenden Kollektor Geometrien beim Elektrosponning (siehe Leitartikel Trommelfellimplantate) oder anthropometrische Modelle als Grundlage für lebensnahe biomechanische Prüfungen an neuartigen Implantatstrukturen.

Die Realisierung von Multifilamentfasern aus dem Biomaterial Kollagen erfordert beispielsweise die Kombination unterschiedlicher Materialflüsse. Um die Selbstassemblierung des Kollagens zu Tripelhelizes und schließlich zu Kollagenfibrillen und -fasern zu gewährleisten sind strömungssimulationsbasierte und hochkomplexe Multikanalspinnköpfe auf Basis von Strömungssimulationen erforderlich. Solche Spinnpakete können mit den am ITM vorhandenen Technologien binnen Stunden gefertigt, eingesetzt und erprobt werden.

(a) 3D-Kollektor für das Elektrospinning von biomimetischen Trommelfellimplantaten und (b) gefertigtes Implantat im Ohrmodell mit Knorpelring und Gehörknochen / (a) 3D collector for electrospinning of biomimetic eardrum implants and (b) fabricated implant in model with cartilage ring and auditory bone



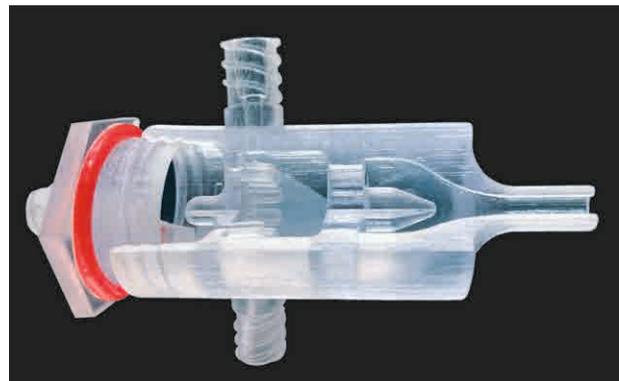
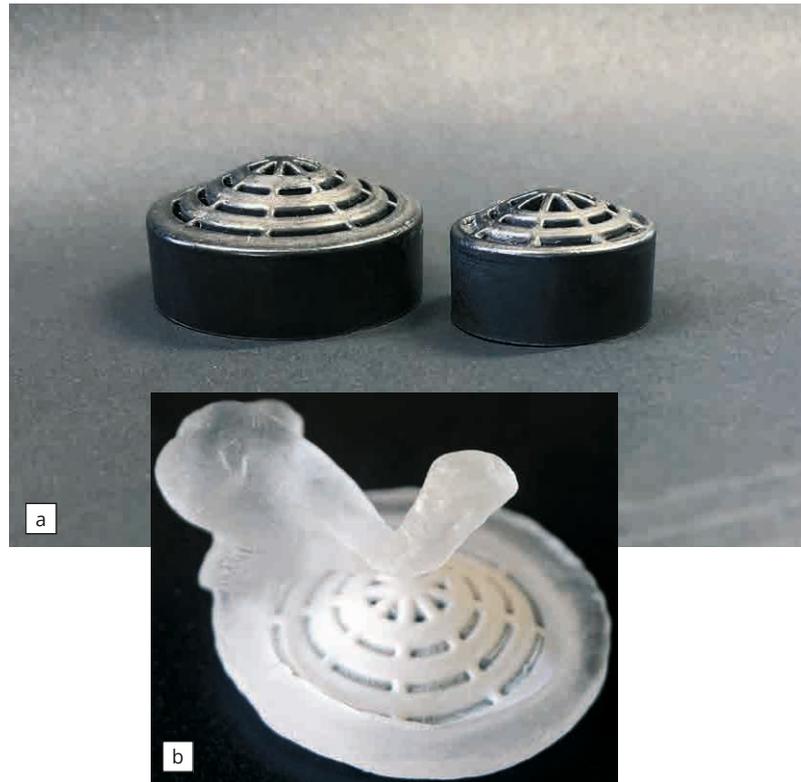
Kniegelenk-Formkörper zur Prüfung von textilen Bänder- und Sehnenimplantaten / 3D printed knee joint for testing textile ligament and tendon implants



3D-gedruckte drapierbare Fläche auf Basis hexagonaler Strukturen mit Kugelgelenken / 3D printed drapeable sheet based on hexagonal structures with ball joints

Technische Ausstattung

- Fiber-based Additive Manufacturing (FAM)-Anlage (Eigenentwicklung)
- PolyJet-Desktop-3D-Drucker Objet30 Prime für Medizinprodukte (Stratasys)
- Fused Deposition Modeling 3D-Drucker Prusa i3 MK3S (Prusa Research)
- Digital Light Processing 3D-Drucker Elegoo Mars UV (Elegoo)



Mehrkanal-Multikomponenten-Düssensystem für das Erspinnen von Kollagenfasern für die Biomedizin / Multi-channel multicomponent nozzle system for spinning collagen fibers for biomedicine

Ausgewählte Publikationen

Benecke, L.; Chen, Z.; Zeidler-Rentzsch, I.; von Witzleben, M.; Bornitz, M.; Zahnert, T.; Neudert, M.; Cherif, Ch.; Aibibu, D.: Development of electrospun, biomimetic tympanic membrane implants with tunable mechanical and oscillatory properties for myringoplasty. *Biomaterials Science* (2022)10, DOI: 10.1039/d1bm01815a, pp. 2287–2301

Schmidt, A.-M.; Kyosev, Y.: Automated G-Code to FE mesh conversion - Modeling polymer penetration into a textile to generate a polymer-textile composite made by additive manufacturing. In: *Proceedings. 20th European Conference on Composite Materials (ECCM 2022), Lausanne (Switzerland), June 26-30, 2022, Vol. 1*, DOI: 10.5075/epfl-298799_978-2-9701614-0-0, pp. 1327-1333

Sitotaw, D. B.; Münks, D.; Kyosev, Y.; Kabish, A. K.: Investigation of parameters of fused deposition modelling 3D prints with compression properties. *Advances in Materials Science and Engineering* (2022), DOI: 10.1155/2022/4700723 (online)

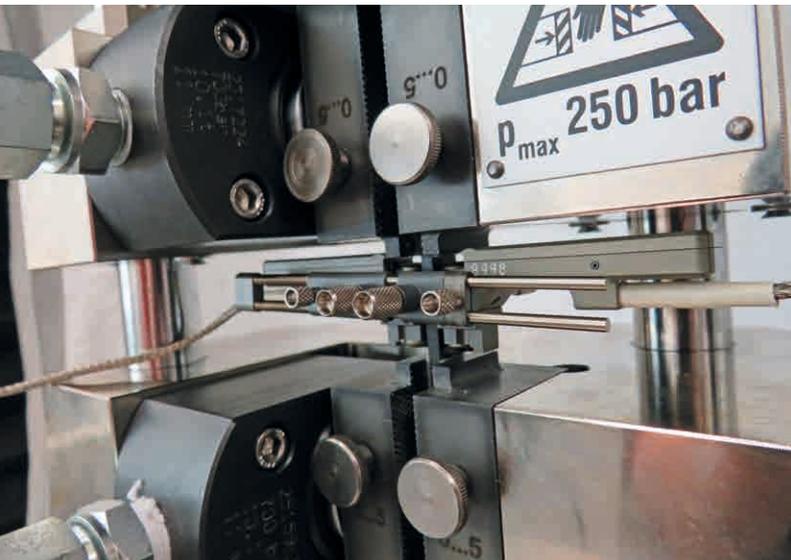
Mess- und Prüftechnik zur physikalischen Charakterisierung von Hochleistungsfaserwerkstoffen und Textilstrukturen

Measuring and testing equipment for the physical characterization of high-performance fiber materials and textile structures

- **Prüfungen mittels Zugprüfmaschine an Fasern, Garnen, textilen Flächen und Faserkunststoffverbunden** / *Tests on fibers, yarns, textile fabrics and fiber-reinforced plastic composites by means of tensile testers*
- **Charakterisierung mittels mikroskopischer Verfahren** / *Characterization by means of microscopic methods*
- **Physiologische Prüfungen an textilen Flächengebilden** / *Physiological tests on textile fabrics*

Das Charakterisieren von Material- und Struktureigenschaften für verschiedenste technische Anwendungen ist ein wichtiger Bestandteil in der Forschung und Entwicklung von Hochleistungsfaserwerkstoffen und neuartigen Textilkonstruktionen.

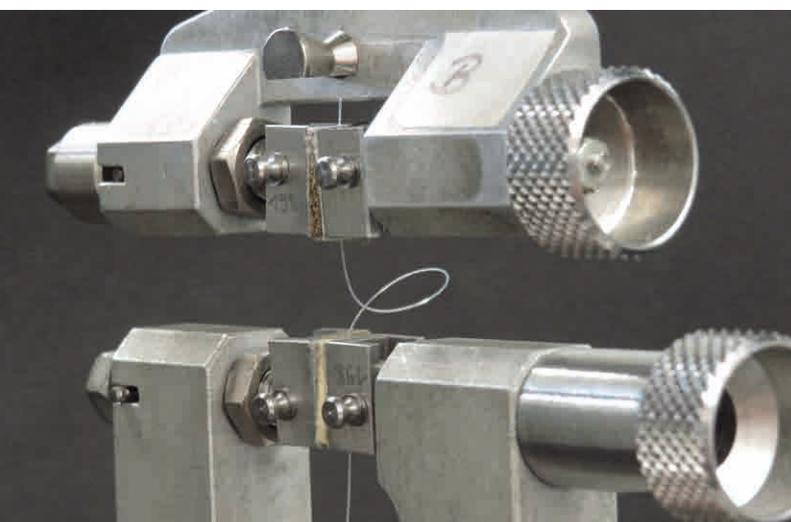
Am ITM stehen hierfür eine große Anzahl an verschiedenen Prüfmaschinen zur Verfügung, die z. T. selbst entwickelt wurden.



HCCF-Spannwerkzeug mit MF-Aufnehmer / *Hydraulic compression test kit for composites (HCCF) with digital clip-on extensometer*

Prüfungen mittels Zugprüftechnik an Fasern, Garnen textilen Flächen und Faserkunststoffverbunden (FKV):

- Bestimmung der Höchstzugkraft- und Höchstzugkraftdehnung, auch unter Berücksichtigung von thermischen Einflüssen (von -80 °C bis 250 °C)
- Biaxiale Prüfungen mittels vierachsiger Zugprüfmaschine an textilen Flächengebilden und FKV's
- Hochgeschwindigkeitsprüfung bis 20 m/s mit zusätzlicher Erfassung der Längenänderung mittels Hochgeschwindigkeitskamera
- Druckversuche mittels HCCF-Spannwerkzeug oder Druckplatten
- Compression after Impact (CAI)



Zugversuch Monofilament / *Tensile test monofilament*



Hochgeschwindigkeitskamera Aramis, Fa. gom / *High speed camera Aramis*

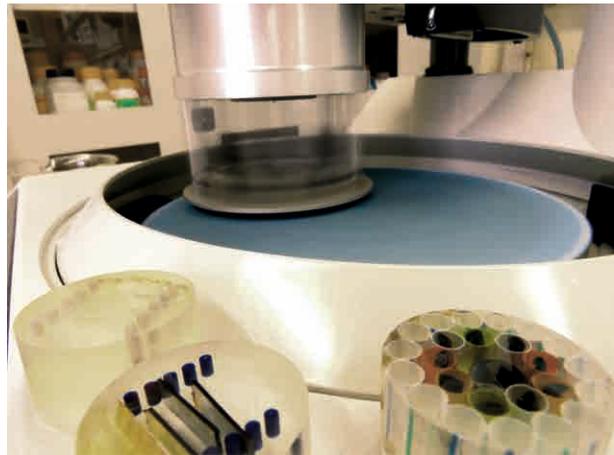
- 3- und 4-Punkt-Biegebeanspruchung an FKV´s
- Kraft-Dehnungsverhalten von Garnen und Rovings unter thermischer Beanspruchung bis 800 °C
- Zyklische Belastungsversuche
- Scherprüfung
- Stempeldurchdruckversuch

Charakterisierung mittels mikroskopischer Verfahren

- Auflicht-, Durchlichtaufnahmen in Hell-, Dunkel- oder Fluoreszenzlicht mittels 6 verschiedenen Objektiven
- Probenpräparation in Schliiffkörpern
- Histologische Probenpräparation
- Faserstoffanalyse

Physiologische Prüfungen an textilen Flächengebilden:

- Bestimmung des Wasserdampf- und Wärmedurchgangswiderstandes
- Wasserdichtheit
- Luftdurchlässigkeit



Materialographische Analyse / Materialographic analysis.

Weitere Prüfeinrichtungen:

- Charpy-Pendelschlagprüfung
- Bestimmung der Feinheit an Fasern, Filamenten und Garnen
- Bestimmung der Biegesteifigkeit nach Cantilever
- Porosität an textilen Flächen
- Scheuer- und Pillbeständigkeit
- Bestimmung Reibkraft von textilen Flächengebilden



Geprüfte Proben mittels Charpy-Pendelschlagwerk / Tested specimens by charpy impact tester



Hochtemperaturprüfstand an Garnen/Rovings / High temperature test stand for yarns/rovings

Ausgewählte Publikationen

Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Scheerer, S.; Michler, H.; Butler, M.; Waldmann, M.; Curbach, M.; Cherif, Ch.; Mechtcherine, V.: Bond modification of carbon rovings through profiling. *Materials* 15(2022)16, 5581, DOI: 10.3390/ma15165581 (online)

Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Cherif, Ch.; Curbach, M.; Mechtcherine, V.: Tetrahedral profiled carbon rovings for concrete reinforcements. *Solid State Phenomena* (2022)333, DOI: 10.4028/p-mcb200, pp. 173-182

Hasan, M. M. B.; Bachor, S.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Low twist hybrid yarns from long recycled carbon fibres for high performance thermoplastic composites. *Materials Science Forum* (2022)1063, DOI: 10.4028/p-42ow79, pp. 147-153

Hasan, M. M. B.; Huynh, T. A. M.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Friction spun yarns with high rCF content for thermoset composites. In: *Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022*, DOI: 10.34658/9788366741751.33, pp. 158-162

Overberg, M.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: CF/AR/Thermoplast-Hybridgarne für anforderungsgerechte thermoplastische Composites. *Technische Textilien* 65(2022)5, S. 246-249

Composite-Labor des ITM – Fachkompetenz zur Realisierung unikatler duro- und thermoplastischer Faserverbundstrukturen im VARI-, RTM- und Thermo-Fließpressverfahren unter einem Dach

Composite laboratory - production of thermoset and thermoplastic fiber composite components with VARI-, RTM- and thermo-flow molding process

- **Verarbeitung kalt- und warmhärtender Epoxidharz-Systeme, fließfähige Polyurethansysteme sowie Silikone im Viskositätsbereich 1 – 3.000 mPa·s** / *Processing of cold- and thermosetting epoxy resin systems, as well as flowable polyurethane systems and silicones (viscosity range 1 - 3,000 mPa·s)*
- **Herstellung duroplastischer Faserkunststoffverbunde mit diversen Verbundbildungsverfahren: Handlaminat, Vacuum-Assisted-Resin-Infusion (VARI), Seaman Composites Resin Infusion Molding Process (SCRIMP), Vacuum-Assisted-Processing (VAP), Resin-Transfer-Molding (RTM)** / *Production of thermoset fiber-reinforced plastic composites using various composite formation processes: Hand lay-up, Vacuum-Assisted Resin Infusion (VARI), Seaman Composites Resin Infusion Molding Process (SCRIMP), Vacuum-Assisted Processing (VAP), Resin Transfer Molding (RTM)*
- **Herstellung thermoplastischer Faserkunststoffverbunde im Thermo-Fließpressverfahren** / *Fabrication of thermoplastic, fiber reinforced composites using thermo-flow molding process*

Technische Ausstattung zur Herstellung duro- und thermoplastischer Faserkunststoffverbunde – Dosieren, Mischen, Infiltrieren und Heißpressen

Die Realisierung duroplastischer und thermoplastischer Faserkunststoffverbunde (FKV), z. B. als glas- (GFK) oder carbonfaserverstärkter Kunststoffe (CFK), für anwendungsnahe Technologiedemonstratoren ist ein wichtiger Bestandteil in der Forschung und Entwicklung von Hochleistungsfaserwerkstoffen und innovativen Preformkonstruktionen. Jedes Forschungsvorhaben im FKV-Bereich setzt einen anderen Fokus und stellt somit andere Anforderungen an das Herstellungsverfahren und das zu realisierende Faserverbundbauteil. Das ITM verfügt dazu über ein modernes Composite-Labor, die dazu erforderlichen technischen Geräte und Anlagen zur Herstellung duro- und thermoplastischer Verbundbauteile im VARI-, SCRIMP-, VAP, RTM- und Heiß-Fließpressverfahren (Abb. 1) sowie Wickelmaschinen zur Herstellung unidirektionaler Textilstrukturen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik der TU Clausthal können Permeabilitätsuntersuchungen bei der Harzinfiltration an textilen Halbzeugen durchgeführt werden. Ziel ist dabei die Bewertung der Infiltrierbarkeit durch die gezielte Steuerung von Fließfrontverläufen mit Hil-

fe spezieller textiler Preforms und die zu erwartende Infusionsdauer.

Unikale Werkzeuge und multifunktionelle VARI- und RTM-Aufbauten

Neben der umfangreichen technischen Ausstattung verfügt das ITM über geschultes Fachpersonal mit langjähriger Berufserfahrung, um herausfordernde Faserverbunde und prototypische Technologiedemonstratoren u. a. aus den ebenfalls am ITM textiltechnisch umgesetzten textilen Verstärkungshalbzeugen ab Losgröße 1 und in größeren Stückzahlen zu fertigen. In der angeschlossenen eigenen Werkstatt werden auch unikale Werkzeuge für RTM- und VARI-Aufbauten effizient und zeitnah fertigungstechnisch umgesetzt, z. B. für Freiformflächen von CFK-Kotflügeln oder GFK-Rotorblätter (Abb. 3) im VARI-Verfahren.

Kompetenzzentrum zur Realisierung aktorisch und sensorisch funktionalisierter FKV-Bauteile

Das ITM verfügt besondere Kompetenzen zur Herstellung komplexer FKV-Strukturen mit integrierten faserförmigen Dehnungssensoren (u. a. DFG-Projekt CH174/40-1, IGF-Projekte 17529BR, 18901BR)



Abb. 1: 2K-Misch- und Dosieranlage Tartler NODOPUR VS für Harzinfusionen im RTM- und VARI-Verfahren (li.) und hydraulische Heißpresse Dr. Collin 300 PV für die Herstellung thermoplastischer FKV (re.) / 2K mixing and metering system Tartler NODOPUR VS for resin infusion in RTM and VARI processes (left) and hydraulic hot press Dr. Collin 300 PV for the production of thermoplastic FRP (right)

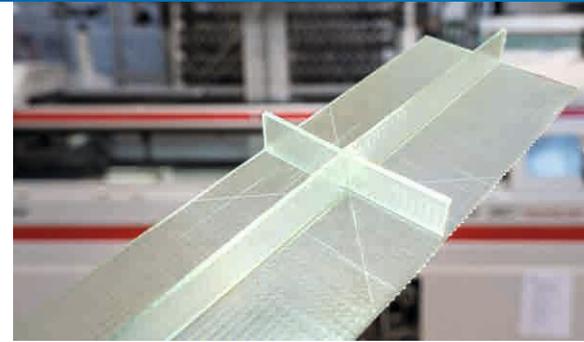
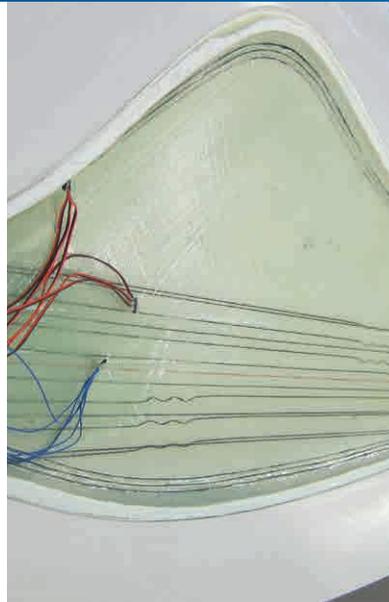


Abb. 3: Monolithisches, in 0° und 90° rippenverstärktes GFK-Bauteil / Monolithic GFRP component reinforced with ribs at 0° and 90°

Abb. 2: Offenes VARI-Werkzeug für Rotorblattschalen in GFK-Bauweise aus gewirkten Verstärkungstextilien mit integrierten resistiven Dehnungssensoren für das Load-Monitoring / Open VARI mold for rotor blade shells in GRP construction made of warp-knitted reinforcement textiles with integrated resistive in-situ strain sensors for load monitoring

bzw. Aktoren (DFG-Projekt CH174/23-1, IGF-Projekte 19832BR, 21969BR). Dabei wurden z. B. ein GFK-Rotorblatt einer Kleinwindkraftanlage (Abb. 2) oder offene U-Profile in CFK-Bauweise mit integrierten resistiven Dehnungssensoren zur In-Situ-Belastungs- bzw. Beanspruchungsmessung erfolgreich umgesetzt. Weiterhin können auch komplexe textile Preformstrukturen, z. B. integral gestrickte Schale-Rippen-Strukturen (IGF-Projekte 18806BR, 20793BR) im Heiß-Fließpressverfahren zu monolithischen, rippenverstärkten FKV-Bauteilen (Abb. 3) verarbeitet werden. Zur Realisierung aktivverformbarer, faserverstärkter Elastomerbauteile wurden Verfahren entwickelt um textile Preformen mit hochviskosen Silikonmatrices zu infiltrieren (DFG Exzellenzcluster GRK2430). Dabei wurde ein kombinierter Prozess aus Silikon-Infiltration und -Gießen entwickelt und angewandt.

Prüfkörperherstellung für standardisierten Prüfverfahren zur mechanischen Kennwertermittlung

Für den Zuschnitt textiler Verstärkungshalbzeuge in kleinen Stückzahlen stehen Zuschnitttische für die manuelle Herstellung von Preformen sowie darüber hinaus eine CNC-gesteuerte Ultraschallschneidanlage GMF CM-10 für höhere Lagenanzahlen bzw. Stückzahlen zur Verfügung. Die Herstellung standardisierter FKV-Prüfkörper für die mechanische Charakterisierung erfolgt einer wassergekühlter Präzisions-Laborsäge. Eine Prüfkörper-Vorschädigung zur Untersuchung der Schadenstoleranz (DIN EN ISO 18352) erfolgt mit Hilfe eines Fallwerk-Prüfstandes. Damit wird die Restdruckfestigkeit derart präparierter FKV-Proben in der Prüfvorrichtung nach ASTM D7136 bzw. DIN 18352 bestimmt.

Technische Ausstattung & Besonderheiten

- Thermoplatenpresse Collin 300 PV: 300 KN Presskraft, max. 450 °C,
- 2K-Misch- und Dosieranlage Tartler NODOPUR VS: für selbstfließende 1K und 2K EP-, PUR-Harze und Silikone zur Harzmischung- und Dosierung für RTM und VARI
- Universal-Trennschleifmaschine Unipreq Woco50
- Wärme- und Umlufttrockenschrank Heraeus UT6060: Trocknung bis 300 °C
- Ultraschallschneidanlage GMF CM-10
- Wickelmaschine IWT FM 122/400: Herstellung von gewickelten UD-Strukturen
- Fallwerk + Compression after Impact (CAI)-Prüfvorrichtung: Fallhöhe 1,5 m, Impakt-Energie 75 J; DIN EN ISO 18352, VPAM KDWI nach ASTM D7136 und DIN 18352
- Drehschieber-Vakuumpumpe Edwards RV12
- Drucktopf Walther Pilot MDG 12 HZM
- Digestorium LAMED NA1800EN: Abzug nach EN 14175-2, mit integriertem Chemikalienschrank

Ausgewählte Publikationen

Abdkader, A.; Hasan, M. M. B.; Bachor, S.; Cherif, Ch.: Mechanical properties of composites manufactured from low twist hybrid yarns made of discontinuous carbon and polyamide 6 fibres. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* (2022), DOI: 10.1177/08927057221137800 (online)

Rabe, D.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.: Recycling of carbon fibres and subsequent upcycling for the production of 3D-CFRP parts. *Materials* 15(2022)14, DOI: 10.3390/ma15145052 (online)

Hasan, M. M. B.; Huynh, T. A. M.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Friction spun yarns with high rCF content for thermoset composites. In: *Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022*, DOI: 10.34658/9788366741751.33, pp. 158- 162

Hellmann, S.; Overberg, M.; Pham, M. Q.; Häntzsche, E.; Gereke, T.; Cherif, Ch.: Flowable 2D textile structures for the production of thermoplastic 3D FRP parts with continuous fiber reinforcement between shell and rib. In: *Proceedings. Autex 2022, Online (Lodz, Poland), June 07-10, 2022*, DOI: 10.34658/9788366741751.112, pp. 528-532

Skalenübergreifende Materialforschung mittels instrumenteller chemisch/physikalischer Analytik

Multi-scale material research using instrumental chemical/physical analysis

- **Thermoanalytische Methoden: thermische Eigenschaften von Hochleistungsfasern, z. B. Carbon, Glas, PET, Aramid /**
Thermal analytical methods: thermal behavior of high-performance fibers, e.g. carbon, glass, PET, aramid

- **Oberflächenanalytik / Surface analysis**
- **Qualitative und quantitative Analytik /**
Qualitative and quantitative analysis
- **Farbmetrik / Colorimetry**
- **Nanoanalytik / Nano analysis**

Die Entwicklung neuer Materialien und Produkte im Rahmen industrienaher Forschung erfordert neben der Lösung der wissenschaftlich/technischen Aufgabenstellungen einen hohen Anspruch an die umfassende qualitäts- und prozesssichernde Analytik. Somit beinhaltet die ganzheitliche Herangehensweise am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik im starken Maß analytische Aufgabenstellungen und Problemlösungen. Schwerpunkte sind:

Thermoanalytische Methoden

- Dynamische Differenzkalorimetrie (DDK) zur Darstellung von temperaturabhängigen Phasenumwandlungen für verschiedenste Materialien und Werkstoffe bis 400 °C
- Thermogravimetrie (TGA) zur Abbildung der thermischen Stabilität textiler und polymerer Materialien bis 1000 °C

Oberflächenanalytik

- Rasterelektronenmikroskopie (REM), inklusive Probenpräparationen, wie Gold-Besputterung
- Infrarotspektroskopische (IR) Untersuchungen zur Aufklärung der physikalisch/chemischen Grenzschichtstruktur
- Kontaktwinkelmessungen an Flächen (bis 400 °C) sowie von Fasern und Pulvern zur Bestimmung des Grenzschichtaktivitätspotenzials; Messungen zur Oberflächenspannung verschiedenster Flüssigkeiten (Plattenmethode)

Qualitative und Quantitative Analytik

- Quantitative Bestimmung von Metallen, Halbmetallen und einigen Nichtmetallen; zum Teil im ppb-Bereich

- Analyse flüssiger und fester Materialien im UV-VIS-Bereich
- FT-IR-Spektrometer Nicolet 6700 mit ATR-Einheit mit Diamant- und Germaniumkristall
- Haake RheoWin /Thermo Scientific Mars II mit Platte / Platte und Kegel / Platte-Messgeometrie auch im Hochtemperaturbereich bis 400 °C
- Q-SUN Xe-2 Xenon-Prüfkammer, Bewitterungs-, Lichtechtheits- und Photostabilität
- Karl Fischer Titrator: SI Analytics TitroLine 7500 KF zur volumetrischen Bestimmung von Wasser in organischen Lösungsmitteln und Lösungen
- MARS 6 iWave Mikrowellen-Aufschluss-System zum Aufschluss von Proben für die Elementaranalyse
- Säure-Base Titrator TitroLine® 7000 SI Analytics z. B. zur Bestimmung des Deacetylierungsgrades von Chitosan

Farbmetrik

- Bestimmung von Farbtönen, -tiefen und -differenzen im CIE L*a*b* Koordinatensystem sowie des Weißgrads
- Bestimmung von Verschmutzungsgraden
- Auswertung von Echtheitsprüfungen

Die detaillierte Oberflächen- und Grenzschichtcharakterisierung textiler Materialien in allen Aufmachungsformen für textile Hochleistungswerkstoffe erfordert eine definierte analytische Vorgehensweise. Hierfür steht am ITM eine instrumentelle Ausstattung in entsprechenden Laboren (Abb. 2) zur Verfügung.

