



TÄTIGKEITSBERICHT 2023

VORWORT

Im Jahr 2023 war das wirtschaftliche Umfeld von verschiedenen Faktoren geprägt, darunter die Nachwirkungen der COVID-19-Pandemie, geopolitische Spannungen, insbesondere im Zusammenhang mit dem Russland-Ukraine-Konflikt, sowie anhaltende Herausforderungen in den globalen Lieferketten.

Trotz der insgesamt herausfordernden wirtschaftlichen Situation blicken wir auf ein erfolgreiches Geschäftsjahr zurück. Dies ist in erster Linie unseren verlässlichen Kooperationen mit Forschungs- und Industriepartnern sowie der effektiven Bearbeitung von Forschungsanträgen durch die Projektträger zu verdanken. Daher möchten wir unseren Partnern für die hervorragende Zusammenarbeit sowie den Fördermittelgebern und Projektträgern für ihre wertvolle Unterstützung herzlich danken!

Forschung

Im Bereich der anwendungsorientierten Forschung wurden 2023 insgesamt 10 Forschungsthemen beendet, 8 begonnen und 15 weitergeführt. Im Rahmen der abgeschlossenen Projekte wurden u. a. Themenstellungen zu textilen Gelenksystemen für Leichtbauanwendungen, zur Qualitätsüberwachung bei der Herstellung von Organoblechen, zum Recycling von Organoblech-Schnittresten sowie zur effizienten Schnittfaserproduktion für Baustoffzusätze bearbeitet. Zu den abgeschlossenen Projekten gehörte auch das Verbundprojekt Smart Hydro im Rahmen des SmarterERZ-Bündnisses.

Netzwerke

Das internationale ZIM-Kooperationsnetzwerk "INMOLDNET" vereint Fachkompetenz von 5 polnischen und 23 deutschen Partnern, um die hocheffiziente Entwicklung und Fertigung von High-End-Bauteilen im Spritzguss voranzutreiben.

Investitionen

Durch Mittel aus dem Modul „Investitionszuschuss (IZ)“ des Programms „FuE-Förderung gemeinnütziger externer Industrieforschungseinrichtungen in Ostdeutschland – Innovationskompetenz Ost (INNO-KOM-Ost)“ des BMWK wurde die technische Infrastruktur erweitert, um neue Anwendungsgebiete zu erschließen. Bereits im Jahr 2022 wurde eine Biaxial-Grundmaschine zur Herstellung neuartiger technischer Gelege angeschafft. Diese Anlage wurde 2023 ebenfalls von der Fa. Schmietex Engineering GmbH durch Zusatzmodule (Chopper, Choppergestellt, zusätzliche Grundwarenabwicklung und steuerungstechnische Anpassungen) erweitert. Damit können am Markt nicht existente neuartige Materialkombinationen für Faser-Kunststoff-Verbunde auf Basis technischer Textilien entwickelt werden.

Messen und Veranstaltungen

Höhepunkt unseres Messejahres war zweifellos die ITMA in Mailand, die alle vier Jahre stattfindet. Unsere vorgestellten Produkte und Projekte Laborspinneinheit LSE 2000-2, ARWeS Automatischer Rovingwechsel, HYROV Hybridrovings sowie C-Bar® – Carbonkurzschnittfasern für Betonanwendungen weckten hier, aber auch bei anderen Veranstaltungen, großes Interesse beim Fachpublikum, was uns die Gelegenheit bot, viele neue Kontakte zu knüpfen.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. h. c. Dr. h. c. Prof. Lothar Kroll
Institutsdirektor



Dipl.-W.-Ing. Sebastian Nendel
Geschäftsführender Direktor

INHALT

Förderverein Cetex e. V.	4
Institutprofil und Forschungsschwerpunkte	5
Leistungsüberblick	6
Struktur des Institutes	7
Die Forschungsbereiche im Überblick	8
Kooperationen und Netzwerke	8
Mitarbeit in anderen Körperschaften	14
Forschungsthemenübersicht	15
Auswahl abgeschlossener gemeinnütziger Forschungsprojekte	18
Veröffentlichungen	37
Präsentationen auf Messen und weiteren Veranstaltungen	38
Investitionen Maschinentechnik	42
Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen	43
Personelles	43
Betriebliches Gesundheitsmanagement	44
Teambuilding	44
Impressum	46

FÖRDERVEREIN CETEX E.V.

Der Förderverein Cetex Chemnitzer Textilmaschinenentwicklung e. V. (Cetex e. V.) ist der 100%ige Gesellschafter der Cetex Institut gGmbH. Die Aufgaben des Fördervereins sind:

- Förderung der vorwettbewerblichen Grundlagenforschung und anwendungsorientierten Forschung durch Unterstützung von Forschungsprojekten
- Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen der Wirtschaft und Institutionen
- Organisation von Fachtagungen (Chemnitzer Textiltechnik-Tagung) und Öffentlichkeitsarbeit.

Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Köhler ist Ehrenmitglied des Vereins. Der Förderverein wird vertreten durch den **Vorstand**:

Prof. Dr.-Ing. Holger Cebulla Vorsitzender	Technische Universität Chemnitz Institut für Strukturleichtbau E-Mail: holger.cebulla@mb.tu-chemnitz.de
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Nendel Stv. Vorsitzender	Technische Universität Chemnitz Institut für Strukturleichtbau E-Mail: wolfgang.nendel@hrz.tu-chemnitz.de
Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Heinrich Stv. Vorsitzender	Cetex e.V. E-Mail: verein@cetex.de
Dipl.-Betriebswirt (BA) Thomas Grund Schatzmeister	Cetex Institut gGmbH E-Mail: grund@cetex.de
Dr.-Ing. Michael Fiedler	FIEDLER Sales Consulting E-Mail: michael.s.fiedler@t-online.de
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. h. c. Dr. h. c. Prof. Lothar Kroll	Technische Universität Chemnitz Institut für Strukturleichtbau E-Mail: lothar.kroll@mb.tu-chemnitz.de E-Mail: kroll@cetex.de
Dipl.-Wi.-Ing. Sebastian Nendel	Cetex Institut gGmbH E-Mail: nendel@cetex.de
Erik Schmiedl	Technitex Sachsen GmbH E-Mail: erik.schmiedl@technitex-sachsen.de

INSTITUTSPROFIL UND FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Cetex ist ein anwendungsorientiertes Forschungsinstitut, das sich auf innovative Technologien und Maschinen zur Herstellung technischer Textilien, textilbasierter Halbzeuge, Funktionskomponenten und Hochleistungsstrukturen spezialisiert hat.

