



**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 2021

ANNUAL REPORT 2021

Herausgeber:
Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik

Redaktion, Layout, Satz:
Annett Dörfel, Daniella Modler

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



Redaktionsschluss: 31.03.2022

Bildnachweise: wie gekennzeichnet; Bildmaterial ohne Angabe: © ITM

Druck: addprint® AG

ISSN 2365-1539



Jahresbericht 2021
Online-Version (Flipbook)

<https://tud.link/gj39>

**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**

2021



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 2021 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.

Trotz der weiter anhaltenden coronabedingten Einschränkungen war auch das vergangene Jahr 2021 wieder von vielen Highlights am ITM geprägt, von denen wir ausführlich in dieser Ausgabe berichten. Dazu zählen u. a. – die Fokussierung der Forschungsaktivitäten am ITM in Zeiten des Klimawandels durch z. B. Entwicklung von **Biopolymeren mit Zukunftsperspektive** (S. 8 ff.) oder **Recycling von Carbonfasern & Upcycling** (S. 18 ff.) – interdisziplinär aufgestelltes Forscherteam der TU Dresden unter den TOP 3 beim **25. Otto von Guericke-Preises 2021** mit ihrer Entwicklung eines biomimetischen Trommelfellimplantats (S. 95) – **zwei VDMA-Preise des Deutschen Textilmaschinenbaus 2021** für Nachwuchswissenschaftler:innen des ITM (S. 93) – **drei erfolgreich abgeschlossene Promotionen** am ITM (S. 85 ff.) – das vom ITM organisierte und als hybride Veranstaltung durchgeführte **International Colloquium on Interactive Fiber Rubber Composites 2021** (S. 104) – das durch das Research Center Carbon Fibers Saxony (RCCF) veranstaltete **2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibers 2021** (S. 99) – die **Clothing-Body Interaction 2021**, ein erstmaliges Online-Event, gemeinsam organisiert durch die Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten des ITM und dem Department of Technologies and Structures, Technical University Liberec, Tschechische Republik (S. 98) – um an dieser Stelle nur einige Highlights zu nennen.

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

This annual report 2021 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!

*Despite various restrictions and challenges still posed by the global Covid-19 pandemic, the ITM managed to realize several outstanding achievements which will be addressed in this report. The list of highlights includes – focussing our research activities on climate change related issues, for example by developing **bio polymers with future prospects** (p. 8 ff.) or the **recycling and upcycling of carbon fibers** (p. 18 ff.) – our interdisciplinary team of TU Dresden researchers being among the TOP 3 at the **25th Otto von Guericke Award 2021** thanks to their efforts in developing biomimetic eardrum implants (p. 95) – **two VDMA Awards by the German Textile Engineering Association 2021** awarded to young ITM researchers (p. 93) – **three successfully completed PhDs at the ITM** (p. 85 ff.) – the **International Colloquium on Interactive Fiber Rubber Composites 2021** organised by the ITM as a hybrid event (p. 104) – the **2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibers 2021** hosted by the Research Center Carbon Fibers Saxony (RCCF) (p. 99) – the **1st Clothing-Body Interaction 2021**, an online event organised by the Chair of Development and Assembly of Textile Products of the ITM and the Department of Technologies and Structures, Technical University Liberec, Czech Republic (p. 98) – and many more.*

*We are proudly looking back at 2021 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*

Mit vollem Stolz blicken wir auf die in 2021 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.

Mit den derzeit insgesamt **über 370 Studierenden mit textilem Bezug im Hauptstudium** leisten wir am ITM im Studienjahr 2021/22 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 **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 müssen wir an dieser Stelle das Engagement unseres **ALUMNI Herrn Dr. Mohammad Kamruzzaman, der in diesem Jahr acht Deutschlandstipendien finanzierte** (S. 81).

Nach diesem sehr erfolgreichen Rückblick auf das vergangene Jahr laden wir Sie als Mitveranstalter und -organisator schon jetzt sehr herzlich zur diesjährigen **Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference am 01. und 02. Dezember 2022** – in diesem Jahr wieder **in Präsenz in Aachen** – mit drei parallelen Vortragssessions und rund 60 Vorträgen mit besonders industrierelevanten Themen ein. Wir freuen uns außerordentlich auf den persönlichen Austausch mit Ihnen und die besondere Atmosphäre einer Präsenzveranstaltung. 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.

would like to take a moment to thank all employees for their continued commitment!

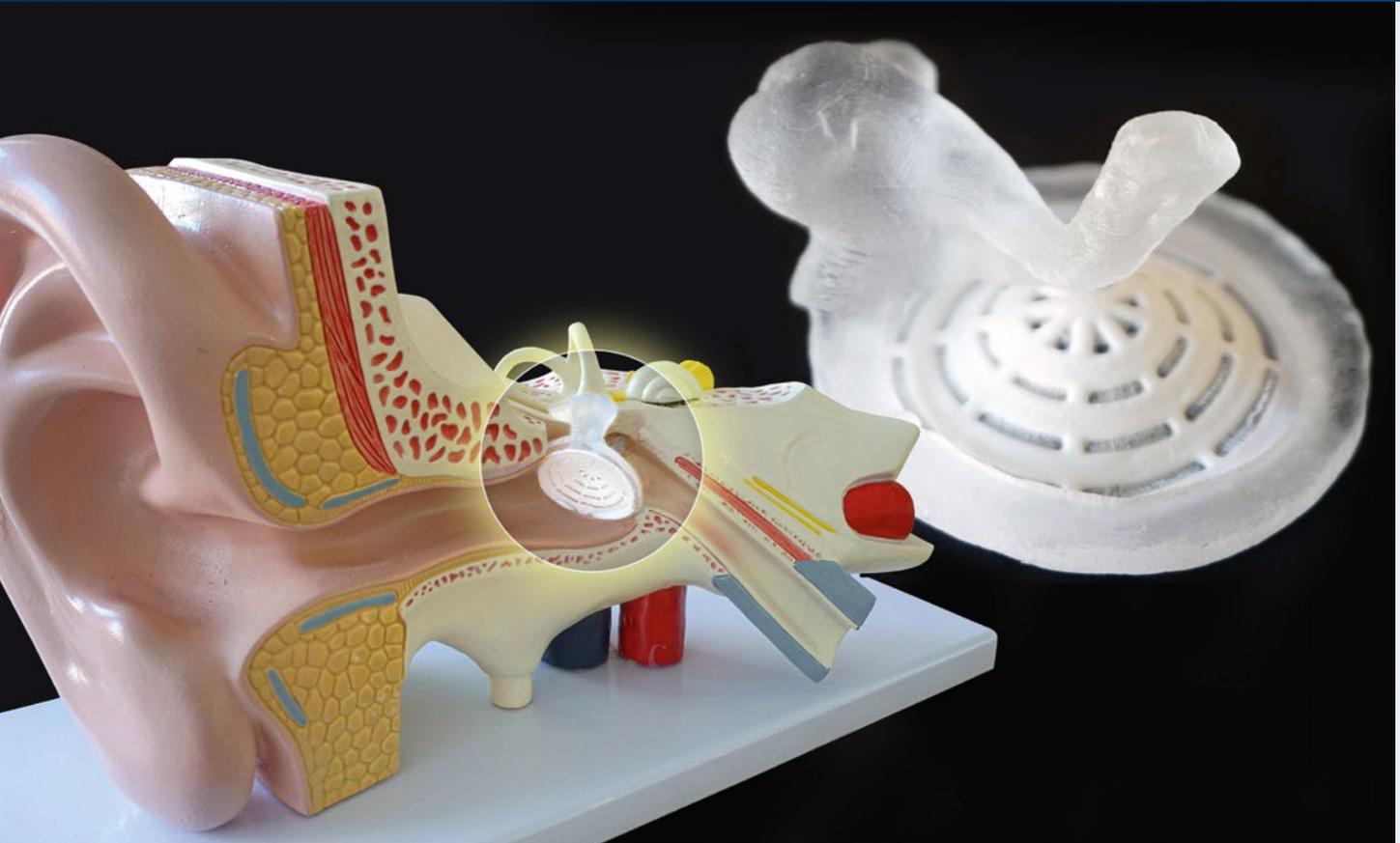
*Thanks to the currently **over 370 students focussing on the textile field in their main studies** in the academic year 2021/22, we were able to once again make a considerable contribution to recruiting young talents for the interdisciplinary textile sector. During student recruitment events it has 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 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 **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 supported us by founding eight annual scholarships this year** (p. xx).*

*To conclude this introduction to our annual report, we would like to invite you to join this year's **Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference** on the **1st and 2nd of December 2022** in our function as co-host and -organizer – this year's conference will be a **face-to-face event taking place in Aachen** and comprise three parallel sessions with more than 60 presentations and a focus on industrial topics. We are delighted that we will be able to meet again in person this time and enjoy the atmosphere of personal interaction. We are very much looking forward to your active participation, may it be as participant, speaker or presenter of your own exhibition booth!*

The ITM with its over 240 employees is looking forward to upcoming joint success stories and further fruitful cooperation!

Chokri Cherif





Biomimetisches langzeitresorbierbares Trommelfellimplantat - Unter den TOP 3 beim Otto von Guericke-Preis der AiF 2021 – *weiterlesen auf Seite 95*



Herr Dr.-Ing. Ashir vom ITM wird für seine Dissertation mit dem Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen 2020 geehrt – *weiterlesen auf Seite 92*



International Colloquium on Interactive Fiber Rubber Composites 2021 – *weiterlesen auf Seite 104*



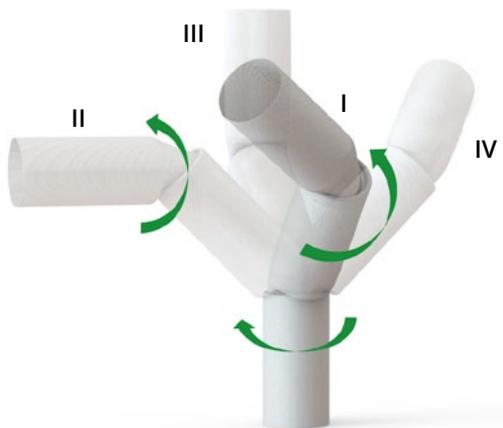
Neue Ausstattung am ITM – *weiterlesen auf Seite 110*

Vorwort / Preface

Highlights 2021

Forschungsveröffentlichungen / Research Articles

- 8 Chitin und Chitosan: Biopolymere mit Zukunftsperspektive / *Chitin and chitosan: biopolymers with future prospects*
- 12 Textiltechnologisch realisierte Verstärkungsstrukturen für FKV-Rohr- und Knotenelemente / *Textil-technologically realized reinforcement structures for composite tube- and nodal-elements*
- 18 Recycling von Kohlenstofffasern und anschließendes Upcycling für die Herstellung von 3D-rCFK-Teilen / *Recycling of carbon fibers and subsequent upcycling for the production of 3D-rCFRP parts*
- 26 Aktiv formveränderliche Strukturen / *Active shape changing structures*



- 32 Entwicklung einer Methodik zur hygienegerechten Konstruktion und Reinigung textiler Flächegebilde sowie deren Veredlung und Konfektionierung für den Roboter-einsatz in der fleischverarbeitenden Lebensmittelindustrie / *Development of a methodology for the hygienic construction and cleaning of textile fabrics as well as their finishing and making-up for the use of robots in the meat processing industry*



- 38 Entwicklung neuartiger, stichhemmender Schutzkleidung unter Nutzung von endlosfaserverstärkter additiver Fertigung / *Development of innovative stab resistant protective clothing using continuous fiber reinforced additive manufacturing*

Forschungskompetenzen / Research Competencies

- 42 Vom Rohstoff zu Hochleistungs-, Funktions- und biobasierten Fasern / *From raw materials to high-performance, functional and bio-based fibers*
- 44 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*
- 46 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*
- 48 Entwicklungen zum Hochleistungskettenwirkprozess und zu technischen Gewirken / *Development of the high-performance warpknitting process and technical warp knitting*
- 50 Multiaxial-Kettenwirk- und Robotiktechnologien für Verbundwerkstoffe / *Multiaxial warp knitting and robotic technologies for composite applications*
- 52 2D- und 3D-Gewebeentwicklung für tragende Verbundkonstruktionen und medizinische Anwendungen / *Development of 2D and 3D woven fabrics for load-bearing composites and medical applications*
- 54 Stricken – verstärkt, endkontur-, umformgerecht und funktionsintegriert / *Weft knitting – reinforced, near-net-shaped, true to form and functional designed*
- 56 Funktionalisierung und Modifizierung textiler Werkstoffe und Strukturen / *Functionalization and modification of textile materials and structures*
- 58 Textile Montage von Technischen Textilien / *Textile assembly of technical textiles*
- 60 Intelligente Textilstrukturen für Elastomerbauteile / *Smart textile reinforcement of rubber components*
- 62 Entwicklung fadenförmiger Sensor- und Aktorsysteme / *Development of fiber-based sensor and actuator systems*
- 64 Faserbasierte Biomedizintechnik / *Fiber-based biomedical technology*
- 66 Simulationsgestützte Entwicklung textiler Strukturen und Prozessketten für Hochleistungswerkstoffe / *Simulation-based development of textile structures and process chains for high-performance materials*
- 68 Virtuelle Produktentwicklung für biegeweiche Materialien – CAE vom Design zum Produkt / *Virtual product development for low stiff materials – CAE from design to product*
- 70 Sensorische und aktorische Funktionalisierung Technischer Textilien / *Sensory and actuator functionalization of technical textiles*
- 72 Additive Fertigungstechnologien – Realisierung komplexer Strukturen und Ermöglichung neuer Methoden / *Additive manufacturing technologies – creating complex structures and enabling new methods*
- 74 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*
- 76 Skalenerübergreifende Materialforschung mittels instrumenteller chemisch/physikalischer Analytik / *Multi-scale material research using instrumental chemical/physical analysis*
- 78 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

- 80 Aktuelles zum Sommersemester 2021 und zum Wintersemester 2021/22 / *News about summer semester 2021 and winter semester 2021/21*
- 81 Stipendien für Studierende des ITM / *Scholarships for ITM students*
- 82 Beteiligung am Studiengang „European Master in Advanced Textile Engineering“ (E-Team) / *Participation in the course „European Masters in Advanced Textile Engineering“ (E-Team)*
- 82 Internationales Studenten-/Dozentenaustauschprogramm ERASMUS+ / *International program for exchange students ERASMUS+*
- 83 Studienwerbung / *Student recruitment*



- 84 Digitaler Treff der Studierenden im Rahmen der ADD-ITC 2021 / *Digital meeting of the students in the context of ADD-ITC 2021*
- 84 Weitere Aktivitäten / *Other activities*

Promotionen

- 85 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Julian Reese / *Thesis of Herrn Dr.-Ing. Julian Reese*
- 86 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Dustin Ahrendt / *Thesis of Herrn Dr.-Ing. Dustin Ahrendt*
- 88 Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Jonas David Zerbst / *Thesis of Herrn Dr.-Ing. Jonas David Zerbst*

Auszeichnungen, Ehrungen und Würdigungen / Distinctions, Honors and Appreciations

- 90 3. Platz beim „ASU Best Paper Award“ 2021 / *3rd place at the „ASU Best Paper Award“ 2021*
- 90 „Best Oral-Poster Award“ während der Expert:innen-Tage Verbundwerkstoffe 2021 durch die DGM verliehen / *„Best Oral-Poster Award“ presented by DGM during the Composites 2021 Expert Days*
- 91 Paul Schlack Honorary Award 2021 für Frau M.Sc. Sophie Charlotte Oberle / *Paul Schlack Honorary Award 2021 for M.Sc. Sophie Charlotte Oberle*
- 91 Otto-Hänsel-Preis 2021 für Herrn Dipl.-Ing. Alexander Busch / *Otto Hänsel Award 2021 for Dipl.-Ing. Alexander Busch*
- 92 Herr Dr.-Ing. Moniruddoza Md. Ashir vom ITM wird für seine Dissertation mit dem Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen 2020 geehrt / *Dr.-Ing. Moniruddoza Md. Ashir from ITM is honored for his dissertation with the Innovation Award of the Industry Club Saxony 2020*
- 93 Zwei VDMA-Preise des Deutschen Textilmaschinenbaus 2021 an Nachwuchswissenschaftler:innen des ITM verliehen / *Two VDMA German Textile Machinery Industry 2021 prizes awarded to young ITM scientists*

- 94 Sächsischer Staatspreis für Design für interaktives CeTI-Exponat / *Saxon State Award for Design for interactive CeTI exhibit*
- 95 Biomimetisches langzeitresorbierbares Trommelfellimplantat – Unter den TOP 3 beim Otto von Guericke-Preis der AiF 2021 / *Biomimetic long-term resorbable tympanic membrane implant – among the TOP 3 at the Otto von Guericke Award of the AiF 2021*

Präsentationen und Tagungsberichte

Presentations and Conference Proceedings

- 97 ITM – als Forschungspartner im Bereich der virtuellen Produktentwicklung bei ISPO München präsent / *ITM – present at ISPO Munich as a research partner in the field of virtual product development*
- 98 Clothing-Body Interaction 2021
- 99 2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibers 2021
- 101 Internationale Alumnikonferenz am ITM / *International Alumni Conference at ITM*
- 103 CeTI Summer School 2021
- 104 International Colloquium on Interactive Fiber Rubber Composites 2021

Veranstaltungsvorschau / Exhibition Preview

- 107 Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2022 als Präsenzveranstaltung im Eurogress Aachen / *Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2022 as a presence event in the Eurogress Aachen*



Aachen, December 01-02, 2022

Informationen aus dem ITM / News from the ITM

- 108 Neue Mitarbeiter:innen / *New colleagues*
- 108 Ausgeschiedene Mitarbeiter:innen / *Departed colleagues*
- 109 Dienstjubiläum / *Anniversaries*
- 109 Gastwissenschaftler:innen am ITM / *Visiting researcher at ITM*
- 110 Neue Ausstattung am Institut / *New equipment at ITM*
- 111 Institutsbesichtigungen am ITM / *ITM visits*
- 112 Die TU Dresden wurde als offizieller Partner der New European Bauhaus Initiative ausgewählt und das ITM ist dabei! / *The TU Dresden has been selected as an official partner of the New European Bauhaus Initiative and the ITM is part of it!*
- 112 Informationen des Wissenschaftlichen Beirates des Institutes für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik / *Information from the „Scientific Advisory Board for the ITM“*
- 113 Informationen des Freundes- und Förderkreises des ITM der Technischen Universität Dresden e.V. / *Information from the „Circle of Friends and Supporters of the ITM“*

Presse / Press

- 114 Artikel über das ITM / *Articles about the ITM*

Chitin und Chitosan: Biopolymere mit Zukunftsperspektive

Chitin and chitosan: biopolymers with future prospects

I. Kuznik, I. Kruppke, D. Aibibu, Ch. Cherif

Abstract

Chitosan is derived from the renewable raw material chitin, the second most abundant biopolymer in the world. The sustainable natural material from the skeletons of insects and marine crustaceans promises a wide range of biomedical solutions due to its outstanding properties, like biocompatibility, biodegradability, non-toxicity or anti-inflammatory and haemostatic action. At the Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology (ITM) of the TU Dresden, the biopolymer is converted into biologically pure chitosan filament yarns in a large-scale wet-spinning process, which can be processed into textile structures such as nonwovens, knitted or woven fabrics for numerous applications in biomedicine and tissue engineering.

halbkristallinen Struktur verfügt Chitin über eine stark limitierte Löslichkeit, wodurch die generelle Weiterverarbeitung des Biopolymers beträchtlich eingeschränkt ist. Deshalb findet das Chitinderivat Chitosan eine deutlich breitere Anwendung in der Forschung und Materialentwicklung. Chitosan wird durch die chemische Abspaltung der Acetylgruppen (Deacetylierung) im letzten Produktionsschritt aus Chitin hergestellt (vgl. Abb. 2). Der Deacetylierungsgrad (DA) gibt dabei an, wie viel Prozent der Acetylgruppen des Chitins abgespalten wurden. Ab einem DA > 50 % wird i. d. R. von Chitosan gesprochen. Neben der chemischen Extraktion kann Chitosan enzymatisch oder mittels eines Fermentationsprozesses aus verschiedenen Pilzen und Algen gewonnen werden. Einen weiteren wichtigen Qualitätsparameter stellt die Kettenlänge des Polymers dar.

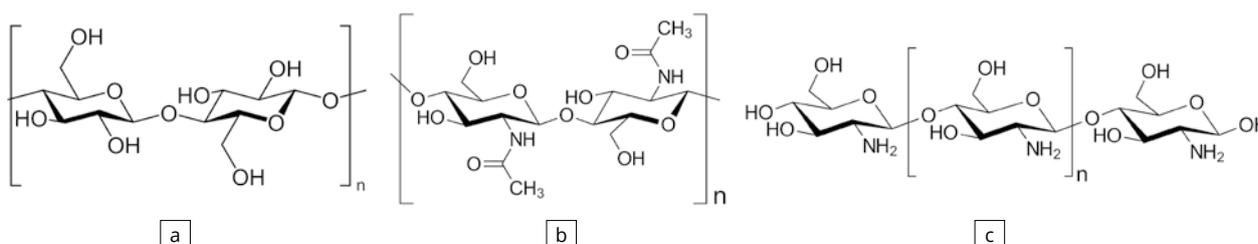


Abb. 1: Chemische Struktur von Cellulose (a), Chitin (b) und Chitosan (c) / Chemical structure of cellulose (a), chitin (b) and chitosan (c)

Einleitung

Der nachwachsende Rohstoff Chitin ist neben Cellulose das am weitesten verbreitete natürliche Biopolymer, von dem schätzungsweise zehn Gigatonnen jährlich durch natürliche Biosynthese anfallen [1]. Chitin kommt in Stützskeletten von Insekten, Krebs- und Schalentieren sowie in Zellwänden einiger Pilze und Algen vor. In seiner Struktur ähnelt Chitin sehr stark dem Aufbau von Cellulose, wodurch sich vergleichbare mechanische Eigenschaften besonders in Bezug auf das elastische und biegsame Verhalten ergeben. Den Unterschied zu Cellulose stellt eine acetylierte Aminogruppe am zweiten C-Atom des glucosidischen Grundbausteins des Chitins dar (vgl. Abb. 1).

Vorkommen und Herstellung

Der größte Anteil des Rohstoffes entstammt der Fischereiindustrie, bei der Chitin als Abfallprodukt in Form von Krabben-, Shrimps- oder Hummerschalen anfällt. In einem komplexen, mehrstufigen Herstellungsprozess werden die Schalen zunächst getrocknet und zerkleinert, gefolgt von einer chemischen Abtrennung der enthaltenen Proteine sowie Mineralien und Pigmente. Aufgrund seiner stabilen,

Hochmolekulares Chitosan (150 – 600 kDa) wird aus Schalen der Krustentiere extrahiert, während das niedermolekulare Chitosan aus Pilzmycel eine deutlich geringere Kettenlänge aufweist (1 – 100 kDa) [2]. Sowohl der DA als auch das Molekulargewicht haben einen großen Einfluss auf die Materialeigenschaften wie die Löslichkeit, die Quellungseigenschaften oder die Reaktivität der Chitosane. Zusätzlich zu der Herkunft des Ausgangsmaterials spielen die Kristallinität sowie der Asche- und Schwermetallgehalt eine wichtige Rolle im Hinblick auf die speziellen Anwendungen [3].

Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten

Das Biopolymer Chitin sowie sein Derivat Chitosan verfügen über herausragende Eigenschaften, die eine Möglichkeit zur Anwendung in zahlreichen Gebieten der Industrie, Medizin und Forschung bieten. Neben der biologischen Abbaubarkeit sowie Biokompatibilität sind Chitin und Chitosan ungiftig, bilden keine toxischen Abbauprodukte und sind durch eine antimikrobielle Wirkung gekennzeichnet. Die freien Aminogruppen verleihen Chitosan eine gute Löslichkeit in verdünnten organischen Säuren, wie Essig-, Milch- oder Zitronensäure. In gelö-

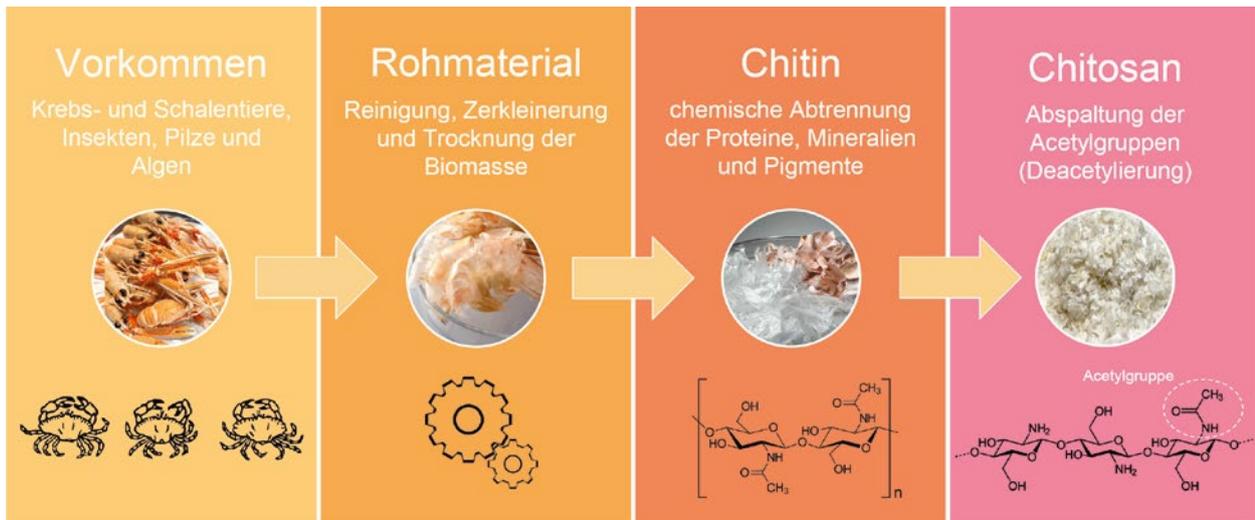


Abb. 2: Schematische Darstellung der Herstellung von Chitin und Chitosan aus Biomasse / Flowchart of the production of chitin and chitosan from biomass

ter Form kann das Biopolymer an seinen funktionellen Gruppen mit zahlreichen anderen Verbindungen zur Reaktion gebracht und die erzeugten viskosen Lösungen bspw. zu (Nano-)Fasern [4] oder Endlosfilamenten [5] verarbeitet werden. Durch zusätzliche chemische Modifizierungen, z. B. eine Vernetzungsreaktion mit Glutaraldehyd, lassen sich die Materialeigenschaften, wie Stabilität oder Wasserlöslichkeit, anwendungsspezifisch einstellen.

Aufgrund der hohen Biokompatibilität, der Abbaubarkeit im menschlichen Körper sowie seines positiven Einflusses auf die Wundheilung und Geweberegeneration ist Chitosan ein attraktives Biomaterial für zahlreiche Medizinprodukte sowie als Implantatmaterial (Scaffolds) für die regenerative Medizin. Durch die hohe strukturelle Ähnlichkeit mit den Bausteinen der extrazellulären Matrix (Glykosaminolykane, GAG), die eine wichtige Rolle beim Knochenwachstum spielen, sind Chitin und Chitosan für das Tissue Engineering von Knochengewebe prädestiniert [6]. Faserbasierte Strukturen weisen dabei ein besonders großes Potenzial auf, da sie über eine große spezifische Oberfläche, einstellbare Porositäten und Poreninterkonnektivitäten verfügen, die das Anhaften und Wachstum von Zellen begünstigen. Darüber hinaus können textilbasierte Chitosanmaterialien aufgrund eines hohen Bindungsvermögens sowie einer ausgeprägten Affinität zur Komplexbildung mit Metallionen für zahlreiche Anwendungen des technischen Bereichs eingesetzt werden, bspw. Filtersysteme für die Abtrennung von Schwermetallen oder die Elimination von Farbstoffen aus Abwässern der Textilindustrie [7, 8].

Chitosanfasern für Biomedizin und Tissue Engineering

Forschungsarbeiten am ITM führen zu zahlreichen neuen Verfahrens- und Produktentwicklungen auf Basis von Chitosan. In verschiedenen Forschungsprojekten befasst sich das ITM interdisziplinär mit der Entwicklung der Technologie zur Realisierung von maßgeschneiderten Chitosanfilamentgarnen



Abb. 3: Pilot-Lösungsmittel Nassspinnanlage (a) und Kolbenspinnanlage (b) des ITM / Solvent wet-spinning machine (a) and piston solvent spinning machine (b) of the ITM

und deren Einsatz als völlig neuartige Produkte für die regenerative Medizin. Zur Chitosanfilamentgarnerspinnung wurde am ITM ein geeignetes Lösungsmittel Nassspinnverfahren entwickelt [5]. Zur Entwicklung biokompatibler, textiltechnisch verarbeitbarer Fasern werden eine, speziell in Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller FOURNÉ konfigurierte, Lösungsmittel Nassspinnanlage im Pilotmaßstab sowie eine Kolbenspinnanlage im Labormaßstab genutzt (vgl. Abb. 3). Diese können zur Entwicklung von Chitosanmono- und Multifilamentgarnen unter-

schiedlicher Einzelfilamentanzahl und Durchmesser mit einstellbaren textilphysikalischen Eigenschaften und Faserfestigkeiten bis zu 24,9 cN/tex [5] verwendet werden (vgl. Abb. 4a).

Mittels der am ITM hergestellten Chitosanfilamentgarne wurde bereits eine Vielzahl von Anwendungen, wie resorbierbares OP-Nahtmaterial, Scaffolds und Implantate (vgl. Abb. 4b) oder Medikamentenabgabesysteme, erforscht. Beispielsweise wurden die Garne aus reinem Chitosan zu Kurzfasern verarbeitet und mittels Fiberbased-Additive-Manufacturing (FAM)-Technologie und Flocktechnologie für den Einsatz als Implantat für die Knochen- und Knorpelregeneration untersucht (vgl. Abb. 4c). Auf diese Weise können dreidimensionale, faserbasierte Gerüste mit einstellbaren Porositäten bis zu 90 – 99 % sowie lokaler Porengrößenabstufung zur Nachahmung verschiedener Arten von Knochengewebe realisiert werden. Diese Scaffolds bieten große, zusammenhängende und abgestufte Porenräume, die das Wachstum und die Migration der Zellen ermöglichen. Durch eine zusätzliche Funktionalisierung (z. B. mit einer Kollagenbeschichtung) können die Zelladhäsion, -proliferation und -differenzierung erheblich verbessert werden [4, 9, 10]. Eine sticktechnische Verarbeitung geschichteter und gezwirnter Chitosangarne als resorbierbare Komponente in Netzimplantaten für eine chirurgische Behandlung von Hernien konnte erfolgreich umgesetzt werden (vgl. Abb. 4d) [11, 12]. Auf Basis chemisch vernetzter Chitosanfasern mit unterschiedlichem DA wurden degradierbare Wundauflagen zur Therapie chronischer Wunden entwickelt, die eine gleichmäßige Wirkstoffabgabe über sieben Tage zeigen (vgl. Abb. 4e). Durch die Variation von Fasern mit unter-

schiedlichen Deacetylierungsgraden konnten zudem variable Freisetzungsräume eingestellt werden. Dies ermöglicht eine variable Einstellung des benötigten Wirkstoffabgabezeitraums über den Verlauf der Wundbehandlung und bietet eine Plattform für maßgeschneiderte Therapiesysteme zur Regeneration von geschädigten Geweben (z. B. chronische Wunden, Knochen- und Knorpeldefekte, etc.) an [13, 14].

Chitosanfasern aus ionischen Flüssigkeiten

Die neuesten Entwicklungen am ITM beschäftigen sich mit der Etablierung eines alternativen nachhaltigen Spinnverfahrens für Chitosanfasern auf Basis von ionischen Flüssigkeiten (vgl. Abb. 4f) [15, 16]. Diese recyclebaren, nicht-toxischen Lösungsmittel verfügen über ein exzellentes Lösungsvermögen für Chitin und Chitosan und bieten eine Vielfalt an vorteilhaften Material-, Prozess- und Verarbeitungseigenschaften, wie pH-neutrale, wässrige Koagulationsmedien, hohe Prozessrobustheit aufgrund fehlender pH-Wert-Änderungen sowie ein großes Potenzial für eine zielgerichtete Wirkstofffunktionalisierung im neutralen wässrigen Medium. Die Verwendung von ionischen Lösungsmitteln im Lösungsmittelnassspinnprozess ermöglicht eine Verarbeitung von Chitosan unterschiedlicher Qualitäten mit Deacetylierungsgraden von 50 – 90 % zu reinen Chitosanfilamentgarne. Ein erhöhter Anteil an Acetamidgruppen bei Chitosan mit geringem DA führt zu erhöhten intermolekularen Wechselwirkungen, wodurch ein erhöhtes Leistungsvermögen mit hohen Zugfestigkeiten der Chitosanfilamentgarne angestrebt wird. Zusätzlich können das Quellverhalten und die Degradierbarkeit der Chitosanfilamentgarne durch den Einsatz von niedermolekula-

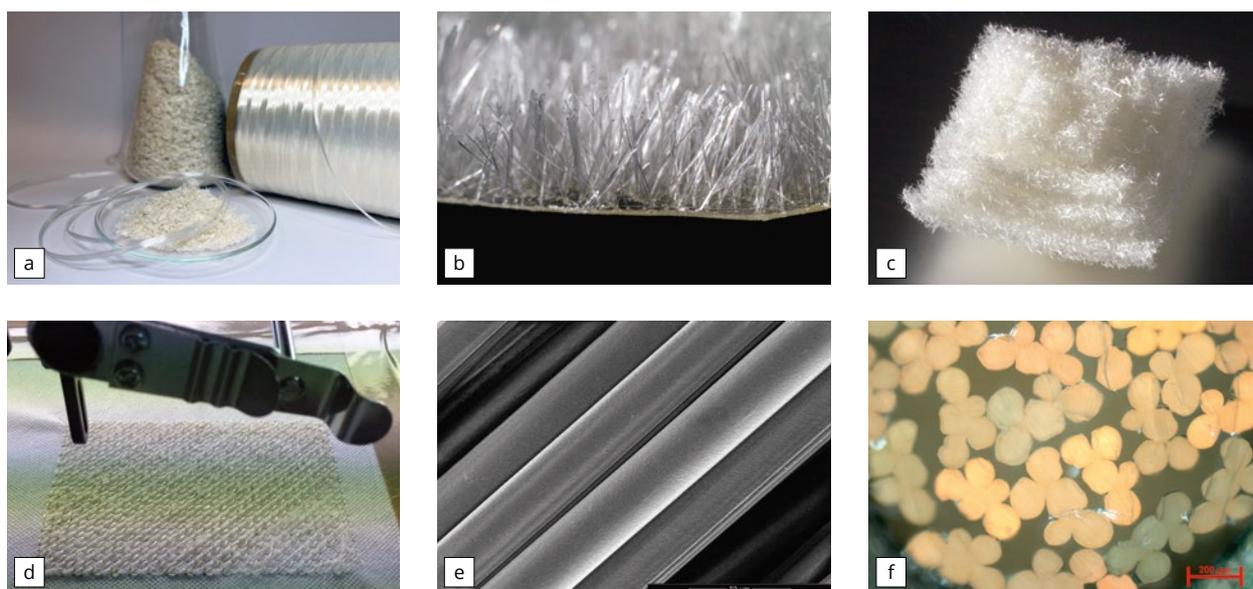


Abb. 4: Multifilament aus reinem Chitosan (a); Flock-Scaffold als Knorpelimplantat (b); mittels FAM-Technologie hergestelltes Scaffold als Knochenimplantat (c); gestickte Struktur als Hernienimplantat (d); REM-Aufnahme vernetzter Chitosangarne für die Wirkstoffabgabesysteme (e); lichtmikroskopische Aufnahme der Querschnitte mittels ionischer Flüssigkeiten hergestellter Chitosanfasern (f) / Chitosan multifilament yarn (a); flock scaffold as cartilage implant (b); scaffold produced by FAM technology as bone implant (c); stitched structure as hernia implant (d); SEM image of crosslinked chitosan yarns for drug delivery systems (e); light microscopy image of cross sections of chitosan fibers produced by ionic liquids (f)

rem Chitosan sowie über die unterschiedlichen DA anforderungsgerecht eingestellt werden. Zum Nachweis der textilen Verarbeitbarkeit der erzeugten Chitosanfilamentgarne sowohl für medizinische als auch für dermatologische oder kosmetische Anwendungen werden diese textiltechnisch in Web-, Flecht- und Wirkprozessen zu entsprechenden Funktionsmustern umgesetzt.

Ausblick

Die heutige Zeit wird durch die Notwendigkeit geprägt, den Übergang zu einer biobasierten Wirtschaft zu wagen, um die Abhängigkeit von fossilen

Ressourcen abzubauen. Die steigende gesellschaftliche Nachfrage nach umweltfreundlichen und nachhaltigen Produkten treibt immer mehr die Motivation an, nach Chemikalien, Materialien und Kraftstoffen auf der Grundlage erneuerbarer Ressourcen zu suchen. Das enorme Potenzial von Chitin und Chitosan aufgrund ihres Vorkommens, ihrer einzigartigen Eigenschaften und ihrer zahlreichen Anwendungen macht sie zu interessanten Biomasseressourcen. Nun gilt es, das vorhandene Potenzial durch intensive Forschungsarbeit und die Optimierung von Produktionsprozessen voll auszuschöpfen, um Chitin und Chitosan in kommerziellen Textilprozessen einzusetzen und die Nachhaltigkeit zu erhöhen.

Literatur

- [1] Kumar, M. N. V. R.; Muzzarelli, R. A. A.; Muzzarelli, C.; Sashiwa, H.; Domb, A. J.: Chitosan chemistry and pharmaceutical perspectives. *Chemical reviews* 104(2004)12, pp. 6017–6084
- [2] Ondruschka, J.; Trutnau, M.; Bley, T.: Gewinnung und Potenziale des Biopolymers Chitosan. *Chemie Ingenieur Technik* 80(2008)6, pp. 811–820
- [3] van den Broek, L. A. M.; Boeriu, C. G.; Stevens, C. V.: *Chitin and chitosan: Properties and Applications*. Band 8, Hoboken, NJ: Wiley, 2020. – ISBN 9781119450467
- [4] Hild, M.; Toskas, G.; Aibibu, D.; Wittenburg, G.; Meissner, H.; Cherif, C.; Hund, R.-D.: Chitosan/gelatin micro/nano-fiber 3D composite scaffolds for regenerative medicine. *Composite Interfaces* 21(2014)4, pp. 301–308
- [5] Toskas, G.; Brünler, R.; Hund, H.; Hund, R.-D.; Hild, M.; Aibibu, D.; Cherif, C.: Pure chitosan microfibrils for biomedical applications. *Autex Research Journal* 13(2013)4, pp. 134–140
- [6] Suzuki, D.; Takahashi, M.; Abe, M.; Sarukawa, J.; Tamura, H.; Tokura, S.; Kurahashi, Y.; Nagano, A.: Comparison of various mixtures of beta-chitin and chitosan as a scaffold for three-dimensional culture of rabbit chondrocytes. *Journal of materials science. Materials in medicine* 19(2008)3, pp. 1307–1315
- [7] Desbrières, J.; Guibal, E.: Chitosan for wastewater treatment. *Polymer International* 67(2018)1, pp. 7–14
- [8] Vakili, M.; Rafatullah, M.; Salamatinia, B.; Abdullah, A. Z.; Ibrahim, M. H.; Tan, K. B.; Gholami, Z.; Amougar, P.: Application of chitosan and its derivatives as adsorbents for dye removal from water and wastewater: a review. *Carbohydrate polymers* 113(2014), pp. 115–130
- [9] Hild, M.; Brünler, R.; Jäger, M.; Laourine, E.; Scheid, L.; Haupt, D.; Aibibu, D.; Cherif, C.; Hanke, T.: Net Shape Nonwoven: a novel technique for porous three-dimensional nonwoven hybrid scaffolds. *Textile Research Journal* 84(2014)10, pp. 1084–1094
- [10] Heinemann, C.; Brünler, R.; Kreschel, C.; Kruppke, B.; Bernhardt, R.; Aibibu, D.; Cherif, C.; Wiesmann, H.-P.; Hanke, T.: Bioinspired calcium phosphate mineralization on Net-Shape-Nonwoven chitosan scaffolds stimulates human bone marrow stromal cell differentiation. *Biomedical materials (Bristol, England)* 14(2019)4, pp. 45017
- [11] Brünler, R.; Eger, M.; Lukoschek, S.; Aibibu, D.; Cherif, C.; Breier, A.; Elschner, C.; Hahn, J.; Bittrich, L.; Spickenheuer, A.; Vater, C.; Petto, C.; Gelinsky, M.: Gestickte Herniennetze aus Chitosan mit lokal einstellbaren Steifigkeiten zum Einsatz als Implantatmaterial. *Technische Textilien* 61(2018)4, pp. 182–184
- [12] Eger, M.; Vater, C.; Hahn, J.; Lukoschek, S.; Petto, C.; Bittrich, L.; Breier, A.; Aibibu, D.; Spickenheuer, A.; Gelinsky, M.; Cherif, C.: Novel hernia implants: partially resorbable chitosan-PVDF meshes with a graded pattern design. *Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, Stuttgart, 30. November – 01. Dezember, 2017*
- [13] Wöltje, M.; Hilbig, L.; Dohle, E.; Aibibu, D.; Ghanaati, S.; Cherif, C.: Targeted drug release from chitosan fiber-based textiles for chronic wound care. *30th Annual Conference of the European Society for Biomaterials – ESB 2019, Dresden, 09.–13. September, 2019*
- [14] Lukoschek, S.; Wöltje, M.; Hund, R.-D.; Aibibu, D.; Cherif, C.: Fiber-based chitosan drug delivery systems for the treatment of chronic wounds. *Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, Aachen, 29.–30. November, 2018*
- [15] Kuznik, I.: Chitosan fiber manufacturing using ionic liquids. *Online Session, Young Scientists Forum German Society for Biomaterials (DGMBM)*. 22.10.2020
- [16] Kuznik, I.; Kruppke, I.; Cherif, C.: Pure Chitosan-Based Fibers Manufactured by a Wet Spinning Lab-Scale Process Using Ionic Liquids. *Polymers* 14(2022)3

Textiltechnologisch realisierte Verstärkungsstrukturen für FKV-Rohr- und Knotenelemente

Textil-technologically realized reinforcement structures for composite tube- and nodal-elements

Q. Bollengier, E. Häntzsche, P. Schegner, C. Sennewald, G. Hoffmann, Ch. Cherif

Abstract

The development of 3D preforms for fibre composites required in industry is a research focus of the ITM. The latest developments for tubular textile structures are presented here. In the first part, the development of biaxially reinforced tubular structures based on a modified flat knitting technique is presented. Through technological-constructive extensions of the knitting technology, the production of biaxially reinforced tubular structures with tube diameters varying over the length is now possible. In particular, a completely new solution for the transfer of half-loops on one machine bed was developed, implemented and tested. In the second part, the technology for weaving tubular nodal preforms is presented. The main focus of the ongoing research is the development of the process chain from the CAD design to the consolidated tubular nodal as well as the development of load-appropriate nodal geometries. These product-preparatory research results expand the technological know-how and form the basis for the transfer to industry.

Einleitung

Konstruktionen aus Rohren werden in fast allen Industriebereichen, wie Maschinen-, Anlagen-, Fahrzeug- und Schiffsbau, sowie der Luftfahrt und Architektur, für Medienleitungen und Rahmentragwerke eingesetzt. Mit Faserverbundrohrkonstruktionen

werden die Funktion der Medienleitung bzw. der Formleichtbau mit dem Materialeichtbau verbunden. Für die Herstellung rohrförmiger Preformen können unterschiedlichste Technologien zum Einsatz kommen. Die in der Industrie etablierte Flechttechnik ist durch die diagonale Anordnung der Verstärkungsfasern vor allem für Anwendungen mit Torsionsbeanspruchungen geeignet. Für Zug-, Druck- und Biegebelastungen werden vor allem Schlauchpreformen mit einer Faserverstärkung in Längs- und Umfangsrichtung in anforderungsgerechter Geometrie benötigt. Insbesondere für Rohre mit über der Länge unterschiedlichem Durchmesser fehlen effiziente Lösungen zur Fertigung in einem Stück. Am ITM wurden auf Basis der Stricktechnik entsprechende innovative Lösungen entwickelt.

Eine weitere Herausforderung besteht in der Fertigung der die Rohre verbindenden Rohrknoten. Diese werden meist noch aus Metall ausgeführt, entsprechen nicht dem Leichtbau und die Kopplung zu Faserverbundprofilen ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften strukturellmechanisch ungünstig. Die Fertigung in Faserverbundbauweise ist nur im aufwendigen sequentiellen Preforming mit Zuschnitt- und Fügeprozessen sowie Zuschnittverlusten möglich. Die am ITM entwickelte Technologie ermöglicht die Fertigung entsprechender Preformen im Stück auf konventionellen Jacquard-Webmaschinen.



Abb. 1: Modifizierte Flachstrickmaschine Steiger ARIES.3 mit Schussfadenovalzuführung (li.) zur Fertigung von gestrickten 3D-Schlauchpreformen mit umlaufender Schussfadenverstärkung (re.) / Modified flat knitting machine Steiger ARIES.3 with oval warp yarn guide (left) for the weft-knitting of 3D tubular preforms with continuous weft reinforcement (right)

Durch die Entwicklung neuer technologischer Lösungen zum Stricken und Weben wird es möglich, komplexe Rohrgeometrien und Rohrknoten ohne Zuschnitt- und Fügeprozesse mit deutlich reduziertem Materialaufwand in einem Stück textiltechnisch als Preform auszuführen. Die Forschungsergebnisse des ITM leisten einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Effizienz in der Fertigung, zur Reduktion des Materialeinsatzes und zur Steigerung des Leichtbaus.

Endkonturgerecht gestrickte 3D-MLG-Schlauchstrukturen mit längsvariabler Querschnittsgeometrie

Im Rahmen des IGF-Projektes 20493 BR wurde auf Basis der hochflexiblen Mehrlagenflachstricktechnik erfolgreich ein innovatives Verfahren zur direkten Herstellung biaxial-verstärkter Schlauchstrukturen mit in Bauteillängsrichtung unterschiedlichen Durchmessern entwickelt, umgesetzt und erprobt. Für den dazu notwendigen Halbmaschentransfer auf einem Nadelbett sowie für eine anforderungsgerechte Kettfadenmanipulation wurde für eine Flachstrickmaschine ein innovatives Zusatzmodul konstruktiv entwickelt und umgesetzt. Dadurch ist unter Beibehaltung einer lastpfadgerechten Orientierung

der Verstärkungsfäden während des Strickprozesses eine kontinuierliche Anpassung der Strickbreite an den gewünschten Schlauchdurchmesser und damit auch die Variation des Durchmessers über die Gestricklänge möglich.

Für die Umsetzung von in Längsrichtung gestrickten Schlauchstrukturen mit variablem Durchmesser wird eine modifizierte Flachstrickmaschine ARIES.3 der Firma Steiger (Steiger Participations SA) mit der Maschinenteilung E7 eingesetzt. Diese wurde im Rahmen des IGF-Projektes 17926 BR speziell für die Realisierung von biaxial-verstärkten Schlauchstrukturen mit am Umfang umlaufenden, nicht unterbrochenen Verstärkungsfäden (Biaxial-Schlauch-MLG) entwickelt [1], [2]. Abbildung 1 zeigt die mit einem auf einer Ovalführungsschiene laufenden Schussleger erweiterte Flachstrickmaschine und exemplarische Beispiele für umgesetzte Anaxial-Schlauch-MLG mit konstantem Durchmesser.

Auf Basis dieser Technologieplattform wurden die Anforderungen an zwei Zusatzeinrichtungen abgeleitet, einerseits für einen anforderungsgerechten Kettfadenversatz (vgl. Abb. 2) und andererseits für einen bedarfsgerechten Halbmaschentransfer auf einem Nadelbett (vgl. Abb. 3). Darauf aufbauend

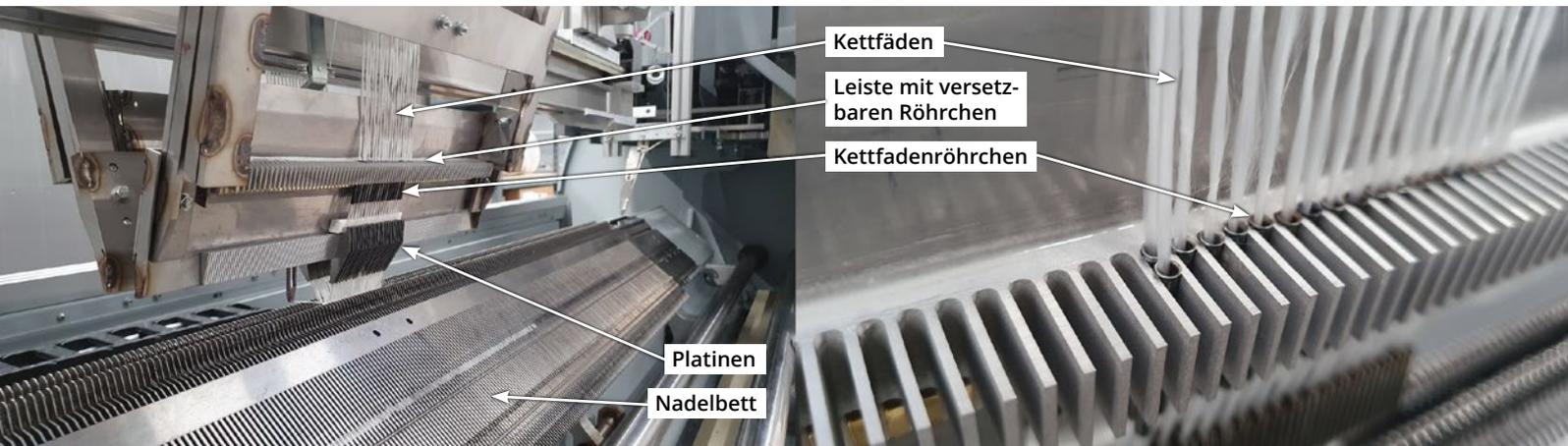


Abb. 2: Implementierte Kettfadenversatzeinrichtung / Implemented device for warp thread misalignment

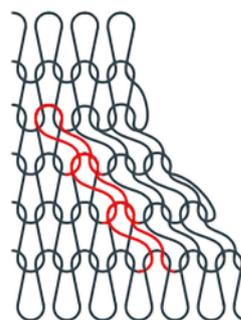
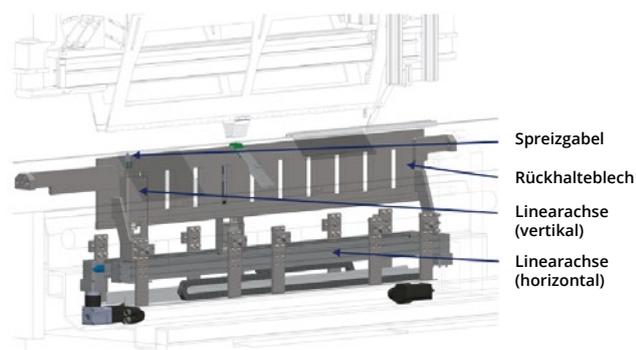


Abb. 3: CAD-Modell der entwickelten Einrichtung für den Halbmaschentransfer (HMT) auf einem Nadelbett (li.), HMT-Funktionsprinzip beim Mindern der Gestrickbreite (mi.) und Halbmaschentransfer auf einem Nadelbett (re.) / CAD model of the developed device for half-stitch transfer HST (left), HST functional principle for reducing the knitted fabric width (middle) and novel half-stitch transfer on one needle bed (right)

erfolgten die Entwicklung und Bewertung von Konzepten für die erforderlichen konstruktiven Strickmaschinenanpassungen. In Abstimmung mit den im Projektbegleitenden Ausschuss beteiligte Firmen wurde anschließend ein Vorzugskonzept entwickelt und erfolgreich konstruktiv umgesetzt und erprobt. Die entwickelten Einrichtungen für den Kettfadensersatz (Abb. 2) und Halbmaschentransfer (Abb. 3) sind eine technische Voraussetzung für die Umsetzung von lastangepassten 3D-Schlauchpreformen mit entlang der Längsachse unterschiedlichen Querschnitten in Integralbauweise und reproduzierbarer Qualität.

Abbildung 3 zeigt die entwickelte und konstruktiv umgesetzte Einrichtung für den Halbmaschentransfer auf einem Nadelbett. Damit erfolgt der Halbmaschentransfer um eine festgelegte Anzahl von Nadeln in der Struktur je Maschenreihe. Für den

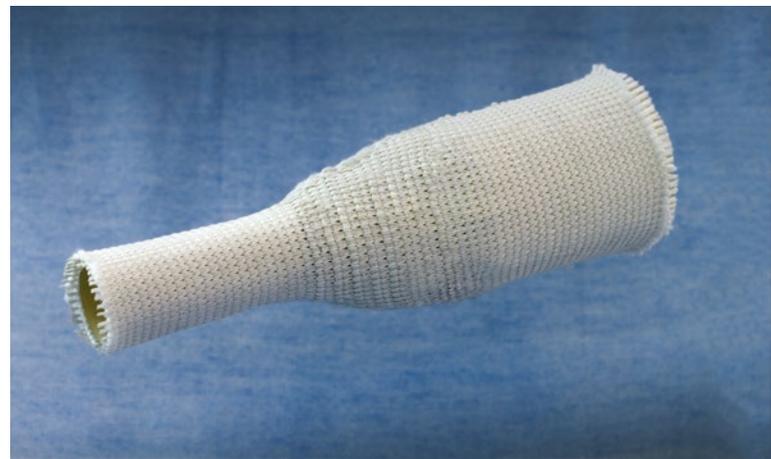


Abb. 4: In Umfangs- und Längsrichtung verstärkte MLG-Schlauchstrukturen mit variablem Durchmesser und komplexer Geometrie / *Circumferentially and longitudinally reinforced tubular structures with variable diameter and complex geometry*

neuartigen Halbmaschentransfer (HMT) auf einem Nadelbett fährt die Nadel mit der umzuhängenden Halbmasche in die Strickposition aus und die pneumatisch betätigte Spreizgabel der HMT-Einrichtung greift von unten in diese von der Stricknadel abzunehmende Halbmasche ein. Beim Wiedereinfahren der abgebenden Nadel in Kulierstellung wird die abgeschlagene Halbmasche an die HMT-Einrichtung übergeben. Nach Versatz der HMT-Einrichtung um eine Nadelteilung nach links oder rechts wird die aufnehmende Nadel in Fangstellung ausgetrieben und übernimmt somit die zu transferierende Halbmasche nach dem Absenken der Spreizgabel, ohne die noch auf der Nadel verweilende Halbmasche abzuschlagen. Damit werden die bisher bestehenden Nachteile des Halbmaschentransfers und insbesondere die bisher notwendige Verwendung eines zweiten Nadelbettes zur vorübergehenden Speicherung der Halbmaschen technologisch vollständig überwunden. Im Rahmen des erfolgreich abgeschlossenen IGF-Projektes 20493 BR konnte somit eine neue

Strickmaschinenteknik für die integrale Fertigung anforderungsgerechter 3D-Schlauch-MLG-Halbzeuge mit in Längsrichtung unterschiedlichen Durchmesser bereitgestellt werden.

Mit der Umsetzung der Funktionsmuster (Abb. 4) konnte die hohe Variabilität der entwickelten Technologie zur integralen Fertigung von 3D-Schlauch-MLG-Preformen für schlauchförmige FKV-Bauteile mit komplexer Geometrie gezeigt werden. Wesentliche Vorteile dieser integral gefertigten Preformen gegenüber sequentiell gefertigten Preformen sind ein deutlich schnellerer Preformaufbau sowie eine gesteigerte Materialeffizienz. Beim sequentiellen Preforming sind zum Ausgleich von durch das Konfektionieren (insb. durch Zuschnitt-, Drapier- und Fügeprozesse) entstandene lokal unterbrochene bzw. nicht lastpfadgerecht angeordneten Verstärkungsfäden materialintensive Überlappungen zwingend



notwendig. Die integral gefertigten 3D-Schlauchpreformen zeichnen sich hingegen durch durchgehende, nicht unterbrochene Verstärkungsfäden in Längs- sowie in Umfangsrichtung aus und führen zu einer deutlich höheren mechanischen Belastbarkeit daraus herstellbarer FKV-Bauteile. Die daraus hergestellten FKV-Rohre sind dadurch wesentlich materialeffizienter auslegbar.

Die materialeffiziente Herstellung der neuartigen, variablen 3D-Schlauch-MLG-Textilhalbzeuge in Integralbauweise und reproduzierbarer Qualität erlaubt eine kostengünstige Herstellung hochbelastbarer 3D-FKV-Rohre mit komplexer Geometrie. Eine industrielle Anwendung der Projektergebnisse ist z. B. bei der Herstellung von komplexen Druckleitungen für die Luftfahrt, von Schlauchlinern für die grabenlose Kanalsanierung (insb. Hausanschlüsse), von Wasserstofftanks und Druckbehältern im Automobilbau sowie von orthopädischen Hilfsmitteln für die Medizintechnik (z. B. Prothesenschäfte) zu erwarten.

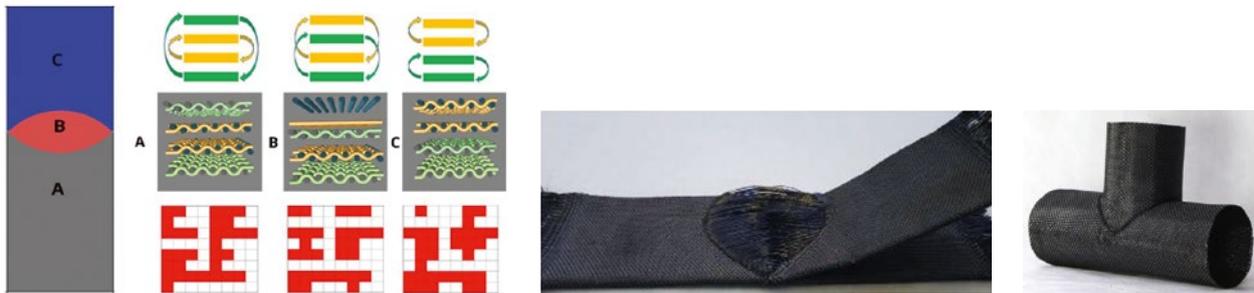


Abb. 5: Prozesskette für gewebte T-Knotenpreform: 2D-CAE-Bild mit Definition der Lagen (li.), gewebte 2,5D-Knotenstruktur mit Flottungsbereich (mi.), gewebte 3D-Knotenpreform (re.) / *Process chain for woven T-nodal preform: 2D CAE image with definition of the layers woven (left), 2.5D nodal structure with float area (middle), woven 3D nodal preform (right)*

Prozesskette zur Entwicklung gewebter Preformen für Rohrknoten

Für Leichtbau-Rahmentragwerke stehen heute unterschiedlichste Faserverbundprofile zur Verfügung. Hinsichtlich Steifigkeit und Leichtbaueffekt sind Rohrprofile besonders leistungsfähig. Für die Verbindung der Rohrprofile werden aktuell oft schwere gegossene Rohrknoten oder geschweißte Rohrknoten eingesetzt. Die Kombination dieser unterschiedlichen Materialien ist strukturmechanisch ungünstig und durch den Einsatz der Metalle wird der Leichtbaueffekt reduziert. Rohrknoten auf Faserverbundbasis werden aktuell im sequentiellen Preforming gefertigt. Die notwendigen Zuschnitt-, Drapier- und Fügeprozesse führen, wie bereits erläutert, zu hohen Prozesskosten und erfordern die materialseitige Überdimensionierung.