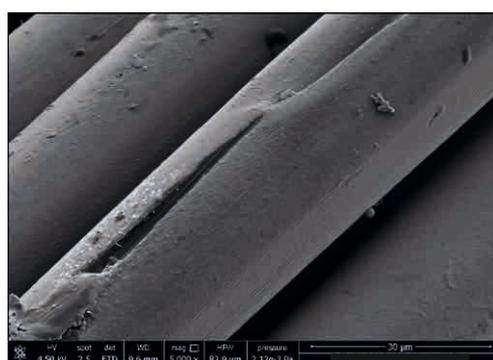


Abb. 1: REM-Aufnahmen eines nassgesponnenen Elastomerfilaments (a) und eines geschädigten Polyamidfilamentgarns (b) / SEM record of a wet spun elastomer filament and a damaged polyamide filament yarn (b)



Abb. 2: Labor der Forschungsgruppe Textilchemie/Textilausrüstung und Polymer- und Fasertechnologie (TCA-PFT) am ITM / Laboratory of the research group TCA/PFT at ITM

Die Messung statischer und dynamischer Kontaktwinkel, Rasterelektronenmikroskopie und Infrarotspektroskopie begleiten jeden Schritt vom Polymer über die Faser bis zum fertigen Bauteil. Dabei dient das hochauflösende Tensiometer K100 und das Kontaktwinkelmessgerät DSA100 zur Bestimmung der Oberflächenaktivität von Fasern und anderer kleindimensionierter Festkörper. Umfangreiche Erfahrungen und Kenntnisse konnten für verschiedenste Fasermaterialien aus Kohlenstoff, Glas, Polyimid (PI), Polyphenylsulfid (PPS), Polyetheretherketon (PEEK), Aramid, Basalt, Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET) sowie weitere synthetische sowie naturstoffbasierte Polyester und aliphatische Polyamide (PA) gewonnen werden. Darüber hinaus sind mit dieser Prüfmethodik Aussagen zur Kompatibilität von Fasern / Flüssigkeitssystemen mittels direkter Messung gestattet, sodass die Wechselwirkungspotenziale von Textilmaterialien / Ausrüstungs- / Behandlungsflotten oder auch Beschichtungsmitteln aufgezeigt werden.

Zur Erfassung der thermischen Eigenschaften und den damit verbundenen Zustandsänderungen polymerer Werkstoffe stehen am Institut die Untersuchungsmethoden der Dynamischen Differenzkalorimetrie (DDK) und der Thermogravimetrie (TGA) zur Verfügung. Mit der DDK lassen sich thermisch verursachte Strukturveränderungen von Stoffen und Stoffgemischen aufklären, sodass deren Glasübergangstemperaturen, Kristallisationsgrade / -verhalten, Spannungszustände, Schmelz-, Vernetzungs- und Zersetzungsgebiete sowie auch die thermische Vorgeschichte polymerer Materialien zu erfassen sind. Es ist hierbei möglich, mittels modulierter Signalverarbeitung reversible und nichtreversible Phasenumwandlungen voneinander getrennt darzustellen. Das Pyrolysewiderstandsvermögen / -verhalten von unterschiedlichsten Textil-, Beschichtungs-, Ausrüstungs- und Matrixmaterialien bis zu einer Temperatur von 1000 °C ist mit der am ITM vorhandenen hochaufgelösten TGA sehr genau zu charakterisieren, so dass hiermit die Untersuchungen der DDK sehr sinnvoll zu ergänzen oder auch davon getrennte Bewertungen zu treffen sind.

Zur Erfassung topographischer Veränderungen, der detaillierten Oberflächen- und Grenzschichtcharakterisierung textiler Materialien steht ein QUANTA FEG 250 zur Verfügung (Abb. 1). Zum Säureaufschluss von verschiedenen Materialien, wie bspw. Glas, Kunststoff und Metall, verfügt das ITM über ein Mikrowellen-Aufschluss-System. Die aufgeschlosse-

nen Proben können nachfolgend mithilfe spektroskopischer Analysetechnik (AAS) quantitativ untersucht werden. Zum Einsatz und zur Verwendung der vorgenannten Thermoanalytik und Rasterelektronenmikroskopie, konnten am Institut weitreichende Erfahrungen und Kenntnisse zur Untersuchung von Faser- und Hochleistungsfasermaterialien, duromeren und thermoplastischen Matrixsystemen, Elastomeren, Beschichtungen und Beschichtungsmitteln, Klebstoffen, technischen und biobasierten Polymeren erworben werden.

Instrumentelle Analytik

- Rasterelektronenmikroskop QUANTA FEG 250
- FT-IR-Spektrometer Nicolet 6700 mit ATR-Einheit
- UV-VIS Specord 50 plus
- Haake RheoWin/Thermo Scientific Mars II
- Kontaktwinkelmessgerät Krüss DSA100 + Heizkammer
- Tensiometer Krüss K100
- Dynamisches Differenzkalorimeter, TA Instruments, DSC Q2000
- Thermogravimetrie, TA Instruments, TGA Q500
- Atomabsorptionsspektrometer, Analytik Jena ZENit 700
- Farbmeter, ACS, Chromasensor, C-5
- Lichtmikroskop, Olympus Bx40
- Xenotester, Q-SUN Xe-2 Xenon-Prüfkammer
- Karl Fischer Titrator, SI Analytics TitroLine 7500 KF
- Mikrowellen-Aufschluss-System, CEM Corporation, MARS 6 iWave
- Säure-Base Titrator TitroLine® 7000 SI Analytics
- Farbmusterkabine CAC 60



Ebenfalls besteht die Möglichkeit über das Dresden Center for Nanoanalysis (DCN) als zentrale Einrichtung der TU Dresden auf modernste Nanoanalytik zurückzugreifen, wie Transmissionselektronenmikroskopie, Röntgenmikroskopie und akustische Rasterkraftmikroskope.

<https://cfaed.tu-dresden.de/dcn>

Ausgewählte Publikationen

Kuznik, I.; Kruppke, I.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: *Neuartige Biopolymerfasern. Technik in Bayern* (2022)06, S. 14-15

Frankenbach, L. A.; Lukoschek, S.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.: *Melt-spun man-made fiber with scalable nano-, submicro- and microstructured surfaces. In: Proceedings. 61. Dornbirn-GFC 2022, (Dornbirn, Österreich), 14.-16. September 2022*

Kuznik, I.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.: *Process development of a wet-spinning procedure for pure chitosan filament yarns using ionic liquids. In: Proceedings. XXVII Conference of Polish Chitin Society „New aspects on chemistry and application of chitin and its derivatives“, Posen (Poland), September 21-23, 2022*

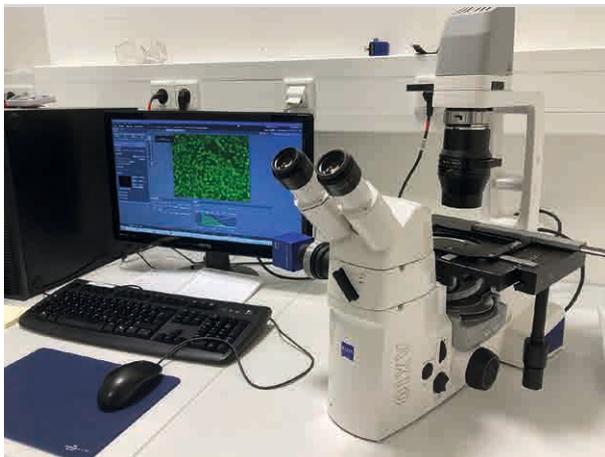
Zellbiologielabor: Untersuchung zellbiologischer Aspekte der Zellbesiedlung, -proliferation und -differenzierung im Kontakt mit textilen Medizinprodukten und Zellträgerstrukturen für die regenerative Medizin

Cell biology laboratory: Evaluation of cellbiological aspects of colonization, proliferation and differentiation of cells after contact with textile medical devices and scaffolds for regenerative medicine

- **Besiedlung textiler dreidimensionaler Zellträgerstrukturen** / *Cell colonization of textile scaffolds*
- **Beurteilung der Zellschädigung aufgrund morphologischer Veränderungen** / *Assessment of cell damage due to morphological changes*
- **Messung der Zellschädigung und des Zellwachstums** / *Quantification of cell damage and cell growth*
- **Messungen spezifischer Aspekte des Zellstoffwechsels** / *Quantification of specific aspects of cell metabolism*

Bereits seit mehreren Jahren wird am ITM zusammen mit Kooperationspartnern erfolgreich an der Entwicklung individueller, faserbasierter, dreidimensionaler Implantate für den Einsatz als Medizinprodukt oder als Zellträgerstruktur (Scaffold) im Tissue Engineering geforscht. Anfang 2015 wurde am ITM ein voll funktionstüchtiges Zellbiologielabor neu eingerichtet. Ziel war es, neben den am Institut bereits vorhandenen Test- und Prüftechni-

ken für die physikalische und chemische Charakterisierung textiler Hochleistungswerkstoffe auch die Möglichkeit der biologischen Charakterisierung dieser Werkstoffe zu etablieren. Gerade im Bereich der Entwicklung neuartiger innovativer Bio- und Medizintextilien ist die biologische Charakterisierung ein wichtiges Werkzeug zur Abschätzung möglicher biologischer und medizinischer Risiken bei einem späteren klinischen Einsatz der textilen Medizinprodukte.



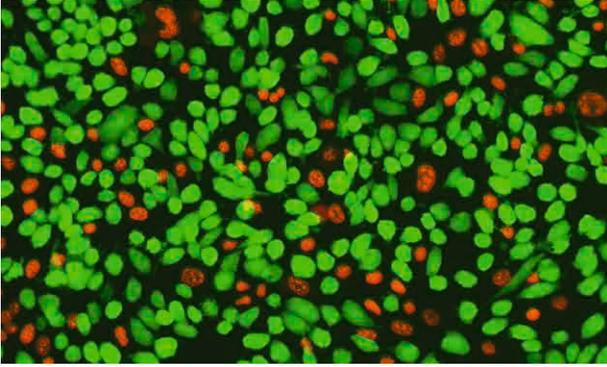
Inverses Fluoreszenzmikroskop AxioVert A1 / *Inverted fluorescence microscope*



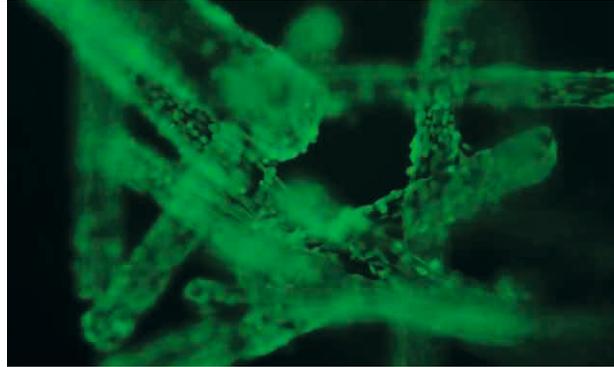
Sicherheitswerkbank für die Durchführung steriler Zellkulturexperimente / *Biological safety cabinet for sterile handling of cell cultures*



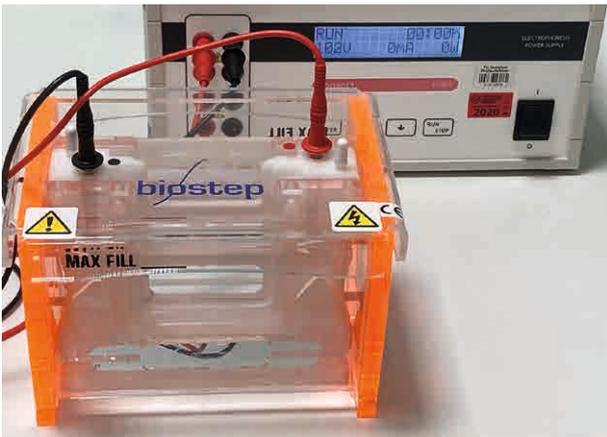
Zellbiologielabor des ITM im Reinraum Klasse 7 bzw. EG-GMP Klasse B / *Cell biology laboratory of the ITM within a cleanroom environment class 7 (EG-GMP class B)*



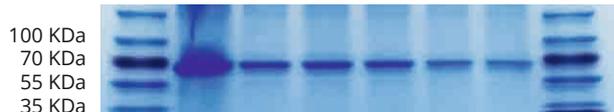
Lebend-Tot-Färbung an Maus Fibroblasten im Rahmen der Prüfung auf In-vitro-Zytotoxizität gemäß DIN ISO 10993-5 / *Live dead staining of mouse fibroblasts in the context of cytotoxicity testing according DIN ISO 10993-5*



Lebend-Tot-Färbung von Zellen nach Kultivierung auf 3D Net-Shape-Nonwoven Zellträgerstrukturen aus Seidenfasern / *Live dead staining of cells after cultivation on 3D NSN scaffolds from silk fibers*



Gelelektrophoretische Auftrennung von BSA funktionalisierten Chitosan Nanofasern / *Electrophoretic separation of BSA functionalized chitosan nanofibers*



Qualitativer Nachweis von BSA (66 KDa) in BSA-funktionalisierten Chitosan Nanofasern nach Elektrophorese / *Qualitative detection of BSA (66 KDa) in chitosan nanofibers functionalized with BSA after electrophoresis*

Aus diesem Grund wurde die apparative Ausstattung angeschafft, die für die Durchführung der biologischen Beurteilung von Medizinprodukten (Prüfung auf In-vitro-Zytotoxizität gemäß DIN ISO 10993-5) notwendig sind.

Die Einrichtung des Zellbiologielabors stellt eine Erweiterung des Methodenspektrums des ITM dar, die es ermöglicht, projektbegleitende Untersuchungen von Polymerproben, Filamenten und textilen

Funktionsmustern bezüglich ihrer Eignung als Produkt für biomedizinische Anwendung durchzuführen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die Untersuchungen unter Reinraumbedingungen (Klasse 7 gemäß ISO 14644-1 bzw. Klasse B gemäß EG-GMP operationell) durchzuführen.

Neben den zellbiologischen Methodiken stehen im Zellbiologielabor verschiedene proteinbiochemische Untersuchungsmöglichkeiten zur Verfügung, mit deren Hilfe der qualitative und quantitative Nachweis von Proteinen möglich ist. So wurden mit bovinem Rinderalbumin (BSA) funktionalisierte, elektrogesponnene Nanofasern aus Chitosan gelelektrophoretisch aufgetrennt und das BSA als Proteinanteil durch Färbung nachgewiesen.

Technische Ausstattung

- Sicherheitswerkbank Klasse 2 Labguard Nu-437-500E (NuAire)
- CO₂ Inkubator (Binder)
- Inverses Fluoreszenzmikroskop AxioVert A1 (Zeiss)
- Mikrotiterplattenphotometer Multiskan FC (Thermo Scientific)
- Kühlzentrifuge 320R (Hettich)
- pH Messgerät Seven Compact S220 (Mettler Toledo)
- Elektrophorese Kammern für die Proteinanalytik (biostep)
- Netzgerät 600V, 1000 mA, 300 W (Consort EV261)

Ausgewählte Publikationen

Croft, A. S.; Spessot, E.; Bhattacharjee, P.; Yang, Y.; Motta, A.; Wöltje, M.; Gantenbein, B.: *Biomedical applications of silk and its role for intervertebral disc repair. JOR Spine (2022), DOI: 10.1002/jsp2.1225 (online)*

Lang, T.; Nuß, D.; Gereke, T.; Hoffmann, G.; Wöltje, M.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: *Simulation-based development of gradient woven fabrics for biomimetic implants to restore tendons and ligaments. Textiles 2(2022)2, DOI: 10.3390/textiles2020019, pp. 336-348*

Wöltje, M.; Nuss, D.; Hoffmann, G.; Lang, T. G.; Gereke, T.; Cherif, Ch.; Aibibu, D.; Vater, C.; Gelinsky, M.: *Neuartige gewebte biomimetische Implantate bei Sehnen- und Bänderdefekten / Novel woven biomimetic implants for tendon and ligament defects. Technische Textilien/Technical Textiles 65(2022)1, S. 18-21, pp. E19-E22*

LEHRE

- **Aktuelles zum Sommersemester 2022 und zum Wintersemester 2022/23**

Mit dem Wegfall der größten Einschränkungen an der TU Dresden, die durch die Corona-Pandemie hervorgerufen wurden, näherten sich die Lehraktivitäten am ITM in den letzten beiden Semestern wieder dem Normalzustand an. Der positive Nutzen der in den letzten zwei Jahren eingeführten technischen Voraussetzungen für stabil funktionierende Online- bzw. hybride Lehrveranstaltungen hat unseren Dozentinnen und Dozenten die Flexibilität gegeben auch auf kurzfristige krankheitsbedingte Ausfälle ihrerseits oder von den Studierenden direkt und qualitativ hochwertig reagieren zu können.

Wenn auch die digitale Lehre nach wie vor kein adäquater Ersatz für eine universitäre Ausbildung in Präsenz ist, zeigten die Rückmeldungen der Studierenden, dass mit den neuen zur Verfügung stehenden Mitteln viele ausgezeichnete Möglichkeiten bestehen, Wissen auf hohem Niveau zu vermitteln.

Im Wintersemester 2022/23 haben insgesamt 171 Studierende Lehrveranstaltungen auf dem Gebiet der Textil- und Konfektionstechnik belegt. Davon konnten wir in der Studienrichtung Verarbeitungsmaschinen- und Textilmaschinenbau des Diplom-Studiengangs Maschinenbau bzw. im Master-Studiengang Textil- und Konfektionstechnik 25 neue Studentinnen und Studenten begrüßen. Hinzu kommen insgesamt 62 Studierende höherer Semester,

40 Studierende des Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen in der Vertiefung Textilmaschinen- und Hochleistungswerkstofftechnik, 38 Leichtbaustudierende sowie 34 Studierende aus anderen Studienrichtungen.

Unsere im Sommersemester 2022 angebotene Lehrveranstaltung „Textile Halbzeuge und Verfahren“ wurde von 44 Studierenden der Vertiefungsrichtung Leichtbau belegt. Außerdem konnten wir in der mittlerweile etablierten und bei den Studierenden beliebten Lehrveranstaltung „Textilverstärkte Hochleistungswerkstoffe für Hightech- und Biomedizinanwendungen“ mit 39 Studierenden im Grundstudium Maschinenbau, Grundstudium Wirtschaftsingenieurwesen sowie von Studentinnen und Studenten im studium generale eine große Resonanz verzeichnen.

Seit dem Wintersemester 2021/22 hält **Frau Dr. Illing-Günther vom Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)** als externe Dozentin die Vorlesungen für das Fach Textilrecycling. Wir danken ihr ganz herzlich für die Unterstützung bei der Ausbildung unserer Studierenden.

Auch im Sommersemester 2022 konnten wir externe Dozierende für einzelne Vorlesungen in den Veranstaltungsreihen „Praxis Maschinenbau – Wohin nach dem Studium“ und „Wissenschaftlich-methodisches und Expertenseminar“ gewinnen.



Studieren am ITM!

Blicke mit uns in die Zukunft industrieller Technologien.



Weltweit führendes Institut im Bereich Textilmaschinenforschung

VDMA- & Deutschlandstipendien

1A Industriekontakte weltweit

Sehr gutes Betreuungsverhältnis (1:1)

Moderner Maschinenpark

ITM LEADING IN FIBRE & TEXTILE TECHNOLOGY
Forschungsinstitut der Exzellenzuniversität

So hielten unter anderem in der Vorlesungsreihe Praxis Maschinenbau Herr **Budillon**, **ADMEDES GmbH**; Herr **Dr. Harmeling**, **Karl Mayer Stoll R&D GmbH**; Herr **Hindahl**, **SAERTEX GmbH** und Herr **Dr. Minsch**, **Mercedes Benz AG** und **Herr Müller-Probandt**, **DIENES Apparatebau GmbH** spannende Vorträge aus den Bereichen Textiltechnik, Faserverbundtechnik und Medizintechnik – Anwendungsbereiche und Möglichkeiten für Absolvent:innen in der Industrie.

Im Expertenseminar konnten wir **Herrn Dr. Kersten**, **Institut für Berufspädagogik, TU Dresden** als Dozenten gewinnen, er referierte für unsere Masterstudierenden zum Thema „Soziale Kompetenz in der Ingenieur Tätigkeit“. **Herr Prof. Hes von der Universität Liberec** hielt einen Vortrag zum Thema „Comfort Textiles“. **Frau Dr. Herr**, **Umweltkoordinatorin TU Dresden**, stellte die Umweltmanagementsysteme in Organisationen am Beispiel der TU Dresden den Studierenden vor.

Insgesamt wurden durch das Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) 44 Abschlussarbeiten im Jahr 2022 betreut und erfolgreich verteidigt.

Im Studienjahr 2022/23 waren über 350 Studierende am ITM eingeschrieben, dabei lag der Anteil an ausländischen Studentinnen und Studenten bei ca. 5 %.

• Stipendien für Studierende des ITM

Deutschlandstipendium

Das Deutschlandstipendium unterstützt besonders talentierte und engagierte Studierende mit 300 EUR pro Monat für ein Studienjahr, davon werden 50 % durch das BMBF übernommen. Der verbleibende Betrag wird von privaten Geldgebern (zum Beispiel Unternehmen, Stiftungen, Vereine, Alumni oder Privatpersonen) finanziert.

Die Förderzusagen, vor allem durch Industrievertreter der Textilbranche, machen das Textiltechnikstudium für Studentinnen und Studenten noch attraktiver. Dadurch können wir leistungsstarke Studierende der TU Dresden für uns gewinnen, sodass auch künftig sehr gute Textilmaschinenbauingenieure an unserem Institut für die deutsche Textil- und Textilmaschinenbauindustrie ausgebildet werden.

Im Jahr 2022 wurden 6 Stipendien an Studierende des ITM vergeben, die fachgebunden unter anderem dankenswerterweise von folgenden Firmen und Personen unterstützt werden:

- **Valmiera Glass Gruppe**
- **Saertex GmbH & Co. KG**
- **Rieter Ingolstadt GmbH (2)**
- **DIENES Apparatebau GmbH**
- **Dr. Mohammad Kamruzzaman**



Besonders hervorzuheben ist das stetige Engagement unseres ehemaligen Studenten und Promovenden **Herrn Dr. Mohammad Kamruzzaman**, der als ALUMNI der TUD sowie internationaler Regionalbotschafter der TU Dresden bereits seit mehreren Jahren für das Deutschlandstipendium spendet.

DAAD-Stipendium

Durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) erfolgt im Rahmen des Programms „Development-Related Postgraduate Courses – Education Professionals for Sustainable Development“ jährlich die Vergabe von Vollstipendien für 24 Monate. Des Weiteren wird ein 6-monatiger Deutschkurs vor Studienbeginn finanziert.



Deutscher Akademischer Austauschdienst
German Academic Exchange Service

Mit diesem DAAD-Programm werden derzeit Studierende aus Entwicklungsländern in 42 deutsch- und englischsprachigen Studiengängen deutschlandweit unterstützt.

Für den Kurs 2020 bis 2022 konnten drei Stipendien für zwei Stipendiaten aus Bangladesch sowie einen Stipendiaten aus Mexiko vergeben werden.

Für den Jahrgang 2021 bis 2023 wurden vier Stipendien bereitgestellt. Die Studierenden stammen aus Ägypten, Iran, Jordanien und Vietnam.

Auch für den Semesterstart im Oktober 2022 fand bereits die Auswahlrunde statt und wir freuen uns, drei weitere DAAD-Stipendiaten aus Syrien, Marokko und Bangladesch am ITM begrüßen zu dürfen. Momentan absolvieren die Kandidaten einen Intensiv-Deutschkurs.

Das ITM bedankt sich im Namen aller Stipendiaten bei den Firmen und Privatpersonen, die die Deutschlandstipendien anteilig fördern sowie beim DAAD für die jährliche Vergabe von Stipendien an engagierte und leistungsstarke deutsche Studierende bzw. an hervorragende internationale Studienbewerber.

- **Beteiligung am Studiengang „European Master in Advanced Textile Engineering“ (E-Team)**

Im Rahmen des Kurses European Masters in Advanced Textile Engineering (E-TEAM) hielten Frau Dr. Sennwald (Technical Textile Manufacturing Technology) und Herr Prof. Kyosev (Computation Science and Engineering Principles) jeweils einwöchige Vorlesungen. Frau Dr. Sennwald hielt ihre Lehrveranstaltung online für die Högskolan i Borås (Schweden) und für das KIT Japan und Herr Prof. Kyosev dozierte im digitalen Raum für die WE-TEAM-Masterstudierenden.

- **Studienwerbung**

Zahlreiche Aktivitäten im Bereich der Studienwerbung führten erfreulicherweise zu einer zunehmenden Zahl an Neueinschreibungen zum Wintersemester 2022/23. In mehreren Informationsveranstaltungen für Studierende im Grundstudium Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen sowie an den deutschen Hochschulen für angewandte Wissenschaften, z. B. im Rahmen der GoTex der Hochschule Reutlingen vom 17.-18. Mai 2022, wurde intensiv für die Vertiefung Textilmaschinenbau und den Standort Dresden geworben.



So fand beispielsweise die zweigeteilte Studienrichtungsvorstellung am 14. April 2022 und am 07. Juli 2022 in Präsenz im Lichtenheldt-Hörsaal der TU Dresden statt. Ebenso wurden der Unitag am 21. Mai 2022 sowie der Vertiefungsstammtisch am 30. Juni 2022 wieder in Präsenz durchgeführt, was zu einem großen Studierenden-Ansturm führte. Der gesamte Zeitraum von 17:00 Uhr bis 19:30 Uhr war durch intensive Gespräche mit interessierten Studierenden geprägt, die sich in hohem Maße um die ausgestellten Muster, die textilen Anwendungen sowie die Studieninhalte drehten. Das sehr gute Feedback an Neueinschreibungen zum Wintersemester 2022/23 zeigt, dass die durchgeführten Veranstaltungen als sehr gelungen bezeichnet werden können.



- **Studentische Jahresexkursion zur TEXPROCESS und TEHTEXTIL 2022**

Eine weitere sehr erfolgreiche Werbeveranstaltung war die Studierendenexkursion zur Tectextil/TEXPROCESS nach Frankfurt/Main vom 21.-24.06.2022. Dort wurden insgesamt 44 Teilnehmende aus den Vertiefungsrichtungen Diplom Verarbeitungs- und Textilmaschinenbau, Master Textil- und Konfektionstechnik, Wirtschaftsingenieurwesen, Luft- und Raumfahrt sowie Produktionstechnik über die neuesten Entwicklungen im Bereich Technische Textilien informiert und für Belegarbeiten in Unternehmen aus dem Textilbereich begeistert.



Auch im Berichtsjahr 2022 hat das ITM für die Studierenden der Studiengänge mit textilem Inhalt eine Exkursion organisiert und durchgeführt. Es wurde, mit finanzieller Unterstützung des Freundes- und Förderkreises des ITM, der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden, sowie der Walter Reiners-Stiftung des VDMA, Fachverband Textilmaschinen die Internationale Leitmesse für Technische Textilien und Vliesstoffe (Tectextil) und die internationale Leitmesse für die Bekleidungs- und textilverarbeitende Industrie (TEXPROCESS) in Frankfurt/Main, ein Highlight im Kalender der deutschen Textilmaschinenbauunternehmen und Textilhersteller, besucht. Dafür hat das ITM für insgesamt 44 Studierende die An- und Abreise, den Besuch der Messe sowie ein abwechslungsreiches Rahmenprogramm mit folgenden Firmenbesuchen organisiert:

- **Dilo Group**
- **Groz-Beckert KG**
- **KARL MAYER STOLL Textilmaschinenfabrik GmbH**
- **Lindauer DORNIER GmbH**
- **MAGEBA International GmbH**
- **Saurer AG**
- **Sandler AG**
- **Textechno H. Stein GmbH & Co. KG**
- **Trützschler GmbH & Co. KG**
- **Bullmer GmbH**

- **Dürkopp-Adler GmbH**
- **Gütermann GmbH**
- **NUCLEUS Ultraschall GmbH**
- **VETRON TYPICAL Europe GmbH**

In den nachfolgenden Ausführungen werden ausgewählte Highlights zu den Firmenbesuchen auf den Messen Tectextil und TEXPROCESS zusammengefasst, die den Studierenden des ITM mit viel Engagement sehr anschaulich präsentiert worden sind.