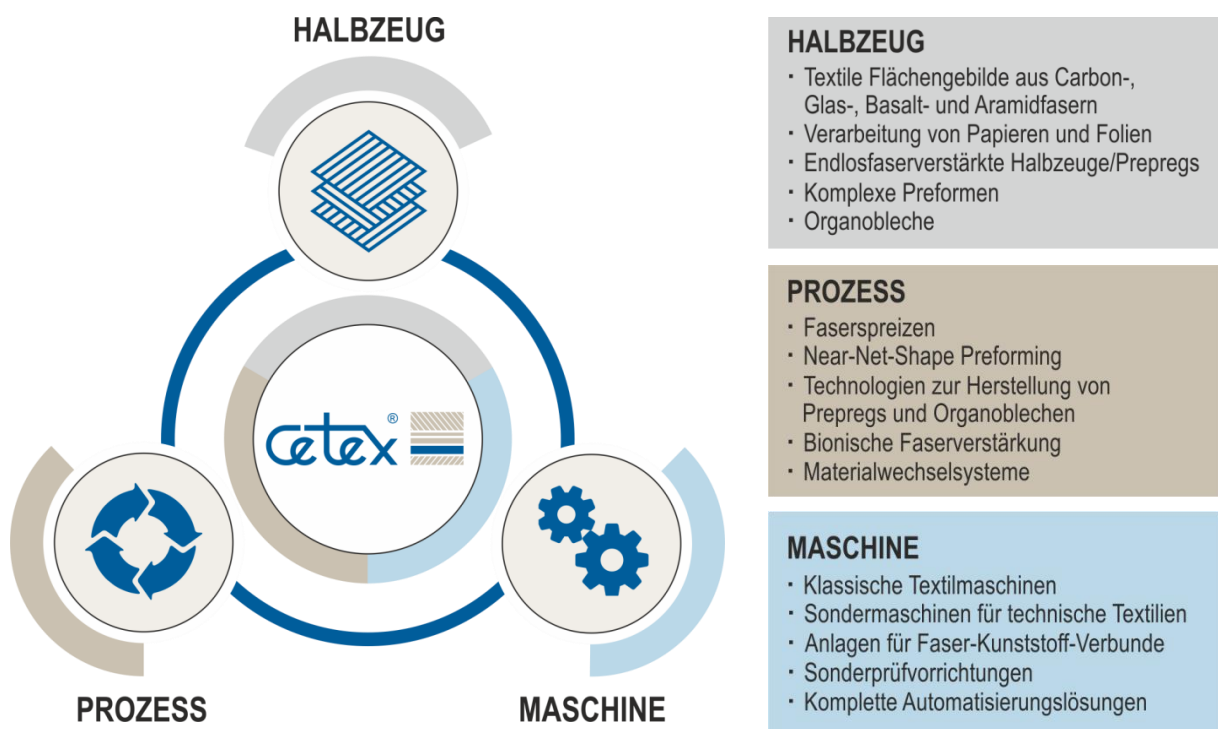
Hierbei wird der traditionelle Maschinenbau mit modernem Verarbeitungsmaschinenbau und Technologien für den textilbasierten Leichtbau kombiniert. Die mehr als 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter konzentrieren sich auf Forschung und Entwicklung von Maschinen, Verfahren und Materialien, sowie auf Prüfungen, messtechnische Analysen und Konstruktionsleistungen für Sondermaschinen und Prototypen. Einen weiteren Bereich bilden innovative Lösungen für die Rezyklierung von thermoplastischen Verbundwerkstoffen.

Als zuverlässiger Partner mit jahrzehntelanger Erfahrung bieten wir maßgeschneiderte Lösungen für den Textil-, Verarbeitungs- und Sondermaschinenbau, den Automobilsektor sowie die verarbeitende Industrie an.

Als gemeinnützige, industrienaher Forschungseinrichtung unterstützen wir insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen mit umfassenden Dienstleistungen – von der Idee über das Konzept bis hin zur Sondermaschine. Unsere Entwicklungsleistungen decken die **gesamte Wertschöpfungskette vom Material bis zur Maschine** ab.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG FÜR TEXTILBASIERTE SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

INNOVATIV. INDIVIDUELL. KOMPETENT



Cetex Institut gGmbH

Forschung und Entwicklung

Klassische Textilmaschinen

Spinnen, Wirken/Stricken/Nähwirken, Weben/Flechten, Sticken, Nähen

Maschinen für Technische Textilien und Verbundmaterialien

Spinnen von Hochleistungsfasern, uni- und multidirektional verstärkte Strukturen
Ce-Preg® thermoplastische Prepregs, Tailored Organobleche, Near-Net-Shape Preformen
(duro- und thermoplastisch), bionisch faserverstärkte Strukturen (MAG-KV), 3D-Textilien,
HYROV Hybridroving, ARWeS Automatisches Roving-Wechsel-System

Verarbeitungsmaschinen für textilverstärkte Anwendungen

Papier- und Kunststoffverarbeitung

Sondermaschinen

Mess- und Prüfgeräte für den Textil- und Verarbeitungsmaschinenbau

Laborspinneinheit, Biegesteifigkeitsmessgerät

Antriebs- und Steuerungstechnik

Software-Lösungen

Untersuchungen, Beratung, Dienstleistungen

Konstruktion

Materialprüfung und messtechnische Untersuchungen

Dienstleistungen Faserverbund

Faserspreizen, Pulverstreuen, UD-Tape-Herstellung, Slitten, Organoblechherstellung auf
statischen Pressen und Intervallheißpressen, Herstellung von Schliffproben und Mikroskopie,
mechanische Prüfung von Organoblechen

Produkte Faserverbund (Mustermengen)

HYROV Hybrid-Roving-Materialien, Ce-Preg® Thermoplastische Prepregs, Abstandsgewirke