Am ITM wurde eine vollständige CAD-gestützte Prozesskette zur Fertigung von gewebten Knotenpreformen entwickelt, die ausgehend vom CAD-Modell eine 2D-Abwicklung generiert, für die dann die Bindung (Abb. 5 li.) erstellt wird. Aus dieser Bindung wird die Steuerdatei für die Webmaschine erstellt und das Gewebe als 2,5D-Struktur (Abb. 5 mi.) erstellt (2D gewebt und vollständig vorbereitet zur Ausformung zu 3D). Die Ausformung zur Knoten-

preform (Abb. 5 re.) erfolgt durch das Ziehen der in Abbildung 5 (mi.) sichtbaren Flottungen und kann inline in der Webmaschine oder offline erfolgen. Dieses Grundprinzip ist in der Dissertation Fazeli [3] umfassend erläutert und ermöglicht die Ausführung unterschiedlichster Knotenpreformgeometrien.

Abbildung 6 zeigt Beispiele zur Vielfalt der umsetzbaren Knotengeometrien. Allen gemeinsam ist der durchgehende Hauptschlauch und die an diesen Hauptschlauch webtechnisch angebundenen Abzweigungen. Die Verbindungen zwischen Haupt- und Nebenschläuchen sind immer geschlossen. Es können mehrere Abzweigungen in unterschiedlichen Richtungen und mit unterschiedlichen Schlauchdurchmessern angeordnet werden. Die gezeigten Carbonpreformen sind mittels Spulenschützenwebtechnik verschchnittfrei gefertigt. Die gezeigte Glaspreform ist mit einer hochproduktiven Greiferwebmaschine gefertigt, die größere Dimensionen erlaubt und auch Flächen zwischen den abzweigenden Rohren ermöglicht. Durch die Bildung des Schlauches mittels Lagenwechsel kann der Durchmesser des gewebten Schlauches durch Strukturdeformation dem Durchmesser des Formwerkzeuges angepasst werden. Es ist jedoch ein Zuschnitt erforderlich. Für die Fertigung der Preformen sind keine Modifikationen der Webmaschinen erforderlich.



Abb. 6: Beispiele für gewebte Knotenpreformen / *Examples of woven nodal preforms*

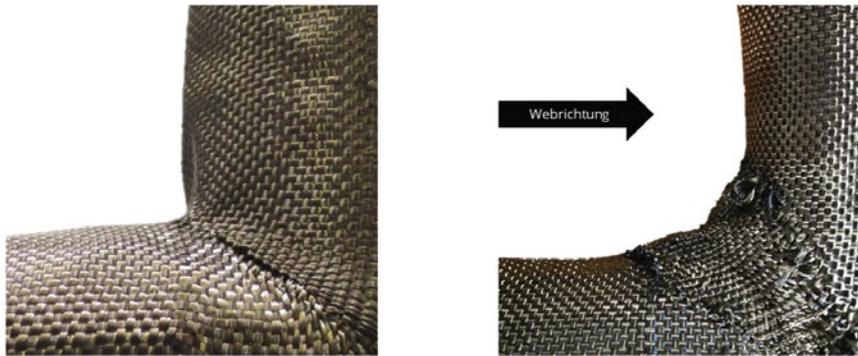


Abb. 7: Knotenpreform ohne Verrundung (li.) und mit Verrundung (re.) / nodal preform without rounding (left) and with rounding (right)

Den bisher entwickelten Knotenpreformen fehlen in den Abzweigungen die Verrundungen, die die sehr ungünstigen Kerbspannungen an den Abzweigungen wesentlich reduzieren. Im IGF-Projekt 20640 BR wurden deshalb Lösungen zur Ausführung der Knotenpreformen mit Verrundungen in den Abzweigungen erarbeitet. Die Zusammenhänge zwischen Verrundungsradius und Kerbspannung wurden aufgezeigt. Zum Beispiel ist bei 80 mm Rohrdurchmesser ein Verrundungsradius von 50 mm optimal. Durch die sphärische Geometrie der Verrundung ist keine verzerrungsfreie Abwicklung umsetzbar und die Abwicklung der 3D-Geometrie in die Ebenen wurde neu erarbeitet. Die notwendigen Umformungen von der 3D-Geometrie in die Ebene, das Weben der 2,5D-Geometrie und die anschließende Ausformung zur 3D-Knotenpreform erfordert beim Weben die Einarbeitung von Schussüberlängen. Für die webtechnische Umsetzung der entwickelten Bindungen wurden Lösungen zur Ausbildung von Schussüberlängen erarbeitet, die die exakte Ausformung der Verrundung gestatten. Abbildung 7 zeigt die in Webrichtung erfolgreich umgesetzte Verrundung.

Für die Abbildung der gesamten CAD-gestützten Prozesskette vom CAD-Entwurf bis zum Rohrknoten wurden auch Lösungen zur automatischen Ausformung der Knoten mittels Roboter offline (Abb. 8 re.) und inline direkt in der Webmaschine [4] erarbeitet. Darüber hinaus liegen erste Ergebnisse zu technologischen Lösungen zur Infiltration und zur Konsolidierung (Abb. 8 re.) sowie zu Prüfanordnungen für die Ermittlung der strukturmechanischen Performance [5] der Rohrknoten vor. Auf Basis der entwickelten Prozesskette, die in den Textilfirmen als One Shot Technologie umsetzbar ist, sind für einen effizienteren Leichtbau in den Bereichen Automobil-, Maschinen- und Sportgerätebau lastangepasste Rohrknoten als Verbinder in Rahmentragwerken herstellbar. Das im Rahmen der produktvorbereitenden Forschung erarbeitete umfassende Know-how zur Entwicklung und Fertigung von Verstärkungsstrukturen für FKV-Rohr- und Knotenelemente bildet eine sehr gute Basis für weiterführende Projekte zur Umsetzung in der Industrie.

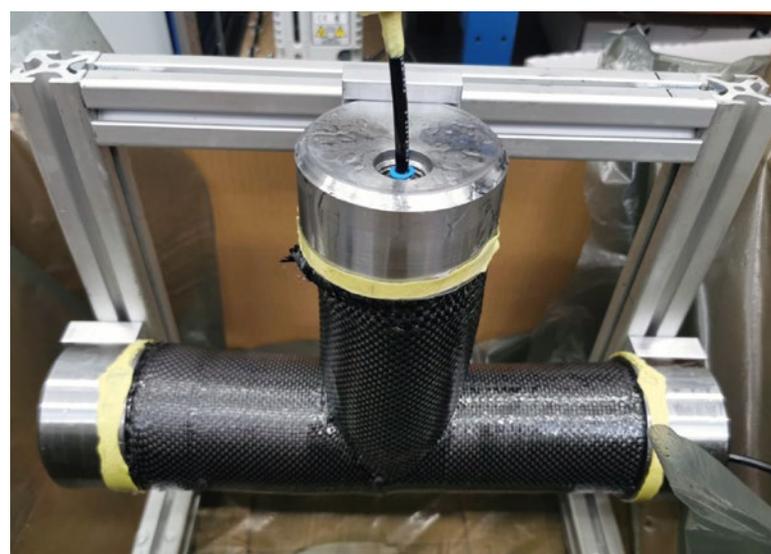
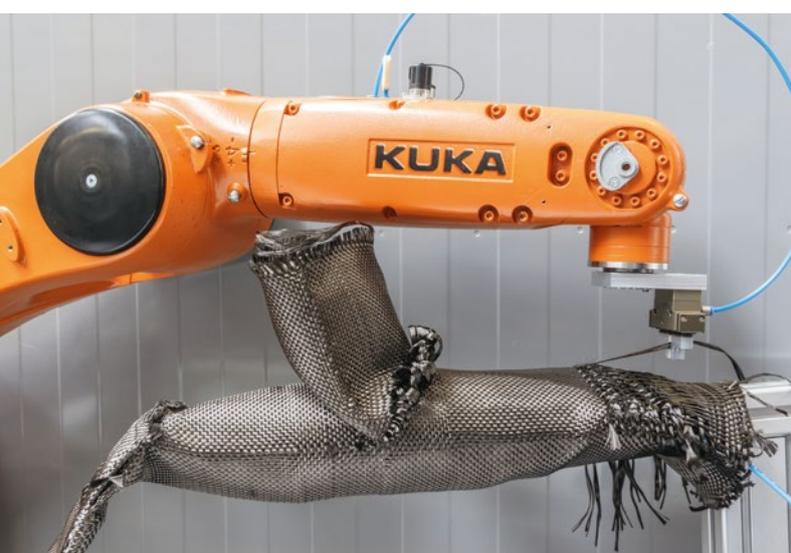


Abb. 8: Robotergestützte Ausformung (li.) und Teilansicht Konsolidierung (re.) / Robot-aided moulding (left) and partial view Consolidation (right)

Literaturverzeichnis

- [1] Schutzrecht WO 2010/142608 A1. Technische Universität Dresden. (16.12.2010). Trümper; Cherif; Diestel
- [2] Bollengier, Q.; Trümper, W.; Diestel, O.; Cherif, C.: Flexible Herstellung komplex geformter, biaxialverstärkter Schläuche. *Manufacturing of biaxial-reinforced tubes with complex geometries*. In: *Technische Textilien* 60(2017)4, S. 266–268
- [3] Fazeli, M.: *Technologieentwicklung für gewebte Knotenstrukturen mit komplexer Geometrie in Integralbauweise für Faserverbundanwendungen*. Dresden, Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Dissertation, 2016, Dresden: Dr. Huth Verlag, 2017, ISBN 978-3-8439-3014-7
- [4] Schutzrecht DE 10 2020 106 810 B3. Technische Universität Dresden. (11.02.2021). Schegner; Vorhof; Sennewald; Hoffmann; Cherif
- [5] anonym: *Konstruktiv-technologische Entwicklung von lastgerechten (gewebten) 3D-Textilstrukturen (IGF 20640 BR)*. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, Abschlussbericht, 2021

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Danksagung

Die IGF-Projekte 20493 BR, 20640 BR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e. V. wurden 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. Die Autoren danken den genannten Institutionen für die Bereitstellung der finanziellen Mittel.

Recycling von Kohlenstofffasern und anschließendes Upcycling für die Herstellung von 3D-rCFK-Teilen

Recycling of carbon fibers and subsequent upcycling for the production of 3D-rCFRP parts

D. Rabe, M. M. B. Hasan, A. Abdkader, E. Häntzsche, Ch. Cherif

Abstract

Carbon fibers (CF) are used in CF reinforced plastic (CFRP) components. However, waste CF, CFRP and the end-of-life (EOL) CFRP structures will cause a recycling challenge in the next decades because of strict environmental regulations. Currently, recycling is carried out almost entirely by the use of pyrolysis to regain CF as a valuable resource. This high temperature process is energy consuming and the resulting fibers are brittle. Hence, they are not suitable for textile processing into yarns or new reinforcement structures. To enable a grave to cradle processing, a new approach based on a solvolysis recovery of CF and the subsequent spinning process to obtain a hybrid yarn suitable for weft knitting processing was the focus of the international research project IGF/CORNET 256EBR "3D-r-CFRP".

Einleitung

Carbonfasern (CF) sind die am häufigsten verwendeten Hochleistungsfasern für masseoptimierte, hochbelastbare Verbundwerkstoffe. Die große Menge an CF-Abfall, die bei der Herstellung von carbonfaserverstärktem Kunststoff (CFK) und am Ende der Lebensdauer (EOL) von CFK-Komponenten anfällt, belastet jedoch die globale Umwelt. Deshalb werden die CFK-Altlasten in naher Zukunft sozioökonomische Probleme verursachen [1]. Aus diesem Grund ist die Rückgewinnung von CF aus CFK sowie deren Wiedereinführung in die Kreislaufwirtschaft in Anbetracht der Umweltbelastung und des CO₂-Ausstoßes eine nachhaltige Herausforderung [2]. Die Rückgewinnung erfolgt heute fast ausschließlich auf pyrolytischem Weg. Dabei werden die EOL-CFK-Komponenten hohen Temperaturen (450 bis 600 °C) ausgesetzt [1, 3]. Im Vergleich zu neuen CF ist die Festigkeit von derart zurückgewonnenem, recyceltem CF (rCF) verringert. Außerdem ist die textile Weiterverarbeitung (z. B. Kardieren, Spinnen, Stricken) der spröden Pyrolysefasern anspruchsvoll und schränkt ihren Anwendungsbereich auf das Downcycling zu Vlies oder Spritzgussgranulat ein [4, 5]. Infolgedessen werden rCF-Verbundwerkstoffe (rCFK) derzeit als Produkte mit geringer Leistungsfähigkeit und hohem Preis durch eine aufwendige Wiederaufbereitung eingestuft [1]. Ein neuer Ansatz ist erforderlich, um die bestehenden Nachhaltigkeitsanforderungen [2] zu erfüllen und rCF zu erhalten, die für die textile Verarbeitung zu Hybridgarnen und darüber hinaus zu textilen Preforms für die Herstellung von Hochleistungs-CFK-Bauteilen verwendet werden können.

Hauptziel des internationalen Forschungsprojekts war die Entwicklung und Umsetzung einer neuen Wertschöpfungskette bestehend aus Rückgewinnung von CF, Wiederbeschichtung der recycelten CF (rCF) mit einer zu entwickelnden Schlichte und Herstellung eines Hybridgarns aus den losen rCF. Das rCF-Hybridgarn dient als Ausgangsmaterial für die textiltechnologische Weiterverarbeitung zu Verstärkungsstrukturen für die Herstellung neuer CFK-Bauteile.

An der Faculty of Textile Science and Technology der Shinshu University wurde ein kontinuierlicher Prozess für das CFK-Recycling unter Verwendung von überhitztem Dampf (< 300 °C) und einem geeigneten Katalysator entwickelt. Dabei wird die Epoxidmatrix des Verbundes zu öligen Substanzen zersetzt und die CF können mit einer Faserlänge bis zu 100 mm schnell und schonend zurückgewonnen werden. Verfügbare Technologien zur Herstellung von Hybridgarnen müssen für die Verarbeitung von rCF aufgrund der Sprödigkeit, mangelnder Schlichte der glatten Garnoberfläche und der elektrischen Leitfähigkeit modifiziert werden. Im Rahmen des Projektes wurden am ITM der TU Dresden aus den bereitgestellten rCF neue Hybridgarnstrukturen mit skalierbaren mechanischen Eigenschaften durch Modifikation des DREF-Friktionsspinnverfahrens entwickelt. Diese rCF-Hybridgarne wurden mit der Mehrlagenflachstricktechnik zu leicht umformbaren textilen Verstärkungshalbzeugen weiterverarbeitet. Dazu wurde der Mehrlagenflachstrickprozess an die Verarbeitungseigenschaften der rCF-Hybridgarne angepasst. Die entwickelten und gefertigten Verstärkungshalbzeuge wurden im Heißpressprozess zu thermoplastischen CFK-Bauteilen verarbeitet.

Materialien und Methoden

Im Forschungsprojekt wurde als Filamentgarn für alle Untersuchungen der CF-Roving Toray T700SC 50 C 12k mit einer Feinheit von 800 tex verwendet. Der Fasertyp „rCF-Typ 1“ bezeichnet im Folgenden unbehandelte, geschnittene Fasern von 100 mm Länge aus diesem CF-Roving. Der Fasertyp „rCF-Typ 3“ bezeichnet Fasern, die aus Industrieabfällen, d. h. unausgehärteten oder teilweise gehärteten, unidirektionalen (UD) CF-Tapes gewonnen wurden.

Dafür wurden die Industrieabfälle in 100 x 100 mm² große Stücke geschnitten und einer Solvolyse unterzogen. Der Prozess zur Faserrückgewinnung wurde an der Faculty of Textile Science and Technology der

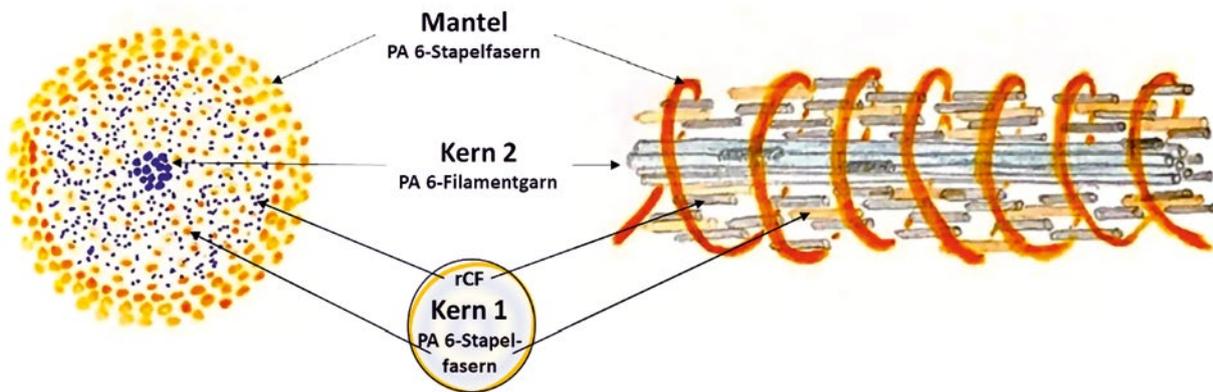


Abb. 1: Schematischer Aufbau der rCF-Hybridgarne bei der Umsetzung mit DREF-3000 Friktionsspinntechnik / *Schematic structure of the rCF hybrid yarns implemented with DREF-3000 friction spinning technology*

Shinshu University (Forschungsstelle 1) entwickelt. Der erste Schritt ist ein Karbonisierungsprozess der unter Inert- bzw. Schutzgasatmosphäre bei 400 °C abläuft. Im zweiten Schritt werden unter kontrollierten atmosphärischen Bedingungen (überhitzter Dampf, 400 °C) die verbleibenden Epoxidreste auf der CF-Oberfläche entfernt. Durch diese zwei faserschonenden Prozessstufen werden die CF vor einem Verlust der mechanischen Eigenschaften bewahrt. Im dritten Schritt der Faserwiedergewinnung werden alle Reaktionsrückstände in einem Waschverfahren mit Aceton als Batchprozess vollständig entfernt. Die wiedergewonnenen Fasern wurden in einem vierten Schritt in einem Batch-Verfahren mit einer entwickelten Titanoxid-basierten Schlichte neu beschichtet.

Für die derartig vorbereiteten Fasern wurde am ITM der TU Dresden (Forschungsstelle 2) eine Recyclingprozesskette zur Herstellung von rCF-Hybridgarne für daraus herstellbare Verstärkungshalbzeuge sowie thermoplastischen Verbundbauteilen entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Für die Entwicklung von rCF-Hybridgarne wurde die Prozesskette der Fadenbildungstechnik eingesetzt. Dazu wurden die die Krempel-, Versteckungs- und Spinntechnologien modifiziert. Zur optimalen Einstellung der Krempelanlage im Hinblick auf die Walzengeschwindigkeiten und -abstände wurden umfassende Untersuchungen durchgeführt und die bestmöglichen Krempelparameter abgeleitet. Bei der Verarbeitung der querkraftempfindlichen rCF an der Strecke wurden weitere Modifizierungen besonders bezüglich des Regulierungssystems durchgeführt.

Zunächst wurden Krempelbänder aus Nylon-Fasern (PA6, 80 mm Faserlänge) mit rCF vom Typ 1 (geschnittene neue CF) und Typ 3 (solvolytisch recycelt rCF) mit jeweils 100 mm Faserlänge sowie einem rCF-Massenanteil von 70 % auf der modifizierten Spezialkrempelanlage umgesetzt. Die Krempelbänder wurden anschließend an der Strecke zum Streckenband weiterverarbeitet. Für die Ausspinnung der Hybridgarne wurden verschiedene Kern-Mantel-Strukturen

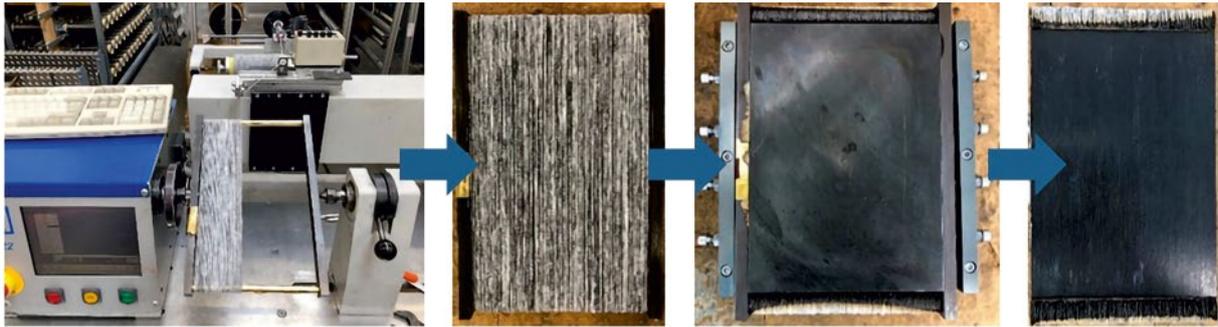
(Abb. 1) aus den zwei unterschiedlichen rCF-Fasertypen entwickelt und auf der am ITM vorhandenen und zur rCF-Verarbeitung modifizierten Friktionsspinnmaschine DREF-3000 hergestellt. Der Kern der Hybridgarne besteht aus zwei Komponenten:

- Hybridband aus rCF- und PA6-Faser (rCF-Massenanteil 70 %)
- PA 6 Filamentgarn (30 tex).

Die Ummantelung der als Kern-Mantel-Struktur ausgeführten Hybridgarne besteht aus einem PA6-Streckenband. Um ein rCF-Massenanteil von 62 % im Hybridgarn zu erreichen, was einem Volumenanteil von 50 % im späteren Verbund entspricht, wurde ein Massenverhältnis von 90:10 (Kern zu Mantel) eingestellt. Die Feinheit der hergestellten Hybridgarne beträgt 600 tex.

Die mit unterschiedlichen Garnkonstruktionen erzielbaren Verbundeigenschaften wurden durch Zugversuche auf Basis unidirektionaler (UD) Verbundstoffe nach DIN EN 527-4 ermittelt. Dazu wurden rCF-Hybridgarne mittels eines Wickelrahmens UD-Wickelrahmen verarbeitet und bei 295 °C und 4,2 MPa in einem 75-minütigen Zyklus im Heißpressverfahren in rCFK überführt (vgl. Abb. 2). Die UD-Verbundplatten wurden in 250 x 25 mm² große Proben für die Zugprüfung geschnitten. Für einen Vergleich mit der Referenz aus neuem CF-Filamentgarn wurde in gleicher Weise eine UD-Verbundplatte aus CF-Filamentgarn und PA6-Fasern als Referenz hergestellt und mit den zwei Hybridgarne aus rCF-Typ 1 und rCF-Typ 3 hinsichtlich der Zugfestigkeit verglichen.

Die hergestellten rCF-Hybridgarne wurden anschließend auf einer modifizierten Flachstrickmaschine (s. Abb. 3) zu einem 500 mm breiten rCF-Mehrlagengestrick (MLG) mit zwei Verstärkungslagen (bestehend aus einer 90°-Schuss- und 0°-Kettfadeneinlage) verarbeitet, um die textilen Verarbeitungseigenschaften umfassend zu bewerten.



Wickeln des Hybridgarnes aus rCF und PA6

Textiler UD-Wickelrahmen

Wickelrahmen im Presswerkzeug, Heißpressprozess: 295°; 4,2 Mpa; 75 min

UD-Verbundplatte aus rCF und PA6, Dicke: ~2 mm, FVG: ~2 %

Abb. 2: Wicklung von rCF-Hybridgarnen und Herstellung von UD-Verbundplatten im Heißpressverfahren / Winding of rCF hybrid yarns and hot-pressing production of UD-composite plates

Aufgrund der heterogenen Garncharakteristik (v. a. materialbedingte Ungleichmäßigkeiten im Garnquerschnitt) musste die Strickmaschine im Bereich der Kettfadenzuführung angepasst werden. Die Öffnungen der metallischen Kettfadenführer sind im

unteren Bereich bauraumbedingt oval ausgeführt. Diese wurden mechanisch überarbeitet (Abb. 4, links), um die auftretenden Reibkräfte zu reduzieren. Um die auf dem Weg der Kettfadenzuführung vom Gatter bis hin zum Nadelbett (Abb. 3) auftreten-

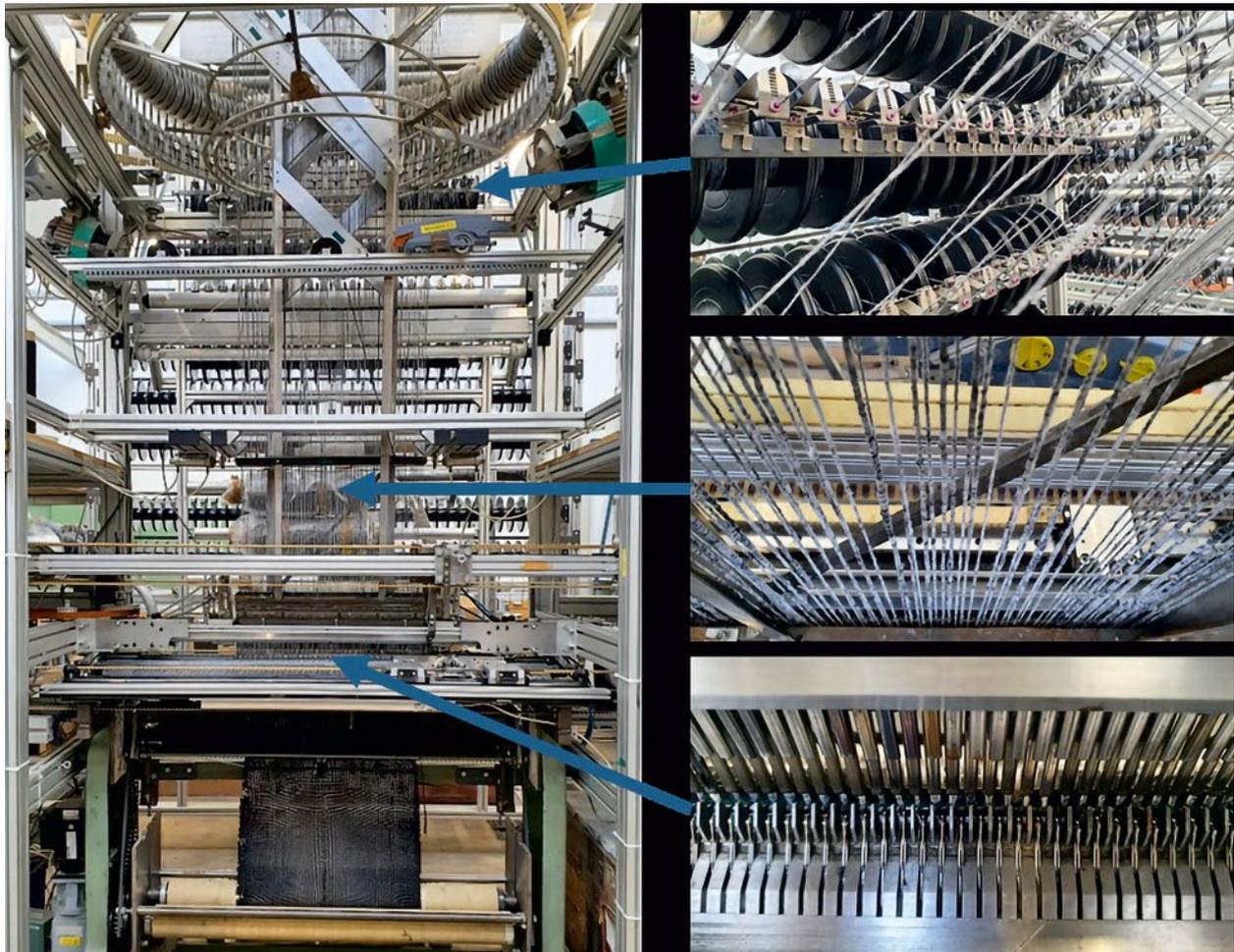


Abb. 3: Modifizierte Biaxial-Flachstrickmaschine (Maschinenfeinheit: E5, Arbeitsbreite: 500 mm) / Modified biaxial weft knitting machine (gauge E5, working width 500 mm)

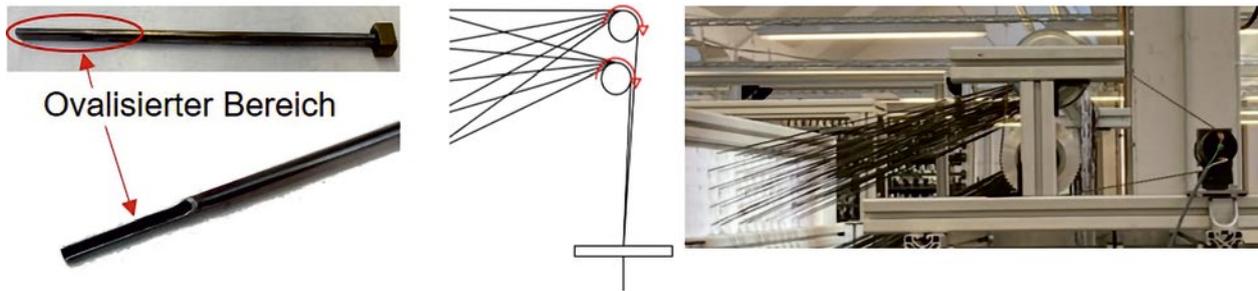


Abb. 4: Anpassungsmaßnahmen an der Biaxial-Flachstrickmaschine: links: Öffnung des ovalisierten Bereichs der Kettfadensführer, rechts: Implementierung einer aktiven, selbstregelnden Kettfadenslieferung / *Adaptation measures on the biaxial flat knitting machine: left: Opening of the ovalized area of the warp yarn guides, right: Implementation of active self-regulating warp yarn delivery*

den Reibkräfte zu kompensieren wurde eine aktive, selbstregelnde Kettfadenslieferung (Abb. 4, rechts) realisiert, die aus zwei angetriebenen Rollen besteht, die die Kettfäden um ca. 90° zum Nadelbett umlenken. Beim Abzug einer fertiggestellten Maschenreihe am Nadelbett, erhöht sich der Reibschluss mit den permanent drehenden Rollen. Der Kettfaden wird so lang gefördert, bis der Reibschluss zur Rolle aufgrund der dabei abnehmenden Zugkraft nachlässt. Mithilfe dieser Anpassungen konnte eine Verarbeitbarkeit des Materials erreicht werden.

Im Anschluss wurde die Kuliertiefe beim Strickprozess für die schädigungsarme rCF-Hybridgarnverarbeitung systematisch variiert, um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Eigenstabilität und Drapierbarkeit zu erreichen. Die gut drapierbaren Strukturen sollten in einem schnellen und kostengünstigen Heißpressprozess zu Verbundbauteilen (mit metallblechähnlichem Umformverhalten) zu verarbeiten sein. Die resultierende Verstärkungsstruktur (s. Abb. 5) enthält das rCF-Hybridgarn in Kett- (0°) und in Schussrichtung (90°). Beide Garnsysteme sind dabei durch einen Maschenfaden miteinander verbunden, für den ebenso ein Hybridgarn verwendet wurde, das aus einem streckgebrochenen CF-Garn (70 tex) und einem PA6-Filamentgarn (94 tex) bestand. Es

wurde die Struktureigenschaftswchselwirkung der Kuliertiefe auf die resultierende textile Struktur (z. B. Flächenmasse, Drapierbarkeit) und auf das mechanische Verhalten der resultierenden Verbundstrukturen (z. B. Zug- und Biegefestigkeit) untersucht.

Zur Charakterisierung der Verbundeigenschaften wurden die rCF-MLG im Heißpressverfahren zu rCFK-Verbundplatten verarbeitet (vgl. Abb. 6). Vier Lagen der Struktur [0/90]_{2,s} führen zu einer Verbundplatte von 2 mm Dicke und einem daraus resultierenden Faservolumengehalt von etwa 50 %. Diese Platten wurden für Zugversuche (DIN EN ISO 527) und 4-Punkt-Biegeversuche (DIN EN ISO 14125) in Probekörper von 250 x 25 mm² bzw. 80 x 15 mm² geschnitten und anschließend charakterisiert.

Unter Verwendung der ermittelten Vorzugsvarianten beim rCF-Hybridgarn, der daraus hergestellten rCF-MLG und den Heißpressparametern konnte in einem der metallischen Blechumformung ähnlichen Pressprozess das Demonstratorbauteil „T-Napf“ hergestellt werden (vgl. Abb. 7). Dafür wurden 8 Lagen des rCF-MLG in das Heißpresswerkzeug eingelegt, durch den hydraulischen Druck der Heißpresse das Werkzeug geschlossen und die textilen Lagen entsprechend der Werkzeuggeometrie umgeformt. Dar-

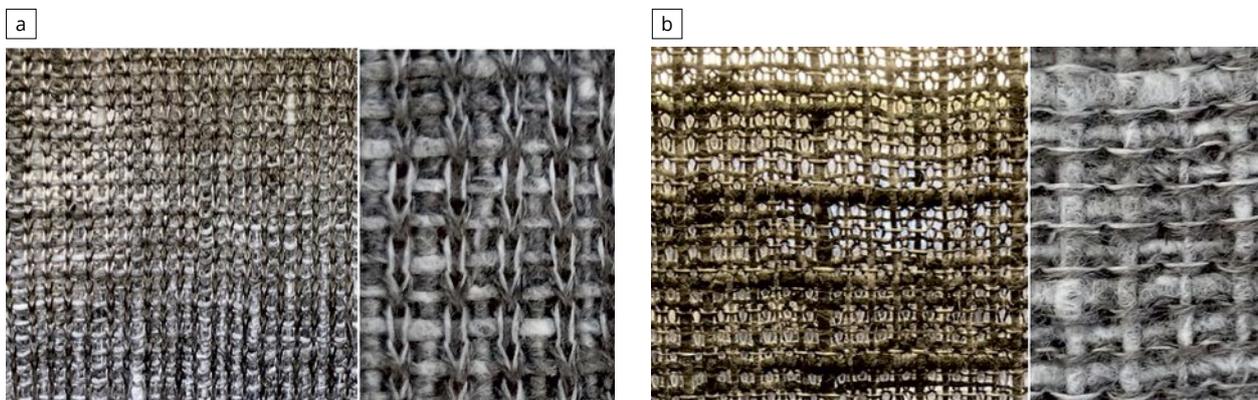
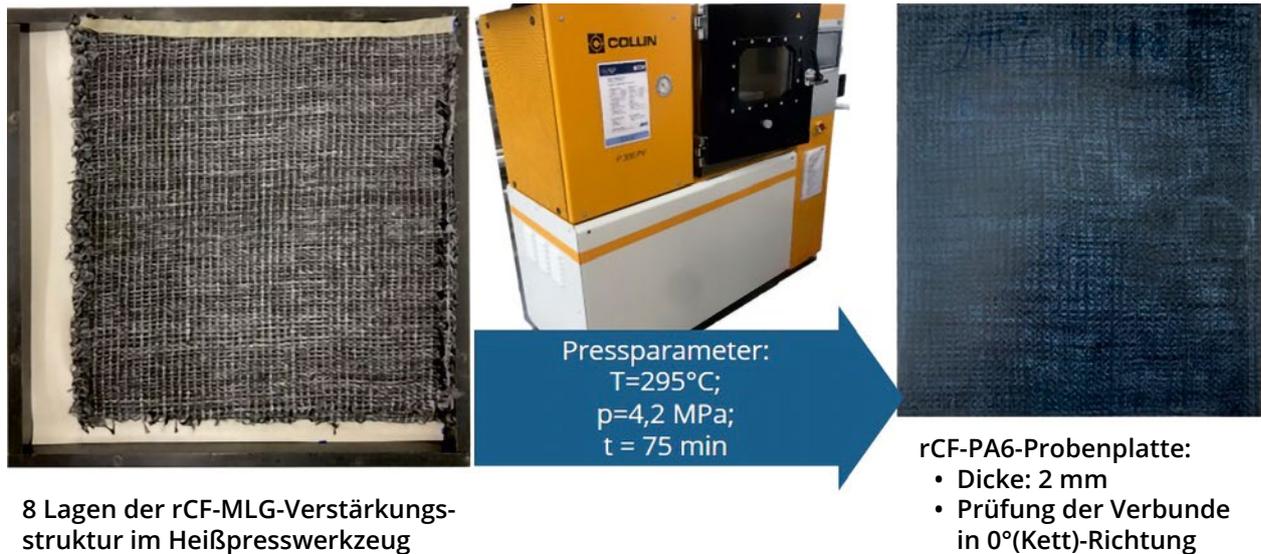


Abb. 5: MLG-Verstärkungsstruktur mit rCF-Hybridgarnen in Kett- (0°) und Schussrichtung (90°) von vorn, rechte Maschenseite (a) und hinten, linke Maschenseite (b) / *Weft knitted structure from the front (a) and the back (b) containing the rCF-hybrid yarn in weft (90°) and in warp (0°) direction*



8 Lagen der rCF-MLG-Verstärkungsstruktur im Heißpresswerkzeug

Abb. 6: Vorbereitung und Heißpressvorgang zur Herstellung von biaxial verstärkten MLG-FKV-Platten für die verbundmechanische Charakterisierung / Preparation and hot-pressing procedure for producing of biaxial reinforced MLG-composite plates for mechanical characterisation



Abb. 7: Umformprozess zur Herstellung des 3D-rCFRP-Demonstrators „T-Napf“ / Forming process for the realization of the 3D-rCFRP demonstrator "T-cup"

an anschließend durchlief das geschlossene Werkzeug einen materialspezifischen Heißpresszyklus mit angepasster Aufheizzeit, aufgrund der im Vergleich zum Plattenwerkzeug vergrößerten Wandstärke. Nach Abschluss des Prozesses konnte das Demonstratorbauteil entformt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchgeführten Untersuchungen haben eine gute maschinelle Verarbeitbarkeit der rCF Typ 1 (auf Länge geschnittene neue CF) und durch Solvolyse zurückgewonnenen rCF Typ 3 mittels der modifizierten Fadenbildungstechnik gezeigt. Es wurden unterschiedliche rCF-Hybridgarne hergestellt und charakterisiert. Für die Ermittlung der mechanischen Eigenschaften im Verbund wurden vier rCF-Hybridgarne (Tabelle 1) ausgewählt und zu UD-Ver-

bunden (UD-Wickeln, Heißpressen) verarbeitet. Die UD-Verbunde UD_01 und UD_02 wurden aus den rCF-Hybridgarnen HY1 und HY2 hergestellt, die aus rCF Typ 1 bestehen. UD_03 und UD_04 bestehen aus den Garnen HY6 und HY9 für die rCF Typ 3 eingesetzt wurden. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die UD-Verbunde auf Basis der rCF-Hybridgarne aus rCF Typ 1 eine ca. 20-30 % höhere Zugfestigkeit aufweisen, als die aus rCF Typ 3. Die E-Moduln aller hergestellten UD-Verbunde sind vergleichbar und liegen im Bereich von 70-77 GPa. Die besten mechanischen Kennwerte und den höchsten Faservolumengehalt zeigt der Verbund UD-02 auf Basis der rCF-Hybridgarne (HY2, HY6) aus rCF-Typ 1 auf. Für die Herstellung der rCF-MLG wurden dementsprechend die Garne HY2 und HY6 genutzt.

Die MLG-Flachstricktechnologie wurde für die Verarbeitung von rCF-Hybridgarnen zu Mehrlagengestri-

Bezeichnung der UD-Verbunde	E-Modul (GPa)	Zugfestigkeit (MPa)	Bruchdehnung (%)	Faservolumen-gehalt (%)
UD_01 (HY1)	72 ± 7	1.017 ± 96	1,2 ± 0,2	42 ± 0,9
UD_02 (HY2)	74 ± 6	1.120 ± 37	1,3 ± 0,0	53 ± 1,5
UD_03 (HY6)	70 ± 4	871 ± 28	1,2 ± 0,0	48 ± 1,1
UD_04 (HY9)	77 ± 7	721 ± 69	0,9 ± 0,1	48 ± 2,2

Tabelle 1: Mechanische Kennwerte von UD-Verbunden aus rCF-Hybridgarn / *Material properties of UD composites made of rCF hybrid yarns*

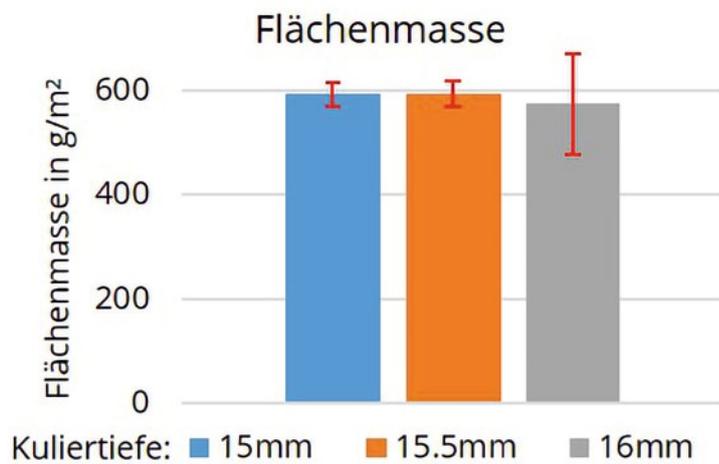


Abb. 8: Flächenmasse von rCF-MLG in Abhängigkeit der Kuliertiefe / *Arial mass of rCF multi-layer weft knitted fabrics in dependance of stitch length*

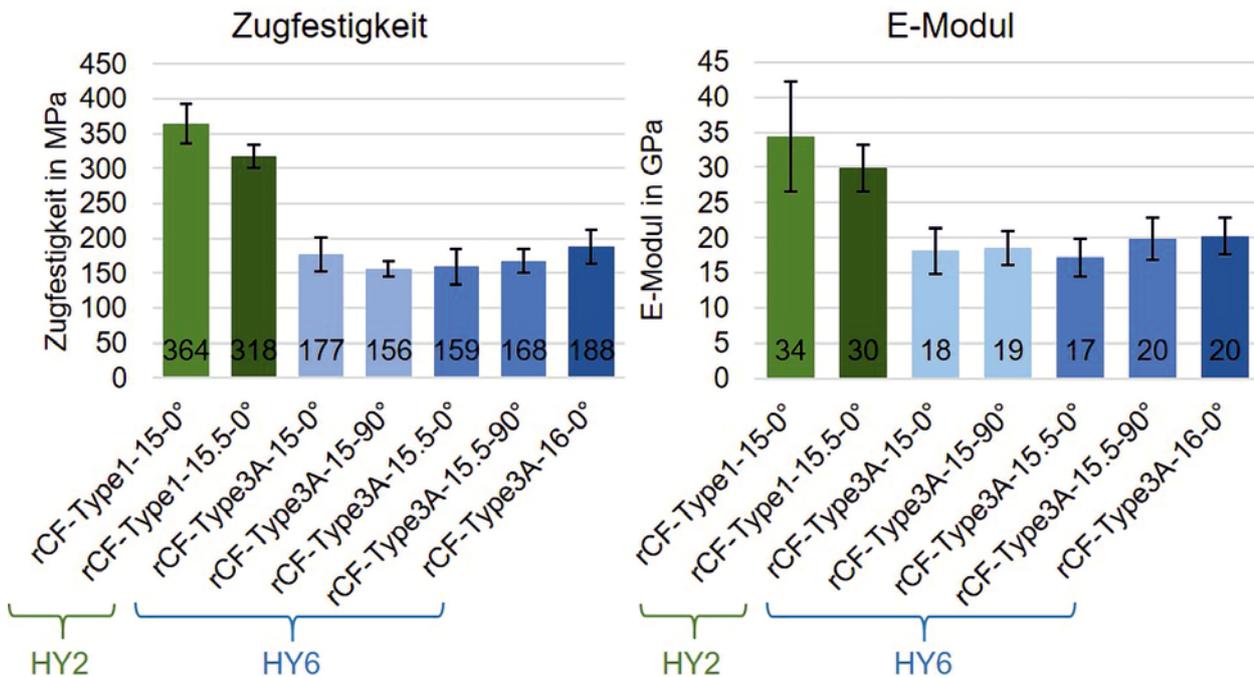


Abb. 9: Zugfestigkeit und E-Modul (DIN EN ISO 527-4) von rCFK aus rCF-MLG / *Tensile strength and Youngs modulus (DIN EN ISO 527-4) of rCFRP made of rCF multi-layer weft knitted fabric*

Bezeichnung: rCF-Typ im Hybridgarn HY – Kuliertiefe im MLG (15/15,5/16 mm) – Prüfrichtung (0°-Kette/90°-Schuss)



Abb. 10: 3D-rCFK Demonstratorbauteil „T-Napf“ / Realized 3D-rCFRP demonstrator “T-cup”

cken (rCF-MLG) angepasst. Die Modifikationen an der Fadenführung führten zu einer guten maschinellen Verarbeitbarkeit. Die Kuliertiefe wurde variiert, um den Einfluss dieses Maschinenparameters auf die textilen und verbundmechanischen Eigenschaften zu analysieren.

Die Flächenmasse der rCF-MLG mit einer Kuliertiefe von 15 mm und 15,5 mm sind mit ca. 600 g/m² vergleichbar. Die Flächenmasse des Musters mit 16 mm Kuliertiefe ist aufgrund der verringerten Schussdichte niedriger und weist zudem eine höhere Varianz von über 17 % auf. Im Vergleich dazu liegt die Varianz der Varianten mit 15 mm und 15,5 mm Kuliertiefe unter 5 %. Grund für diese Abweichung ist die mit der höheren Kuliertiefe einhergehende, erhöhte Maschenlänge und die dadurch verringerte Verschiebefestigkeit der textilen Struktur.

Nach der textilphysikalischen Prüfung wurde das zu Verbunden weiterverarbeitete rCF-MLG mechanisch charakterisiert, u. a. im Zugversuch (DIN EN ISO 527-4). Abbildung 9 zeigt die ermittelte Zugfestigkeit und den E-Modul. Die besten verbundmechanischen Kennwerte zeigen die Verbunde, die aus rCF-MLG mit HY2 (rCF Typ 1) in 0°-Richtung hergestellt wurden. Die Kuliertiefe von 15 mm war im Vergleich zu 15,5 mm vorteilhaft. Die Verbundkennwerte von Strukturen aus HY6 (rCF Typ 3) liegen ca. 50 % unter denen aus CF Typ 1. Der Einfluss der Kuliertiefe lässt sich nicht signifikant nachweisen.

Durch die Veränderung des Maschenfadenmaterials sank die resultierende Dicke der Verstärkungsstruktur, somit konnten statt vier, acht Einzellagen gestapelt werden, um eine 2 mm starke Probenplatte zu erhalten. Der geringe Unterschied zwischen 0°- und 90°-Richtung weist auf vergleichbares, orthotropes Materialverhalten hin. Das Ziel vergleichbare Verbundeigenschaften in 0°- und 90°-Richtung zu erhal-

ten, konnte erreicht werden. Um die mechanischen Kennwerte steigern zu können, sind weitere Verarbeitungsversuche mit in ihrer Homogenität gesteigerten rCF-Hybridgarne notwendig.

Die entwickelte Recyclingprozesskette wurde mit der Umsetzung des 3D-rCFK-Bauteils „T-Napf“ (Abb. 10) aus recycelten Carbonfasern erfolgreich demonstriert und abgeschlossen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die entwickelte Recyclingprozesskette ermöglicht eine vollumfängliche CFK-Wiederverwendung in Form hochwertiger CF in neuen thermoplastischen Verbundbauteilen. Gleichzeitig ermöglichen die resultierenden Eigenschaften der rCF-Hybridgarne und der daraus entstehenden textilen Verstärkungsstrukturen die schnelle und hochproduktive Herstellung von 3D-Verbundbauteilen aus rCF für weitere Anwendungen, z. B. im Automobil- oder Anlagenbau. Das abgeschlossene Projekt trägt dazu bei, die gegenwärtig bestehenden Nachteile beim Recycling von CF, wie z. B. hohen Kosten, zu überwinden. Die Untersuchungen zeigten ein gutes Faserecycling aus EOL-CFK-Bauteilen. Das Verfahren zur Herstellung von Hybridgarne wurde für die Verarbeitung von rCF, die durch den entwickelten zweistufigen Recyclingprozess aus EOL-CFK extrahiert wurden, modifiziert. Die mechanischen Eigenschaften der resultierenden rCF-Hybridgarne ermöglichen eine textiltechnologische Weiterverarbeitung zu biaxial-verstärkten Mehrlagengestricken. Diese sind durch einen der Metallblechumformung ähnlichen Umform- und nachgelagerten Heißpressprozess in Bauteile aus rCFK überführbar, was anhand eines anwendungsnahen Demonstrators, z. B. für den Anwendungsbereich Automobilbau, erfolgreich gezeigt werden konnte.

Literatur

- [1] Bledzki, A. K.; Seidlitz, H.; Goracy, K.; Urbaniak, M.; Rösch, J. J.: *Recycling of Carbon Fiber Reinforced Composite Polymers-Review-Part 1: Volume of Production, Recycling Technologies, Legislative Aspects. Polymers* 13(2021)2, p. 300
- [2] Meng, F.; McKechnie, J.; Turner, T.; Wong, K. H.; Pickering, S. J.: *Environmental Aspects of Use of Recycled Carbon Fiber Composites in Automotive Applications. Environmental science & technology* 51(2017)21, pp. 12727–12736
- [3] Meyer, L. O.; Schulte, K.; Grove-Nielsen, E.: *CFRP-Recycling Following a Pyrolysis Route: Process Optimization and Potentials. Journal of Composite Materials* 43(2009)9, S. 1121–1132
- [4] Nahil, M. A.; Williams, P. T.: *Recycling of carbon fibre reinforced polymeric waste for the production of activated carbon fibres. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 91(2011)1, S. 67–75
- [5] Greco, A.; Maffezzoli, A.; Buccoliero, G.; Caretto, F.; Corracchia, G.: *Thermal and chemical treatments of recycled carbon fibres for improved adhesion to polymeric matrix. Journal of Composite Materials* 47(2013)3, S. 369–377

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Danksagung

Das IGF-CORNET-Projekt 265 EBR 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. Wir danken den genannten Institutionen für die Bereitstellung der finanziellen Mittel. Der Forschungsbericht und weiterführende Informationen sind am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erhältlich.

Aktiv formveränderliche Strukturen

Active shape changing structures

A. Nocke¹, Q. Bollengier¹, F. Lohse¹, E. Häntzsche¹, L. Benecke¹, M. Vorhof¹, P. Meyer², Ch. Hühne², Ch. Cherif¹

¹ ITM, TU Dresden

² Institut für Mechanik und Adaptronik, TU Braunschweig

Abstract

Modern adaptive structures, so-called smart structures, have considerable functional and economic advantages over conventional metallic materials and mechanically complex constructions, especially when designed as fibre-reinforced plastic composites (FRP). These smart structures, which are increasingly used in dynamic systems, machines and plants, e.g. for medical technology, automotive and automation applications, are characterised in particular by actively changeable physical properties, such as stiffness or external geometric shape. One corresponding focus of the ITM's research activities is on the textile-technological integration of thread-like actuators (and partially coupled sensors for precise control) within adaptive FRP-structures. In another concept, additional actuator effects are used that result from the deformation behaviour of closed cellular structures when the internal pressure changes (e.g. pneumatic/hydraulic). Various research projects have been and are still being conducted at the ITM on this complex of topics, which are described below.

Einleitung

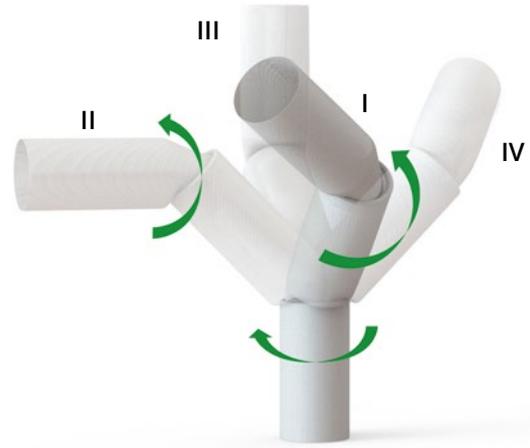
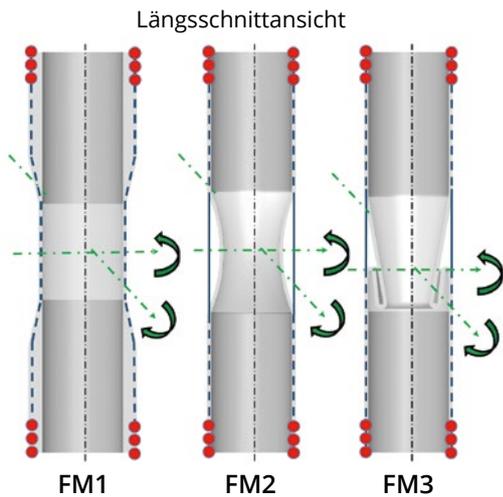
Moderne adaptive Strukturen, sog. Smart Structures, weisen insbesondere in der Ausführung als Faserkunststoffverbunde (FKV) gegenüber konventionellen metallischen Werkstoffen und mechanisch aufwendigen Konstruktionen erhebliche funktionale und wirtschaftliche Vorteile auf. Diese smarten Strukturen, die verstärkt in dynamischen Systemen, Maschinen und Anlagen eingesetzt werden, z. B. für Medizintechnik-, Automobil- und Automatisierungsanwendungen, zeichnen sich insbesondere durch aktiv veränderbare physikalische Eigenschaften aus, wie Steifigkeit oder äußere geometrische Gestalt. Für die Implementierung zur Formänderung erforderlicher Mechanismen sind in konventioneller Bauweise je nach Anwendungsgebiet und erforderlichen Freiheitsgraden eine bestimmte Anzahl Antriebselemente erforderlich, die sowohl dem Leichtbaucharakter als auch der Energieeffizienz entgegenstehen. Diese genannten Aufwendungen stehen scheinbar im Widerspruch zur Adaptierbarkeit im Hinblick auf Leichtbau, Energie- und Ressourceneffizienz. Aufgelöst werden kann dieser Widerspruch durch eine möglichst hohe Integration der smarten Strukturen, indem die verwendeten Materialien selbst als Aktor genutzt werden und eine Formänderung über ein gezielt eingestelltes Bauteilverformungsverhalten

umgesetzt wird. In der Folge können klassische Antriebssysteme substituiert, Systemmassen gesenkt sowie mechanische Konstruktionen vereinfacht und robuster gestaltet werden.

Ein zugehöriger Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten des ITM liegt auf der textiltechnologischen Integration von fadenförmigen Aktoren (und teilweise gekoppelten Sensoren für präzise Regelungen) innerhalb adaptiver FKV-Strukturen. In einem weiteren Konzept werden zusätzliche Aktoreffekte genutzt, die aus dem Verformungsverhalten geschlossener zellulärer Strukturen bei Innendruckänderung (beispielsweise pneumatisch/hydraulisch) resultieren. Besonders vielversprechend ist dies für die Anwendung in umströmten Bauteilen in der Luftfahrt oder dem Windkraftanlagenbau sowie für adaptive Strukturen der Soft-Robotik, bei denen sowohl große Formänderungen, als auch hohe Haltekraftkräfte benötigt werden. Zu diesem Themenkomplex liefen und laufen am ITM diverse Forschungsprojekte, die im Folgenden beschrieben werden.

Gestrickte endkonturgerechte Verstärkungshalbzeuge mit integrierten FGL-Aktoren und Festkörpergelenken zur Realisierung von beweglichen Verbundstrukturen

Im IGF-Projekt 21969 BR „GestrAG“ werden gestrickte, schlauchförmige Verstärkungshalbzeuge entwickelt, die ein anforderungsgerecht integriertes Zweiachsfestkörpergelenk (Abb. 1) sowie strukturintegrierte In-Situ-Aktor- und Energieversorgungsnetzwerke aufweisen, mit denen definiert und aktiv verformbare 3D-FKV-Integralbauteile mit Duroermatrix realisiert werden können. In die als biaxialverstärkte Mehrlagengestricke ausgeführten 3D-Schlauchpreformen werden direkt im Strickprozess sowohl Draht-Aktoren mit Formgedächtnislegierung (FGL) als auch ein für die elektrische Energieversorgung erforderliches Energienetzwerk aus leitfähigem Garnmaterial elektrisch gegeneinander isoliert simultan integriert. Die Aktoren des Netzwerks werden dabei konzentrisch um das mit anisotropem Steifigkeitsgradient ausgeführte Zweiachsfestkörpergelenk angeordnet (vgl. Abb. 1 links). Um das Bewegungspotenzial der FGL-Aktoren dabei bestmöglich auszunutzen und in Verformungsarbeit umsetzen zu können, werden diese in den Deformationsbereichen des Festkörpergelenks nicht in die textile Verstärkungsstruktur (FM1-3) integriert, son-



Demonstrator aktiv verformbares 3D-FKV-Bauteil

- /— FGL-Aktoren integriert/frei FGL-Verankerungs- bzw. elektrischer Kontaktierungsbereich
- - - - Elektrische Zuleitungen Deformationsbereich Hauptgelenkachse FGL-Verankerungsbereich

Abb. 1: Funktionsmuster (FM) gestrickter 3D-Schlauchpreformen mit integrierten FGL-Draht-Aktoren sowie als anisotroper Steifigkeitsgradient ausgeführtes Zweiachs-festkörpergelenk (li.) zur Realisierung aktiv verformbarer 3D-FKV-Bauteile z. B. für Robotik-Anwendungen (re.) / *Functional pattern (FM) of knitted 3D tubular preforms with integrated SMA wire actuators as well as two-axis solid joint (left) designed as an anisotropic stiffness gradient for the realization of actively deformable 3D FRP components e.g. for robotics applications (right)*

den verlaufen dort flott liegend und werden auch nicht in den FKV konsolidiert. Für die Gewährleistung eines hinreichend großen Kraftschlusses liegt ein besonderes Augenmerk auf der Entwicklung und stricktechnischen Umsetzung von form- und kraftschlüssigen Verankerungsbereichen der FGL-Draht-Aktoren mit der textilen Halbzeugstruktur (vgl. Legende Abb. 1). Im Vergleich zu konventionellen Gelenk Konstruktionen sollen mit einem daraus herstellbaren, aktiv verformbaren 3D-FKV-Demonstrator (vgl. Abb. 1 rechts) bei gezielter Aktivierung des FGL-Aktornetzwerks eine signifikant gesteigerte Dynamik mit Auslenkungen von min. 50° aus dem gestreckten Zustand mit min. 1 Hz erreicht werden. Die Nutzbarkeit der Forschungsergebnisse soll

anhand eines aktiv verformbaren 3D-FKV-Bauteils für Robotik-Anwendungen aufgezeigt werden, z. B. als beweglicher Leichtbau-FKV-Roboterarm.