Dilo Group

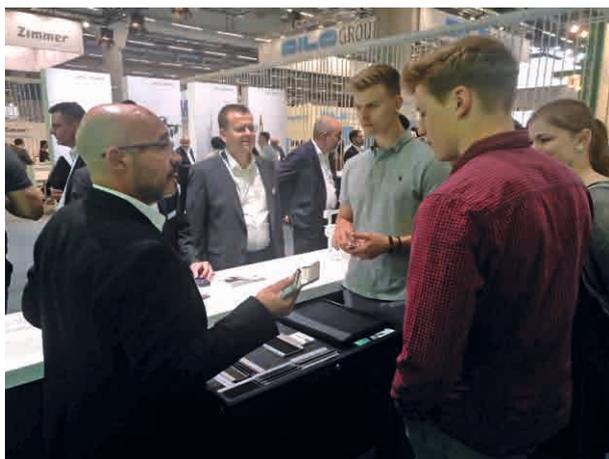
Die Dilo Group wurde 1902 von Oskar Dilo in Eberbach gegründet und ist mittlerweile in der dritten Generation Weltmarktführer für Gesamtanlagen zur Vliesstoffherstellung mit einem Umsatz von 100 Millionen €/Jahr. Mit 450 Mitarbeitenden werden die Anlagen konstruiert, produziert und in über 50 Länder weltweit exportiert. Die Dilo Group hat eine Niederlassung in Shanghai, eine Verkaufs- und Service-niederlassung in Indien sowie Repräsentanzen in Moskau und Istanbul. Auf dem Nordamerikanischen Markt werden sie von Dilo Inc. vertreten.

Auf der Tectextil werden die Maschinen und Anlagen auf Präsentationssäulen vorgestellt. Anhand von Kurzfilmen werden so die Vorgehensweisen und Besonderheiten der Dilo Maschinen ergänzend zu den Lehrveranstaltungen am ITM veranschaulicht. Verschiedene Krempelsysteme, Vliesstrecken und Nadelmaschinen wie die Hyperpunch-Nadelmaschine und Cylopunch werden erklärt. Die auf den Dilo Maschinen hergestellten Vliesstoffe finden unter anderem Anwendung in Bereichen der technischen, Automobil- oder Hygiene- und Medizinvliesstoffe.

Nach der Vorstellung des Unternehmens, den Aufgabenbereichen und Maschinen sowie Endprodukten folgt die herzliche Einladung, bei Interesse jederzeit für ein persönliches Gespräch vorbeizukommen oder bspw. per Mail in Kontakt zu treten. Auch die Möglichkeiten, evtl. ein passendes Praktikum oder Thema für Abschlussarbeiten im Unternehmen zu finden, wird ausgesprochen.

Groz-Beckert KG

Die Groz-Beckert KG ist ein Unternehmen welches 1937 durch die Fusion der Firmen „Ernst Beckert“ und „Groz & Söhne“ entstand. Dies war die Grundlage für die Entstehung des heutigen Weltmarktführers für die Entwicklung und Herstellung von industriellen Nadeln, beispielsweise für Web-, Strick-, Wirk-, Näh- und Tuftingmaschinen, Präzisionsteilen und Feinwerkzeugen sowie Sonderkomponenten. Die Aufzählung der verschiedenen Komponenten zeigt, dass die Firma Groz-Beckert KG innerhalb der Textilien Wertschöpfungskette überall beteiligt ist und dementsprechend über ein umfangreiches Know-how verfügt.



Dieses Know-how wurde den Studierenden des ITM in großen Umfang durch unterschiedliche Mitarbeiter mit großer Freude und Faszination präsentiert. Es wurden zum Beispiel Webblätter vorgestellt, welche nach Kundenwunsch angefertigt werden, da es eine sehr große Bandbreite an Anforderungen gibt. Zusätzlich wurde auf dem Messestand ein Überblick über Nadeln für die unterschiedlichsten Anwendungen, Präzisionsteile für die Filzherstellung und ein virtueller Rundgang über die Produktionsstraße gegeben.

Dafür gab es eine Vielzahl an digitalen Präsentationen, in Form von Tablets, auf denen jeder Verarbeitungsprozess, an dem die Firma Groz-Beckert KG beteiligt ist, anschaulich vorgestellt wurde. Somit konnten auch die letzten offenen Verständnisfragen aus dem Studium beantwortet werden. Es wurden damit kleine Animationen zum Thema Produktion, Einsatz der Webblätter und Ausschuchen von Nadeln gegeben. Mit der entwickelten Software ist es möglich eine Nähmaschine zu scannen und, je nach Verwendungszweck, die passenden Nadeln vollautomatisiert zu ermitteln. Somit wird vielen Kunden das Ausschuchen und Finden des richtigen Produktes erleichtert. Bei über 3000 verschiedenen Nadelarten und -geometrien ist dieses Tool eine deutliche Hilfe. Auch hier wurden gleich viele nützliche Informationen für den Kunden gegeben und auch die Studierenden konnten mit den ganzen Optionen etwas experimentieren.

KARL MAYER STOLL Textilmaschinenfabrik GmbH

Die Karl Mayer STOLL Textilmaschinenfabrik GmbH (KARL MAYER STOLL) ist ein deutsches Familienunternehmen mit mehr als 3.100 Beschäftigten. Niederlassungen sind in den USA, England, Indien, Italien, Hongkong, Japan, China, Bangladesch und der Schweiz sowie Vertretungen in allen Teilen der Welt zu finden. Gegründet wurde KARL MAYER 1937 und ist seitdem finanziell unabhängig. Die Kernkompetenzen des Unternehmens sind Lösungen zur Maschenbildung (Wirken und Stricken) sowie die Bereiche Technische Textilien, Kettvorbereitung Weberei und Digitalisierung.

Seit dem 01. Juli 2020 gehört die Firma STOLL mit Sitz in Reutlingen zur KARL MAYER STOLL und wird als eigenständige Marke weitergeführt. STOLL bietet ein breites Lösungsportfolio in der Flachstrickerei an. Ein weiterer Teil der KARL MAYER STOLL ist das Software-Start-Up KM.ON mit Sitz in Frankfurt am Main. Ziel der Gesellschaft ist es, neue digitale Lösungen mit wahrnehmbarem Mehrwert für die Kunden zu entwickeln. Das Unternehmen beschäftigt ein Team aus Softwarespezialisten und Technologieexperten.



Der Messestand von KARL MAYER STOLL auf der Tectextil ist durch ein breites Spektrum an innovativer Ausstellungsbereiche positiv aufgefallen. Zum einen wurde ein Snowboard gezeigt, das aus Composites gefertigt wurde. Besonders innovativ daran war, dass KARL MAYER STOLL die Composites aus Flachfasern fertigte und damit einen nachwachsenden Rohstoff einsetzte. Zum anderen wurde ein dreidimensionales Gewirke ausgestellt, dessen Oberfläche gepolsterte Stellen aufwies. Innovativ war hier, dass die Polsterung nicht durch Vliesstoffe, sondern durch spezielle, durchlaufende Fasern ermöglicht wurde. Diese bilden sich an Stellen, an denen sie nicht im Gestrick mit eingebunden sind, zu einer bauchigen Struktur aus und können das Gewirke damit partiell unterfüttern. Der Vorteil ist hier, dass sich keine Einzelfasern mehr aus der Unterfütterung rauslösen und in die Umwelt gelangen können, wie es bei Vliesstoffunterfütterungen der Fall ist.

Des Weiteren wurde ein textiler Sensor ausgestellt. Dieser wurde mit einem leitfähigen Garn zu einem Flächengebilde verarbeitet und funktioniert, sofern eine Stromquelle angeschlossen ist, berührungslos. Diese Technologie eröffnet ein weites Anwendungsspektrum, beispielsweise als Schalter im Fahrzeuginnenraum.

Lindauer DORNIER GmbH

Die Lindauer DORNIER GmbH ist ein deutsches Familienunternehmen mit Sitz in Lindau am Bodensee, das 1950 von Peter Dornier gegründet wurde und bis 1985 Teil des Dornier-Konzerns war. Es ist heute ein eigenständiges Unternehmen unter der Leitung von Peter D. Dornier und gehört mit den Produktlinien Webmaschinen, Sondermaschinen und Composite Systems weltweit zu den Technologieführern im Bereich Textil und Folie.



Dornier präsentierte sich auf der Techtex 2022 den Studierenden des ITM auf einem sehr repräsentativen Stand. Empfangen wurden die Studierenden von zwei langjährigen Mitarbeitern, die ihre Expertise und Erfahrungen in einem langen, angeregten und sehr informativen Gespräch übermittelten. Im Vordergrund der aktuellen technischen Entwicklungen stand die Dornier Greiferwebmaschine P2 als Weiterentwicklung der P1 und deren technische Neuerungen, wie beispielsweise das modulare Baukonzept oder die aus Faserkunststoffverbund bestehenden Greiferelemente. Auch das Angebot eines weiteren Termins an der Messe, bei dem Einblicke in den Entwicklungsalltag ermöglicht wurden, nahmen die Studierenden gerne an. Die Mitarbeiter von Dornier vermittelten uns in persönlichen Gesprächen das Gefühl, dass die Firma aufgrund ihrer langen Geschichte und Tradition weit vorn im Geschehen der Neuentwicklungen tätig ist. Die Firma Lindauer DORNIER GmbH inklusive ihrer Mitarbeiter präsentiert sich als äußerst attraktiver und sympathischer Arbeitgeber.

Dürkopp-Adler GmbH

Die Dürkopp Adler GmbH ist ein Konzern bestehend aus mehreren Unternehmen, zu denen u. a. die Dürkopp Adler GmbH und die Firma Pfaff gehören, welche wir auf der Messe besucht haben.

Es begann mit der Gründung der Firma Dürkopp & Schmidt in Bielefeld im Jahr 1867. Nach der Fusion mit der Kochs Adler AG wird der Firmenzusammenschluss ab 1990 Dürkopp Adler AG genannt. Im Jahr 2015 wurde die Dürkopp Adler AG u. a. mit Pfaff Industrial in der Dürkopp Adler Group vereinigt. Der Sitz ist weiterhin Bielefeld. In der DA Group arbeiten insgesamt 1.500 Mitarbeiter für die Entwicklung und Produktion von Konfektionierungsmaschinen insb. Nähmaschinen. Heute ist die Firma ein renommierter internationaler Hersteller von Industrie-Nähmaschinen und konzentriert sich hauptsächlich auf spezielle Aufgabenstellungen in der Nähtechnik. Aktuelle Neuentwicklungen, die im Rahmen der TEXPROCESS vorgestellt wurden, sind auf Automatisierung bzw. einfache Bedienung von Produktionsschritten ausgerichtet. Dabei spielt sowohl die Reproduzierbarkeit der Nähte als auch eine hohe Qualität dieser eine essentielle Rolle.



Auf dem Messestand wurden Maschinen aus nahezu allen Firmenbereichen ausgestellt und deren Funktionsweise anhand von Produktionsbeispielen erläutert.

Am beeindruckendsten war eine Maschine zum Einnähen von Paspeltaschen, bei der anhand von Schablonen und einer hohen Automatisierung, so wie dem Kombinieren von mehreren Prozessschritten,

die Taktzeit des Einnähens von über 10 Minuten auf ca. 5 Sekunden gesenkt werden konnte. Auch ein Nähroboter erweckte großes Interesse, der für den Einsatz in der Automobilindustrie konzipiert wurde. Erstaunlich war ebenfalls der große Digitalisierungs-Fortschritt, in Form von Tablets/Bildschirmen an den jeweiligen Maschinen, die dem Bediener Produktionshinweise anzeigen und somit die Produktion erleichtern und flexibler gestaltet.

Die Führung über den Messestand war sehr informativ und wurde durch eine engagierte Betreuung sehr angenehm gestaltet.

VETRON TYPICAL Europe GmbH

Vetron TYPICAL Europe GmbH ist eine Firma aus Kaiserslautern, welche auf der Messe eine Vielzahl an Nähmaschinen, Heißluft-Schweißmaschinen und Ultraschall-Schweißmaschinen ausstellte.



Hierbei präsentierten sie unterschiedliche Modelle wie beispielsweise Flachbett-Nähmaschinen, Säulen-Nähmaschinen und Freiarm-Nähmaschinen. Dabei war ein bedeutendes Merkmal, dass ihre Maschinen computergesteuert sind. Man konnte alle Geräte über Touch-Displays bedienen und verschiedene vorgefertigte Programme auf die jeweiligen Maschinen laden. Des Weiteren wurde uns die Möglichkeit der automatischen Nahtüberwachung für die Qualitätssicherung präsentiert.

Diese ist beispielsweise bei der Herstellung von sicherheitsrelevanten Anwendungen wie Airbags hilfreich. Außerdem ermöglicht die Firma eine individuelle Anpassung ihrer Maschinen an ihre Kunden und somit eine Prozessoptimierung. Mit dem zugehörigen Cloud-System ist es möglich, die Prozesse genau auf jede Maschine abzustimmen und so Änderungen und Neuerungen schneller und ohne großen Aufwand zur Produktion zu übertragen. Die Vetron TYPICAL Europe GmbH positioniert sich somit als einer der Pioniere der Industrie 4.0.

Auch im Bereich der Prozessautomatisierung konnte sich Vetron mittels einer Nähanlage, die ohne menschliche Bediener vollautomatisiert funktioniert, präsentieren. Dabei handelte es sich um eine frei programmierbare CNC Anlage. Am Stand von Vetron wurden wir sehr freundlich empfangen und haben

viele interessante Informationen, die auf unseren Lerninhalten am ITM aufsetzen, erhalten.

Saurer AG

Die Saurer AG wurde 1853 gegründet. Sie hat vier Tochtergesellschaften, darunter Saurer Technologies GmbH & Co. KG, Twisting Solutions (mit Sitz in Kempten, Deutschland und Krefeld, Deutschland) und Saurer Spinning Solutions GmbH & Co. KG (mit Sitz in Übach-Palenberg, Deutschland und Fellbach, Deutschland). Bei der Saurer AG handelt es sich um eine große Unternehmensgruppe, die sich auf Maschinen und Komponenten für die Garnherstellung konzentriert. An den genannten Standorten in Deutschland sind insgesamt rund 1.200 Mitarbeiter beschäftigt. Saurer Technologies ist spezialisiert auf intelligente und wirtschaftliche Zwirn- und Kabliermaschinen für Reifencord, Teppich-, Stapelfaser-, Glasfilament- und technische Garne. Saurer Technologies verfügt über automatisierte Faserspinn- und Wickelmaschinen und bietet auch automatisierte Filament- und Glasprozesse an. In den letzten Jahren haben sie die Textiltechnik durch Innovationen in den Bereichen intelligente Lösungen, Automatisierung, Datenanalyse und digitale Transformation vorangetrieben.

Auf der Messe zeigte Saurer mehrere Spinnmaschinen. Durch die vollautomatisierte Doppeldraht-Zwirnmaschine TechnoCorder TC2 werden zwei Faserbündel in zwei verschiedene Richtungen (S-Richtung und Z-Richtung) verzwirnt. Anschließend werden diese beiden Faserbündel mit beliebigen Einstellung und je nach Kundenwunsch nochmals miteinander verzwirnt und so der Garnzusammenhalt individuell einstellbar. Der verantwortliche Mitarbeiter am Stand erklärte den Studierenden des ITM die Funktionsweise der Maschine, führte den Verarbeitungsprozess vor, beleuchtete die weltweite Einzigartigkeit der Maschine, die sich aufgrund ihrer sehr hohen Liefergeschwindigkeit (max. 400 m/min) ergibt und beantwortete die zahlreichen Fragen der Studierenden.



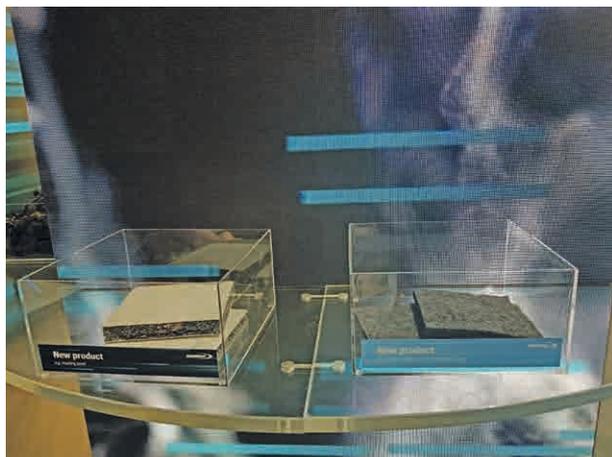
Saurer Technologies definiert regelmäßig die Benchmarks für Zwirn- und Kabliermaschinen. Sie verbinden innovative Technik mit Erfahrung, damit Kunden mit den Maschinen zuverlässig und souverän auf die Anforderungen eines sich ständig wandelnden Marktes reagieren können.

Sandler AG

Die Sandler AG ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit etwa 990 Mitarbeiter. Mit einem Umsatz von 365 Mio. € gehört die Sandler AG zu den 20 größten Vliesstoffproduzenten (Halbzeuge) in der EU und zu den 40 größten Herstellern in der Welt. Das Unternehmen hat zwei Standorte, den Hauptsitz in Schwarzbach (Saale) und die Sandler Nonwoven Corporation in Perry (USA). Es werden vielfältige Märkte beliefert, wie beispielsweise Filtration, Hygiene, Heimtextilien, Transportation sowie Bautextilien.

Auf der Messe Tectextil wurden zwei neue Produktbereiche vertieft vorgestellt. Die Marke Bluefibre behandelt das Thema Raumakustik. Als Panels, Pads oder Wolle werden PES-basierte, recyclingfähige und mit Bi-Komponenten-Fasern verfestigte Produkte, in verschiedenen Dicken, Steifigkeiten und Strukturen, angeboten. Dabei wird eine an die jeweiligen Anforderungen angepasste Schallabsorption erreicht.

Das Thema Recycling wurde mit einem Vorserienprozess und -produkt vorgestellt. Dabei werden Panels und Stanzreste mechanisch zerkleinert, gepresst und mit zwei dünnen Vliesschichten abgedeckt.



Die Sandler AG hat uns auf der Tectextil sehr interessante und innovative Produkte in sehr angenehmer Atmosphäre vorgestellt.

Bullmer GmbH

Die Bullmer GmbH ist eine deutsche Maschinenbaufirma mit etwa 140 Mitarbeitern. Am Standort Mehrstetten in der schwäbischen Alb werden Cutter für konfektionstechnische Prozesse entwickelt und gefertigt.

Auf der Messe wurde uns als erstes Produkt ein Einlagencutter vorgestellt. Dieser kann einlagige Strukturen mit enorm hoher Präzision zuschneiden. Neben dem klassischen Zuschneiden von Stoffteilen für die Bekleidungsindustrie kann diese Anlage 3D-Winkelschnitte und Ausfräsungen bspw. in Composite-Teilen realisieren. Die Einlagencutteranlage wurde uns schrittweise von der Eduktzugabe bis zur Produktentnahme vorgestellt. Das textile Halbzeug wird über ein Vlies transportiert, welches leichtes Ablösen ermöglicht, aber verrutschen verhindert. Nach der Zuführung, in diesem Fall über eine Rollenabwicklung, wird das textile Halbzeug durch eine Kamerazeile erfasst. Diese verfügt über eine Rapport- bzw. Mustererkennung und ermöglicht so eine automatische Anordnung der Schnittteile. Nach dem Zuschnitt werden die Teile durch einen Roboterarm definiert abgelegt. Beeindruckend war besonders die digitale Überwachung der gesamten Anlage. Uns wurde gezeigt wie mehrere Anlagen gleichzeitig überwacht werden und in Echtzeit Produktionsdaten liefern.

Nach dem Einlagencutter wurde uns auch kurz der Hochlagencutter vorgestellt. Diese Anlage kann mehrere Lagen des textilen Halbzeuges gleichzeitig schneiden und ermöglicht so eine maximale Produktivität.



Wir danken allen Firmen für die Möglichkeit des geführten Besuches über ihre Stände auf der Tectextil & Texprocess und für die vielen detaillierten Einblicke. Dadurch wurde uns einerseits durchgängig gezeigt, wie innovativ und zukunftsweisend die Textilbranche ist. Andererseits konnten wir durch die Besichtigung der Demonstratoren, Videos und Maschinenteknik unser im Studium erlerntes Wissen vertiefen.

Die Studierenden des ITM bedanken sich bei dem ITM für die Organisation dieser Exkursion. Sie und das ITM selbst bedanken sich bei dem Freundes- und Förderkreis des ITM, bei der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden, sowie bei dem VDMA Fachverband Textilmaschinen für die fachliche und finanzielle Unterstützung der Exkursion.

- **Besuch auf der ADDITC 2022 in Aachen**

Zusätzlich wurde für 10 Studierende des ITM der Besuch der ADDITC 2022 in Aachen (29.11.-02.12.2022) ermöglicht. Die dort gewonnenen Einblicke und Kontakte erleichtern den Studierenden die Anfertigung wissenschaftlicher Arbeiten im Rahmen ihres Studiums und die Suche nach einem geeigneten Partner für das Fachpraktikum.



RÜCKBLICK

STUDIERENDENEXKURSION 2022 ➔

Social-Media am ITM

Zur Studierendenwerbung setzen wir zusätzlich vermehrt auf verschiedene Social-Media-Kanäle, wie Facebook und vor allem Instagram - durch Sharepics können wir vor allem Studierende im Grundstudium erreichen und auf den Textilmaschinenbau und die darin liegenden Perspektiven und beruflichen Aufstiegschancen aufmerksam machen.



- **Weitere Aktivitäten**

Auch im Rahmen des MINT digital-Programms der TU Dresden war das ITM im Rahmen einer Informationsrunde sowie als Teil einer Vortragsreihe aktiv und hat die Textiltechnik vor allem im Zusammenhang mit der Medizintechnik beleuchtet. Die Schülerinnen und Schüler aus verschiedenen MINT-EC-Schulen erhielten einen Rund-um-Einblick in die Ingenieurwissenschaften an der TU Dresden, dabei war es uns möglich, einen Beitrag in unserem Fachbereich einfließen zu lassen.

In Ergänzung erhielten die Studieninteressenten die Möglichkeit, in kleinen Gruppen und unter Einhaltung der Hygienevorschriften, an Rundgängen durch die Maschinenhallen im Walter-Frenzel-Bau, der Neuen Textilmaschinenhalle sowie der Textilmaschinenhalle Dresden Dobritz und den Laboren teilzunehmen.

Die frühzeitige Einbindung von Studierenden des 4. Semesters in die Forschung als studentische Hilfskräfte wurde 2022 ebenfalls erfolgreich fortgesetzt.

Insgesamt setzten wir auch in diesem Jahr auf die Vernetzung von Lehre und Forschung - „Lernend forschen – forschend lehren.“

Wir freuen uns sehr, dass wir in 2022 zahlreiche Schülerpraktika in Präsenz ermöglichen konnten. Diese wurden inhaltlich so strukturiert, dass innerhalb der Praktika alle Forschungsgruppen je ein Aufgabenfeld für die Schüler:innen bereitstellten. Ziel war es, den Praktikant:innen entlang der textilen Wertschöpfungskette, vom Material über die Faser bis zum textilen Flächengebilde sowie zu Textilprüfung die einzelnen Prozessschritte vorzustellen und eine aktive Teilnahme an den Versuchen zu ermöglichen. Dies ist im Rahmen der insgesamt 6 Praktika sehr gut gelungen und hat zu glücklichen Gesichtern bei den Schüler:innen geführt.



Auch die Unterstützung der internationalen Vernetzung von Textilstudierenden liegt dem ITM weiterhin sehr am Herzen. In diesem Zusammenhang hat das ITM im vergangenen Studienjahr vier Aufenthalte im Rahmen des ERASMUS-Förderprogramms aktiv unterstützt.

Um das ITM auch für Nichtwissenschaftler erkennbar zu machen, fand eine Besichtigung der Textilmaschinenhalle Walter-Frenzel-Bau für Auszubildende der Berufsschule Dresden statt.

(Autor: Martin Kern, Lehrverantwortliche am ITM)

PROMOTIONEN

- **Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Robert Tonndorf**

Am 28. Februar 2022 verteidigte Herr Dr.-Ing. Robert Tonndorf unter dem Vorsitz von Frau Prof. Eckert (Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik der TU Dresden) seine am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeitete Dissertation **„Entwicklung von Fertigungstechnologien zur Herstellung biomimetischer faserbasierter Scaffolds aus Kollagen für das Tissue Engineering und die regenerative Medizin“**.

Die Promotionsschrift wurde durch Herrn Prof. Cherif (ITM) und Herrn Prof. Wiesmann (Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden) begutachtet. Als Beisitzende begleiteten Herr Prof. Kyosev (ITM) und Herr Prof. Gelinsky (Zentrum für Translationale Knochen-, Gelenk- und Weichgewebeforschung der TU Dresden) das Promotionsverfahren.

Aufgrund der aktuellen COVID-19 Pandemie fand die öffentliche Verteidigung als Video-Verteidigung statt, so dass ein Teil der Prüfungskommission sowie alle interessierten Zuschauer:innen online dazugeschaltet wurden.

Dr.-Ing. Robert Tonndorf hat nach seinem Maschinenbaustudium eine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM aufgenommen, wo er sich mit der Entwicklung neuartiger Filamente, Membranen und Komposite für biomedizinische Anwendungen beschäftigt. Dabei ist er sowohl in der Anlagen- als auch in der Materialentwicklung tätig. Während sei-

ner Zeit am ITM entwickelte er auch das Thema seiner Promotion, in der er sich mit der Entwicklung einer neuen Fertigungstechnologie zur Herstellung von faserbasierten Zellträgern für das Tissue Engineering beschäftigte. Für seine Dissertation erhielt er den Paul-Schlack-Preis 2022 (siehe S. 92). Einige Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Projektarbeit konnte er bereits in Artikeln für Fachzeitschriften und in Form von Vorträgen der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung stellen.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Entwicklung von Fertigungstechnologien zur Herstellung biomimetischer faserbasierter Scaffolds aus Kollagen für das Tissue Engineering und die regenerative Medizin

Aus biomimetischer Sicht gelten Kollagenfasern und kollagenfaserbasierte Zellträger als besonders geeignet für das Tissue Engineering und die regenerative Medizin, da sie ein natürlicher Bestandteil der extrazellulären Matrix sind. Allerdings fehlen geeignete Technologien, um Kollagenfasern in hoher Qualität und ausreichender Menge herzustellen.

Die Dissertation befasst sich mit der Herausforderung, eine kontinuierliche Produktion von Multifilamentgarnen aus Kollagen zu ermöglichen. Darüber hinaus wurde ein textiltechnologisches Verfahren entwickelt, mit dem die Kollagenfasern mittels elektrostatischer Beflockung zu biomimetischen Zellträgern weiterverarbeitet werden können.



Herr Dr.-Ing. Robert Tonndorf mit den vor Ort anwesenden Mitgliedern der Prüfungskommission

Mit den in der Dissertation entwickelten Methoden können nun erstmals Kollagengarne in hoher Qualität hergestellt werden, mit denen biomimetische Zellträger auf Basis von Kollagenfasern produziert und in der regenerativen Medizin eingesetzt werden können.

Development of manufacturing technologies for the production of biomimetic fiber-based scaffolds from collagen for tissue engineering and regenerative medicine

From a biomimetic point of view, collagen fibres and collagen fibre-based cell carriers or scaffolds are considered very promising for tissue engineering and regenerative medicine, as they are a natural component of the extracellular matrix. However, no suitable technologies are available to produce collagen fibres of high quality and in sufficient quantities.

This work addresses the challenge of enabling the continuous production of multifilament yarns from collagen. In addition, a textile technology process has been developed that allows the collagen fibres to be further processed into biomimetic scaffolds using electrostatic flocking technology.

The methods developed in this thesis now enable the production of high quality collagen yarns for the manufacture of biomimetic scaffolds based on collagen fibres for use in regenerative medicine.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr.-Ing. Robert Tonndorf zum erfolgreichen Abschluss seiner Dissertation recht herzlich und wünschen ihm für seine weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

- **Dissertation von Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann**

Am 08. Juli 2022 verteidigte Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann unter dem Vorsitz von Frau Prof. Breilkopf (Institut für Energietechnik der TU Dresden) ihre im Rahmen des Graduiertenkollegs 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeitete Dissertation **„Technologische Entwicklung textilbasierter Aktor- und Sensorstrukturen für komplex verformbare adaptive Faser-Elastomer-Verbunde“**.

Die Promotionsschrift wurde durch Herrn Prof. Cherif (ITM), Herrn Prof. Modler (Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden) und Herrn Prof. Gerlach (Institut für Festkörperelektronik der TU Dresden) begutachtet. Als Beisitzender begleitete Herr Prof. Wießner (Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden) das Promotionsverfahren.

Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann studierte Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung „Textil- und Verarbeitungsmaschinenbau“ an der TU Dresden. Bereits während ihres Diplomstudiums konnte sie Arbeitserfahrungen am ITM als Studentische Hilfskraft in der damaligen Forschungsgruppe Polymertechnik sammeln. Einen ersten tiefen Einblick in die textile Sensorik gewann sie 2017 durch das Verfassen ihrer Diplomarbeit am Fraunhofer-Institut für die Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMWS) in Halle (Saale). Seit 2018 war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am ITM der TU Dresden an der Professur für Textiltechnik tätig – zunächst in der Forschungsgruppe Textilchemie und Polymertechnologie und später in der Forschungsgruppe Textile Sensor-, Mess- und Aktortechnik.