Netzwerkmanagement

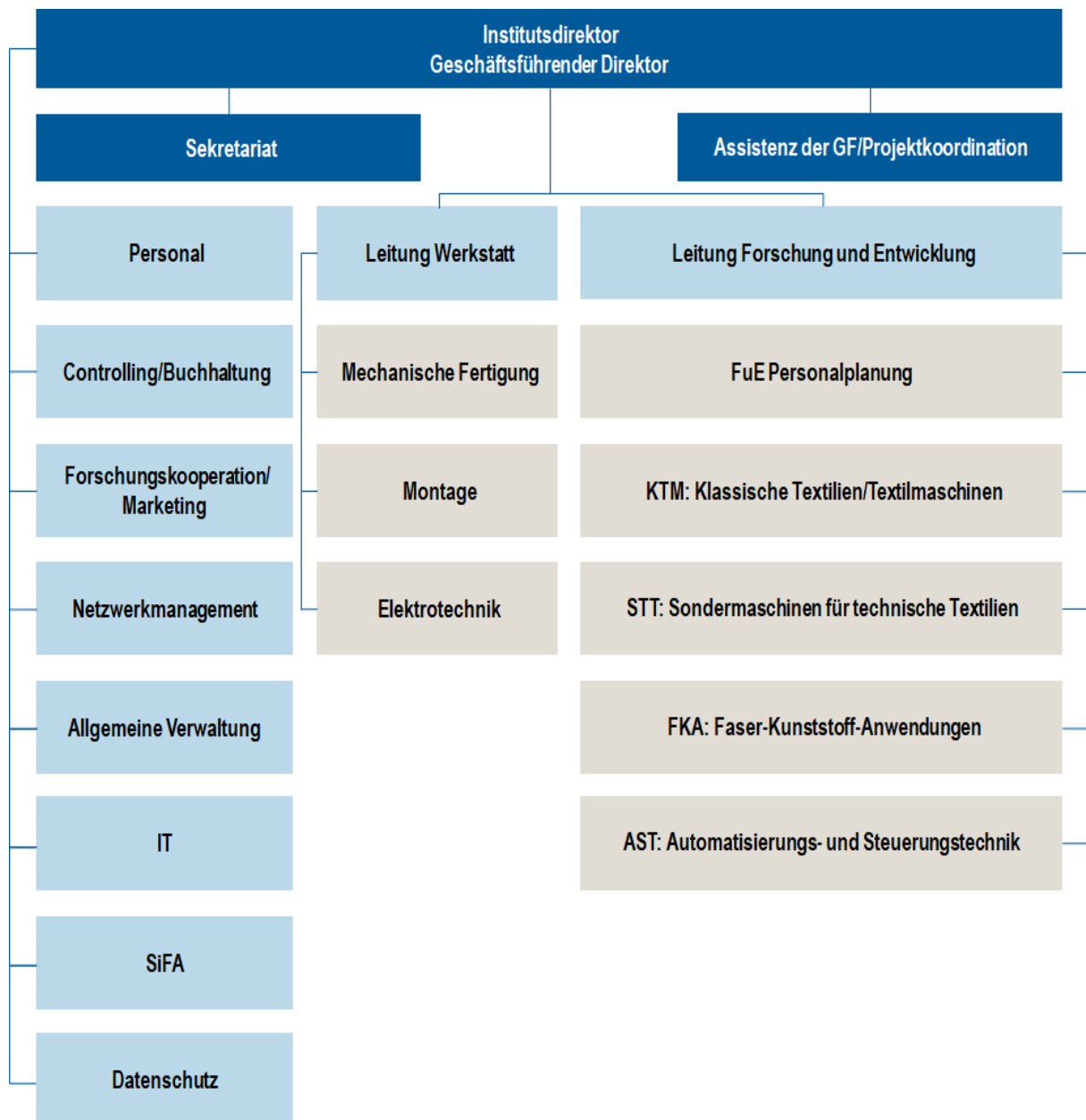
INMOLDNET

Prototypen- und Musterbau

Mechanische Fertigung und Elektroinstallation

Prototypen- und Sondermaschinenbau

STRUKTUR DES INSTITUTES

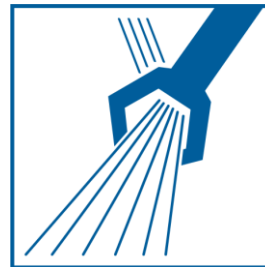


DIE FORSCHUNGSBEREICHE IM ÜBERBLICK

Der Bereich Forschung und Entwicklung der Cetex gliedert sich in die Forschungsbereiche:



Klassische Textilien
Textilmaschinen



Sondermaschinen für
technische Textilien



Faser-Kunststoff-
Anwendungen



Automatisierung und
Steuerungstechnik

Neben der Bearbeitung von Forschungsprojekten und Industrieaufträgen gehören auch Dienstleistungen, wie z. B. Musterfertigung und messtechnische Untersuchungen, zu den Arbeitsinhalten der Forschungsbereiche.

KOOPERATIONEN UND NETZWERKE

Status als An-Institut der Technischen Universität Chemnitz

Das Cetex Institut gGmbH ist seit 2008 ein An-Institut der Technischen Universität Chemnitz und arbeitet eng mit der Professur für Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung (SLK) zusammen. Diese Kooperation fördert die Entwicklung neuer Verfahren und Anlagen im Bereich der Faserverbundwerkstoffe. Ein besonderer Fokus liegt auf der Schaffung kosteneffizienter, maßgeschneiderter Lösungen für die Großserienproduktion, insbesondere in den Bereichen Automobilbau, Schifffahrt und Luftfahrt.

Die Synergien, die aus der Zusammenarbeit in Forschung, Lehre und Entwicklung entstehen, unterstützen das Ziel, die richtigen Materialien zur richtigen Zeit und in der richtigen Menge am richtigen Ort einzusetzen. Dies trägt dazu bei, bezahlbaren Leichtbau zu realisieren.

Engagement in Forschungsgemeinschaften und Industrieverbänden

Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V. (Zuse-Gemeinschaft)

INNOVATION UND TRANSFER STÄRKEN - JAHRESRÜCKBLICK 2023

Herausragende wissenschaftliche Leistungen und sehr erfolgreich abgeschlossene Projekte einerseits, außergewöhnliche Herausforderungen wie Inflation, hohe Energiekosten und unsichere Rahmenbedingungen andererseits, kennzeichneten das vergangene Jahr für die in der Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e. V. (Zuse-Gemeinschaft) zusammengeschlossenen Institute. Dies berührte auch den Diskurs und die Akzeptanz über die anstehenden Transformationsprozesse hin zur sozial-ökologischen Marktwirtschaft, zur Mobilitäts-, Energie-, Produktionswende und der Bewältigung des Klimawandels.

Umso unverständlicher war (und ist) es, die Budgets und Förderprogramme der innovations- und transferorientierten Forschung in Deutschland zu kürzen. Die anstehenden Transformationsprozesse können aber nur durch Forschung und Innovationen – kreative technische Lösungen – bewältigt werden. Statt kurzfristiger konsumtiver Ausgaben braucht es eine deutliche Stärkung des Innovationssystems durch eine angemessen dimensionierte, investive und nachhaltig orientierte Finanzierung – insbesondere der in der anwendungs-, innovations- und transferorientierten wissenschaftlichen Forschung aktiven Industrieforschungseinrichtungen der Zuse- Gemeinschaft. Ein Lichtblick: Die im Jahr 2022 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz überraschend eingeführten Einschränkungen beim Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) wurden im vergangenen Jahr zurückgenommen. Im Kontext der anstehenden Transformationsprozesse verzeichnete die Zuse-Gemeinschaft vertiefende Nachfragen zum Gegenstand und Wesen der Industrieforschung. Es galt, ihre Rolle und Bedeutung im Wissenschafts- und Forschungsmix als Mittlerin zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu erklären sowie eine Abgrenzung zur industriellen Entwicklung und Produktoptimierung vorzunehmen: Industrieforschung schließt als vorwettbewerbliche Forschung an die Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung an. Sie ist ein diesen Disziplinen gleichrangiger wissenschaftlicher Forschungsbereich. Sie schafft gesamtgesellschaftlichen Mehrwert. Auf ihren Erkenntnissen basieren industrielle Entwicklung und Produktoptimierung.

Die Zuse-Gemeinschaft reagierte auf diese Lage auch mit einer Intensivierung ihrer Public-Affairs- Aktivitäten. In Stellungnahmen und Positionspapieren sowie im Austausch mit Mandatsträgern und Ministerien wies der Verband auf das Potential und die Bedeutung der Industrieforschung gerade für die mittelständische Wirtschaft in Deutschland hin. Beim Podiumsgespräch „Forschen für den Fortschritt. Mehrwert für die Menschen.“ Loteten der Präsident des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Prof. Marcel Fratzscher, Zuse-Präsident Prof. Martin Bastian und Unternehmerin Dr. Cornelia Röger-Göpfert aus, welche Hemmnisse einer Steigerung von Transfer und Innovation im Wege stehen und auf welchem Weg diese minimiert werden können. Bei den Besuchen von Mandatsträgern in den Instituten der Zuse-Gemeinschaft sowie in Ausstellungen mit innovativen Produkten und Lösungen wurde Industrieforschung konkret erlebbar.



Personelle Veränderungen gab es in Präsidium und Innovationsrat: Dr. Jacqueline Lemm und Gregor Wrobel wurden auf der Mitgliederversammlung der Zuse-Gemeinschaft neu ins Präsidium gewählt, Präsident Prof. Martin Bastian, die beiden Vizepräsidenten Dr. Bernd Grünler und Prof. Steffen Tobisch, Schatzmeisterin Anke Schadewald sowie Präsidiumsmitglied Peter Steiger im Amt bestätigt. Lemm und Wrobel arbeiteten bereits als kooptierte Mitglieder in dem Führungsgremium mit; sie folgen auf Dr. Bayram Aslan sowie Dr. Adrian Mahlkow, die aus beruflichen Gründen zurückgetreten waren.