Das laufende DFG Graduiertenkolleg 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ (DFG 380321452) befasst sich u. a. mit der simulationsgestützten Entwicklung intelligenter Werkstoffkombinationen für autarke, flexible Faserverbundwerkstoffe mit integrierten Aktoren. Zur Verbesserung eines reversiblen Verformungsverhaltens kommt eine Materialkombination aus einem hochflexiblen, elastomeren Matrixsystem und einem Verstärkungstextil zum Einsatz, die gleichzeitig hohe Zugkräfte übertragen können.

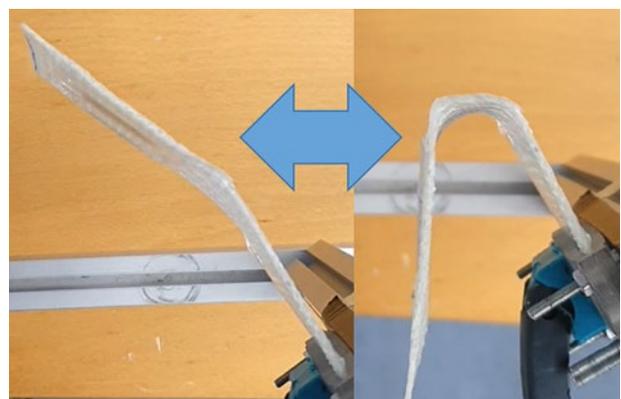
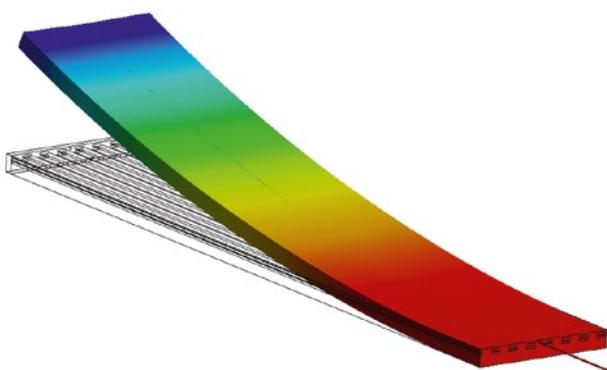


Abb. 2: Korrelation von Simulationsmodell und Aktivierungsversuch eines aktiv beweglichen Faser-Elastomerverbundes mit integriertem Drahtaktor aus Formgedächtnislegierung (FGL) / *Correlation of simulation model and activation experiment of an actively deforming fiber rubber composite specimen with integrated wire actuator made of shape memory alloy (SMA)* [4]

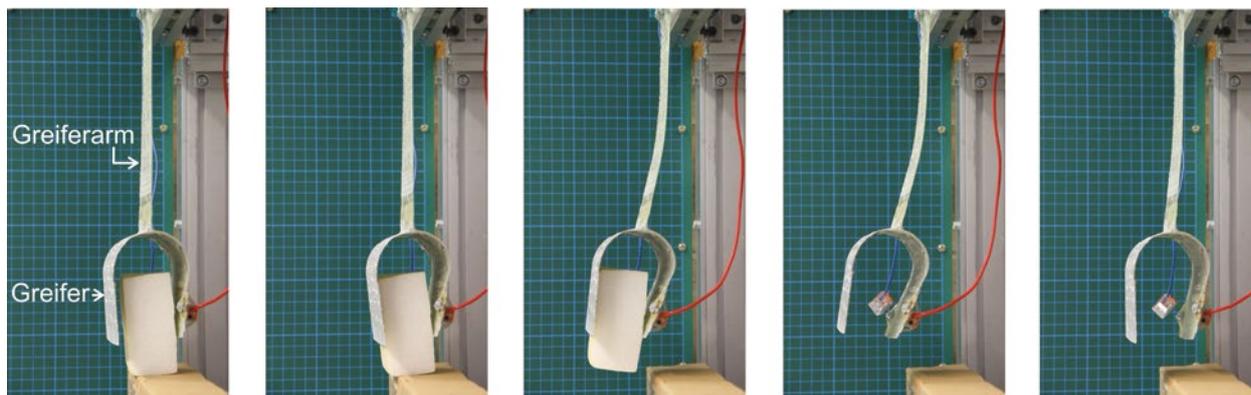


Abb. 3: Funktionsdemonstrator: Zweiteiliger adaptiver FKV-Mechanismus für gekoppelte Greif- und Bewegungsvorgänge in mehrerer Stellpositionen. / Function demonstrator: Two-part adaptive FRP mechanism for coupled gripping and movement processes in multiple positions.

Dazu werden funktionsangepasste, textilbasierte Aktoren auf Basis von drahtförmigen Formgedächtnislegierungen (FGL) simulationsgestützt ausgelegt. Zur Realisierung definierter Verformungsarten mit hohen Freiheitsgraden der resultierenden Deformation erfolgt die bindungstechnische Modellierung zur gezielten Einbindung und Anordnung der aktorischen Komponenten in mehrlagig aufgebauten Verstärkungsstrukturen mit Gradienteneigenschaften. Grundlage dafür bildet die Weiterentwicklung verfügbarer Algorithmen für die mechanische Modellierung und die Simulation der Verformungsgrade der funktionalisierten textilen Verstärkungsstrukturen mit lokalen Eigenschaften auf der Mesoebene unter Beachtung des aktorischen Effekts.

Textilbasierte Sensor-Aktor-Netzwerke für hochpräzise In-Situ-Mechanismen in FKV (TexSAN)

Im Rahmen des IGF Projektes TexSAN (19832 BR) wurden formvariable duroplastische FKV für hochpräzise Stellbewegungen entwickelt und erprobt. Hierfür wurden gekoppelte Regelkreise in derartige textilverstärkten Composites, bestehend aus verbundkompatiblen fadenförmigen Aktoren und Sensoren, webtechnisch integriert, intelligent miteinander verschaltet und regelungstechnisch angesteuert. Die adaptiv/aktorischen Eigenschaften der FKV wurden auch hier durch den gezielten Einsatz von Aktoren aus FGL mit textilem Charakter in Hybridkonstruktion erreicht. Die Erfassung der Ist-Position erfolgt über strukturell integrierte In-Situ-Sensoren (auf Basis von Isohm-Drähten) und ermöglicht somit die angestrebte hochpräzise Bewegungsregelung. Als Flächenbildungsverfahren wurde die Mehrlagenwebtechnik eingesetzt, mit der die textilen Sensor- und Aktornetzwerke variabel und hochautomatisiert

integriert und gleichzeitig über die Manipulation der Einbindungsart eine anforderungsgerechte effektive Kraftübertragung erreicht wird.

Die erzielten maximalen Verformungen für die adaptiven duroplastischen FKV-Typen mit textilbasierten Festkörpergelenken betragen 38 % (bezogen auf die Bauteillänge) und liegen deutlich über dem vorherigen Stand der Technik und Forschung bei derartigen Bauteilen. Ebenfalls konnte für die adaptiven FKV im Regelbetrieb eine hohe Stellpräzision (Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert im eingeschwungenen Zustand $< 0,1$ mm) ermittelt werden. Im Langzeitversuch wurde eine sehr gute Langzeitstabilität der adaptiven FKV für eine Zykluszahl bis mindestens 10^5 ermittelt. Der Funktionsnachweis wurde exemplarisch an Funktionsdemonstratoren (u. a. Adaptiver FKV-Mechanismus für gekoppelte Greif- und Bewegungsvorgänge – siehe Abb. 3) aufgezeigt [5]. Die hierfür erarbeitete simulationsgestützte Auslegungsmethodik und Fertigungstechnik lässt sich effizient auf andere praxisrelevante Anwendungsgebiete für Serienanwendungen übertragen, z. B. in der Robotertechnik (Greifer, Gelenkarme), der Medizintechnik (aktiv steuerbare Prothesen und Orthesen) und dem Automobilbau (Blattfedern, Drosselklappen).

Entwicklung von Textilstrukturen mit materialintrinsischem Formänderungsvermögen für die regenerative Medizin (TexMedActor)

Formveränderliche Strukturen und Implantate, die sich in vivo an Defekte anpassen oder ihre Zielgeometrie formen, sind äußerst vielversprechend für neuartige, patientenangepasste Therapien. Sie ermöglichen minimalinvasive Behandlungen und verringern damit einerseits operative Risiken und beschleunigen andererseits den Heilungsprozess

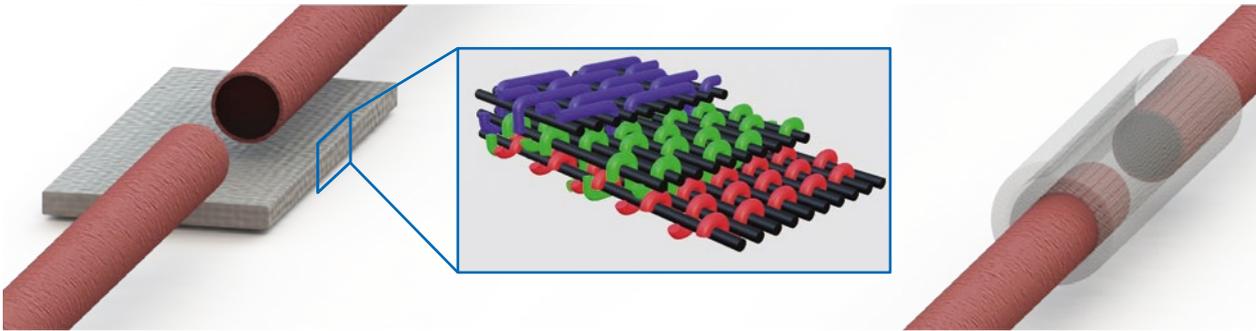


Abb. 4: Funktionsprinzip und Bindungsaufbau der formveränderlichen Gewebe am Beispiel der Hohlorgan-Anastomose / *Functional principle and weaving structure of the shape-changing woven fabric as an example of the hollow organ anastomosis*

und damit den Behandlungserfolg. Darüber hinaus werden Systeme zur aktiven mechanischen Stimulation des Zellwachstums in komplexen und großflächigen Zellträgerstrukturen in situ dringend benötigt, um moderne Konzepte des Tissue Engineerings in die klinische Praxis überführen zu können.

Im Rahmen des IGF-Projektes TexMedActor (21022 BR) werden formveränderliche, textile Strukturen auf Basis von Garnen mit intrinsischem Formveränderungsvermögen erforscht. Dafür wurden zum einen Formgedächtnisgarne entwickelt, die Textilien mit gezielter Defektanpassung in vivo zur Unterstützung von minimalinvasiven und laparoskopischen Eingriffen an inneren Organen ermöglichen, wie Anastomosen von Hohlorganen. Dafür wurden bei den TPU-basierten Formgedächtnisgarne Aktivierungstemperaturen auf dem Niveau

der Körperkerntemperatur (37 °C) und darunter eingestellt. Zum anderen wurden elektroaktive Garne realisiert, die bei äußerer Stimulation Mikrobewegungen ausführen und so das Zellwachstum aktiv stimulieren können. Durch eine definierte Steuerung des Spinnprozesses sowie eine gezielte Einbringung von Verstreckungen ist es dabei möglich, die polaren Phasenanteile der elektroaktiven PVDF-Garne zu steigern und so den piezoelektrischen Effekt und damit die für die Zellstimulation notwendigen Mikrobewegungen zu erhöhen. Die entwickelten Garnstrukturen wurden zu Geweben verarbeitet, die durch einen mehrschichtigen Bindungsaufbau sowie die damit einhergehende Gradierung der formveränderlichen Schussfäden nach einer Stimulation komplexe, dreidimensionale Strukturanpassungen ermöglichen (Abb. 4).

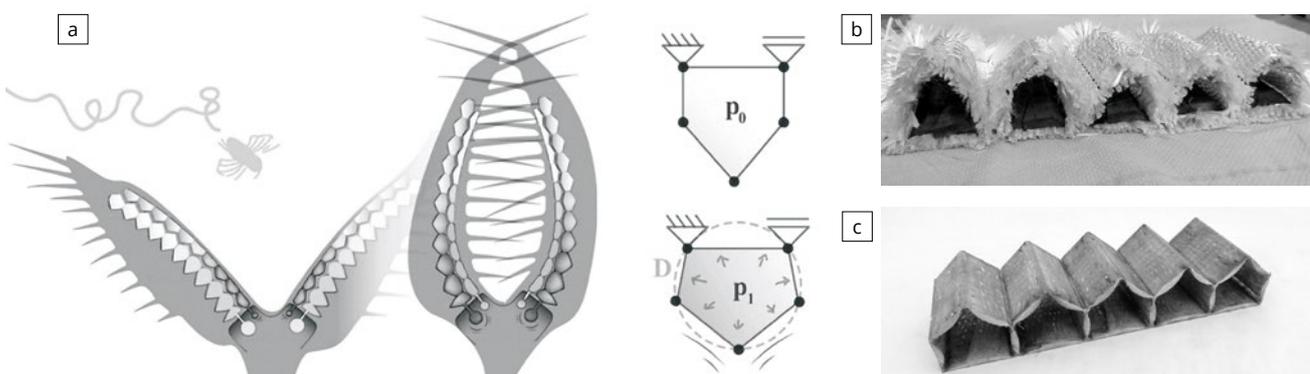


Abb. 5: (a) Schematische Schnittdarstellung einer Venusfliegenfalle und abgeleiteter Festkörpergelenk-Mechanismus einer PACS-Zelle, (b) Gewebepreform einer textilbasierten PACS-Zellreihe aus Glasfilament-Polyamid-Hybridgarn und (c) konsolidierter PACS-Zellverbund / *(a) Schematic cross sectional view of Venus flytrap and derived compliant mechanism of a single PACS Cell, (b) Integrally woven preform of a PACS cell row consisting of glass filament and polyamid hybrid yarn, (c) consolidated cell row*

(Reprinted/adapted by permission from Springer Nature) [1, 3]

Pressure Actuated Cellular Structures (PACS)

Im DFG-Projekt PACS befasst sich ein Team aus Forscher:innen des ITM und des Instituts für Mechanik und Adaptronik (IMA, TU Braunschweig) mit der Erforschung der theoretischen und experimentellen Grundlagen für zellulär aufgebaute Strukturen, deren Form in der Anwendung durch Innendruck-Beaufschlagung verändert werden kann. Der dabei verfolgte Ansatz ist inspiriert von der Venusfliegenfalle, der es möglich ist, Beuteinsekten u. a. durch Druckänderungen innerhalb der Zellreihen ihrer Fangblätter schnell und sicher einzuschließen (siehe Abb. 5a; S. 29). Die Übertragung dieses Prinzips auf technische Anwendungen und Bauteile ist vielversprechend, da somit in der Entwicklung adaptiver Strukturen der Widerspruch zwischen verformungstoleranter Bauteilsteifigkeit bei gleichzeitig hoher Festigkeit umgangen werden kann [1]. Im Rahmen der ersten Förderperiode (2016 – 2019) galt es hierfür die grundlegenden Modellansätze und Methoden für die Fertigung solcher PACS als integral gefertigte Struktur zu entwickeln [2]. Die Textiltechnik und insbesondere die Webtechnik erwies sich dabei als bestens geeignete Technologieplattform,

da sie sowohl die Voraussetzungen zur Umsetzung der durchgängigen komplexen Faserverstärkungsarchitektur erfüllt als auch die notwendige Wandstärkengradienten (1:6 bis 1:12) zur Umsetzung der Festkörpergelenke und Zellwände innerhalb der PACS ermöglicht. Im Projektfortschritt wurde die Umsetzbarkeit dieser Anforderungen mit gewebten PACS-Preformen erfolgreich nachgewiesen, die auf Basis von Glasfilamenten in Kombination mit Polyamid-6 als verformungstolerantes Matrixmaterial hergestellt und in einem am ITM entwickelten Folgeprozess zu integral verstärkten PACS konsolidiert (siehe Abb. 5b/c; S. 29) wurden.

In der aktuellen zweiten Förderperiode (seit 2019) wird die hervorragende Kooperation der Institute ITM und IMA fortgesetzt und der PACS-Technologieansatz im Hinblick auf doppelreihige PACS konsequent weiterentwickelt. Die separate Druckbeaufschlagung der jeweiligen Zellreihe ermöglicht ein reproduzierbares antagonistisches Verformungsverhalten (siehe Simulationsergebnisse in Abb. 6), das für die meisten potenziellen Anwendungen, wie adaptive Rotorblätter von Windkraftanlagen, adaptive Tragflächen von Flugzeugen oder auch Aktoren für die Medizintechnik und Soft-Robotik, erforderlich ist.

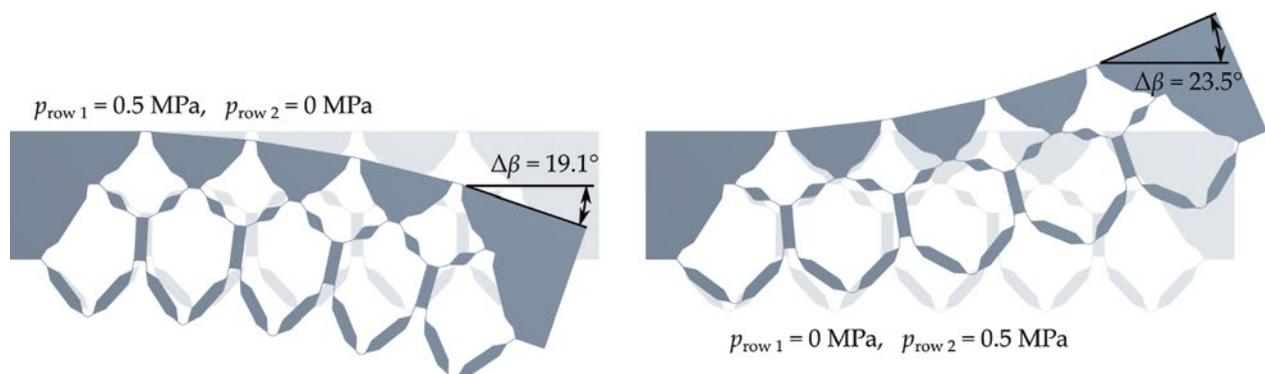


Abb. 6: Simulationsergebnisse zur Auslenkung neuer doppelreihiger gewebebasierter PACS bei Druckbeaufschlagung der oberen (links) beziehungsweise unteren Zellreihe (rechts) / Simulation results for the deflection of double-row integrally woven PACS under pressurization of the upper (left) and lower cell row (right) [3]

Literatur

- [1] Sinapius, M.; Hühne, C.; Sadri, H.; Riemenschneider, J. (2021): *Active Shape Control*. In: M. Sinapius (Hg.): *Adaptronics – Smart Structures and Materials*. Berlin, Germany: Springer Vieweg, S. 155–225
- [2] Sennewald, C.; Vorhof, M.; Hoffmann, G.; Cherif, Ch.: *Overview of Necessary Development Steps for the Realization of Woven Cellular Structures for Adaptive Composites*. *J Fashion Technol Textile Eng* 2018
- [3] Vorhof, M.; Sennewald, C.; Schegner, Ph.; Meyer, P.; Hühne, Ch.; Cherif, Ch.; Sinapius, M.: *Thermoplastic Composites for Integrally Woven Pressure Actuated Cellular Structures: Design Approach and Material Investigation*. *Polymers* 2021, 13, 3128
- [4] Lohse, F.; Kopelmann, K.; Grellmann, H.; Ashir, M.; Gereke, T.; Häntzschke, E.; Sennewald, C.; Cherif, Ch. (2022): *Experimental and Numerical Analysis of the Deformation Behaviour of Adaptive Fiber-Rubber Composites with Integrated Shape Memory Alloys*. *Materials* 2022, 15, 582
- [5] Ashir, M.; Mersch, J.; Schegner, P.; Hossain, M.; Nocke, A.; Cherif, Ch.: *Textilbasierte Sensor-Aktor-Netzwerke für hochpräzise In-Situ-Mechanismen in FKV / Textile-based sensor-actuator networks for high-precision in-situ mechanisms in FRP*. *Technische Textilien/Technical Textiles* 64(2021)5, S. 158–160, pp. E248–E250

Gefördert durch



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Danksagung

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – 280656304, CH174/42/2, 380321452/GRK2430.

Die IGF-Projekte 21969 BR, 19832 BR, 21022 BR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e. V. wurden 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.

Die Autoren danken den genannten Institutionen für die Bereitstellung der finanziellen Mittel.

Entwicklung einer Methodik zur hygienegerechten Konstruktion und Reinigung textiler Flächengebilde sowie deren Veredlung und Konfektionierung für den Robotereinsatz in der fleischverarbeitenden Lebensmittelindustrie

Development of a methodology for the hygienic construction and cleaning of textile fabrics as well as their finishing and making-up for the use of robots in the meat processing industry

S. Rothe¹, S. Krzywinski¹, A. Romero¹, R. Murcek², S. Beckmann², P. Erth³, M. Müller-Bollmann⁴, S. Schwerdtner⁵

¹ ITM, TU Dresden, ² Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, ³ Textilausrüstung Pfand GmbH, ⁴ Weberei-Elite GmbH, ⁵ dwt-Zelte GmbH

Abstract

The goal was the close-to-series development and prototype production of marketable, hygienic and textile-based covers for the meat-processing food industry. Material and functional requirements were determined on the basis of research and the evaluation of typical systems and their application profiles. Together, a media-tight material with low elongation rigidity and high elasticity was developed, manufactured and analyzed. Technical weaving considerations and the development of finishing and coating methods were necessary to ensure media tightness up to an elongation of 20 %. The CAD construction of contour-near robot covers and the pattern parts derived from them was developed for 2 robots and 2 movements. A method was evolved that enables a fold-free cleaning position, taking into account the maximum material load capacity. Support structures were designed and manufactured to ensure the stability of the textile cover and its positioning. Finally, functional prototypes were obtained, which the partner dwt-Zelte GmbH produced using the design and cutting data provided and which were examined at the Fraunhofer IVV.

Einleitung und Zielsetzung

Die deutsche Ernährungsindustrie ist mit 614.000 Beschäftigten in 6.160 Betrieben einer der größten deutschen Industriezweige, führend in Europa und erwirtschaftet dabei einen jährlichen Umsatz von 185 Milliarden Euro [1]. Die Herstellung von qualitativ hochwertigen und hygienisch einwandfreien Produkten hat in der Lebensmittelindustrie höchste Priorität und wird konsequenterweise auch gesetzlich gefordert [2, 3, 4, 5]. Nichtsdestotrotz entstehen durch Verunreinigungen und Kontamination von Lebensmitteln nicht nur monetäre Schäden infolge von Rückrufaktionen, sondern häufig auch lebensbedrohliche und zum Teil tödliche Folgen für Menschen. Um diese weitreichenden Folgen zu minimieren, sind vorbeugende Maßnahmen notwendig. Automation nach Hygienestandards ist eine solche, da ein verringerter Personalkontakt mit dem Produkt, einer Verringerung der Gefahr der Produktkontamination entspricht [6]. Der Einsatz von Robotern in kritischen Bereichen der Lebensmittelherstellung trägt zur Verringerung von Kontaminationen bei.

Durch die Verwendung geeigneter Roboter ist es möglich, Verarbeitungsprozesse bei „idealen Temperaturen“ durchzuführen [7] und das Personal von eintönigen, rauen oder gefährlichen Prozessumgebungen fernzuhalten [6]. Dennoch ist der Einsatz von Robotern in der lebensmittelverarbeitenden Industrie aktuell begrenzt, da sowohl hohe Investitions- als auch Betriebskosten durch die Anschaffung der Roboter und die hohen Anforderungen an die Reinigung entstehen. Das Bestreben zum Einsatz von Robotern ist dennoch vorhanden und wird speziell bei der Grobzerlegung von Fleisch zunehmend erforderlich. Dabei steht der Wunsch nach leicht reinigbaren und preiswerten Lösungen im Vordergrund [8].

Das ZIM-Forschungsvorhaben „Entwicklung einer Methodik zur hygienegerechten Konstruktion und Reinigung textiler Flächengebilde sowie deren Veredlung und Konfektionierung für den Robotereinsatz in der fleischverarbeitenden Lebensmittelindustrie“ widmete sich dabei genau diesem Wunsch und umfasst dabei weite Teile der textilen Prozesskette wie Flächenerzeugung, Flächenveredlung und Konfektionierung. Hierfür konnte das ITM mit den Firmen Weberei-Elite GmbH, Textilausrüstung Pfand GmbH sowie dwt-Zelte GmbH bestens geeignete Partner im nahen Umfeld für die Idee gewinnen. Darüber hinaus war das Fraunhofer IVV mit seinem umfassenden Know-how im Bereich der hygienegerechten Reinigung ein weiterer wesentlicher Partner im Forschungsvorhaben.

Materialentwicklung, Konfektionierung und Erprobung

Während in vielen Branchen Roboter auch im Produktionsbereich eingesetzt werden, sind die Einsatzgebiete in der Lebensmittelindustrie überwiegend Packen und Palettieren. Das Potenzial des Einsatzes der Robotertechnik im Bereich der Verarbeitung von Lebensmitteln direkt am Produkt wurde bisher kaum erschlossen. Als Grundlage für die Entwicklung wurde deshalb ein in der Fleischindustrie üblicher Prozess herangezogen – das Öffnen der Karkasse beim Schwein. Hierfür werden aufgrund der dabei notwendigen mächtigen Schneidwerkzeuge größere Roboter mit einer maximalen Gesamthöhe von bis zu 3 Metern eingesetzt. Um diese Kontaminationsquellen für die Lebensmittel zu vermeiden und die Robotertechnik vor hohen Temperaturen und



Abb. 1: Roboterhülle mit Überdruck / Air filled robot cover
© ASP BALG GmbH

aggressiven Medien zu schützen, werden textile Hüllen angewandt, die jedoch aufgrund der extremen Faltenbildung sehr schwer reinigbar sind oder bei luftgestützten Varianten einen hohen Energiebedarf verursachen und infolge Leckage nicht die erforderliche hygienische Sicherheit gewährleisten.

Materialentwicklung

Für die Materialentwicklung wurden zunächst technische Anforderungen definiert, wozu konsequenterweise die Mediendichtheit sowie die Beständigkeit gegen Chemikalien, die in Reinigungsmitteln enthalten sind, gehören. Um eine konturnahe Roboterhülle konstruktiv umzusetzen, die in einer zu bestimmten Reinigungsposition nahezu faltenfrei ist und bei Bewegung den resultierenden Zugbeanspruchungen und der Wirkung des Scheuerns standhält, wurde die Festlegung getroffen, dass eine elastische Dehnung von 20 % bei einer Belastung von 50 N zu erreichen ist, wobei die Mediendichtheit gewährleistet werden muss.

Folgend wurde von der Weberei-Elite GmbH in Zusammenarbeit mit der Textilausrüstung Pfand GmbH sowie der Firma Vowalon Beschichtung GmbH (Dritteinstender) ein geeignetes Gewebe auf Polyesterbasis (PES-Ringgarn Nm 40/2 + Roica dtex 156, 150 tpm) mit Polyurethan-Beschichtung entwickelt und hergestellt. Um die geforderte Dichtigkeit zu gewährleisten, muss das Gewebe eine hohe Fadendichte in Kett- und Schussrichtung besitzen. Des Weiteren waren die Elastizität und Dehnbarkeit in Längs- und Querrichtung sowie das Rücksprungsverhalten ein wesentlicher Aspekt, um die kontinuierlichen Bewegungen des Roboters vollumfänglich zu ermöglichen. Die Firma Textilausrüstung Pfand GmbH konnte dabei bereits auf Erfahrungen bei der Ausrüstung von sehr elastischen Waren, die anschließend beschichtet werden, zurückgreifen. Die Ausrüstungsparameter wurden unter dem Gesichtspunkt der Sensibilität in der Handhabung des eingesetzten elastischen Garnmaterials erforscht und geeignete Einstellungen ermittelt. Anhand dieser Beurteilung erfolgte eine zielgerichtete Anpassung der Geschwindigkeitsparameter unter Berücksichti-



Abb. 2: Beschädigung an Roboterhülle mit Überdruck / Damaged air filled robot cover © iw

gung des unterschiedlichen Schrumpf- und Spannungsverhaltens beim Warenlauf der eingesetzten Gewebestrukturen. Die Beeinflussung der Temperaturführung in den sechs unabhängig voneinander ansteuerbaren Heizfeldern der Ausrüstungsanlage auf die Gewebe wurde analysiert. Ursprünglich waren PVC-Beschichtungen geplant. Jedoch erfolgte die Entscheidung zugunsten von PUR, da hier eine um 20 K geringere Trocknungstemperatur benötigt wird. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen heraus ist dies natürlich zu bevorzugen. Dies wirkt sich positiv auf die Preisgestaltung der anzubietenden Hüllen aus. Ebenso wurde die Farbe der Beschichtung (blau) an die Gegebenheiten in der fleischverarbeitenden Industrie angepasst. Diese Farbe kommt oftmals im Lebensmittelbereich zur Anwendung, da sie mögliche Kontaminationen auf der Oberfläche optisch schnell erkennen lässt.

Textilphysikalische und reinigungsrelevante Untersuchungen

Die Ergebnisse der Reißfestigkeitsuntersuchungen ohne und mit Naht in Anlehnung an DIN EN ISO 13934-1 entsprachen den Zielparametern von >1000 N/5 cm. Ein Ablösen der Beschichtung war nicht zu erkennen. Die Prüfung der Wasserdichtheit nach DIN EN 20811 erfolgte sowohl im ungedehnten Zustand als auch bis zu einer Dehnung von 30 % in jeweils einer Materialrichtung. Der maximal mög-

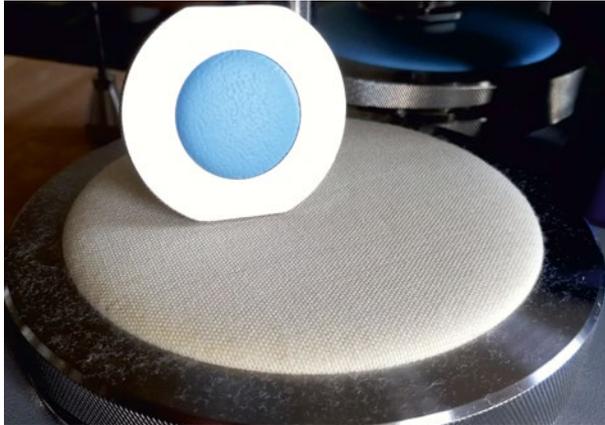


Abb. 3: Scheuerprobe Hüllmaterial gegen Scheuergewebe / Abrasion test - cover material against scubber fabric

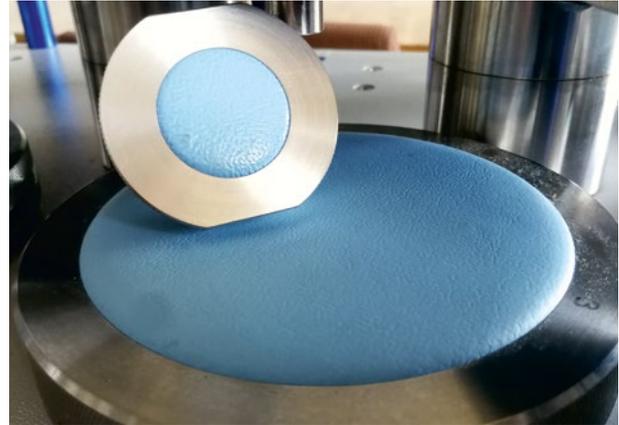


Abb. 4: Scheuerprobe beidseitig Hüllmaterial / Abrasion test - cover material on both sides

liche Messwert von 10000 mmWs wurde erreicht. Dies gilt auch für chemisch belastete Materialien (NaOH, 2 %ig sowie HCl, 0,1 mol/l jeweils bei 60 °C und 16 h) bei einer Prüfdehnung von 30 %. Ebenso positiv waren die Ergebnisse der Scheuerprüfung nach DIN EN ISO 12947. Nach 50.000 Touren waren keine Materialschädigungen, kein signifikanter Masseverlust und nur eine leichte Farbveränderung zu erkennen.

Um die elastische Dehnung bei einer maximalen Belastung von 50 N vor und nach chemischer Beanspruchung zu ermitteln, wurden mehrzyklische Zugversuche in Anlehnung an DIN 53835-14 durchgeführt. Das unbeschichtete Gewebe dehnt sich bei einer Belastung von 50 N nach 10 Zyklen bis 27 % in Produktionsrichtung und 20 % in Querrichtung. Die PUR-Beschichtung verursacht eine vertretbare Erhöhung der Dehnsteifigkeit (bei 50 N: 20,3 % in KR, 16,4 % in SR). Das mit PUR beschichtete Gewebe ist bei einer Zugkraft von 50 N vollelastisch und erfüllt damit die an das Material gestellten Anforderungen. Die chemische Belastung (sowohl mit NaOH als auch mit HCl) hat keinen Einfluss auf das Spannungs-/Dehnungsverhalten des mit PUR beschichteten Gewebe.

Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Dresden entwickelte sowohl einen Prüfstand als auch den zugehörigen Reinigungs- und Bewertungsprozess zur Ermittlung des Verschmutzungs- und Reinigungsgrades.

Das beschichtete Textil zeigte eine gute Reinigungswirkung. Untersucht wurden:

- Mittelalkalische Schaumreinigungsmittel (Konzentration bis 5 %, Temperatur bis 60 °C)
- Chloralkalische Schaumreinigungsmittel (bis 3 %, 60 °C)
- Saure, phosphatfreie Schaumreinigungsmittel (bis 5 %, 60 °C)
- Flüssige, saure, schaumfähige Desinfektionsmittel auf Basis von Wasserstoffperoxid / Peressigsäure (bis 5 %, 60 °C)

Auch bei einer Verschmutzung im Sinne einer Keimbelastung verblieben keine Keimrückstände auf dem Textil.

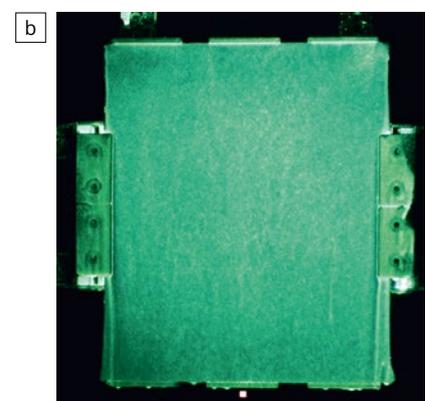
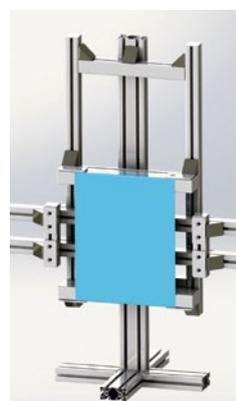
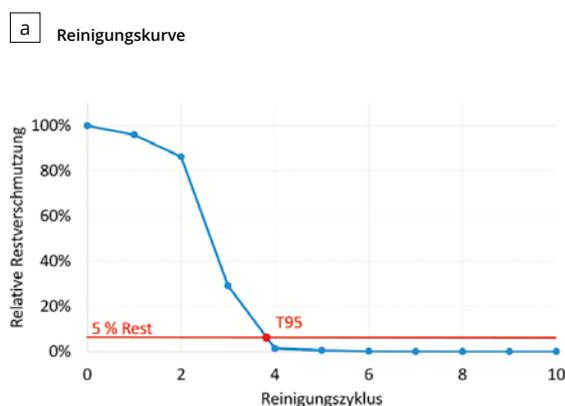


Abb. 5: Makroskopische Reinigung von Vanillepudding (Standardschmutz) (a), UV-Bild zur Ermittlung des Verschmutzungs- und Reinigungsgrades (b) / Macroscopic cleaning of vanilla pudding (standard soiling) (a), UV image to determine the degree of contamination and cleaning (b)

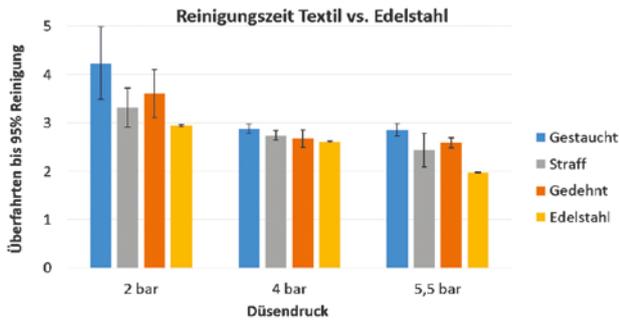


Abb. 6: Reinigungszeit Textil vs. Edelstahl / Cleaning time textile vs. stainless steel

Konfektionierung

Aufbauend auf der Auswahl geeigneter Roboter (IRB4600-40-kg sowie IRB1200-7-kg) wurden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IVV hinsichtlich der Komplexität der Roboterbewegung unterschiedliche Verarbeitungsprozesse ausgewählt.

Der einfache Bewegungsablauf bildet einen Teilungsvorgang mit einem schweren Schneidwerkzeug in der fleischverarbeitenden Lebensmittelindustrie ab. Der komplexere Bewegungsablauf baut auf diesem auf und ist um einen zusätzlichen Ablauf (bspw. Werkzeugwechsel oder Werkzeugreinigung) erweitert. Die Bewegungsabläufe wurden am Fraunhofer IVV in der Software zur Roboterprogrammierung *ABB RobotStudio* entwickelt. Die darin angelegten Stützpunkte, die den Bewegungsablauf beschreiben und mittels der jeweiligen Drehwinkel für 6 Achsen definiert sind, werden in ein Microsoft-Excel-kompatibles Format exportiert und am ITM für die Hüllenkonstruktion auf Basis der Robotergeometrie genutzt.

Die Konstruktionsdaten der Roboter sind auf den Herstellerwebseiten verfügbar. Die Daten beinhalten allerdings nur die einzelnen Bauteile ohne verbindende Verknüpfungen. Um die Bewegungsmöglichkeiten des Roboters nachzubilden, müssen Drehachsen und Kontaktflächen definiert werden. Die in *ABB RobotStudio* definierten Winkel dienen als Steuerungsparameter für die Bewegungssteuerung in *SolidWorks*.

Basierend auf der Roboterwahl wurden verschiedene Designkonzepte erarbeitet. Die Forderungen nach einer möglichst konturnahen Hülle sowie einer geeigneten Stützstruktur standen dabei im Fokus und wurden CAE-gestützt sowie zunächst durch skalierte Ersatzmodelle umgesetzt.

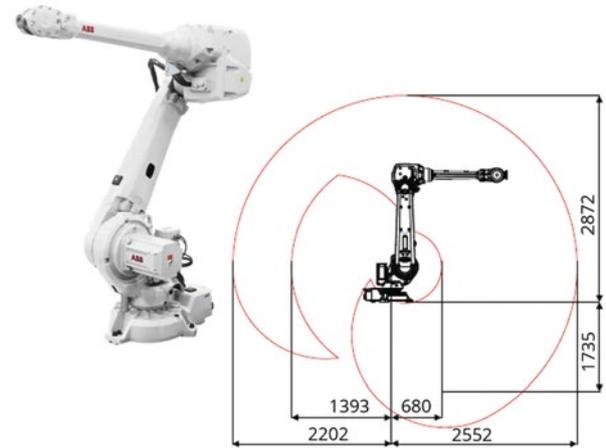


Abb. 7: Knickarmroboter ABB IRB4600, 40 kg Traglast / robot ABB IRB4600, 40 kg working load

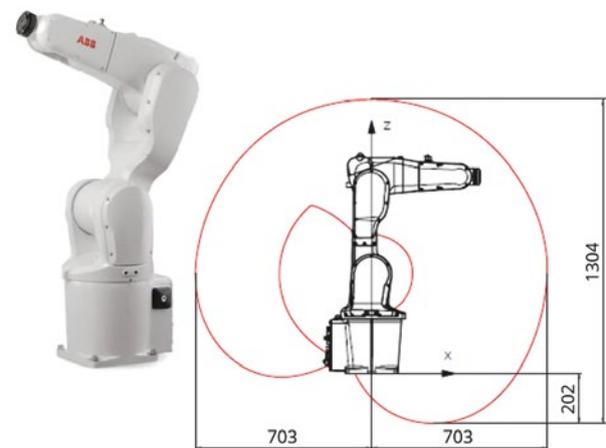


Abb. 8: Knickarmroboter ABB IRB 1200-7, 7 kg Traglast / ABB IRB 1200-7, 7 kg working load

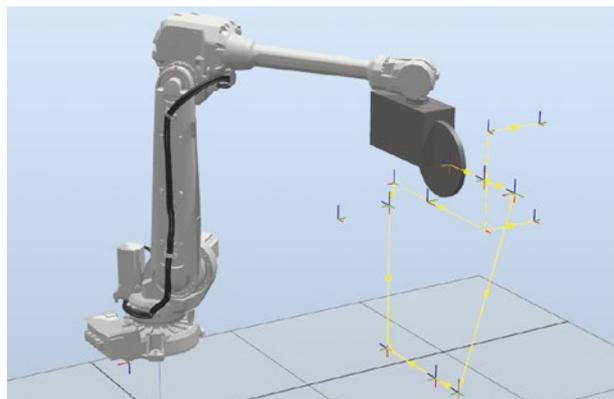


Abb. 9: Übertragung der komplexen Bewegung an ABB IRB4600 / Adaption of the complex movement to ABB IRB4600

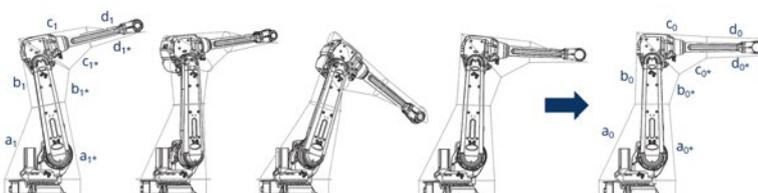


Abb. 10: Ausgewählte Positionen des 6-Achs-Roboters ABB IRB4600 zur Berechnung der maximalen Dehnung/Stauchung und abgeleitete Reinigungsposition (rechts) / Selected positions of the ABB IRB4600 6-axis robot for calculation of maximum strain/compression and derived cleaning position (right)



Abb. 11: Designkonzepte / Design concepts

Das erste Designkonzept erfolgte vorrangig unter dem Gesichtspunkt der formgenauen Abbildung der Robotergeometrie. Die Umsetzung der Hüllkonstruktion kann unter Verwendung der Software *Blender* mit Hilfe des Schrumpfalgorithmus unter Berücksichtigung von Kollision ausgeführt werden. Die auf Basis der Geometriedaten der Hülle ermittelten Schnittteildaten wurden von den Partnern kritisch bewertet und aufgrund der sehr schwierigen Montierbarkeit und der aufwendigen Fertigung verworfen. Die notwendige Anzahl von 14 Schnittteilen führt zu einem enormen Aufwand in der Herstellung (Schneiden, Handling, Fügen). Als Vorteil ist bei diesem Konzept die fehlende Stützstruktur zu vermerken, die vom Roboter übernommen wird.

Im zweiten Designkonzept, das auf bionischen Prinzipien beruht, lag das Hauptaugenmerk auf der Beweglichkeit des Roboters. Die textile Hülle sollte durch eine zusätzliche Stützstruktur in Form gehalten werden und dabei möglichst flexibel bleiben. Als Beispiel diente das Schlangenskelett, welches von einem Hauptstrang in Hüllenslängsrichtung getragen wird. In Umfangsrichtung sind rippenähnliche geschlossene oder offene Strukturen vorgesehen. Offene Strukturen besitzen ein deutlich flexibleres Verhalten bei Veränderung der Umfänge durch äußere oder innere Kräfte. Darüber hinaus kann durch eine Größenanpassung einzelner Rippen ein

formkonturnahes Design erarbeitet werden, welches auch den Montagebedingungen (bei Komplett-hüllen durch Aufziehen von vorn) durch ein potenziell mögliches Aufdehnen der Stützstruktur gerecht wird. Die experimentellen Untersuchungen ergaben allerdings auch wesentliche Nachteile. Zum einen ist die Montage durch die Stützstruktur in Hüllenslängsrichtung vergleichsweise starr. Zum anderen sind die offenen Rippen nicht stabil genug, um die Hülle in die gewünschte Form zu bringen.

Aus den umfangreichen Erkenntnissen hinsichtlich einer flexiblen, formkonturnahen Konstruktion, der Stützwirkung, der Montierbarkeit und dem Aufwand bei der Fertigung wurde Designkonzept 3 erarbeitet.

Hierfür wurde am Konzept der Komplett-hülle festgehalten und eine möglichst formkonturnahe Konstruktion angestrebt, die eine leichte Montage bei gleichzeitiger Stützwirkung und Flexibilität ermöglicht. Insbesondere die Montagebedingungen sind ausschlaggebend, da beim Aufziehen von vorne definierte Mindestumfänge an den schmalen Bereichen der Roboterhülle eingehalten werden müssen, um die grundsätzliche Montierbarkeit zu gewährleisten. Zudem wird die Stützwirkung durch ein jeweils lokales System aus geschlossenem Ring mit Abstützung



Abb. 12: 3D-Roboterhülle in Design Concept 3D / 3D robot cover

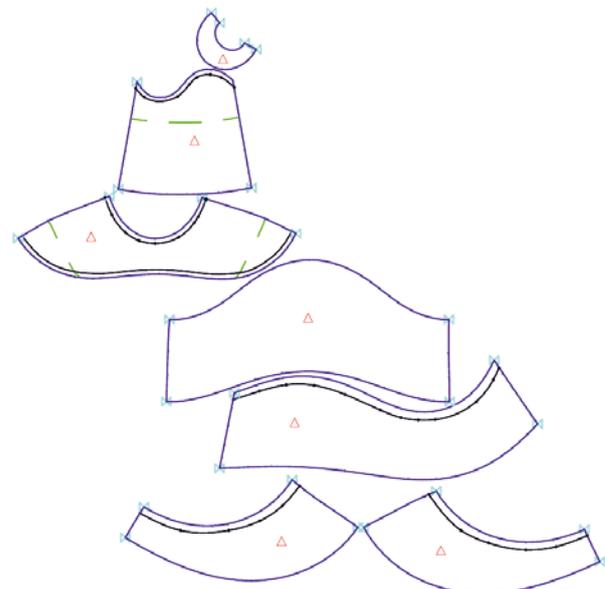


Abb. 13: 2D-Schnittteile / 2D pattern cuts



Abb. 14: Faltenfreie Roboterhülle im Einsatz / *Fold-free robot cover in use*

nach innen erzeugt, welches vor, aber auch nach der Montage zusätzlich integriert werden kann. Eine Abstützung nach innen kann hier als Kollisionsschutz bzw. als Schutz vor Abrieb zusätzlich eingefügt werden. Am Schultergelenk (Verbindung unteres Roboterglied mit vorderem) ist eine Stützwirkung zur Vermeidung von Reib- und Haftbedingungen zwischen Hülle und Roboter notwendig, um die daraus resultierenden negativen Folgen zu umgehen.

Für die Ermittlung der entstehenden Formänderungen infolge der Bewegungssimulation wurde eine Methodik entwickelt, die die Linienlängen für jedes Schnittteil oder summarisch entsprechend des Belastungsverlaufes aus den CAD-Daten der jeweiligen Positionen abgreift (siehe auch Abbildung 10). Darauf basierend lassen sich computergestützte Längen bzw. Dehnungsvergleiche (statistische Verarbeitung mit Excel, Python, R..) durchführen und diejenige Position bestimmen, bei der die textile Hülle infolge einer definierten Bewegungsbahn die global betrachtet geringste Dehnung erfährt. Diese Position wird zur 3D-Konstruktion genutzt und stellt die Reinigungsposition dar.

Der erarbeitete Designentwurf ist weiterhin auf eine möglichst geringe Anzahl an Schnittteilen ausgelegt, um den Aufwand beim Konfektionieren zu verringern und folglich die Produktkosten zu senken. Für die Berechnung der Schnittteilkonturen aus der 3D-Hüllenkonstruktion wird der Abwicklungsalgorithmus der Software *Design Concept* der Firma *Lectra* eingesetzt.

Die Konfektionierung erfolgt beim Partner *dwt-Zelte GmbH*. Die 2D-Daten werden in die Software der Firma *Assyst* importiert und zu produktionsreifen

Schnittteildaten komplettiert sowie die Schnittdaten für die Versteifungsstreifen erarbeitet. Die gelegten Schnittbilder werden per CNC-Cutter zugeschnitten. Für das Fügen der Schnittteile wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, die auch ein rein thermisches Fügen zur Erzielung der geforderten Nahtdichtheit vorsahen. Diese Untersuchungen zeigten jedoch, dass das Nähen mit anschließendem Tapen mittels Heißluftschweißen die beste Möglichkeit war, um die geforderte Nahtfestigkeit und Nahtdichtheit zu erreichen. Der Partner *dwt-Zelte GmbH* erarbeitete dazu geeignete Nahtkonstruktionen und Fertigungsprozesse für die Roboterhülle sowie die Kanäle und setzt diese in hervorragender Qualität um. Die Materialauswahl für die Stützkonstruktion erfolgt auf Basis der Ergebnisse der Prototypentests am Fraunhofer-Institut IVV.

Die Dauerlauftests bestätigten die gute Passform der Hülle und darüber hinaus eine in weiten Teilen nahezu faltenlose Oberfläche in der zuvor definierten Reinigungsposition. Beim Abfahren der Bewegungsbahn wurde ebenso deutlich, dass das Hüllmaterial ein gutes Dehnungsverhalten und ausreichende Dehnungsreserven aufweist. Sowohl die Beschichtung als auch die Nähte inklusive Tape wurden nach mehrmaligen Abfahren augenscheinlich nicht beschädigt. Der positive Gesamteindruck der Materialentwicklung, der Konstruktion sowie der Fertigungsprozesse werden bestätigt.

Literatur

- [1] BVE (Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e. V.): *BVE-Jahresbericht 2020/2021*. <https://www.bve-online.de/download/bve-jahresbericht-ernaehrungsindustrie-2021>. Abgerufen am 14. April 2022
- [2] DIN EN ISO 14159: *Sicherheit von Maschinen – Hygieneanforderungen an die Gestaltung von Maschinen (ISO 14159:2002); Deutsche Fassung EN ISO 14159:2008, 2008*
- [3] DIN EN 1672: *Nahrungsmittelmaschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Anforderungen an Hygiene und Reinigbarkeit, (2020)*
- [4] *Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG, 9.6.2006*
- [5] *LMHV: Lebensmittelhygiene-Verordnung. (2007)*
- [6] *Erzincanli, F.; Sharp, J. M.: Meeting the need for robotic handling of food products. Food Control, 8(4), 185-190. 1997*
- [7] *Erzincanli, F.; Sharp, J. M.: A classification system for robotic food handling. Food Control, 8(4), 191-197. 1997*
- [8] *Gesprächsnotizen mit Andreas Hennige (Geschäftsführer Technik) von Tönnies Lebensmittel GmbH & Co. KG am 22.07.2019 (Telefonat)*

Entwicklung neuartiger, stichhemmender Schutzbekleidung unter Nutzung von endlosfaserverstärkter additiver Fertigung

Development of innovative stab resistant protective clothing using continuous fiber reinforced additive manufacturing

D. Münks, A. M. Sprenger, Y. Kyosev

Abstract

Physical attacks on police officers, civil employees and security staff are becoming more and more frequent and violent in intensity. Therefore, the personal protective equipment is increasingly important in today's times. In order to minimize the risks seriousness of the injuries for the employees, a stab protection vest is absolutely essential. The request for lighter, more comfortable and not directly visible stab protection has been continuously increasing in recent years.

Additive Fused Filament Fabrication (FFF) technology is used to develop an innovative stab protection clothing that combines functionality (high protective effect) and comfortable wearing (low mass, high flexibility for increased body shape adaptability). This study investigates the framework of the 3D printing process to produce a scale-like protective surface that provides optimal and flexible protection. Materials for the production of protective surfaces made of special thermoplastics and imprinted fiber reinforcements (aramid, carbon, glass fiber) are used, which are applied directly to textiles. With an optimal combination of material and print parameters, a significant step can be taken towards a new generation of stab protection equipment.

Einleitung und Zielsetzung

Nach dem Bundeslagebild 2020 des Bundeskriminalamts wurden 84.831 Polizeivollzugsbeamte Opfer von gegen sie gerichteten Gewalttaten. Im Vergleich zum Vorjahr ist ein Anstieg von 5,9 % zu verzeichnen. Die langfristige Entwicklung zeigt einen kontinuierlichen Anstieg der dokumentierten Fälle seit 2013, mit Ausnahme von 2017 [1]. Straftaten mit spitzen Gegenständen und Messern haben ebenfalls in den letzten Jahren zugenommen. Aufgrund der jährlich steigenden Anzahl und Intensität der Angriffe sowie der leichten Zugänglichkeit zu Stichwaffen wird eine persönliche Schutzausrüstung daher immer wichtiger.

Persönliche Schutzausrüstungen in Form von Stichschutzwesten lassen sich in zwei Gruppen – in den sogenannten „harten“ und „weichen“ Stichschutz, einteilen. Bei harten Stichschutzwesten kommen schwere, unflexible Metallplatten zum Einsatz. Durch eine Vielzahl von Textillagen (meist aus Aramid) bietet weiche Stichschutzbekleidung einen Schutz vor Messerangriffen. Je nach Anzahl der Textilschichten und Dicke können diese auch sehr schwer und unflexibel ausfallen und zudem wenig thermophysiologischen Komfort bieten. Der Bedarf an einer neuen Generation von Stichschutzausrüstungen, die die flexible textile Komponente mit der Schutzfunktion harter Platten kombiniert, ist daher groß.

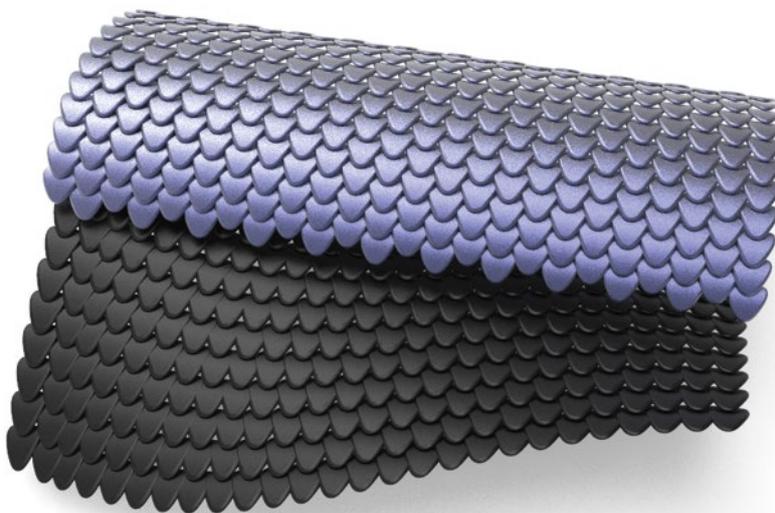


Abb. 1: Design von überlappenden Schutzflächen in Schuppenform / Design of overlapping protective surfaces in form of scales [3]

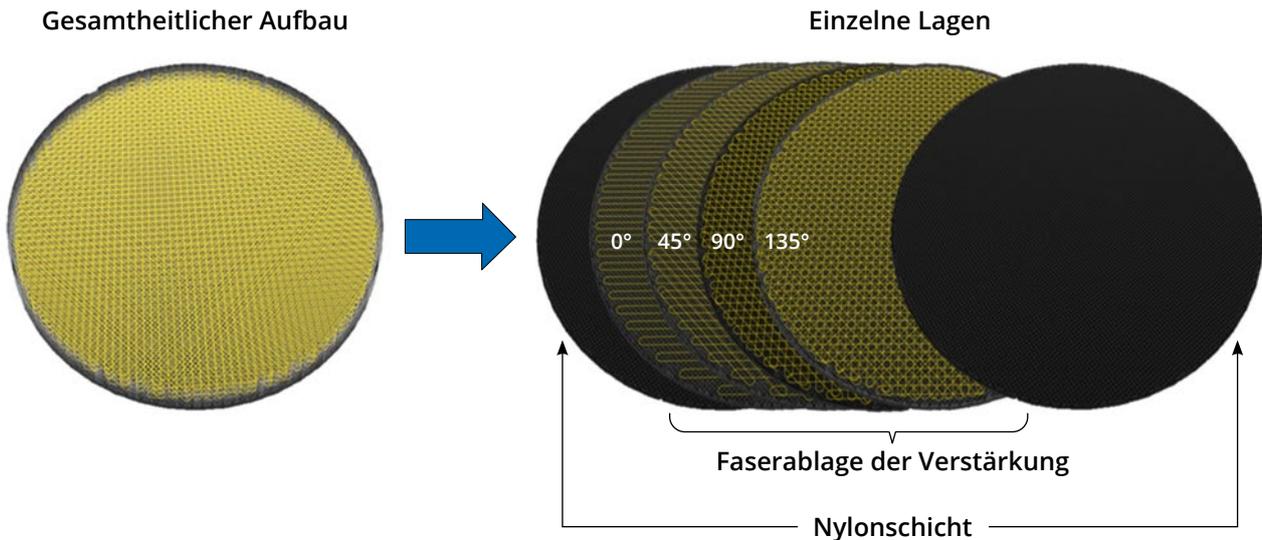


Abb. 2: Prinzipieller Aufbau der Prüfkörper – links gesamtheitlicher Aufbau und rechts zerlegt (gesliced) in einzelne Schichten mit Faserverstärkung im Inneren umschlossen von Nylon / Basic structure of test samples – on the left the overall structure and on the right disassembled (sliced) into individual layers with fiber reinforcement inside surrounded by Nylon

Im IGF-Projekt „Entwicklung neuartiger, stichhemmender Schutzbekleidung unter Nutzung von endlosfaserverstärkter additiver Fertigung“ liegt das Forschungsziel in der Entwicklung von neuartiger Stichschutzkleidung, bei der sich Funktionalität (hohe Schutzwirkung) und ein angenehmer Tragkomfort (geringe Masse, hohe Flexibilität zur Anpassung an die Körperform) nicht widersprechen. Zur Erreichung des Ziels kommt die additive Fused Filament Fabrication (FFF) Drucktechnologie zum Einsatz. Die Technologie erlaubt es, eine körperformabhängige Segmentierung von überlappenden Schutzflächen (Abb. 1) aus Hochleistungsfaserstoffen additiv herzustellen. Damit lässt sich Schutzkleidung aufgrund der Segmentierung an die jeweilige Körperform anpassen und bietet neben dem Stichschutz einen guten ergonomischen, thermophysiologicalen sowie hautsensorischen Komfort.

Struktureller Aufbau und Materialuntersuchungen auf dem Fallprüfstand

Die richtige Wahl der Filamente, deren Volumenanteile von Matrix und Faserverstärkung und der entsprechenden Druckeinstellungen haben einen signifikanten Einfluss auf die Absorption der Stichenergie eines Messers auf die Schutzflächen [2]. Im Projekt wird der Industriedrucker Mark Two von Markforged genutzt. Durch den zweiköpfigen Druckkopf ist die Verarbeitung von thermoplastischem Kunststoff auf Nylon-Basis mit Mikrokohlefasern und zusätzlich eingebrachten Hochleistungsfilamenten wie Aramid und Carbon als Verstärkung möglich. Sie bilden die substantielle Basis für die Erstellung von Schutzzele-

menten. Im ersten Schritt wurden Prüfkörper aus verschiedenen additiven Materialien und Faserverstärkungen aus Aramid, Carbon und Fiberglass hergestellt.