Seit November 2018 war sie zudem Mitglied im Graduiertenkolleg 2430 Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde, in dem sie sich gemeinsam mit einem multinationalen Team junger Wissenschaftler der Entwicklung weicher, robotischer Strukturen widmete. Frau Grellmanns Forschungsschwerpunkt lag dabei stets auf der Realisierung textiler Aktoren und Sensoren für den Einsatz in hochfrequent schaltbaren, elastomerbasierten Textilverbunden, die für die enge Zusammenarbeit mit Menschen (Mensch-Maschine-Interaktion) geeignet sind. Ein besonderes Highlight ihres wissenschaftlichen Werdegangs im GRK 2430 stellten die beiden mehrmonatigen Kurzforschungsaufenthalte, die sie an der Shinshu University in Ueda (Japan) und am ENSAIT (Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textile) in Roubaix (Frankreich) absolvierte, dar.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Technologische Entwicklung textilbasierter Aktor- und Sensorstrukturen für komplex verformbare adaptive Faser-Elastomer-Verbunde

Gegenstand der Promotionsschrift ist die Entwicklung textiler Aktor- und Sensorsysteme für den Einsatz in adaptiven Faser-Elastomer-Verbunden. Um den adressierten Einsatzzweck zu erfüllen, sind hochfrequent schaltbare textile Aktoren und Sensoren mit E-Moduli im Bereich menschlichen Gewebes von entscheidender Bedeutung. Um diese zu realisieren, werden erstmals Dielektrische Elastomeraktoren (DEA) in Filamentform hergestellt.

Ein filamentförmiger DEA besteht aus einer elektrisch leitenden, hochdehnbaren Innenelektrode, einem elektrisch isolierenden, aber ebenfalls hochdehnbaren Dielektrikum im ersten Mantel und einer elektrisch leitenden Außenelektrode, welche ebenfalls eine sehr hohe Elastizität aufweisen soll. Wird nun an die Außen- und Innenelektrode eine Spannung angelegt, so ziehen sich beide Elektroden an und das zwischen ihnen befindliche Dielektrikum wird in radialer Richtung gestaucht. Da der Grund-



Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann mit den Mitgliedern der Prüfungskommission

satz der Volumenkonstanz gilt, muss sich das Dielektrikum in axialer Richtung ausdehnen, sodass das Filament im aktivierten Zustand länger ist als im nicht aktivierten. Diese makroskopische Bewegung erfolgt in sehr kurzen Zykluszeiten, denn sie beruht ausschließlich auf der Trennung elektrischer Ladungen.

Die Umsetzung textiler Aktoren auf Basis von DEA erfordert die Kombination einer sehr hohen Elastizität mit einer ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit. Um dieses Ziel zu erreichen, wird Thermoplastisches Polyurethan (TPU) mit Carbon Nanotubes (CNT) compounding und schmelzgesponnen, bzw. als Beschichtung aufgetragen. Die elektrisch leitfähigen und hochdehnbaren TPU-CNT-Compounds werden in einem Kern-Mantel-Biko-Spinnprozess als Kernkomponente eingesetzt und bilden die Innenelektrode des angestrebten dreischichtigen Filamentaufbaus. Gleichzeitig können sie als hochdehnbare Sensoren zur in-situ Erfassung von Dehnungen von bis zu 50 % eingesetzt werden, da sich ihr spezifischer elektrischer Widerstand unter mechanischer Belastung stark ändert.

Um die Innenelektrode herum wird eine Mantelschicht aus reinem – und somit elektrisch isolierendem – TPU gesponnen. Diese erste Mantelschicht bildet das Dielektrikum im Aktoraufbau. Die Außenelektrode wird mit Hilfe eines Beschichtungsprozesses auf die schmelzgesponnenen Filamente gebracht. Dazu werden TPU-CNT-Compounds in Lösung gebracht und mittels Tauchbeschichtung aufgetragen. Sowohl der Schmelzspinn- als auch

der Beschichtungsprozess, die zur Herstellung der textilen Aktoren und Sensoren eingesetzt werden, müssen umfangreich modifiziert werden, um die Herstellung von stoffschlüssigen Filamenten mit Außendurchmessern von über 500 μm bei einer gleichzeitigen Vermeidung von Filamentbrüchen zu ermöglichen. Die realisierten Filamentstrukturen werden zur Herstellung adaptiver Faser-Elastomer-Verbunde im Strickprozess weiterverarbeitet und mit einer elastomeren Matrix beaufschlagt, sodass die resultierenden Verbundstrukturen elektromechanisch charakterisiert werden können.

Technological development of textile-based actuator and sensor structures for complex deformable adaptive fiber rubber composites

The subject of this thesis is the development of textile actuator and sensor systems for use in adaptive fiber-elastomer composites. In order to fulfill the addressed application, high-frequency switchable textile actuators and sensors with Young's moduli in the range of human tissue are of crucial importance. To realize these, dielectric elastomer actuators (DEA) in filament form are fabricated for the first time.

A DEA in filament geometry consists of an electrically conductive, highly stretchable inner electrode, an electrically insulating but also highly stretchable dielectric in the first sheath, and an electrically conductive outer electrode, which should also provide a very high elasticity. If a voltage is applied between the outer and inner electrode, both attract each other and the dielectric between them is compressed in the radial direc-

tion. Due the principle of volume constancy, the dielectric expands in axial direction, so that the filament gets longer. This macroscopic movement can take place in high frequencies, because it is based exclusively on the separation of electrical charges.

The realization of textile actuators based on DEA requires the combination of very high elasticity with sufficient electrical conductivity. To achieve this goal, thermoplastic polyurethane (TPU) is compounded with carbon nanotubes (CNT) and melt-spun, or applied as a coating. The electrically conductive and highly stretchable TPU-CNT compounds are used as the core components in a core-sheath bicomponent-spinning process and form the inner electrodes of the targeted three-layered filament structure. At the same time, they can be used as high-strain sensors for in-situ detection of strains up to 50 %, as their electrical resistivity changes greatly under mechanical stress.

A sheath layer of pure – and thus electrically insulating – TPU is spun around the inner electrode. This first sheath layer forms the dielectric in the actuator structure. The outer electrode is applied to the melt-spun filaments using a coating process. For this purpose, TPU-CNT compounds are brought into solution and applied by dip coating. Both, the melt-spinning and the coating process used to manufacture the textile actuators and sensors, have to be extensively modified in order to enable the production of cohesive filaments with outer diameters of more than 500 μm while avoiding filament breakage. The realized filament structures are further processed in a knitting process and surrounded by an elastomeric matrix so that the resulting adaptive fiber rubber composites can be characterized electromechanically.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann zum erfolgreichen Abschluss ihrer Dissertation recht herzlich und wünschen ihr für ihre weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

- **Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Johannes Mersch**

Am 16. August 2022 verteidigte Herr Dr.-Ing. Johannes Mersch unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Röbenack (Institut für Regelungs- und Steuerungstheorie der TU Dresden) seine im Rahmen des Graduiertenkollegs (GRK) 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ am Institut für Festkörperelektronik der TU Dresden erarbeitete Dissertation **„Strukturintegrierte Sensornetzwerke in interaktiven Faserelastomerverbunden und ihre elektromechanischen Netzwerkmodelle“**.

Herr Dr.-Ing. Mersch hat die wissenschaftlichen Untersuchungen zu seiner Dissertation am Institut für Festkörperelektronik in enger Kooperation mit dem Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik ausgeführt und seine Dissertation an der Fakultät Elektrotechnik der TU Dresden eingereicht. Am ITM erhielt er wertvolle fachliche Unterstützung von den Wissenschaftler:innen der Forschungsgruppe „Sensor-, Mess- und Aktortechnik“, mit denen er im Rahmen des Graduiertenkollegs 2430 eng zusammengearbeitet hat, sowie von Prof. Cherif, als Sprecher des GRK 2430.



Herr Dr.-Ing. Johannes Mersch mit den Mitgliedern der Prüfungskommission

Die Promotionsschrift wurde durch Herrn Prof. Gerlach (Institut für Festkörperelektronik der TU Dresden), Herrn Prof. Wießner (Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden) und Herrn Prof. Birkholz (Institut für Akustik und Sprachkommunikation der TU Dresden) begutachtet.

Johannes Mersch erhielt 2017 den Abschluss als Dipl.-Ing. Maschinenbau von der Technischen Universität Dresden. Nach seinem Abschluss wurde er mit dem Enno Heidebroek-Zertifikat für sein hervorragendes Studium ausgezeichnet. Von 2017 bis 2018 war er am Institut für Textilmaschinen und Hochleistungswerkstofftechnik tätig und beschäftigte sich mit der zerstörungsfreien Wirbelstromprüfung von kohlenstofffaserverstärkten Verbundwerkstoffen sowie der automatisierten Auslegung und Fertigung von Leichtbaustrukturen. Seit 2018 ist er Teil des Graduiertenkollegs „Interaktive Faser-Elastomer-Verbundwerkstoffe“ und forscht an integrierten Sensorsystemen für die Soft-Robotik und deren Ersatzschaltbildern. Im August 2022 schloss er seine Promotion ab und fungiert seit September 2022 als wissenschaftlicher Koordinator des Graduiertenkollegs.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Strukturintegrierte Sensornetzwerke in interaktiven Faserelastomerverbunden und ihre elektromechanischen Netzwerkmodelle“.

Weiche Roboter zeichnen sich durch die Verwendung von nachgiebigen Materialien und ihre komplexen Bewegungs- und Verformungsmechanismen aus. Sie bieten ein großes Potenzial für in ihrer Relevanz steigende Anwendungsgebiete wie Agrartechnik oder Mensch-Maschinen-Interaktion. Allerdings befinden sie sich momentan noch in einem niedrigen Technologie-Reifestadium. Eine für solche nachgiebige Roboter vielversprechende Materialklasse sind Faser-Elastomerverbunde, die Sensoren und Aktoren enthalten.

In dieser Arbeit werden dafür Sensoren für diese Materialien sowohl experimentell untersucht als auch modelliert. Neben leitfähigen Elastomeren mit Kohlenstoffpartikeln werden silberbeschichtete Polyamidgarne als resistive und kapazitive Sensoren betrachtet. Anschließend werden solche Sensoren in Textil-Elastomerverbunde, die dielektrische Elastomeraktoren und Formgedächtnisaktoren enthalten, eingebracht. Die Strukturen werden ebenfalls in Bezug auf die Interaktion zwischen Anregung, Verformung und Sensorsignalen untersucht. Darüberhinaus werden thermo-elektro-mechanische Netzwerkmodelle erstellt, um die Zusammenhänge zwischen Aktoren, Sensoren und Struktur zu beschreiben.

Structurally integrated sensor networks in interactive fiber-elastomer composites and their electro-mechanical circuit models

Soft robots are characterized by the use of compliant materials and their complex deformation mechanisms. They offer enormous potential for application areas that are increasing in relevance, such as agricultural engineering or human-machine interaction. However, they are currently still at a low technology readiness level. A promising class of materials for such compliant robots are fiber-elastomer composites containing sensors and actuators.

In this work, sensors for these materials are investigated both experimentally as well as by modelling. In addition to conductive elastomers with carbon particles, silver-coated polyamide yarns are analysed as resistive and capacitive sensors. Subsequently, such sensors are incorporated into textile-elastomer composites containing dielectric elastomer actuators and shape memory actuators. The structures are then studied in terms of the interaction between actuator excitation, deformation and sensor signals. In addition, thermo-electro-mechanical network models are created to describe the relationships between actuators, sensors and structure.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr.-Ing. Johannes Mersch zum erfolgreichen Abschluss seiner Dissertation recht herzlich und wünschen ihm für seine weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

- **Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Felix Lohse**

Am 26. August 2022 verteidigte Herr Dr.-Ing. Felix Lohse unter dem Vorsitz von Frau Prof. Zimmermann (Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden) seine im Rahmen des Graduiertenkollegs 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeitete Dissertation „**Numerische Auslegung und Entwicklung von adaptiven Strukturen auf Basis von Formgedächtnislegierungen am Beispiel textilverstärkter Elastomerkomposite**“.

Die Promotionsschrift wurde durch Herrn Prof. Cherif (ITM) und Herrn Prof. Modler (Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden) begutachtet. Als Beisitzender begleitete Herr Prof. Wießner (Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden) das Promotionsverfahren.

Herr Dr.-Ing. Felix Lohse hat an der TU Dresden Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Leichtbau und Kunststofftechnik studiert. Er schloss das Studium mit einer Diplomarbeit am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik ab. Von 2017 bis



Herr Dr.-Ing. Felix Lohse mit den Mitgliedern der Prüfungskommission

2022 bearbeitete Herr Lohse als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM zunächst in der Forschungsgruppe „Struktur- und Prozesssimulation“ und später in der Gruppe „Textilien für den Leichtbau“ verschiedene Forschungsthemen in den Bereichen intelligente Materialien und Funktionsintegration in Faserverbundstrukturen. Ab 2018 bearbeitete er zudem als Mitglied im Graduiertenkolleg „Interaktive Faser-Elastomerverbunde“ das Teilprojekt 1, in dessen Rahmen seine Promotionsschrift entstand. Die Ergebnisse seiner Promotion haben einen hohen Stellenwert für die Entwicklung von aktiven Bewegungsmechanismen auf Basis von Faser-Elastomerverbunden, die im Rahmen des Graduiertenkollegs weiter erforscht werden.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Numerische Auslegung und Entwicklung von adaptiven Strukturen auf Basis von Formgedächtnislegierungen am Beispiel textilverstärkter Elastomerkomposite

Die Technologie der Faserverbundwerkstoffe besitzt durch die Kombination aus hochsteifen Faserverstärkungen und flexiblen Matrixsystemen ein besonders hohes Potenzial für lastfallangepasste und damit gewichtsoptimierte Leichtbaustrukturen. Die Entwicklung im Faserverbundbereich geht dabei seit einigen Jahren über reine Auslegungs- und Optimierungsaufgaben von Strukturen hinaus. Funktionsintegration ermöglicht die Entwicklung von adaptiven Strukturen, die durch direkt in das Material integ-

rierte intelligente Materialien in der Lage sind, aktive und reversible Bewegungen auszuführen. Durch die Verwendung nachgiebiger Elastomermaterialien kann das Verformungspotenzial der Strukturen zudem maßgeblich verbessert werden.

In der vorgestellten Dissertation wurden daher adaptive Faserverbundstrukturen auf Basis elastomerer Matrixsysteme mit anforderungsgerechter Faserverstärkung und integrierter Aktorik auf Basis von Formgedächtnislegierungen entwickelt und simulativ abgebildet. Dafür wurde zunächst der zugrundeliegende Bewegungsmechanismus des Biegebalkens analysiert und Konzepte für die Umsetzung von komplexen Bewegungsmechanismen herausgearbeitet. Anhand von Funktionsmustern wurden dabei sowohl einfache Biegebewegungen als auch Strukturen mit Gelenkbereichen konzipiert. Mithilfe der Mehrlagenstricktechnik und des Vacuum-Assisted-Resin-Infusion-(VARI)-Prozesses erfolgte die textil- und verbundtechnische Umsetzung der Funktionsmuster. Die hergestellten Funktionsmuster sowie die Teilkomponenten wurden hinsichtlich ihrer mechanischen bzw. thermomechanischen Eigenschaften experimentell untersucht, mit besonderem Fokus auf den aktiven Verformungseigenschaften der Faser-Elastomer-Strukturen. Es konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von Festkörpergelenkbereichen das Verformungsverhalten signifikant verbessern kann. Weiterhin wurde auf Basis der Finite-Elemente-Methode ein Simulationsmodell entwickelt, das die aktiven Biegeverformungen der Funktionsmuster nachbilden kann. Schließlich wurden mit dem Modell Parameterstudien durchgeführt,

aus denen Gestaltungsempfehlungen für künftige Anwendungen abgeleitet wurden. Mit den dargestellten Forschungsergebnissen wurde eine breite Basis für die Weiterentwicklung der interaktiven Faser-Elastomerverbunde geschaffen, von der nachfolgende Arbeiten profitieren können.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr.-Ing. Felix Lohse zum erfolgreichen Abschluss seiner Dissertation recht herzlich und wünschen ihm für seine weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

- **Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Steffen Rittner**

Am 05. Dezember 2022 verteidigte Herr Dr.-Ing. Steffen Rittner unter dem Vorsitz von Prof. Majschak (Institut für Naturstofftechnik der TU Dresden) seine am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeitete Dissertation **„Entwicklung einer flexibel einstellbaren und modular aufgebauten Technologie auf Basis des Multiaxialkettenwirkens zur Fertigung von anforderungsgerechten Verstärkungshalbzeugen für nachhaltige Composite-Anwendungen“**.

Die Promotionsschrift wurde durch Herrn Prof. Cherif (ITM) und Herrn Prof. Lottes (Hochschule Hof) begutachtet. Als Beisitzende begleiteten Herr Prof. Kyosev (ITM) und Herr Prof. Holschemacher (HTWK Leipzig) das Promotionsverfahren.

Herr Dr.-Ing. Steffen Rittner studierte Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Textil- und Konfektionstechnik an der TU Dresden. 2005 begann er als Abteilungsingenieur im Bereich der Multiaxialgelegefertigung bei der P-D Glasseiden GmbH. Er wechselte 2006 in die Entwicklungsabteilung des Unternehmens wo er u. a. für die Produkt- und Technologieentwicklung von Multiaxialgelegen zur Herstellung von Faserkunststoffverbunden für den Rotorblatt-, Automobil-, Boots- und Sportgerätebau verantwortlich war. Ab 2012 war er zudem für das Produktmanagement der Produktgruppen Gelege, Komplexe und Gewebe zuständig. 2013 übernahm er am ITM der TU Dresden die Forschungsgruppe Multiaxialgelege und Textiles Bauen. Hauptaufgaben waren Projektleitung und -management, Projektakquise, Prozess- und Maschinenentwicklung, Textilstrukturdesign und -fertigung, Materialanalysen, Lösungsentwicklung zur Prozessintegration von Anlagenmodulen. 2020 wechselte Herr Rittner ans Institut für Betonbau der Fakultät Bauwesen an der HTWK Leipzig, wo der Fokus seiner Arbeit sich u. a. auf die textilen Fragestellungen im Bauwesen, z. B. die automatisierte Fertigung von nichtmetallischen Bewehrungen auf Basis ressourceneffizienter Verfahren und die Funktionsintegration konzentriert.



Herr Dr.-Ing. Steffen Rittner mit den Mitgliedern der Prüfungskommission

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Entwicklung einer flexibel einstellbaren und modular aufgebauten Technologie auf Basis des Multiaxialkettenwirkens zur Fertigung von anforderungsgerechten Verstärkungshalbzeugen für nachhaltige Composite-Anwendungen

Der steigende Bedarf an Ressourcen in nahezu allen Bereichen des Lebens erfordert Maßnahmen, die einen möglichst sparsamen, effizienten und anforderungsgerechten Ressourceneinsatz ermöglichen. Die Multiaxialkettenwirktechnologie bietet bereits Möglichkeiten für die Herstellung von Gelegestrukturen zur Anwendung in Bereichen mit hohem Ressourcenbedarf, wie dem Automobil- und Anlagenbau (Windkraftanlagen) sowie dem Bauwesen.

In Rahmen dieser Arbeit wird ein Beitrag zur Weiterentwicklung der Multiaxialkettenwirktechnologie geleistet, indem Technologiemodule und Fertigungskonzepte zur Realisierung anforderungsgerechter Gelegestrukturen entwickelt und Lösungsvorschläge für neuartige Gelegestrukturen durch Modulkombination erarbeitet werden.

Dafür werden in den definierten Anwendungsbereichen existierende Defizite zum Ressourceneinsatz und Ursachen für eine kostenseitige Ineffizienz herausgearbeitet. Darauf aufbauend können die auf die Weiterverarbeitung abgestimmten Anforderungen an die Gelegestruktur und an den textilen Herstellungsprozess abgeleitet werden. Auf Basis des erarbeiteten Anforderungsprofils erfolgt anschließend die Entwicklung der Technologiemodule und Fertigungskonzepte. Dafür werden grundlegende Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften der Ausgangsmaterialien, der Gelegestruktur sowie den Prozessparametern unterschiedlicher Maschinenkonstellationen mit den resultierenden Textileigenschaften für die Weiterverarbeitung und für das Endprodukt erarbeitet und validiert. Abschließend werden die entwickelten Lösungen in einer baukastenartigen, erweiterbaren Produkt-Technologiemodul-Matrix zusammengeführt.

Die Vielfalt der Herstellungsmöglichkeiten auf Basis des Multiaxialkettens wird durch die entwickelten Technologiemodule und Fertigungskonzepte bedeutend erweitert, wodurch anforderungsgerechte Gelegestrukturen mit hoher Ressourcen- und Kosteneffizienz realisierbar sind.

Development of a flexibly adjustable and modular technology based on multiaxial warp knitting for the production of customized reinforcement semi-finished products for sustainable composite applications

The increasing demand for resources in almost all areas of life requires solutions that enable the most economical and efficient use of resources in line with requirements. In principle, multiaxial warp knitting technology

offers good possibilities for the production of interlocking structures for applications in the resource-devouring automotive, plant engineering and construction industries.

In this thesis, a contribution is made to the further development of multiaxial warp knitting technology by developing new, complementary technology modules and manufacturing concepts for the realisation of lay-up structures that meet the requirements and by making proposals for new lay-up structures by combining modules.

Existing deficits in the use of resources and the causes of cost inefficiency in the three application areas of automotive engineering, plant engineering and construction will be identified. Based on this, the relevant requirements for the textile semi-finished product or the fabric structure and for the textile manufacturing process can be derived. The technology modules and manufacturing concepts are then developed on the basis of the requirements profile. For this purpose, fundamental relationships between the properties of the starting materials, the textile structure and the process parameters of different machine constellations with the resulting textile properties for further processing and for the end product are worked out and validated. Finally, the developed solutions are combined in an expandable product technology module matrix.

With the developed technology modules and production concepts, multiaxial warp knitting will be expanded into a further flexibly adjustable and modularly designed technology, which will enable the realisation of fabric structures that fulfil requirements with higher resource and cost efficiency.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr.-Ing. Steffen Rittner zum erfolgreichen Abschluss seiner Dissertation recht herzlich und wünschen ihm für seine weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.



Herr Dr.-Ing. Muhammad Furqan Khurshid mit den Mitgliedern der Prüfungskommission

- **Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Muhammad Furqan Khurshid**

Am 09. Dezember 2022 verteidigte Herr Dr.-Ing. Muhammad Furqan Khurshid unter dem Vorsitz von Prof. Majschak (Institut für Naturstofftechnik der TU Dresden) seine am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeitete Dissertation **„Innovative unidirectional recycled carbon fiber tape structure for high-performance thermoplastic composites: technological developments, technology-structure-property relationship, and modeling of composite tensile properties“**.

Die Promotionschrift wurde durch Herrn Prof. Cherif (ITM) und Herrn Prof. Laourine (Hochschule Albstadt-Sigmaringen) begutachtet. Als Beisitzende begleiteten Frau Prof. Krzywinski (ITM) und Herr Prof. Wagenführ (Institut für Naturstofftechnik der TU Dresden) das Promotionsverfahren.

Herr Dr.-Ing. Muhammad Furqan Khurshid war seit Oktober 2017 als Promotionsstudent mit einem Stipendium des DAAD am ITM in der Forschungsgruppe „Multimaterial-Garnstrukturen für Hightech Anwendungen“ tätig. Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Tätigkeit am ITM waren die Bearbeitung wissenschaftlich komplexer Fragestellungen im Rahmen öffentlich geförderter Projekte durch theoretische, modellierende und experimentelle Tätigkeiten, die Prozessentwicklung zur Herstellung anforderungsgerechter rCF-Tapestrukturen, konstruktive Entwicklungsarbeiten an Textilmaschinen zur faserschonenden Verarbeitung von Hochleistungsfaserstoffen, die Modellierung, Simulation und Validierung der Eigenschaften von rCF-Tapestrukturen

sowie textilen Prozessen und darüber hinaus die Evaluation wissenschaftlicher Erkenntnisse im Rahmen von Projektberichten und wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Seine Promotion schloss er sehr erfolgreich im Dezember 2022 ab.

2009 erlangte Dr. Khursid den akademischen Grad B. Sc. Anschließend war er in der Firma Masood Spinning Mills als Assistent Manager tätig. Er studierte von 2012 bis 2014 den Masterstudiengang Textiltechnik an der National Textile University Faisalabad. Mit dem Verfassen seiner Masterarbeit zum Thema „Development and evaluation of a controlled drug delivery wound dressing based on polymeric porous microspheres“ erlangte er erfolgreich den akademischen Grad M. Sc. Danach war er bis 2017 bis zur Aufnahme seiner Promotionszeit am ITM an der Bahauddin Zakariya University, College of Textile Engineering and Technology als Assistent angestellt.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Innovative unidirektionale rCF-Tapestrukturen für thermoplastische Hochleistungsverbundwerkstoffe

Die schnell wachsende Nachfrage nach carbonfaserverstärkten Kunststoffen in High-Tech-Branchen wie Luft- und Raumfahrt, Verteidigung, Automobil, Windenergie, Bauwesen und Sport erzeugt eine große Menge an Abfall in Form von trockenem Abfall (z. B. Produktionsabfall), nassem Abfall (z.B. veraltetes Prepreg und Produktionsausschuss) und Abfall von End-of-Life-Komponenten (z. B. Flugzeugbauteile). Darüber hinaus ist die Herstellung von Carbonfasern mit einem hohen Kosten- und Energieaufwand ver-

bunden. Daher haben technologische Entwicklungen zur schonenden Verarbeitung von recycelten Carbonfasern und deren Integration in Hochleistungsverbundwerkstoffe mit vielversprechenden mechanischen Eigenschaften große Beachtung gefunden. So wurden in den letzten Jahren Spritzguss-, Vliesstoff- und Hybridgarntechnologien entwickelt, um recycelte Carbonfasern in thermoplastische Hochleistungsverbundwerkstoffe zu integrieren. Die Verbundwerkstoffe, die auf der Grundlage dieser Technologien hergestellt werden, weisen jedoch keine unidirektionale Faserorientierung auf, so dass das Potenzial für den Einsatz von recycelten Kohlenstofffasern in Hochleistungsverbundwerkstoffen noch nicht voll ausgeschöpft ist.

Diese Arbeit befasst sich deshalb in erster Linie mit der Entwicklung einer innovativen Struktur mit unidirektionaler Faserorientierung, die als „unidirektionale recycelte Carbonfasertapestruktur“ für thermoplastische Hochleistungsverbundwerkstoffe bezeichnet wird. Das technologische Konzept der unidirektionalen recycelten Carbonfasertapestruktur umfasst das Öffnen der Fasern, die Kardierung, die Verstreckung und ein neuartiges Bandbildungsverfahren. Dabei werden homogene, gleichmäßige und hochorientierte Hybridbänder durch die Prozesse des Faseröffnens, der Kardierung und der Verstreckung entwickelt. Im nächsten Schritt werden diese Hybridbänder mit einem innovativen Tapebildungsverfahren in eine unidirektionale Tapestruktur aus recycelten Carbonfasern verarbeitet. Zur Umsetzung dieses Konzeptes wurden technologische Entwicklungen (Untersuchungen, Modifikationen, Optimierungen und Weiterentwicklungen) in den Bereichen der Faseröffnung, die Kardierung und der Verstreckung durchgeführt, um Hybridbänder mit verbesserter Gleichmäßigkeit, Homogenität und unidirektionaler Orientierung zu entwickeln. Die zweite Phase umfasste die Konzeption, das Design, die technologische Entwicklung, die Konstruktion und die Entwicklung von Prototypanlage zur Entwicklung eines neuen Tapebildungsverfahrens. Das Ergebnis bestätigt, dass die Tapebildungstechnologie, bestehend aus Faseröffnung, Kardierung, Verstreckung und Tapebildung eine innovative, umweltfreundliche und nachhaltige Technologie im Vergleich zu bestehenden Technologien ist.

Anschließend wird die unidirektionale Tapestruktur durch Thermopressen zu thermoplastischen Hochleistungsverbundwerkstoffen konsolidiert. Zur Entwicklung von Verbundwerkstoffen mit maßgeschneiderten Eigenschaften werden Technologie-Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aufgestellt. Die Analyse der Daten zeigt, dass die Entwicklung von Tape- und Verbundstrukturen mit unidirektionaler Faserorientierung durch die Ermittlung optimaler Technologie-, Konsolidierungs- und Strukturparameter möglich ist. Die Untersuchungsergebnisse des Hochleistungsverbundwerkstoffs, der aus einer unidirektionalen Tapestruktur aus recycelten Car-

bonfasern entwickelt wurde, weisen eine sehr hohe Zugfestigkeit von 1350 ± 28 MPa und ein Elastizitätsmodul von $84,7 \pm 2,3$ GPa. Diese Analyse bestätigt, dass die unidirektionale Faserkonfiguration in Verbundwerkstoffen eine Revolution in der Entwicklung von kostengünstigen Hochleistungsverbundwerkstoffen für lasttragende Strukturanwendungen darstellt. Schließlich zeigt die theoretische und Finite-Elemente-Modellierung der Zugeigenschaften von Hochleistungsverbundwerkstoffen, dass die modifizierten Modelle gut mit den Zugeigenschaften der Verbundwerkstoffe übereinstimmen.