In den Innovationsrat wurden gewählt: Gordon Briest, Beatrix Genest, Dr. Sara Hadjiali, Annette Ilg-Muhlack, Dr. Heike Illing-Günther, Dr. Simon Jahn, Dr. Stefan Köhler, Birgit Merx, Prof. Michael Meyer, Dr. Uwe Möhring, Sebastian Nendel, Clemens Pecha, Benjamin Redlingshöfer, Dr. Stephan Roth, Dr. Kerstin Schulte, Dr. Rüdiger Tiefers, Dr. Thorsten Voß und Dr. Frank Weckend. Dr. Stephan Roth folgt als Vorsitzender des Rates auf Prof. Dr. Ulrich Jumar; dieser gab das Amt aus Altersgründen auf.

Die Zuse-Gemeinschaft bildet die „Dritte Säule“ der deutschen Forschungslandschaft. Mission ihrer 83 Mitglieder – gemeinnützige, privatwirtschaftliche Forschungseinrichtungen – ist die praxisorientierte Forschung für mittelständische Unternehmen. Sie sind Träger von Innovation und Transfer, leisten Beiträge zum Gelingen von Transformationsprozessen und tragen zur Konkurrenzfähigkeit des Mittelstands sowie zum Erhalt und zur Schaffung von Arbeitsplätzen in Zukunftstechnologien bei.

Weitere Informationen finden Sie unter:
www.zuse-gemeinschaft.de
twitter.com/Zuse_Forschung



Prof. Dr. Ulrich Jumar übergibt das Amt des Vorsitzenden des Innovationsrates der Zuse-Gemeinschaft an Dr. Stephan Roth. Jumar kandidierte aus Altersgründen nicht mehr für den Innovationsrat. Roth gehört dem Gremium seit 2015 an. (Foto: Zuse-Gemeinschaft / Christian D. Thomas)



Das Präsidium der Zuse-Gemeinschaft (von links): Prof. Dr. Steffen Tobisch (Wissenschaftlicher Vizepräsident), Dr. Jacqueline Lemm, Peter Steiger, Anke Schadewald (Schatzmeisterin), Gregor Wrobel und Prof. Dr. Martin Bastian (Präsident). Nicht auf dem Bild ist Dr. Bernd Grünler (Administrativer Vizepräsident). (Foto: Zuse-Gemeinschaft / Christian D. Thomas)

Textvorlage und Bilder: Zuse-Gemeinschaft



Verband innovativer Unternehmen e.V. (VIU)

Ohne Forschung und Entwicklung keine Innovationen – ohne Innovation kein Wachstum

1992 gegründet, steht der Verband Innovativer Unternehmen e.V. (VIU) für die Stärkung der Industrieforschung und die effiziente Markteinführung von Innovationen im industriellen Mittelstand. Er ist Interessenvertreter für forschende KMU und gemeinnützige externe, nicht grundfinanzierte Industrieforschungseinrichtungen und setzt sich als einziger Unternehmensverband explizit für die Entwicklung und Stärkung von Industrieforschungspotenzialen auch in kleinen Unternehmen ein.

Der VIU prägt seit fast 30 Jahren die FuE-Förderlandschaft in Deutschland. Ergebnisse seines engagierten Wirkens sind die vielgenutzten BMWK-Programme ZIM, INNO-KOM und Investitionszuschuss technische Infrastruktur sowie Förderinstrumentarien auf Länderebene.

Der Verband ist akzeptiert als kompetenter und streitbarer Partner in Parlamenten, Ministerien, Verbänden und Kammern. Er verfügt über Einfluss und Erfahrungen, die für den innovativen Mittelstand im gesamten Bundesgebiet von Vorteil sind.



Die Mitgliedschaft ist themen- und branchenoffen sowie rechtsformunabhängig.

Der VIU setzt sich für die Interessen aller kontinuierlich forschenden und entwickelnden kleinen und mittleren Unternehmen sowie nicht grundfinanzierten Industrieforschungseinrichtungen ein und vernetzt diese Akteure untereinander. Im Fokus steht die Beförderung der Innovationskraft des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Als technologie- und branchenoffener Verband des innovativen Mittelstandes vertritt er die Belange der Mitglieder gegenüber Politik sowie Gesellschaft. Er nimmt Einfluss auf Rahmenbedingungen und Ausgestaltung der F&E-Förderlandschaft in Deutschland und Europa. (Textvorlage: viu)

<https://www.viunet.de>

Sächsische Industrieforschungsgemeinschaft e.V. (SIG)

Die Sächsische Industrieforschungsgemeinschaft e.V. (SIG) spricht mit einer Stimme für die sächsischen gemeinnützigen externen Industrieforschungseinrichtungen. Die Gemeinschaft bündelt die Kräfte ihrer derzeit 19 Mitglieder aus Sachsen. Cetex engagiert sich in der Gemeinschaft seit der Gründung 2014.

Die Forschungsgemeinschaft stärkt mit ihrem weitreichenden Forschungsspektrum in Sachsen die transferorientierte, marktvorbereitende Forschung im Interesse des sächsischen Mittelstands. Die inhaltliche Fokussierung liegt einerseits in den sächsischen Zukunftsbranchen wie Material-, Technologie- und Verfahrensentwicklung, andererseits auch immer am Puls zentraler Fragen wichtiger gesellschaftlicher Herausforderungen wie Ressourceneffizienz oder Umweltverträglichkeit. (Textvorlage: SIG)



Mit dem [SIG Science Talk](#) wurde eine **kostenfreie Online-Veranstaltungsreihe** ins Leben gerufen, in der Interessierte Neuigkeiten aus der Forschung der Mitgliedsinstitute der SIG erfahren.

<https://www.sig-forschung.de>

Allianz Textiler Leichtbau (ATL)

Die Allianz Textiler Leichtbau ist ein Verbund aus den universitären und außeruniversitären Chemnitzer Forschungsinstituten:

- Institut für Strukturleichtbau an der TU Chemnitz (IST)
- Sächsisches Textilforschungsinstitut e. V. (STFI)
- Fraunhofer-Forschungszentrum STEX
- Cetex Institut gGmbH

Ziel der gemeinsamen Aktivitäten ist die Stärkung des Wissenschafts- und Wirtschaftsstandortes Chemnitz und der Ausbau zu einem Kompetenzzentrum für ressourceneffizienten Leichtbau für die Großserie. Der Fokus liegt auf der Entwicklung ganzheitlicher Prozessketten zur Herstellung textiler Halbzeuge sowie textilverstärkter Hochleistungsbauteile.



Die ATL ist Unterstützerin der Chemnitzer Textiltechnik-Tagung und tritt mit ihren Mitgliedern gemeinsam auf Messen auf.

<https://atl-textil.de>

Bundesverband Mittelständische Wirtschaft (BVMW)

Cetex engagiert sich seit 2018 in der größten, politisch unabhängigen und branchenübergreifenden Interessenvereinigung des deutschen Mittelstands.

Seit 2020 ist Sebastian Nendel im Vorstand des Jungen Mittelstandes aktiv.



Der BVMW ist Schirmherr der 18. Chemnitzer Textiltechnik-Tagung am 24./25.09.2024. (www.chemtextiles.de).

www.bvmw.de

Management von Netzwerken

Netzwerk INMOLDNET

Die Anforderungen an Bauteile und Produkte steigen zusehends – einerseits durch staatliche, ökonomische und ökologische Restriktionen, andererseits durch immer komplexer werdende Ansprüche der Konsumenten hinsichtlich der Produktanforderungen. Damit Sonderspritzgussbauteile auf dem globalen Markt bestehen können, bedarf es hochinnovativer Prozesse zu deren Entwicklung und Herstellung.

Das internationale ZIM-Kooperationsnetzwerk "INMOLDNET" bündelt mit 5 polnischen und 23 deutschen Partnern Fachkompetenz, um High-End-Bauteile im Spritzguss hocheffizient zu entwickeln und zu fertigen. Die Produkte werden ohne weitere Folgeprozesse direkt am Bestimmungsort angewendet, so dass europäische Entwicklungs- und Produktionsstandorte gesichert werden.