Die Endlosfaserverstärkungen wurden in unterschiedlichen Faserorientierungen in die Prüfkörper verdrückt, um die bestmögliche Schutzwirkung zu erreichen. Abbildung 2 zeigt den strukturellen Aufbau eines flachen Prüfkörpers aus Nylon-Matrix und Faserverstärkung in den wiederholenden Orientierungen von 0°; 45°; 90° und 135°.

Abbildung 3 zeigt im Schlibbild den strukturellen Aufbau der Carbonfaser-Verstärkung in unterschiedlicher Orientierung, umschlossen von Nylon im Direktdruck auf Textil. Die weißen Segmente im Schlibbild zeigen die Carbon-Anteile im Nylon (Mikrokohlefasern) und in der Faserverstärkung. Je nach Druckrichtung sind die Carbonfasern als Punkte oder Streifen erkennbar.

Verschiedene additiv gefertigte Prüfkörpervarianten (flache und runde Geometrie) mit unterschiedlichen Materialien und Volumenanteilen von Matrix und Faserverstärkung wurden auf dem instituts-eigenen Fallprüfstand in Anlehnung an die Norm (Klasse K1 – KDIW 2004) der Vereinigung der Prüfanstalten für angriffshemmende Stoffe und Bauwerke (VPAM) geprüft. Die Klasse schreibt vor, dass die Durchstichtiefe eines genormten Messers durch die Schutzfläche bei einer auftreffenden Energie von 25 Joule nicht mehr als 20 mm betragen darf.

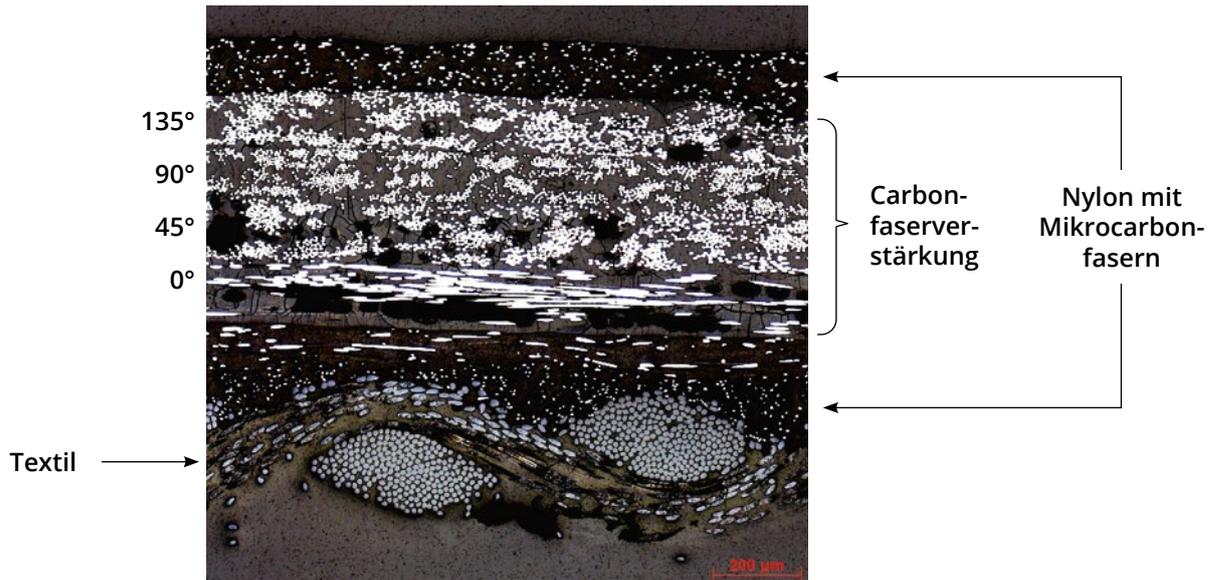


Abb. 3: Schlibbild eines additiven Drucks auf Textil – Carbonfaserverstärkung, umschlossen von Nylon versetzt mit Mikrocarbonfasern / *Micrograph of additive printing on textile – carbon fiber reinforcement surrounded by nylon*

Ein Prüfkörper aus Nylon, versetzt mit Mikrocarbonfasern ohne zusätzlicher Faserverstärkung, reicht nicht aus, um einen Messerdurchstich von 20 mm zu verhindern. Die Kombination aus Nylon und Kevlar bietet ebenfalls keinen ausreichenden Schutz, die durchschnittliche Durchstichtiefe liegt bei 45,3 mm. Die besten Ergebnisse konnten mit der Kombination aus Nylon und einer Carbonfaser-Verstärkung erreicht werden. Durch Anpassung der Dicke wurde der Faservolumenanteil der Carbonfaser-Verstärkung erhöht. Bei einer Dicke von 4 mm aus Nylon-Matrix mit zusätzlicher Carbonfaser-Verstärkung beträgt der Durchstich 15,6 mm und liegt unter dem Normwert von 20 mm. In dieser Materialkombination und Dicke wurde zusätzlich eine runde Geometrie einem Stichtest unterzogen. Geprüft wurde, in wie fern eine runde Probegeometrie die auftreffende Energie besser absorbiert und dadurch den Durchstich minimiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine runde Probe mit annähernd vergleichbarer Durchstichtiefe (14,9 mm) durchdrungen wird.

Zusammenfassung und Ausblick

Mittels der additiven Drucktechnik konnte der Durchstich eines Normmessers mit einer Energie von 25 Joule absorbiert und das Messer abgebremst werden. Die besten Ergebnisse konnten mit Nylon mit Mikrocarbonfasern und einer Carbonfaser-Verstärkung erreicht werden. Hierbei beträgt die maximale Durchstichtiefe 15,6 mm. Die Abstimmung von Materialkombinationen, Faserorientierung und Dicke beeinflussen maßgeblich die Durchstichtiefe. Die bisherigen Ergebnisse und Parameter werden im Weiteren dazu genutzt, Schutzobjekte in Form von Schuppen zu konstruieren. Eine Skalierung der Schuppen und die Flexibilität der additiven Fertigung erlauben es, Schutzflächen individuell auf den Kör-

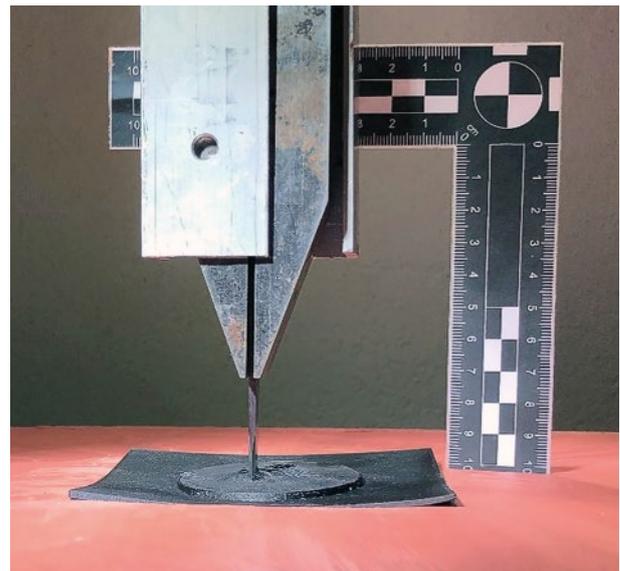


Abb. 4: Nach einem Durchstichversuch eines Prüfkörpers mit vergrößerter Auflagefläche zum Fixieren des Prüfkörpers / *After a penetration test of a test sample with an enlarged contact surface for fixing the sample*

per anzupassen. Die Abbildung 5 zeigt einen 3D-Scan eines Probanden mit den unterschiedlichen Krümmungsradien verschiedenen Körperbereiche. In den roten Bereichen ist die Krümmung höher als in den grünen und blauen Bereichen. Kleine Schutzflächen (Schuppen) sind in den roten Bereichen nötig, wohingegen in den blauen Bereichen die Strukturelemente größer konstruiert und gedruckt werden können. Die individuelle Anpassung der Schutzelemente und der Schuppen an den Körper mittels additiver Fertigung erlaubt es, maßgeschneiderte Schutzkleidung aus dem 3D-Drucker herzustellen. Dies erhöht den Tragekomfort bei gleichzeitig hoher Schutzwirkung.

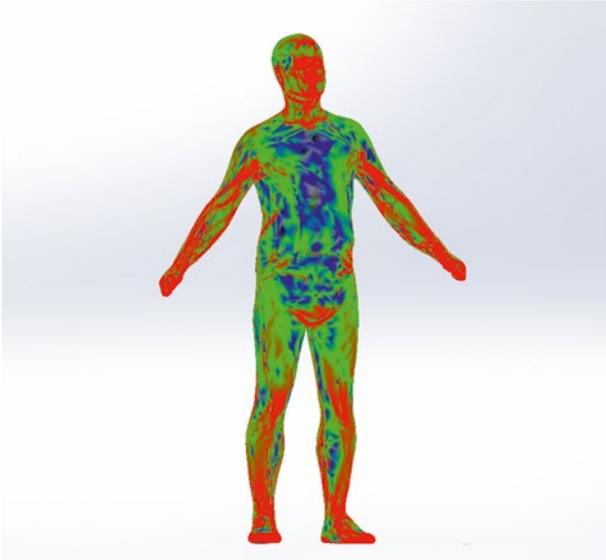


Abb 5: 3D gescannter Körper und farbliche Darstellung der Körperkrümmungen / Scanned body and coloured representation of body curvatures

Literatur

- [1] Bundeskriminalamt, 6. Wiesbaden: Lagebilder - Bundeslagebild Gewalt gegen Polizeivollzugsbeamtinnen und Polizeivollzugsbeamte 2020. Bundeslagebild 2020. <https://www.bka.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/JahresberichteUndLagebilder/GewaltGegenPVB/GewaltGegenPVBBundeslagebild2020.html>, (26.02.2022)
- [2] Sitotaw, D. Berihun; Ahrendt, D.; Kyosev, Y.; Kabish, A. Kechi: Investigation of Stab Protection Properties of Aramid Fibre-Reinforced 3D Printed Elements. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* Nr 3 (147) (2021), 67-73. – DOI 10.5604/01.3001.0014.7789
- [3] Ahrendt, D.; Krzywinski, S.; Justo i Massot, E.; Krzywinski, J. Gestalten mit hybriden Materialien – Additive Fertigung für neuartige, kundenindividuelle Stichschutzbekleidung. In: *Entwerfen, entwickeln, erleben in Produktentwicklung und Design 2019*, 2019, Dresden. – ISBN 9783959081702, S. 265-280

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 21622 BR 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.

Vom Rohstoff zu Hochleistungs-, Funktions- und biobasierten Fasern

From raw materials to high-performance, functional and bio-based fibers

- **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*
- **Weiterentwicklung der Spinnverfahren (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 Spinndüsenysteme 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 Schmelzspinntechnologien entwickeln die Wissenschaftler:innen auf diese Weise bedarfsgerechte Fasern, die verschiedenste Hochleistungsanwendungen ermöglichen.



Abb. 1: Chitosan und Chitin aus Krustentieren (a) sowie Chitin-Melanin aus Exuvien von Soldatenfliegen und Exuvien (b) / *Raw chitosan materials (a) and chitosan and chitin from crustacean as well as exuvia from soldier flies and exuvia (b)*

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich Lösungsmittelspinnen werden mit Hilfe einer Pilotspinnanlage der Firma FOURNÉ POLYMERTECHNIK GMBH realisiert und umfassen bspw. Biofasern aus Chitosan oder Kollagen, Hochleistungsfasern auf Polyacrylnitril (PAN)-Basis als Kohlenstofffaserpräkursoren sowie piezo-sensitive Fasern und Formgedächtnisfasern. Einen großen Kenntnisstand besitzt das ITM in der Verspinnung von biologisch hochreinem Chitosan. 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.

Ein weiterer Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten liegt in der tiefgreifenden Erforschung maßgeschneiderter Kohlenstofffaser (engl. carbon fiber (CF))-Präkursoren. Dabei kommen Materialien, wie PAN, Lignin oder Cellulose, sowie Nanokohlenstoffen (z. B. CNTs 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 CF durch die Ausbildung von interkonnektierenden Poren in den Präkursorfasern (siehe Abb. 2) für Energie- und Wasserstoffspeicherung. Durch die definierte Einstellung der Transport- und Diffusions-

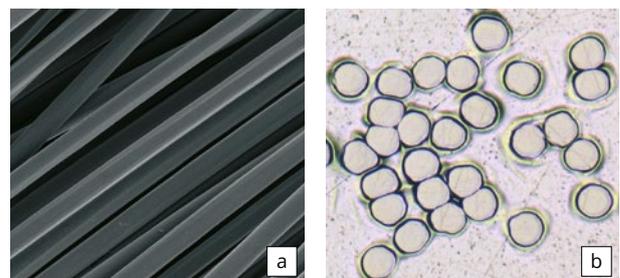


Abb. 2: Nassgesponnenes Chitosangarn; REM- (a) und LM-Querschnittsaufnahme aus einem Schlieffkörper (b) / *Chitosan raw materials and wet-spun chitosan yarn; SEM (a) and cross-section image (b)*

prozesse während der Koagulation und der Orientierung der Makromoleküle im Nassspinnprozess können die Porengrößen und -verteilung in den PAN-Präkursoren und damit für die resultierenden CF gezielt beeinflusst werden.

Für die Erforschung der Verarbeitung der neuartigen Präkursoren zu CF stehen dem ITM in Zusammenarbeit mit dem Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden im 2018 eröffneten Research Center Carbon Fibers (RCCF)-Technikum eine kontinuierliche Stabilisierungs-, Carbonisierungs- und Ultra-Hochtemperatur(UHT)-Linie im

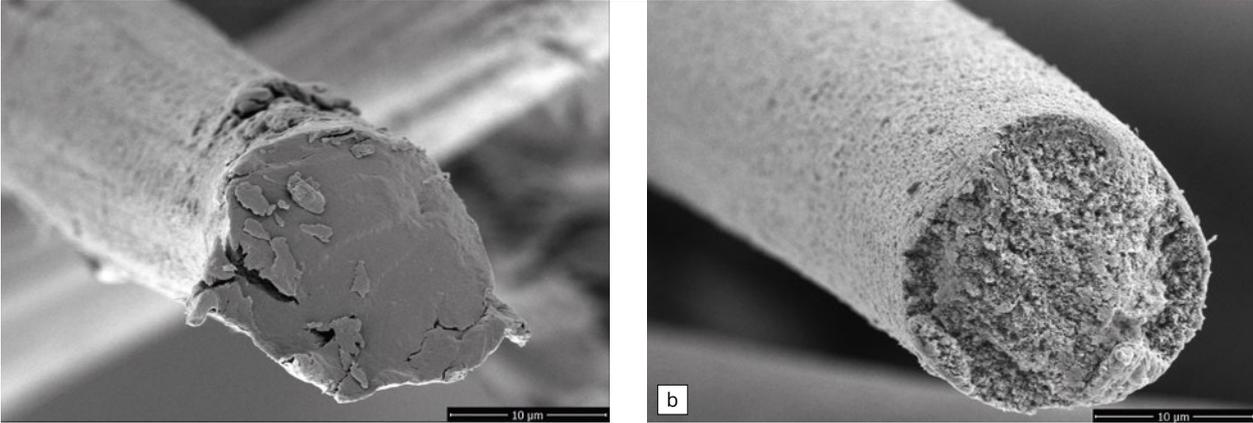


Abb. 3: Nassgesponnene PAN-Fasern; REM-Aufnahme einer unporösen (a) und einer porösen Präkusorfaser (b) / Wet-spun PAN fibers; SEM image of a non-porous (a) and a porous precursor fiber (b)

Pilotmaßstab sowie umfangreiche instrumentelle Analytik zur Verfügung. Die erarbeiteten Erkenntnisse ermöglichen das Maßschneiden und den anforderungsgerechten Einsatz von CF in zukunftsweisenden Hochtechnologiefeldern, wie dem textilen Bauen mit Carbonbeton oder dem Einsatz von funktionellen Energiespeichersystemen mit erhöhter Elektrodenkapazität bei gleichbleibenden werkstoffmechanischen Eigenschaften.

Faser-Matrix-Haftung und andererseits nachhaltiger Präkursoren für CF auf Basis von modifizierten Lignin- bzw. Cellulosederivaten. Die daraus entwickelten CF erhalten eine spezielle dreidimensionale miteinander verbundene mikroporöse Struktur, die ein vielversprechendes Potenzial für Kathoden in Lithium-Schwefel (Li-S)-Batterien aufweisen. Der Einstieg in CF-Forschung für Batterieanwendungen ist Teil der Innovationsstrategie vom ITM.

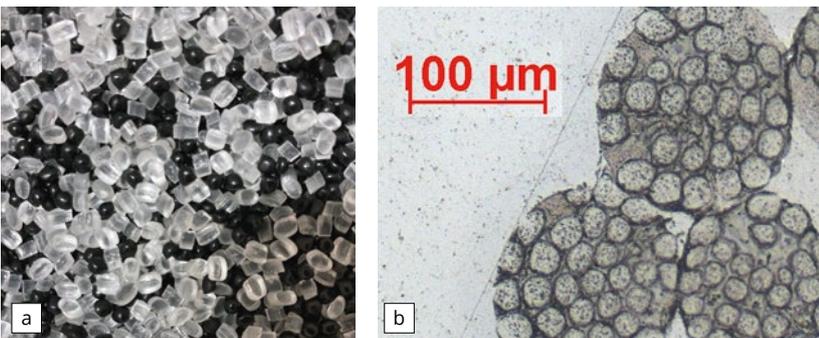


Abb. 4: TPU+CNT Granulat zum Schmelzspinnen (a) und Querschnitte von schmelzgesponnenen Biko-Fasern aus PP und TPU/CNT-Blend (b) / TPU and CNT blend for melt-spinning (a) and cross-sectional images of bico fibers made of PP and TPU/CNT blend (b)



Abb. 5: Querschnitte von schmelzgesponnenen Biko-Fasern mit Kern-Mantel Geometrie aus PP und PVDF / Cross-sectional images of melt-spun core-sheath type bico fibers made from PP and PVDF

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 Materials (PCM), splittfähige Biko-Fasern mit hoher Oberfläche, großer Oberflächenrauheit und sehr gutem Abrasionsverhalten und Sensorgarne aus elektroaktiven Polymeren sowie Formgedächtnisgarne aus thermoplastischem Polyurethan (TPU) ersponnen und verarbeitet. Aktueller Fokus der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an der Biko-SSA liegen einerseits auf der Entwicklung nano- bis mikrostrukturierter Fasern zur Realisierung einer deutlich verbesserten

Technische Ausstattung

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

Ausgewählte Publikationen

Probst, H.; Katzer, K.; Nocke, A.; Hickmann, R.; Zimmermann, M.; Cherif, Ch.: Melt spinning of highly stretchable, electrically conductive filament yarns. *Polymers* 13(2021)4, 590, DOI: 10.3390/polym13040590

Frankenbach, L. A.; Richter, M.; Lukoschek, S.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.: Development of a novel spinning technology for the realization of scalable nano-, submicro- and microstructured fiber surfaces for technical and medical applications (Poster P2). In: *Proceedings. Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2021, Online (Stuttgart), 09.-10. November 2021, S. 14*

Kuznik, I.; Richter, M.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.: Pure high-performance chitosan fibers in reproducible quality and adjustable properties made from ionic liquids (Poster P4). In: *Proceedings. Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2021, Online (Stuttgart), 09.-10. November 2021, S. 146*

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 Maschinentekniken von der Faseraufbe-

reitung, 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

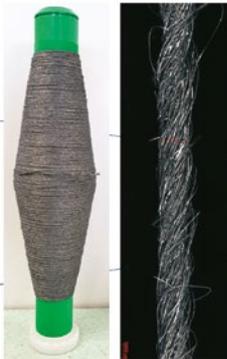


Bio-Thermoplastholzstrukturen und Bio-Composite / *Bio-thermoplastic wood structures and bio-composite*

Gehobeltetes Metallfaserband



Metallstapelfasergarn

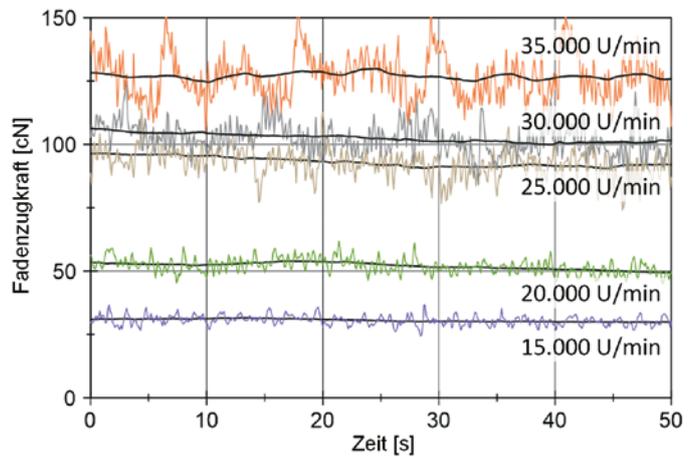
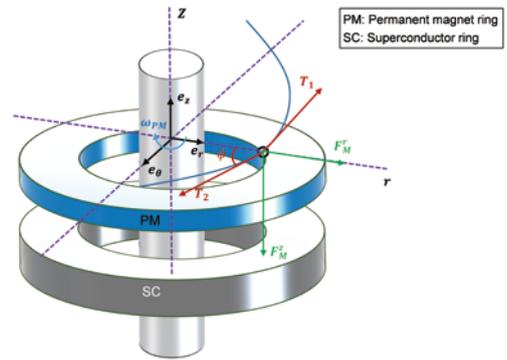
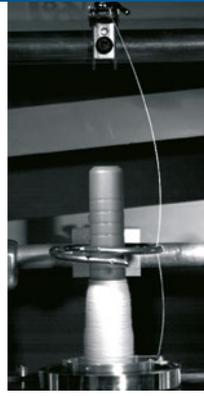


Gewebe aus Edelstahlfasergarn



Neuartige Metall-Spinnfasergarne / *Novel metal fiber spun yarn*

Oberflächenprofilierte Flechtgarnkonstruktion / *Surface profiled braided yarn construction*



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

dreiphasigen, auf Filamentebene hybridisierten Hybridgarnen bestehend aus metallischen Verstärkungsfilamenten, nichtmetallischen Hochleistungsverstärkungsfilamenten und thermoplastischen Filamenten. Hierfür sollen die mechanischen Eigenschaften und Potenziale dieser neuartigen Werkstoffklasse mittels einer experimentellen sowie einer umfangreichen numerischen Charakterisierung tiefgreifend untersucht werden. Ein weiteres wichtiges Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung und Erforschung von Technologien zur Realisierung dreiphasiger, hochgradig dispergierter Hybridgarne auf Basis der Luftdüsen- und Spreizfaltechnik.

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 Spinntechnologie bis zu einer Spindeldrehzahl von 50.000 U/min auf Basis der Supraleitungstechnologie als Ersatz für das klassische Ring-Läufer-System an Ringspinnmaschinen.

Weitere Aktivitäten 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.

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-Spinn tester, DREF 2000/3000, Flyer Rieter F 15, Kompaktringspinnmaschine Rieter K44, Langstapelringspinn tester LSE 2000, Luftdüsen spinnmaschine 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

Hasan, M. M. B.; Cherif, F.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Neuartige Multimaterialgarnkonstruktionen für Faser-Metall-Hybridverbundwerkstoffe. *Technische Textilien* 64(2021)5, S. 146-148

Seidel, J.; Hasan, M. M. B.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.; Schmeer, S.; Rehra, J.: Development of multi-material yarn structures from high-performance fibers and metal fibers for technical applications (poster 125). In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 197-198*

Abdkader, A.: Entwicklung von neuartigen Multimaterialgarnkonstruktionen aus Hochleistungs- und Metallfasern mit hoher Durchmischung auf Mikroebene für neuartige Faser-Metall-Hybridverbundwerkstoffe (FMV) mit signifikant verbesserter Schadenstoleranz (IGF 19919 BR). Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, Abschlussbericht, 2021

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. 2).



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



Abb. 2: Dilo-Speziallaborkrempelanlage mit Bandbildungsvorrichtung / Special laboratory carding machine with sliver formation unit

Wesentliche Vorteile beim Einsatz der entwickelten neuartigen rCF-Garnkonstruktionen (Abb. 3) 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. 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.

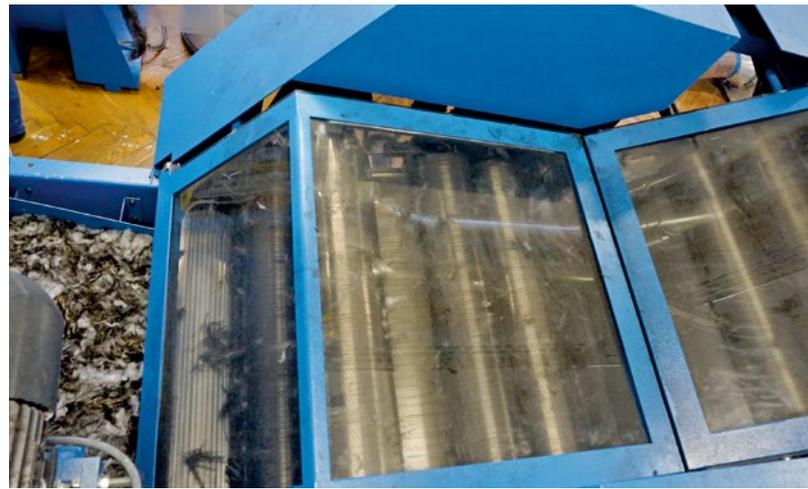


Abb. 3: Verschiedene Garnkonstruktionen aus rCF / Different yarn constructions consisting of rCF (realized by roving frame, wrap and friction spinning)

Technische Ausstattung

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

Ausgewählte Publikationen

Hasan, M. M. B.; Hoebel, S.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Hochdrapierbare Thermoplastfaserbandstrukturen aus rCF für komplex geformte Composites / Highly drapable thermoplastic fibrous structures from recycled carbon staple fibers. *Technische Textilien/Technical Textiles* 64(2021)4, S. 124-126, pp. E207-E209

Khurshid, M. F.; Hasan, M. M. B.; Hoebel, S.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Unidirectional tape structures consisting of recycled carbon fibres and polyamide 6 fibres for high performance thermoplastic composites. In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 207-208*

Hasan, M. M. B.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Low twist hybrid yarns from long recycled carbon fibres for high performance thermoplastic composites. In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 211-212*

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 technischen Gewirken aus Hochleistungsfaserstoffen für den Leichtbau / Development of warp-knitted fabrics made of high-performance fibers for lightweight applications**

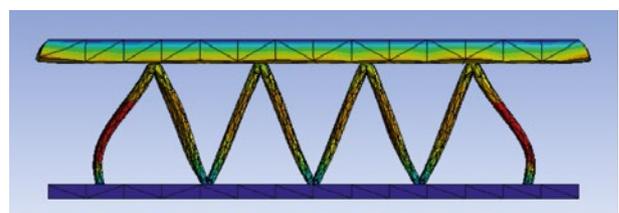
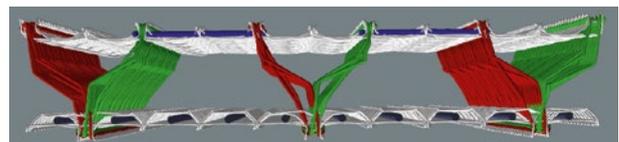
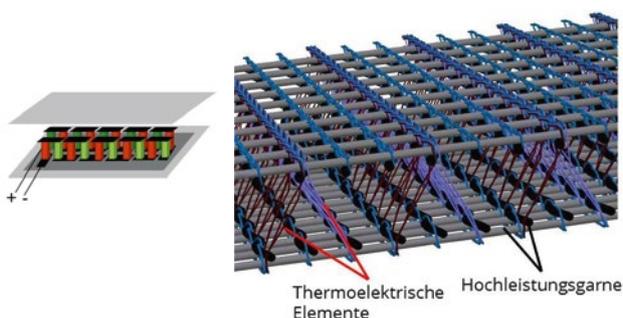
Der Kettenwirkprozess weist durch die hohe Strukturvariabilität und extrem hohe Produktivität der Kettenwirkmaschinen ein besonders hohes Leistungspotenzial auf, das jedoch aufgrund der hochdynamischen Fadenbeanspruchungen insbesondere bei technischen Anwendungen besondere konstruktiven Maßnahmen erfordert.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

Technische Gewirke und Abstandsgewirke für höchste Anforderungen und Spezialanwendungen werden am ITM systematisch mittels einer CAD-gestützten Bindungs- und Strukturentwicklung auf Basis der Software EAT ProCad Warpknit realisiert. Die besondere Kompetenz des ITM erlaubt durch gezielte Maschinenentwicklungen die Umsetzung komplexer multifunktionaler Strukturen. Umfassende Analysen der Kettenwirkmaschinen mit modernster Messtechnik (z. B. hochdynamische Fadenzugkraftaufnehmer, 3D-High-Speed-Viedokameras, Beschleunigungsaufnehmer, Lasertriangulatoren) und Modal- sowie FFT-Analysen bilden die Basis für technologische Entwicklungen zur effektiven Verar-

beitung von dehnungsarmen Fäden und zur Integration von Funktionsfäden in Kettengewirke. Dies ermöglicht neue Produktbereiche für Kettengewirke 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.

Durch konstruktiv-technologische Modifikationen an RR-Raschelmashinen wird die effektive Verarbeitung von groben Hochleistungsfäden (Carbon- und Glasfäden ab 800 tex) im Schuss-, Steh- und Polfadensystem möglich. Auf dieser Basis werden Abstandsgewirke für Leichtbaupaneele entwickelt, die bei geschlossenen Deckflächen in x-, y- und z-Richtung Verstärkungsfäden aufweisen. Derzeitige Entwicklungen konzentrieren sich auf die Realisierung von variabel gekrümmten Spacer-Strukturen mit integrierten Verbindungselementen in unterschiedlichen geometrischen Ausprägungen.

Für die Steigerung der Produktvariabilität auf Kettenwirkmaschinen und für einen Beitrag zur nachhaltigen Stromerzeugung werden am ITM technologische Lösungen entwickelt, die die direkte und variable Integration von Funktionsfäden in die Gewirke erlauben. Mit der gezielten Integration von thermoelektrischen Drähten und elektrisch leitfähigen Garnen in die Deckflächen und den Pol von Abstandsgewirken

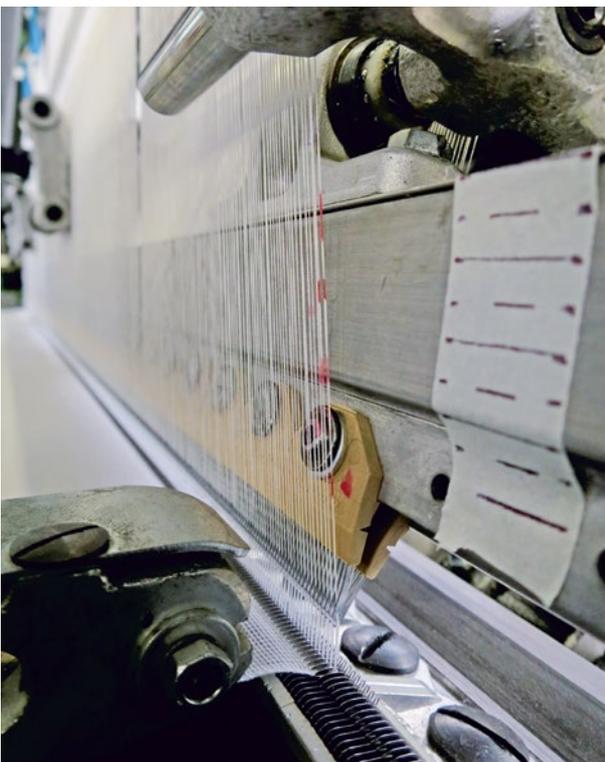


3D-Modelle von thermoelektrischen abstandsgewirkten Paneelen / 3D-models for thermoelectric spacer warp knitted panels

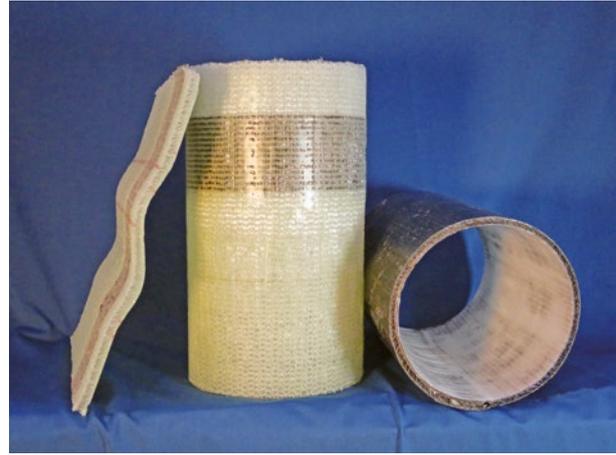


Schnittansicht eines thermoelektrischen abstands-gewirkten Halbzeugs / *Cross section of a thermoelectric warp knitted spacer fabric*

können Thermoelemente abgebildet werden, die eine verschleiß- und wartungsfreie Stromerzeugung aus Abwärme ermöglichen. Die Forschungen bauen auf den am ITM gewonnenen Erkenntnissen aus den Bereichen Abstandsgewirke für Leichtbaupaneele und Smart Textiles auf. Die Entwicklung dieser Thermogeneratoren auf Basis funktionalisierter faserverstärkter Paneele ist eine große Herausforderung. Für die vollständig integrale Herstellung dieser Strukturen auf der Wirkmaschine, für die Erzielung eines hohen Wirkungsgrades und für die wirtschaftlichen Fertigung ist der Einsatz der besonderen Kompetenzen des ITM im Bereich Maschinenbau, Elektrotechnik und Textiltechnologie erforderlich.



Hochleistungskettenwirkautomat / *High-performance warp knitting machine*



Konsolidierte gekrümmte Abstandsgewirke / *Consolidated spatial warp-knitted spacer fabrics*



RR-Raschelmaschine zur Verarbeitung von groben Hochleistungsgarnen / *Double-bar raschel machine for the processing of coarse high-performance yarns*

Technische Ausstattung

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

Ausgewählte Publikationen

Franz, C.: Entwicklung von Abstandsgewirken aus Hochleistungsfaserstoffen für gekrümmte Leichtbaupaneele. Dresden, Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Dissertation, 2020

Dallmann, A.; Franz, C.; Hoffmann, G.; Cherif, Ch.: Development of spacer warp knitted thermoelectric generators. Smart Materials and Structures 30(2021)3, 035034, DOI: 10.1088/1361-665X/abde24

Multiaxial-Kettenwirk- und Robotiktechnologien für Verbundwerkstoffe

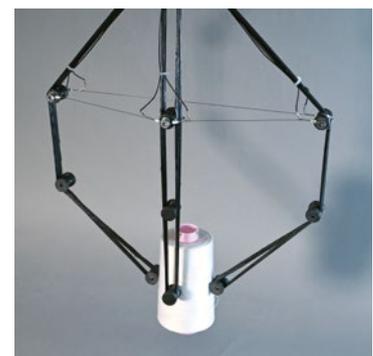
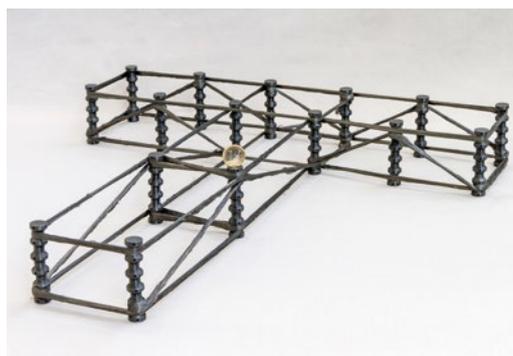
Multiaxial warp knitting and robotic technologies for composite applications

- **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*

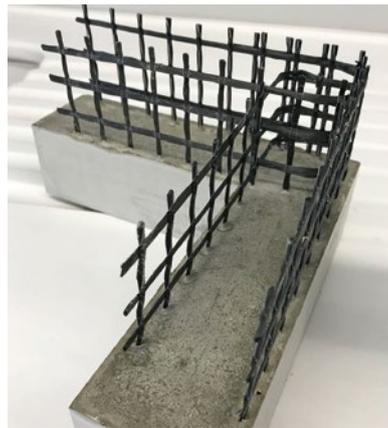
Am ITM erfolgt die Entwicklung und Fertigung geschlossener und gitterartiger textiler Verstärkungsstrukturen auf Multiaxial-Kettenwirkmaschinen sowie auf Basis der Robotik. Diese sind für die Verarbeitung von Hochleistungsfaserstoffen wie Carbon oder Glas bestens ausgerüstet. Hierfür stehen leistungsfähige 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 robotergestützte 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 werden 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 stetig der Weiterentwicklung unterliegende, modulare Maschinenaufbau ermöglicht es zudem, zusätzliche Funktionalitäten in die textilen Strukturen einzubringen wie die anforderungsgerechte Integration von Leitungsbahnen zur elektrischen Kontaktierung oder von Sensorfäden für die Strukturüberwachung (IGF 17784).



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)



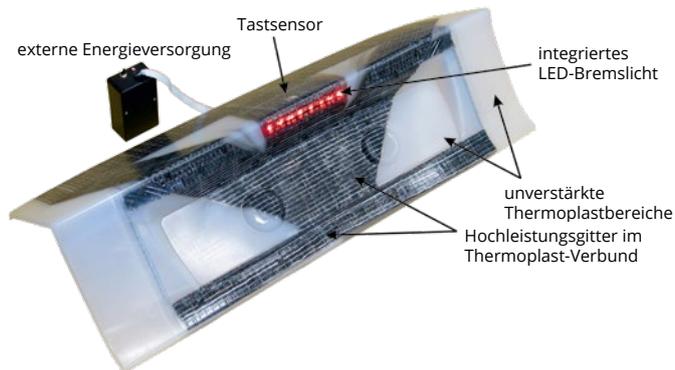
Carbonbetondemonstratoren: Wandmodul (links), Wandecke (Mitte), Amphibienschutzleitwand (rechts) / Carbon concrete demonstrators: Wall module (left), wall corner (middle), amphibian protection baffle (right)



Profiliertes Flechtgarn / profiled braided yarn



Profiliertes Tetraedergarn / profiled tetrahedral yarn



Einbindung von Funktionsfäden beim Wirken (links), PKW-Heckklappe mit textilintegriertem Bremslicht und Tastsensor (Mitte), multifunktionale Bewehrungsstruktur zur Verstärkung und kontinuierlichen Bauwerksüberwachung (rechts) / Integration of functional yarns during the warp knitting (left), Vehicle tailgate with installed LED brake lights and tactile sensor (middle), multifunctional reinforcement structure for continuous building monitoring (right)

Technische Ausstattung

- Biaxial-Nähwirkmaschine (Arbeitsbreite: 1,0 m): Malimo 14022 mit Parallelschuss-eintragssystem
- Multiaxial-Nähwirkmaschinen (Arbeitsbreite: 1,27 m und 2,54 m): Malitronic, Malimo 14024
- 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

- Hahn, L.: Non crimp fabrics for high-tech applications. Vortrag / 1st International Online Textile Week, Hof, July 12-16, 2021
- Eisewicht, P.; Seidel, A.: Innovative Amphibienleiteinrichtungen aus Carbonbeton. In: Proceedings. 13. Carbon- und Textilbetontage 2021, Dresden, 29.-30. September 2021, S. 38-39
- Friese, D.; Hahn, L.; Cherif, Ch.: Biologically inspired load adapted 3D textile reinforcement structures. In: Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 187-188
- Penzel, P.; May, M.; Hahn, L.; Cherif, Ch.; Curbach, M.: Tetrahedral profiled carbon rovings for concrete reinforcement. In: Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 142-143

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

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

- **Durchgängiges simulationsgestütztes Engineering vom CAD-Entwurf zum fertigen Bauteil / Continuous computer aided engineering using simulation tools from CAD design to finished component**
- **Verarbeitung anspruchsvollster Materialien innerhalb des Webprozesses / Processing of difficult-to-process materials on weaving machines**
- **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 weaves and complex 2D and 3D woven structures using different types weaving machines**

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, sodass neue Gewebestrukturen aus unterschiedlichen Hochleistungsfasermaterialien, wie alle Standardgarne, Bändchenmaterialien, Aramid-, Glas-, Carbon-, recycelte Carbon- und Keramikgarne und auch Draht zu komplexen lastangepassten Geweben in Integralbauweisen umsetzbar sind.

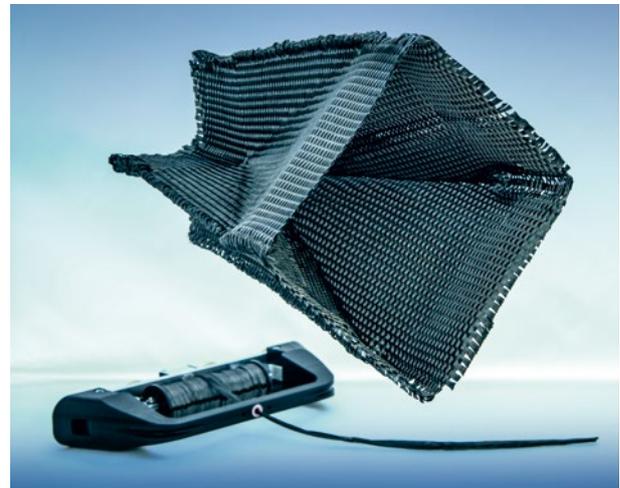


Entwicklung von 3D-Geweben / Development of 3D woven structures

Ein zentraler Punkt liegt in der Entwicklung eines durchgängigen simulationsgestützten Engineerings vom CAD-Entwurf bis zur integral gewebten 2D- und 3D-Preform. Dazu wurde ein besonderes Know-how auf Basis der Software Design Scope 3D-Weave im Bereich der Bindungsentwicklung für räumliche Konstruktionen in komplexer Bauweise erarbeitet. Zu den 3D-Geweben gehören am ITM Mehrlagen-, Falten- und Abstandsgewebe, Profilstrukturen sowie direkt gefertigte sphärisch gekrümmte Gewebe. Mit einem Team aus hoch qualifizierten Wissenschaftler:innen und Techniker:innen sowie der Nutzung unterschiedlichster modernster Webmaschinen und Webmaschinenzubehör können die vielfältig-

sten Herausforderungen der Gewebeentwicklung erfolgreich bearbeitet und komplexe 3D-Net-Shape-Strukturen für zahlreiche technische und medizinische Anwendungen entwickelt werden.

Anhand der Nutzung der Jacquard-Webtechnik in Kombination mit Breitwebmaschinen wurde das Weben von gekrümmten Profilstrukturen entwickelt. Die damit einhergehende Entwicklung einer vollständigen Prozesskette ermöglicht die Zielgeometrie in die entsprechende Gewebestruktur zu überführen.



Dabei werden variable komplexe Krümmungen ermöglicht, die je nach gefordertem Einsatzgebiet entsprechend angepasst werden können.

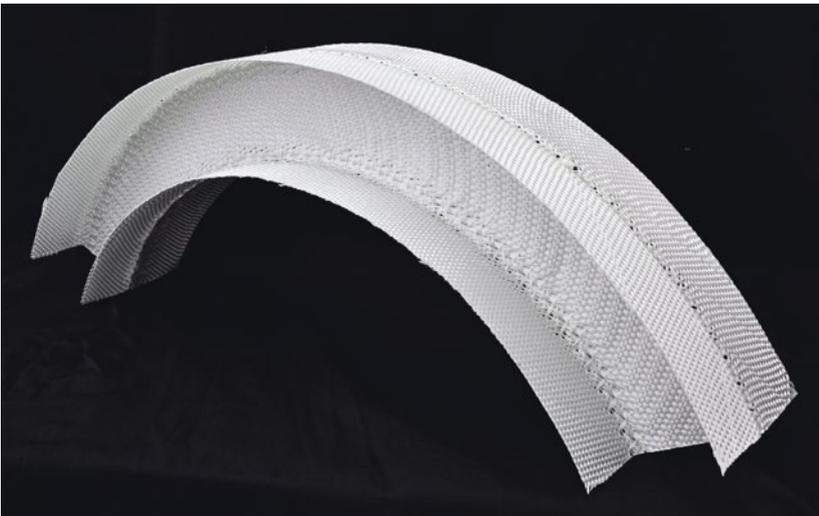
Moderne Jacquard-Spulenschützen-Webtechnik wird für die schadungsfreie Verarbeitung von Carbonschussgarnen und von hochdichten Carbongarnketten konstruktiv/technologisch weiterentwickelt. Komplexe 3D-Gewebe für Faserverbundbauteile (z. B. Rohrknotelemente) und medizinische Implantate (z. B. Stentgrafts, Herzklappen) werden auf Basis einer CAD-Prozesskette entwickelt und ohne Schneiden und Fügen aus Spezialfaserstoffen auf Jacquard-Webmaschinen integral gefertigt.



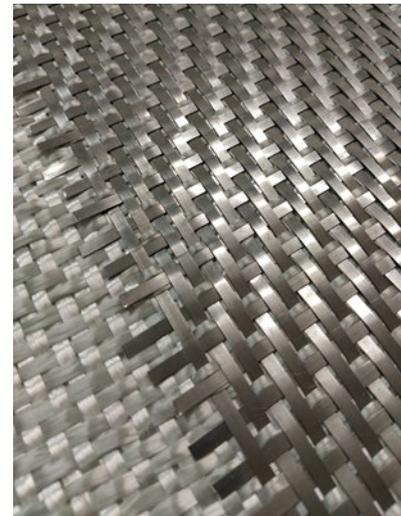
Greiferwebmaschine PTS 4/J (mit entwickeltem Schussfadenrückhaltesystem) (Lindauer DORNIER GmbH) / PTS 4/J rapier weaving machine (with developed weft hold-back system)



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



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



Mit der Entwicklung von Drahtabstandsgeweben und Hybridgeweben aus Draht und Hochleistungsfaserstoffen sowie der konstruktiv/technologischen Entwicklung einer modifizierten Webmaschine wurde eine Basis für völlig neue zelluläre Drahtstrukturen und Hybridmaterialien im Metallleichtbau, für Übergangsstrukturen für den Multimaterialeichtbau und für impaktresistente Faserverbund- und Betonbauteile erarbeitet.

Auch die Prüfung der Gewebe und Auswertung der geometrischen, textilphysikalischen und verbundtechnischen Kennwerte gehört zum Portfolio des ITM und rundet die Möglichkeiten zur Entwicklung gewebter Technischer Textilien exzellent ab. Die Bestätigung für die überragenden Ergebnisse im Bereich der originären Gewebeentwicklung erhielt das ITM durch die Verleihung der Innovation Awards der Fachmessen JEC Paris und Tectextil sowie des AVK-Innovationspreises und dem Bertha Benz-Preis.

Ausgewählte Publikationen

Nuss, D.; Pham, Q.; Hoffmann, G.; Cherif, Ch.: Neue Technologie zur direkten Fertigung sphärisch gekrümmter Gewebe / New technology for direct production of spherically curved fabrics. *Technische Textilien/Technical Textiles* 64(2021)1, S. 14-17, pp. E20-E23

Weise, D.; Seidel, A.; Hoffmann, G.; Hahn, L.; Cherif, Ch.: Gittergewebe für Hochleistungs-Verbundbeton / Scrim for high-performance composite concrete. *Technische Textilien/Technical Textiles* 64(2021)1, S. 18-19, pp. E24-E25

Kern, M.; Pham, M. Q.; Seidel, A.; Hoffmann, G.; Gereke, T.; Hahn, L.; Cherif, Ch.: Simulationsgestützte Entwicklung und Umsetzung gewebter Beton-Armierungen mit hohem Formschluss. *Technische Textilien* 64(2021)4, S. 119-121

Vo, D. M.; Sennewald, C.; Dallmann, A.; Vorhof, M.; Hoffmann, G.; Cherif, Ch.: Textile-based 3D reinforcement structures for cement-based composites subjected to impact loading. In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 158-159*

Stricken – verstärkt, endkontur-, umformgerecht und funktionsintegriert

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

- **Entwicklung und Bewertung neuartiger, flexibler Stricktechnologien / Development and assessment of new and flexible weft knitting technologies**
- **Auslegung und Weiterentwicklung von unikalere Flachstrickmaschinenteknik / Development and construction of unique weft knitting machine technique**
- **F&E gestrickter, funktionaler Textilhalbzeuge für vielfältige technische Anwendungen, insbesondere für die Bereiche Faserkunststoffverbund, Smart Textiles und Medizintextilien / R&D of functionalized knitted semi-finished products for various technical applications especially for textile reinforced composite, smart and medicine textiles**

Zur Realisierung hochfunktionaler, beanspruchungs- und endkonturgerechter textiler Halbzeuge weist die Flachstricktechnik ein sehr hohes Potenzial auf. Am ITM werden deshalb innovative Ansätze zur Bereitstellung anforderungsgerechter Textilhalbzeuge insbesondere für den Einsatz in Faserkunststoffverbundbauteilen für den Leichtbau verfolgt. Forschungsschwerpunkte bilden Entwicklung und Umsetzung von Verfahren zur belastungsgerechten Integration von Verstärkungsfadensystemen in die Maschenstruktur in Form von Mehrlagengestrickten (MLG) sowie die endkontur-, geometrie- und umformgerechte, stricktechnische Fertigung komplexer Bauteilgeometrien – als 2D und 3D-Formgestrick.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt bilden textiltechnologische, maschinelle Weiterentwicklungen der Strickmaschinenteknik zur Umsetzung anforderungsgerechter Gestrickstrukturen für Faserkunststoffverbundbauteile des funktionsintegrierenden Systemleichtbaus. Dabei werden Technologien zur Realisierung endkontur- und geometriegerecht gestrickter Verstärkungshalbzeuge adressiert, die lastpfad- sowie umformgerecht und unter Vermeidung von Materialverschnitt maschinell gefertigt werden, dadurch die Material- und Ressourceneffizienz signifikant steigern können und somit perspektivisch einen volkswirtschaftlichen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten. Gegenstand der Entwicklung sind zudem intelligente Gestrickstrukturen mit implementierten sensorischen und aktorischen Funktionen, die bereits bei der stricktechnischen Flächenbildung integriert werden, z. B. von Handschuhen oder

Jacken. Weiterer Forschungs- und Entwicklungsgegenstände sind dabei u. a.:

- Entwicklung von komplex geformten Smart Textiles mit integral gefertigten textilen Sensoren und energetischen Versorgungslinien (DFG EXC „CeTi“ 2050/1),
- Entwicklung gestrickter 3D-Preformen zur Realisierung aktiv verformbarer 3D-Faserkunststoffverbundbauteile mit mehrachsigen, textilbasierten Festkörpergelenk (IGF 21969 BR),
- Integrale, endkontur- und umformgerechte Schale-Rippen- bzw. Schalen-Profil-Halbzeuge (IGF 20793 BR),
- Entwicklung textiler Patches für ein flexibel einsetzbares Reparaturverfahren zur lokalen In-situ-Instandsetzung von FKV-Bauteilen (IGF 19946 BR, IGF 21985 BR),
- Verfahrensentwicklung zur Realisierung von Gestrickten mit einstellbaren Dehnungs- und Schereigenschaften über die Einbindung von Kettmaschenfäden (IGF 21967 BR),
- Entwicklung intelligenter Funktionsgestricke mit integrierten Sensor- und FES-Netzwerken für Diagnostik- und Therapieanwendungen (ZIM KK5090906SK1) und
- Entwicklung partiell fließfähiger 2D-Textilstrukturen zur direkten Herstellung lasttragender thermoplastischer 3D-FKV-Bauteile mit durchgehender Faserverstärkung zwischen Schale und Rippe (IGF 21372 BR).

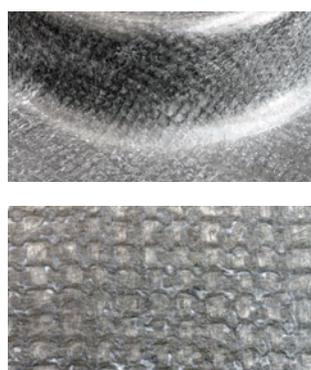
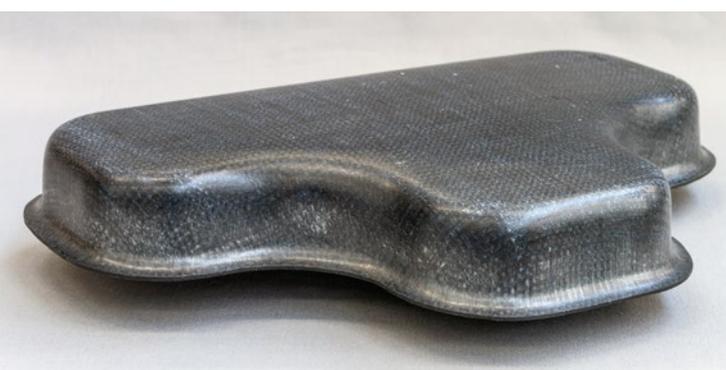


Abb. 1: 3D-r-CFRP Demonstratorbauteil „T-Napf“ mit metallblechähnlichem Umformverhalten der aus rCF-Hybridgarnen hergestellten Mehrlagengestrick-(MLG)-Struktur / 3D r-CFRP demonstrator part „T-cup“ with sheet-like forming behaviour of multilayer knitted (MLG) structure made of rCF hybrid yarns



Abb. 2: Biaxial verstärkte MLG-Schlauchstrukturen mit variablem Durchmesser / *Biaxial-reinforced tubular weft-knitted fabrics with variable diameter in longitudinal direction*

Im abgeschlossenen internationalen IGF-CORNET-Forschungsprojekt 265-EBR wurde eine Prozesskette für die Auflösung von End-of-Life-CFK-Bauteilen und die Überführung der recycelten Kohlenstofffasern (CF) zu wiederverwendbaren CFK-Thermoplastbauteilen entwickelt. Die in dem vom japanischen Kooperationspartner entwickelten Solvolysverfahren wiedergewonnenen, recycelten Kohlenstofffasern (rCF) wurden am ITM mit Polyamid-Fasern zu endlosen Hybridgarnen weiterverarbeitet. Die rCF-Hybridgarne wurden in Kette und Schuss zu zweilagigen, biaxialverstärkten (0°/90°) Textilstrukturen weiterverarbeitet. Die hergestellten rCF-Gestrickstrukturen wurden textilphysikalisch sowie drapier-technisch untersucht. Das Umformverhalten ähnelt dem von Blechbauteilen und ermöglicht eine schnelle effiziente Herstellung von recyclingfaserverstärkten Thermoplastbauteilen, was anhand eines rCFK-Demonstrators als tiefgezogener T-förmiger Napf (Abb. 1) und damit für Anwendungen mit hoher wirtschaftlicher Relevanz gezeigt werden konnte, z. B. den Automobilbereich.

Im abgeschlossenen IGF-Projekt 20493 BR wurden innovative, modulare Einrichtungen für Flachstrickmaschinen zum Halbmaschentransfer auf einem Nadelbett sowie zum anforderungsgerechten Kettfadenversatz zur direkten Herstellung biaxialverstärkter Schlauchstrukturen mit in Bauteillängsrichtung gezielt einstellbaren Durchmessern (Abb. 2) erfolgreich entwickelt und umgesetzt. Dadurch ist während des Strickprozesses eine kontinuierliche Variation der Gestrickbreite bzw. des Durchmessers mit lastpfadgerechter Orientierung und ohne Unterbrechung der Verstärkungsfäden realisierbar. Die materialeffiziente Herstellung der Textilhalbzeuge in Integralbauweise und mit reproduzierbarer Qualität erlaubt schließlich einen serienfähigen und gegenüber konfektionierten Preformen schnelleren Preformaufbau und somit eine kostengünstige Herstellung hochbelastbarer FKV-Rohre mit komplexer Geometrie.

Im abgeschlossenen IGF-Projekt 20322 BR wurde am ITM ein neuartiges Formgedächtnisgarn (FG-Garn) als Kernmantel-Struktur entwickelt, schmelzspinn-technisch hergestellt und damit adaptive Gestrickstrukturen mit thermisch einstellbarer Kompressionswirkung erfolgreich umgesetzt. Die dabei entwickelte Polymermischung aus Polyurethan und



Abb. 3: Exemplarischer Wadenstrumpf aus Gestrick mit Formgedächtniseffekt / *Exemplary knitted calf sock with shape memory effect*

Polycaprolacton senkt die Schalttemperatur des FG-Garns bis in den Bereich der Hauttemperatur und reagiert bei einem Wärmeeintrag mit einer Rückdehnung, die als Rückstellkraft von bis zu 0,24 cN/tex messbar ist. Die innovativen FG-Garne wurden mit der Flachstricktechnik als adaptiver Kompressionswadenstrumpf mit thermisch-induzierter, nachstellender Kompressionswirkung (Abb. 3) exemplarisch umgesetzt. Durch Wärmeeintrag konnte eine Dimensionsänderung der Gestrickstruktur von 15-26 % in Quer- bzw. Umfangsrichtung nachgewiesen werden. In exemplarischen Tragetests am ITM konnte zudem eine nachweisliche Verbesserung der Anziehbarkeit im Vergleich zu klassischen Kompressionsstrümpfen gezeigt werden.

Technische Ausstattung

- Flachstrickmaschinen: Shima Seiki – SWG09, Steiger – aries 3D Technology, Steiger – aries 3D, Steiger – aries.3, Stoll – ADF 530-32BW k&w
- Großrundstrickmaschinen: Mayer & Cie IV 2.0

Ausgewählte Publikationen

Rabe, D.; Böhnke, P. R. C.; Kruppke, I.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.: *Novel repair procedure for CFRP components instead of EOL. Materials* 14(2021)11, DOI: 10.3390/ma14112711

Rabe, D.; Böhnke, P.; Huynh, T. A. M.; Kruppke, I.; Gereke, T.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.: *Reparieren statt austauschen. Kunststoffe* 111(2021)7, S. 67-69

Rabe, D.; Böhnke, P.; Huynh, T. A. M.; Kruppke, I.; Gereke, T.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.: *Repairing instead of replacing. Kunststoffe international* (2021)6, pp. 34-35

Bollengier, Q.; Pham, M. Q.; Häntzsche, E.; Gereke, T.; Nocke, A.; Cherif, Ch.: *Bionic rib-stiffened preforms with complexly arranged stiffeners and integrated in-situ sensors for light-weight design applications (Poster P17). In: Proceedings. Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2021, Online (Stuttgart), 09.-10. November 2021, S. 158*

Rabe, D.; Hasan, M. M. B.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.; Murakami, Y.; Bao, L.; Kajiwara, K.: *From grave to cradle – subsequent recycling of EOL-components by weft knitted fabrics made of solvolytic reprocessed CF hybrid yarn. In: Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 193-194*

Wieczorek, F.; Winger, H.; Böhnke, P.; Häntzsche, E.; Nocke, A.; Kruppke, I.; Cherif, Ch.: *Novel knitting visions – modern ways for integral knitting of intelligent gloves for tactile internet applications. In: Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 154-155*

Bollengier, Q.; Cherif, Ch.; Häntzsche, E.; Pham, M. Q.: *Bionische 3D-Schale-Rippen-Preformen mit komplex angeordneten Versteifungselementen für Leichtbauanwendungen. Vortrag / Expert*innen-Tage Verbundwerkstoffe 2021, Online, 29.-30. Juni 2021*

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 neuester Generation** / *Chemical/physical characterization of various materials using analytical instruments latest generation*
- **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 Chemiker:innen, Chemie- und Textilingenieur:innen sowie technischen Assistent:innen 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 Carbon,

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. 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 Wissenschaftler:innen eine umfangreiche Instrumentelle Analytik zur Verfügung (siehe Kompetenz Analytik S. 76), zu deren Durchführung in der FG TCA sehr kompetentes, erfahrenes Personal bereitsteht. Darüber hinaus bestehen zahlreiche Kooperationen mit institutsinternen und -externen, präparativ und analytisch arbeitenden Wissenschaftler:innen.