Innovative unidirectional recycled carbon fiber tape structure for high-performance thermoplastic composites: technological developments, technology-structure-property relationship, and modeling of composite tensile properties

The rapidly growing demand for carbon fiber reinforced plastics in high-tech industries, such as aerospace, defense, automotive, wind turbine engineering, building and sports, resulted in a high amount of waste in the form of dry waste (e.g., production off-cuts), wet waste (e.g., out-of-date prepreg) and end-of-life components waste (e.g., aircraft components). Furthermore, the production of carbon fibers is cost and energy-intensive. Therefore, technological developments for the gentle processing of recycled carbon fiber and its integration into high-performance composites with promising tensile properties have gained considerable attention. Consequently, injection molding, nonwovens and hybrid yarn technologies were developed in recent years to integrate recycled carbon fiber into the high-performance thermoplastic composite. However, composites based on these technologies do not possess unidirectional fiber orientation; therefore, the potential of recycled carbon fiber in high-performance composites is not thoroughly exhausted.

This thesis primarily addresses the development of an innovative structure with unidirectional fiber orientation termed “unidirectional recycled carbon fiber tape structure” for high-performance thermoplastics composites. The technological concept of the unidirectional structure comprises of fiber opening, carding, drawing and a novel tape forming process. In this concept, fiber opening, carding, and drawing processes were utilized to develop homogeneous, uniform, and highly oriented hybrid slivers. In the next step, these hybrid slivers were converted into unidirectional recycled carbon fiber tape structure through a novel tape-forming process. To implement this concept, technological developments (investigations, modifications, optimization and further developments), were carried out in fiber opening, carding and drawing process to develop hybrid slivers with improved uniformity, homogeneity and unidirectional orientation. In the second phase, conception, design, technological developments, construction and prototype development were implemented to develop a novel tape-forming process. The result confirms that tape development technology comprising fiber opening,

carding, drawing and prototype tape forming processes is an innovative, eco-friendly and sustainable technology compared to existing technologies.

Furthermore, by using thermo-pressing, the unidirectional tape structure was consolidated into high-performance thermoplastic composites. Subsequently, technology-structure-property relationships were established to develop composites with tailor-made properties. By analyzing the data, it was discovered that the development of tape and composite structures with unidirectional fiber orientation can be achieved by selecting the appropriate technological, consolidation, and structural parameters. As a result, experimental results of high-performance composite developed from unidirectional recycled carbon fiber tape structure show a very high tensile strength of 1350 ± 28 MPa and an E-module of 84.7 ± 2.3 GPa. This analysis confirms that unidirectional fibers configuration in composites brings a revolution toward developing cost-efficient, high-performance composites for load-bearing structural applications. Finally, theoretical and finite element modelling of the tensile properties of high performance composites show that the modified models are in good agreement with the tensile properties of the composites.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr.-Ing. Muhammad Furqan Khursid zum erfolgreichen Abschluss seiner Dissertation recht herzlich und wünschen ihm für seine weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

• **Dissertation von Frau Dr.-Ing. Doudou Zhang**

Am 19. Dezember 2022 fand unter dem Vorsitz von Frau Prof. Paetzold-Byhain (Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion der TU Dresden) die erfolgreiche Verteidigung der an der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten des Instituts für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeiteten Dissertation „**Erarbeitung von personenindividuellen beweglichen Menschmodellen zur Integration in digitale Prozessketten für die Entwicklung funktioneller Bekleidung**“ von Frau Dr.-Ing. Doudou Zhang statt.

Die Promotionsschrift wurde durch Frau Prof. Krzywinski (ITM) und Herrn Prof. Schmauder (Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme der TU Dresden) begutachtet. Als Beisitzende begleiteten Frau Prof. Halasz (Obuda University Budapest) und Herr Prof. Kyosev (ITM) das Promotionsverfahren.

Frau Dr.-Ing. Doudou Zhang absolvierte ihr Bachelorstudium im Jahr 2014 an der Polytechnische Universität Xi`an, Textile Engineering, China. Anschließend studierte sie von Oktober 2015 bis Januar 2018 im Masterstudiengang Textil- und Konfektionstechnik an der TU Dresden und erwarb 2018 mit ihrer Arbeit zum Thema „Erarbeitung der Grundlagen zur Entwicklung eines kinematischen Menschmodells für den Oberkörper zur Bekleidungskonstruktion/



Frau Dr.-Ing. Doudou Zhang mit den Mitgliedern der Prüfungskommission

simulation“ am ITM den Master of Science. Seit Juli 2018 war Frau Dr. Zhang als wissenschaftliche Mitarbeiterin und Promotionsstudentin am ITM innerhalb der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten (bis 2019 Professur für Konfektionstechnik) tätig und bearbeitete zahlreiche DFG-, IGF- und ZIM-Forschungsprojekte. Weiterhin war sie Dozentin im Masterprogramm “European Masters in Advanced Textile Engineering” (E-TEAM) tätig und hielt einwöchige Vorlesungen zum Thema „Computer Aided Textile Design & Manufacturing“. Frau Dr. Zhang schloss ihre Promotion sehr erfolgreich im Dezember 2022 ab.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Erarbeitung von personenindividuellen beweglichen Menschmodellen zur Integration in digitale Prozessketten für die Entwicklung funktionaler Bekleidung

3D-CAD-Lösungen zur Gestaltung und Konstruktion von Kleidung werden immer häufiger eingesetzt. Diese Technologie bietet eine Vielzahl von Vorteilen, einschließlich der Möglichkeit, Kleidungsstücke in einer virtuellen Umgebung zu entwerfen und zu testen, bevor sie tatsächlich hergestellt werden. Ein wichtiger Faktor bei der Gestaltung funktionaler Kleidung ist die Berücksichtigung der typischen Körperpositionen, die von den Nutzern eingenommen werden. Standard-Scanhaltungen sind oft nicht ausreichend, um diese spezifischen Anforderungen zu erfüllen. Hier kommen bewegliche Menschmodelle ins Spiel. Diese Modelle sind in der Lage, die Bewegungen und Körperhaltungen von Menschen nachzuahmen, um eine realistischere Vorstellung davon zu geben, wie ein Kleidungsstück in einer bestimmten Situation aussehen und funktionieren wird. Die Verwendung von beweglichen Menschmodellen in der Kleidungsindustrie ist ein aufstrebender Trend, der sich in Zukunft voraussichtlich weiter fortsetzen

wird. Durch die Kombination von 3D-CAD-Lösungen und beweglichen Menschmodellen können Designer und Konstrukteure Kleidungsstücke entwickeln, die nicht nur ästhetisch ansprechend sind, sondern auch funktional und ergonomisch gestaltet sind.

Developing person-specific movable human models for integration into digital process chains for the development of functional clothing

3D-CAD solutions are increasingly being used in the design and construction of clothing. This technology offers a variety of advantages, including the ability to design and test garments in a virtual environment before they are actually manufactured. An important factor in designing functional clothing is considering the typical body positions adopted by users. Standard scanning positions are often insufficient to meet these specific requirements. This is where movable human models come into play. These models are capable of mimicking the movements and body postures of humans to provide a more realistic idea of how a garment will look and function in a given situation. The use of movable human models in the clothing industry is an emerging trend that is expected to continue in the future. By combining 3D-CAD solutions and movable human models, designers and constructors can develop garments that are not only aesthetically appealing, but also functionally and ergonomically designed.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Frau Dr.-Ing. Doudou Zhang zum erfolgreichen Abschluss ihrer Dissertation recht herzlich und wünschen ihr für ihre weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

AUSZEICHNUNGEN, EHRUNGEN UND WÜRDIGUNGEN

- **Studienpreis 2021 der SEW-EURODRIVE-Stiftung an Dipl.-Ing. Markus Koenigsdorff verliehen**

Herr Dipl.-Ing. Markus Koenigsdorff wurde am 06. Mai 2022 im Rahmen der Ernst-Blickle-Preisverleihung durch die SEW-EURODRIVE-Stiftung mit dem **Studienpreis 2021** für seine **Diplomarbeit „Simulation der Wirbelstromausbreitung in carbonfaserbasierten Strukturen und des resultierenden Sensorsignals in Abhängigkeit von Textilparametern, Spulengrößen und Anregungsfrequenz“** ausgezeichnet. Der Studienpreis ist mit 2.500 € dotiert und wird jährlich an Masteranden und Diplomanden aus den Bereichen Elektrotechnik, Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften verliehen.



Verleihung des Studienpreises 2021 an Dipl.-Ing. Markus Koenigsdorff durch Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke, stellvertretender Vorsitzender des Stiftungsvorstandes
© SEW-EURODRIVE-Stiftung

Herr Koenigsdorff leistete mit seiner Diplomarbeit einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Wirbelstromprüftechnik, mit der eine zerstörungsfreie Prüfung von CF-Textilien und CFK-Bauteilen entlang der Prozesskette möglich ist. Das von ihm entwickelte Softwareframework erlaubt die Modellierung des Prüfprozesses und erweitert dadurch das Verständnis für das komplexe Zusammenspiel zwischen anisotropen elektrischen und mechanischen Materialeigenschaften und den Sensorsignalen. Dadurch können potentiell sowohl die Qualitätssicherung in etablierten Textilprozessen verbessert als auch die automatisierte Fertigung von komplexen last-adaptierten Verstärkungstextilien ermöglicht werden.

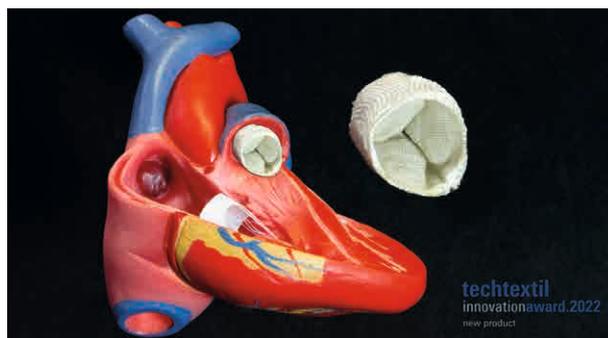
- **Techtextil Innovation Award 2022 geht an das ITM für entwickelte neuartige textile Herzklappenprothesen**

Wissenschaftler:innen vom Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden sind am 21. Juni 2022 für ihre gewebten Herzklappenimplantate mit dem Techtextil Innovation Award 2022 in der Kategorie „New Product“ auf der internationalen Fachmesse Techtextil 2022 ausgezeichnet worden.



Preisträgerteam vom ITM des Techtextil Innovation Awards 2022: Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif (ITM, 2.v.li.), Philipp Schegner (ITM, Mitte) und Dr.-Ing. Dilbar Aibibu (ITM, 2.v.re.) gemeinsam mit Michael Jänecke (Messe Frankfurt, li.) und Dr. Heike Iling-Günther (STFI; Jurymitglied des Techtextil Innovation Awards, re.)
© Messe Frankfurt Exhibition GmbH / Thomas Fedra

Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) entwickelten Wissenschaftler:innen des ITM neuartige textile Herzklappenprothesen. Die Implantate können exakt an die anatomische Form angepasst und minimalinvasiv im Herz platziert werden. Die textile Herzklappe ist integral gefertigt. Hierbei erfolgt die Integration des Ventils in situ während des Webprozesses. Somit besteht die strömungstechnisch optimierte Herzklappe aus einer einzigen textilen Struktur. Weitere Fügeprozesse, z. B. durch Nähen, sind nicht mehr erforderlich. Das reduziert den Fertigungsaufwand im Gegensatz zur heutigen Herstellung biologischer Herzklappenprothesen in Handarbeit enorm.



Neuartige gewebte textile Herzklappenprothese

Prof. Chokri Cherif, Institutsdirektor des ITM, freut sich mit seinem Team sehr über die kontinuierlichen interdisziplinären Forschungserfolge, die am ITM in enger Kooperation mit technischen Webereien, Medizinern und Anwendern stetig erzielt werden. „Bereits vor zwei Jahren wurden wir mit dieser neuartigen Entwicklung als eines der drei Finalistenteams des Otto von Guericke-Preises 2020 geehrt. Die Auswahl für den Tectextil Innovation Award 2022 ist eine erneute Bestätigung für den Bedarf an unserer praxisorientierten Forschung und eine besondere Würdigung, aber gleichzeitig auch weiterer Ansporn für die zeitnahe Umsetzung unserer Forschungsergebnisse in die Industrie.“

Bislang stehen für die Behandlung defekter Herzklappen mechanische und biologische Klappen zur Verfügung. Die neuartigen gewebten Herzklappenprothesen sollen die Vorteile der beiden Typen vereinen: unbegrenzte Lebensdauer, keine lebenslange Einnahme von blutverdünnenden Medikamenten und minimal invasive Operation. Ferner können die textilen Herzklappen zeit- und kostensparend mit hoher Reproduzierbarkeit und Qualität gefertigt werden.

• **Zwei VDMA-Nachhaltigkeitspreise des Deutschen Textilmaschinenbaus 2022 an Nachwuchsingénieur:innen vom ITM verliehen**

Die Verleihung der Förderpreise 2022 der Walter Reiners-Stiftung des VDMA, Fachverband Textilmaschinen an Studierende und Nachwuchsingénieur:innen deutscher Universitäten für Spitzenleistungen im Studium fand am 22. Juni 2022 im Rahmen der Tectextil 2022 in Frankfurt/Main statt. Die bundesweit ausgeschriebenen Förderpreise wurden durch Herrn Peter D. Dornier, Vorstandsvorsitzender der Walter Reiners-Stiftung, auf dem VDMA-Messestand verliehen. Zum ersten Mal stand bei der Auswahl der eingereichten Arbeiten der Fokus auf Nachhaltigkeit.



Unsere diesjährigen Preisträger:innen vom ITM: M. Sc. Marina Andrea Michel und Dipl.-Ing. Simon Hoebel zur Verleihung mit Dipl.-Ing. Peter D. Dornier (2.v.re.) und Prof. Dr. Chokri Cherif (li.)

Frau M. Sc. Marina Andrea Michel wurde mit dem mit 3.500 EUR dotierten Nachhaltigkeitspreis „Beste Masterarbeit des Deutschen Textilmaschinenbaus 2022“ für ihre am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeitete Masterarbeit „Funktionalisierung von Garnen mittels Cyclodextrinen zur Filtration von Mikro- und Nanoplastik, Übertragung auf Gewebe“ geehrt.



M. Sc. Marina Andrea Michel

Gegenstand der Masterarbeit war ein Verfahren zur textilchemischen Ausrüstung von Garn- und Gewebematerialien aus nachwachsenden Rohstoffen mit Cyclodextrinen, die Mikro- und Nanoplastik (MNP) anbinden. Die grundlegenden Erkenntnisse zeigen dabei das herausragende Potenzial daraus hergestellter faserbasierter Filter zur deutlichen und nachhaltigen Minimierung der MNP-Belastung, sowohl von lokalen Trinkwasserquellen bis hin zu globalen Wasserkreisläufen, auf. Die von Frau Michel angefertigte Masterarbeit beinhaltet erstmals die kreative und hochinnovative Anwendung von Cyclodextrinmolekülen zur Anbindung kleinster Plastikpartikel unterschiedlicher Form und molekularer Zusammensetzung.

Herr Simon Hoebel erhielt den mit 3.000 EUR dotierten Nachhaltigkeitspreis „Beste Forschungsarbeit des Deutschen Textilmaschinenbaus 2022“ für seine exzellente am ITM abgeschlossene Forschungsarbeit „Weiterentwicklung des Versuchstandes zur Herstellung von flexiblen hochdrapierbaren Thermoplastfaserbandstrukturen aus recycelten Carbonfasern und Thermoplastfasern für hochbelastbare thermoplastische Verbundbauteile“.



Dipl.-Ing. Simon Hoebel

Das Ziel der prämierten Forschungsarbeit bestand in der Weiterentwicklung eines Versuchstandes sowie eines anwendungsbezogenen technologischen Know-hows zur Entwicklung und Fertigung von unidirektionalen hochdrapierbaren Thermoplastfaserbandstrukturen aus recycelten Carbonfasern (rCF) und Thermoplastfasern (TFS) für hochbelastbare thermoplastische CFK-Bauteile. Im Rahmen der Forschungsarbeit untersuchte Herr Hoebel den gesamten Prozess zur Herstellung von hochdrapierbaren Thermoplastfaserbandstrukturen von der Kardierung, Verstreckung, Banddoublierung und Konsolidierung. Aus den entwickelten rCF-TFS wurden thermoplastische UD-Verbunde gefertigt und ihre mechanischen Eigenschaften charakterisiert. Die Ergebnisse der Studienarbeit zeigen das große Potenzial dieser neuartigen Prozesskette und der darauf basierenden leistungsfähigen und nachhaltigen Thermoplastfaserbandstrukturen auf Basis von rCF.

- **Peter Dornier-Stiftungspreis 2022 würdigt Dresdner Textilforschung zu gewebter Herzklappe**

Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) gehören Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu den häufigsten natürlichen Todesursachen. Weltweit sterben daran jährlich etwa 17 Millionen Menschen. Mit dem Peter Dornier-Stiftungspreis 2022 wurde nun am 21. Juli 2022 eine Forschungsarbeit ausgezeichnet, die die medizinische Versorgung von Menschen mit unzureichender Herzklappenfunktion künftig verbessern und das Leben der Patienten verlängern soll.



Maja Dornier (li.) übergibt gemeinsam mit Prof. Dr. Wolf Mutschler (re.) den mit 5.000 Euro dotierten Peter Dornier-Stiftungspreis an den Preisträger Dipl.-Ing. Mathis Bruns vom ITM (li.) © Christian Flemming

Diplomingenieur Mathis Bruns forscht am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden an einer Implantat-Alternative aus Gewebe. Im Rahmen eines Forschungsprojekts, an dem auch Herzchirurgen aus

dem Herzzentrum Dresden sowie der Uniklinik Würzburg beteiligt waren, lieferte Mathis Bruns mit seiner Diplomarbeit wichtige Erkenntnisse für das Weben einer künstlichen Herzklappe. Für seine Arbeit mit dem Titel „Entwicklung von Schlauchstrukturen mit integrierter Ventilfunktion“ hat Mathis Bruns den mit 5.000 Euro dotierten Peter Dornier-Stiftungspreis 2022 erhalten. Dr. Adnan Wahhoud, ehemaliger Leiter der Entwicklungsabteilung Luftwebmaschine bei der Lindauer DORNIER, sagte bei seiner Laudatio: „Der Preisträger demonstriert mit seiner Arbeit sehr anschaulich, welches Potenzial in der Webtechnik steckt, um Gewebe komplexer Form, Geometrie und Gestalt herzustellen mit dem Ziel, das Leben von Menschen zu verlängern und zu verbessern.“ Die ausgezeichnete Diplomarbeit sei eine Bereicherung der Forschung an dreidimensionalen Geweben zum Einsatz in der Medizin.

Stiftungszwecke medizinische Forschung und Hospiz

Auch Maja Dornier, Vorsitzende der Peter Dornier-Stiftung, würdigte die Forschungsleistung an der Schnittstelle zwischen Medizin und webtechnischer Innovationskraft: „Die Ergebnisse von Herrn Bruns Diplomarbeit können die Grundlage sein für eine deutlich verbesserte medizinische Versorgung von Menschen mit unzureichender Herzklappenfunktion“, sagte sie bei der Preisverleihung im „Technologiezentrum Weben“ der Lindauer DORNIER vor rund 85 anwesenden Gästen. Die Arbeit stelle deshalb einen großen medizinischen und gesellschaftlichen Fortschritt dar.

Peter Dornier-Stiftungspreis

Die Idee für den Peter Dornier-Stiftungspreis geht auf Peter Dornier (1917-2002), Gründer der Lindauer DORNIER GmbH, zurück. Der Preis wird seit 2021 jährlich für herausragende wissenschaftliche Arbeiten junger Menschen in den Bereichen Textiltechnik, Folientechnik und Composites sowie der Luftfahrt verliehen. Fördermittel für die medizinische Forschung gehören ebenso zum Stiftungszweck der Peter Dornier-Stiftung wie die Förderung von Hospizeinrichtungen für ein selbstbestimmtes und würdevolles Leben bis zum Schluss.

Quelle: Auszug aus Pressemitteilung von der Lindauer DORNIER GmbH vom 25.07.2022

- **Paul-Schlack-Preis 2022 an den Wissenschaftler Dr.-Ing. Robert Tonndorf vom ITM verliehen**

Im Rahmen der Eröffnung des 61st Dornbirn GFC Global Fiber Congress 2022 wurde **Herr Dr.-Ing. Robert Tonndorf** am 14. September 2022 mit dem 3.000 EUR dotierten **Paul Schlack Preis 2022** für seine am ITM erfolgreich abgeschlossene Dissertation

„Entwicklung von Fertigungstechnologien zur Herstellung biomimetischer faserbasierter Scaffolds aus Kollagen für das Tissue Engineering und die regenerative Medizin“ geehrt.



Preisverleihung zur 61. GFC 2022: Dr. Robert Tonndorf (2.v.li., ITM, Preisträger des Paul-Schlack-Preises 2022) und Leonie Reinders (3.v.li., DITF, Preisträgerin des Honorary Paul Schlack Preises) gemeinsam mit Friedrich Weninger (li., Österreichisches Faser Institut), Frederic van Houte (3.v.re., CIRFS), Prof. Dr. Hilmar Fuchs (2.v.re., STFI Chemnitz) und Robert van de Kerkhof (re., Lenzing AG)
© Österreichisches Faserinstitut, Wien

Aus biomimetischer Sicht gelten Kollagenfasern und kollagenfaserbasierte Zellträger als besonders geeignet für das Tissue Engineering und die regenerative Medizin, da sie ein natürlicher Bestandteil der extrazellulären Matrix sind. Jedoch sind keine geeigneten Technologien verfügbar, um Kollagenfasern in hoher Qualität und ausreichender Menge herzustellen. Die prämierte Dissertation befasst sich mit der Herausforderung, eine kontinuierliche Produktion von Multifilamentgarnen aus Kollagen zu ermöglichen. Darüber hinaus wurde ein textiltechnologisches Verfahren entwickelt, mit dem die Kollagenfasern mittels elektrostatischer Flocktechnik zu biomimetischen Zellträgern weiterverarbeitet werden können. Durch die in der Dissertation entwickelten Methoden können nun erstmals Kollagengarne in hoher Qualität produziert werden, mit denen biomimetische kollagenfaserbasierte Zellträger hergestellt und in der regenerativen Medizin eingesetzt werden können.

Mit dem Preis, der nach dem Erfinder Paul Schlack von Polyamid 6/Perlon benannt ist, zeichnet die European Man-Made Fibres Association seit 1971 im Rahmen des Dornbirn-GFC eine herausragende Arbeit auf dem Gebiet der Chemiefaserforschung an Universitäten und Forschungsinstituten aus.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr. Tonndorf ganz herzlich und wünschen ihm für seine weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und viel Erfolg.

- **Wissenschaftlerin vom ITM für exzellenten Vortrag ausgezeichnet**

Frau Dipl.-Ing. Irina Kuznik (Mi.) erhielt für ihren exzellent gehaltenen Vortrag „**Process development of a wet-spinning procedure for pure chitosan filament yarns using ionic liquids**“ auf der XXVII Conference „New aspects on chemistry and application of chitin and its derivatives“ of the Polish Chitin Society in Posen/Polen, 21.-23. September 2022 die Auszeichnung „**Second best talk**“.

Wir gratulieren ganz herzlich und wünschen weiterhin viel Erfolg!



© PTChit

- **Goldenes Diplom der TU Dresden an Absolvent:innen von 1972 in der Fachrichtung „Textiltechnik“ verliehen**

Jedes Jahr verleiht die TU Dresden Jubiläums-Diplomurkunden für Alumni. Bei Besuchen an ihrer Universität können Absolventinnen und Absolventen 25, 50 oder sogar 60 Jahre nach ihrem Abschluss Silberne, Goldene oder Diamantene Diplome erhalten. Es ist ein Zeichen der Verbundenheit und Wertschätzung, das eine anhaltend positive Resonanz erfährt.



Am 26. September 2022 war es für uns eine besondere Ehre, Absolventinnen und Absolventen der Fachrichtung „Textiltechnik“ das Goldene Diplom zu überreichen. Sie hatten ihr Studium an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden in der Fachrichtung „Textiltechnik“ 1972 erfolgreich mit dem Diplom abgeschlossen. Die Seminargruppe nutzte diesen ehrwürdigen Anlass, im Rahmen eines Seminargruppentreffens ihre alte Ausbildungsstätte zu besichtigen.



Unser Institutsdirektor Professor Chokri Cherif stellte den Teilnehmenden unser Institut und unsere aktuellen Forschungsaktivitäten am ITM in einem kurzweiligen und sehr informativen Vortrag vor. Im Anschluss wurden sie von Dr. Wolfgang Trümper, unserem wissenschaftlichen Leiter Textiltechnik, durch unsere Technika „Walter-Frenzel-Bau“ und „Neue Textilmaschinenhalle“ geführt. Die Alumni waren von unseren hochmodernen Textilmaschinen, Demonstratoren und aktuellen Forschungshighlights sehr begeistert, wissbegierig und interessiert.



Die Alumni haben den Besuch am ITM sehr genossen und sie nutzten die Zeit, um ihre Erfahrungen auszutauschen und selbstverständlich in alten Erinnerungen zu schwelgen.

Wenn auch Sie ein „textiler“ Alumni sind und Interesse an einer Überreichung Ihrer Jubiläums-Diplomurkunde haben, können Sie sich sehr gern an uns oder direkt an Frau Susann Mayer, Absolventenreferentin der TU Dresden, wenden. Wir unterstützen Sie dann sehr gern bei den weiteren Vorbereitungen.

• CARBOrefit® – ausgezeichnet mit dem Deutschen Rohstoffeffizienz-Preis 2022!

Die Abrissvermeidung und Erhaltung von Bestandsbauwerken stehen im gesellschaftlichen Vordergrund und sind für das Bauwesen Schlüsselmaßnahmen zur Erreichung der Klimaziele. Mit dem CARBOrefit®-Verfahren können Bestandsbauwerke mit einer millimeter-dünnen Schicht aus Carbonbeton vor dem Abriss gerettet und für die Wiedernutzung dauerhaft wieder fit gemacht werden. Mit der Anwendung von CARBOrefit® bei der Sanierung, Instandsetzung und Verstärkung von Bauwerken können bis zu 85 % an Ressourcen im Vergleich zum konventionellen Verfahren mit Spritzbeton eingespart werden. In Bezug auf den Abriss und den Ersatzneubau beträgt die Ressourceneinsparung über 90 %!



© Florian Gaertner/photothek.de

Unter dem Schwerpunkt der Ressourceneinsparung und Materialeffizienz zeichnet das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz jährlich innovative Lösungen mit dem Deutschen Rohstoffeffizienz-Preises aus. Unter der Leitung der Deutschen Rohstoffagentur fand die Preisverleihung am 19. Oktober 2022 im Futurium in Berlin statt. Das CARBOrefit®-Konsortium zählt zu den diesjährigen Preisträgern in der Rubrik Unternehmen. Die Jury würdigt das gesamte Konsortium für seine Tätigkeiten und bestätigt die Anwendung des CARBOrefit®-Verfahrens im Bereich der Bauwerkserhaltung mit der Verleihung des Deutschen Rohstoffeffizienz-Preises 2022.



- **AVK-Innovationspreis 2022 an Nachwuchingenieur:innen vom ITM für endkonturnahe 3D Gewebe für den Einsatz in FKV verliehen**

Im Rahmen des JEC FORUM DACH 2022 fand am 29. November die Verleihung der AVK-Innovationspreise in Augsburg statt. Der Innovationspreis in der Kategorie „Forschung/Wissenschaft“ (1. Platz) wurde für die Entwicklung „Sphärisch gekrümmte Faserkunststoffverbundbauteile (FKV) aus endkonturnah gefertigten Geweben“ an das Wissenschaftlerteam Dipl.-Ing. Dominik Nuss, Dr.-Ing. Cornelia Sennewald und Prof. Dr.-Ing. habil. Chokri Cherif verliehen.