Das Netzwerk wird auf deutscher Seite durch die Cetex Institut gGmbH und auf polnischer Seite durch das Bydgoszcz Industrial Cluster koordiniert.

Seit 2021 befindet sich das Netzwerk INMOLDNET in Phase 2.



www.inmoldnet.de

Mitarbeit in Netzwerken

SmartErz

SmartERZ ist ein offenes branchenübergreifendes Technologiebündnis mit zahlreichen Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Insbesondere durch Innovationen im Maschinenbau, der Elektrotechnik, Kunststoffverarbeitung, Oberflächentechnik und Textiltechnik soll das Erzgebirge zu einem zukunftsfähigen Wirtschaftsstandort entwickelt werden.

Cetex war beteiligt am Verbundprojekt „SMARTHYDRO -Technologieentwicklung für intelligente Tankträgersysteme von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen“ (Laufzeit: 12/2020-11/2023).



www.smarterz.de

MITGLIEDSCHAFTEN IN ANDEREN KÖRPERSCHAFTEN

Mitgliedschaften der Forschungseinrichtung

- Deutsche Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V., Berlin
- Sächsische Industrieforschungsgemeinschaft e.V. (SIG), Dresden
- Verband innovativer Unternehmen und Einrichtungen zur Förderung der wirtschaftsnahen Forschung in den neuen Bundesländern und Berlin e. V., Berlin
- Textilforschungsverbund Nord-Ost Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz/ Sachsen e. V.
- Arbeitsgemeinschaft „Hybride Leichtbau Technologien“ des VDMA
- Allianz Textiler Leichtbau (ATL), Chemnitz
- thermoPre® e.V., Chemnitz

Persönliche Mitgliedschaften des Geschäftsführenden Direktors, Herrn Sebastian Nendel

- Vorstand der Sächsischen Industrieforschungsgemeinschaft e.V. (SIG), Dresden
- Innovationsrat der Deutschen Industrieforschungsgemeinschaft Konrad Zuse e.V.
- Vorstand Junger Mittelstand im BVMW – Bundesverband mittelständische Wirtschaft, Unternehmerverband Deutschlands e.V.

Mitgliedschaften des Fördervereines Cetex Chemnitzer Textilmaschinenentwicklung e. V.

- Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e. V., Rudolstadt-Schwarza
- Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V., Greiz
- Verband der Nord-Ostdeutschen Textil- und Bekleidungsindustrie e. V., Chemnitz
- Institut für Innovative Technologien, Technologietransfer, Ausbildung und berufsbegleitende Weiterbildung e. V., Chemnitz
- Angewandte Mikroelektronik Chemnitz e. V., Chemnitz
- Sächsisches Textilforschungsinstitut e. V. – STFI, Chemnitz
- Verein zur Förderung des Forschungsinstitutes für Leder- und Kunststoffbahnen (FILK), Freiberg/Sachsen e. V.
- Kreditschutzverein für Industrie, Handel und Dienstleistungen e. V., Frechen
- Förderverein Industriemuseum Chemnitz e. V.
- ICM – Institut Chemnitzer Maschinen- und Anlagenbau e. V.

FORSCHUNGSTHEMENÜBERSICHT

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Projektträger EuroNorm GmbH / Innokom	
Entwicklung von hochdynamisch belasteten Kunststoffnadelfassungen für den Nähwirkprozess 09/2020-02/2023, 49MF200046	
Tex2Flex - Entwicklung von Herstellungsverfahren und automatisierter Konfektionierung zweidimensionaler Gelenksysteme aus technischen Textilien 11/2020-04/2023, 49VF200030	
SchneiMo - Modulares Trennsystem 08/2021-01/2024, 49MF210061	
SysTrenn 09/2021-02/2024, 49MF210066	
QuisoVlies - Quasi-isotropes Vlies 08/2021-01/2024, 49MF210069	
EnAWiRo - Herstellungstechnologie für Winkeltapes 10/2021-03/2024, 49MF210088	
Inline-Analysesystem zur Qualitätsüberwachung und -kontrolle 12/2021-02/2024, 49MF210149	
HiPerWeft 01/2022-06/2024, 49VF210039	
LarS - Entwicklung eines intelligenten Lagermanagement-Systems für Bahnware 03/2022-08/2024, 49MF210182	
MessTex - Multiebenenspleißsystem für technische Hybrid-Textilien 04/2022-09/2024, 49MF210196	
Flora - Anlage zur Ablage und Fixierung von Fasersträngen 05/2022-10/2024, 49MF220013	
SeiKon - Konfektionieranlage für Seilstrukturen 06/2022-11/2024, 49MF220017	
PET-Core - Neuartige Herstellungstechnologie für Sandwichverbundplatte 07/2022-12/2024, 49MF220035-	
TecPad - Neue Technologie für textilbasierte Reinigungspads 07/2022-12/2024, 49MF220051	
EntVli - Automatisierte Entfernung fehlerhafter Vliesbahnabschnitte 09/2022-02/2025, 49MF220061	
EMMA - Entwicklung von EMV-Verbundmaterialien 04/2023-09/2025, 49VF220036	
Entwicklung einer Trennvorrichtung für Bahn- oder Plattenware 04/2023-09/2025, 49MF220147	

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Projektträger VDI/VDE-IT/ ZIM

EnLediFa - Entwicklung einer neuartigen Legetechnologie für dicke Faserstränge zur Verstärkung von Spritzgussteilen; Entwicklung eines neuartigen Legemoduls zur Ablage von Verstärkungsgittern für den Einsatz in Spritzgussanwendungen

10/2020-03/2023, 16KN092820

KoKuNa - Entwicklung einer Komplettlösung zur automatischen Kunststofffassungsherstellung mit zugehöriger Nadelzuführung für die hochdynamische Nähwerktechnologie

10/2020-03/2023, 16KN092824

OniOrb - Entwicklung einer neuartigen Online-Qualitätsüberwachung bei der Herstellung von Organoblechen

01/2021-09/2023, 16KN077751

Netzwerk **INMOLDNET** - Hocheffiziente Entwicklung und Fertigung von High-End-Bauteilen im Sonderspritzguss

05/2021-04/2024 (Phase 2), 16KN092802

Recygeno - Recycling von Organoblech-Schnittresten

01/2021-06/2023, 16KN077746

Entwicklung eines Werkzeuges zur Realisierung vertikaler Rührreibschweißprozesse für den hybriden Leichtbau

04/2021-09/2023, 16KN052075

EffiBaz - Effiziente Schnittfaserproduktion für Baustoffzusätze

02/2021-07/2023, 16KN077752

UR-Vlies - Entwicklung von unidirektional verstärkten Recycling-Hybrid-Vliesstoffen

03/2023-08/2025, 16KN077764

Entwicklung von funktionalisierten CFK-Strukturen für EMV-Schirmdämpfungsanwendungen in der Elektromobilität-EM-Protect; Entwicklung und Herstellung von schirmenden und einsatzangepassten Ein- und Mehrschicht-Halbzeugen

04/2023-09/2025, 16KN092858

ESF Innoteam, Projektträger SAB

INNO-QS-SDK - Bauteil- und Technologieentwicklung für die digitalisierte und prozessüberwachte Herstellung komplexer Schließdrahtkomponenten mit dazu gehörigem QS-System

08/2023-07/2026, 100689260

INNO-AUTO-INTRALOG - Entwicklung einer autonom arbeitenden Intralogistikeinheit für textilbasierte Verarbeitungsprozesse