Naturfarbstoffe v. l. Wau-Color, Fustic-Color, Quebra-Color und Coche-Color / *Natural dye f. l. Wau-Color, Fustic-Color, Quebra-Color und Coche-Color*



Farbstofflotten von Naturfarbstoffen / Dye liquor of natural dyes

Technische Ausstattung

- Multifunktionelle Beschichtungsanlage, Coa-tema 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

Kruppke, I.: *Functionalized carbon fibers with adjustable properties – potential and challenges*. Vortrag / 1st International Dornbirn GFC-ASIA, Online, March 23-24, 2021

Rabe, D.; Böhnke, P.; Huynh, T. A. M.; Kruppke, I.; Gereke, T.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.: *Repairing instead of replacing*. *Kunststoffe international* (2021)6, pp. 34-35



Plasmafackel für Oberflächenaktivierung und Beschichtung mit Abwickleinheit für garnförmige Proben und auch entsprechende Steuerung für flächige Behandlungen / Plasma jet for the activation of surface and sizing with winder for yarn-shaped samples and control for two-dimensional treatment

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 Nähtechnologien /** *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*

Das Ultraschallschweißen ist ein sicheres, universelles und weit verbreitetes thermisches Fügeverfahren zur kontinuierlichen Verarbeitung von Technischen Textilien. Das Ziel des 2021 abgeschlossenen IGF-Projektes 20555 BR war es, ein prozessintegriertes Inline-Verfahren zur kontinuierlichen Ultraschallprüfung zu entwickeln, das die Inspektion und Bewertung geschweißter Fügeverbindungen aus textilbasierten Materialien in Echtzeit, vorzugsweise am Beispiel des kontinuierlichen Ultraschallschweißverfahrens ermöglicht. Anhand von Nahtproben mit künstlichen und realen Schweißnahtfehlern wurden systematische Versuche mit luftgekoppeltem Ultraschall (US) unter Variation der Messparameter, z. B. Fokusslänge, Prüffrequenz der Prüfköpfe, durchgeführt. Zur besseren Detektion der Unregelmäßigkeiten im US-Scan wurden Modellierungen zur Ausbreitung des Ultraschalls in der Schweißnaht durchgeführt und Auswertungsalgorithmen zur

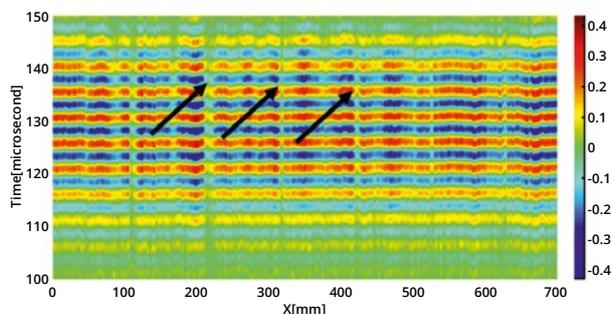


Abb. 1: Ultraschall-Scan einer Schweißnaht mit „künstlichen“ Fehlern (laterale Größe 3 mm, Abstand 15 cm) bei Inline-Messung 2 m/min / *US scan of a weld seam with "artificial" failors (lateral size 3 mm, distance 15 cm) at inline measurement 2 m/min; © IKTS/ITM*

Interpretation der US-Scans entwickelt. Derzeit sind Fehler bis zu einer lateralen Größe von 3 mm signifikant detektierbar (Abb. 1). Final wurde ein Konzept zur Inline-Integration der zerstörungsfreien US-Prüftechnik der Schweißnähte in den kontinuierlichen Ultraschallschweißprozess entwickelt und bei einer Prozessgeschwindigkeit von 2 m/min getestet (Abb. 2). Zur Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit sind weitere Anpassungen der US-Prüfköpfe nötig.

Das Nähen ist ein klassisches Fügeverfahren für Technische Textilien, z. B. textiler Preforms. Das mechanische Verhalten des Textilmaterials im Nahtbereich hat Einfluss auf die finalen Eigenschaften der Fügeverbindung. Um zukünftig die Performance genähter Fügeverbindungen bereits während der Entwicklungsphase voraussagen zu können, werden derzeit bereits bestehende Algorithmen und Softwareumgebungen für die

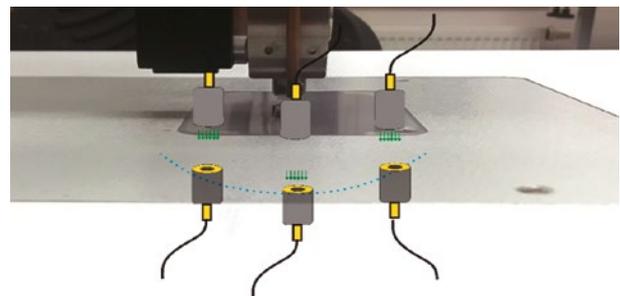


Abb. 2: Konzept zur Inline-Integration der zerstörungsfreien US-Prüfung der Schweißnähte in den US-Schweißprozess / *Concept for inline integration of US non-destructive testing of welds into the US welding process*

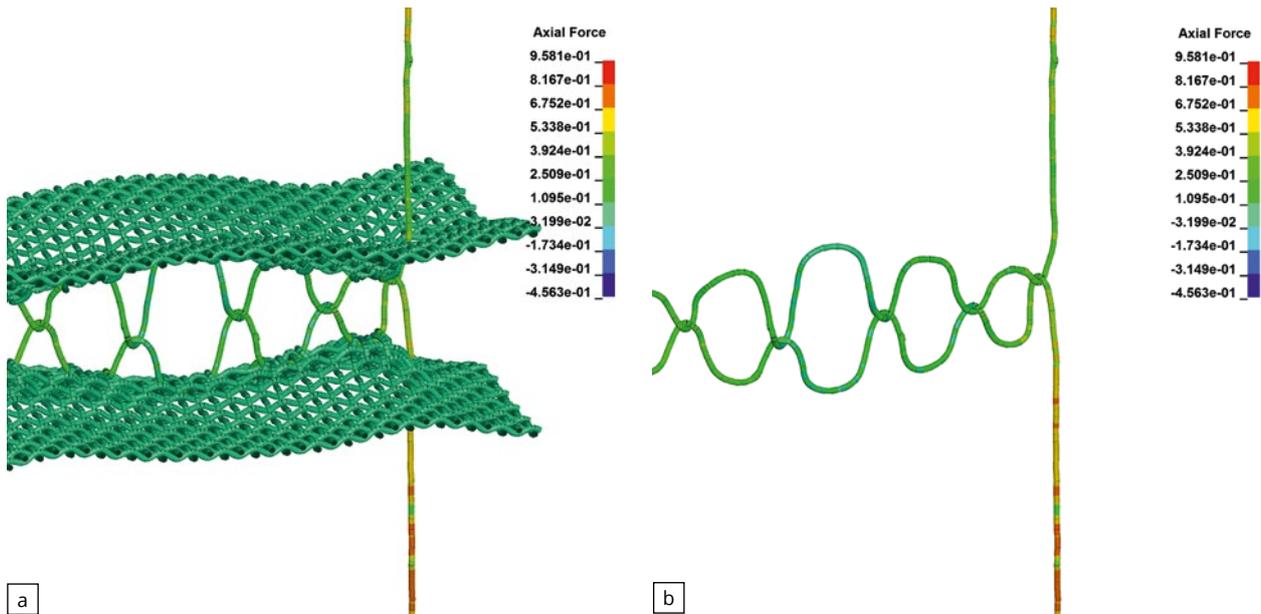


Abb. 3: Vollständig verformte Struktur (a) und lokale Axialkraftverteilung zwischen den Fügeteilen (b) während der FEM-Simulation / Complete deformed structure (a) and local axial force distribution at the interlacement place (b) during the FEM simulation

Modellierung textiler Flächenstrukturen (Gewirke, Gestricke und Gewebe) mit Algorithmen für die Durchführung des virtuellen Nähprozess erweitert.

Um die Simulationszeit zu verkürzen und sich auf die Untersuchung des Stichaufbaus zu konzentrieren, werden fünf vorhergehende Stiche modelliert, wobei der Vorteil einer symmetrischen Darstellung genutzt wird, um dieses Startproblem zu vermeiden. Erste Schritte zur Optimierung der Nahtfestigkeit, der Biegesteifigkeit von Nähten oder des Nahtschiebeverhaltens wurden erfolgreich realisiert. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Spannungsausbreitung mit der deformierten Struktur des Fügeguts (a) und die Visu-

alisierung des oberen und unteren Nähfadens (b). Diese Vorversuche stehen in enger Korrelation mit den analytisch berechneten Werten – mit jedem Stich nimmt die Fadenspannung durch Reibung ab. Die generierten virtuellen Strukturen mit Nahtverbindungen können später z. B. zur numerischen Simulation mechanischer Beanspruchungen oder strömungstechnischer Problemstellungen in geeigneten Schnittstellenformaten exportiert werden.

Technische Ausstattung

- Umfangreiche und vielseitige Ausstattung an kommerzieller Nähtechnik, insbesondere für Technische Textilien
- Roboter- und CNC-geführte Nähtechnik, insbesondere für die Montage von Verstärkungstextilien
- 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 Fügstellensimulation

Ausgewählte Publikationen

Hussen, M. S.; Kyosev, Y.; Pietsch, K.; Rothe, S.; Kabish, A. K.: Effect of ultrasonic welding process parameters on seam strength of PVC-coated hybrid textiles for weather protection. *Journal of Industrial Textiles* (2021), DOI: 10.1177/15280837211057579

Kyosev, Y.; Kühn, T.: Joining high thickness materials by sewing – first modeling steps of the stitched place. In: *Proceedings. 9th World Conference on 3D Fabrics and Their Applications, Online (Zhengzhou, China), April 08-09. 2021*

Reich, A.; Herrmann, H.; Karam, A. R.; Kyosev, Y.; Münks, D.: Combination of auxetic structures and textiles through 3D printing: approach and difficulties. In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 35-36*

Pietsch, K.; Orlik, J.; Sivak, O.; Neusius, D.; Kyosev, Y.; Steiner, K.: Simulation based study, how seam design and prestrain the structural properties of spacer fabrics influence. In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 361-362*

Pietsch, K.; Reich, A.: Möglichkeiten zur Herstellung von flexiblen textilen Thermokörpern mittels US-Schweißen. In: *Proceedings. DVS CONGRESS 2021 - Große Schweißtechn. Tagung, Online, 14.-17. September 2021, S. 397-402*

Reich, A.; Kyosev, Y.: Numerical optimization of the seam allowances and strength during ultrasonic welding of textiles. In: *Proceedings. XVth International Izmir Textile & Apparel Symposium IITAS 2021, Online (Izmir, Turkey), October 26-27, 2021, pp. 22-28*

Intelligente Textilstrukturen für Elastomerbauteile

Smart textile reinforcement of rubber components

- **Anforderungsgerechte Einstellung mechanischer und thermischer Eigenschaften hochbelasteter Elastomerbauteile durch Integration maßgeschneiderter textiler Verstärkungsstrukturen aus Hochleistungsfaserstoffen** / *Customized adjustment of mechanical and thermal strength for heavy-duty rubber components by integration of textile structures made of high performance fiber materials*
- **Simulationsgestützte Auslegung, Umsetzung und Erprobung adaptiver Faser-Elastomerverbunde zur Umsetzung von komplexen Bewegungs- und Verformungsmechanismen** / *Simulation-based design, fabrication and testing of adaptive fiber rubber composites for the realization of complex motion and deformation sequences*
- **Grenzschichtdesign auf Basis anforderungsgerechter Beschichtung der textilen Strukturen für eine bestmögliche Faseranbindung an die Elastomermatrix** / *Boundary layer design by customized coating of textile structures in order to achieve a good fiber adhesion towards the rubber matrix*
- **Definierte Einstellung der Wärmeleitfähigkeit von Elastomerbauteilen durch Integration wärmeleitender textiler 3D-Strukturen aus Draht bzw. Kohlenstoff** / *Adjustment of the thermal conductivity of rubber components by integration of thermal conductive 3D textile structures made from metal wires or carbon*
- **Erprobung der Elastomerbauteile unter praxisnahen Anwendungsbedingungen** / *Testing of the rubber components under practice-oriented conditions*

Textilverstärkte Elastomerbauteile kommen verstärkt im Maschinen-, Anlagen- und Fahrzeugbau zur Anwendung. Reine Elastomerbauteile haben jedoch meist Gebrauchseinschränkungen, z. B. aufgrund der niedrigen Wärmeleitfähigkeit in Verbindung mit einer starken Eigenerwärmung oder aufgrund von Versprödungen bei mechanischer Wechsel- bzw.

auf Basis von textilen Aktoren oder Sensoren. Durch die gezielte Integration von Zusatzfunktionen bereits bei der Flächenbildung in die textile Verstärkungsstruktur können z. B. zusätzliche externe aktorisch-motorische Komponenten zur Erzeugung von Bewegungsabläufen durch Verformung sowie Sensoren zur Erfassung des Bauteil deformationszustands ein-



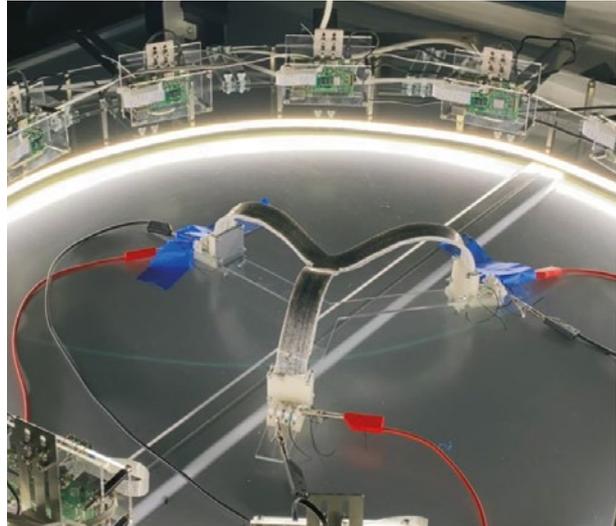
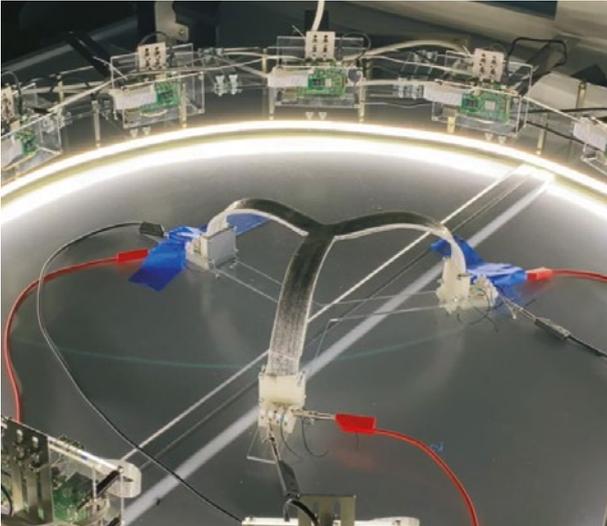
Vom funktionalisierten Textil zum adaptiven Elastomerverbund / *From functionalized textile to adaptive elastomer composites*

Dauerbelastung. Entscheidend für die Bauteilauslegung ist daher eine optimale Einstellung der Materialeigenschaften von Elastomeren, die über eine hohe Dehnbarkeit und ein gutes Dämpfungsvermögen verfügen sowie deren Kombination mit lastaufnehmenden textilen Festigkeits- und Steifigkeitsträgern z. B. aus Polyester, PPS oder Aramidfasern, um anforderungsgerechte Elastomerverbundbauteile herstellen zu können.

Wesentlicher Forschungsschwerpunkt im Bereich der Textil-Elastomer-Verbunde ist die Funktionalisierung von Elastomerbauteilen durch Integration interaktiver textiler Verstärkungsstrukturen, z. B.

gespart werden. Dazu werden gezielt textilbasierte Aktor- und Sensornetzwerke in die Verbunde integriert. Weiterhin ist es möglich, Elastomere durch Integration von Magnetpartikeln zu funktionalisieren und somit die Materialsteifigkeit elektromagnetisch zu modulieren. Diese Einstellbarkeit ist insbesondere bei Einsatz derartiger Elastomerbauteile als Schwingungsdämpfer von hoher praktischer Relevanz.

Weitere Forschungsaktivitäten in enger Zusammenarbeit mit der Industrie verfolgen das Ziel, durch die Integration von lastgerechten, anforderungsgerecht oberflächenmodifizierten Hochleistungsfaserstoffen

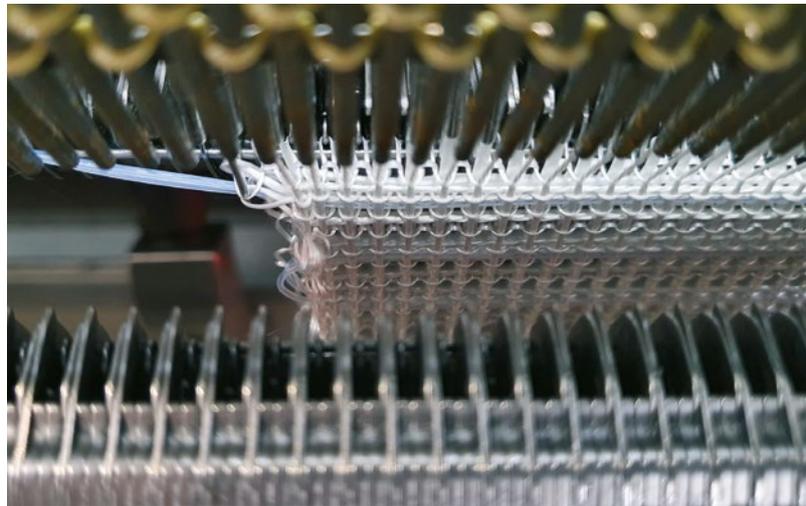


Faser-Elastomer-Verbund mit integrierter textilbasierter Aktorik zur Umsetzung von komplexen Bewegungsmechanismen / Fiber rubber composite with integrated textile based actuators for realization of complexe motion sequences

in Elastomerbauteile deren Lebensdauer und Leistungsfähigkeit signifikant zu verbessern. Über eine gezielte Einstellung der Paramater bei der Oberflächenmodifizierung der Faserstoffe sowie durch den Einsatz innovativer Verfahren, wie der Plasmaaktivierung oder der Oxifluorierung, können Verfahrensschritte der konventionellen Gesamtprozesskette eingespart und damit ökologische sowie ökonomische Vorteile erreicht werden.

Zusätzlich wurde gezeigt, dass die Betriebstemperaturen bei hoher mechanischer Wechselbelastung von Elastomerbauteilen durch die Integration wärmeleitfähiger textiler Strukturen deutlich gesenkt und damit die Bauteillebensdauer erheblich erhöht werden kann. In laufenden Untersuchungen werden dafür anforderungsgerechte Abstandsgestricke aus Metalldraht umgesetzt, die durch ihren speziellen Aufbau eine Wärmeleitfähigkeit in Dickenrichtung generieren und somit die Wärmeableitung aus Elastomerbauteilen maßgeblich verbessern. Diese 3D-Gestricke weisen zudem eine hohe Druckstabilität auf, sodass sie ohne Reduzierung der mechanischen oder thermischen Eigenschaften bei dem durch hohe Drücke geprägten Vulkanisationsprozess in die Elastomermatrix integriert werden können.

Parallel zu den genannten Entwicklungen im Bereich der faserverstärkten Elastomere erfolgen auch umfassende Charakterisierungen der Materialien in den verschiedenen Verarbeitungsstufen, um neben der Identifizierung der jeweils erreichbaren Eigenschaftsmodifikationen auch eine valide Datenbasis zur umfassenden simulationsgestützten Beschreibung des Deformationsverhaltens derartiger Strukturen zu schaffen.



Stricktechnische Integration eines textilbasierten Aktors in eine textile Verstärkungsstruktur / Knitted integration of a textilbased actuator in a textile reinforcement structure

Ausgewählte Publikationen

Probst, H.; Katzer, K.; Nocke, A.; Hickmann, R.; Zimmermann, M.; Cherif, Ch.: Melt spinning of highly stretchable, electrically conductive filament yarns. *Polymers* 13(2021)4, 590, DOI: 10.3390/polym13040590

Woodworth, L. A.; Lohse, F.; Kopelmann, F.; Cherif, Ch.; Kaliske, M.: Development of a constitutive model considering functional fatigue and pre-stretch in shape memory alloy wires. *International Journal of Solids and Structures* (2021)234-235, 111242, DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2021.111242

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

Lohse, F.; Wende, C.; Klass, K. D.; Hickmann, R.; Häntzsche, E.; Bollengier, Q.; Ashir, M.; Pöschel, R.; Bolk, N.; Trümper, W.; Cherif, Ch.: Bio-inspired semi-flexible joint based on fibre-reinforced composites with shape memory alloys. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 32(2021)4, DOI: 1045389X20959460, pp. 462-472

Entwicklung fadenförmiger Sensor- und Aktorsysteme

Development of fiber-based sensor and actuator systems

- **Entwicklung fadenförmiger textil- und verbundwerkstoffkompatibler Sensoren und Aktoren / Tailored fiber-based textile- and composite compatible sensors and actuators**
- **Elektromechanische Modellierung fadenförmiger Sensorsysteme / Electro-mechanical modeling of fiber-based sensor systems**
- **Einstellung des Übertragungsverhaltens von Sensorgarnen durch Materialmodifikation oder textile Weiterverarbeitung / Adjustment of the sensor yarns' properties by material modification or textile processing**

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

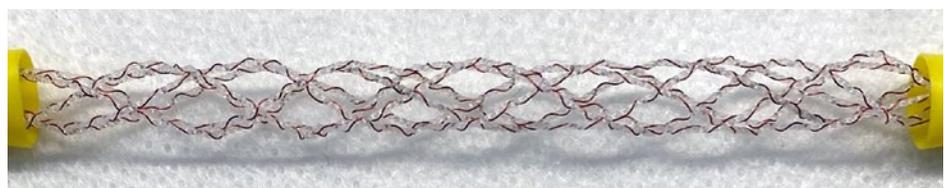
für eine Vielzahl großtechnisch relevanter Einsatzgebiete hochinnovative Alternativen zu konventionellen elektronischen Bauelementen mit vergleichbarer Funktionalität dar.

Auf dem Gebiet der Entwicklung fadenförmiger textilkompatibler Sensoren und Aktoren bestehen am ITM umfangreiche Kompetenzen in den Bereichen theoretisch physikalischer Modellierung und Konzeptionierung, textiltechnologischer Umsetzung sowie Charakterisierung der funktionalen teils mehrschichtigen Filamentgarne. Hierbei werden mittels angepasster Fertigungsverfahren, wie der Flecht-, der Bikomponentenspinn- oder der nasschemischen sowie galvanischen Beschichtungstechnik, sowohl die anforde-

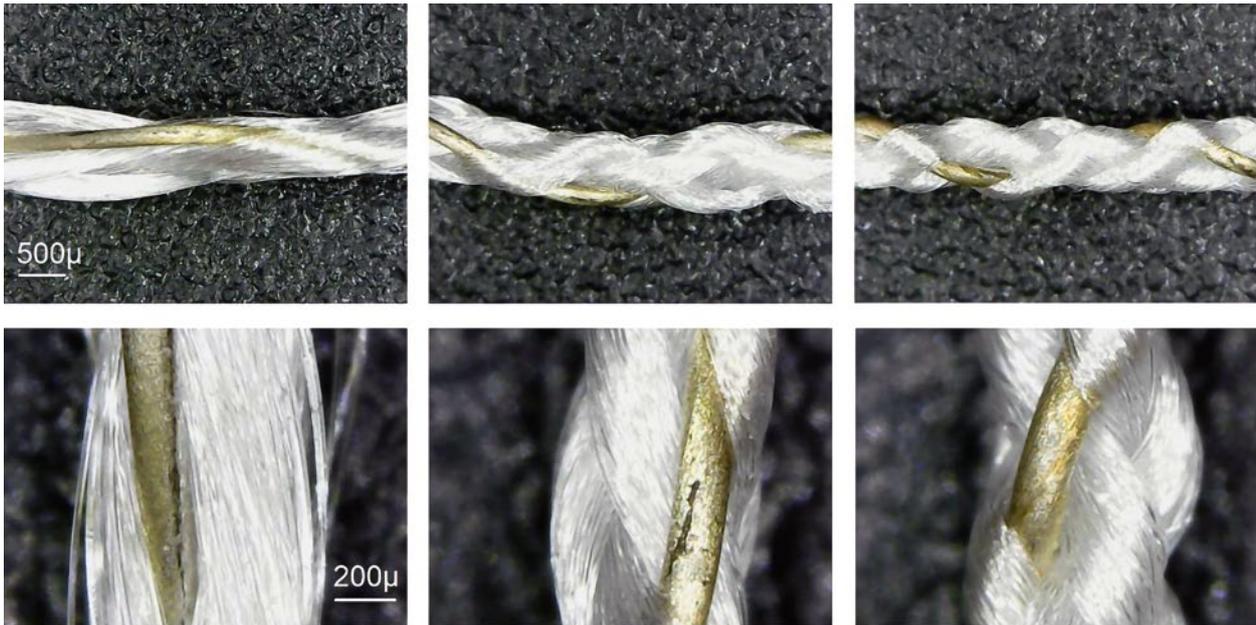
rungsspezifische Wandlercharakteristik als auch die Haftungseigenschaften als Grenzschicht zum umgebenden (Matrix-)Material, definiert eingestellt. Mit den am ITM entwickelten textilen Sensoren können hierbei sowohl spezifische physikalische Parameter wie Dehnung, Temperatur oder Feuchte für Anwendungen im Bereich der Strukturüberwachung als auch komplexere physiologische Parameter wie der Lactatgehalt für bspw. sportmedizinische Anwendungsgebiete detektiert werden. Die anwendungsspezifisch entwickelten textilen Aktoren sind in der Lage, sowohl hohe Kräfte zu übertragen (FGL-basierte oder hochverdrehte entropieelastische Aktoren) als auch kurze Reaktionszeiten zu ermöglichen (Dielektrische Elastomeraktoren).



Schliffbild eines kapazitiven Sensorgeflechts mit vier garnförmigen Elektroden / Microscopic cross-section of a capacitive sensor braid with four conductive yarn electrodes



Aufnahme eines hochverdrehten, verzwirnten thermisch aktivierbaren Monofilaments und aus mehreren dieser Zwirne geflochtener Aktor / Highly twisted, plied and wound thermally active monofilament and a shape memory wire with a braided sheath of polyamide and copper for temperature control during activation



Erhöhung der Dehnbarkeit und Einstellung des Sensorverhaltens über flechttechnische Einarbeitung von leitfähigen Garnen / Increase in stretchability and adjustment of sensor behavior via braiding of conductive yarns



Geflochtener amperometrischer Laktatsensor mit Schutzhülle und Kontaktierung / Braided amperometric lactate sensor with protective sheath and contacting

Technische Ausstattung

- Diverse Flecht-, Spinn-, Beschichtungs- und Zwirnmaschinenteknik
- Präzisionsmesstechnik zur Aufzeichnung von resistiven, amperometrischen, kapazitiven und impedimetrischen Messwerten

Ausgewählte Publikationen

- Grellmann, H.; Bruns, M.; Lohse, F.; Kruppke, I.; Nocke, A.; Cherif, Ch.: Development of an elastic, electrically conductive coating for TPU filaments. *Materials* 14(2021)23, 7158, DOI: 10.3390/ma14237158
- Grellmann, H.; Lohse, F.; Kamble, V.; Winger, H.; Nocke, A.; Hickmann, R.; Wießner, S.; Cherif, Ch.: Fundamentals and working mechanisms of artificial muscles with textile application in the loop (review). *Smart Materials and Structures* 31(2022)023001, DOI: 10.1088/1361-665X/ac3d9d
- Probst, H.: Development of filamentous actuators and sensors based on DEA. Vortrag / International Colloquium on Interactive Fiber Rubber Composites 2021, Online (Dresden), September 28-29, 2021
- Mersch, J.; Koenigsdorff, M.; Nocke, A.; Cherif, Ch.; Gerlach, G.: High-speed, helical and self-coiled dielectric polymer actuator. *Actuators* 10(2021)1, DOI: 10.3390/act10010015
- Mersch, J.; Gomez Cuaran, C. A.; Vasilev, A.; Nocke, A.; Cherif, Ch.; Gerlach, G.: Stretchable and compliant textile strain sensors. *IEEE Sensors* 21(2021)22, DOI: 10.1109/JSEN.2021.3115973, pp. 25632 - 25640
- Mersch, J.; Probst, H.; Nocke, A.; Cherif, Ch.; Gerlach, G.: Non-monotonic sensor behavior of carbon particle-filled textile strain sensors. *Engineering Proceedings* 6(2021), DOI: 10.3390/I3S2021Dresden-10140 (online)

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 anwendungsnahen Forschung. Mit den breit gefächerten Anlagentechniken und Prüflaboren steht insbesondere der Transfer von der Forschung in marktreife Produkte im Fokus der Entwicklungsarbeiten.

Ein aktueller Forschungsschwerpunkt ist die Entwicklung **faserbasierter Muskeln auf Basis von flüssigkristallinen Elastomerfasern (LCEF)** zur Wiederherstellung der Muskelfunktionen nach der Amputation der Gliedmaßen. Die etablierten elektrischen Prothesen hierzu sind hinsichtlich ihrer Freiheitsgrade limitiert und tragen durch mangelnde kosmetische Eigenschaften zur Stigmatisierung der Patienten bei. Daher sollen im Rahmen eines IGF-Forschungsprojekts (21970 BR) faserbasierte Muskeln für den extrakorporalen Einsatz auf Basis von LCE entwickelt werden, die durch elektrothermische Stimuli eine definierte Kontraktion und Relaxation

vornehmen. Funktionsmechanismen der nativen Muskeln sollen in textiler Form nachgeahmt werden, um den Verlust körpereigenen Muskelgewebes abmildern bzw. ausgleichen zu können. Im Vergleich zu momentan in Prothesen eingesetzten Elektromotoren zeichnen sich die flüssigkristallbasierten Muskeln durch hohe massebezogene Leistungen und ein natürliches Erscheinungsbild aus. Sie helfen so bestehende Systeme durch Gewichtseinsparungen sowie größere konstruktive Flexibilität signifikant zu verbessern und der Stigmatisierung von Patienten durch verbesserte optische Eigenschaften und biomimetische Bewegungsabläufe sowie den Wegfall mechanischer Geräusche entgegenzuwirken. Neben der medizinischen Anwendung kann die völlig neue Materialklasse der LCEF u. a. Nutzen in der Softrobotik, Sporttextilien und Automobilindustrie finden.

Der Fokus der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen liegt zudem auf der **Entwicklung modularer Trägersysteme zur selektiven Thermoablation und Immuntherapie von Tumoren und Metastasen**. Krebserkrankungen stellen die zweithäufigste Todesursache in Deutschland dar. In den allermeisten Fällen werden bei den Krebserkrankungen die primären soliden Tumore erst spät diag-



Prinzip der flüssigkristallinen Elastomerfasern als Muskeln / *Principle of the liquid-crystalline elastomer fibers as muscles*

nostiziert und können bei guter Zugänglichkeit operativ entfernt werden. Es ist jedoch trotz modernster Bildgebungsverfahren nicht möglich, kleine Metastasen zu erkennen. Deshalb wird am ITM in einem von der Forschungsvereinigung DECHEMA geförderten interdisziplinären IGF-Forschungsvorhaben (21905 BG) gemeinsam mit dem Nationalen Zentrum für Tumorerkrankung am DKFZ Standort Dresden das Basiswissen für die Entwicklung eines Produktes für eine neuartige Immuntherapie erarbeitet. Hierfür wird ein biokompatibles und modulares Trägersystem benötigt, um selektiv eine kombinierte Thermoablation und Immuninduktion in Tumorzellen bzw. Metastasen zu erreichen. Konzeptionell soll die Thermoablation zur Zerstörung der Tumorzelle

mit Freisetzung von Tumor-Antigenen führen, während die simultane Wirkung eines Gefahrensignals in einer Freisetzung von Entzündungsmediatoren und der Aktivierung des Immunsystems gegen Tumor-Antigene resultiert. Insgesamt hat das zu entwickelnde multifunktionale Trägersystem das Potenzial, eine effektive und kostengünstige gezielte nebenwirkungsfreie Immuntherapie von Metastasen zu ermöglichen.

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)
- Elektrosinn-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.; Chen, Z.; Zeidler-Rentzsch, I.; Bornitz, M.; Cherif, Ch.; Neudert, M.; Aibibu, D.: *Electrospun, biomimetic tympanic membrane implants with tunable mechanical and oscillatory properties for myringoplasty*. In: *Proceedings. 31st Conference of the European Society for Biomaterials (ESB2021) & 43rd Annual Congress of the Iberian Society of Biomechanics and Biomaterials (SIBB), Online (Porto, Portugal), September 05-09, 2021*

Wöltje, M.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: *Chemical functionalization of native silk fibres for biomedical applications*. In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 173-174*

Wöltje, M.; Kölbl, A.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: *A fast and reliable process to fabricate regenerated silk fibroin solution from degummed silk in 4 hours*. *International Journal of Molecular Sciences* 22(2021)19, 10565, DOI: 10.3390/ijms221910565

Tonndorf, R.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: *Isotropic and anisotropic scaffolds for tissue engineering: Collagen, conventional, and textile fabrication technologies and properties (review)*. *International Journal of Molecular Sciences* 22(2021)17, 9561, DOI: 10.3390/ijms22179561

Tonndorf, R.; Lindner, M.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: *Collagen yarns for the fabrication of biomimetic collagen fiber scaffolds for tissue engineering and regenerative medicine*. Vortrag / 7th Freiberg Collagen Symposium, Online (Freiberg), 29. - 30. September 2021

Simulationsgestützte Entwicklung textiler Strukturen und Prozessketten für Hochleistungswerkstoffe

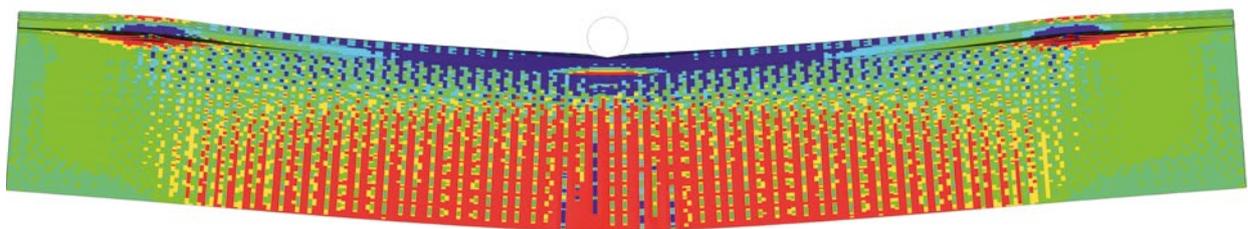
Simulation-based development of textile structures and process chains for high-performance materials

- **Strukturmodellierung von Garnen und Textilien auf Mikro-, Meso- und Makroskala für Anwendungen u. a. in Medizintextilien, Faserverbundstrukturen, Betonbewehrungen oder Textilmembranen /** *Structural modelling of fabrics on the micro-, meso- and macro-scale for applications in medical textiles, fiber-reinforced composite structures, concrete reinforcements or textile membranes*
- **Prozesssimulation textiler Fertigungsprozesse und Umformvorgänge /** *Process simulation of textile manufacturing processes and forming operations*
- **Struktursimulation Technischer Textilien zur virtuellen Bestimmung der strukturmechanischen Eigenschaften und Auslegung der textilen Werkstoffe /** *Structural simulation of technical textiles for virtual determination of the structural-mechanical properties and design of textile materials*
- **Aufbereitung der Ausgangsinformation für weitere Strukturanalyse des Verbundbauteils /** *Preparation of the input information for further structural analysis of the composite 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.

von 40 mm dargestellt. Die Unterschiede im Versagensverhalten bei unterschiedlichen Probenlängen – Delamination durch interlaminaire Scherspannung vs. Faserbruch im Steg – können mit dem Modell sehr gut abgebildet werden.

Am ITM wird die Webtechnologie zur integralen Fertigung von Abstandsstrukturen für Leichtbaupaneele weiterentwickelt (IGF-Projekte 20245 BR und 21856 BR). Dabei werden gezielt profilierte Schuss-

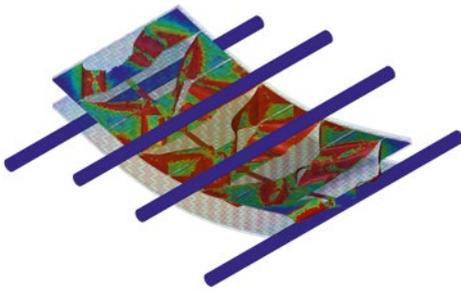


Simulation einer Schale-Rippen-Struktur aus FKV mit gestrickter Verstärkung im 3-Punkt-Biegeversuch / *Simulation of 3-point bending test of rib-stiffened composite structures with knitted reinforcement*

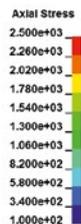
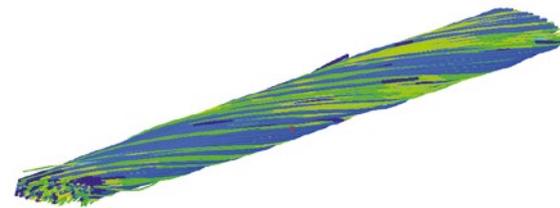
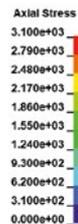
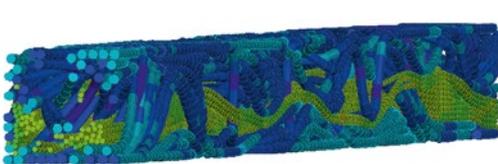
Im IGF-Projekt „Komplexe 3D-SchalProf-MLG“ (IGF 20793 BR) wird ein flachstricktechnisches Verfahren zur integralen Herstellung neuartiger rippenverstärkter schalenförmiger Verstärkungsstrukturen aus Hochleistungsfasern weiterentwickelt. Um komplexe 3D-Schale-Rippen-Geometrien in mittels Stricktechnik umsetzbare 2D-Bauteilkonturen mit lastgerechter Verstärkungsfadenanordnung zu überführen, wird ein Simulationstool entwickelt. Die mehrlagigen, gestrickten Verstärkungsstrukturen werden mit einem Mesoskalen-Ansatz modelliert, d. h. die Gestrickstruktur wird auf der Garnenebene abgebildet. Mit der Kopplung des textilen Modells mit einem Modell der Matrix entsteht das Verbundmodell. Die Auslegung der textilen Strukturen erfolgt durch die Simulation der Verbundprüfungen. Beispielhaft ist in der Abbildung das Ergebnis eines 3-Punkt-Biegeversuches bei einer Rippenhöhe

fäden aus Metall oder Faserverbundmaterial bzw. räumlich aufgefaltete Papierbänder formschlüssig zwischen gewebte Decklagen eingebunden. Diese integral hergestellten Sandwich-Paneele bieten ein hohes Leichtbaupotenzial und eine hohe Materialeffizienz. Abstandsgewebe mit diagonalen Polfäden in Kett- und Schussrichtung steigern die Stabilität gegenüber Druck und Schub. Die Entwicklung erfolgt simulationsgestützt, um lange Trial-and-Error Entwicklungszeiten zu vermeiden. Beispielhaft sind in den Bildern die Simulation von Biege-Versuchen dargestellt.

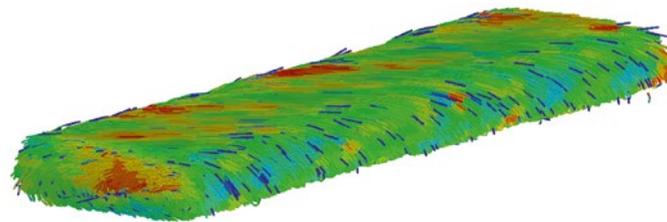
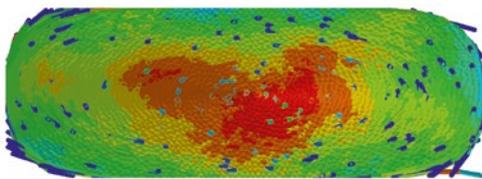
Das ITM entwickelt im Projekt „Yarn-Engineering“ (IGF 21004 BR) Hybridgarne für anforderungsgerechte thermoplastische Composites mit herausragenden, skalierbaren Steifigkeits-, Festigkeits- und Impakteigenschaftskombinationen auf Basis von



Simulation der Biegung eines Leichtbaupaneels mit webtechnisch integrierten gefalteten Papierbändern / *Bending simulation of a lightweight panel with weaving integrated paper tapes*



Simulation von Verbund-Zugversuchen mit CF/AR/Thermoplast-Hybridgarnen als Ausgangsbasis, links: lufttexturiertes Garn, rechts: Flyergarn / *Simulation of composite tensile tests with CF/AR/thermoplast hybrid yarns as the basis, left: air textured yarn, right: flyer yarn*



Simulationsergebnis eines Zugversuchs eines rCF-Flyergarns / *Simulation result of a tensile test of an rCF-flyer yarn*

Kohlenstofffasern (CF) und Aramidfasern (AR). Dazu werden zwei Garnbildungstechnologien verfolgt und systematisch experimentell und simulativ analysiert: Lufttexturierung zur Filamentgarnverarbeitung und Flyerspinnen zur Stapelfaserverarbeitung. Um die Einflüsse der Ausgangsparameter zu analysieren, werden Skripte programmiert, mit denen numerische Modelle in Abhängigkeit der Masseanteile der Ausgangsmaterialien, der Garndrehung und der Faserorientierung erstellt werden. Die Simulationen der Garn- und Verbundversuche in verschiedenen strukturmechanischen Belastungsszenarien und unter Variation der Parameter zeigen dabei sehr gute Übereinstimmungen mit den experimentell ermittelten Daten. Es kann die Bandbreite der erreichbaren strukturmechanischen Eigenschaften aufgezeigt werden, um anforderungsgerechte und definierte Engineered-Garne zu entwickeln.

Im DFG-Projekt CH 174/46-1 wird der Krepelpprozess zur schädigungsarmen Herstellung von Krepelbändern aus recycelten Kohlenstofffasern (rCF) mit Eingangsfaserlängen > 60 mm untersucht sowie thermoplastische Hybridgarne mit geringen Garndrehungen (< 60 T/m) entwickelt. Dazu wird ein Modell der Hybridgarne aus rCF-Stapelfasern zur Vorhersage der Verbundeigenschaften auf Grundlage der Faser- und Garneigenschaften entwickelt und validiert. Mit den Modellen werden die Faserlänge, -orientierung und -welligkeit sowie die Garn-

drehung variiert. Faser- und Matrix-Elemente werden mithilfe kinematischer Zwangsbedingungen im Modell gekoppelt. Die Analysen der Verbundeigenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Faserlängenverteilung und Durchmischung ergeben dabei grundlegende Erkenntnisse und liefern Rückschlüsse auf den Herstellungsprozess.

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

Zerbst, D.; Liebold, C.; Gereke, T.; Clauß, S.; Cherif, Ch.: Numerical simulation of the forming process of veneer laminates. *Journal of Composites Science* 5(2021)6, DOI: 10.3390/jcs5060150

Pham, M. Q.; Wendt, E.; Häntzschke, E.; Gereke, T.; Cherif, Ch.: Numerical modeling of the mechanical behavior of textile structures on the meso-scale for forming process simulations of composite 3D preforms. *Engineering Reports* (2021), e12348, DOI: 10.1002/eng2.12348

Lang, T. G.; Hasan, M. M. B.; Gereke, T.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Modeling and simulation of recycled carbon fiber reinforced composites with varying fiber length. In: *Proceedings. 8th ECCOMAS Thematic Conference on the Mechanical Response of Composites: COMPOSITES 2021, Online (Göteborg/Schweden), September 22-24, 2021*, DOI: 10.23967/composites.2021.085

Virtuelle Produktentwicklung für biegeweiche Materialien – CAE vom Design zum Produkt

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

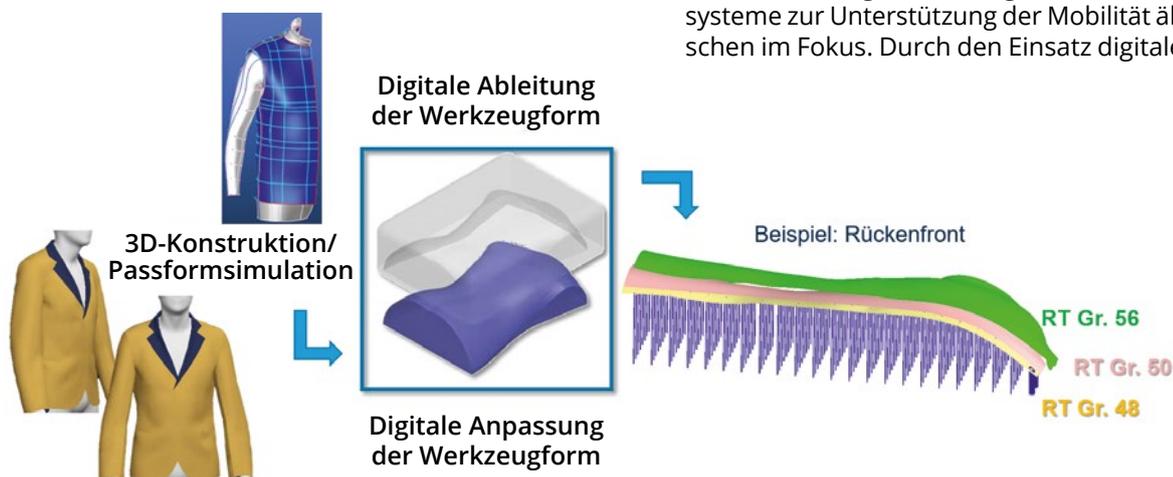
- **CAE-Prozessketten zur virtuellen 3D-Produktentwicklung und Fertigung (u. a. Automobilinterieur, Preforming für FKV, Bekleidungs-, Sport-/Schutz- und Medizintextilien, Verpackungen)** / *CAE process chains for virtual 3D product development and production (including automotive interiors, preforming 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 für Entwicklung und Montage von textilen Produkten beschäftigen sich mit CAE-Prozessketten für die virtuelle 3D-Produktentwicklung und Fertigung für Bekleidungs-, Sport-/Schutz- und Medizintextilien.

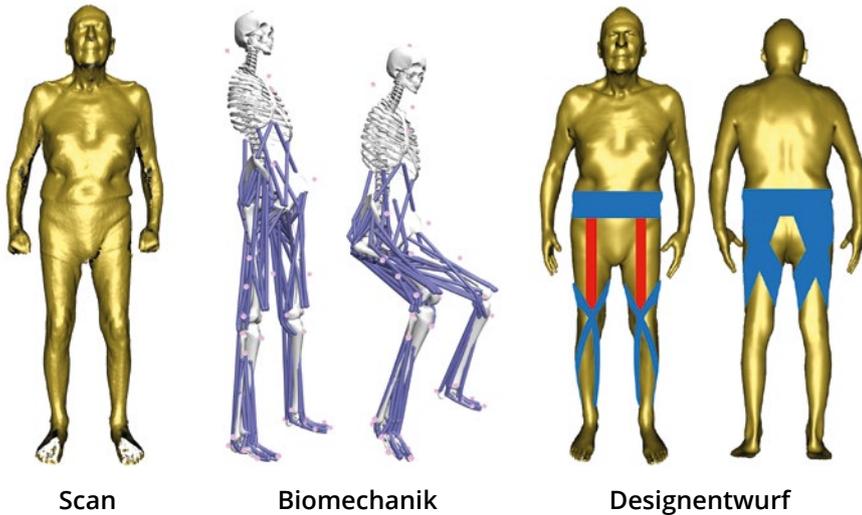
In dem Forschungsvorhaben „Entwicklung von Werkzeugen für thermische Formungsprozesse in der Konfektion“ (IGF-Vorhaben 20770 BR/1) war das Ziel, eine digitale Entwicklung von Formwerkzeugen zur endkonturnahen thermischen Umformung teilkonfektionierter Flächen aus parametrischen 3D-Körper- und Produktdaten zu realisieren. Dabei konzentrierten sich die Aufgaben auf die Möglichkeiten der Entwicklung von Werkzeugen zur thermischen Formgebung unter Nutzung digitaler Konstruktions- und Simulationsdaten. Momentan ist die Herstel-

lung der Formwerkzeuge noch mit einem extrem hohen manuellen Aufwand (Trial und Error-Verfahren) verbunden. Im Rahmen des Projektes erfolgte außerdem die Konzeptentwicklung für formadaptive Werkzeuge zur Größenanpassung und Mass-Customization. Dies hat den Vorteil, ohne wiederkehrende Werkzeugkosten schnell Prototypen oder kundenindividuelle Formwerkzeuge erstellen zu können. Dazu ist es erforderlich, die Diskretisierung der Werkzeugoberfläche durch Stifte vorzunehmen.

Durch die Einführung einer Digitalisierungsstrategie in den Bekleidungsunternehmen kann die Entwicklung und Fertigung dieser Werkzeuge dann bereits weit vor Anlauf der eigentlichen Bekleidungsproduktion erfolgen. Dies ermöglicht die frühzeitige Berücksichtigung von Modetrends im Werkzeugbau. Der erhebliche Nutzen der Forschungsergebnisse besteht darin, dass 3D-Körper- und Produktinformationen in den Werkzeugbau direkt einfließen. In einem weiteren IGF-Vorhaben (21603 BR/1) steht die Entwicklung bekleidungstechnischer Assistenzsysteme zur Unterstützung der Mobilität älterer Menschen im Fokus. Durch den Einsatz digitaler Entwick-



Digitale Prozesskette zur Ableitung thermischer Formwerkzeuge / *Digital process chain for deriving the ironing tools*

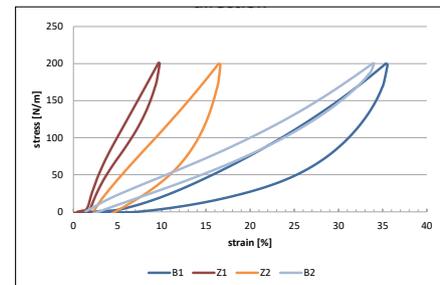
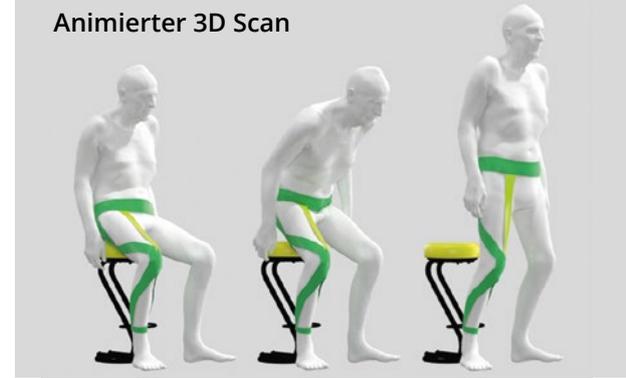


Digitale Prozesskette zur Entwicklung eines passiven Exosuits zur Unterstützung der Aufstehbewegung / Digital process chain for the development of a passive exosuit to support the sit-to-stand movement

lungsstrategien wird es möglich, die altersgemäß deutlich veränderten Körperformen und Funktionalitäten richtig zu erfassen und simulativ abzubilden. Ziel des Projektes ist 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. Dazu werden passive Exosuits in Form von Funktionswäsche entwickelt, die unter der Tageskleidung getragen werden. Die zur Bewegungsunterstützung erforderliche Energiespeicherung/-abgabe wird durch die Verarbeitung von Materialien mit unterschiedlicher Dehnsteifig-

keit erreicht. Dazu steht ein breites Spektrum von elastischen Bändern zur Verfügung, deren konfektionstechnische Einbindung in das Gesamtsystem der Funktionswäsche einerseits die anteilige Unterstützung der Muskelkraft realisieren und dabei andererseits einen guten Tragekomfort gewährleisten. Eine belastungsangepasste Materialauswahl erfolgt mittels Modellierung der biomechanischen und textilmechanischen Strukturen und deren Interaktion. Passive Assistenzsysteme können künftig eine nutzerorientierte und alltagstaugliche Lösung darstellen, um die Mobilität als Grundbedürfnis und Voraussetzung zur sozialen gesellschaftlichen Integration zu gewährleisten.

Animierter 3D Scan



Material

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

Ausgewählte Publikationen

Lin, H.; Wendt, E.; Zhang, D.; Boll, J.; Siegmund, J.; Krzywinski, S.; Kyosev, Y.: User-oriented product development with advanced scan solutions. In: Proceedings. 3DBODY.TECH 2021 - 12th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano (Schweiz), 19.-20. Oktober 2021, #12, <https://doi.org/10.15221/21.12>

Zhang, D.; Krzywinski, S.; Kyosev, Y.: Possibilities for simulating clothing in motion on person-specific avatars. In: Proceedings. 3DBODY.TECH 2021 - 12th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano (Schweiz), 19.-20. Oktober 2021, #08, <https://doi.org/10.15221/21.08>

Wendt, E.; Ahrendt, D.; Krzywinski, S.; Karam, A. R.; Kyosev, Y.: Entwicklung hochwertiger medizinischer Funktionskleidung – Methoden und Beispiele. Vortrag / Forum health.textil 2021, Chemnitz, 30. September 2021

Wendt, E.; Ahrendt, D.; Krzywinski, S.: Body stabilization and motion limitation clothing. Vortrag / Future Workwear, Online, October 25-29, 2021

Krzywinski, S.; Siegmund, J.; Wendt, E.; Lin, D.; Zhang, D.; Kyosev, Y.: Digital product development (Poster P104). In: Proceedings. Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2021, Online (Stuttgart), 09.-10. November 2021, S. 259

Reichert, U.; Siegmund, J.; Krzywinski, S.; Schubert, S.: Development of aerodynamically optimized flight suits made of functional textiles for use in indoor sports wind tunnels / Entwicklung aerodynamisch optimierter Fluganzüge aus Funktionstextilien zur Anwendung in Indoor-Sportwindtunneln. In: Proceedings. Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2021, Online (Stuttgart), 09.-10. November 2021, S. 95-96

Sensorische und aktorische Funktionalisierung Technischer Textilien

Sensory and actuator functionalization of technical textiles

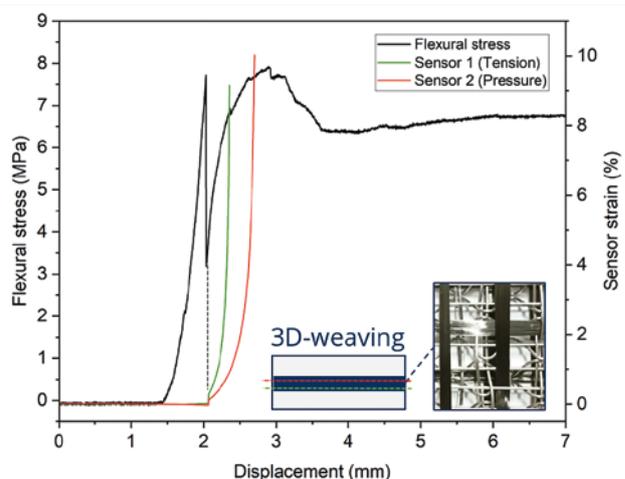
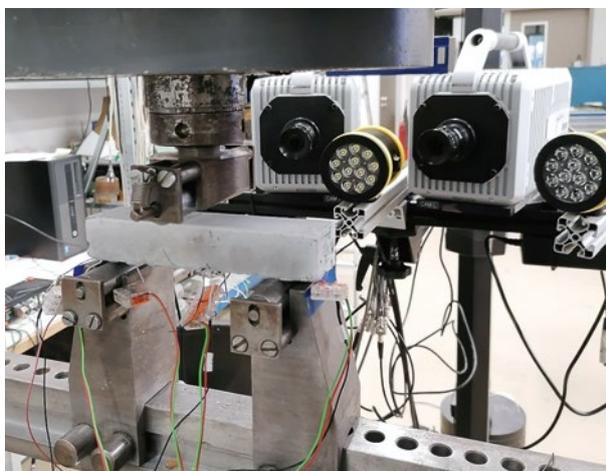
- **Anforderungsgerechte Layout-Gestaltung von Sensor- und Aktorsystemen** / *Tailored designing of sensor and actuator systems*
- **Automatisierte, textiltechnologische und robotergestützte Funktionsintegration** / *Automated textile technical and roboter-assisted functional integration*
- **Sensorische Überwachung und aktorische Beeinflussung textilbasierter Strukturen (FKV, Textilmembranen, Textilbeton, Medizintextilien, beheizbare Funktionsbekleidung)** / *Sensory monitoring and actuatoric manipulation of textile-based structures (FRP, textile membranes, TRC, medical textiles, heatable functional clothing)*

Sensorisch und/oder aktorisch funktionalisierte Garne sind häufig der erste Schritt in Richtung entsprechend ausgerüsteter textiler Flächen- oder 3D-Strukturen. Die Entwicklung, Auslegung und Umsetzung derartiger Strukturen ist ein weiterer Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeit am ITM. Zur Integration bzw. Applikation textiler elektrischer/elektronischer Strukturen in bzw. auf textile Flächen werden am ITM durch gezielte maschinenbauliche, steuerungs- und textiltechnische Anpassungen der Fertigungsprozesse maßgeschneiderte Technologien entwickelt und bereitgestellt. Als Beispiele seien hier nur die TFP- und Sticktechnologie sowie die robotergestützte Faserablagetechnologie für hochkomplexe FKV-Strukturen mit integrierten fadenförmigen Aktoren genannt. Diese ermöglichen die geometrisch nahezu unbegrenzte, definierte Ablage und Fixierung eines unerreicht breiten Spektrums garnförmiger Funktionskomponenten in/auf textile Strukturen.

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 physiologisch relevanter Parameter für biomedizinische Anwendungen (wie Sportmedizin und persönliche Schutzbekleidung),
- Generierung von aktorischen Funktionstextilien, insbesondere für Heizanwendungen,
- Integrale Spezialkinematiken mittels adaptiver formvariabler FKV mit textiltechnologisch strukturintegrierten Formgedächtnis(FGL)-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.