Verleihung der Innovationspreise 2022: Gerhard Lettl (AVK), Dipl.-Ing. Dominik Nuss (ITM), Prof. Dr. Chokri Cherif (ITM) und Prof. Dr. Jens Ridzewski (v.l.n.re.)
© MK-Fotografie & JEC FORUM DACH

Mit der Entwicklung der Technologie des abzugsfreien Jacquard-Webens sowie des seit vielen Jahren am ITM der TU Dresden fest etablierten technologischen Know-hows auf dem Gebiet hochkomplexer 2D- und 3D-Gewebegeometrien ist es Dominik Nuss gelungen, allein durch gezielte Variation der Gewebefaserbindung lokal unterschiedliche Garmlängen in die Gewebestruktur einzuarbeiten. Dadurch lassen sich ohne zusätzliches Drapieren völlig neuartige Gewebe herstellen, insbesondere sphärisch gekrümmte Gewebe, aber auch großformatige Spinalgewebe oder Kurvengewebe. Besonders hervorzuheben ist, dass mit deutlich reduzierten Preformingschritten die geforderte endkonturnahe Geometrie des zu verstärkenden Bauteils abgebildet werden kann. Ein durchgängiges simulationsgestütztes Engineering vom CAD-Entwurf bis zur integral gewebten 2D- und 3D-Preform mittels hochkomplexer Bindungsentwicklung für räumliche Konstruktionen ist ein Alleinstellungsmerkmal am ITM, welches unerlässlich für die Entwicklung dieser zukunftssträchtigen gewebten Hightech-Strukturen war.

Diese Technologie ist völlig neuartig und wurde bisher so in keinstenweise durchgeführt. Die Gewebe-



Dr.-Ing. Cornelia Sennewald und Dipl.-Ing. Dominik Nuss mit ihrer am ITM der TU Dresden entwickelten und gefertigten sphärisch gekrümmten Preform

strukturen zeichnen sich aufgrund ihrer Geometrievielfalt und den Einsatzmöglichkeiten durch einen hohen Innovationsgrad aus, können in zahlreichen Anwendungen eingesetzt werden und zur Erschließung völlig neuer Anwendungsfelder beitragen. Die Technologie ist auf allen Jacquard-Webmaschinen mit einer Zusatzvorrichtung umsetzbar und die Preformgeometrie wird lediglich durch die Ansteuerung der Jacquardmaschine bestimmt. Die Preformgeometrie kann die volle Arbeitsbreite der Webmaschine einnehmen.

Professor Chokri Cherif, Institutsdirektor des ITM, freut sich mit seinem Team sehr über die kontinuierlichen Forschungserfolge auf dem stetig wachsenden Forschungsfeld der 3D-Webtechnik, die am ITM in enger Kooperation mit der Industrie und Anwendern erzielt werden. „Diese Auszeichnung ist für unser Institut eine besondere Ehre und bestätigt, dass unsere langjährigen exzellenten Forschungsleistungen auf dem Gebiet endkonturnahen 3D-Gewebe für den Faserkunststoffbereich eine bedeutende Rolle spielen und wir mit unserer Entwicklung einen wesentlichen Beitrag für eine nachhaltige und ressourceneffiziente Fertigung von Leichtbaustrukturen leisten“.

AVK-Innovationspreis

Die AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. und AVK-TV GmbH - zeichnet Innovationen im Bereich Faserverstärkte Kunststoffe (FVK) / Composites jährlich in den Kategorien Innovative Produkte/Bauteile bzw. Anwendungen, Innovative Prozesse bzw. Verfahren und Forschung und Wissenschaft aus. Ein Ziel des Innovationspreises ist die Förderung neuer Produkte/Bauteile bzw. Anwendungen aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) sowie die Förderung neuer Verfahren bzw. Prozesse zur Herstellung dieser FVK-Produkte. Ein weiterer Preis geht an Universitäten, Hochschulen und Institute für herausragende wissenschaftliche Arbeiten in Forschung und Wissenschaft.

- **Verabschiedung von Frau Professor Sybille Krzywinski in ihren wohlverdienten Ruhestand**

Am 02. September 2022 wurde unsere langjährige Mitarbeiterin und Professorin Sybille Krzywinski in ihren wohlverdienten offiziellen Ruhestand verabschiedet.



Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev, der zum 1. August 2019 als Universitätsprofessor (W3) an der TU Dresden ernannt wurde und die Professur für Konfektionstechnik mit ihrer neuen Denomination „Montagetechnik für textile Produkte“ (seit 2021 „Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten“) am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik übernahm, hat zur Verabschiedung eine Laudatio gehalten, die wir an dieser Stelle für alle Leser:innen veröffentlichen.

„Die Jugend ist die Zeit, Weisheit zu lernen. Das Alter ist die Zeit, sie auszuüben.“ (Jean-Jacques Rousseau)

Meine erste indirekte Begegnung mit Frau Prof. Krzywinski war im Jahre 2000, wo ich anfang, mich mit Modellierung von Textilien und insbesondere Maschenwaren zu beschäftigen und ich die Arbeiten von ihrem Team über die „Schnittkonstruktion von Maschenwaren für körpernahe Bekleidung aus Maschenware“ und „Simulation of the Drape Behaviour of Fabrics“ aus dem Jahr 1999 gefunden habe.

Ich war damals sehr positiv überrascht, gute Arbeiten mit auf Textilien angewandter Mechanik aus Deutschland zu finden. Auf diesem Thema waren bislang hauptsächlich Kollegen aus Australien, Liberec, Schweiz und Russland tätig. Somit hat Frau Prof. Krzywinski schon damals eine erste positive Einstellung für Dresden und das ITM für mich gebildet und ein erstes Zeichen für Dresden und das ITM (damals noch ITB) für mich gesetzt.

Dieser Eindruck hat sich in der folgenden Zeit durch ihre exzellenten Arbeiten bestätigt – Frau Prof. Krzywinski hat immer mit dem ganzen Herzen und Blut in dem Thema gearbeitet und die Grundlagen für den Einsatz von CAD-Software, die Integration der Materialparameter und so die komplette Auslegung von „Engineered textile Products“ entwickelt und mit dem Team in der Industrie angewandt.

Ich bin zu kurz an der TU Dresden, um ihre wichtigsten Beiträge für die Wissenschaft, Industrie, für die Gleichstellung, ihr unermüdlich großes Engagement für die Professur, das gesamte Institut sowie den Freundes- und Förderkreis des ITM – nicht zuletzt für ihre Doktoranden und Studenten in den zurückliegenden 46 Jahren auflisten zu können, man könnte zu jedem dieser Themen ein Buch schreiben ...

Liebe Sybille,

ich möchte Dir danken - dafür, dass Du das Fachgebiet der Konfektionstechnik, insbesondere die Produktentwicklung von Textilien Produkten aufgebaut hast und nicht nur zum guten Image der Professur Entwicklung und Montage von textilen Produkten nachhaltig beigetragen hast – sondern auch für das ITM und für die TU Dresden in allen Jahren deines Schaffens und Wirkens sehr viel beigetragen hast.

Das gesamte Lehrstuhlteam und alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM wünschen dir Gesundheit, Glück, Ruhe und Freude für den neuen Lebensabschnitt.

„Viel zu spät begreifen viele die versäumten Lebensziele:

*Freuden, Schönheit und Natur,
Gesundheit, Reisen und Kultur.
Drum, Mensch, sei zeitig weise!
Höchste Zeit ist ´s! Reise, reise!“
(Wilhelm Busch)*



Mit Wirkung vom 01. November 2009 wurde Frau Privatdozentin Dr.-Ing. habil. Sybille Krzywinski durch den Rektor der TU Dresden, Herrn Professor Hermann Kokenge, zur Außerplanmäßigen Professorin nach Sächsischem Hochschulgesetz, § 56, bestellt. Im Jahr 2005 hat Frau PD Dr. Krzywinski mit der Arbeit zum Thema „Verbindung von Design und Konstruktion in der textilen Konfektion unter Anwendung von CAE“ die Habilitation an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden erreicht und auf Vorschlag des damaligen Institutsdirektors Prof. Dr. Peter Offermann die Lehrbefugnis für das Gebiet „CAE in der Textiltechnik“ erhalten.



Aus diesem Anlass hatte Herr Professor Hartmut Rödel in seiner Laudatio die exzellenten Forschungsleistungen und die Verdienste von Frau Professorin Krzywinski sehr detailreich und lebendig gewürdigt, deren Veröffentlichung im Jahresbericht 2009, Seite 90 erfolgte.

In ihrer Schaffensphase seit 2010 hat Frau Professorin Krzywinski als „Doktormutter“ zehn Doktorandinnen und Doktoranden betreut und erfolgreich zur Promotion geführt. Damit verbunden waren auch die Initiierung und Aufbau weiter, gänzlich neuer Forschungsfelder, z.B. der 3D Druck auf biege weiche Strukturen zur Funktionserweiterung von Konfektionsprodukten, die thermodynamische Simulation von Kleidungssystemen und die digitale Haptik.

Vielen Dank für das unermüdliche Engagement und die herausragenden Leistungen in mehr als 46 Jahren intensiver Tätigkeit in Lehre und Forschung am Institut.

Mit Stolz können Sie auf ein sehr erfolgreiches und ereignisreiches Arbeitsleben zurückblicken.

Mit dem Ruhestand beginnt ein neuer Lebensabschnitt voller Freiheit, neuer Möglichkeiten und Genuss; ein Lebensabschnitt mit Zeit, den eigenen Hobbys vermehrt nachzugehen.

Wir alle wünschen Ihnen für diese Zeit alles, alles Gute und vor allem viel Gesundheit.



Jahresbericht 2009

Frau Professorin Krzywinski ist Expertin auf dem Gebiet der Anwendung rechnergestützter Technologien in der Textil- und Konfektionsindustrie. Dazu sind neben der Anwendung der CAD-Technik in zwei- und dreidimensionaler Arbeitsweise die Eigenschaften der textilen Flächengebilde bei der Formfindung der Schnittkonturen zu berücksichtigen, um die Produktentwicklungsprozesse zu beschleunigen und iterative Schritte mit Musterfertigung möglichst zu eliminieren. Aus dieser Anforderung resultiert die stetige interdisziplinäre Forschungsarbeit mit Partnern aus den Fachgebieten der Festkörpermechanik, der Computergrafik und den Industriepartnern aus der einschlägigen Software-Industrie und den Textil- und Konfektionsunternehmen. Hinzu kommen die Aufgaben in der Anwendung und der Anpassung der Textilprüftechnik an höhere Anforderungen und auch in der Prüferäteentwicklung zur Bestimmung der relevanten Flächengebildeigenschaften. Frau Professorin Krzywinski hat mit ihren Arbeiten die informationstechnische Lücke zwischen den vorrangig durch manuelle Arbeit gekennzeichneten Designprozessen und der ingenieurtechnischen Produktentwicklung und Produktionsvorbereitung bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Materialverhaltens geschlossen.

In vielen Forschungsprojekten der DFG, AIF oder auch anderer Fördermittelgeber, darunter auch als Leiter des Teilprojektes A2 im SFB 639, sowie als Betreuer studentischer Graduiertenarbeiten hat sie ihre Befähigung zur erfolgreichen Antragstellung, Bearbeitung und Berichterstattung sowie zur Anleitung von Mitarbeitern unter Beweis gestellt. Die Arbeitsgegenstände dieser Projekte gehören zu den Produktgruppen Bekleidung, Heim- und Haustextilien sowie Technische Textilien.

Frau Professorin Krzywinski hat sich in der Textil- und Konfektionsbranche einen sehr guten Namen als Forscherin erarbeitet. Vielfältige Veröffentlichungen und Vorträge (ca. 130) in der internationalen und nationalen Fachliteratur belegen dies in eindrucksvoller Weise. Die Resonanz nationaler und internationaler Industriepartner sowie die Aufmerksamkeit der internationalen Forschungsexperten belegen, dass mit dieser wissenschaftlichen Arbeit das technologische Niveau der Branche durch praxisüberführbare Ergebnisse wesentlich angehoben wurde. Mehrere Industriepartner der Automobil-Sitzfertigung befinden sich derzeit in der Einführungsphase der von Frau Professorin Krzywinski konzipierten und vorbereiteten Vorgehensweisen.

Hervorzuheben ist außerdem die nunmehr schon langjährige Kooperation mit branchenspezifischen Software-Unternehmen. Seitens der KölnMesse GmbH wurde die Forschungsarbeit der Frau Professorin Krzywinski auf Vorschlag einer internationalen Jury mit dem IMB Innovation Award 2009 geehrt.

In diesem Zusammenhang ist es selbstverständlich, dass diese aktuellen Forschungsergebnisse in die studentische Ausbildung und in die Weiterbildung einfließen. Die Lehrveranstaltungen „3D-CAD Anwendung in der Konfektionstechnik“ und „Design und Konstruktion/CAD“ wurden von ihr konzipiert und übernommen. Sie bildet damit die Absolventen nicht nur auf dem Niveau der Industrie aus, sondern stellt der Industrie kompetente Ingenieure für dieses sich in den ersten Anwendungen befindende Gebiet als Multiplikatoren bereit.

Hervorzuheben ist ihr hohes persönliches Engagement im Rahmen des internationalen Masterkurses E-TEAM (European Masters in Advanced Textile Engineering), welchen die Europäische Vereinigung universitärer Textilinstitute AUTEX mit wechselnden Standorten an europäischen Hochschulen in englischer Sprache durchführt. Hier übernimmt sie seit 2001 die Lehre „Computer Aided Textile Design & Manufacturing“ im Umfang von 30 Stunden.

Die internationale Kooperation des ITM innerhalb der AUTEX-Vereinigung und die Aktivitäten zur Anbahnung von EU-Forschungsprojekten koordiniert und aktiviert Frau Prof. Dr. Krzywinski schon seit mehreren Jahren erfolgreich.

Für die Institutsarbeit leistet Frau Professorin Krzywinski als Geschäftsführerin des Vereins der Freunde und Förderer des ITB der TU Dresden e.V. eine solide und für die Belange des Instituts und der Studentenförderung wertvolle Arbeit.

Über die verdiente Würdigung ihrer Arbeit freuen sich die Mitarbeiter und Professoren des ITM sehr. Wir wünschen unserer Außerplanmäßigen Professorin Sybille Krzywinski weiterhin besten Erfolg in Lehre und Forschung.

Für die Angehörigen des ITM gratuliert herzlichst

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Hartmut Rödel

Zugleich hat sie mit großem Engagement ihre Lehre durchgeführt und eine nicht zu beziffernde Anzahl studentischer Abschlussarbeiten betreut. Von März 2018 bis Juli 2019 war sie mit der kommissarischen Leitung der Professur (damals noch unter dem Namen „Konfektionstechnik“) betraut, die sie vertrauensvoll im August 2019 an Professor Yordan Kyosev übergab.

PRÄSENTATIONEN UND TAGUNGSBERICHTE

• OES Businessfrühstück

Der Organic Electronic Saxony e.V. (OES) veranstaltete am Mittwoch, 15. Juni 2022 zum zweiten Mal das Businessfrühstück „Smart Textiles II“ am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM). Nach einem geführten Rundgang durch die Textilmaschinenhalle und Reinräume gab es zwei spannende Impulsvorträge über die neuesten Entwicklungen von Bio- und Medizintextilien sowie weiteren Anwendungsfeldern des ITM. Frau Dr. Aibibu präsentierte aktuelle Entwicklungen der faserbasierten Biomedizintechnik. Über eine Auswahl laufender Projekte am ITM zu diesem Themenkomplex informierte Lukas Benecke mit seinem Vortrag „Textile Strukturen mit materialintrinsischem Formänderungsvermögen“ die Teilnehmer, im konkreten über Anastomosetextilien auf Basis von Formgedächtnis- und elektroaktiven Polymeren, Kompressionstextilien, Textil-basierten Sensoren, sowie künstlichem, flüssigkristallelastomer-basiertem Muskelerersatz. Im Anschluss gab es bei kulinarischer Verköstigung hervorragende Möglichkeiten zur Diskussion und zum Matchmaking mit den ca. 30 Teilnehmern aus Industrie und Forschung.



• Tunesische Studierende zu Gast am ITM

Am 17. Juni 2022 besuchte eine Gruppe von 14 Studierenden der Ecole nationale d'Ingénieurs de Monastir, Département de génie textile (ENIM) unter der Leitung von Dr. Mokhtar das ITM. Der Besuch fand im Rahmen einer 12-tägigen Exkursion an deutsche Textilforschungsinstitute und Standorte der Textil- und Konfektionsindustrie, finanziert über DAAD-Mittel im Rahmen des Erasmus-Programms, statt.

Nach einer Begrüßung im Hörsaal durch Herrn Prof. Cherif und Herrn Prof. Kyosev erhielten die Exkursionsteilnehmer:innen zunächst einen allgemeinen Überblick über die Forschung und Lehre am ITM.



Danach folgte ein umfangreiches Besichtigungsprogramm an den verschiedenen Institutsstandorten. Durch die Labore der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten im Institutsteil Hohe Straße führten Herr Prof. Kyosev und Herr Dr. Saeed. Im Scan-Labor wurde der Move 4D-Body Scanner (IBV, Valencia) anhand eigenhändiger Scan-Versuche demonstriert. Weiterhin besichtigten die Studierenden die Labore für Textilschweißen und für CFK-Roboter-Nähtechnik.



Nach der Mittagspause wurde die Exkursion am Standort Dobritz fortgesetzt. Herr Dipl.-Ing. Pötzsch (FG Bio- und Medizintextilien) führte die Gäste durch die Labore im Reinraumbereich mit der Carbonfaser-Spinnanlage und der Elektrospinn-Anlage sowie durch die Chemie- und Analyselabore. Frau Dr. Kruppke (Leiterin der Forschungsgruppe Textilchemie) setzte mit Ausführungen zu den Faserspinnanlagen fort und zeigte eindrucksvoll auf, dass die Technologieerweiterung des Schmelzspinnens und des Nassspinnens vielfältiges Potenzial für die Herstellung neuartiger Multifilamentgarne, z. B. Chitosan-Multifilamentgarne, besitzt.



Herr Dr. Hasan (FG Multimaterial-Garnstrukturen für Hightech-Anwendungen) erläuterte, wie klassische Faserspinnmaschinen (Karde, Faserstrecke) aber auch alternative Garnspinnverfahren, z. B. die DREF-Technologie, für das Recycling von Hochleistungsfasern, z. B. Carbonfasern, zu neuen Garnprodukten eingesetzt werden.

Die neuen Eindrücke wurden anhand einer abschließenden Vorstellung der Lehrinhalte des Masterstudienganges „Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik“, die der Exkursionstag in Theorie und Praxis plastisch erlebbar machte, zusammengefasst. Zum Tagesausklang lud Professor Cherif zu einem geselligen Beisammensein in die Dresdner Altstadt ein.



Letzte Station der Exkursion war der Besuch der Internationalen Leitmesse für Technische Textilien und Vliesstoffe (Techttextil) sowie Verarbeitung von textilen und flexiblen Materialien (Texprocess) in Frankfurt a. M. mit Stippvisiten auf beiden ITM-Messeständen.



(Autorin: Dr.-Ing. Kathrin Pietsch)

- Das ITM auf der TECHTEXTIL und TEXPROCESS 2022 in Frankfurt am Main**

Das Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden präsentierte vom 21. bis 24. Juni auf der TECHTEXTIL 2022 (Halle 12.0 Stand C51) und TEXPROCESS 2022 (Halle 8.0 Stand B61) wieder seine Forschungsaktivitäten, die sich in zahlreichen interdisziplinären branchenübergreifenden Forschungsprojekten wieder spiegeln.



- Die Professur Textiltechnik auf der Tectextil 2022**



Die Forschungsaktivitäten am ITM, die vorzugsweise auf der TECHTEXTIL offeriert werden, waren auf die Bereiche Maschinen-, Technologie- und Produktentwicklung (Faserverbundwerkstoffe, Bautextilien, textile Architektur, Bio- und Medizintextilien, Textilien für Sensornetzwerke/Funktionstextilien, konfektionierte Produkte/Preforming) fokussiert und beinhalteten u. a. die Entwicklung und Verarbeitung von High-Tech-Fasern aus Carbon, Glas, Aramid, Stahl und Keramik, die Entwicklung innovativer Verarbeitungstechnologien für diese Fasern sowie die funktionsintegrierte Entwicklung von textilen Halbzeugen und Textilprodukten in Zukunftsfeldern. Ergänzt wurden die Forschungsaktivitäten durch die Modellierung und Simulation von Struk-

turen und Prozessen. Diese interdisziplinären Aktivitäten erforderten besonders die Entwicklung von neuartigen Faden- und Hybridgarnkonstruktionen, 2D- und 3D-Verstärkungshalbzeugen, Ausrüstungs- und Funktionalisierungstechnologien sowie der dazu notwendigen Maschinentechniken. Hierzu wurden u. a. präsentiert:

- Hochleistungs-, Funktions- und biobasierte Fasern
- Maßgeschneiderte Carbonfasern
- Gewebte 3D Knotenelemente und Hybridgewebe
- Integral gefertigte 3D Mehrlagengestricke
- Axvariable Verstärkungsstrukturen mittels Flechten, Stricken und Wirken
- Carbonbeton
- Faserbasierte Medizinprodukte
- Sensor- und Aktorsysteme in Technischen Textilien
- Struktur- und Prozesssimulation textiler Hochleistungswerkstoffe und textiler Fertigungsprozesse
- ...

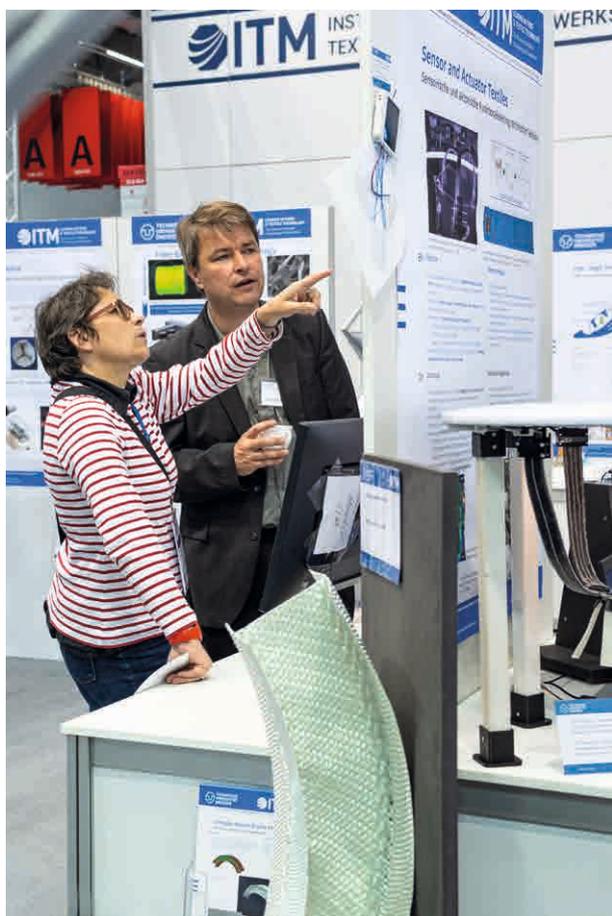
Eine besondere Forschungskompetenz des ITM liegt in der Dimensionierung, Entwicklung und Fertigung von 2D- und 3D-Geweben mit maßgeschneiderten Eigenschaften, die mit anschaulichen Demonstratoren zur TECHTEXTIL vorgestellt wurde.

Selbstverständlich war das Forschungsgebiet zur Thematik des Strickens ebenfalls mit unterschiedlichen Mustern vertreten. Exponate zu Smart- und E-Textiles, als auch zu partiell fließfähigen Verstärkungsstrukturen sowie variable Schlauchgebilde wurden ausgestellt.



Das Schwerpunktforschungsfeld zum Textilen Bauen rund um den Carbonbeton wurde ebenfalls angemessen präsentiert. So konnten Besucher ausgewählte Exponate zu unterschiedlichen Verarbeitungsformen von carbonbewehrten Strukturen bestaunen und sich zu deren Eigenschaften, Herstellung sowie Verarbeitung informieren.

Im Bereich textilbasierter Aktornetzwerke auf Basis von textiltechnisch verarbeitbaren Aktormaterialien bspw. auf Basis von Formgedächtnislegierungen werden strukturintegrierte gewichtssparende und kostengünstige Lösungen für Spezialkinematiken für Anwendungen im Automotive-Bereich, im Anlagenbau und in der Medizintechnik am ITM entwickelt, die robotikähnliche Stell- und Greifmechanismen sowie strömungsoptimierende formvariable Strukturen ermöglichen. Wovon sich die Messebesucher auf dem Stand des ITM an ausgewählten Demonstratoren einen umfassenden Überblick verschaffen konnten.



Ein weiteres Highlight stellte die Präsentation der vielfältigen Möglichkeiten, die die Struktur- und Prozesssimulation textiler Hochleistungswerkstoffe und textiler Fertigungsprozesse bietet, dar. Anhand von Modellierungen und Simulationen aus unseren unterschiedlichsten Forschungsgebieten am ITM, wurde mit einer Videopräsentation ein guter Überblick zu dieser komplexen Thematik geboten.

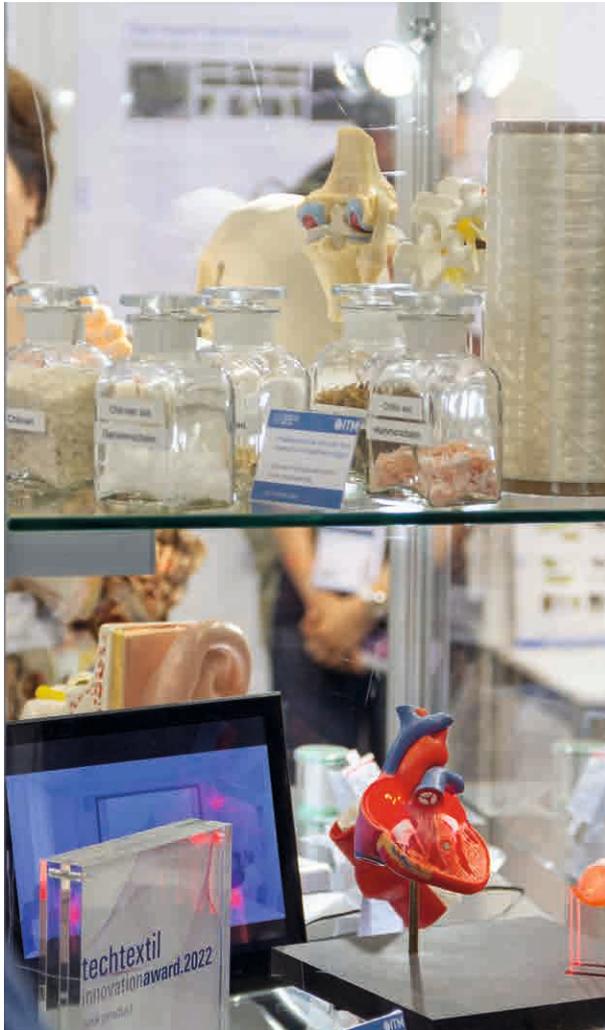


Exponate zu den Forschungsgebieten Textilchemie/ Textilausrüstung konnten ebenfalls durch das interessierte Publikum betrachtet werden. Im Speziellen wurden Exponate zur Faserherstellung am Bsp. der Prozesskette von Naturfasergarnen wie Chitosan, als auch eine Skizze zur Herstellung von Carbonfasern auf Basis von Lignin gezeigt. Zum Forschungsthema der Ausrüstung von Textilien, konnte man sich zum Färben von Naturfaserstoffen mit natürlichen Farbstoffen informieren.



Zum aktuellen Thema Nachhaltigkeit wird am ITM selbstverständlich auch geforscht. So konnte das interessierte Fachpublikum Demonstratoren bestaunen, welche aus recycelten Carbon-Kurzfasergarnen und weiter mit der Web- als auch Stricktechnologie von unseren Wissenschaftlern entwickelt wurden. Diese können bspw. im Fahrzeugbau Anwendung finden.

Unterschiedlichste Beispiele aus dem großen Wissenschaftsfeld der Biomedizintechnik durften selbstverständlich auch nicht fehlen und wurden repräsentativ ausgestellt.



Besonders stolz sind wir, dass unsere Wissenschaftler mit dem Techtexsil-Award 2022 für die Forschung zu gewebten Herzklappen ausgezeichnet wurden (siehe Beitrag auf Seite 90).



- **Die Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten auf der Texprocess 2022**

Auch 2022 war die Professur wieder mit einem eigenständigen Stand auf der Texprocess vertreten. Präsentiert wurden Exponate aus laufenden sowie auch aus abgeschlossenen Forschungsprojekten.



Visueller Besuchermagnet war ein Roboter zum Pick-up und Vereinzeln von Textilzuschnitten, anhand dessen die Professur ihre Ausrichtung auf das automatisierte Handling von Textilzuschnitten in vielen Gesprächen im Detail darbringen konnte.



Ein weiterer Eye-Catcher war ein aerodynamisch optimierter Sportanzug aus funktionellen Textilien zur Anwendung im Windkanal, in denen der Mensch bereits durch die Kraft der vertikal erzeugten Luftströmung ohne die komplizierte und komplexe Fallschirmausrüstung als auch ohne Ausbildung fliegen kann.