09/2023-08/2026, 100690556



Kofinanziert von der Europäischen Union



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Bundesministerium für Bildung und Forschung, Projektträger Jülich, r+Impuls

Smart Hydro - Technologieentwicklung für intelligente Tankträgersysteme von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen

12/2020-11/2023, 03WIR1405A

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Projektträger AiF / ZIM

Mikrowelle - Entwicklung eines neuartigen Imprägnier- und Trocknungsverfahrens zur hocheffizienten Herstellung thermoplastischer Verstärkungsfasertapes; Technologienentwicklung zur Faserstabilisierung und -imprägnierung

07/2021-06/2023, KK5059103KU1

ReTexBo - Entwicklung einer neuartigen Textilstruktur und Bindungstechnik zur Fixierung der Polnoppen; Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung recyclingfähiger textiler Bodensysteme

01/2022-06/2024, KK5059105CD1

SensOmod - Entwicklung eines Verfahrens zur sensitiven Oberflächenmodifikation; Entwicklung des neuartigen Reinigungssystems und der Gesamtanlagensteuerung

04/2023-09/2025, KK5059107KU2

Entwicklung einer neuartigen und ressourcenschonenden Herstellungstechnologie für faserverstärkte Papiere auf Basis nachwachsender und biobasierter Materialien; Entwicklung einer effizienten Maschinenteknologie für die Fadenverlegung

10/2023-03/2026, KK5059108BU3

ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSPROJEKTE

Ausgewählte Ergebnisse der 2023 abgeschlossenen Forschungsprojekte stellen wir Ihnen auf den nächsten Seiten vor.

Danksagung an die Fördermittelgeber:

Die Cetex Institut gGmbH bedankt sich landes- und bundesweit bei den zuständigen Ministerien und Fördermittelgebern für die gewährte Unterstützung und Bereitstellung der finanziellen Mittel.

SMART HYDRO - TECHNOLOGIEENTWICKLUNG FÜR INTELLIGENTE TANKTRÄGERSYSTEME VON WASSERSTOFFBETRIEBENEN FAHRZEUGEN

Projektleitung: Dipl.-Ing. Marcel Meyer

Laufzeit: 12/20-11/23

Ausgangssituation

Für die Energiewende hin zu nachhaltigen und erneuerbaren Energien ist der Einsatz von alternativen Energieträgern unerlässlich. Dazu zählen die Biokraftstoffe wie Biodiesel und Bioethanol, sowie Wasserstoff. Die Speicherung von Wasserstoff kann nicht im klassischen Stil, wie bisher mit flüssigen Kraftstoffen erfolgen, sondern wird mittels Druckwasserstoffspeicherung realisiert. Die anliegenden Drücke können sich auf mehrere hundert Bar belaufen, sodass hochgradig belastete Bauteile mit großen Wandstärken zum Einsatz kommen. Die enorme Gewichtssteigerung dieser Baugruppen stellt erhöhte Anforderungen an das Trägersystem für die Wasserstoffspeicher. Hier bieten sich faserverstärkte Kunststoffe als Werkstoff an, da sie ein hervorragendes Eigenschaftsprofil sowie ein enormes Leichtbaupotential bieten: vergleichsweise geringes Gewicht bei hoher Steifigkeit und Festigkeit dieser Werkstoffe. Faserverstärkte Kunststoffe bestehen aus Verstärkungsfasern, welche in einer Kunststoffmatrix eingebettet sind. Unter Verwendung einer thermoplastischen Matrix können zur Verarbeitung bzw. Herstellung von Bauteilen konventionelle, großserientaugliche Verfahrenstechniken, wie Pressen und Umformen, eingesetzt werden. Dadurch bietet sich die Möglichkeit Märkte zu erschließen, die enorm große Stückzahlen erfordern. An dieser Stelle setzt das Verbundprojekt an.

Forschungsziel

Das Ziel des Verbundprojekt war die Entwicklung einer Technologie zur Herstellung intelligenter Bauteile bei einer vollautomatisierten Fertigung in großserientauglichen Prozessumfeld. Beispielhaft sollte ein Tankträgersystem für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge im Schienenfahrzeugbau aus Faserkunststoffverbunden hergestellt werden.

Forschungsergebnis

Durch umfangreiche Analysen wurde ein geeignetes Konzept eines Tankträgersystems entwickelt. Dabei sind neben analytischen Vorüberlegungen ebenso Topologieoptimierungen und FEM-Berechnungen zur Auslegung des Tankträgers berücksichtigt worden. Um realistische Werte für die Simulationen zu erhalten, wurden im Vorfeld mechanisch und rheologische Untersuchungen durchgeführt und ausgewertet. Dabei wurden die gängigen Materialien im Bereich der glasmattenverstärkten Thermoplaste (GMT) verwendet. Die Vorzugsvariante des Trägers besteht aus zwei Hälften, welche jeweils einen der Behälterböden fixiert. Einerseits wird mittels Spannbändern der Tank im Träger fixiert, andererseits erfolgt durch einen Formschluss um den Behälterboden herum eine Sicherung gegen Verrutschen.



Abbildung 1: Wasserstofftank incl. Trägersystem

Damit der Tankträger dem Anspruch des intelligenten Bauteils gerecht werden kann, ist eine Sensorintegration notwendig. Diese dient der Dokumentation und Erfassung des aktuellen Tankfüllstandes und der Überwachung der Bauteilbelastung während des Einsatzes. Somit kann direkt erkannt werden, ob Schäden, Schwächungen oder Überbelastungen im Laufe der Lebensdauer auftreten. Dadurch kann sofort entgegengewirkt werden, bevor es zum kompletten Versagen der Trägerstruktur kommt. Als Basis dienen dabei auf Vliese gestickte Dehnungsmesssensoren, die sowohl in die Spannbänder als auch die Grundstruktur des Trägers integriert werden und deren Messdaten direkt aufgezeichnet und ausgewertet werden. Um die Sensorintegration in großserientauglichen Prozessen technikschonend umzusetzen, ist eine entsprechende Konfiguration der Werkzeuge notwendig. Die sensible Messtechnik wird dabei durch spezielle Einsätze beim Pressen des GMT-Materials vor zu hohen Pressdrücken geschützt. Ebenso erfolgt eine Schutzmaßnahme beim Zusammenführen von Spannbandmaterial und Trägervlies. Weiterhin ist zur effizienten Umsetzung des Prozesses eine automatisierte Sensorkontaktierung zielführend. Dafür steht eine Automatisierungsvorrichtung zur Verfügung, welche zunächst die Kontaktierstellen des Trägers und des Spannbandes detektiert. Anschließend erfolgen das Freilegen der Kontaktplättchen, da die Kontaktfläche aufgrund des Fertigungsprozesses mit einem dünnen Kunststofffilm überzogen sein kann. Abschließend wird das Kontaktplättchen mit den Drähten der Auswerteelektronik verlötet.