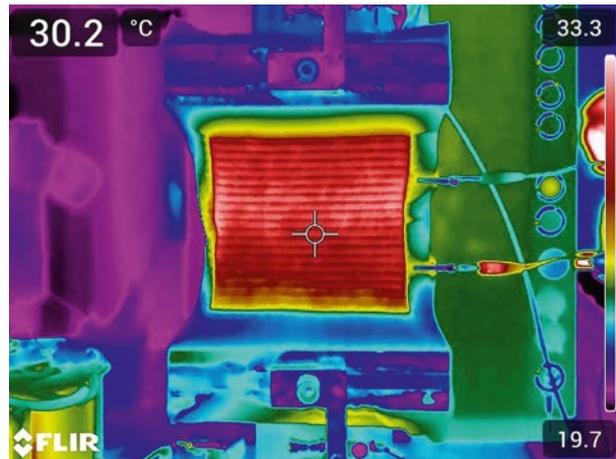
Quasistatischer 3-Punkt-Biegeversuch einer textilverstärkten Betonprobe mit In-situ Carbonfaser-Sensoren (links); Sensordehnung mit zunehmender Biegebeanspruchung (rechts) / *Quasi-static 3-point bending test of a textile-reinforced concrete specimen with in-situ carbon fiber sensors (left); sensor strain with increasing bending stress (right)*



Weiche Robotikstruktur aus faserverstärktem Elastomer mit textilintegrierten Formgedächtnisaktoren / *Soft robotic structure made of fiber-reinforced elastomer with textile-integrated shape memory actuators*

Wie auf dem Gebiet der Entwicklung fadenförmiger textilkompatibler Sensoren und Aktoren bestehen am ITM umfangreiche Kompetenzen in den Bereichen der theoretisch-physikalischen Modellierung und Konzeptionierung, textiltechnologischen Umsetzung und Charakterisierung der funktionalisierten häufig mehrlagigen textilen Flächen. Hierbei werden mittels angepasster Fertigungsverfahren, sowohl die anforderungsspezifische Wandlercharakteristik als auch die Nutzungseigenschaften, wie Luftdurchlässigkeit, Steifigkeit etc. definiert eingestellt.

Das ITM forscht als Teil des Exzellenzclusters „CeTI – Centre for Tactile Internet with Humans in the loop“ der DFG ebenfalls an voll- und teiltextilen Lösungen zur effizienten Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Menschen und Maschinen. Da Textilien häufig die Schnittstelle zwischen Menschen und ihrer Umgebung bilden, ist deren sensorisch und aktorisches Ausrüstung zum Aufbau derartiger intuitiv nutz- und immersiv erfahrbare Interfaces fast zwingend logisch. Die am ITM über die breite textiltechnische Expertise hinaus bestehenden Kompetenzen auf den Gebieten der Elektro- und Messtechnik werden dabei durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Expert:innen aus Bereichen der Wissenschaft und Technik (z. B. Ingenieurwissenschaften, Medizin, Psychologie, Geisteswissenschaften etc.) erweitert und ergänzt. Als anschauliches Beispiel dieser fachübergreifenden Zusammenarbeit werden etwa Handschuhe mit integrierten textilen und konventionellen Sensoren entwickelt, welche das Tracking von Handbewegungen ermöglichen, um etwa menschliche Bewegungsmuster für technische Systeme nutzbar zu machen (z. B. intuitive Robotersteuerung) oder der Trägerin/dem Träger etwa, über einen Abgleich mit optimalen Bewegungsabläufen und einer Rückkopplung mittels multimodaler Feedbacksysteme, Hilfestellungen beim Erlernen neuer Fähigkeiten zu geben.



Wärmeverteilung eines gestrickten Heizelements / *Heat distribution of a knitted heating element*

Technische Ausstattung

- Universalprüfstand für statische und dynamische Langzeituntersuchungen von Faserkunststoffverbunden mit integrierten Sensor- und/oder Aktornetzwerken
- Hard- und Softwaretechnik zur mehrkanaligen Aufzeichnung und Ansteuerung von Sensor- und Aktorsystemen inkl. Regelkomponenten

Ausgewählte Publikationen

Mersch, J.; Bruns, M.; Nocke, A.; Cherif, Ch.; Gerlach, G.: High displacement, fiber-reinforced shape memory alloy soft actuator with integrated sensors and its equivalent network model. *Advanced Intelligent Systems* 3(2021), DOI: 10.1002/aisy.202000221

Mersch, J.; Keshtkar, N.; Grellmann, H.; Gomez Cuaran, C. A.; Bruns, M.; Nocke, A.; Cherif, Ch.; Röbenack, K.; Gerlach, G.: Integrated temperature and position sensors in a shape-memory driven soft actuator for closed-loop control. *Materials* 15(2022)2, 520, DOI: 10.3390/ma15020520

Kamble, V. G.; Mersch, J.; Tahir, M.; Stöckelhuber, K. W.; Das, A.; Wießner, S.: Development of liquid diene rubber based highly deformable interactive fiber-elastomer composites. *Materials* 15(2022)1, 390, DOI: 10.3390/ma15010390 (online)

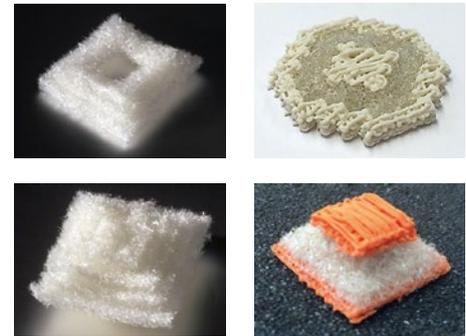
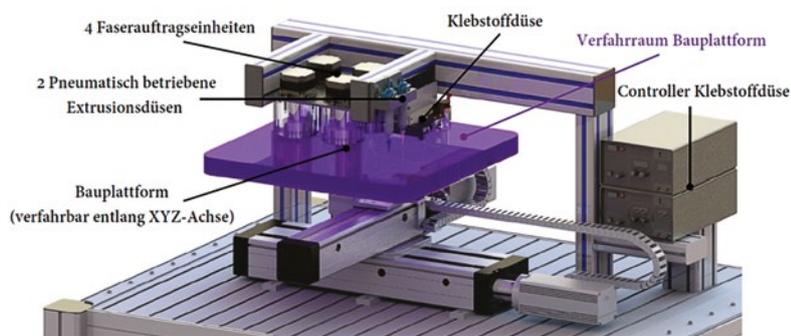
Pfeil, S.; Mieting, A.; Grün, R.; Katzer, K.; Mersch, J.; Breitkopf, C.; Zimmermann, M.; Gerlach, G.: Underwater bending actuator based on integrated anisotropic textile materials and a conductive hydrogel electrode. *Actuators* 10(2021)10, DOI: 10.3390/act10100270 (online)

Bobbe, T.; Winger, H.; Podlubne, A.; Wiczorek, F.; Lüneburg, L.-M.; Khara-bet, I.; Wagner, J.; Pertuz, S.: Reflections on „Rock, Paper, Scissors“: Communicating science to the public through a demonstrator. In: *Proceedings. 17th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2022)*, Online (Sapporo, Hokkaido, Japan), March 7-10, 2022, pp. 1208-1209

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

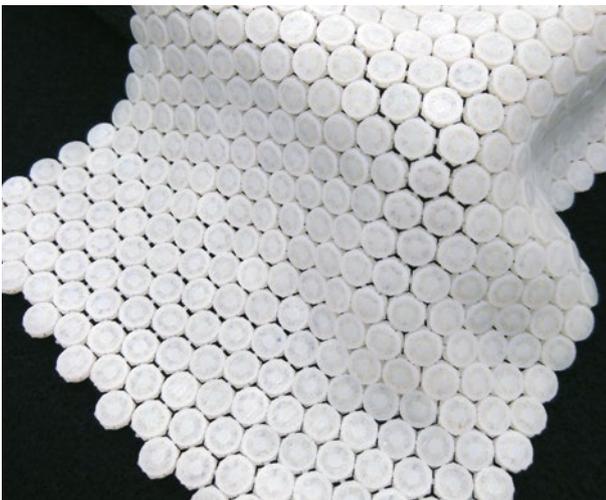
entsprechenden Kollektor Geometrien beim Elektrosponning oder anthropometrische Modelle als Grundlage für lebensnahe biomechanische Prüfungen an neuartigen Implantatstrukturen.

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 strömungssimulationsbasiert konzipierte und hochkomplexe Multikanalspindüsen auf Basis von Strömungssimulationen erforderlich. Solche Spinnpakete können mit den am ITM vorhanden 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



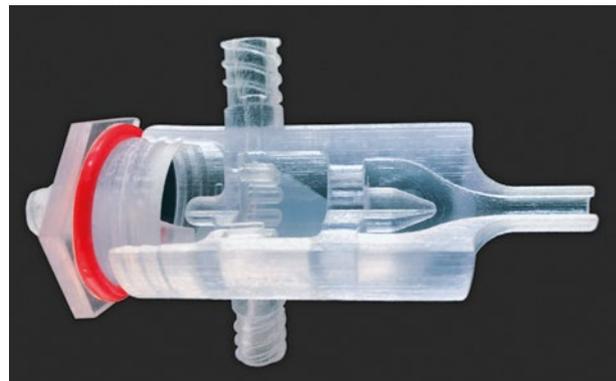
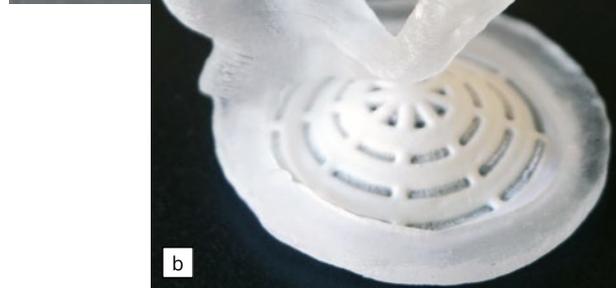
Kniegelenk-Formkörper zur Prüfung von textilen Bänder- und Sehnenimplantaten / 3D printed knee joint for testing textile ligament and tendon implants



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

Wöltje, M.; Nuss, D.; Hoffmann, G.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: Long-term resorbable fibroin fibers for biomimetic tendon and ligament implants. Vortrag / 60. Dornbirn-GFC 2021, Online (Dornbirn, Österreich), 15.-17. September 2021

Benecke, L.; Brünler, R.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: Textile structures with material-intrinsic shape-changing capability for regenerative medicine „TexMedActor“. In: Proceedings. Annual Meeting of the German Society for Biomaterials 2021, Online, 07.-08. October 2021, S. 13

Benecke, L.; Chen, Z.; Brünler, R.; Bornitz, M.; Cherif, Ch.; Aibibu, D.; Neudert, M.: Multifunctional biomimetic textile structures for applications in regenerative medicine. In: Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 177-178

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.

Modernisierung im textilphysikalischen Prüflabor:

Im Rahmen der Lehre und Forschung des Instituts für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik werden neben einer Vielzahl an textilphysikalische Untersuchungen Prüfungen durchgeführt, die das Arbeiten in einem Abzug notwendig machen. Hierbei sei als Beispiel die Faserstoffanalyse oder auch die Bestimmung des Faservolumengehalts an Faserverbundwerkstoffen (Abb. 1) genannt.

Die bisherigen Abzüge entsprachen nicht mehr den heutigen Arbeits- und Gesundheitsschutz. Die bisherigen Digestorien wurden fachgerecht abmontiert und durch zwei neue Abzüge ersetzt (Abb. 2/3). Beide Abzüge erfüllen die Normen DIN EN 14175 Teil 2 & 3. Somit sind diese für Arbeiten mit Säuren und thermischen Belastungen bis 1000 °C ausgelegt.

Für den Druckluftausgleich im Prüflabor musste zusätzlich eine Ab- und Zuluftanlage installiert werden. Des Weiteren sind bestehende Prüfaufbauten und die Abluft des Chemiekalienschrank integriert.



Abb. 1: Bestimmung des Faservolumengehalts an GFK oder CFK / *Determination of the fiber volume content*

Beispiel maßgeschneiderte Prüfaufbauten:

Neben einer umfangreichen Infrastruktur abzüglich herkömmlichen und speziellen Prüfvorrichtungen verfügt das ITM weiterhin auch über die Kompetenz, objektbezogene Prüfaufbauten und Auswertelgorithmen maßgeschneidert zu realisieren. Ein Beispiel ist hier eine optische Überwachung der Dehnungszustände von Garnen während hochdynamischen textilen Verarbeitungsprozessen mittels Digitaler Bildkorrelation (DIC). Mittels dieser Methode konnten dynamische Garnbewegungen inklusive lokalen Dehnungszuständen mit einer Pixelgröße im 50 µm Bereich genau ermittelt werden. Abbildung 3 zeigt hier die mit einer Hochgeschwindigkeitskamera (Bildrate 2000 fps) aufgenommenen Dehnungszu-



Abb. 2: Bisherige Digestorien (li.) und neue Digestorien mit integriertem Chemiekalienschrank (re.) / *Old fume hoods (left) and new fume hoods with integrated chemical cabinet (right)*

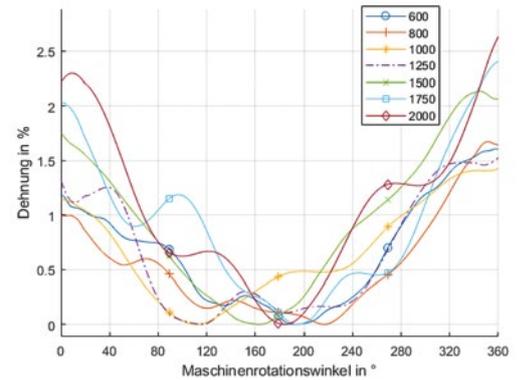
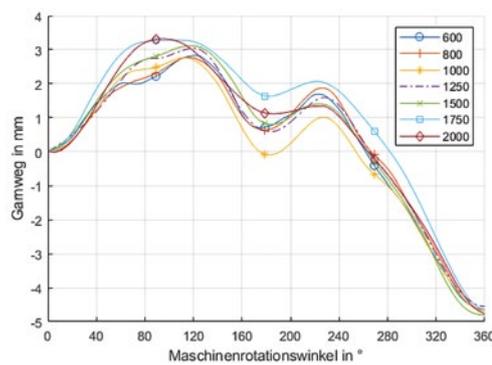


Abb. 3: Prüfaufbau mit Hochgeschwindigkeitskamera und Auswertung der Ergebnisse / Testing with high-speed camera and evaluation of the results

stände (links) sowie die dynamische Änderung des Dehnungszustands (rechts) über eine Hauptwellenumdrehung.

Auswahl weiterer textilphysikalischer Untersuchungen am ITM:

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

- Bestimmung der Höchstzugkraft- und Höchstzugkraftdehnung, auch unter Berücksichtigung von thermischen Einwirkungen
- Zyklische Belastungsversuche
- Biaxiale Prüfungen mittels vierachsiger Zugprüfmaschine an textilen Flächen und FKVs
- Hochgeschwindigkeitsprüfungen bis 20 m/s mit Erfassung der Längenänderung mittels Hochgeschwindigkeitskamera
- Druckversuche
- Scherprüfung
- Stempeldurchdruckversuch
- 3-Punkt- und 4-Punkt-Biegebeanspruchung an FKVs
- Interlaminare Scherfestigkeit an FKVs

Charakterisierung mittels mikroskopischer Verfahren:

- Aufnahmen mittel Aufrichtmikroskop Axiomager.M1m, Carls Zeiss GmbH
- Probenpräparation in Schliiffkörpern oder histologisch
- Faserstoffanalyse

Physiologische Prüfungen an textilen Flächengebilden:

- Bestimmung des Wasserdampf- und Wärmedurchgangswiderstandes
- Wasserdichtheit
- Luftdurchlässigkeit

Weitere Prüfeinrichtungen:

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



Abb. 4: Biaxialzugprüfmaschine / Biaxial tensile tester

Ausgewählte Publikationen

Hasan, M. M. B; Cherif, F.; Abdkader, A.; Cherif, Ch.: Neuartige Multimaterialgarnkonstruktionen für Faser-Metall-Hybridverbundwerkstoffe. *Technische Textilien* 64(2021)5, S. 146-148

Rabe, D.; Böhnke, P. R. C.; Kruppke, I.; Häntzsche, E.; Cherif, Ch.: Novel repair procedure for CFRP components instead of EOL. *Materials* 14(2021)11, DOI: 10.3390/ma14112711

Probst, H.; Katzer, K.; Nocke, A.; Hickmann, R.; Zimmermann, M.; Cherif, Ch.: Melt spinning of highly stretchable, electrically conductive filament yarns. *Polymers* 13(2021)4, 590, DOI: 10.3390/polym13040590

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), DOI: 10.1039/d1bm01815a

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 industrienaheer 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

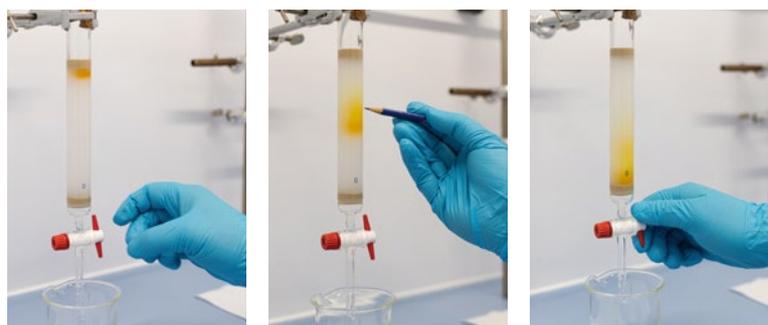
- Quantitative Bestimmung von Metallen, Halbmetallen und einigen Nichtmetallen; zum Teil im ppb-Bereich
- Analyse flüssiger und fester Materialien im UV-VIS-Bereich
- FT-IR-Spektrometer Nicolet 6700 mit ATR-Einheit mit Diamant- und Germaniumkristall
- Haake RheoWin /Thermo Scientific Mars II mit Platte / 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 Chitosanen

Farbmetrik

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

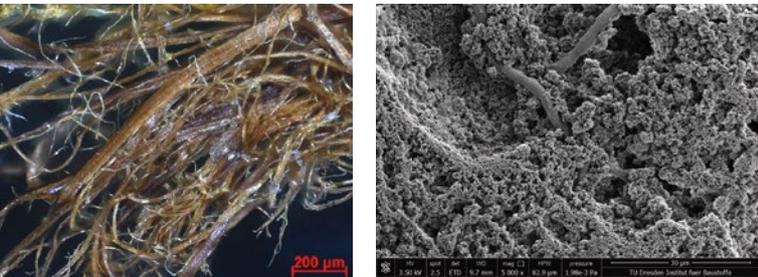
Die detaillierte Oberflächen- und Grenzschichtcharakterisierung textiler Materialien in allen Aufmachungsformen für textile Hochleistungswerkstoffe erfordert eine definierte analytische Vorgehensweise. Hierfür steht am ITM eine instrumentelle Ausstattung zur Verfügung. Die Messung statischer und dynamischer 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 klein dimensionierter Festkörper. Umfangreiche Erfahrungen und Kenntnisse konnten für verschiedenste Fasermaterialien aus Carbon, Glas, Polyimid (PI), Polyphenylsulfid (PPS), Polyetheretherketon (PEEK), Aramid, Basalt, Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyethylente-



Säulenchromatographie zur Auftrennung von Naturfarbstoffen zur Zusammensetzungs- und Reinheitsbestimmung / Column chromatography for the separation of natural dyes for composition and purity determination



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



Lichtmikroskopische Aufnahme von Torffasern und REM Aufnahme eines funktionalisierten Siliziumdioxides in Polyurethanmatrix / Light microscopy image of peat fibers and SEM image of functionalized Silicodioxide in polyurethane matrix

rephthalat (PET) sowie weitere synthetische sowie naturstoffbasierte Polyester und aliphatische Polyamide (PA) gewonnen werden. Darüber hinaus sind mit dieser Prüfmethode Aussagen zur Kompatibilität von Fasern/Flüssigkeits-Systemen 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, sodass 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. Zum Säureaufschluss von verschiedenen Materialien, wie bspw. Glas, Kunst-

stoff und Metall, verfügt das ITM über ein Mikrowellen-Aufschluss-System. Die aufgeschlossenen 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 ZEE nit 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

Böhnke, P.; Winger, H.; Wieczorek, F.; Kruppke, I.; Nocke, A.; Häntzschke, E.; Cherif, Ch.: Protective coating for conductive yarns implemented in textiles for smart applications. In: Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 205-206

Rößler, S.; Brückner, A.; Kruppke, I.; Wiesmann, H.-P.; Hanke, T.; Kruppke, B.: 3D plotting of silica/collagen xerogel granules in an alginate matrix for tissue-engineered bone implants. *Materials* 41(2021)4, DOI: 10.3390/ma14040830

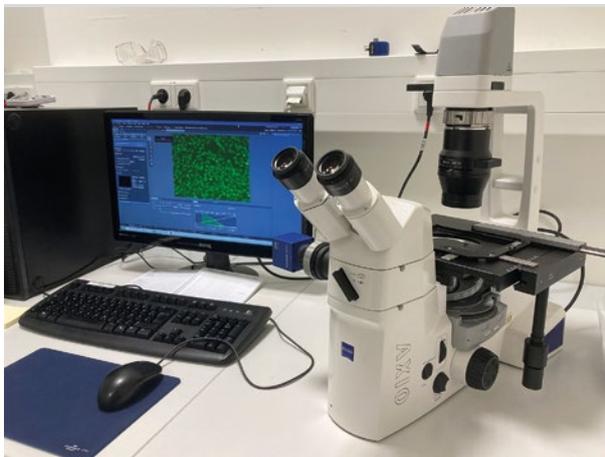
Zellbiologielabor: Untersuchung zellbiologischer Aspekte der Zellbesiedlung, -proliferation und -differenzierung im Kontakt mit textilen Medizinprodukten und Zellträgerstrukturen für die regenerative Medizin

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.



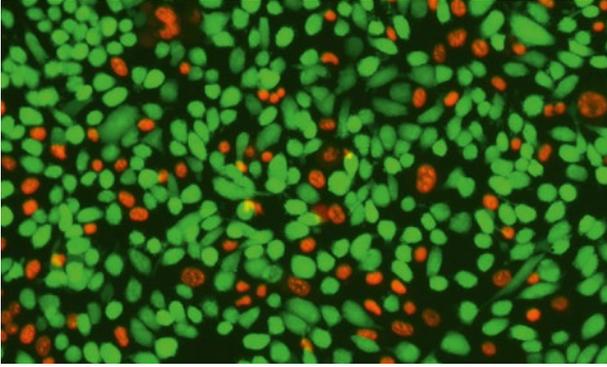
Inverses Fluoreszenzmikroskop AxioVert A1 / *Inverted fluorescence microscope*



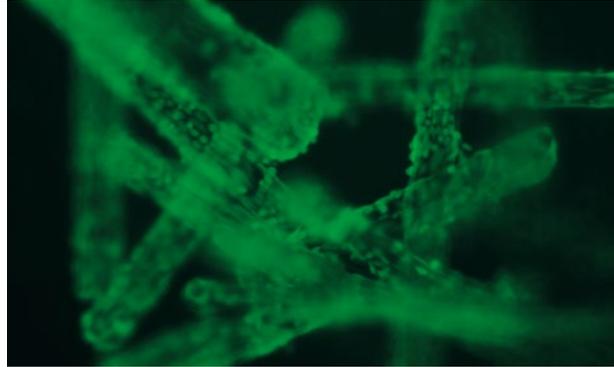
Sicherheitswerkbank für die Durchführung steriler Zellkulturexperimente / *Biological safety cabinet for sterile handling of cell cultures*



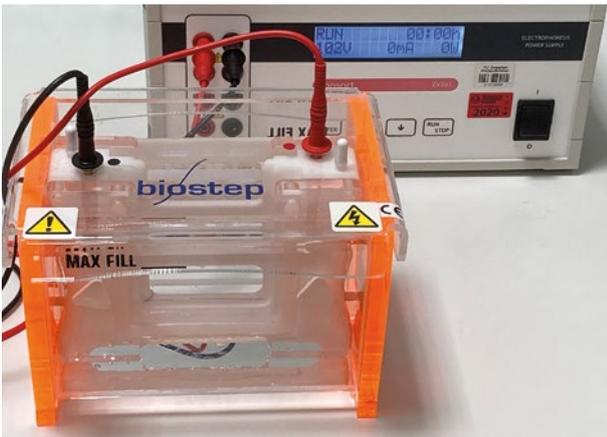
Zellbiologielabor des ITM im Reinraum Klasse 7 bzw. EG-GMP Klasse B / *Cell biology laboratory of the ITM within a cleanroom environment class 7 (EG-GMP class B)*



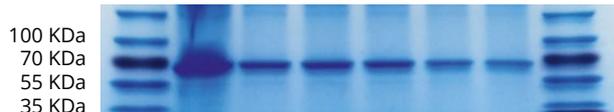
Lebend-Tot-Färbung an Maus Fibroblasten im Rahmen der Prüfung auf In-vitro-Zytotoxizität gemäß DIN ISO 10993-5 / *Live dead staining of mouse fibroblasts in the context of cytotoxicity testing according DIN ISO 10993-5*



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

- Wöltje, M.; Kölbl, A.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: A fast and reliable process to fabricate regenerated silk fibroin solution from degummed silk in 4 hours. *International Journal of Molecular Sciences* 22(2021)19, 10565, DOI: 10.3390/ijms221910565
- Weitkamp, J.-T.; Wöltje, M.; Nußpickel, B.; Schmidt, F. N.; Aibibu, D.; Bayer, A.; Eglin, D.; Armiento, A. R.; Arnold, P.; Cherif, Ch.; Lucius, R.; Smeets, R.; Kurz, B.; Behrendt, P.: Silk fiber-reinforced hyaluronic acid-based hydrogel for cartilage tissue engineering. *International Journal of Molecular Sciences* 22(2021)7, 3635, DOI: 10.3390/ijms22073635
- Wöltje, M.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: Chemical functionalization of native silk fibres for biomedical applications. In: *Proceedings. Autex 2021, Online (Guimarães, Portugal), September 05-09, 2021, pp. 173-174*
- Wöltje, M.; Nuss, D.; Hoffmann, G.; Aibibu, D.; Cherif, Ch.: Long-term resorbable fibroin fibers for biomimetic tendon and ligament implants. *Vortrag / 60. Dornbirn-GFC 2021, Online (Dornbirn, Österreich), 15.-17. September 2021*
- Wöltje, M.: Textile sensor structures and resorbable substrates for medical device development. *Vortrag / 9th Germany-Japan Joint Workshop - „Flexible, Printed Electronics and Sensors“, Online, 26. Februar 2021*

LEHRE

• **Aktuelles zum Sommersemester 2021 und zum Wintersemester 2021/22**

Leider hatte auch in 2021/22 die Corona-Pandemie unsere Lehraktivitäten fest im Griff. Aber auch dieses Mal machten wir das Beste aus der Situation und haben eine Reihe an neuen Ideen, Konzepten und Impulsen in unsere Lehrveranstaltungen eingebracht.

Neben der Schaffung von technischen Voraussetzungen für stabil funktionierende Online bzw. hybride Lehrveranstaltungen haben unsere Dozentinnen und Dozenten während des gesamten Studienjahres keine Mühen gescheut, die Kontaktmöglichkeiten zu unseren Studierenden aufrecht zu erhalten, auch die Online-Lehre interessant zu gestalten und die Wissenschaft weiterhin interaktiv nahe zu bringen. Angefangen bei Workshops im Rahmen der Lehrveranstaltungen, über Fragerunden mit Absolventinnen und Absolventen bis hin zu Einzelgesprächen zwischen Dozierenden und Studierenden wurde ein abwechslungsreiches Lehrprogramm angeboten.

Unbenommen blieb natürlich die Möglichkeit, Praktika und Übungen in Präsenz zu absolvieren, um jenseits des Bildschirms praktische Eindrücke zu sammeln.

Wenn auch die digitale Lehre kein adäquater Ersatz für eine universitäre Ausbildung in Präsenz ist, zeigten die Rückmeldungen der Studierenden, dass auch unter den bestehenden Einschränkungen Wissen vermittelt und geprüft werden kann. Als Paradebeispiel ist eine Klausur mit über 100 Teilnehmenden zu nennen, welche als vollständig digitales Prüfungsformat abgehalten wurde. Diese Herausforderung wurde sowohl von den Studierenden als auch der Prüfungsaufsicht fehlerfrei gemeistert.

Getreu dem Motto:
„To keep your balance, you must keep moving.“

Im Wintersemester 2021/22 haben insgesamt 227 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 33 neue Studentinnen und Studenten begrüßen. Hinzu kommen insgesamt 86 Studierende höherer Semester, 36 Studierende des Studiengangs Wirtschaftsingenieurwesen in der Vertiefung Textilmaschinen- und Hochleistungswerkstofftechnik, 38 Leichtbaustudierende sowie 34 Studierende aus anderen Studienrichtungen.

Unsere im Sommersemester 2021 angebotene Lehrveranstaltung „Textile Halbzeuge und Verfahren“ wurde von 82 Studierenden der Vertiefungsrichtung Leichtbau belegt. Außerdem konnten wir eine neue Lehrveranstaltung „Textilverstärkte Hochleistungswerkstoffe für Hightech- und Biomedizinanwendungen“ platzieren, die von 65 Studierenden im Grundstudium Maschinenbau, Grundstudium Wirtschaftsingenieurwesen sowie von Studentinnen und Studenten im Rahmen des Studium generale besucht wurde.

Seit dem Wintersemester 2021/22 freuen wir uns, **Frau Dr. Illing-Günther vom Sächsischen Textilforschungsinstitut e.V. (STFI)** als externe Dozentin für das Fach Textilrecycling am Institut begrüßen zu dürfen. Frau Dr. Illing-Günther übernimmt die Nachfolge von Herrn Prof. Fuchs, der in seinen wohlverdienten Ruhestand gewechselt ist. Wir wünschen Frau Dr. Illing-Günther für die neue Aufgabe alles Gute und danken ihr für die Unterstützung!

Auch im Sommersemester 2021 konnten wir externe Dozierende für einzelne Vorlesungen in den Veranstaltungsreihen „Praxis Maschinenbau – Wohin nach dem Studium“ und „Wissenschaftlich-methodisches und Expertenseminar“ gewinnen.

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** spannende Vorträge aus den Bereichen Textiltechnik, Faserverbundtechnik und Medizintechnik – Anwendungsgebiete 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“, **Herr Lucas, Maschinenfabrik Harry Lucas GmbH & Co. KG** präsentierte auf dem Gebiet „Vom Produkt zur Maschine – Entwicklungsschritte ausgehend von den Anforderungen zum maßgeschneiderten Produkt“ und **Frau Bosowski-Schoenberg, Low & Bonar GmbH** stellte ihren Beitrag zum Thema „Textiles to transform“ - Die Welt der Textilmembrane bei Mehler Technologies vor.

Wir danken allen Vortragenden für die großartige Unterstützung und hoffen auf weiterhin so spannende Vorträge.

Insgesamt wurden durch das ITM 36 Abschlussarbeiten im Jahr 2021 betreut und erfolgreich verteidigt.

Im Studienjahr 2021/22 waren über 370 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 trotz der aktuellen Corona-Lage, 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 2021 wurden 6 Stipendien an Studierende des ITM vergeben, die fachgebunden unter anderem dankenswerterweise von folgenden Firmen unterstützt werden:

- **Rieter Ingolstadt GmbH**
- **Saertex GmbH & Co. KG**
- **Valmiera Glass Gruppe**



Besonders hervorzuheben ist das Engagement unseres ehemaligen Studenten und Promovenden **Herrn Dr. Mohammad Kamruzzaman**, der als ALUMNI der TUD sowie internationaler Regionalbotschafter der TU Dresden acht Jahresstipendien spendete. Bereits seit 2017 ist Herr Dr. Kamruzzaman als Förderer aktiv und aufgrund der Coronapandemie entschied er sich, in diesem Jahr gleich acht Studierende zu fördern. **Wir sind für dieses beeindruckende Engagement sehr dankbar und stolz! Vielen herzlichen Dank im Namen der gesamten TU Dresden.**

Über diese einmalige Unterstützung berichtete das Universitätsjournal der TU Dresden in der Ausgabe 18 auf Seite 4, wofür Herr Dr. Kamruzzaman dem Redaktionsteam Rede und Antwort stand.

TUD-Alumnus finanziert acht Deutschlandstipendien

Dr. Mohammad Kamruzzaman sieht durch Corona besonders hohen Bedarf an Unterstützung

Dr. Mohammad Kamruzzaman promovierte am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden und ist zudem als internationaler Regionalbotschafter der TU Dresden in Dhaka (Bangladesch) sehr aktiv. Seit etlichen Jahren unterstützt er TUD-Studierende mit Deutschlandstipendien. Das UJ sprach mit ihm zu seinen Motiven, dieses Engagement in diesem Jahr nochmals auszubauen.

UJ: Wie sind Sie auf die TU Dresden aufmerksam geworden, was hat Sie bewogen, an der TUD zu promovieren?

Dr. Kamruzzaman: Als ich 1993 in Dhaka in Bangladesch mein Bachelor-Studium absolvierte, lehrte uns Prof. Volker Rossbach von der TU Dresden im Rahmen eines Entwicklungsprojekts der UNIDO als Experte in Dhaka im Bereich Textilveredlung. Ich habe durch Prof. Rossbach, mittlerweile bereits im Ruhestand, von der TU Dresden erfahren und mich entschieden, mein Studium mit Master und Promotion an der TU Dresden fortzusetzen.

Haben Sie damals selbst ein Stipendium erhalten?

Ja, ich habe ein DAAD-Stipendium für mein Masterstudium »Textil- und Konfektionstechnik« an der TU Dresden erhalten, ohne diese Unterstützung hätte ich mein Studium niemals fortsetzen können. Ich bin dem DAAD zu tiefstem Dank

verpflichtet, dass er mir dieses Stipendium gewährt hat.

Seit wann sind Sie mit dem Deutschlandstipendium befasst und wie sind Sie darauf aufmerksam geworden?

Als Regionalbotschafter der TU Dresden in Bangladesch erhalte ich regelmäßig Informationen über das Deutschlandstipendium und die besonderen Aktivitäten der TU Dresden. Seit 2017 bin ich ein Förderer des Deutschlandstipendiums.

Welche Kriterien sind Ihnen bei der Förderung wichtig - worauf liegt Ihr Hauptaugenmerk?

Ich unterstütze am liebsten jedes Jahr mindestens eine Studentin beziehungsweise einen Studenten des ITM, da ich dort studiert habe und die Ausbildung im Textilbereich fördern möchte. Der Rest der Stipendien wird auf besondere Fälle aufgeteilt.

Als Förderer können Sie auch Kontakt zu den Stipendiaten aufnehmen - haben Sie selbst persönlichen Kontakt zu den von Ihnen geförderten Studierenden?

Ja, ich habe persönlichen Kontakt zu den Stipendiaten. Das Team des Deutschlandstipendiums teilt mir die Adressen der Studierenden mit. Meistens erhalte ich Dankesmails von ihnen.

Und was gefällt Ihnen an der Rolle des Förderers am meisten?

Ich freue mich sehr, diese jungen Menschen zu unterstützen und ihnen durch meinen kleinen Beitrag dabei zu helfen, ihren Traum zu verwirklichen.

In diesem Jahr finanzieren Sie gleich acht Stipendien - was hat Sie zu diesem außergewöhnlichen Engagement bewogen?

Wir haben eine noch nie dagewesene Notlage erlebt, in der die Coronapandemie viele Familien in Mitleidenschaft gezogen und in eine tiefe finanzielle Krise gestürzt hat. Ich glaube gerade jetzt ist es wichtig, mehr Studierende dabei zu unterstützen, dass sie ihr Studium fortsetzen können.

Als internationaler Alumnus der TU Dresden vergeben Sie einen Teil Ihrer Stipendien speziell an internationale Studierende der TUD. Warum tun Sie das?

Internationale Studierende, die ohne Stipendium an der TU Dresden studieren, müssen sich durch einen Nebenjob selbst finanzieren. Allerdings ist das Angebot an Studentenjobs in Dresden leider begrenzt. Die Unterstützung durch das Deutschlandstipendium für diese internationalen Studierenden spielt zweifelsohne eine wichtige Rolle, damit die Studierenden mehr Zeit haben, sich auf die Forschung und ihr Studium zu konzentrieren.

Halten Sie es für sinnvoll oder notwendig, internationale Studierende durch Stipendienprogramme zusätzlich zu unterstützen, und wenn ja, warum?



Dr. Mohammad Kamruzzaman. Foto: privat

Angesichts der finanziellen Engpässe sollte meiner Meinung nach eine zusätzliche Unterstützung internationaler Studierender erwogen werden, insbesondere für Studierende aus Entwicklungsländern.

Sie leben in Bangladesch - wie eng sind Sie heute beruflich mit der TU Dresden verbunden?

Ich bin nicht nur als Förderer des Deutschlandstipendiums eng mit der TU Dresden verbunden, sondern auch als Regionalbotschafter der TU Dresden in Bangladesch. Ich komme ziemlich häufig an die TU Dresden, um an vom ITM organisierten internationalen Konferenzen teilzunehmen und natürlich auch, um meine in Dresden lebenden Dozenten und Freunde zu besuchen.

Die Fragen stellte Konrad Kästner.

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:innen.

- **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. Sennewald (Technical Textile Manufacturing Technology) und Herr Prof. Kyosev (Computation Science and Engineering Principles) jeweils einwöchige Vorlesungen. Während Frau Dr. Sennewald ihre Lehrveranstaltung in Präsenz in Borås, Schweden, halten konnte, dozierte Herr Prof. Kyosev im digitalen Raum für die E-TEAM-Masterstudierenden.

- **Internationales Studenten-/Dozentenaustauschprogramm ERASMUS+**

Im Rahmen des internationalen Austauschprogramms erhielten wir auch in 2021 Zuwachs durch zwei Studierende der Universität Lodz, Polen, eines Studenten aus Belgien, der Universität Ghent sowie



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

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

einem Studenten von der TU Liberec, Tschechische Republik. Auch Studierende unseres Institutes nutzten die Chance, sich an anderen Universitäten in Europa einzuschreiben, so beispielsweise für ein Semester an der University of Borås, Schweden.

• Studienwerbung

Zahlreiche Aktivitäten im Bereich der Studienwerbung führten erfreulicherweise zu einer zunehmenden Zahl an Neueinschreibungen zum Wintersemester 2021/22. In mehreren Informationsveranstaltungen für Studierende im Grundstudium Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen sowie an den deutschen Hochschulen für angewandte Wissenschaften wurde intensiv für die Vertiefung Textilmaschinenbau und den Standort Dresden geworben.

Aufgrund der Einschränkungen durch die Corona-Pandemie wurden die Aktivitäten vor allem digital durchgeführt, was durch die technische Flexibilität zu beachtlich hohen Teilnehmerzahlen geführt hat. So fand beispielsweise erstmals eine zweigeteilte Studienrichtungsvorstellung am 30. April 2021 und am 25. Juni 2021 virtuell statt. Ebenso wurden der Unitag am 05. Juni 2021 sowie der Vertiefungstammtisch am 01. Juli 2021 ausschließlich digital gestaltet. Das Feedback der Studierenden war durchweg positiv, die durchgeführten Veranstaltungen können als gelungen verbucht werden.

Zusätzlich zu diesen Aktivitäten fand an der TU Dresden im Mai und November 2021 ein digitaler Mastertag statt, an dem Frau Dr.-Ing. Pietsch (Kordinatorin Masterstudiengang) den Teilnehmer:innen ihre Fragen zu unserem Masterstudiengang „Textil- und Konfektionstechnik“ beantwortete. Weiterhin nahm Herr Kern (Ansprechpartner Studienwerbung) an der digitalen Karrieremesse ConTexMe 21, die von der Fakultät Textil & Design der Hochschule Reutlingen jährlich organisiert wird, teil und präsentierte den Studierenden die Vorzüge eines textilen Masterstudiums am ITM der TU Dresden. Darüber hinaus wurde auch unsere Online-Beratung „Meet the Prof“ von interessierten Bewerber:innen genutzt, bei der Herr Prof. Kyosev und Frau Dr.-Ing. Pietsch auf individuelle Anfragen eingegangen sind.

In Ergänzung zu den Veranstaltungen zur Studienrichtungsvorstellung sowie für die weitere aktive Studierendenwerbung wurden 2021 mehrere Videos erstellt, die von den zahlreichen Interessenten über unseren Youtube-Kanal angeschaut worden sind.

Im **Video 1** berichten unsere Alumni, die in der Wirtschaft und Wissenschaft aktiv sind, über ihr spannendes und sehr abwechslungsreiches Arbeits- und Forschungsfeld sowie Studierende der Studienrichtung Verarbeitungsmaschinen und Textilmaschinenbau des Diplom-Studiengangs Maschinenbau über



Link zum Video 1:

<https://youtu.be/9D-jCD51M3Y>



ihre aktuellen Erfahrungen und Eindrücke während ihres Studiums.

Im **Video 2** entstand mit Herrn Kern ein virtueller Rundgang durch die Hallen und Labore des ITM. Damit geben wir einen vielfältigen Einblick in die spannenden Studienmöglichkeiten am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden.



Link zum Video 2:

<https://youtu.be/yQHG80g-4wU>



Für die Studienwerbung setzen wir vermehrt auf verschiedene Social-Media-Kanäle, wie Facebook und Instagram - durch Sharepics können wir vor allem Studierende im Grundstudium erreichen und auf den Textilmaschinenbau und die darin liegenden Perspektiven sowie beruflichen Aufstiegschancen aufmerksam machen. Speziell für die Bewerbung über den Instagram-Account der TU Dresden entstand noch ein **Video 3** mit unseren beiden Studierenden Andrea Gracova und Philipp Weigel, denen wir nochmals ganz herzlich für ihre tatkräftige Unterstützung danken.



Link zum Video 3:

https://youtu.be/ts8Qa_q-rR8



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 aus unserem Fachbereich einfließen zu lassen.

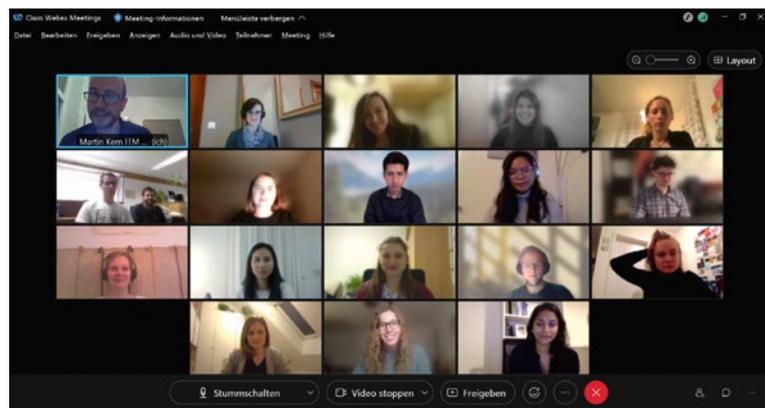
In Ergänzung erhielten die Studieninteressierten die Möglichkeit, in kleinen Gruppen und unter Einhaltung der Hygienevorschriften, an Rundgängen durch die Maschinenhallen im Walter-Frenzel-Bau, der Neuen Textilmaschinenhalle sowie der Textilmaschinenhalle Dresden-Dobritz und den Laboren teilzunehmen.

Die frühzeitige Einbindung von Studierenden des 4. Semesters in die Forschung als studentische Hilfskräfte wurde 2021 ebenfalls erfolgreich fortgesetzt.

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

- **Digitaler Treff der Studierenden im Rahmen der ADD-ITC 2021**

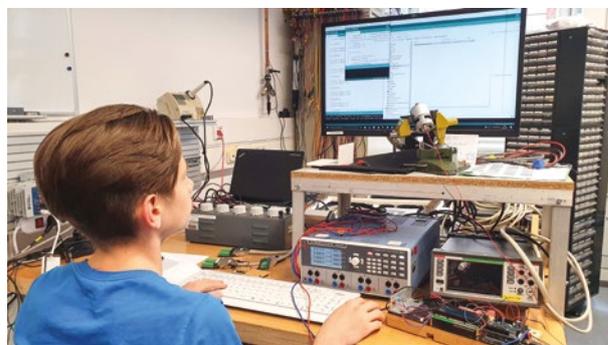
Im Rahmen der ADD-ITC 2021 fand am 09. November 2021 der mittlerweile obligatorische Studierendentreff statt. An dem digitalen Meeting nahmen insgesamt 14 Studierende der drei gastgebenden Institute DITF Denkendorf, ITA Aachen und ITM Dresden teil und folgten dem äußerst interessanten Rahmenprogramm des DITF Denkendorf zum Thema „Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft – Ansätze in der Textilindustrie“. In der zweieinhalbstündigen Veranstaltung nutzten die Studierenden die gegebenen Möglichkeiten für einen umfassenden Erfahrungsaustausch zu den Studienmöglichkeiten an den



jeweiligen Standorten sowie für ein intensives Networking. Wir danken dem DITF Denkendorf für die Vorbereitung und Durchführung dieses Meetings.

- **Weitere Aktivitäten**

Wir freuen uns sehr, dass wir in 2021 ein Schülerpraktikum in Präsenz ermöglichen konnten. Dieses wurde im Technikum der Textilmaschinenhalle Dresden-Dobritz durchgeführt. Ziel war es, dem Praktikanten entlang der textilen Wertschöpfungskette, vom Material über die Faser bis zum textilen Flächengebilde in die einzelnen Prozessschritte einzubringen und eine aktive Teilnahme an den Versuchen zu ermöglichen.



Des Weiteren fand eine Besichtigung der Textilmaschinenhalle Walter-Frenzel-Bau für Auszubildende der Berufsschule Dresden statt.

Auch wenn nach wie vor noch keine „Normalität“ in der Lehre eingekehrt ist, haben wir aus der Gesamtsituation das Beste gemacht, die Initiative ergriffen, Neues probiert und unser Handeln mit den Umständen in Einklang gebracht.

Natürlich freuen wir uns nach dem Ende der Pandemie wieder vermehrt Veranstaltungen in Präsenz anbieten zu können, doch die digitalen Medien sind aus dem modernen Lehrumfeld nicht mehr wegzudenken und können Impulse für eine zukunftsorientierte Universitätsausbildung setzen.

(Autorin: Sophie Barth, Lehrverantwortliche am ITM)

PROMOTIONEN

- **Dissertation von Herrn Dr.-Ing. Julian Reese**

Am 25. Februar 2021 fand unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Wagenführ (Institut für Naturstofftechnik der TU Dresden) die erfolgreiche Verteidigung der Dissertation „**Entwicklung eines resistiven Verfahrens zur Imprägnierung und Konsolidierung von auf Kohlenstofffasern basierenden thermoplastischen Hybridgarntextilien**“ von Herrn Dr.-Ing. Julian Reese statt.

Herr Dr.-Ing. Reese hat die wissenschaftlichen Untersuchungen zu seiner Dissertation extern parallel zu seiner Tätigkeit bei der Firma Daimler AG in enger Kooperation mit dem ITM ausgeführt und die Dissertation an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden eingereicht. Die wissenschaftliche Betreuung erfolgte am ITM durch Prof. Cherif.

Die Promotionsschrift wurde durch Herrn Prof. Cherif (ITM) und Herrn Prof. Modler (Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden) begutachtet. Als Beisitzende begleiteten Herr Prof. Ihlenfeldt (Institut für Mechatrischen Maschinenbau der TU Dresden) und Herr Prof. Kyosev (ITM) das Promotionsverfahren.

Aufgrund der aktuellen COVID-19 Pandemie fand die öffentliche Verteidigung als Video-Verteidigung statt. Ein Teil der Prüfungskommission und alle interessierten Zuschauer:innen nahmen online an der Promotionsverteidigung teil.

Herr Dr.-Ing. Julian Reese hat an der TU Hamburg Wirtschaftsingenieurswesen mit der Vertiefungsrichtung Produktentwicklung und Produktion studiert. Das Studium schloss er mit einer Masterarbeit am

Institut für Kunststoffe und Verbundwerkstoffe ab. Von 2017 bis 2021 bearbeitete Herr Reese im Rahmen seiner Industriepromotion bei der Daimler AG verschiedene Forschungs- und Industrieprojekte in dem Bereich der thermoplastischen Faserverbundwerkstoffe. Das Thema der Dissertation wurde dabei in sehr enger Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe „Flächenbildungstechnik“ des Instituts für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeitet. Die Ergebnisse seiner Promotion haben auch bei seiner aktuellen Tätigkeit bei der reese-solutions GmbH einen hohen Stellenwert für die Entwicklung und Optimierung von Produkten und Prozessen auf Basis von thermoplastischen Faserverbundwerkstoffen.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Entwicklung eines resistiven Verfahrens zur Imprägnierung und Konsolidierung von auf Kohlenstofffasern basierenden thermoplastischen Hybridgarntextilien

Die Textiltechnik ermöglicht den Einsatz von rezyklierten Kohlenstofffasern in thermoplastischen Faserverbundwerkstoffen mit hohen Festigkeitsanforderungen. Das Erreichen vergleichbarer mechanischer Eigenschaften entsprechender endlosfaserverstärkter Verbundwerkstoffe wird durch die Nutzung von Stapelfaser-Hybridgarntextilien realisiert. Die Anwendung von thermoplastischen Hybridgarntextilien für die Herstellung von mehr als 100.000 Bauteilen pro Jahr erfordert jedoch eine kurze Taktzeit zur Imprägnierung und Konsolidierung des textilen Halbzeugs. Diese ist in dem derzeitigen Stand der Technik nicht gegeben, sodass hier Forschungsbedarf besteht.



Herr Dr.-Ing. Julian Reese mit den vor Ort anwesenden Mitgliedern der Prüfungskommission

Die vorliegende Arbeit präsentiert eine Methode zur Reduktion der Taktzeit zur Imprägnierung und Konsolidierung komplexer Bauteilgeometrien auf Basis leitfähiger Hybridgarntextilien von derzeit mehreren Minuten auf unter eine Minute, mit Potenzial zur weiteren Minimierung. Dies erfolgt mittels In-situ-Erwärmung im formgebenden Werkzeug unter Nutzung der Widerstandsverluste bei Stromfluss durch die leitfähigen Verstärkungsfasern. Neben der Charakterisierung und Simulation der Erwärmung im Mehrlagengewebe wird eine Parameteranalyse an generischen Probekörpern durchgeführt, um die Machbarkeit zu demonstrieren. Genauso findet eine erfolgreiche Skalierung der Technologie durch Übertragung der Ergebnisse auf eine komplexe Bauteilgeometrie anhand einer innovativen Werkzeugtechnologie statt. Am Ende der Arbeit erfolgt eine wirtschaftliche Betrachtung der kompletten Prozesskette von der einzelnen Faser, über den Hybridroving und das Mehrlagengewebe, bis zum fertigen Bauteil.

Die Arbeit zeigt eine Technologie zur wirtschaftlichen Fertigung von Bauteilen aus rezyklierten Kohlenstofffasern in unter einer Minute Taktzeit. Des Weiteren bieten sich Vorteile durch die geringen Materialkosten des Hybridrovings, den hohen Grad der Automatisierung und die energetisch effiziente intrinsische Erwärmung des Halbzeugs.

Download der Dissertation:
Qucosa®:



Development of a joule heating process for the impregnation and consolidation of carbon fiber based thermoplastic hybrid yarn textiles

Textile engineering enables the use of recycled carbon fibers for thermoplastic composite components with high mechanical requirements. Achieving comparable mechanical properties as continuous fiber reinforced composite components is realized by hybrid yarn textiles based on staple fiber technology. However, the use of thermoplastic hybrid yarn textiles to produce more than 100,000 parts per year requires short cycle times for the impregnation and consolidation of the textile semi-finished products. This is not given in the current state of the art, such that there is a need for research.

The conducted research presents a method to reduce the cycle time for impregnation and consolidation of complex component geometries based on electrically conductive hybrid yarn textiles from currently several minutes to under a minute, with potential for further reduction. This is realized by intrinsic joule heating of the electrically conductive carbon fibers under pressure in the forming die. In addition to the characterization and simulation of the heating process within the multi-layer-fabric, a parametric analysis was carried out on generic specimens to demonstrate the fea-

sibility. Moreover, the proven concepts were scaled by a transfer of the parameters to a complex component geometry using an innovative tooling concept. Finally, the whole process chain starting from the polymer and the single fiber to the hybrid yarn, the multi-layer-fabric and the finished component was evaluated on an economic basis.

The realized work shows a technology for the economical production of components based on recycled carbon fibers in less than a minute cycle time. Furthermore, there are advantages due to the low material costs of the hybrid roving, the high degree of automation and the energetically efficient intrinsic heating of the semi-finished product.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr.-Ing. Julian Reese 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. Dustin Ahrendt**

Am 27. Mai 2021 fand unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Gude (Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik der TU Dresden) die erfolgreiche Verteidigung der an der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten des ITM erarbeiteten Dissertation „**Entwicklung einer CAE-Prozesskette zur Herstellung und Verarbeitung funktionsangepasster biegeweicher und biegesteifer textiler Strukturen für kundenindividuelle neuartige orthopädische Hilfsmittel**“ von Herrn Dr.-Ing. Dustin Ahrendt statt.

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

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

Herr Dr.-Ing. Dustin Ahrendt studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der technischen Vertiefungsrichtung „Textil- und Konfektionstechnik“ im Bachelor sowie Master an der TU Dresden. Das Studium schloss er mit einer Masterarbeit am ITM ab. Von November 2015 bis Oktober 2020 war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM der TU Dresden an der heutigen Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten tätig. Sein Forschungsfokus lag auf der Kombination additiver Fertigungs-

verfahren mit textilen Materialien. Für das Konzept „Bend-It“, welches ein Kompressionsgestrick mit carbonfaserverstärkten Funktionselementen zur Bewegungsbegrenzung im Sport kombiniert, wurde er zusammen mit Herrn Dipl.-Ing. Felix Schmitt mit dem zweiten Platz der purmundus challenge 2016 ausgezeichnet. Im Rahmen seiner Dissertation setzte er sich mit der CAE-gestützten Realisierung dieser Materialkombination für einen Anwendungsfall im Bereich des Kniegelenkes auseinander. Er konnte zeigen, dass sich mittels der entwickelten CAE-Prozesskette kundenindividuelle orthopädische Hilfsmittel anwendungsgerecht und endlosfaserverstärkt herstellen lassen.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Entwicklung einer CAE-Prozesskette zur Herstellung und Verarbeitung funktionsangepasster biegeweicher und biegesteifer textiler Strukturen für kundenindividuelle neuartige orthopädische Hilfsmittel

Altersübergreifend werden orthopädische Hilfsmittel zur Heilung bzw. Prophylaxe verletzter Bewegungsapparate sowie zu Trainingszwecken oder für leistungssteigernde Effekte im Sportbereich eingesetzt. Additive Fertigungstechnologien eröffnen neue Anwendungspotenziale durch die funktionsangepasste Herstellung spezieller Elemente. Um strukturmechanische Eigenschaften gezielt zu beeinflussen, kommt eine zusätzliche Faserverstärkung (endlos: Carbon-, Glas-, Aramid-Filamentgarne; Kurzfasern: Carbon) zum Einsatz. So lassen sich neuartige orthopädische Hilfsmittel als Kombination aus textilem Bandagengestrick mit Kompres-

sionswirkung und kundenindividuell auf Basis von 3D-Körperdaten additiv und faserverstärkt gefertigten Strukturen realisieren. In der Dissertationsschrift von Herrn Ahrendt erfolgte die Erarbeitung, Validierung und Anwendung einer CAE-Prozesskette ausgehend vom personenindividuellen 3D-Scan, über die Konstruktion der biegesteifen Funktionselemente bis hin zur kombinierten, endlosfaserverstärkten additiven Fertigung mit Carbon direkt auf die textile Fläche zur Realisierung eines exemplarischen, leichtgewichtigen orthopädischen Hilfsmittels. Die anforderungsgerechte Auslegung der Funktionselemente und Evaluation des Designs erfolgte dabei simulationsgestützt. Hierfür wurden u. a. in Grundlagenuntersuchungen Zusammenhänge zwischen verschiedensten Einflussparametern (textilphysikalisch, chemisch, maschinenseitig) auf die resultierenden Textil-Polymer-Haftungseigenschaften untersucht. Die Kombination additiver Fertigung mit textilen Materialien soll zukünftig zu einer zügigeren Patienten-/Sportlerversorgung mit kundenindividuellen orthopädischen Hilfsmitteln beitragen.

Development of a CAE process chain for the production and processing of functionally adapted flexible and rigid textile structures for customized novel orthopedic devices

Orthopedic devices are used across age groups for healing or prophylaxis of injured musculoskeletal systems as well as for training purposes or for performance-enhancing effects in sports. Additive manufacturing technologies open up new application potentials through the functionally adapted production of special elements. Additional fiber-reinforcement (continuous: carbon, glass, aramid; short fibers: carbon) is used to specifically influence structural-mechanical properties. In this way, novel orthopedic devices can be realized as a com-



Herr Dr.-Ing. Dustin Ahrendt mit den vor Ort anwesenden Mitgliedern der Prüfungskommission

bination of knitted textiles with compression effect and customized structures manufactured additively and fiber-reinforced on the basis of individual 3D body data. In Mr. Ahrendt's dissertation, a CAE process chain was developed, validated and applied, starting from the 3D scan of the individual person, through the design of the rigid functional elements, to the combined, continuous fiber-reinforced additive manufacturing with carbon directly on the textile surface for the realization of an exemplary, lightweight orthopedic device. The design of the functional elements and the evaluation of the design were based on simulations. For this purpose, research was carried out to analyze the correlation between a wide range of influencing parameters (textile-physical, chemical, machine-side) on the resulting textile-polymer adhesion properties. The combination of additive manufacturing with textile materials is expected to contribute to a faster supply of patient/sportsman with customized orthopedic aids in the future.

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM gratulieren Herrn Dr.-Ing. Dustin Ahrendt 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. Jonas David Zerbst**

Am 29. November 2021 fand unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Brosius (Institut für Fertigungstechnik der TU Dresden) die erfolgreiche Verteidigung der Dissertation **„Entwicklung einer virtuellen Prozesskette zur rechnergestützten Simulation der Umformung von textilkaschierten Holzoberflächen dekorativer Bauteile im Fahrzeug-Innenraum“** von Herrn Dr.-Ing. Jonas David Zerbst statt.

Herr Dr.-Ing. Zerbst hat die wissenschaftlichen Untersuchungen zu seiner Dissertation extern parallel zu seiner Tätigkeit bei der Firma Mercedes Benz AG in enger Kooperation mit dem ITM ausgeführt und die Dissertation an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden eingereicht. Die wissenschaftliche Betreuung erfolgte am ITM durch Prof. Cherif.

Die Promotionsschrift wurde durch Herrn Prof. Cherif (ITM) und Herrn Prof. Wagenführ (Institut für Naturstofftechnik der TU Dresden) begutachtet. Als Beisitzende begleiteten Frau Prof. Krzywinski (ITM) und Herr Prof. Haller (Institut für Stahl- und Holzbau der TU Dresden) das Promotionsverfahren.