Die technische Entwicklung beeinflusst alle Bereiche des Alltags, u. a. auch die Entstehung neuer Sportarten. Der im Rahmen eines ZIM-Projektes mit der Firma Rainbow und dem ILR der TU Dresden entwickelte neuartige, aerodynamisch optimierte und nutzerorientierte Sportanzug und die dabei gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Schnittgestaltung und den aerodynamischen Eigenschaften der ausgewählten Materialien im Hinblick auf das Flugverhalten der Sportanzüge für Vertikalwindtunnel wurden den interessierten Besuchern nahegebracht.

Des Weiteren informierten Poster und Flyer zu den aktuellen Projekten das interessierte Fachpublikum. Die in einer Videoprojektion dargestellten Methoden und Ergebnisse zur virtuellen und physischen Produktentwicklung, z.B. stichhemmende Schutzkleidung unter Nutzung von endlosfaserverstärkter additiver Fertigung sowie zu innovativen Füge-, Mess- und Formgebungsverfahren waren Gegenstand weiterer zahlreicher Gespräche mit Forschungspartnern, Industrieunternehmen sowie zukünftigen Auszubildenden und Studierenden anderer Hochschulen aus dem In- und Ausland.



- **Lange Nacht der Wissenschaften 2022 - Wir waren dabei - am TU Dresden Campus und in Dresden-Dobritz**

Das Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden bot zur Langen Nacht der Wissenschaften am 08. Juli 2022 zu folgenden Themen einen Einblick in vielfältige Forschungsarbeiten:

Faser- und textilbasierte Hochleistungswerkstoffe für High-Tech-Anwendungen konnten in den Räumlichkeiten des ITM auf dem Campus der TU Dresden hautnah mit erlebt werden. (T1)



Walter-Frenzel-Bau

In der Textilmaschinenhalle „Walter-Frenzel-Bau“ (am Zeunerbau, George-Bähr-Str. 3c) gaben wir einen anschaulichen Einblick in die Vielfalt der Technischen Textilien. Wir boten: Textilmaschinenvorführungen (z. B. Strick-, Web- und Wirktechniken); Präsentation textiler High-Tech-Strukturen aus Hochleistungsfaserverbundwerkstoffen für Faserverbundwerkstoffe, Bautextilien, Sensornetzwerke, Funktionstextilien sowie Schutztextilien; Einblick in die Modellierung und Simulation von textilen Strukturen und Prozessen; ...



Einblick in die Stricktechnologie



Spannende Flächenbildungstechnik - hier das Weben

Einen Blick hinter die Kulissen zum Themengebiet „Carbonbeton – Werkstoff der Zukunft“, konnte man im Versuchsfeld „Neue Textilmaschinenhalle“ (George-Bähr-Str. 1c) erhaschen. Dabei gab es Vorführungen mit hochmoderner Anlagentechnik zur Fertigung textiler High-Tech-Strukturen für textilverstärkte Betonbauteile sowie die Präsentation von Bauteilen aus Carbonbeton.



Integrierte Sensorik im Flügel einer Windkraftanlage



Neue Textilmaschinenhalle

Zum ersten Mal im Rahmen der Dresdner Langen Nacht der Wissenschaften luden wir interessierte Besucher ein, auch an unseren ITM Standort Dresden-Dobritz zu kommen.



DIY-Siebdruckstation

Dabei konnte man sich in unserer Textilmaschinenhalle Dobritz (Breitscheidstraße 78) zu Faser- und textilbasierten Hochleistungswerkstoffen für High-Tech-Anwendungen (T2) informieren. Es gab hier Textilmaschinenvorfürhungen (z. B. Spinn-, Web- und Wirktechniken) und Präsentation textiler High-Tech-Strukturen aus Hochleistungsfaserstoffen für Faserverbundwerkstoffe, Bautextilien,

Ebenfalls am ITM-Standort Dresden-Dobritz, jedoch im HAUS D, konnte man sich zu unserer „medizinischen Forschungswelt“ informieren lassen. Wir boten Einblicke in die faserbasierte Biomedizintechnik. Unter anderem gab es maßgeschneiderte textile Herzklappenprothesen, ein biomimetisches Trommelfellimplantat, Stents, Gefäßprothesen, Knochenimplantate und natürlich die Anlagen zur Faserherstellung zu sehen.



Versuchsfeld der Biomedizintechnik

Auch im HAUS D wurden das erste Mal unsere textilchemischen Labore zur Prüfung und Bewertung textiler Strukturen für Besucher geöffnet. Dort erhielten die Besucher einen anschaulichen Einblick in die chemische Analytik zur Entwicklung neuer Materialien und Produkte im Rahmen industrienaher Forschung.

Als besonderes Extra bestand die Möglichkeit am Forschungszentrum Research Center Carbon Fibers Saxony (RCCF) in Dresden-Dobritz in die „Märchenhafte Welt der Kohlenstofffaser“ einzutauchen. Besucher konnten sich auf eine Tour durch die verschiedenen Stationen der Herstellung von Kohlenstofffasern machen. Vom Hexenkessel der Babajaga über das Spinnrad von Dornröschen bis hin zu magischen Wunderfasern gab es für Groß und Klein bei uns eine ganze Reihe Spannendes zu entdecken.



Informatives rund um die Kohlenstofffasern

• ITM auf dem 61. Dornbirn Global Fiber Congress

557 Teilnehmer aus mehr als 30 Ländern kamen am 14. bis 16. September 2022 zum 61. Dornbirn Global Fiber Congress (Dornbirn GFC) nach Österreich. Nach zwei durch die Pandemie geprägten Jahren, präsentierten mehr als 100 internationale Vortragende aus Industrie und Forschung wieder in Präsenz in drei Sälen im Kulturhaus Dornbirn die neuesten Innovationen aus den Bereichen der Fasertechnologien, Recycling, Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft, Smarttextilien, funktionale Oberflächen, Vliesstoffe sowie Bekleidung und Sport.

Neben den Key Note Speakern Robert van de Kerckhof (Lenzing Group), Uday Gill (Indorama Ventures PCL) und Prof. Fritz Vollrath (Oxford University) präsentieren die Wissenschaftler des ITM ihre aktuellen Forschungsergebnisse in fünf Vorträgen:

- High-speed body scanning as a new chance for dynamic optimisation of sports wear (Prof. Y. Kyosev)
- Melt-spun manmade fiber with scalable nano-, submicro- and microstructured surfaces (L. A. Frankenbach) (Abb. 1)
- Shape memory filament yarns (Dr. R. Tonndorf)
- High-performance chitosan filament yarns from ionic liquids (I. Kuznik) (Abb. 2)

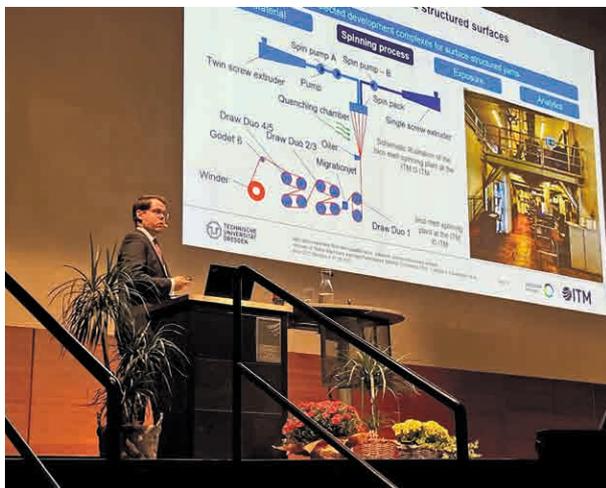


Abb. 1: Frankenbach, L. A. (ITM): "Melt-spun manmade fiber with scalable nano-, submicro- and microstructured surfaces"

Spinning ionic electroactive polymer monofilaments for use in actuator structures (M. Bruns) (Abb. 3) Darüber hinaus bot der Dornbirn-GFC im Rahmen des 2. Start-Up Events zum zweiten Mal die Plattform zur Präsentation der innovativen Ideen und kreativen Ansätze für junge Unternehmen. Einen Einblick in die Forschungsthemen der nächsten Generation gaben die Preisverleihung des Young Scientist Award der Lenzing AG beim Gala-Abend in der Messe Dornbirn an die jungen Gewinnerinnen aus Deutschland, Slowakei und Spanien sowie des Paul Schlack Prei-

ses in Kooperation mit CIRFS. Hierbei überzeugte der ITM Wissenschaftler Herr Dr. Robert Tonndorf die Jury aus Fachleuten der Faserindustrie mit seinem Projekt „Entwicklung von Fertigungstechnologien zur Herstellung von einem biomimetischen faserbasierten Gerüst aus Kollagen für das Tissue Engineering und die regenerative Regenerationsmedizin“.



Abb. 2: Kuznik, I. (ITM): "High-performance chitosan filament yarns from ionic liquids"



Abb. 3: Q&A und Diskussion mit Chairmen Wallois, C. (CLUBTEX, mitte) und Bruns, M. (ITM, rechts)

Weiterhin präsentierten 20 bedeutende Vertreter aus der Textilindustrie und -forschung ihre einzigartigen Kompetenzen und die neuesten Entwicklungen im Ausstellungsbereich. Das ITM stellte dabei seine Forschungskompetenzen auf den Gebieten der Faser- und Garnentwicklungen sowie Textilchemie, Funktionalisierung und Ausrüstung in der fachbegleitenden Ausstellung den Tagungsteilnehmern vor (Abb. 4).



- **Summerschool am ITM – „4D Culture: Dress up, Dance and Digitally Dive into Culture“**



Vom 7. bis 11. Oktober 2022 haben sich 42 Teilnehmer aus fünf verschiedenen Ländern (Deutschland, Litauen, Griechenland, Bulgarien, USA) im Rahmen einer Summerschool versammelt und sich intensiv mit der Digitalisierung und Archivierung des Folkstanzes beschäftigt. Unter den Teilnehmenden waren Forscher:innen aus den Bereichen Informatik, Textil, Bekleidung, Folklore, Geschichte und TänzerInnen mit und ohne professionelle Folkloretanzerfahrung.



Geleitet und durchgeführt wurden die Digitalisierungstage durch die Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten. Das Projekt „4D Culture – Dress up, Dance and Digitally Dive into Culture“ ist ein durch die EU – unterstütztes Projekt, welches das Hauptziel verfolgt Folkloretanz im europäischen Raum zu digitalisieren. Dazu zählen sowohl die schmuckvollen Trachten, als auch die Tänze selber. Im Rahmen der Summer school wurden zur Stärkung des kulturellen Austausches und der Gruppendurchmischung verschiedenste Folkloretänze aus Deutschland, Griechenland und Bulgarien erlernt und zusammengetanzt. Unter der Leitung von Frau Maud Butter des Folkloretanzensembles „Thea Maass“ und in Kooperation mit dem griechischen Tanzlehrer Vangelis Karotsis mit seinen Tänzerinnen wurde das Tanzwochenende gestaltet und auch traditionelle Folkloretänze in originalen Trachten vorgeführt. In den anschließenden Tagen, mit

dem Fokus auf Digitalisierung, konnten die TeilnehmerInnen verschiedene Digitalisierungsmethoden von Bekleidung und Bewegung erlernen. Dabei wurden Trachten aus Griechenland und Bulgarien digitalisiert. Außerdem konnte auch der griechische Folkloretanz digital erfasst werden.



Über einen „Motion capture suit“ werden die Tanzbewegungen erfasst. Über den modernen Hochgeschwindigkeits-Body Scanner MOVE4D konnten auch die Tänzer:innen mit Ihren Kostümen in statischen und dynamischen (tänzerischen) Bewegungen erfasst werden. Als nachfolgende Weiterverarbeitung der erzeugten Daten der Folkloretrachten und -tänze wird nun in Kooperation mit den Partner:innen aus Griechenland und Portugal eine Webanwendung und Virtual Reality (VR) / Augmented Reality (AR) entwickelt.

Das Projekt läuft noch bis zum 01.03.2024 und als Ergebnis wird eine Virtuelle Plattform für die Zukunft entstehen. Die Projektkoordinatorin Frau Ann-Malin Schmidt und Professor Yordan Kyosev bedanken sich herzlich bei dem Folkloretanzensemble „Thea Maass“ für die intensive und sehr gastfreundliche Unterstützung. Des Weiteren bedanken wir uns bei der Projektförderung durch das Förderprogramm Internationalisierung und bei unseren Mitarbeiter:innen Doudou Zhang, Ellen Wendt, Jessica Boll und Felix Kunzelmann für die Leitung verschiedener Digitalisierungsworkshops. Wir bedanken uns bei allen Teilnehmer:innen für den tollen Austausch.

- **Netzwerktreffen health.textil cross border am ITM**

Am 22. November waren wir mit unserem Jahresabschlussstreffen zu Gast an der Technischen Universität Dresden. Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev und das Team vom Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) stellten uns viele spannende und zukunftsweisende Projekte vor.

Dazu gehörten die textile Produktentwicklung mittels High speed (4D) body scanning, die Funktionalisierung von Textilien durch 3D Druck zur Erzeugung von Stütz- und Schutz-Funktionen, die Entwicklung künstlicher textiler Muskeln und die Entwicklung tex-

tiler Implantate, um nur einige der Themen zu nennen.

Beeindruckend auch: die am Institut vorhandene Scan- und Bewegungsanalysetechnik – die von uns auch ganz praktisch erprobt werden konnte.

Der Verband der Nord-Ostdeutschen Textil- und Bekleidungsindustrie widmet sich bereits seit 2015 dem Thema Gesundheitstextilien. Mit dem vom Freistaat Sachsen geförderten Projekt health.textil 4.0 hat sich seit 2017 ein schlagkräftiges sachsenweites Netzwerk health.textil etabliert. Gegenstand des Netzwerks sind der kontinuierliche Dialog mit der Gesundheitswirtschaft und die Initiierung von anwenderbezogenen Projekten zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit mittelständischer Textilunternehmen im Markt der Gesundheitswirtschaft.

Dem Netzwerk gehören 19 sächsische Unternehmen an. Der Verbund hat darüber hinaus ein festes Netzwerk strategischer Partnerschaften zu Vereinigungen der Gesundheitswirtschaft, zu Forschungseinrichtungen und weiteren Multiplikatoren aufgebaut.

Bereits im Jahr 2018 gab es erste Kontakte zu tschechischen Partnern anlässlich der Messe mtex+. Das Netzwerkmanagement wurde durch die Mitglieder beauftragt, die Interessenslagen weiter auszuloten. Im Ergebnis wurde durch die Netzwerkmitglieder der strategische Beschluss gefasst, eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit mit tschechischen Partnern auf den Weg zu bringen.

Herzlichen Dank an Professor Kyosev und das Team für den interessanten Tag und die perfekte Organisation!

Diese Maßnahme wird mitfinanziert mit Steuermitteln auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtages beschlossenen Haushaltes.

(Autorin: Anke Pfau, vti)



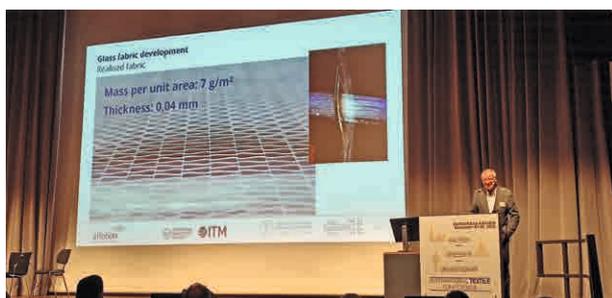
• ADD-ITC 2022 in Aachen

Nach einer pandemiebedingten Verschiebung der Konferenz im Jahr 2020 und einer erfolgreichen virtuellen Konferenz im Jahr 2021 fand die ADD-ITC 2022 wieder in Präsenz mit rund 550 Teilnehmern vom 01. bis 02. Dezember 2022 im Eurogress Aachen statt.

Die Textil- und Bekleidungsbranche der Zukunft ist emissionsfrei, digital und nutzt nachhaltige, kreislauffähige Rohstoffe, ihre Lieferketten sind sicher und transparent und sie reagiert flexibel auf Marktveränderungen durch regionale on-demand-Fertigung. In der Gegenwart werden diese Megatrends in Forschung, Entwicklung und Design mit Hochdruck erarbeitet. Ergebnisse dieser Arbeiten wurden auf der ADD-ITC 2022 in 20 Plenar- und Keynote-Vorträgen, ebenso wie 36 ‚contributed talks‘ und bis zu 100 Posterbeiträgen gezeigt. Als ein Höhepunkt des Programms wird darüber hinaus eigens für die Konferenz zusammengestellte Mode präsentiert, koordiniert von der Hochschule Niederrhein, Fachbereich Textil- und Bekleidungstechnik, und der RWTH, Institut für Textiltechnik: Textiles for a sustainable world! Das Konferenzprogramm beinhaltete Plenarvorträge und Themensessions aus den Bereichen:

- **Nachhaltigkeit in der Textilindustrie,**
- **Zukunft der Textilproduktion,**
- **Textilien für Medizin & Gesundheit,**
- **Smart Textiles & Fashion,**
- **Textiles - Past & Future,**
- **Technologietransfer (ZIM-Projekte im Textilbereich) sowie**
- **Textile Entwicklungen von Start-ups.**

Viele Tagungsteilnehmer informierten sich am ITM-Stand sowie bei den ITM-Posterpräsentationen über die Forschungsschwerpunkte am ITM und vor allem Studierende der umliegenden Fachhochschulen über weiterführende Studienmöglichkeiten am ITM.



Fachvortrag von Herrn Dr. Gerald Hoffmann, ITM zum Thema „Entwicklung folienartiger, ressourceneffizienter gewebebasierter Stromkollektoren aus feinsten Glas-Multifilamentgarnen und Metalldrähten für Elektroden in hochenergie- und -leistungsdichten elektrischen Energiespeichern, z. B. in Lithium-Ionen-Zellen“



Während der ADD-ITC verabschiedeten Prof. Dr. Chokri Cherif (ITM), Prof. Dr. Götz T. Gresser (DITF) und Prof. Dr. Thomas Gries (ITA) Herrn Thomas Waldmann vom VDMA Fachverband Textilmaschinen in den wohlverdienten Ruhestand. Der Fachverband Textilmaschinen ist für alle Forschungsinstitute ein sehr wichtiges Netzwerk für unsere Forschungsaktivitäten.

Im Namen aller Mitarbeiter:innen des ITM dankt Prof. Cherif Thomas Waldmann für die langjährige vertrauensvolle Zusammenarbeit und wünscht ihm für seinen Ruhestand alles Gute und vorallem allerbeste Gesundheit.



Plenarvortrag von Herrn Prof. Chokri Cherif und Prof. Michael Beiteltschmidt zum Thema „Modeling and analysis of dynamic yarn behavior for efficient slope of textile machine production management“

VERANSTALTUNGSVORSCHAU

- **Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2023 in Dresden**

Vom **30. November bis 01. Dezember 2023** findet in Dresden die Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference im Internationalen Congress Center Dresden statt.

Hierzu möchten wir Sie als Mitveranstalter und Hauptorganisator recht herzlich nach Dresden einladen. Wir freuen uns wieder sehr, Gastgeber sein zu dürfen.

Mit kontinuierlich über 600 Teilnehmern in Dresden zählt die Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference mit besonderem Fokus auf industrielle Relevanz seit mehreren Jahren nun mittlerweile zu den wichtigsten Textiltagungen in Europa und hat sich als nationale und internationale Plattform für die Textilindustrie, Textilmaschinenbau, Leichtbau, Bio- und Medizintechnik, Bauwesen sowie Elektro- und Informationstechnik fest etabliert. Mit unserem **diesjährigen Partnerland Indien** setzen wir unsere Tradition fort, eine Plattform für neue Forschungsk Kooperationen und Netzwerke außerhalb Deutschlands anzubieten. Weiterhin erhalten die Institute wertvolle Unterstützung von Vertretern aus namenhaften Firmen und Verbänden bei der Programm Vorbereitung. Besonders hervorzuheben sind hierbei das Forschungskuratorium Textil e.V., der Gesamtverband Textil + Mode e.V. und der VDMA Fachverband Textilmaschinen.

Wir freuen uns außerordentlich auf den persönlichen Austausch mit Ihnen. Wir laden Sie ein, die ADD-ITC als Teilnehmende, Vortragende oder mit Ihrem Ausstellungsstand zu besuchen und vor Ort in die Faszination der textilen Zukunft einzutauchen. Wir freuen uns auf Ihre aktive Teilnahme.



Dresden, November 30 - December 01, 2023
Partner Country: India

Die diesjährigen Themenschwerpunkte sind:

- **Trends in der Textilproduktion**
- **Nachhaltige polymere Werkstoffe sowie Funktionalisierungen**
- **Schutz- und Funktionstextilien**
- **Faserverbundwerkstoffe & Composites**
- **Technologietransfer „Von der Idee bis zur Praxis“**
- **Kooperationen zwischen Deutschland und Indien**
- **Textile Entwicklungen von Start-ups**

Darüber hinaus werden rund 100 wissenschaftliche Poster präsentiert und es gibt eine Ausstellung, bei der Sie mit Firmen, Instituten und Verbänden in Kontakt kommen können.

Sie möchten sich bei der ADD-ITC 2023 einbringen? Ob mit einem Ausstellungsstand, einer Anzeige im digitalen Book of Abstracts oder mit einem der Sponsoring-Pakete - wir freuen uns auf Ihre Anfrage!

Die Sponsoren und Aussteller werden bereits im Vorfeld der Tagung auf unserer Homepage aufgeführt, um somit schon frühzeitig auf sie aufmerksam zu machen. Darüber hinaus bleiben auch nach der Tagung die Sponsoren und Aussteller inkl. Ver-





linkung auf die Firmenhomepage auf unserer Homepage öffentlich zugänglich.

Die Preise, die technischen Anforderungen für die Anzeige sowie Details für einen Informationsstand finden Sie ebenso auf unserer Homepage. Gern möchten wir hinweisen, dass in der Standgebühr die Teilnahme einer weiteren Person aus Ihrer Firma bereits enthalten ist.

Infos zur Ausstellung:

<https://www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc/liste>



Infos zum Sponsoring:

<https://www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc/sponsoren>



Wir bitten Sie, im Namen aller Mitveranstalter sehr herzlich zu prüfen, ob Sie mit einem Sponsoring, Informationsstand und/oder Anzeige zur diesjährigen Tagung in Dresden vertreten sein möchten.

Für die Organisation der diesjährigen ADD-ITC ist das ITM der TU Dresden verantwortlich. Sie können sich jederzeit mit Fragen an das Organisationsteam per Mail: add-itc-2023@tu-dresden.de wenden.

Weiterführende Informationen zur Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2023 in Dresden sowie Preise und Bestellformulare für die Sponsoringangebote, Aussteller und Anzeigenschaltungen finden Sie unter <http://www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc/>.



- **International Week of Narrow and Smart Textiles / Internationale Woche der Schmal- und Smart-Textilien 2024 in Dresden**

Die «Internationale Woche der Schmal- und Smart-Textilien» hat das Ziel, den aktiven Austausch zwischen akademischen und industriellen Fachleuten aus Bereichen der Bandweberei, Flechterei, Schmalwirk- und -strickerei sowie Sonderthemen zu ermöglichen.

Somit setzen die Veranstalter

- **Dresden: TU Dresden, Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM)**
- **Mönchengladbach: Hochschule Niederrhein, Fachbereich Textil- und Bekleidungstechnik (HS NR) und**
- **Hof: Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hof, Institut für Materialwissenschaften (IfM)**

gemeinsam die Tradition, der bisher an der Hochschule Niederrhein in Mönchengladbach durgeführten Veranstaltungen von 2014, 2016 und 2018 fort.

Vom **18. bis 22. März 2024** findet die «**Internationale Woche der Schmal- und Smart-Textilien**» in Dresden statt.

Alle weiteren Informationen finden Sie unter der aufgeführten Webseite.

- **Institutsjubiläum 2025 des ITM**

Im Juni 2025 begeht das ITM sein 100jähriges Institutsjubiläum. Wir möchten dieses ehrwürdige Jubiläum mit Ihnen allen feierlich begehen und laden Sie hiermit ganz herzlich nach Dresden ein.



Topics:

- **New materials and sensor technology**
- **Braiding technology**
- **Narrow textiles/ multi-layer fabrics/ 3D fabrics**

Further information:

<https://tu-dresden.de/mw/itm/narrow-2024>

narrow-2024@tu-dresden.de

Organizer 2024:

ITM - Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology, TU Dresden

in co-operation with:

Hochschule Niederrhein & Hochschule Hof



Wir bitten Sie, sich diesen Termin bereits vorzumerken und freuen uns auf Ihre Teilnahme.

SAVE THE DATE: 10. /11. JUNI 2025

INSTITUTSJUBILÄUM 100 JAHRE ITM!

Textiltechnik an der TU Dresden 2025

160 Jahre Forschung und Lehre & 100 Jahre Institut

INFORMATIONEN AUS DEM ITM

• Neue Mitarbeiter:innen

Seit September 2022 ist **Frau Dipl.-Ing. Carola Böhmer** als wissenschaftliche Mitarbeiterin am ITM innerhalb der Forschungsgruppe „Mess-, Sensor- und Aktortechnik“ tätig. Sie schloss 2022 ihr Studium des Maschinenbaus mit der Vertiefungsrichtung des Verarbeitungs- und Textilmaschinenbaus an der TU Dresden ab. Zuvor war sie bereits als studentische Hilfskraft in verschiedenen Forschungsgruppen des ITM tätig. Ihre Diplomarbeit schrieb sie zu dem Thema „Entwicklung geflochtener, kapazitiver Dehnungssensoren mit lokaler Auflösung und die Untersuchung ihrer Querempfindlichkeiten“ und wurde am ITM in der Forschungsgruppe Sensor-, Mess- und Aktortechnik angefertigt. Ihre Tätigkeiten umfassen Themenstellungen im Bereich Smart Textiles und Soft Robotics.

Seit Juni 2022 ist **Frau Dipl.-Ing. Sophie Herz** als wissenschaftliche Mitarbeiterin am ITM in der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten tätig. Sie studierte Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Textilmaschinenbau an der TU Dresden, und schloss ihr Studium 2022 erfolgreich ab. Ihre Diplomarbeit erfolgte in Kooperation mit der University of British Columbia, Vancouver, Kanada zur Charakterisierung der Faserausrichtung in textilen Halbzeugen. Im Rahmen ihrer Arbeit erforscht Frau Herz nun derzeit innovative Lösungen für die Automatisierung textiler Fertigungsprozesse.

Seit Juli 2022 ist **Frau Dipl.-Ing. Britt Werner** als administrative Koordinatorin für das GRK 2430 und Assistenz des Instituts tätig. Nach ihrem Studium des Maschinenwesens an der TU Dresden und verschiedenen anderen Stationen arbeitete sie seit 2001 bei einem weltweit tätigen Maschinenbauunternehmen in der Niederlassung Dresden als Projektleiterin. Im Rahmen ihrer neuen Tätigkeit am ITM ist sie Ansprechpartnerin sowohl für die administrativen Tätigkeiten im Rahmen des Graduiertenkollegs als auch für alle Mitarbeitenden des ITM.

Herr Dipl.-Ing. Paul Bertram ist seit November 2022 als WHK am ITM in der Forschungsgruppe „Textilchemie/Textilausrüstung sowie Polymer- und Fasertechnologie“ tätig. Im September 2022 schloss er sein Werkstoffwissenschaftsstudium an der TU Dresden erfolgreich ab. Während seines Studiums arbeitete er als studentische Hilfskraft in der Forschungsgruppe „Bio- und Medizintextilien“. Seine Diplomarbeit zum Thema „Degradation von organisch-modifiziertem Calciumphosphat in strömenden Flüssigkeiten in Abhängigkeit von Flüssigkeitszusammensetzung, Austauschrate und Durchflussskammerdesign“ fertigte Paul Bertram am Max Bergmann Zentrum für Biomaterialien an. Sein zukünftiges Aufgabenfeld ist im Bereich Präkursorentwicklung für Kohlenstofffasern und prozessbegleitende Materialcharakterisierung.

Seit November 2022 ist **Herr Dipl. Ing. Felix Kunzelmann** in der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten als wissenschaftlicher Mitarbeiter beschäftigt. Er schloss 2022 sein Studium des Maschinenbaus mit der Vertiefungsrichtung des Verarbeitungs- und Textilmaschinenbaus an der TU Dresden ab. Während des Studiums war er in diversen Forschungsgruppen des ITMs als SHK beschäftigt. Seine Diplomarbeit fertigte er an der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten mit dem Thema „Entwicklung einer CAE-gestützten Prozesskette zur Realisierung eines Therapiekonzeptes zur Behandlung von Skoliose Erkrankungen“ an. Seine aktuellen Aufgaben umfassen die Bereiche der digitalen Schnittentwicklung und der persönlichen Schutzausrüstung in Sport und Medizin.