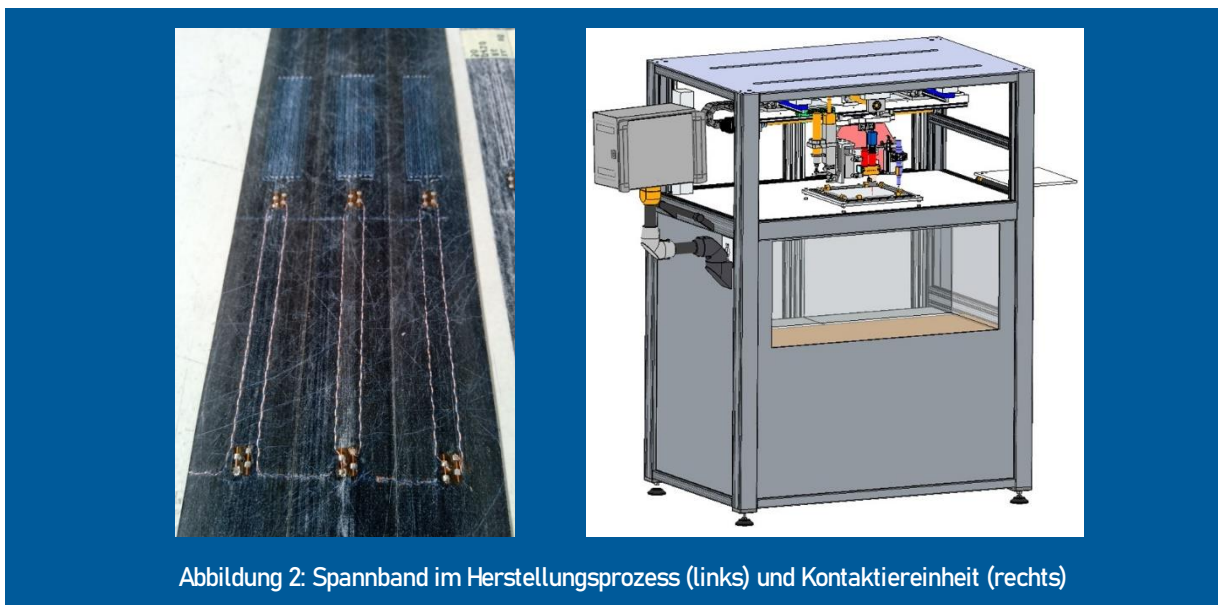


Abbildung 2: Spannband im Herstellungsprozess (links) und Kontaktiereinheit (rechts)

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Im Rahmen des Projektes ist sowohl ein sensorintegriertes Tankträgersystem entstanden als auch eine Herstellungstechnologie, welche im großserientauglichen Maßstab angewendet werden kann. Das Wissen und Knowhow zur Entwicklung des Tankträgersystems kann direkt für weitere Trägersysteme der Wasserstofflagerung adaptiert werden. Ebenso dient das gesammelte Wissen hinsichtlich der Verarbeitungsparameter bei integrierten Sensortechnologien (Pressprozess, Kaschieranlagen) als enormer Wissenszuwachs und Basis für neue Entwicklungen auf diesem Gebiet. Die automatisierte Kontaktierstation stellt enormes Knowhow und Expertise dar und kann mit entsprechenden Modifikationen sofort für vergleichbare Projekte verwendet werden.

Projektpartner

- Gebrüder Ficker GmbH Formen- und Werkzeugbau
- TISORA Sondermaschinen GmbH
- LSE – Lightweight Structures Engineering GmbH

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

TEX2FLEX

Projektleitung: Dipl.-Ing. Toralf Jenkner

Laufzeit: 11/20 – 04/23

Ausgangssituation

Textile Scharniere zeichnen sich dadurch aus, dass sie sehr flach und damit äußerst platzsparend aufgebaut sind. Die großen Kontaktflächen können mit den zu verbindenden Teilen gut geklebt, einlaminiert oder stofflich direkt integriert werden. Die eine gewisse Redundanz erzeugenden Maschen und Fäden sorgen zwangsläufig für eine sehr gute Toleranz gegenüber Verschleiß, was insbesondere bei sicherheitsrelevanten Bauteilen genutzt wird.

Der Einsatz technischer Textilien als Gelenksysteme ist für ein breites Spektrum an Leichtbauanwendungen wie z. B. Spritzguss, Pressen oder 3D-Druck geeignet und bietet eine korrosionsfreie und wartungsarme Leichtbaualternative zu Metallscharnieren. Eine große Bedeutung haben textile Gelenksysteme mittlerweile u. a. im Automobilbau, z. B. für sicherheitsrelevante Bauteile wie Airbags. Es können enorme Gewichtseinsparungen erzielt werden, was sich gerade im Hinblick auf die Elektromobilität als enormer Vorteil erweist.

Perspektivisch werden sich textile Gelenksysteme am Markt nur durchsetzen, wenn dem potenziellen Interessenten (wie z. B. dem Entwickler von Maschinenteilen, Fahrzeugen bzw. Anlagen) neben Möglichkeiten zur Substitution bisheriger klassischer Lösungen auch kostengünstige Herstellungsverfahren aufgezeigt werden. Anhand von Mustern und Demonstratoren können Substitutionsmöglichkeiten veranschaulicht und nähergebracht werden.

Forschungsziel

Ziel des Forschungsvorhabens war es, unter Ausnutzung textiler Fertigungstechnologien, Möglichkeiten und Anwendungsgebiete für den Einsatz zweidimensionaler textiler Gelenksysteme aufzuzeigen. Die Verwendung textiler Materialien, insbesondere die Kombination deren spezifischer Eigenschaften mit den vielfältigen textiltechnologischen Fertigungsmöglichkeiten sollen dazu beitragen, dass für bestimmte Anwendungsfälle klassisch hergestellte, relativ schwere Scharniersysteme gegen deutlich leichtere Gelenksysteme aus Textilmaterialien substituiert werden können. Neben den damit verbundenen klima- und umweltfreundlichen Effekten durch die Gewichtsreduzierung von Bauteilen, werden auch zusätzliche Einsparungen bei Fertigungs- und Materialkosten gegenüber der Herstellung von Scharniersystemen aus metallischen Werkstoffen erzielt.

Durch die angestrebten Kosten- und Massereduzierungen von 50 bis 80 % gegenüber herkömmlichen klassischen Scharnieren dürften die textilen Gelenksysteme insbesondere für die Leichtbaubereiche in der Flugzeugindustrie sowie im Automobilbau von großem Interesse und Nutzen sein. Durch vielfältigste Einsatzmöglichkeiten, insbesondere in den Branchen der Elektromobilität, entsteht darüber hinaus ein nicht unerheblicher Beitrag zur Ressourcen- und Umweltschonung.

Mittels einer Gegenüberstellung sollten existierende Textiltechnologien sowie infrage kommende textile Materialien im Hinblick auf eine Eignung zur Herstellung von leichtbaurelevanten Scharnierstrukturen untersucht werden. Neben den textiltechnologischen Untersuchungen sollen vor allem auch maschinenbauliche Aspekte herangezogen werden. Hierzu zählen u. a. die Modifizierung vorhandener Maschinentechnik und Prüfstände, die Herstellung von Werkzeugen zur Fertigung von Inserts sowie die Herstellung von Musterbauteilen. Im Fokus steht eine automatisierte Fertigung, mit deren Hilfe eine flexible und kostengünstige Produktion von textilen Gelenksystemen möglich ist. Es sollte eine modular aufgebaute Muster-Fertigungslinie für textile Gelenksysteme entstehen.

Forschungsergebnis

Die qualitativ hochwertige und reproduzierbare Herstellung von textilen Gelenksystemen erfordert eine Anpassung bestehender Fertigungs- und Bearbeitungsmethoden an die speziellen Eigenschaften der textilen Halbzeuge. Dabei sind vor allem solche Arbeitsgänge wie das Schneiden, das Umformen oder das Glätten interessant, welche untereinander mittels geeigneter Handlingsverfahren verknüpft werden müssen.

Im Rahmen des Projektes entstand eine modular aufgebaute, flexible, automatisierte Fertigungslinie für eine qualitativ hochwertige und kostengünstige Produktion von textilen Gelenksystemen, welche entsprechend angepasst auch für die Herstellung anderer textiler Halbzeuge genutzt werden kann.