Aufgrund der aktuellen COVID-19 Pandemie fand die öffentliche Verteidigung als Video-Verteidigung statt. Ein Teil der Prüfungskommission und alle interessierten Zuschauer:innen nahmen online an der Promotionsverteidigung teil.

Nach seinem Masterabschluss im Studiengang Holztechnik an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung war Herr Zerbst von 2016 bis 2020 bei der Mercedes-Benz AG angestellt und im Bereich der Fahrzeug-Forschung und -Entwicklung tätig. In der Entwicklung von Interieur- Materialien und Fertigungsverfahren war er zuständig für die simulative Absicherung von Interieur-Komponenten. Dabei beschäftigte sich Herr Zerbst insbesondere mit der Material-Modellierung von Furnieren und der Auslegung des Fertigungsprozesses von Holzoberflächen für Zierteile über numerische Simulationen. Die dabei erarbeiteten Methoden und Erkenntnisse ermöglichen die virtuelle Auslegung der Fertigung von Holzzierteilen und ermöglichen damit die Einsparung von Entwicklungszeiten und Prototypen-Werkzeugen.

Zusammenfassung der Dissertationsschrift

Entwicklung einer virtuellen Prozesskette zur rechnergestützten Simulation der Umformung von textilkaschierten Holzoberflächen dekorativer Bauteile im Fahrzeug-Innenraum

Die dreidimensionale Formgebung von vliesstoffkaschierten Furnieren als Oberflächen von Zierteilen im Fahrzeug-Innenraum erfolgt über einen Umformprozess. Aufgrund der spröden, anisotropen und variablen mechanischen Eigenschaften von Holz erforderte die Abschätzungen der Umformbarkeit bei neuen Geometrien umfangreiche Absicherungsversuche anhand von Prototypen-Werkzeugen. In der vorgestellten Dissertation wurden daher numerische Methoden zur Vorhersage der Umformbarkeit von vliesstoffkaschierten Furnieren zur Reduzierung von Material- und Zeitaufwand im Fahrzeugentwicklungsprozess entwickelt. Der Materialverbund aus Eschenholz-Furnier und Vliesstoffkaschierung wurde dafür zunächst experimentell untersucht und charakterisiert. Auf Basis der Experimente wurden konstitutive Beziehungen und ein Materialmodell abgeleitet. Zur Abbildung von lokalem Versagensverhalten wurde ein Mapping-Verfahren zur diskreten Berücksichtigung der Eigenschaften von Früh- und Spätholz in Finite-Elemente-Modellen entwickelt. Die Umformsimulation mit so erzeugten digitalen Zwillingen-Proben eines Fahrzeug-Zierteils aus der Serienfertigung zeigte dabei eine sehr gute Übereinstimmung in der charakteristischen Faltenbildung, die sich auch am realen Bauteil über die individuelle Verteilung der Jahrringe einstellte. Die erarbeiteten Forschungsergebnisse stellen damit die vollständige Prozesskette zur virtuellen Auslegung des Umformprozesses vliesstoffkaschierter Furniere, unter Berücksichtigung von dessen individuellen wachstumsbedingten Eigenschaften, bereit.



Herr Dr.-Ing. Jonas David Zerbst mit den vor Ort anwesenden und online dazugeschalteten Mitgliedern der Prüfungskommission

Development of a virtual process chain for the computational simulation of the forming process of wood surfaces with nonwoven backings of automotive interior trim parts

In automotive manufacturing, laminated veneer sheets are being formed into a 3D geometry for the production of trim parts with wood surfaces. Estimations of the formability are challenging due to the brittle, anisotropic and inhomogeneous nature of wood. During the vehicle development process, the design of the forming process requires extensive tests with prototype tools. The presented thesis introduced numerical methods for the prediction of the formability of veneers with nonwoven backings in order to reduce expenses for the usage of resources and to rapid the development process. Therefore, ash wood veneers with nonwoven backings were characterized in their principal mechanical properties. The experimentally obtained data was used to derive constitutive laws and a material model. Furthermore, a mapping scheme was realized for the transfer of early- and latewood zones from ash wood veneer surfaces to finite element meshes, based on gray scale images to consider local damage. The forming simulation of therewith generated digital twin samples of an interior trim part surface delivered a very good agreement of the characteristic wrinkling behavior, dependent on the individual arrangement of the growth rings, as it was also observed from the real series manufacturing process. In summary, the developments provide the whole process chain for the virtual design of the forming pro-

cess of veneers with nonwoven backings, with consideration of the individual growth-related properties of the veneer structure.

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

Download der Dissertation:

Qucosa®:



AUSZEICHNUNGEN, EHRUNGEN UND WÜRDIGUNGEN

• 3. Platz beim „ASU Best Paper Award“ 2021

Im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung der wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), die vom 17. bis 20. März 2021 online stattfand, wurden herausragende wissenschaftlichen Originalarbeiten aus dem Jahr 2020 prämiert. Der „ASU Best Paper Award“ wird vom Alfons W. Gentner Verlag – dem Verlag der Fachzeitschrift „ASU“ gestiftet.

Den dritten Platz belegte die Arbeit „Techniken zur Bestimmung von Parametern für die elektrische Personenwarnung“ der Autorinnen und Autoren Dölker, Lau, Grölich, Haase, Krzywinski, Schmauder und Hauelsen.

URKUNDE

Arbeitsmedizin | Sozialmedizin | Umweltmedizin

ASU

Zeitschrift für medizinische Prävention

Best Paper Award 2021

3. Platz

für die Publikation

E.-M. Dölker, S. Lau, D. Grölich, E. Haase, S. Krzywinski, M. Schmauder, J. Hauelsen

„Techniken zur Bestimmung von Parametern für die elektrische Personenwarnung“

Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin
55, 2020: 645 – 652

Prof. Dr. med. Simone Schmitz-Spanke
 Chefredakteurin ASU

Prof. Dr. H. Drexler
 Präsident der DGAUM

Gentner

Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.

Die Arbeiten wurden hauptsächlich im Institut für Biomedizinische Technik und Informatik der Technischen Universität Ilmenau in enger Kooperation mit den beiden Autorinnen **Frau Prof. Dr.-Ing. habil. Sybille Krzywinski** und **Frau Dipl.-Ing. Elke Haase** von der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten des ITM durchgeführt.

Mit dem ASU Best Paper Award möchte der Alfons W. Gentner Verlag die wissenschaftliche Aktivität im deutschsprachigen Raum auf dem Gebiet der Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin würdigen und

fördern. Deswegen prämierte der ASU Best Paper Award die drei qualitativ besten wissenschaftlichen Arbeiten, die im Jahr 2020 in der ASU veröffentlicht wurden. Die ausgewählten Arbeiten wurden von einem Beirat bezüglich ihrer Qualität, ihrer Originalität und ihrer Relevanz für das Fachgebiet bewertet. Der Beirat besteht aus vier wissenschaftlich und praktisch tätigen Personen aus der Arbeitsmedizin.

• „Best Oral-Poster Award“ während der Expert:innen-Tage Verbundwerkstoffe 2021 durch die DGM verliehen

Vom 29. bis 30. Juni 2021 fanden die „Expert:innen-Tage Verbundwerkstoffe“ mit über 70 Teilnehmenden online statt, die durch die Deutsche Gesellschaft für Materialkunde (DGM) organisiert worden sind.

Während der Veranstaltung wurden aus allen eingereichten und vorgestellten Posterbeiträgen die besten drei Beiträge mit dem „Best Oral-Poster Award“ durch eine Fachjury prämiert.

Herr Dipl.-Ing. Quentin Bollengier, wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM, erhielt für seine Posterpräsentation „Bionische 3D-Schale-Rippen-Preformen mit komplex angeordneten Verstärkungselementen für Leichtbauanwendungen“ den „Best Oral-Poster Award“.

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

LEADING IN FIBRE & TEXTILE TECHNOLOGY
The Research Institute of University of Excellence

Faculty of Mechanical Science and Engineering Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology

Bionic 3D-rib-stiffened Preforms

Bionische 3D-Schale-Rippen-Preformen

Bionic model: Anisotropic water lily with complex rib-stiffened leaf structure | © Q. Bollengier

Concept for a 3D-rib-stiffened component with complex arranged ribbons | © S. Helmreich

<p>EN Motivation</p> <p>To increase the bending, buckling and torsional stiffness of highly loaded fibre-reinforced plastic composites, stiffening elements such as ribs, frames or stringers are currently used in a wide range of applications.</p> <p>However, these components have mostly been manufactured in differential construction design, hence, the lightweight construction potential of high-performance fibres is not fully exploited. In addition, due to the process, there is still no continuous fibre reinforcement between shell and stiffeners.</p>	<p>Objective</p> <p>The aim of the research is the development of a flexible process for the direct manufacturing of 3D rib-stiffened preforms with complexly arranged, intersecting stiffeners in the 0°, 90° and diagonal orientations in addition to a fibre reinforcement that is continuous throughout all preform parts.</p> <p>Potential industrial applications are all vehicle construction, automotive and mechanical engineering (e.g. doors or machine covers), hull structures in ship or model construction as well as load-bearing structures in aerospace (e.g. aircraft fuselage or rognid structures).</p>
<p>DE Problemstellung</p> <p>Zur Erhöhung der Biege-, Buck- und Torsionssteifigkeit hochbelasteter Faserkunststoffverbundbauteile kommen heute Verstärkungselemente zum Einsatz, wie Rippen, Spanten oder Stänger. Diese Bauteile werden jedoch bisher meist in Differenzbauweise hergestellt.</p> <p>Das Leichtbaupotenzial der eingesetzten Hochleistungsfasern wird dadurch nur teilweise ausgenutzt. Zudem fehlt prozessbedingt eine zwischen Schale und Rippe durchgehende Faserverstärkung.</p>	<p>Zielsetzung</p> <p>Ziel der Forschungsarbeiten ist die simulationsgestützte Entwicklung eines industrietauglichen Verfahrens zur integrierter Herstellung kreisförmiger 3D-Schale-Rippen-Teilpreformen mit komplex angeordneten, sich kreuzenden Verstärkungselementen in 0°, 90° sowie diagonaler Ausrichtung und insbesondere einer durch alle Preformteile durchgehenden Faserverstärkung.</p> <p>Forschungsanforderungen sind u.a. im Schalenformzug-, Auswind- und Apparatbau (z.B. Türen oder Maschinenabdeckungen, im Schiff- bzw. Modellbau, im Flugzeugbau) oder für hochbelastete Strukturen der Luft- und Raumfahrt (z.B. Flugzeugtragflügel oder rognid-Strukturen).</p>

The IGF research project 2070/08 of the Forschungsinstitut für Textilmaschinenbau Dresden e.V. (funded through the IGF program) is supported by the program for supporting the „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ from funds of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) by a resolution of the German Bundestag.

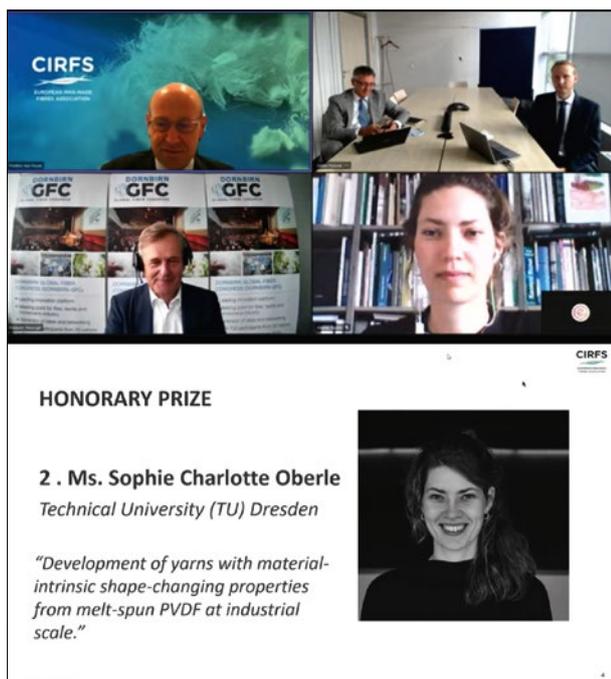
Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology (ITM)
Professur für Textile Technology
Prof. Dr. Ch. Chen, Dr. G. Grölich, Dr. S. Helmreich, Dr. T. Gerber, M.Sc. M.D. Pham, Dipl.-Ing. Q. Bollengier
Phone: +49 351 463-2243, Fax: +49 351 463-3423
E-Mail: quentin.bollengier@tu-dresden.de

From Atom to Product
More information about ITM

Das ITM war insgesamt mit zwei Postervorträgen zu den Themen „Bionically inspired composite structures with tailored weaves (Gereke, T.; Cherif, Ch.; Hoffmann, G.; Huynh, T.; Kern, M.) und „Bionische 3D-Schale-Rippen-Preformen mit komplex angeordneten Versteifungselementen für Leichtbauanwendungen (Bollengier, Q.; Cherif, Ch.; Häntzsche, E.; Pham, M.Q.) vertreten.

- **Paul Schlack Honorary Award 2021 für Frau M.Sc. Sophie Charlotte Oberle**

Im Rahmen der 60. Dornbirn-GFC 2021, die vom 15. bis 17. September 2021 als Online-Event stattfand, wurde **Frau M.Sc. Sophie Charlotte Oberle** mit dem Paul Schlack Honorary Award 2021 für ihre am ITM angefertigten **Masterarbeit „Modifizierung von elektroaktiven Polymeren zur Erzielung definierter aktorischer Wirkungen“** geehrt. Die Preisverleihung fand online statt und wurde durch Herrn Frederic van Houte (li. oben) und Herrn Friedrich Weninger (li. unten) durchgeführt.



Online-Preisverleihung im Rahmen der Dornbirn-GFC 2021
© Sonja Spöcker / Österreichisches Faser-Institut

In ihrer Masterarbeit modifizierte Frau Oberle Garne aus elektroaktiven Polymeren zur aktiven Stimulation des Zellwachstums bei Geweberegeneration. Hierfür wurden Polyvinylidenfluorid (PVDF-)Multifilamente mit unterschiedlichen Melt Draw Ratios (MDR) an einer industriellen Spinnanlage hergestellt. Mittels unterschiedlicher Verstreckungsgrade und Temperaturregime konnte der Anteil der piezoelektrischen β - γ -Phase der Garne erhöht werden. Aufgrund des hohen Anteils dieser piezoelektrischen Phasen (< 60 %) können die Garne im elektrischen Feld im niedrigen, für Zellen unkritischen μ A-Bereich, angeregt werden. Piezoelektrische Garne ermögli-

chen perspektivisch die Entwicklung von Zellträgersystemen, die im Körper in der natürlichen Umgebung von körpereigenen Zellen besiedelt und insbesondere durch die piezoelektrischen Eigenschaften der Garne die Vermehrung und Differenzierung der Zellen gefördert wird.

Frau Oberle schloss ihr Masterstudium 2021 im nicht-konsekutiven Studiengang Textil- und Konfektionstechnik am ITM mit der erfolgreichen Verteidigung ihrer Masterarbeit ab.

- **Otto-Hänsel-Preis 2021 für Herrn Dipl.-Ing. Alexander Busch**

Im Rahmen der FACHPACK 2021, die vom 28. bis 29. September 2021 in Nürnberg stattfand, wurden die Preise der Otto-Hänsel-Stiftung verliehen. Bedingt durch die CORONA-Pandemie wurden auf der seit entsprechend langer Zeit wieder in Präsenz stattfindenden wichtigen Fachmesse für Verpackung in Nürnberg dieses Mal die Preisträgerinnen und Preisträger aus 2020 und 2021 auf die Bühne gebeten.

Herr Dipl.-Ing. Alexander Busch (3. v. re.) erhielt den Otto-Hänsel-Preis 2021 für seine in 2020 am ITM angefertigten Studienarbeit „Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur flexiblen Ablage von Endlosfasern in additiv gefertigten kurzfaserbasierten Zellträgerstrukturen“.



Preisträger:innen zur Verleihung des Otto-Hänsel-Preises 2020 und 2021; © NuernbergMesse / Frank Boxler

Das Ziel seiner Arbeit bestand in der Entwicklung eines automatisierten Verfahrens zur Ablage von Endlosfasergarnen als Verstärkungskomponenten in 3D-Zellträgerstrukturen auf Basis des Fiber-based Additive Manufacturing (FAM)-Verfahrens. Mithilfe technologisch-konstruktiver Entwicklungen wurde die Zugfestigkeit um ein Vielfaches gesteigert und damit die Nachbildung der ECM hochbelasteter Gewebe, wie z. B. von Knochengewebe ermöglicht. Zur Umsetzung der technologischen Entwicklungen wurden in dieser Arbeit reinraumtaugliche Maschinenkomponenten konzipiert, umgesetzt und

erprobt. Mit ihnen wird das Ablegen, Platzieren und Schneiden von Endlosfilamentgarnen in einem in dieser Arbeit entwickelten vollautomatisierten Herstellungsverfahren ermöglicht.

Zur Förderung des Nachwuchses im Bereich des Verarbeitungs- und Verpackungsmaschinenbaus wurde im Jahre 2001 an der Professur Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik gemeinsam mit dem VDMA eine Stiftung gegründet, welche in jedem Jahr Preise an hervorragende Studienarbeiten vergibt. Einmal im Jahr vergibt die Otto-Hänsel-Stiftung je einen Preis für die beste Diplomarbeit und zwei für die beiden besten Studienarbeiten im jeweils zurückliegenden Bewerbungszeitraum. Durch die feierliche Überreichung im Rahmen einer passenden Fachveranstaltung würdigt die Stiftung die Leistung der Studierenden, erhöht die Sichtbarkeit des Fachgebietes und fördert dessen zukünftige Entwicklung.

Mittlerweile hat Herr Busch sein Studium erfolgreich im Diplom-Studiengang Maschinenbau / Studienrichtung Verarbeitungsmaschinen und Textilmaschinenbau (VTMB) mit der Profilierung Textilmaschinenbau mit der Verteidigung seiner Diplomarbeit abgeschlossen.

- **Herr Dr.-Ing. Moniruddoza Md. Ashir vom ITM wird für seine Dissertation mit dem Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen 2020 geehrt**



Herr Dr. Ashir (2.v.re.) zur Preisverleihung des Innovationspreises des Industrieclubs Sachsen 2020 gemeinsam mit Frau B. Deutsch (Geschäftsführerin Industrieclub Sachsen e.V.), Herr Prof. Dr. Ch. Cherif (Direktor des ITM), Frau Prof. U. Staudinger (Rektorin der TUD) und Herrn Dr. G. Bruntsch (Präsident Industrieclub Sachsen e.V.); v.l.n.r.; © Juergen Loesel

Herr Dr.-Ing. Moniruddoza Md. Ashir vom ITM wurde am 12. Oktober 2021 für seine **Dissertation „Entwicklung von neuartigen textilbasierten adaptiven Faserkunststoffverbunden mit Formgedächtnislegierungen“** mit dem Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen 2020 ausgezeichnet. Der Preis ist mit 5.000 EUR dotiert und wird jährlich an einen Absolventen der TU Dresden verliehen.



Laudatio von Prof. Dr. Ing. habil. Chokri Cherif
© Juergen Loesel

Die Entscheidung zur Vergabe des Innovationspreises des Industrieclubs Sachsen 2020 erfolgte im Sommer 2021 durch ein Preisgericht. Die Verleihung des Innovationspreises erfolgte im Rahmen einer Veranstaltung des Industrieclubs Sachsen im Schloss Eckberg in Dresden am 12. Oktober 2021.

Herr Dr. Ashir begann 2011 als DAAD-Stipendiat aus dem Bangladesh sein Studium im nicht-konsekutiven Studiengang Textil- und Konfektionstechnik am ITM. Mit der Masterarbeit zum Thema „Entwicklung von hybriden Gewebstrukturen für Leichtbauanwendungen“ schloss er das Studium erfolgreich ab. Mit diesen innovativen Entwicklungen erzielte er 2014 den Förderpreis des Deutschen Textilmaschinenbaus sowie 2015 als Zweitplatzierte den ITMA Research & Innovation Excellence Award.



Vorstellung seiner Dissertation durch Dr.-Ing. Moniruddoza Md. Ashir; © Juergen Loesel

In der Dissertation werden alternative Ansätze auf Basis von innovativen textilbasierten adaptiven Faserkunststoffverbunden (FKV) mit strukturintegrierten Formgedächtnislegierungen konzipiert, umgesetzt, erprobt und im Vergleich mit konventionellen technischen Lösungen evaluiert. Daher galt es, eine Vielzahl bisher ungelöster konzeptioneller sowie textil- und materialspezifischer Fragestellungen zu bearbeiten und tiefgreifend zu analysieren. Hierzu zählen die Entwicklung neuartiger Ansätze und technologischer Lösungen sowohl zur reproduzierbaren Einstellung einer anforderungsgerechten Grenzschicht zwischen der Formgedächtnislegierung in Drahtform sowie dem umgebenden Faserverbundwerkstoff, als auch zur vollautomatischen Integration des textilverarbeitbaren Aktors in die Verstärkungsstruktur. Weitere Zielstellungen bestanden in der Ermittlung von Struktur-Funktionseigenschaftsbeziehungen, dem Nachweis der funktionalen Langzeitstabilität sowie der Konzeptionierung und Erprobung von industrierelevanten Funktionsdemonstratoren. Hier wurden adaptive FVK als bionisch inspirierter Flug-, Nachgiebigkeits-, Greif-, Spann-, gezielter Flüssigkeitssteuerungs-, Wisch- und Fortbewegungsmechanismus konzipiert. Diese Demonstratoren repräsentieren alle wesentlichen Funktionalitäten der adaptiven FVK-Kinematik und lassen sich leicht auf andere industrielle Anwendungsbereiche übertragen, wie z. B. die Flugzeug-, Automobil-, Medizin-, Soft-Robotik-, Bau- oder Industrietechnikbranche.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erfolgten in enger Zusammenarbeit mit der Industrie, wie z. B. thoenes Dichtungstechnik GmbH und Elbe Flugzeugwerke GmbH und werden zukünftig am ITM intensiv fortgesetzt. Die neu entwickelte Technologie und Strukturen werden dem Leichtbau insbesondere als Knotenelemente für Rahmentragwerke im Fahrzeugbau, in der Luft- und Raumfahrt, im Maschinenbau sowie auch in der Architektur neue Impulse verleihen. Gegenwärtig wird forschungsseitig die Anwendung dieser Strukturen für medizinische Bereiche, insbesondere orthopädische oder prothetische Hilfsmittel, vorangetrieben.

- **Zwei VDMA-Preise des Deutschen Textilmaschinenbaus 2021 an Nachwuchswissenschaftler:innen des ITM verliehen**

Die Verleihung der Förder- und Kreativitätspreise 2021 der Walter Reiners-Stiftung des VDMA, Fachverband Textilmaschinen an Studierende und Nachwuchswissenschaftler:innen deutscher Universitäten für Spitzenleistungen in Studium und Promotion fand am 09. November 2021 im Rahmen der Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2021 statt. Die bundesweit ausgeschriebenen Förder- und Kreativitätspreise wurden erneut online durch Herrn Peter D. Dornier, Vorstandsvorsitzender der Walter Reiners-Stiftung, verliehen.



Herr Dr.-Ing. Martin Hengstermann wurde mit dem mit 5.000 EUR dotierten Förderpreis beste Dissertation des Deutschen Textilmaschinenbaues 2021 für seine am Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik der TU Dresden erarbeiteten **Dissertation „Entwicklung von Hybridgarnen aus recycelten Carbonfasern und Polyamid 6-Fasern für thermoplastische Verbundbauteile mit hohem Leistungsvermögen“** geehrt. Die erfolgreiche Verteidigung seiner Dissertation fand am 18. September 2020 statt.

Gegenstand der Dissertation ist die Entwicklung und Umsetzung von neuartigen Hybridgarnen aus recycelten Carbonfasern (rCF) und Polyamid (PA) 6-Fasern für thermoplastische Verbundbauteile. Diese Hybridgarne können die hervorragenden mechanischen Eigenschaften der rCF im Gegensatz zu bisherigen Lösungen in hohem Maße ausnutzen. Bedingt durch deren spezielle Fasereigenschaften (insbesondere hohe Querkraftempfindlichkeit, Sprödigkeit und fehlende Kräuselung) wurde dafür die Prozesskette der konventionellen Stapelfasergarnherstellung, bestehend aus Krempel, Strecke und

Flyer, umfangreich analysiert und technologisch-konstruktiv weiterentwickelt, wodurch erstmalig eine schonende und gleichmäßige Herstellung der Hybridgarne ermöglicht werden konnte.

Frau Dipl.-Ing. Irina Kuznik wurde mit dem 3.000 EUR dotierten Kreativitätspreis des Deutschen Textilmaschinenbaues 2021 für ihre exzellente **Diplomarbeit „Entwicklung zur umweltfreundlichen Herstellung neuartiger Chitosanfasergarne unter Einsatz von ionischen Flüssigkeiten“** ausgezeichnet.



In ihrer Diplomarbeit entwickelte Frau Kuznik einen völlig neuen Ansatz zur ökologischen und ökonomischen Herstellung von Chitosangarnen. Unter Nutzung ionischer Flüssigkeiten als gut geeignetes, neuartiges Lösungsmittel für Chitosan lässt sich Chitosan mit geringen Deacetylierungsgraden sowie reines Chitin erfolgreich auflösen. In einem Nassspinnverfahren können damit erzeugte Spinnlösungen zu neuartigen Chitosan- bzw. Chitinmonofilamenten mit sehr guten morphologischen Eigenschaften hergestellt werden. Des Weiteren lässt sich die ionische Flüssigkeit mittels eines Verdampfungsverfahrens aus dem Abwasser zurückgewinnen und wieder aufbereitet werden.



• Sächsischer Staatspreis für Design für interaktives CeTI-Exponat

Das Sächsische Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr zeichnete am 05. Juli 2021 das an der Professur für Technisches Design in Zusammenarbeit mit der Professur für Akustik und Haptik und dem ITM entwickelte, **interaktive Exponat „Sche-re, Stein, Papier“** in der Kategorie Nachwuchs-Kommunikationsdesign mit dem Sächsischen Staatspreis für Design 2020 aus. Vom ITM waren **Frau Dipl. Des. Carmen Sachse, Herr M. Sc. Florian Wieczorek und Herr Dipl.-Ing. Hans Winger** maßgeblich an der Entwicklung des prämierten Exponates beteiligt.

Das System dient im Rahmen des Exzellenzclusters „Centre for Tactile Internet with Human-in-the-Loop“ (CeTI) der Vermittlung und Veranschaulichung von Forschungszielen und -ergebnissen. Um die Zukunft der Mensch-Roboter-Interaktion für die Gesellschaft erfahrbar zu machen wurden dafür ein Roboterarm und ein intelligenter Handschuh entwickelt. Durch integral gestrickte Dehnungssensoren innerhalb dieses Handschuhes können Fingerbewegungen erfasst und von der Roboterhand gespiegelt werden. Auf diesem Wege kann das Forschungsgebiet des taktilen Internets Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen spielerisch erklärt werden.



Die Siegerbeiträge des Sächsischen Staatspreises für Design wurden zwischen August und Oktober 2021 in einer Wanderausstellung im Kunstgewerbemuseum der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden (SKD) im Schloss Pillnitz, im Industriemuseum Chemnitz und im Kunstquartier Bethanien Berlin gezeigt. Höhepunkt dieser Präsentationen war die Vernissage in Berlin, welche der sächsische Staatssekretär Dr. Hartmut Mangold eröffnete. An diesem Abend konnten die Besucher:innen das „Sche-re, Stein, Papier“-Exponat selbst ausprobieren und mit Mitarbeiter:innen des ITM und der Professur für Technisches Design in fachlichen Austausch treten.

(Autor: M. Sc. Florian Wiczorek)

- **Biomimetisches langzeitresorbierbares Trommelfellimplantat - Unter den TOP 3 beim Otto von Guericke-Preis der AiF 2021**

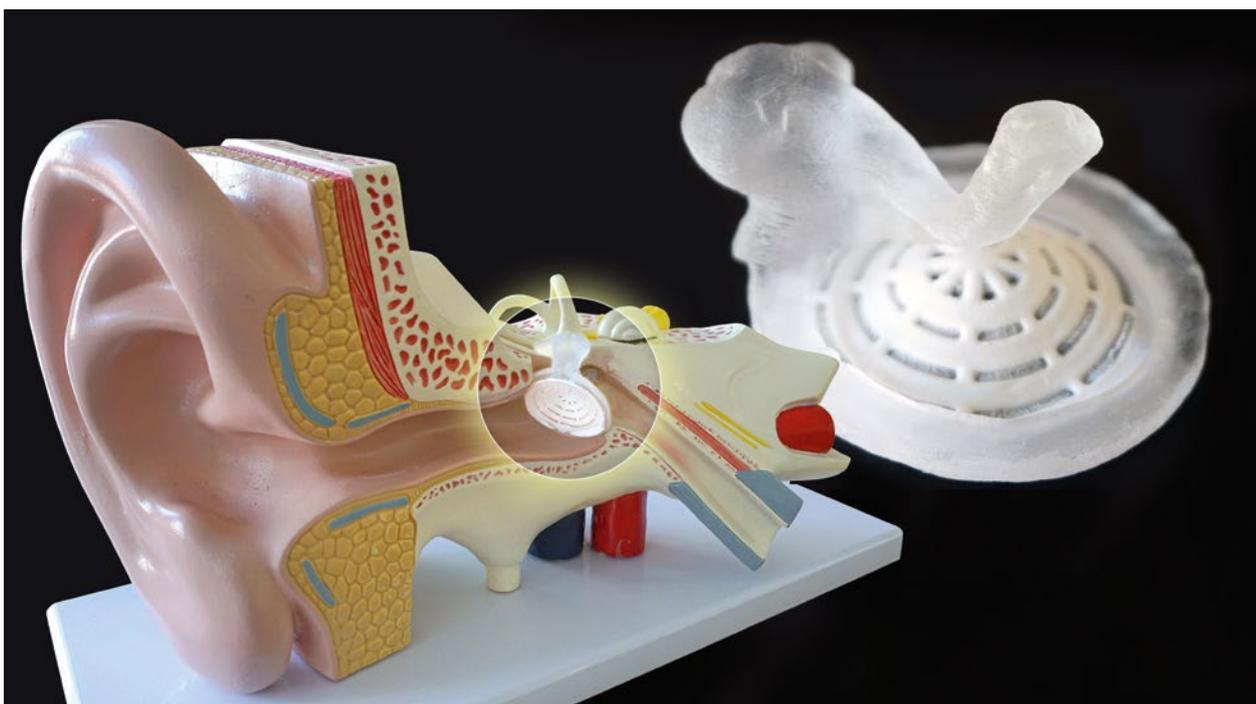
Das interdisziplinär aufgestellte Forscherteam von der TU Dresden, bestehend aus **Dr.-Ing. Dilbar Aibibu und Dipl.-Ing. Lukas Benecke vom Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) der TU Dresden sowie Prof. Dr. med. Marcus Neudert und Dr.-Ing. Zhaoyu Chen von der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde (HNO) der Medizinischen Fakultät der TU Dresden**, ist ein Finalistenteam, das es mit ihrer Entwicklung eines biomimetischen Trommelfellimplantats in die Endrunde des Otto von Guericke-Preises 2021 der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) geschafft hat.



Eines der drei Finalistenteams beim Otto von Guericke-Preis 2021: Dipl.-Ing. Lukas Benecke, Dr.-Ing. Dilbar Aibibu, Prof. Dr. med. Marcus Neudert und Dr.-Ing. Zhaoyu Chen (v.l.n.r); © AiF e.V.

Erstmalig: Dauerhafte und komplette Rehabilitation des Trommelfells

Über 30 Millionen Menschen leiden jährlich an den Folgen eines defekten Trommelfells. Ohne fachmedizinische Behandlung kann dies zu dauerhaften Schäden und schwerem Hörverlust führen. Zur Rekonstruktion des Trommelfells, der sogenannten Myringoplastik, werden heute körpereigene Knorpelhaut, Muskelhaut oder synthetische Materialien eingesetzt. „Da deren Materialeigenschaften nicht denen des natürlichen Trommelfells entsprechen, ist eine vollständige Rehabilitation der Trommelfellfunktion damit nicht möglich“, ist Professor Marcus Neudert vom Ear Research Center Dresden, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus, Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde (HNO) Dresden an der Technischen Universität Dresden überzeugt.



Biomimetisches Trommelfellimplantat mit orientierten Faserbereichen in einem Mittelohrmodell

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom ITM und HNO-Klinik der TU Dresden entwickelten gemeinsam innerhalb des IGF-Vorhabens „MyringoSeal“ ein biomimetisch aufgebautes künstliches Trommelfellimplantat, dessen Schwingungseigenschaften und Druckstabilität mit denen eines menschlichen Trommelfells vergleichbar sind. „Das ist bisher einmalig. Die neuartige Membran ermöglicht eine dauerhafte und komplette Wiederherstellung des Trommelfells. Die Herstellung solcher Implantate ist mithilfe der Elektrospinnentechnologie aus den Biomaterialien Seidenfibroin und Polycaprolacton realisierbar“, beschrieb Aibibu die Forschungsergebnisse. Anders als die aktuell verwendeten Materialien erlaube das Trommelfellimplantat eine naturgetreue Wiederherstellung der Schalleitung. Es fühle sich, laut Chen, operativ wie natürliches Gewebe an. „Bei der Entwicklung achteten wir darauf, dass es sich um schneidbare Materialien handelt. Damit können die Membranen direkt an den Trommelfelldefekt angepasst werden“, so Benecke weiter. Das Material halte aufgrund seiner Eigenschaften auch über Wasseradhäsion an Ort und Stelle, da naturgemäß Naht- oder Klebetechniken in diesem Bereich nicht eingesetzt werden können.

Das IGF-Vorhaben 20533 BR der Forschungsvereinigung DECHEMA Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsunternehmen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Forschungsergebnisse auch in völlig anderen Branchen anwendbar

Die Forschenden kooperierten in dem IGF-Projekt unter anderem mit der Heinz Kurz GmbH aus Dusslingen. Dessen Geschäftsführer Matthias Mertens fasste seine Erfahrungen zusammen: „Als mittelständischer Hersteller von Medizinprodukten, gerade im Bereich der HNO und der passiven Mittelohr-implantate, sind wir von den Ergebnissen begeistert. Zum einen, weil sich für den Patienten völlig neue Therapien aufbauen, für die es bisher keine Option gab. Zum anderen stärkt es uns auch im Wettbewerb, indem wir uns von dem, was auf dem Markt ist, abgrenzen können.“

Weiter betonte Dr. Andreas Förster, Geschäftsführer der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., eines von 100 AiF-Mitgliedern: „‘MyringoSeal’ ermöglicht die passgenaue Herstellung von komplexen Fasermaterialien. Dadurch ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, nicht nur in der Medizintechnik, sondern auch in anderen Branchen, wie der Elektrotechnik oder

der Architektur. Faktoren wie die anwendungsorientierte Zusammenarbeit mit kleinen und mittleren Unternehmen sowie die branchenübergreifende Nutzungsoption der Forschungsergebnisse machen dieses Projekt zu einem herausragenden Beispiel der Industriellen Gemeinschaftsforschung.“

Otto von Guericke-Preis

Mit dem Otto von Guericke-Preis zeichnet die AiF das IGF-Projekt des Jahres aus. Er wird seit 1997 vergeben und ist mit 10.000 Euro dotiert. Mit dem Preis würdigt die AiF Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF). Die vorwettbewerbliche IGF wird im Innovationsnetzwerk der AiF und ihrer 100 Forschungsvereinigungen organisiert und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) mit öffentlichen Mitteln gefördert.



Forschungsnetzwerk
Mittelstand



Industrielle
Gemeinschaftsforschung

Für die Entwicklung textilbasierter Sensoren zur kontinuierlichen Überwachung von Bauteilen wurde 2015 ein Wissenschaftler-Team vom ITM mit dem Otto von Guericke-Preis 2015 ausgezeichnet. Mit der Entwicklung neuartiger textiler Herzklappenprothesen schaffte das ITM es 2020 erneut in die Endrunde und wurde als eines der drei Finalistenteams des Otto von Guericke-Preises geehrt.

Die Prämierung des IGF-Projekts des Jahres 2021 und Bekanntgabe des Gewinnerteams erfolgte im Rahmen einer Online-Live-Veranstaltung der AiF am 1. Dezember 2021.

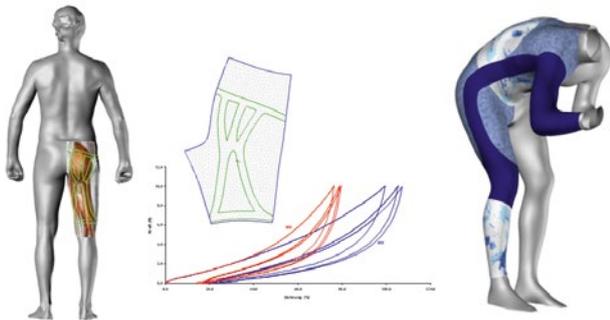
Einen spannenden Einblick über das nominierte IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V. zeigt das Video „Biometrisch langzeitresorbierbare Trommelfellimplantate“, welches über den QR-Code abrufbar ist.



PRÄSENTATIONEN UND TAGUNGSBERICHTE

• ITM – als Forschungspartner im Bereich der virtuellen Produktentwicklung bei ISPO München präsent

Die Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten am ITM präsentierte vom 01. bis 05. Februar 2021 zum ersten Mal auf der ISPO Munich Online 2021 – die weltgrößte Fachmesse für Sport – ihre Möglichkeiten im Bereich der virtuellen Produktentwicklung. Neben der Materialkennwertermittlung, anforderungsgerechten Aufbereitung und digitalem Datentransfer wurden Kompetenzen in der 3D/4D-Körperformfassung mittels Scannen, in der Animation der Daten zur 3D-Produktentwicklung von Funktionskleidung sowie Simulationen zur Visualisierung des Komforts und des Gebrauchs vorgestellt. Mit der Umsetzung erfolgreicher nationaler und internationaler interdisziplinärer Forschungsvorhaben nimmt die Professur eine weltweit führende Spitzenposition im Bereich der virtuellen Produktentwicklung ein.



Berücksichtigung der Kraft-Dehnungseigenschaften zur Konstruktion körpernaher Bekleidung

Während der ISPO gab Prof. Kyosev den Teilnehmer:innen einen Einblick in die Möglichkeiten der Digitalisierung für den Bereich der Textil- und Bekleidungsbranche. Hierfür wurde er von Franziska Zindl, Head of ISPO Awards & Innovations, interviewt. Eine Zusammenfassung des Interviews wurde anschließend für die Teilnehmer:innen online veröffentlicht.

Digitalization and the use of software have changed all aspects of our lives. The textile industry is no different. The past year of the coronavirus pandemic has been a pressing force on the digitalization of the textile industry. The need for digital twins is becoming ever more apparent.

Insights into digitalization of the textile industry

The change in human capital, available technologies and how companies can work together in the digitalization process are just some of the topics touched on by Franziska Zindl, Head of Awards & Innovation at ISPO and Prof. Yordan Kyosev, Professor at the Institute of Textile Machinery and High Perfor-

mance Material Technology and Head of the Chair of Development and Assembly of Textile Products at TU Dresden.



Franziska Zindl: What is the influence of the 3D visualization in our live and the industry?

Prof. Yordan Kyosev:

Completely digital versions of fabrics and 3D simulations are driving efficiency into the product development and creative processes. How is it achieved? With 3D fabrics, physical samples become redundant, shipment of samples around the globe is becoming obsolete, costs are saved, the environmental impact is reduced, and processes are enhanced by realistic simulations of a product. The entire process becomes faster and more adapted to the digitally oriented textile and apparel sector. **3D fabrics are a gamechanger:** product developers can import fabrics to their 3D development software, with all the characteristics needed and in just one click.

During the ISPO Textrends Award Fall/Winter 22/23, Foursource presents a pilot version of 3D fabrics on its platform. The cooperation with its partners Vizoo, Assyst and TU Dresden made it possible that the 75 ISPO Textrends Award winners are available in 3D. All virtual fabrics are made available for direct download and further use.

Franziska Zindl: How was performed the process from fabrics to digital models?

Prof. Yordan Kyosev:

1) Each fabric is scanned by Vizoo, the pioneering provider of 3D visualization equipment and services. The scan is provided in the open-source file format "U3M", which includes all visuals and texture image maps in one file (in the upcoming version also the physical characteristics).

2) Multiple material tests are performed by the testing laboratory of the Institute of Textile Machinery and High-Performance Material Technology (ITM) of TU Dresden. From tensile strength, thickness, material weight, and bending stiffness, conclusions can be drawn about a fabric's physical behavior. In addition, a drape-meter

picture is produced for a later comparison with a computer simulation - a circular sample of the fabric is placed on a (smaller) circular surface - which is photographed from the bottom. A very light, thin, and fluid fabric will show an area only slightly bigger than the circular surface from below, with puckered edges from small pleats. A very stiff and thick fabric on the other hand, will result in a much bigger area on the photo, because its edges hardly bend over the edge of the solid surface.

3) The raw data of the material tests are then further used by Assyst, the leading 3D development software provider. With the help of the optical and physical data, Assyst creates a simulation of the fabric which can be draped, positioned, and simulated freely on any objects or products. The physical measurements were verified by comparing a drape-meter simulation with the original drape-meter picture.

Franziska Zindl: What are the difficulties in the digitalization of the fabrics?

Prof. Yordan Kyosev:

The difficulties in the fabrics digitalization are located are based on two factors - human resources and the software development companies.

The material test which are required are more or less standard tests, but the understanding of their results and the translation of the results from one unit to another requires good engineering background, which TU Dresden provide for the students. Actually, in the higher price pressure in the clothing industry is often the reason, that our absolvents are applying their knowledge in another industries. We at ITM try to integrate the application of this required knowledge into software - and developed automatic data processing software „Material Analyzer“, but we have to provide separated files with separated results for each CAD software. If the clothing software producers could agree to a common, open format, the transformation from real to digital fabrics will be significantly faster and quicker. As example - we can look at the open document formats docx, xlsx, pptx, which were finally accepted by Microsoft and are integrated into all open source packages. Today nobody more thinks about this how to save a word document, because all can open the open document format docx. The same goal has to be for the digitalized fabrics data.

Source:
<https://app.foursource.com/tradeshows/4/content-page/ispo-3d-simulation>

Die Wissenschaftler:innen der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten haben sich aktiv bei der Vorbereitung und Umsetzung zur digitalen Darstellung der Materialproben für das ISPO Textrends Forum engagiert. Hierfür wurden Materialkennwerte der für den ISPO Textrends Award prämierten Stoffe für die 3D Passformsimulation in Vidya (Assyst/Vizoo) bestimmt und mittels einer an der Professur entwickelten speziellen Software



Drapiereigenschaften - Materialvielfalt

„Material Analyzer“ automatisch ausgewertet und entsprechend der Anforderungen digital aufbereitet. Diese Software ist neben weiterer hochmoderner CAE-Infrastruktur, wie z. B. der am ITM installierte 4D Scanner Move4D, unerlässlich für die weltweite Stärkung und den Ausbau der Spitzenposition in den Bereichen Digitalisierung und virtuelle Produktentwicklung von Bekleidung für Hightech-Anwendungen. Die Wissenschaftler:innen der Professur blicken mit ihren langjährigen Erfahrungen voller Zuversicht auf neue Forschungs Kooperationen auf diesem erfolgsversprechenden Forschungsgebiet.

Das gesamte Projekt für die ISPO 2021 wurde durch die Firma FOURSOURCE Group GmbH koordiniert, die die Charakterisierung und 3D Visualisierung der prämierten Materialien den Besuchern auf der ISPO 2021 als Pilotprojekt zur Verfügung stellt.

(Autorin: Dipl.-Ing. Ellen Wendt)

• Clothing-Body Interaction 2021

Vom 2. bis zum 3. Juni 2021 wurde die internationale Konferenz Clothing-Body Interaction 2021 (CBI) erstmalig abgehalten. Organisatoren waren Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev, Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten, ITM, TU Dresden und Prof. Dr. Lukas Capek, Department of the Technologies and Structures, Technical University Liberec, Tschechische Republik.

Insgesamt nahmen über 180 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus 25 Ländern aller Zeitzone an der Veranstaltung teil.

Die Konferenz stand unter dem Fokus des Austausches zwischen Forschern und Industrie im Bereich der komplexen Wechselwirkungen zwischen dem menschlichen Körper und der Kleidung. Die ingenieurtechnische Entwicklung von textilen Produkten erfordert die Anwendung interdisziplinärer Ansätze,

um den hohen Anforderungen in mehreren Bereichen gerecht zu werden. Die tiefgehende Analyse eines Aspekts, wie dem Tragekomfort von Alltagskleidung erfordert die Kenntnis und Berücksichtigung von Wärme- und Feuchtigkeitstransport, Körperstoffwechsel, Luftspalt zwischen Körper und Kleidung, Körperverformungen während der Bewegung, Feuchtigkeitsaufnahme der textilen Schichten. Für funktionelle Kleidung kommen zusätzliche Wechselwirkungen von einwirkenden mechanischen, chemischen oder anderen Kräften hinzu. Hochinteressante Beiträge der unterschiedlichen Themenbereiche wurden im Laufe der zweitägigen Konferenz gehalten und gemeinsam diskutiert.



Die virtuelle Konferenz bot eine einzigartige Plattform für den Austausch zwischen führenden Expert:innen, Forschenden und Unternehmen. Zusätzlich präsentierten Nachwuchswissenschaftler:innen Kurzbeiträge zu aktuellen Forschungsbeiträgen.

Die Clothing-Body Interaction 2023 ist bereits in Planung. Aktuelle Informationen werden auf der Veranstaltungswebseite <https://clothing-body-interaction.eu/> veröffentlicht.

(Autoren: MBA Dominik Münks, Prof. Dr. Yordan Kyosev)



• **2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibers 2021**

2021 fand das *2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibers*, ausgerichtet durch das Research Center Carbon Fibers Saxony (RCCF) vom 9. bis 10. Juni als zweitägige digitale Konferenz in Dresden statt. Themenschwerpunkte waren hierbei „Carbon Fibers from Renewable Resources and Process Optimization“ und „Multifunctional Carbon Fibers“. Abgerundet wurden diese Sessions durch die Vorstellung von fortgeschrittenen Dissertationsthemen und kürzlich abgeschlossene Promotionen in einer „Young Scientist Session“.



Dr.-Ing. Iris Krupke & Dr.-Ing. Thomas Behnisch - RCCF TU Dresden

Zum Kolloquium kamen 50 Teilnehmer:innen aus international führenden Forschungseinrichtungen. Die Vortragenden kamen aus den Fachbereichen Chemie, Physik, Materialwissenschaft, Werkstoff- und Verfahrenstechnik sowie Leichtbau und Textiltechnik, die bspw. zum Korea Institute of Science and Technology (KIST, Südkorea), vom Georgia Institute of Technology (USA), Carbon Nexus (Australien) sowie Technological Center CANOE (Frankreich) gehören.





2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibres - „Blick hinter die Kulissen“

Alle beschäftigen sich mit wissenschaftlichen Themenstellungen entlang der gesamten Herstellungs- und Prozesskette der Kohlenstofffasern, sodass ein gegenseitiges, tiefgreifendes Verständnis gewonnen werden konnte. Besonderer Schwerpunkt lag beim 2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibres auf Carbon Fibres from Renewable Resources, wobei cellulosebasierte Precursor und daraus resultierende Kohlenstofffasern mit drei Vorträgen von Frau Dr. Celia Mercader, Herrn Dr. Christoph Unterweger und Herrn Dr. Nikals Garoff im besonderen Fokus standen. Diese neuen Precursortypen erfordern eine deutlich andere Prozessführung in der Herstellung von Kohlenstofffasern bei der Stabilisierung, Carbonisierung, Graphitisierung und Oberflächenfunktionalisierung, weshalb die hochkomplexen Mechanismen der Strukturbildung bei der Faserherstellung und die skalenübergreifenden Prozessparameter-Struktur-Eigenschafts-Beziehungen gezielt thematisiert und interdisziplinär diskutiert wurden.

Mit besonderem Dank an die DFG und die TU Dresden sowie an alle Vortragenden und alle Zuhörer:innen sehen wir erwartungsvoll dem 3rd International Colloquium on Tailored Carbon Fibres entgegen.



Prof. Dr.-Ing. habil. Chokri Cherif - RCCF TU Dresden

2021, the 2nd International Colloquium on Tailored Carbon Fibres took place from 9 to 10 June as a two-day digital conference. The main topics were 'Carbon Fibres from Renewable Resources and Process Optimization' and 'Multifunctional Carbon Fibres'. These sessions were completed by the presentation of advanced dissertation topics and recently graduated doctorates in a 'Young Scientist Session'. The colloquium was attended by 50 participants from leading international research institutions. The speakers came from the fields of chemistry, physics, materials science, materials and process engineering as well as lightweight construction and textile technology, belonging for example to the Korea Institute of Science and Technology (KIST, South Korea), the Georgia Institute of Technology (USA), Carbon Nexus (Australia) and Technological Center CANOE (France).

All of them deal with scientific topics along the entire production and process chain of carbon fibers, so that a mutual, profound understanding could be gained. At the 2nd Dresden International Colloquium on Tailored Carbon Fibres, special emphasis was placed on carbon fibers from renewable resources, with cellulose-based precursors and the resulting carbon fibers being the focus of three presentations by Dr Celia Mercader, Dr Christoph Unterweger and Dr Nikals Garoff. These new precursor types require a significantly different process control in the production of carbon fibers during stabilization, carbonization, graphitization and surface functionalization, which is why the highly complex mechanisms of structure formation during fiber production and the cross-scale process parameter-structure-property relationships were specifically discussed on an interdisciplinary basis.

With special thanks to DFG and TU Dresden as well as to all speakers and all audience members, we look forward to the 3rd International Colloquium on Tailored Carbon Fibres.

(Autorin: Dr.-Ing. Iris Kruppke)



Prof. Dr.-Ing. Robert Böhm - HTWK Leipzig

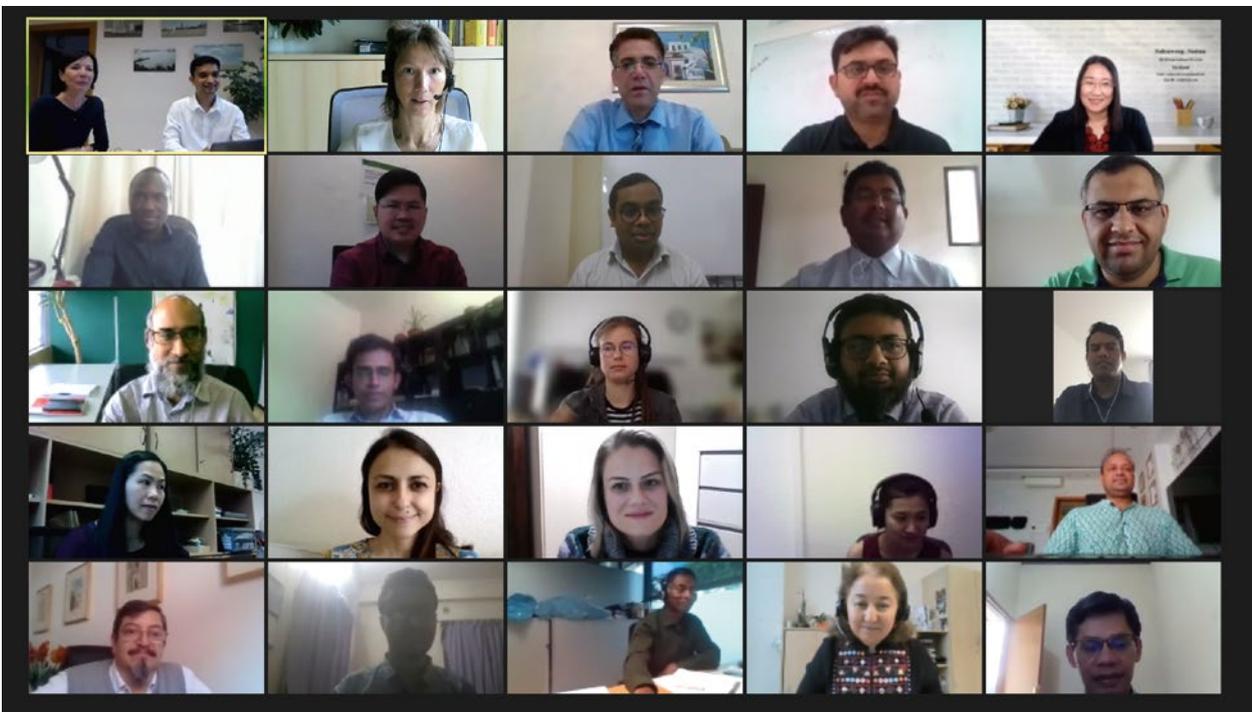
• Internationale Alumnikonferenz am ITM

Am 2. und 3. Juli 2021 fand eine Alumnikonferenz im Rahmen unseres Masterstudienganges Textil- und Konfektionstechnik – erstmals als Online-Event – statt. Eingeladen waren alle Alumni des seit mehr als 20 Jahren bestehenden Masterstudienganges. Neben den DAAD-Stipendiat:innen, die insbesondere in der Anfangszeit den Studiengang prägten, gehörten unsere Alumni aus dem In- und Ausland sowie auch unsere derzeitigen Masterstudierenden und Lehrenden zu den Teilnehmer:innen der Alumnikonferenz.

Insgesamt waren rund 40 Teilnehmer:innen aus Asien, Afrika, Europa und Südamerika zugeschaltet – für einige Zuhörende war es ein Midnight-Event.

Die, zumeist ausländischen Alumni, die heute in Industrie, Forschung und Lehre tätig sind, gaben Einblicke in die aktuellen Themen und Inhalte aus ihrer Berufspraxis. Schwerpunkte waren u. a.:

- Abfallvermeidung und Nachhaltigkeit in der Textil- und Konfektionsindustrie durch den Einsatz digitaler Technologien,
- Einsatz textilbasierter Generatoren und Sensoren,
- antibakterielle Ausrüstung von Naturfasern und
- Nachhaltigkeit in der Textilindustrie – ein Schwerpunkt in der Ingenieurausbildung in Bangladesch.



Das Konferenzprogramm umfasste sowohl wissenschaftliche Vorträge der Alumni als auch Aspekte des aktuellen Masterstudienganges. Wie bei einer „richtigen“ Konferenz in Präsenz wurde das Programm mit virtuellen Führungen durch die verschiedenen Versuchsfelder und Laboratorien am ITM und Rundgängen über den Uni-Campus begleitet. Auch für die um die Konferenz „herum“ individuellen Gespräche war dank der virtuellen Plattform „wounder.me“ für ausreichend Zeit und Raum gesorgt.

Nach einer sehr ausführlichen Vorstellungs- und Wiedersehensrunde informierte Herr Professor Cherif über die aktuellen Aktivitäten in Forschung und Lehre am ITM. Herr Professor Kyosev, berichtete am zweiten Tag über seine Professur „Entwicklung und Montage von textilen Produkten“, die den meisten Alumni noch als „Professur für Konfektionstechnik“ unter der Leitung von Herrn Professor Rödel und Frau Professor Krzywinski bekannt war.

Am ITM tätige Alumni ergänzten das Konferenzprogramm mit Beiträgen aus ihren aktuellen Forschungsthemen, u. a. zu Recyclingtechnologien für Carbonfasern, innovativen Nähtechnologien und zu Simulationswerkzeugen für textile Halbzeuge.

Die zahlreichen Meinungsbekundungen zu den einzelnen Vorträgen waren in vielerlei Hinsicht sehr bereichernd und inspirierend. Einen intensiven Austausch gab es auch zu den Inhalten des aktuellen Masterstudienganges. **Eine wichtige Botschaft unserer Alumni-Experten war, dass der Masterstudiengang mit seiner Ausrichtung auf Technische Textilien und Nachhaltigkeit weltweit sehr großes Ansehen genießt und zukünftig die Fokussierung auf Nachhaltigkeit und Umweltschutz in der praxis- und forschungsorientierten Lehre weiter intensiv und detailliert unbedingt vorangetrieben werden sollte.**



Prof. Dr.-Ing. habil. Chokri Cherif, Dr.-Ing. Kathrin Pietsch und Dr.-Ing. Monirudozza Ashir - ITM, TU Dresden



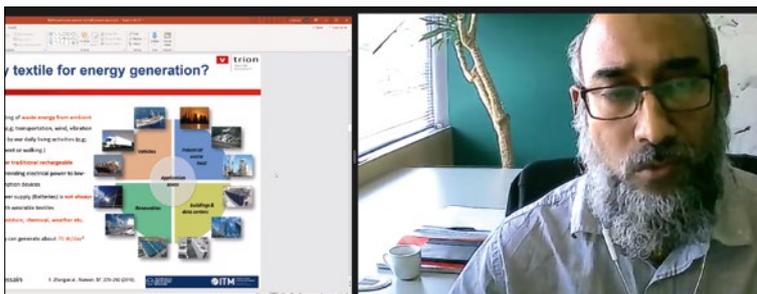
Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev - ITM, TU Dresden



Prof. Dr. Lal Mohan Baral – Ahsanullah University of Science and Technology (AUST), Dep. Textile Engineering, Bangladesh



M. Sc. Minh Quang Pham - ITM, TU Dresden



Dr. Gaffar Hossain – V-Trion Textile Research GmbH, Österreich

Die Konferenz klang mit einem wundervollen virtuellen Stadtrundgang „Mein liebes Dresden“ aus, wobei der Titel des Videos die persönlichen Emotionen aller bei der anschließenden Verabschiedung nach zwei sehr intensiven Tagen umfassend zu widerspiegeln schien. Für alle Teilnehmer:innen – Alumni und Masterstudierende war es auch eine völlig neue Erfahrung, sodass die Zeit an diesen beiden Tagen gar keine Rolle spielte!

Das Online-Event war gänzlich ohne finanzielle Unterstützung möglich – allein das Engagement und die tatkräftige Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung von Annett Dörfel, Sophie Barth, Dr. Monirudozza Ashir und Dr. Hassan Saeed haben das Alumnitreffen ermöglicht, wofür ich mich sehr herzlich bedanken möchte. Gleichwohl es sicher auch für alle Beteiligten eine bereichernde Erfahrung war, freuen sich alle auf ein Wiedersehen in Präsenz.

(Autorin: Dr.-Ing. Kathrin Pietsch)

Das ITM bedankt sich im Namen aller Stipendiat:innen beim DAAD für die jährliche Vergabe von Stipendien im Rahmen des Programms „Development-Related Postgraduate Courses – Education Professionals for Sustainable Development“ an hervorragende internationale Studienbewerber:innen.