Seit November 2022 ist **Herr Dipl.-Wi.-Ing. Anselm Naake** als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM in der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten tätig. Er studierte Diplom-Wirtschaftsingenieurwesen an der TU Dresden und schloss das Studium 2022 erfolgreich ab. Die Bearbeitung seiner Diplomarbeit erfolgte in Kooperation zwischen dem ITM und der NEXR AG und hatte die Nachbearbeitung der Oberflächentexturen von 3D Scans für den Einsatz in Virtual Fitting Rooms zum Gegenstand. Sein Tätigkeitsfeld am ITM beinhaltet innovative Forschungsarbeiten im Bereich 3D/4D Scanning, Konfektion textiler Produkte anhand von 3D-Scans sowie Materialprüfmethoden für physikalische und haptische Materialmodelle.

• Ausgeschiedene Mitarbeiter:innen

Wir danken den folgenden in 2022 ausgeschiedenen Mitarbeiter:innen für ihre geleistete Arbeit und wünschen allen für ihre weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und weiterhin viel Erfolg:

- Frau Zinah Alhatab
- Herr Dr.-Ing. Moniruddoza Md. Ashir
- Frau Cindy Geißler
- Frau Dr.-Ing. Henriette Grellmann
- Frau M. Sc. Ariane Kirlitz
- Frau Dr.-Ing. Huangmei Lin
- Herr Dr.-Ing. Felix Lohse
- Frau Katharina Luther
- Herr M. Sc. Mirko Richter
- Frau Catharina Schumann
- Herr Dipl.-Ing. Jakob Seidel
- Herr M. Sc. Florian Wieczorek
- Herr Dirk Willkommen
- Frau Dipl.-Ing. Gabriele Zoerner

- **Dienstjubiläum**

25 Jahre

- Herr Dr.-Ing. Andre Seidel

Herzlichen Glückwunsch unserem Jubilar!

- **Gastwissenschaftler:innen am ITM**

Dr. Natalija Sadretdinova ist Alumna der TU Dresden und hat bereits im Jahr 2001 Ihr Aufbaustudium im Institut für Textil- und Bekleidungstechnik (heute ITM) abgeschlossen. Bis vor Kurzem war sie assoziierte Professorin an der Kyiv National University of Technologies and Design und unterstützte in der Ukraine als Regionalbotschafterin die TU Dresden.



Mit dem Ausbruch des Krieges in ihrem Heimatland kam sie mit ihren beiden Kindern nach Dresden und begann bereits ab April 2022, gefördert durch ein DAAD-Stipendium, ihre Forschungstätigkeit am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden. Während des dreimonatigen Stipendiums realisierte sie unter der Betreuung von Prof. Kyosev, Inhaber der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten, ein Forschungsvorhaben zum Thema Untersuchung des Tragekomforts der anpassungsfähigen Sportkleidung für Menschen mit körperlicher Behinderung mit Verwendung von digitalen Methoden. Die Ergebnisse wurden auf der 14th Joint International Conference 2022 in Gdynia, Polen und auf der 13th 3D-Bodytech Conference in Lugano, Schweiz vorgestellt.

Eine erfolgreiche Bewerbung bei der Philipp-Schwartz-Initiative ermöglichte den weiteren Forschungsaufenthalt am ITM. Derzeit arbeitet Frau Dr. Sadretdinova an einem wissenschaftlichen Projekt zur Entwicklung von funktioneller Kleidung, das auf dem Einsatz moderner Scann-Techniken, CAD-Systemen sowie der Entwicklung virtueller Prototypen basiert. Neben ihrer wissenschaftlichen Arbeit hilft sie uns auch in der Lehre bei den Fächern 2D und 3D CAD für Produktentwicklung aus. Mit der Unterstüt-

zung des Forschungsteams der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten kann Frau Dr. Sadretdinova ihre beruflichen Kompetenzen erweitern, wissenschaftlichen Qualifikationen vertiefen und neue Fähigkeiten ausbauen, um sich in der wissenschaftlichen nationalen und internationalen Forschungsgemeinschaft zu integrieren und ihre nächste Qualifikation zu erlangen.

Ms. Prof. Dr. Tatjana Spahiu, Polytechnic University of Tirana, stayed at the ITM within the framework of her DAAD research fellowship for the „Research Visit for University Teachers and Scientists“. Regarding her research stay at the Chair of Development and Assembly of Textile Products, July to September 2022, Prof. Spahiu sums up:

„This scholarship enabled me to gain my experience in research at the Institute of Textile Machinery and High Performance Textile Materials Technology. This experience not only fulfilled the work schedule, but also opened up new areas of research for me. The skills I acquired by using the latest advanced high-speed MOVE4D scanner in the field of apparel products added value to the research field in this area. During my stay, I also had the opportunity to visit Techtexil and Texprocess. It was a great experience where I also had the opportunity to visit different companies and meet colleagues. Besides the research, the social aspect was an important part of my stay. I had the opportunity to meet new researchers who were not only colleagues but even good friends. I spent a valuable time with them.

I would like to thank you for the time I spent having fruitful conversations with all of them. Their company and social activities spent together made me feel at home.

A special thank you goes to Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev, who recommended and encouraged me to develop my skills in digital product development. I really appreciate everything you have done for me.



Some of the results of the research during the fellowship period are summarized in two joint book chapters that are in press. The links are as follows:

- <https://www.routledge.com/Compression-Textiles-for-Medical-Sports-and-Allied-Applications/Kankariya-Rossi/p/book/9781032287904> \

- <https://www.routledge.com/Digital-Fashion-Innovations-Advances-in-Design-Simulation-and-Industry/Sayem/p/book/9781032207278#>

In addition, other publications are in the works for publication in an article in CDATP.“

Die ukrainische Wissenschaftlerin **Frau Olena Kyzymchuk, Dr.-Ing., ordentliche Professorin**, ist seit 1. September 2022 als Gastwissenschaftlerin an der Professur für Entwicklung und Montage von Textilprodukten am ITM tätig. Frau Kyzymchuk promovierte 2016 zum Dr.-Ing. und habilitierte sich 2020 an der Kyiv National University of Technologies and Design, an der sie mehr als 25 Jahre lang tätig war.



Seit dem 24. Februar 2022, als Russland in den frühen Morgenstunden Raketen auf ukrainisches Territorium abfeuerte und eine direkte, umfassende Invasion begann, hat sich das Leben aller Ukrainer dramatisch verändert. Mit dem Stipendium der Philipp Schwartz-Initiative für ukrainische Wissenschaftler der Humboldt-Stiftung kann Prof. Kyzymchuk ihre Forschungstätigkeit fortsetzen. Derzeit arbeitet sie im Projekt „Design of the compression products and pressure level during motion“ unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev, Inhaber der Professur für Entwicklung und Montage von Textilprodukten. Ziel ist es, den Einfluss bestimmter Produktmerkmale (z. B. Design, Form, Konstruktion und Materialeigenschaften (z. B. Interlooping, Dehnbarkeit, Zugfestigkeit) auf den physiologischen and physikalischen Nutzen zu analysieren, den sie bei unterschiedlicher körperlicher Aktivität erzeugen. Der moderne Maschinenpark und die Ausstattung der Prüflabore des ITM bieten die Möglichkeit, die Projektidee sowohl in realen als auch in virtuellen Produkten zu verwirklichen, was sie für eine künftige praktische Umsetzung, hoffentlich in der Nachkriegs-Ukraine, attraktiver macht. Außerdem könnten neue wissenschaftliche Kooperationen initiiert und der Wissenstransfer zwischen der TU Dresden und ukrainischen Universitäten verbessert werden. Frau Prof. Kyzymchuk publizierte die Projektergebnisse 2022 auf internationalen wissenschaftlichen Konferenzen, u. a. in Deutschland, Rumänien, der Tschechischen Republik sowie in Fachzeitschriften.

Ukrainian Scientist Ms. Olena Kyzymchuk, Dr.Eng., full professor joined the research team at the Institute of Textile Machinery and High-Performance Material Technology TU Dresden on September 1, 2022. Ms. Kyzymchuk got both Dr.Eng. degree in 2016 and a professor matriculation in 2020 from Kyiv National University of Technologies and Design, where she worked for more than 25 years.

Since February 24, 2022, when early in the morning Russia launched missile strikes on the territory of Ukraine and started a direct full-scale invasion, the lives of all Ukrainians changed dramatically. With the Fellowship of the Philipp Schwartz Initiative for Ukrainian scientists from the Humboldt Foundation, Prof. Kyzymchuk can continue her research activity and doing the project „Design of the compression products and pressure level during motion“ under the supervision of Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev, head of the Chair of Development and Assembly of Textile Products. The purpose of the work is to analyze the influence of certain product characteristics (design, shape, construction) and material properties (interlooping, stretchability, tensile) on the benefits they create during the physical activity of people. Modern machinery and advanced testing equipment of the ITM give the possibility to realize the project idea in both real and virtual products, which makes the project more attractive for future practical implementation in Ukrainian textiles companies, most hopefully in post-war Ukraine. Furthermore, new scientific collaborations is initiating and the knowledge transfer between the TU Dresden and Ukrainian universities will be enhanced. Currently, the results of Ms Kyzymchuk's work have been presented in 2022 at International scientific conferences in Germany, Romania, the Czech Republic as well as published in scientific journals.

Darüber hinaus arbeiteten an der Professur Entwicklung und Montage von textilen Produkten des ITM folgende weitere Gastwissenschaftler:innen: **Herr Jiahui Fang, China** ist seit August 2022 als Gastwissenschaftler zum Thema der Modellierung von gewebten Strukturen und deren komfort-bezogenen Eigenschaften für Produktentwicklung tätig. **Frau Haisang Liu, China**, beschäftigte sich im Zeitraum März bis Dezember 2022 mit der Multiskalen-Modellierung der Wirkwaren und arbeitete an Modellen auf der Garnebene für die Darstellung von kompletten textilen Produkten, z.B. Pullover, Kompressionsschumpf und erweiterte diese so, dass auf die 3D Scann-Daten gemappt werden können. **Frau Inga Dāboliņa, Lettland**, Riga Technical University, besuchte im Mai das ITM und machte sich während ihres Kurzaufenthaltes mit den aktuellen Entwicklungsprojekten mit der 4D Scanner Technologie vertraut und informierte über die Laborausstattung in Riga und insbesondere das Thermal Manikin.



• Neue Ausstattung am Institut

Das ITM verfügt seit 2022 über eine neue **Multikopf-Stickmaschine der Firma ZSK Stickmaschinen GmbH**. Das Besondere an dieser Maschine sind drei unterschiedliche Stickköpfe, die es ermöglichen verschiedenste bedarfsgerechte technische Stickereien aus vielfältigen Materialien herzustellen. Der pneumatische W-Kopf (TFP) eignet sich insbesondere für die Herstellung von funktionsintegrierten Faserverbundbauteilen aus z. B. Carbon. Mit dem Kettel- und Mooskopf sowie dem F-Kopf können vor allem Stickereien für Smart-Textiles-Anwendungen gefertigt werden. Diese eignen sich für unterschiedlichste anforderungsgerechte Stickdesigns mit z. B. elektrisch leitfähigen Garnen oder Drähten. Darüber hinaus ist es mit der zur Maschine gehörigen Roll2Roll-Einheit möglich im Produktionsmaßstab funktionalisierte Textilien automatisiert herzustellen. Dies ermöglicht eine industrienahe Entwicklung und die Skalierung von z. B. Herstellkosten vom Technikums- in den Produktionsmaßstab. Durch die hohe Variabilität der Stickmuster und der zu verarbeitenden Materialien sowie die Möglichkeit flexibel Funktionsmuster zu fertigen, eignet sich die Stickmaschine hervorragend für die Forschung und Entwicklung, vor allem von Smart Textiles.



Die finanzielle Förderung erfolgte durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC 2050/1 – Projektnummer 390696704 – als Exzellenzcluster „Centre for Tactile Internet with Human-in-the-Loop“ (CeTI) der Technischen Universität Dresden.

Seit 2022 verfügt das ITM über ein **Hielscher UP200Ht – Ultraschallhomogenisator**. Das Hand- bzw. Stativgerät kann zur Homogenisierung, Dispergierung, Desintegration oder Entgasung von flüssigen Medien genutzt werden. Am ITM können so auf einfachem Weg die Qualität von Spinnlösungen oder Beschichtungsmedien sichergestellt bzw. erhöht werden. Vor allem hinsichtlich der Integration und Homogenisierung von funktionalisierten, beispielsweise leitfähigen Partikeln in die Spinnlösung zur Herstellung von leitfähigen Fasern ist diese Methode prädestiniert.



Für die Beschallung von verschiedenen Volumina mit bis zu 200 Watt und 26 kHz sind unterschiedliche Sonotroden vorhanden, sodass das Gerät für die Nutzung bei klein skalierten Versuchsreihen mit sensiblen Spinn- oder Beschichtungslösungen, wie auch für größer angelegte Versuche, genutzt werden kann. Computergesteuert können die Beschallungsparameter aufgenommen und ausgewertet werden.

Weiterhin wurde die Infrastruktur am ITM durch die Anschaffung des Prüfgerätes **DEFECT VIEW LAB von der Firma Lenzing Instruments** am ITM erweitert. Damit können folgende Untersuchungen an Garnen durchgeführt werden:

- optische, quantitative Erfassung/Charakterisierung der Garnstruktur bzw. Haarigkeit (Kompaktheit: offen/geschlossen, Durchmesser Verlauf) der geprüften Garne,
- quantitative Erfassung der Filamentschädigung (Häufigkeit und Länge ausstehender Faserenden) und
- kontinuierliche statistische Auswertung über die Garmlänge.



Das Prüfgerät ist mit einer Garnabzugsvorrichtung zum Abzug der Garne mit konstanter Fadenzugkraft und eigener Software zur Datenverarbeitung und statistischen Auswertung der Prüfparameter ausgestattet.

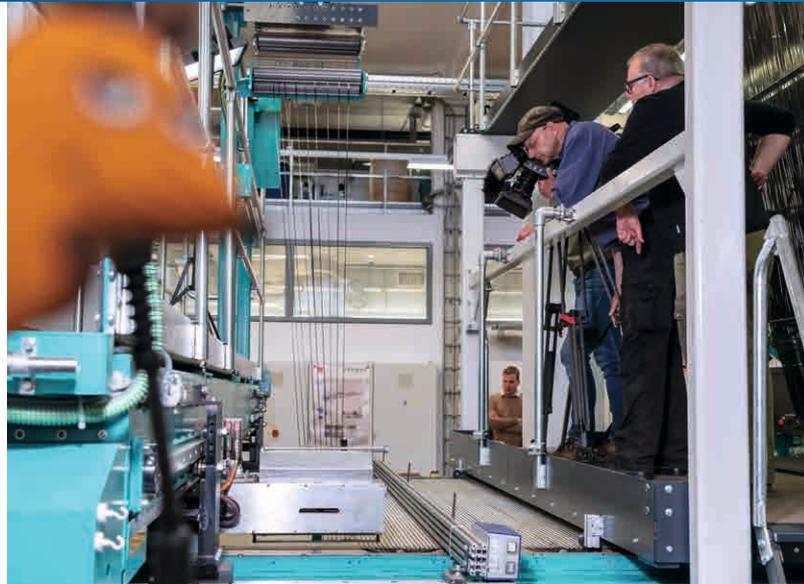
- **Institutsbesichtigungen am ITM**

2022 empfing das ITM endlich wieder Gäste von Firmen, Verbänden, Schüler:innen, Berufsschüler:innen, Studierende und Absolventen zu Institutsbesichtigungen. Darüber hinaus begrüßten wir wieder mehrere Drehteams, die Fernseh- und Videobeiträge zu unseren Forschungsaktivitäten aufgenommen haben.

Am 15. März 2022 wurde im MDR bei „Einfach Genial“ die am ITM entwickelte biomimetischen Trommelfellimplantat vorgestellt.

Für die ARD-Reihe „Die Sendung mit der Maus“ war am 31. März 2022 ein Filmteam von der FLASH Filmproduktion GmbH zu Besuch in Dresden, um alles Wissenswertes rund um den zukunftssträchtigen und innovativen Werkstoff Carbonbeton zu erfahren. Es wurden spannende Aufnahmen am ITM der TU Dresden und am CUBE für „Die Sendung mit der Maus“ erstellt. Das Bauprojekt CUBE, bei dem das weltweit erste Gebäude aus Carbonbeton entsteht, wird durch das Netzwerk C3 - Carbon Concrete Composite e. V. koordiniert. Die Ausstrahlung erfolgte im August 2022.

Weiterhin erfolgten im Mai 2022 Dreharbeiten am ITM für die Sendung „Gut zu wissen“, in der u. a. das Bauprojekt CUBE mit vorgestellt worden ist.



- **Informationen des Wissenschaftlichen Beirates des Institutes für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik**

Die 33. Jahressitzung des Wissenschaftlichen Beirates des ITM fand am 09. Juni 2022 als Videokonferenz statt.

Nach der Begrüßung zur 33. Jahressitzung unter der Leitung von Herrn Bauer und der regulären Protokollkontrolle der 32. Sitzung dankte Herr Professor Cherif den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates herzlich für die intensive Unterstützung der Forschung, insbesondere im Rahmen der IGF-Vorhaben, und der Lehre des ITM. Anschließend verwies er auf die, allen Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates im Vorfeld der Sitzung im PDF-Format per E-Mail zugegangenen, ausführliche Präsentation der aktuellen Arbeiten des ITM in Forschung und Lehre.

Zur sprachlichen Klarstellung bzw. genaueren Definition verschiedener Punkte erfolgte eine Anpassung der Geschäftsordnung, die mehrheitlich durch die Anwesenden angenommen wurde. Die neue Geschäftsordnung trat unmittelbar in Kraft.

Auch in diesem Jahr konnten erfreulicherweise neue Mitglieder im Wissenschaftlichen Beirat begrüßt werden

Persönliche Mitgliedschaft:

- **Frau Prof. Sybille Krzywinski** (mit Stimmrecht)
- **Herr Prof. Gert Heinrich** (ohne Stimmrecht)

Firmenmitgliedschaften:

- **Dilo Group** vertreten durch **Herrn Johann Philipp Dilo** (Geschäftsführer)
- **WILHELM KNEITZ Solutions in Textiles GmbH** vertreten durch **Herrn Matthias Naumann** (Geschäftsführer)
- **dwt Zelte GmbH** vertreten durch **Herrn Steffen Schwerdtner** (Prokurist)

Im Namen des WB und des ITM begrüßten Herr Bauer und Herr Professor Cherif die neuen Mitglieder im Wissenschaftlichen Beirat und dankten für die Bereitschaft zukünftige die Forschung des ITM zu unterstützen.

Nächster Tagesordnungspunkt war die Neuwahl des Vorstands des Wissenschaftlichen Beirates für die nächsten 3 Jahre. Als Kandidaten erklärten sich bereit: Herr Dr. Sandler (Vorstandsvorsitzender), Herr Bauer (stellvertretender Vorsitzender), Herr Prof. Offermann (Ehrenvorstandsmitglied), Herr Prof. Rödel (Ehrenvorstandsmitglied), Herr Prof.

Cherif (Vorstandsmitglied, aufgrund des Amtes) und Herr Prof. Kyosev (Vorstandsmitglied, aufgrund des Amtes). Ein dritter Vorstandsposten eines Industrievertreters bleibt zunächst vakant. Die Anwesenden votierten mit großer Mehrheit für die Kandidaten und diese nahmen die Wahl an. Herzlichen Glückwunsch an den Vorstand zur Wahl, verbunden mit den besten Wünschen für eine erfolgreiche Arbeit.

In insgesamt 17 Kurzvorträgen stellten die wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen des ITM den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates 13 Projektideen zur Bearbeitung durch das ITM und 4 Projektideen zur branchenübergreifenden Bearbeitung mit weiteren Forschungspartner jeweils mit Laufzeitbeginn ab Jahr 2024 vor.

Die Erörterung der Projektideen erfolgte mit den wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen und Professor Cherif online in der bereits bewährten Hybridvariante. Dies ermöglichte intensive fachliche Diskussionen zwischen den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates und den Mitarbeiter:innen des ITM. Dabei gaben die Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates zahlreiche wertvolle Hinweise für die Antragsausarbeitung, die den ITM-Mitarbeiter:innen bei der Erzielung eines hohen Antragsniveaus helfen. Alle Projektideen wurden als wichtig und bearbeitungswürdig eingestuft. Die festgelegte Prioritätenliste der vorgestellten Projektideen gibt wichtige Hinweise auf die Relevanz für KMU. Im Jahr 2023 können Forschungsanträge zur alleinigen Bearbeitung am ITM im Umfang von ca. 2 Mio. EUR sowie ca. 1 Mio. EUR für brachenübergreifende und Cornet-Projekte eingereicht werden. Entsprechend der Regelungen des Forschungskuratorium Textil e.V. wird das ITM darüber hinaus drei branchenübergreifende Ideen zur Förderung einreichen.

Auch im Jahr 2022 war die Online-Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates wieder eine gelungene Veranstaltung.

Allen Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates des ITM an dieser Stelle ein ganz herzliches Dankeschön für Ihr Engagement und Ihre Unterstützung der Forschung und Lehre des ITM!

(Autor: Dr.-Ing. Wolfgang Trümper)

- **Informationen des Freundes- und Förderkreises des ITM der Technischen Universität Dresden e.V.**

Die jährliche Mitgliederversammlung des Freundes- und Förderkreises des ITM der Technischen Universität Dresden e.V. fand am 22. September 2022 auf Grund der Corona-Pandemie wieder virtuell statt. Der Verein hat zum heutigen Zeitpunkt 69 Mitglieder (46 Personen, 23 Unternehmen/Institute).



Vorstand des Freundes- und Förderkreises des ITM der TU Dresden e.V.: Gert Bauer, Dr.-Ing. Dilbar Aibibu, Prof. Dr.-Ing. habil. Chokri Cherif; v.l.n.r.

Der Vorstandsvorsitzender Herr Gert Bauer informierte die Mitglieder über die Aktivitäten des Freundes- und Förderkreises im Bereich der wissenschaftlichen Veranstaltungen/Weiterbildung, der Studentenexkursion, der Förderung der Aus- und Weiterbildung von Studierenden und jungen Wissenschaftler:innen sowie bei der Öffentlichkeitsarbeit des Instituts auf Messen und Tagungen.

Anschließend erläuterte die Geschäftsführerin Frau Dr. Dilbar Aibibu die Jahresrechnung 2021 und den darauf begründeten Rücklagenbeschluss des Vorstandes zur Verwendung der Mittel im Jahre 2022. Der Revisionsbericht der Rechnungsprüfer Herr Dr. Wolfgang Trümper (TU Dresden) und Herr Dr. Jürgen Tröltzsch (KARL MAYER Technische Textilien GmbH) wurde ohne Einwände entgegengenommen. Somit konnte der Vorstand für die Abrechnungsperiode entlastet werden. Da Herr Dr. Trümper auf eigenen Wunsch von der Funktion des Hauptrechnungsprüfers zurückgetreten ist, stellte sich Herr Dr. Andreas Nocke, Mitarbeiter des ITM, zur Wahl. Aus dem Kreis der Mitglieder wurde Herr Dr. Nocke einstimmig gewählt. Er übernimmt diese Funktion künftig gemeinsam mit Herrn Dr. Tröltzsch.

Für das Jahr 2022 sind inzwischen alle Beiträge pünktlich eingegangen. Aus Spendenmitteln des Vereins konnten insbesondere die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des ITM, Fachzeitschriften/Fachliteratur, Mitgliedsbeiträge in Verbänden und die Organisation von Veranstaltungen finanziert sowie vielfältigen Aktionen zur Studentenwerbung durchgeführt werden.

Allen **Unternehmen** und **Personen**, die den Verein und damit das Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik in Forschung und wissenschaftlicher Ausbildung durch Beiträge, Spenden und Zuschüsse im Sinne des Vereinszwecks unterstützten, spricht der Vorstand seinen Dank aus.

(Autorin: Dr.-Ing. Dilbar Aibibu)

Infos zur Mitgliedschaft

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM hoffen sehr, dass wir Sie mit unserem Jahresrückblick 2022 von unseren vielseitigen Innovationsstärken, überzeugt haben.

Zur Förderung unserer kontinuierlichen Aktivitäten in der Forschung und insbesondere Lehre (Ingenieurausbildung) freuen wir uns jederzeit über neue Mitglieder in unserem Freundes- und Förderkreis des ITM der TU Dresden e.V.

Mit einer Mitgliedschaft leisten Sie einen wichtigen Beitrag zur Stärkung unserer Hauptaufgaben in der Lehre und Forschung am ITM. Die Mitgliedsgebühren betragen:

Natürliche Personen

- Studierende: 5 EUR
- Mitarbeiter:innen, Doktorand:innen, Absolvent:innen und Hochschullehrende der TU Dresden: 20 EUR
- Sonstige Personen: 25 EUR

Juristische Personen, Personengemeinschaften, Firmen

- bis 500 Mitglieder: 150 EUR
- über 500 Mitglieder: 250 EUR

Bei Interesse an einer Mitgliedschaft können Sie uns gern per Mail oder telefonisch (Kontakt Daten siehe 3. Umschlagseite) kontaktieren.

QR-Code zum Mitgliedsantrag:





TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Haben Sie an der TU Dresden studiert?

Dann schreiben Sie sich doch wieder bei uns ein.



Alumninetzwerk der TU Dresden

Informationen // Kontakte // Veranstaltungen

tud.de/alumninetzwerk

☎ Alumnireferat 463-36278
✉ absolventen@tu-dresden.de

1. Postanschrift des Institutes:

Technische Universität Dresden
Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik
01062 Dresden

Besucheranschrift:
Hohe Straße 6
01069 Dresden

Tel. (0351) 463 39300
Fax. (0351) 463 39301
E-Mail: i.textilmaschinen@tu-dresden.de
URL: <https://tu-dresden.de/mw/itm>

2. „Freundes- und Förderkreis des ITM der Technischen Dresden e.V.“

Bankverbindung:
Commerzbank Dresden
IBAN: DE82 8508 0000 0473 3393 00
BIC: DRES DE FF 850

3. Auskünfte zu Studienfragen:

ITM: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif
Tel. (0351) 463 39300
E-Mail: i.textilmaschinen@tu-dresden.de

TUD: Immatrikulationsamt der TU Dresden
Tel. (0351) 463 42000

Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden
Studienberatung Direktstudium (Präsenzstudium)
Tel. (0351) 463 39431

Akademisches Auslandsamt der TU Dresden
Tel. (0351) 463 35358

4. Auskünfte zu Forschungsaktivitäten am ITM:

Schwerpunkt Textiltechnik: Dr.-Ing. Wolfgang Trümper
Tel. (0351) 463 37147

Schwerpunkt Montagetechnik: Dr.-Ing. Tino Kühn
Tel. (0351) 463 39312

5. Auskünfte zum Wissens- und Technologietransfer am ITM:

Schwerpunkt Textiltechnik: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dipl.-Wirt. Ing. Chokri Cherif
Vertragspartner: TUDATEX GmbH
<http://www.tudatex.de>

Schwerpunkt Montagetechnik: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev
Vertragspartner: GWT-TUD GmbH
<https://www.g-wt.de>

Dresden, November 30 – December 01, 2023

Target group:

Executive management, experts & young professionals from industry and science

with **plenary and keynote sessions** and **special symposia** on

■ **German-India partnerships**

Joint developments and cooperations between Germany and India
with a focus on this year's main topics

■ **Trends in the textile production**

Current developments, products & market strategies in consideration of environmental protection and climate change with a focus on recruiting, digitalization, industry 4.0, artificial intelligence, flexibility and resource efficiency along the entire textile process chain, textile circular economy and recycling

■ **Technology transfer – from idea to practice**

Presentation of current innovations (e.g. products, technologies, procedures) successfully transferred into the industry based on research cooperations, esp. IGF/ZIM, and start-ups

■ **Protective & functional textiles**

Personal and property protection textiles
Smart textile sensors and actuators
Testing, standardization, certification

■ **Sustainable polymer materials and functionalization**

Development and modification of polymers, fibers, recycled fibers and films
Functionalization, finishing and coating of fibers and textile structures
Surface and interface design, fracture behavior, characterization

■ **Fiber-reinforced materials & composites**

High-performance materials and fibers
Textile 2D and 3D constructions
Machine developments for textile manufacturing technologies and preforming
Modeling and simulation of structures and processes
Automated composite component manufacturing and testing technology
Applications (mechanical engineering, automobiles, wind turbines, aeronautics ...)
Waste reduction/material efficiency and recycling

Contact 2023:

Annett Dörfel

Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology at TU Dresden

add-itc-2023@tu-dresden.de; Tel.: +49 (0)351 463 39321

Further Information:
www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc



ANNOUNCEMENT 2023 - Partner Country: India