Weitere Informationen, FAQ und Ansprechpartner:innen zu unserem Masterstudiengang „Textil- & Konfektionstechnik:



- **CeTI Summer School 2021**

Im Rahmen des Exzellenzclusters „Centre for Tactile Internet with Human-in-the-Loop“ (CeTI) fand vom 21. bis 23. September 2021 erneut eine Summer School statt. Das Programme Office plante vielfältige Möglichkeiten zur Weiterbildung, zum Team Building und Socializing. Die Teilnehmenden konnten dabei an abwechslungsreichen Veranstaltungen, wie Fachvorträgen, Workshops zum wissenschaftlichen Schreiben, 3D-Drucken, interdisziplinärer Forschung oder der Start-Up-Gründung, sowie Laborbesichtigungen auf dem Campus der TU Dresden oder der Firma Wandelbots GmbH, teilnehmen.

Innerhalb des Scientific Writing Workshops erfolgte unter Anleitung der Graduate Academy der TU Dresden eine Schreibberatung für Doktorand:innen. In diesem wurden verschiedene Strategien und Techniken zur Strukturierung, Umsetzung und Finalisierung wissenschaftlicher Arbeiten (z. B. Dissertationsschriften) aber auch Publikationen, vorgestellt, erprobt, diskutiert und in Gruppen trainiert.

In einem 3D-Printing Workshop konnten Kenntnisse zur Konstruktion mit CAD-Programmen erworben bzw. vertieft werden. Der Fokus lag dabei auf 3D-druckgerechter Modellbildung sowie der anschließenden -konvertierung in 3D-Druckdaten. Anhand von Druckversuchen vor Ort konnten dabei Fehlerquellen greifbar illustriert, aber auch Erfolge und Fortschritte in Form der erarbeiteten Konstruktionen in kurzer Zeit plastisch erlebbar gemacht werden.

Ein großes Highlight für die Teilnehmenden der Summer School sowie Mitarbeitenden von CeTI war dabei die Laborführung in einer der drei Versuchshallen des ITM auf dem Campus der TU Dresden, welche am letzten Tag der Summer School stattfand. Hierbei wurden, thematisch passend zu den Arbeitsinhalten im Projekt, textile Fertigungstechniken und Untersuchungsmethoden vorgestellt. Im Walter-Frenzel-Bau konnten die Besucher:innen drei Stationen Textilausrüstung/-veredlung, Stricken und Sticken durchlaufen. Dabei wurde ein kurzer Einblick in die Herstellung von elektrisch leitfähigen Garnen gegeben und dargestellt, mit welchen Mitteln diese noch abriebfester umgesetzt werden können.



Zudem konnten die Teilnehmenden der Labortour interaktiv unterschiedliche Funktionalisierungsverfahren (thermochrome, lumineszierte und leitfähige Beschichtung) von Textilien erleben. Zu der Flächenbildungstechnik Stricken wurden die textilen Grundlagen erläutert. An einer Handflachstrickmaschine konnten die Teilnehmenden selbst Gestrickstrukturen herstellen und die Fertigungstechnologie auf diesem Wege aus erster Hand erleben. Nach dieser Einführung in die Gestrickbildung an einer Handflachstrickmaschine wurde den Teilnehmenden eine moderne, industrielle Flachstrickmaschine und die Fertigung eines sensorisch ausgerüsteten Handschuhes vorgeführt. An der dritten Station wurde die nachträgliche Funktionalisierung von textilen Flächen durch die Sticktechnik vorgestellt. Dabei wurden auch hier die Grundlagen des maschinellen Verfahrens erläutert und an praktischen Beispielen illustriert. So wurde den Teilnehmenden demonstriert, wie Elektrodenfelder mit Hilfe der Sticktechnik maschinell umgesetzt werden können.

Um die Vorteile eines interdisziplinären Projektes wie des Exzellenzclusters „CeTI“ optimal nutzen zu können, ist ein guter Einblick der unterschiedlichen Fachbereiche, wie Psychologie, Medizin, Informatik sowie der verschiedenen Ingenieurwissenschaften in die Möglichkeiten und Denkweisen der anderen Disziplinen wichtig. Durch die Laborführung konnte



den Kolleg:innen aus den anderen Fachrichtungen ein umfassender Eindruck dafür vermittelt werden, dass sich die moderne Textiltechnik nicht nur auf handgefertigte Kleidung beschränkt.

Zum Ausklang der CeTI Summer School konnte bei einem gemeinschaftlichen Escape Game auf dem Campus der TU Dresden, mit einem abschließenden Barbecue im Innenhof des Barkhausen-Baus, der wissenschaftliche, wie soziale Austausch in lockerer Atmosphäre weiter vertieft werden.

Einige Teilnehmer:innen der Summer School nahmen am 24. September, zum krönenden Abschluss dieser intensiven und lehrreichen Woche, zudem die Gelegenheit zu einer gemeinsamen Kletter- und Wandertour in die Sächsische Schweiz wahr.

(Autor:innen: Dip.-Ing. Philippa Böhnke, M. Sc. Florian Wieczorek und Dipl.-Ing. Hans Winger)

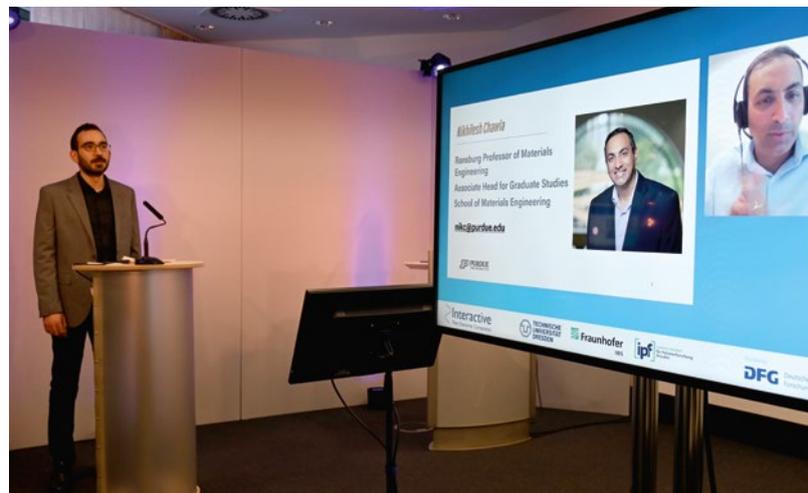
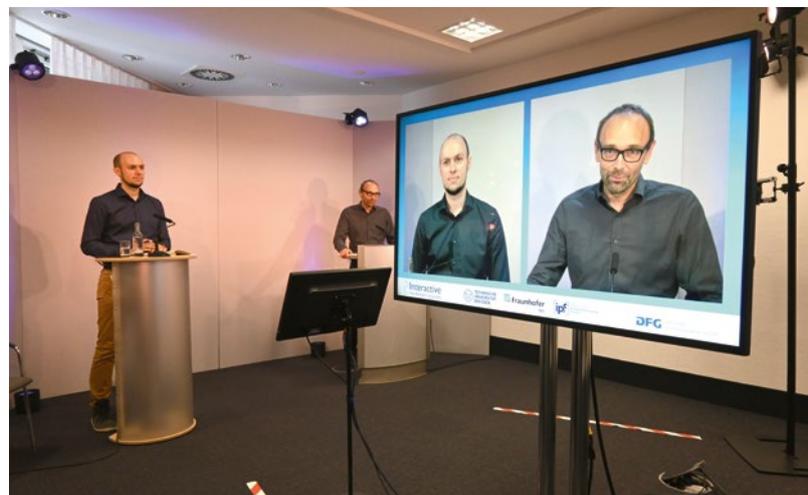
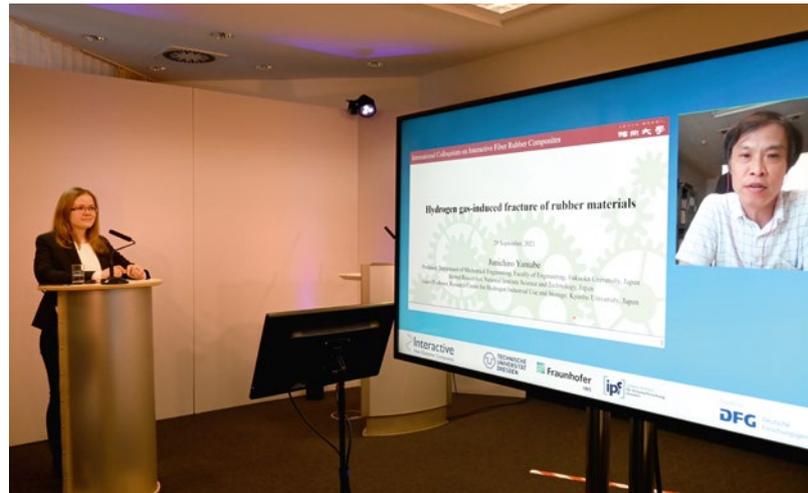
• International Colloquium on Interactive Fiber Rubber Composites 2021

Im Rahmen des Graduiertenkollegs 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ fand vom 28. bis 29. September 2021 ein internationales Kolloquium als hybride Veranstaltung in Dresden statt, welche maßgeblich von den Promovierenden organisiert wurde.



Im Rahmen der zweitägigen Veranstaltung wurden insgesamt 24 Vorträge gehalten, 13 davon von folgenden international anerkannten Gastwissenschaftler:innen:

- **Dr. Anil K Bastola** - University Nottingham, Großbritannien,
- **Prof. Nikhilesh Chawla** - School of Materials Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, USA).
- **Prof. Elena Kramarenko** - Moscow State University, Russland,
- **Prof. Mitsumi Kimura** - Shinshu University, Ueda, Japan,
- **Dr.-Ing. Paul Motzki** - ZeMA, Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gemeinnützige GmbH, Saarbrücken, Deutschland,
- **M.Sc. Elten Polukhov** - Universität Stuttgart, Deutschland,
- **Dr. Samuel Rosset** - The University of Auckland, Neuseeland,
- **Prof. Dr.-Ing. Stefan Seelecke** - Universität des Saarlandes, Deutschland
- **Dr. Majid Taghavi** - Imperial College London, Großbritannien,
- **Prof. Jyrki Vuorinen** - Tampere University, Finnland,
- **Prof. Frank Woittennek** - Institute of Automation and Control Engineering, UMIT - Private University for Health Sciences, Medical Informatics and Technology GmbH, Hall in Tirol, Österreich und
- **Dr. Junichiro Yamabe** - Fukuoka University, Japan.



Die Promovierenden sowie zwei externe Gastwissenschaftler (M.Sc. Elten Polukhov, Prof. Frank Woittennek), denen die Anreise möglich war, präsentierten ihre wissenschaftlichen Ergebnisse live in Dresden. Alle anderen Vortragenden wurden online zugeschaltet. Alle Vorträge wurden live auf eine professionelle Online-Plattform gestreamt. Insgesamt haben am internationalen Kolloquium mehr als 120 Personen teilgenommen. Durch die hybride Form der Veranstaltung konnten dabei renommierte Wissenschaftler:innen für Fachvorträge gewonnen werden. Die

Doktorand:innen des GRK 2430 haben neben der Organisation auch die Moderation der einzelnen Sessions übernommen und konnten somit nicht nur ihr Organisationstalent, sondern insbesondere auch ihre Kommunikationsstärke unter Beweis stellen.

Im Rahmen von Postersessions haben die Promovierenden zusätzlich die Ergebnisse ihrer Zusammenarbeit untereinander in Form von gemeinsamen Postern vorgestellt. Die Postersessions dienten ebenfalls zur Diskussion und zum Austausch mit den

Teilnehmenden des Workshops. Die hybride Form der Veranstaltung mit einem professionellen Aufnahmestudio für die Vorträge sowie einer eigens eingerichteten Event-Plattform wurde von allen Beteiligten als sehr positiv bewertet und bot die Möglichkeit, eine größere Anzahl internationaler Expertinnen und Experten einzubeziehen.

Einen spannenden Einblick in die aktuellen Forschungsaktivitäten der insgesamt 11 Teilprojekte innerhalb des Graduiertenkollegs 2430 zeigt das Video „Interactive Fiber Elastomer Composites“, welches über den QR-Code abrufbar ist. Mit den folgenden Fotos, die im Rahmen der Videoerstellung entstanden sind, geben wir Ihnen bereits eine kleine Vorschau auf dieses anschauliche Video.



Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Förderung des Graduiertenkollegs 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ sowie allen Vortragenden und Zuhörer:innen, die mit ihrer aktiven Teilnahme zum Gelingen des Colloquiums maßgeblich beigetragen haben.

(Autorin: Dr.-Ing. Cornelia Sennewald)



VERANSTALTUNGSVORSCHAU

- **Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference 2022 als Präsenzveranstaltung im Eurogress Aachen**

Nach einer pandemiebedingten Verschiebung der Konferenz im Jahr 2020 und einer erfolgreichen virtuellen Konferenz im Jahr 2021 wird die ADD-ITC 2022 vor Ort im Eurogress Aachen stattfinden. Wir freuen uns außerordentlich auf den persönlichen Austausch mit Ihnen und die besondere Atmosphäre einer Präsenzveranstaltung. 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.

Die Textil- und Bekleidungswirtschaft 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 werden 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!

Partnerländer sind in diesem Jahr Schweden und Finnland, die mit mehreren Vorträgen vertreten sein werden.

Online-Anmeldung:

<https://www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc/anmeldung/anmeldung/>



Das Konferenzprogramm beinhaltet Plenarvorträge und Themensessions aus den Bereichen:

- Nachhaltigkeit in der Textilindustrie
- Zukunft der Textilproduktion
- Textilien für Medizin & Gesundheit
- Smart Textiles & Fashion
- Textilhistorie
- Technologietransfer (ZIM-Projekte im Textilbereich)
- Textile Entwicklungen von Start-ups



Aachen, December 01-02, 2022

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 2022 einbringen? Ob mit einem Ausstellungsstand, einer Anzeige im Book of Abstracts oder mit einem der Sponsoring-Pakete - wir freuen uns auf Ihre Anfrage!

Infos zur Ausstellung:

<https://www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc/liste>



Infos zum Sponsoring:

<https://www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc/sponsoren>



Für die Organisation der diesjährigen ADD-ITC ist das DWI - Leibniz-Institut für Interaktive Materialien, Aachen verantwortlich. Sie können sich jederzeit mit Fragen an das Organisationsteam per Mail: additc2022@dwf.rwth-aachen.de oder telefonisch: 049 (0)241 80233 - 49 wenden.

Weiterführende Informationen zur ADD-ITC 2022 finden Sie unter: <https://www.aachen-dresden-denkendorf.de>.



© DWI

INFORMATIONEN AUS DEM ITM

• Neue Mitarbeiter:innen

Seit Juni 2021 ist **Herr Dr.-Ing. Wolfgang Trümper** wissenschaftlicher Leiter der Professur Textiltechnik des ITM. Nach seinem Studium am ITM arbeitete er seit 2007 als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe „Textilien für den Leichtbau“. Mit Abschluss der Promotion übernahm er im Jahr 2015 die Leitung dieser Arbeitsgruppe. Mit Beginn des Jahres 2020 wechselte er in das Sachgebiet 5.1 - Forschungsförderung - der zentralen Universitätsverwaltung der TU Dresden und unterstützte hier die Wissenschaftler:innen des Bereichs Bau und Umwelt bei der Entwicklung und Überführung ihrer Forschungsideen in Drittmittelprojekte. Mit Eintritt von Herrn Dr.-Ing. Olaf Diestel in seinen wohlverdienten Ruhestand kehrte Herr Dr. Trümper an das ITM zurück und übernahm dessen Aufgaben. Herr Dr. Trümper ist nunmehr für die Organisation insbesondere der drittmittelfinanzierten Forschung der Professur Textiltechnik verantwortlich.

Seit August 2021 ist **Frau Zinah Alhatab** als Chemielaborantin am ITM in der Forschungsgruppe „Textilchemie und Textilausrüstung sowie Polymer- und Fasertechnologie“ beschäftigt. Im Jahr 2009 absolvierte Frau Alhatab an der al-Mustansiriyya Universität ihren Bachelor of Science in Chemie mit anschließender langjähriger Industrieerfahrung im Bereichen wie Qualitätskontrolle und Batterieentwicklung. Ihre Aufgabenschwerpunkte am ITM sowie im Rahmen von Arbeiten des RCCF umfassen die Durchführung von physikalisch-chemischen Materialanalysen von textilbasierten Werkstoffen, die Planung und Durchführung von Untersuchungen für Entwicklung von Faserstoffen, die Vorbereitung der experimentellen Untersuchungen, die Bedienung und Pflege von Laboranlagen sowie die technische und organisatorische Vorbereitung und Begleitung textilchemischer Praktika.

Seit September 2021 ist **Herr Dipl.-Ing. Leopold Alexander Frankenbach** als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM innerhalb der Forschungsgruppe „Textilchemie und Textilausrüstung sowie Polymer- und Fasertechnologie“ tätig. Er studierte mit der Vertiefungsrichtung Verarbeitungs- und Textilmaschinenbau Maschinenbau an der TU Dresden und schloss das Studium 2021 erfolgreich ab. Seine Diplomarbeit erfolgte in Kooperation zwischen dem ITM und dem Textilmaschinenhersteller OERLIKON BARMAG. Im Rahmen seiner Arbeit entwickelte Herr Frankenbach eine volumetrische Apparatur zur Präparation von texturiertem Polyestergerne. Sein Tätigkeitsfeld am ITM beinhaltet innovative Forschungsarbeiten im Bereich der schmelzgesponnen Multifilamentgarne.

Herr Yahya Abdulhakeem Mutlag begann im September 2021 in der Forschungsgruppe „Flächenbildungstechnik“ die dreijährige Ausbildung zum Pro-

duktionsmechaniker Textil in der Vertiefung Weberei. Herr Mutlag ist in Bagdad geboren und begann nach seinem Schulabschluss in Damaskus ein Studium der Mathematik. 2015 kam er nach Deutschland, lernte erfolgreich die deutsche Sprache und arbeitete in mehreren ungelerten Beschäftigungen. Wir freuen uns, dass er die Berufsausbildung am ITM begonnen hat und wünschen ihm alles Gute und viel Erfolg!

Seit Dezember 2021 ist **Herr M. Sc. Achyuth Ram Annadata** als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe „Struktur- und Prozesssimulation“ am ITM angestellt. Im Rahmen des Graduiertenkollegs GRK 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ bearbeitet er das Teilprojekt 2 „Simulation-based development of textile reinforcement structures for adaptive rubber composites with multi-sectional solid-state joints“. Herr Annadata absolvierte sein Bachelor-Studium in Maschinenbau in Indien und erwarb im Oktober 2020 seinen Master-Abschluss in Computational Mechanics an der Universität Duisburg-Essen. Die Masterarbeit fertigte er am Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, Halle (Saale) zum Thema „Thermokinetic simulation for thermoset cross-linking of fibre composite structures for automotive components“ an.

Seit Februar 2022 ist **Herr Dipl.-Ing. Karl Kopelmann** als wissenschaftlicher Mitarbeiter am ITM innerhalb der Forschungsgruppe „Mess-, Sensor- und Aktortechnik“ tätig. Er schloss 2021 sein Studium des Maschinenbaus mit der Vertiefungsrichtung des Verarbeitungs- und Textilmaschinenbaus an der TU Dresden ab. Zuvor arbeitete er bereits als studentische Hilfskraft in den Forschungsgruppen „Textilien für den Leichtbau“ und „Multimaterial-Garnstrukturen für Hightech-Anwendungen“. Seine Diplomarbeit beschäftigte sich mit dem Thema „Thermomechanische Charakterisierung von textilbasierten Aktoren“ und wurde am ITM im Kontext des Graduiertenkollegs 2430 „Interaktive Faser-Elastomer-Verbunde“ angefertigt. Seine Tätigkeiten umfassen Themenstellungen im Bereich adaptiver Faserkunststoffverbunde und der Messtechnik in der Textilfertigung.

• Ausgeschiedene Mitarbeiter:innen

Wir danken den folgenden in 2021 ausgeschiedenen Mitarbeiter:innen für ihre geleistete Arbeit und wünschen allen für ihre weitere berufliche und private Zukunft alles Gute und weiterhin viel Erfolg:

- Herr Dr.-Ing. Muhammad Awais
- Herr Dr.-Ing. Ronny Brünler
- Herr Dr.-Ing. Olaf Diestel
- Frau Dipl.-Ing. Elke Haase

- Herr Dr.-Ing. Hickmann
- Herr Dr. rer. nat. Rolf-Dieter Hund
- Frau Dr. rer. nat. Heike Hund
- Herr M. Sc. Arturo Romero Karam
- Frau Jara Marder
- Frau Cinderella Schunke
- Herr Dipl.-Ing. Julius Steinberg
- Herr Dr.-Ing. Nguyen Hoai An Tran
- Herr Martin Waldmann
- Herr Dr.-Ing. Daniel Weise
- Herr Dipl.-Ing. Johannes Wendler
- Frau M. Sc. Duy Minh Phuong Vo

• Dienstjubiläum

25 Jahre

- Frau Dr.-Ing. Christiane Freudenberg

Herzlichen Glückwunsch unserer Jubilarin!

• Gastwissenschaftler:innen am ITM

An der Professur für Entwicklung und Montage von textilen Produkten waren im Zeitraum von Juli bis September 2021 erneut vier Doktorand:innen mit finanzieller Unterstützung durch den DAAD tätig. Die drei Herren Desalegn, Muktar und Dereje und Frau Tibifez Hailu Nechno wurden von dem „Ethio-German Home Grown PhD Scholarship Programm“ zur Förderung ausgewählt, um deren Doktorarbeiten in Deutschland unter der fachlichen Betreuung von Prof. Kyosev voranzutreiben. Das Programm wurde durch das Ministry of Education (MoE) im Rahmen des Engineering Education Capacity Building Programme (EECBP) ausgeschrieben. Über die Dauer von drei Jahren können äthiopische Promovenden jeweils sechs Monate an einer deutschen Hochschule zu ihrer Dissertation forschen. Die Einreichung und Verteidigung der Promotion erfolgt zum Schluss an der äthiopischen Heimatuniversität. Der DAAD und das MoE finanzieren das Programm jeweils anteilig.



Zuletzt waren die vier Doktorand:innen von Anfang Oktober 2019 bis Ende März 2020 am ITM, sodass sie darauf aufbauend ihren wissenschaftlichen Austausch an der Professur fortsetzten. **Herr Desalegn Beshaw Agile** hat seine Forschung in dem Bereich der Mechanik von geflochtenen und gezwirnten Nähfäden weiter geführt. Der Prozess des Ultraschallschweißen von textilen Membranen stand im Fokus der Forschungsarbeiten von **Herr Muktar Seid Husen**. **Herr Dereje Berihun Sitotaw** hat sich im Rahmen seines Forschungsaufenthaltes mit dem Thema 3D Druck mit endlosverstärkten Materialien auf Textilien und deren Einsatz für Funktionsbekleidung weiter beschäftigt. **Frau Tibifez Hailu Nechno** hat ihre Fähigkeiten auf dem Gebiet der virtuelle 3D-Produktentwicklung“ vertieft und ausgebaut.

Herr Dr.-Ing. Fawzy Said Zaki Sherif absolvierte vom 01. Oktober 2021 bis 31. März 2022 als Gastwissenschaftler einen Forschungsaufenthalt am Research Center Carbon Fibers Saxony (RCCF) und am ITM. Die fachliche Betreuung erfolgte durch Frau Dr.-Ing. Iris Kruppke, Forschungsgruppenleiterin „Textilchemie und Textilausrüstung sowie Polymer- und Fasertechnologie“ am ITM. Zu diesem Zweck erhielt er ein Juniorstipendium im Rahmen des Dresden Fellowship Programms der TU Dresden. Das Hauptthema seiner Forschungsarbeiten beinhaltete die Entwicklung von porösen PAN-basierten Precursor unter Verwendung von Nanocellulose zur Herstellung von Kohlenstofffasern. Mit Unterstützung der Forschungsgruppe stellte Herr Dr. Sherif Nano-Cellulose/Polyacrylnitril-Fasern (NC/PAN) her, die als Precursor für Kohlenstofffasern verwendet werden. Dieser wissenschaftliche Austausch ermöglichte Herrn Dr. Sherif, neue Technologien zu erlernen und seine Karriere voranzutreiben. Es konnten neue Kooperationen initiiert werden und somit der Wissenstransfer zwischen den Universitäten vertieft werden. Durch Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und einem Vortrag werden die Arbeiten von Herr Dr. Sherif dem Fachpublikum zugänglich gemacht.





Herr Dr.-Ing. Fawzy Said Zaki Sherif graduierte im 1999 an der Abteilung für Textil- und Bekleidungstechnik der Menoufia-Universität, Ägypten, wo er als Dozent arbeitet. Im April 2011 promovierte er am ITM der TU Dresden unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. Hartmut Rödel. Das Thema seiner Promotion lautete „Multifunktionale textilbasierte Schienung von Frakturen am Beispiel der Radiusfraktur“. Seitdem ist er Regionalbotschafter der TU Dresden in Ägypten.

Under supervision of Dr. Iris Kruppke, head of Textile Chemistry and Textile Finishing / Polymer and Fiber Technology, Mr Sherif visits the Research Center Carbon Fibers Saxony (RCCF) and ITM as a visiting scientist from 01.10.2021 to 31.03.2022. For that purpose, he received a junior scholarship within the framework of the Dresden Fellowship Programme organized by TU Dresden. In his PhD thesis Mr Sherif focused on the topic of "Development of porous PAN based precursors using nanocellulose additives for manufacturing of carbon fibers". With the support of the research group, Mr Sherif produced Nano-cellulose/Polyacrylonitrile fibers (NC/PAN) using a wet-spinning technique, that are used as precursors for carbon fibers. This scientific exchange enabled Mr Sherif to learn new technologies and advance his academic career. Furthermore, new scientific collaborations could be initiated and the knowledge transfer between the universities could be enhanced. Currently Mr Sherif's work is made accessible to the specialist's public through publications in specialist journals as well as a lecture.

In 1999 Mr Sherif graduated at the Department of Textile and Clothing Technology, Menoufia University, Egypt, where he is now working as a lecturer. In April 2011, he received his PhD from TU Dresden, Institute for Textile Machinery and High Performance Material Technology (ITM), under supervision of Prof. Dr. Hartmut Rödel. In his research Mr Sherif focusses on the topic "Multifunctional textile based cast for radius fracture as an example for bones fractures". Since that time, he has been a regional ambassador of TU Dresden in Egypt.

• Neue Ausstattung am Institut

Das ITM verfügt über einen neuen **universellen Linearabzug der Firma Mageba International GmbH**. Die Maschine kann Textil bis 1 m Arbeitsbreite abziehen, bei maximalen Abzugskräften von bis zu 6.000 N. Die Ansteuerung erfolgt über einen Drehgeber, der mit den Abzugswalzen der unterschiedlichsten Textilmaschinen verbunden werden kann. Die Besonderheit des Linearabzuges liegt in der universellen Einsatzbarkeit an unterschiedlichen Textilmaschinen und die elektronische Höhenverstellung von 90 – 120 cm. Die Klemmung des Textiles erfolgt über manuell zu betätigende Klemmbacken. Die Backenbelege können an die individuellen Erfordernisse der unterschiedlichen abziehenden Waren effizient angepasst werden. Durch die hohe Varianz der Abzugsgeschwindigkeit



Universeller Linearabzug

von 1 bis 600 mm/min und die hohe Positionsgenauigkeit kann der Abzug von Anwendungen für Medizintextilien bis Preformen für FKV eingesetzt werden. Durch die hohe Variabilität ist der Abzug hervorragend für den Einsatz in Forschung und Entwicklung bzw. mit weiterer Automatisierung für die Stückfertigung geeignet.

Die finanzielle Förderung erfolgte im Rahmen des DFG-Vorhabens DFG PACS 2 CH174/42-2 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG. Wir danken der DFG für die Bereitstellung der finanziellen Mittel.

Seit Herbst 2021 ergänzt der Säure-Base-Titrator TitroLine® 7000 (SI Analytics) die technische Grundausstattung der Chemielabore der Forschungsgruppe „Textilchemie und Textilausrüstung sowie Polymer- und Fasertechnologie“. Zu den zahlreichen Funktionen des Gerätes gehören lineare und dynamische Titration auf Wendepunkte (Äquivalenzpunkte), Titrationen auf pH, mV und µA-Endpunkt sowie manuelle Titrationen und Dosierungen. Neben den typischen Anwendungen, wie Bestimmungen vom pH-Wert sowie Säure- und Basenkapazität wäss-

riger Proben, können Messungen der Säure- und Basenzahl in Ölen, Bestimmung der Enzymaktivität oder des Deacetylierungsgrades von Chitin/Chitosan durchgeführt werden.



Säure-Base-Titrator TitroLine® 7000

Seit Januar 2022 verfügt das ITM über eine neue **Farbmusterungskabine CAC 60** der Firma VeriVide See in Truth. Die Farbanforderungen sowohl in der Herstellung als auch im Wiederverkauf der textilen Materialien sind komplex und weltweit unterschiedlich. Um die Farbe des Produktes zu kontrollieren, ist es häufig notwendig, mehr als eine



Farbmusterungskabine CAC 60

Lichtquelle – z. B. „künstliches Tageslicht“ und „Warenhaus-Beleuchtung“ – einzusetzen. Mehrfache Lichtquellen sind ebenfalls notwendig, um Farb-Unbeständigkeiten, wie z. B. Metamerismus, zu entdecken. Nach Wahl der vier Lichtquellen, wie D65 (künstliches Tageslicht, wechselseitige Farb-Temperatur 6500 K), TL84 (Kaufhaus, Hallen und Bürobeleuchtung, Niederband-Triphosphor-Fluoreszenzlampe und wechselseitige Farb-Temperatur 4000 K, CIE Beleuchtung F11), F-Glühlampe (normale Hausbeleuchtung, Ca.-Farb-Temperatur 2800 K) und UV (Ultraviolett-Schwarzlicht) ist es möglich, die Farbmusterung, die Farbqualität und die Bestimmung von Farbabweichungen der Materialien unter standardisierter Beleuchtung zu charakterisieren und zu beurteilen. Die Leuchtmittel der VeriVide Farbmusterungskabinen sind so gewählt, dass diese in ihren Spektraleigenschaften den Beleuchtungsstandards der ISO/ CIE-Standards entsprechen.

• Institutsbesichtigungen am ITM

Aufgrund der coronabedingten Einschränkungen fanden auch 2021 Besichtigungen leider nur sehr eingeschränkt statt. Jedoch begrüßten wir unter Einhaltung der jeweiligen gültigen Hygieneauflagen mehrere Drehteams, die Fernseh- und Videobeiträge zu unseren Forschungsaktivitäten aufgenommen haben, worüber zusätzlich an dieser Stelle exemplarisch zurückgeblickt wird.

Das Interesse an unseren Entwicklungen im Bereich faserbasierter Bio- und Medizintextilien reißt nicht ab. Am 11. Mai 2021 begrüßten die Wissenschaftler Dr. Ronny Brünler und Philipp Schegner erneut ein Drehteam vom MDR in der Textilmaschinenhalle Dresden-Dobritz und berichteten über den Fortschritt ihrer Entwicklungen textiler Herzklappenprothesen sowie über neue spannende Projekte. Der Beitrag wurde am 12. Mai ausgestrahlt.



Im September 2021 begrüßten wir ein Filmteam, welches im Auftrag für die AiF das Forscherteam von der TU Dresden, welches für den Otto von Guericke-Preis der AiF 2021 nominiert war, die Entwicklung des biomimetischen Trommelfellimplantates in einen Imagefilm umgesetzt hat, welcher über diesen QR-Code abrufbar ist. Einen ausführlichen Bericht über die erfolgreiche Nominierung unter die Top 3 finden Sie auf den Seiten 95 bis 96.



- **Die TU Dresden wurde als offizieller Partner der New European Bauhaus Initiative ausgewählt und das ITM ist dabei!**

Ende 2020 kündigte EU-Kommissionspräsidentin Ursula von der Leyen die Gründung eines „neuen Europäischen Bauhauses“ an. Das Ziel des New European Bauhaus (NEB) ist es eine Verbindung zwischen dem europäischen Grünen Deal und den Lebensräumen der Menschen herzustellen. Die Initiative ist ein Appell an alle Europäer:innen, Vorstellungen von einer nachhaltigen und inklusiven, ästhetisch, intellektuell und emotional ansprechenden Zukunft gemeinsam zu entwickeln und umzusetzen. Die Hauptwerte des NEB umfassen die Themen Nachhaltigkeit, Ästhetik und Inklusivität.



Die TU Dresden identifiziert sich mit diesen Werten und möchte einen Beitrag zu dieser neuen Initiative leisten. Daher sind Wissenschaftler:innen und Mitarbeiter:innen aus den verschiedenen Fakultäten und Einrichtungen der TUD zusammengekommen, um Ideen über die Initiative auszutauschen und zu verbreiten und an zukünftigen Aktivitäten mitzuarbeiten. Aktuelle Aktivitäten der TUD im Sinne des New European Bauhaus wurden in einem Portfolio zusammengestellt.

Seitens des ITM werden in dieser Zusammenstellung themenspezifische Forschungsprojekte wie „Roboter-gestützte Garnablage im automatisierten Umlaufprozess“, „verschnittarme Biaxialgelege“ und „rCF Hybridgarne für Composite-Anwendungen“ vorgestellt.

- **Informationen des Wissenschaftlichen Beirates des Institutes für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik**

Die 32. Jahressitzung des Wissenschaftlichen Beirates des ITM fand am 23. April 2021 statt. Aufgrund der CORONA-Pandemie wurde diese Veranstaltung, wie auch im Jahr zuvor, online als Videokonferenz durchgeführt.

Deshalb konnte auch in diesem Jahr wegen der bestehenden Einschränkungen am Vorabend die traditionelle Auftaktveranstaltung mit Mitgliedern

des Wissenschaftlichen Beirates sowie Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des ITM nicht stattfinden.

Nach der Begrüßung zur 32. Jahressitzung und der regulären Protokollkontrolle der 31. Sitzung dankt Herr Professor Cherif den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates herzlich für die intensive Unterstützung der Forschung, insbesondere bei den IGF-Vorhaben, und der Lehre des ITM. Anschließend verweist er auf die allen Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirats im Vorfeld der Sitzung im PDF-Format per E-Mail zugegangenen ausführlichen Präsentation zu den aktuellen Arbeiten des ITM in Forschung und Lehre.

Anschließend werden personelle Änderungen im Wissenschaftlichen Beirat bekannt gegeben.

Folgende personelle Änderungen im Wissenschaftlichen Beirat basieren auf innerbetrieblichen Veränderungen in den Firmen bzw. auf der Änderung des Beschäftigungsverhältnisses:

- Fa. Lindauer Dornier GmbH:
Verabschiedung: Herr Laukamp
neuer Ansprechpartner: **Herr P. Dornier**
- Persönliche Mitgliedschaft: **Herr Th. Goller**

Im Namen des ITM und des Vorstandes des WB danken Herr Professor Cherif und Herr Doktor Sandler Herrn Laukamp für seine aktive Mitwirkung im Wissenschaftlichen Beirat und somit für die Unterstützung des ITM in der Forschung.

Mit digitalisierten Kurzvorträgen von unseren wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen werden den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates 9 Projektideen im Normalverfahren mit Laufzeitbeginn ab dem Jahr 2023 online vorgestellt. Weiterhin werden 4 branchenübergreifende Vorschläge präsentiert.

Die Erörterung der Projektideen wurde mit den wissenschaftlichen Mitarbeiter:innen und Professor Cherif online in der bereits bewährten Hybridvariante durchgeführt. Dies ermöglichte intensive fachliche Diskussionen zwischen den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates sowie den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des ITM. Dabei wurden seitens der Beiratsmitglieder zahlreiche wertvolle Hinweise für die Antragsausarbeitung gegeben, die durch die ITM-Mitarbeiter:innen zur Erzielung eines hohen Antragsniveaus genutzt werden.

Es wurde festgehalten, dass alle Projektideen als wichtig und bearbeitungswürdig einzustufen sind. Die festgelegte Prioritätenliste der vorgestellten Projekte für das IGF_Normalverfahren gibt wichtige Hinweise auf die Relevanz für KMU. Es können im Jahr 2022 Forschungsanträge im Normalverfahren im Umfang von ca. 2 Mio. EUR eingereicht werden. Entsprechend der Regelungen beim Forschungskuratorium Textil e.V. wird das ITM darüber hinaus drei

als branchenübergreifend und interdisziplinär anzusehende IGF-Vorhaben einreichen

Trotz der Umstände war die Online-Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates wieder eine gelungene Veranstaltung, wobei die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des ITM den direkten Kontakt und die bilateralen Gespräche mit den Beiratsmitgliedern erneut sehr vermisst haben.

Allen Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates des ITM sei an dieser Stelle für ihr Engagement und ihre unterstützenden Aktivitäten hinsichtlich Forschung und Lehre am ITM ganz herzlich gedankt.

(Autor: Dr.-Ing. Olaf Diestel)

- **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 15. April 2021 aufgrund der Corona-Pandemie wieder virtuell statt. Der Verein hat zum heutigen Zeitpunkt 70 Mitglieder (47 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 2020 und den darauf begründeten Rücklagenbeschluss des Vorstandes zur Verwendung der Mittel im Jahre 2021.

Der Revisionsbericht der Rechnungsprüfer Dr.-Ing. Wolfgang Trümper (TU Dresden) und Dr. Jürgen Tröltzsch (KARL MAYER Technische Textilien GmbH)

wurde ohne Einwände entgegengenommen. Somit konnte der Vorstand für die Abrechnungsperiode entlastet werden.

Für das Jahr 2021 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. Wir wünschen unseren Mitgliedern in diesen ungewöhnlichen schwierigen Zeiten beste Gesundheit und Durchsetzungskraft, um gemeinsam die Pandemie zu überstehen.

(Autorin: Dr.-Ing. Dilbar Aibibu)

Infos zur Mitgliedschaft

Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITM hoffen sehr, dass wir Sie mit unserem Jahresrückblick 2021 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 (Kontaktdaten siehe 3. Umschlagseite) kontaktieren.

QR-Code zum Mitgliedsantrag:



PRESSE (AUSZUG)

- **Artikel zur „ISPO Munich 2021“**

ITM präsentiert zum ersten Mal auf der ISPO Munich Online 2021.

<https://textination.de/de/node/23463> (01.02.2021)

ITM presents itself for the first time at ISPO Munich Online 2021.

<https://textination.de/en/node/23463> (01.02.2021)

ITM: Virtuelle Produktentwicklung bei ISPO Munich.

<https://textination.de/de/textile-technology/news/79/23453> (03.02.2021)

ITM: virtual product development at ISPO Munich.

<https://textination.de/en/textile-technology/news/79/23456> (03.02.2021)

ITM presents itself as research partner in the field of virtual product development at ISPO Munich. <https://www.texdata.com/news/26.Info-letter/14272.html> (04.02.2021)

- **Artikel zum „Otto von Guericke-Preis der AiF 2021“**

Sachsen spinnen Ersatz-Trommelfelle. <https://oiger.de/2021/11/24/sachsen-spinnen-ersatz-trommelfelle/181389> (24.11.2021)

TU Dresden: Forscherteam der ITM für Otto von Guericke-Preis der AiF 2021 nominiert.

<https://textination.de/de/news/entry/tu-dresden-forscherteam-der-itm-fuer-otto-von-guericke-preis-der-aif-2021-nominiert> (25.11.2021)

Forscherteam von der TU Dresden für den Otto von Guericke-Preis der AiF 2021 nominiert - Biomimetisches Trommelfellimplantat.

<https://oes-net.de/presse/forscherteam-von-der-tu-dresden-fuer-den-otto-von-guericke-preis-der-aif-2021-nominiert/> (26.11.2021)

FORSCHER Mittelstand – Kooperation schafft Innovation. <https://www.aif.de/home-details/forscher-mittelstand-kooperation-schafft-innovation.html> (02.12.2021)

Biomimetisches langzeitresorbierbares Trommelfellimplantat unter den TOP 3 beim Otto von Guericke-Preis der AiF 2021. <https://idw-online.de/de/news?id=783441> (02.12.2021)

Biomimetisches langzeitresorbierbares Trommelfellimplantat - Innovations Report ... unter den TOP 3 beim Otto von Guericke-Preis der AiF 2021. <https://www.innovations-report.de/sonderthemen/foerderung-preise/biomimetisches-langzeitresorbierbares-trommelfellimplantat/> (03.12.2021)

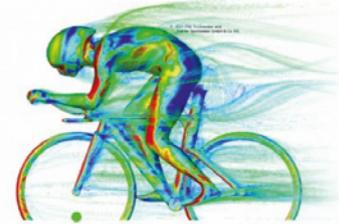
- **Artikel zur „CBI 2021“**

Aus: <https://www.innovationintextiles.com/the-dynamic-relation-between-humans-and-clothing/> (09.06.2021) – Auszug

The dynamic relation between humans and clothing

Marie O'Mahony

Conference discusses 3D and 4D scanning, digital simulation, soft avatars and more.

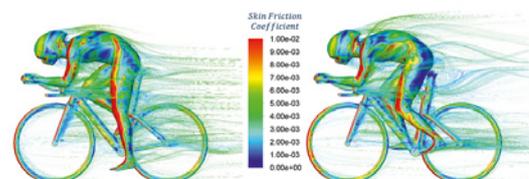


Clothing-Body 2021
JUNE 2-3 **INTERACTION**
Joint International Conference

© 2021 ITM, TU Dresden and Biehler Sportswear GmbH & Co. KG.

The dynamic relation between human and clothing was the subject of the International Conference Clothing-Body Interaction 2021 held virtually and organised jointly by the Technical University Liberec and ITM, TU Dresden. The subjects under discussion ranged from 3D and 4D scanning and digital simulation, to soft avatars and new material developments in a biobased Dyneema as well as a novel carbon nanotube and aramid sensor.

New research and development in 3D and 4D scanning is providing the apparel and footwear industries with answers to many questions, but with this increase in knowledge comes a whole range of new tasks.



Developing techniques to optimise cycle clothing with academic and industry cooperation between ITM, TU Dresden and Biehler Sportswear GmbH & Co. KG.
© 2021 ITM, TU Dresden and Biehler Sportswear GmbH & Co. KG.

Conference co-chair, Prof. Dr.-Ing. habil. Yordan Kyosev sees these advances in scanning as being particularly important for highly engineered textile products as well as those where the functions and comfort have to be maximised in order to provide protection against mechanical, chemical, temperature influences.

In his presentation on high speed body scanning and FEM simulations as tools for investigating the interaction between the human body, clothing and environment Dr Kyosev acknowledges that although the goal is the knowledge of the interactions within and around a single body, such investigation is still at an early stage with multiple strands.

“We can record movement up to 180 3D frames/second now, but how can we analyse and integrate this data in the remaining engineering tools?” he asks.

The case study of stab-resistant vests shows that not all interactions can be scanned. When the knife penetrates the fabric, the process needs to move to full multiscale body and textile simulation. A not inconsiderable issue when dealing with the recording of human movement is the amount of data needed for even a few seconds and the memory that is required for storage. Resolving issues such as this are as important to the research as evaluating the behaviour of fabric after laundry or collecting broad data about the mechanical and thermal behaviour of the human body under different type of loads.

• Artikel zu „Herzklappe aus der Webmaschine“

Aus: *Dresdner Universitätsjournal* (2021)3, 16.02.2021, S. 6

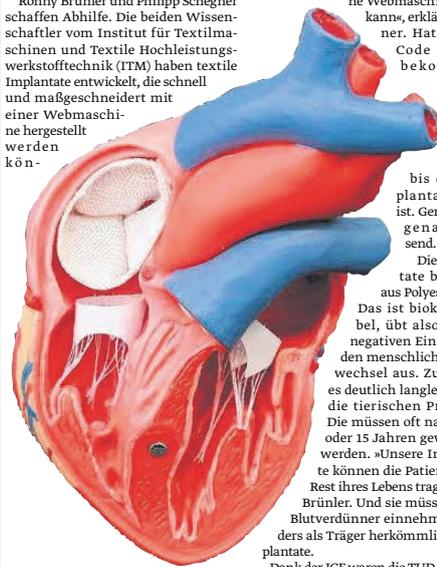
Hilfe für das Herz aus der Webmaschine

Wissenschaftler der TU Dresden haben eine Technik entwickelt, mit der man passgenaue Implantate weben kann

Luise Anter

Vielen Menschen retten sie das Leben: Biologische Herzklappen oder Stentgrafts, die Patienten mit einer krankhaften Erweiterung von Blutgefäßen eingesetzt werden. Doch die Herstellung der Implantate ist aufwändig und teuer. Sie werden fast vollständig von Hand gefertigt. Eine Herzklappe aus dem Gewebe von Schweinen oder Rindern etwa muss mit 1200 Stichen genäht werden. Jeder einzelne wird minutenlang unter der Lupe oder gar dem Mikroskop geplant.

Ronny Brünler und Philipp Schegner schaffen Abhilfe. Die beiden Wissenschaftler vom Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik (ITM) haben textile Implantate entwickelt, die schnell und maßgeschneidert mit einer Webmaschine hergestellt werden können.



Gewebe integral gefertigte Implantate für das Herz-Kreislaufsystem. Foto: TUD-ITM

nen. Das Projekt lief im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) des Forschungsnetzwerkes Mittelstand. Im Herbst 2020 wurden die beiden für den mit 10 000 Euro dotierten Otto-von-Guericke-Preis nominiert, den das Netzwerk vergibt. Sogar die ARD war in den Hallen des ITM, um sich die Technik zeigen zu lassen.

Bevor die Maschinen im ITM rattern, macht der Arzt von dem Patienten eine Computer-Tomografie. »Deren Ergebnis übertragen wir in ein 3-D-Modell, das wir in mehreren Schritten zu einem

Code weiterentwickeln, den eine Webmaschine lesen kann«, erklärt Schegner. Hat sie den Code einmal bekommen, dauert es nur wenige Minuten, bis das Implantat fertig ist. Genau eins, genau passend.

Die Implantate bestehen aus Polyesterfäden. Das ist biokompatibel, übt also keinen negativen Einfluss auf den menschlichen Stoffwechsel aus. Zudem ist es deutlich langlebiger als die tierischen Produkte. Die müssen oft nach zehn oder 15 Jahren gewechselt werden. »Unsere Implantate können die Patienten den Rest ihres Lebens tragen«, sagt Brünler. Und sie müssen keine Blutverdünner einnehmen – anders als Träger herkömmlicher Implantate.

Dank der IGF waren die TUD-Forscher stets im Austausch mit Unternehmen, die die Implantate einmal produzieren sollen, etwa Hersteller von Webma-



Philipp Schegner (l.) und Ronny Brünler.

Foto: TUD-ITM/Mirko Krziwon

schinen und Medizinprodukten. Auch Mediziner waren involviert. »Deren Expertise war sehr hilfreich«, sagt Brünler. Einmal, erzählt er, haben sie den Einsatz ihrer Herzklappe simuliert und gesehen, »wie die flattert, wenn das Blut durchrauscht«. Aber der Mediziner konnte beruhigen: Genau so soll das aussehen.

Wie kommen zwei Maschinenbauer überhaupt zur Medizin? »Natürlich ist es schön, so eine sinnstiftende Forschung zu machen, die Leben retten kann«, sagt Brünler. Doch es gibt noch einen anderen Grund: Der menschliche Körper besteht vor allem aus Fasern.

»Das fasziniert mich«. Denn Fasern, die könne man am ITM in jede erdenkliche Form bringen.

Die Methode von Brünler und Schegner ist dafür das beste Beispiel: Mit der kann man nicht nur Herzklappen und Gefäßprothesen herstellen, sondern zum Beispiel auch Fahrradrahmen aus Carbon. Die sind ebenso schlauchförmig wie die Blutbahnen des menschlichen Körpers. Und für die Herzklappen haben die beiden Forscher eine Technologie entwickelt, die auch für Ventile in Chemieanlagen und anderen technischen Anwendungen verwendet werden kann.

Bis die gewebten Implantate im menschlichen Körper landen, wird es noch dauern. »Was wir in den letzten Jahren gemacht haben«, sagt Schegner, »war nur der erste Schritt.« Als nächstes stehen empirische Studien mit Zellkulturen und danach mit Kleintieren an, um die Verträglichkeit zu testen. Dafür schreiben die Forscher gerade den nächsten Projektantrag.

Den Otto-von-Guericke-Preis haben letztlich zwei Krebsforscher aus Ulm gewonnen. »Natürlich ist man da ein bisschen enttäuscht«, sagt Brünler. »Aber die Entwicklung unserer Technik hindert das überhaupt nicht.«

Hilfe für das Herz aus der Webmaschine. *Dresdner Universitätsjournal* (2021)3, 16.02.2021, S. 6

Neue Herzklappe aus 3D-Webstuhl. <https://www.bild.de/regional/dresden/dresden-aktuell/dresden-neue-herzklappe-aus-3d-webstuhl-sie-kostet-nur-10-euro-76204678.bild.html> (27.04.2021)

Dresdner Forscher entwickeln Herzklappe aus der Webmaschine. <https://www.abendblatt.de/ratgeber/article232291085/herz-krankheit-herzklappe-prothese-garn.html> (14.05.2021)

• Artikel zum „Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen“

Innovationspreis für Roboter-Materialien. <https://www.saechische.de/innovationspreis-fuer-5546045.html> (14.10.2021)

Forscher der TU Dresden erhält Preis für innovative Materialkombination für Roboter-Arme. <https://www.dresden.de/de/wirtschaft/tomorrow-s-home/aktuelles.php> (20.10.2021)

Wissenschaftler vom ITM der TU Dresden mit dem Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen geehrt. <https://oes-net.de/presse/wissenschaftler-vom-itm-der-tu-dresden-mit-dem-innovationspreis-des-industrieclubs-sachsen-geehrt/> (26.10.2021)

Dr.-Ing. Moniruddoza Ashir from ITM is honored for his dissertation with the Innovation Award of the Industrieclub Sachsen 2020. <https://oes-net.de/presse/wissenschaftler-vom-itm-der-tu-dresden-mit-dem-innovationspreis-des-industrieclubs-sachsen-geehrt/language/en/> (26.10.2021)

Wissenschaftler vom ITM der TU Dresden mit dem Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen geehrt. <https://textination.de/de/news/entry/wissenschaftler-vom-itm-der-tu-dresden-mit-dem-innovationspreis-des-industrieclubs-sachsen-geehrt> (27.10.2021)

Mit Innovationspreis des Industrieclubs Sachsen 2020 geehrt. <https://textile-network.de/de/Technische-Textilien/Mit-Innovationspreis-des-Industrieclubs-Sachsen-2020-geehrt> (05.11.2021)

Honored with Innovation Award of the Industrieclub Sachsen 2020. <https://textile-network.com/en/Technische-Textilien/Mit-Innovationspreis-des-Industrieclubs-Sachsen-2020-geehrt> (05.11.2021)

- Artikel zu „VDMA-Preise“

Förderpreis beste Dissertation des Deutschen Textilmaschinenbaues 2021 an Dr.-Ing. Martin Hengstermann. <https://textination.de/de/news/entry/foerderpreis-beste-dissertation-des-deutschen-textilmaschinenbaues-2021-an-dr-ing-martin-hengstermann> (10.11.2021)

Kreativitätspreis des Deutschen Textilmaschinenbaues 2021 geht an Irina Kuznik. <https://textination.de/de/news/entry/kreativitaetspreis-des-deutschen-textilmaschinenbaues-2021-geht-an-irina-kuznik> (10.11.2021)

VDMA: Top-Nachwuchs mit topaktuellen Themen. <https://textination.de/de/news/entry/vdma-top-nachwuchs-mit-topaktuellen-themen> (10.11.2021)

VDMA: Top young talent with cutting-edge topics. <https://textination.de/en/news/entry/vdma-top-young-talent-with-cutting-edge-topics> (10.11.2021)

Zwei VDMA-Preise des Deutschen Textilmaschinenbaus 2021 an Nachwuchswissenschaftler:innen des ITM verliehen. <https://oes-net.de/presse/zwei-vdma-preise-des-deutschen-textilmaschinenbaus-2021-an-nachwuchswissenschaftlerinnen-des-itm-verliehen/> (11.11.2021)

Young talent with cutting-edge topics receive prizes. <https://www.textiletechnology.net/technology/news/vdma-young-talent-with-cutting-edge-topicsreceiveprizes-31237> (11.11.2021)

2 VDMA-Preise für Nachwuchswissenschaftler des ITM. *Technische Textilien/Technical Textiles (2021)5, S. 162/E251*

Fachverband ehrt Nachwuchswissenschaftler. *R+W Textilservice (2021)12, S. 9*



Dr. Andreas Haka (l) und Prof. Yordan Kyosev untersuchen die historischen Proben und Fallschirme im Labor des Instituts für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstoffe der TU Dresden. Foto: Tino Kühn

Eine Zeitreise in textile Hochleistungen

Bergungsfallschirm der V-2-Rakete zur textiltechnischen Untersuchung an der TU Dresden

Technische Textilien sind heute High-techprodukte und Gegenstand intensiver Forschung. Dies war bereits schon vor über 80 Jahren der Fall, wobei bisher nur relativ wenig über die frühe stoffliche Qualität und deren Anwendungsfelder bekannt ist.

Der Ingenieur, Wissenschafts- und Technikhistoriker Dr. Andreas Haka, welcher seit vielen Jahren an der Universität Stuttgart zur Geschichte und Praxis von technischen Textilien und Verbundwerkstoffen forschet und lehrt, entdeckte nach intensiven Recherchen

in einem Archiv bisher unbekannt Materialproben sowie Fallschirme, welche für die Wehrmacht entwickelt wurden. Dreh- und Angelpunkt hierbei war die Stuttgarter »Forschungsanstalt Graf Zeppelin« (FGZ), über die nur wenig bekannt ist. Grund dafür ist, dass kurz vor Kriegsende an der FGZ der größte Teil des Aktenbestandes vernichtet wurde. Es ist lediglich bekannt, dass an Themen wie beispielsweise Sprengstoffphysik, Zielballistik, Aerodynamik und Fallschirmentwicklung geforscht wurde. Letztere wurde zur Wiege des heute

allgegenwärtigen Bänderfallschirmes. Der Entwickler dieser Fallschirme war der Ingenieur Theodor Knacke, welcher nach seiner Tätigkeit an der Stuttgarter FGZ im Jahr 1945, wie auch der bekannte Raketwissenschaftler Wernher von Braun, für eine Tätigkeit in den USA rekrutiert wurde. Dort zeichnete er später für die Brems- und Bergungsfallschirme der Mercury-, Gemini- und Apollo-Missionen verantwortlich. Die gefundenen Proben und Fallschirme stammen auch aus Knackes Nachlass.

Fortsetzung auf Seite 5

Fortsetzung von Seite 1

Bei den aufgefundenen Materialproben handelt es sich um sehr frühe Proben der PeCe-Faser (Polyvinylchlorid) und

der Polyamidfaser, die später unter dem Markennamen »Perlon« bekannt wurde. Der Perlon-Entwickler Paul Schlack war eng mit der Stuttgarter FGZ verbunden,

daher verwundert es nicht, so Haka, dass seine 1938 entwickelte Perlonfaser, welche als geheim eingestuft wurde, zeitnah für militärische Entwicklungen Verwendung fand.

Haka recherchierte für seine Arbeit in rund 30 Archiven weltweit. Den entscheidenden Hinweis lieferte ein kleines Ortsarchiv, wo auf die Existenz von sehr frühen Fallschirmen hingewiesen wurde, und was schließlich auch zum Fund der Fallschirme und Materialproben selber führte. Einer der so entdeckten Fallschirme ist der Bergungsfallschirm für das Atmosphärenmesssystem (bekannt als »Regentonne«) der V-2-Rakete, welcher von der FGZ in Kooperation mit der Heeresversuchsanstalt in Peenemünde in den 1940er-Jahren entwickelt wurde und auch noch 1945 zum Einsatz kam.

Dass die Proben und Fallschirme nunmehr in Dresden untersucht werden können, ist zum einen dem exzellenten Ruf der Dresdner Textilforschung und insbesondere der dortigen Professur Montagechnik für textile Produkte am Institut für Textilmaschinen

und Textile Hochleistungswerkstofftechnik geschuldet. Zum anderen liegt es auch an der Beharrlichkeit des Entdeckers. Es war ein langer Weg bis nach Dresden, so Haka. Bei den Fallschirmen führte der Weg von einer Seniorenresidenz in Florida in den USA über Stuttgart schließlich nach Dresden zur Untersuchung. Später werden die Materialproben und Fallschirme ihren dauerhaften Platz im Stuttgarter Universitätsarchiv finden, wo sie dann für die weitere Forschung zur Verfügung stehen.

Bei der Sichtung der Materialproben und Fallschirme der FGZ stellte Prof. Kyosev fest, dass es sich für die damalige Zeit um absolute Hightechwerkstoffe handelte. Allein schon die Tatsache, dass zu dieser Zeit bereits eine dreifädige Bindung für Fallschirmseile Verwendung fanden, ist bemerkenswert. Nach Ansicht des Textilwerkstoffforschers ist dieses Projekt eine spannende Zeitreise durch sein Fachgebiet.

Die nunmehr angestoßene Kooperation zwischen Stuttgart und Dresden wird sich auf die textiltechnische

Untersuchung der Proben und Fallschirme, die Designanalyse und die digitale Rekonstruktion der Fallschirme und deren Untersuchungen im Windkanal erstrecken. Die Ergebnisse sollen im Anschluss in mehreren gemeinsamen Publikationen vorgestellt werden.

Die Wissenschaftler erhoffen sich von den Dresdner Untersuchungen unter anderem Aufschluss über die damaligen Standards im Bereich der technischen Textilien. Im Kontext der Nachhaltigkeit interessiert sie auch, in welchem Zustand die Proben und die Fallschirme heute sind und welche Alterungserscheinung beispielsweise die Perlongewebe nach so vielen Jahren aufweisen. Viele der Proben und Fallschirme weisen Herstellernamen auf, was genutzt werden soll, um das Netzwerk der Rüstungsforschung und -produktion besser verstehen zu können. Die Untersuchungen sollen auch die tragischen Dimensionen berücksichtigen, da an der Entwicklung und Produktion KZ-Häftlinge und Zwangsarbeiter eingebunden waren. Dr. Tino Kühn



Einer der gefundenen Fallschirme, ein frühes Modell eines Bänderfallschirms, hier an einem Messfahrzeug der »Forschungsanstalt Graf Zeppelin« in Stuttgart im Jahr 1942. Foto: Nachlass Theodor Knacke

- Eine Zeitreise in textile Hochleistungen

Aus: *Dresdner Universitätsjournal (2021)17, 02.11.2021, S. 1 und 5*

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>

Aachen, December 01 – 02, 2022

Textile impulses for the future

for experts from the fields of

- Textile chemistry, finishing & functionalization
- Synthetic fibers, materials
- Machinery, processes & composites

with

plenary lectures and themed sessions in the areas of

- Sustainability in the textile industry
- Future of textile production
- Textiles for medicine and health
- Smart textiles & fashion
- Historic textiles
- Technology transfer (IGF-ZIM projects)
- Textile developments by start-ups

Contact 2022: Dr. Janine Hillmer
DWI - Leibniz-Institut für Interaktive Materialien, Aachen
additc2022@dwi.rwth-aachen.de
+49 (0) 241 80233 - 49

Further Information:
www.aachen-dresden-denkendorf.de/itc



Partner Countries: Sweden and Finland