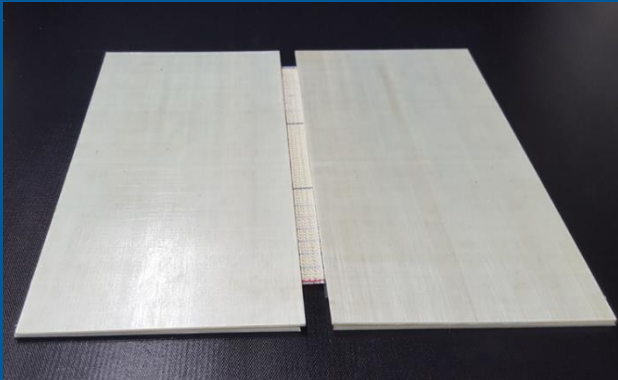


Abb. 1: Glasfaser-PA6-UD-Platten mit einkaschiertem Textilgelenk (Vorderseite)

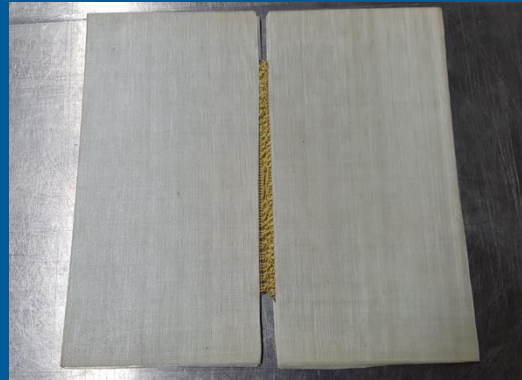


Abb. 2: Glasfaser-PA6-UD-Platten mit einkaschiertem Textilgelenk (Rückseite)

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Textile Gelenke besitzen aufgrund ihres geringen Gewichts und den hervorragenden mechanischen Eigenschaften der technischen Fasern, viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Gelenkanwendungen. Die vielfältigen Möglichkeiten der Folgeverarbeitung erweitern die Einsatzmöglichkeiten zusätzlich. Daher ergeben sich für textile Gelenksysteme folgende Hauptanwendungen:

- Automobilindustrie (Interieur, Sicherheitstechnik & -einrichtungen)
- Luftfahrtindustrie (Interieur, Sicherheitstechnik & -einrichtungen)
- Verpackungsindustrie (Transportkisten usw.)
- Schifffahrtsindustrie (Interieur, Sicherheitstechnik & -einrichtungen)
- Outdoor-Ausrüster (Taschen, Rucksäcke, Kletterzubehör)

Das entwickelte Anlagensystem ist grundsätzlich für alle oben beschriebene Endanwender, die ausgehend von einer Bahnware ein textiles Gelenk herstellen, interessant. Da die technischen Zielkriterien hinsichtlich Taktzeit der Automatisierungslösung und der guten Qualität des textilen Gelenksystems erreicht wurden, ist langfristig mit einer Marktdurchdringung in diesen Anwendungsgebieten zu rechnen.

Potenzielle Nutzer der Ergebnisse des Forschungsvorhabens sind vor allem kleine und mittlere Unternehmen der Textilindustrie, die klassische und technische Textilien im Kleinserienmaßstab produzieren bzw. textile Halbzeuge verarbeiten.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ENLEDIFA - NEUARTIGE LEGE-TECHNOLOGIE FÜR DICKE FASERSTRÄNGE ZUR VERSTÄRKUNG VON SPRITZGUSSTEILEN

Projektleitung: Dipl.-Ing (FH) Thomas Bauer

Laufzeit: 10/20 – 03/23

Ausgangssituation

Beim LFT-Verfahren wird das Verstärkungsmaterial, ein Vlies oder Gewebe, durch ein Imprägnierwerkzeug geführt, wo die thermoplastische Kunststoffschmelze zugeführt wird. Diese wird durch eine Düsenplatte gezogen, die dem Profil seine endgültige Form gibt. Der Extruder erzeugt einen Schmelzedruck, der die Matrix in die Faserzwischenräume eindringen lässt und diese ausfüllt. Die Schmelze haftet am Roving und durchdringt ihn vollständig, was zu einer vollständigen Imprägnierung führt. Verschiedene Profilquerschnitte können durch die Form der Düsenplatte hergestellt werden.

Forschungsziel

Das Ziel des Projektes war die Weiterentwicklung eines Herstellverfahrens für LFT-Granulate und Faser-Kunststoffstränge mit Fokus auf Effizienzsteigerung. Die Anlagengeschwindigkeit sollte von 40 m/min auf über 50 m/min erhöht werden, bei gleichbleibender Imprägnierqualität von über 98 %. Ein automatisches Spulenwechselsystem für bis zu 60 Spulen sollte die Rüstzeit senken. Weiterhin sollte ein Legemodul entwickelt werden, um die Stränge zu Verstärkungsgittern zu legen, die im hybriden Spritzgussverfahren zu einbaufertigen Bauteilen verarbeitet werden. Ein Demonstratorbauteil sollte die Machbarkeit und das Potential für verschiedene Materialkombinationen zeigen.

Forschungsergebnis

Die Montage und vorläufige Inbetriebnahme der Maschinen bzw. des Imprägnierwerkzeugs erfolgte beim Projektpartner ips Intelligent Pelletizing Solutions GmbH Co. KG.

Hierbei war es wichtig, dass alle Anlagenkomponenten in einer Linie ausgerichtet werden und kein Versatz entstand (Abbildung 1). Für die Inbetriebnahme der LFT-Versuchsanlage wurde eine „Standard“-Glasfaserroving Typ TufRov 4599 und ein Polypropylen HP500V verwendet.



Abbildung 1: Ausrichtung der LFT-Versuchsanlage

Auf Basis der Anforderungen hinsichtlich Funktion, Material und Abmessungen wurden verschiedene Konzepte entwickelt und bewertet. Das ausgewählte Konzept wurde in einem Prototyp umgesetzt und getestet. Nach erfolgreicher Optimierung und Validierung des Designs und der Funktionsweise konnte das Bauteil in Serie produziert werden.

Abbildung 2 zeigt die Rippenstruktur des Demonstrators in der 3D-Druckumgebung mit den berechneten Lastpfaden. Kleine Unstimmigkeiten bei den Knotenpunkten wurden im erstellten G-Code so optimiert, dass sie durchgängig verlaufen.

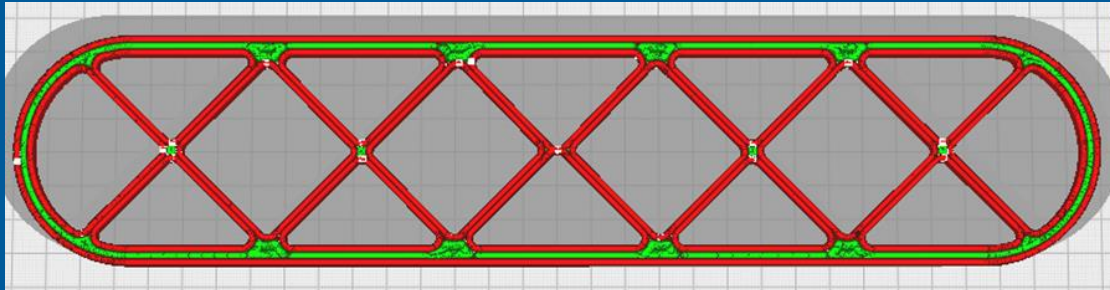


Abbildung 2: Lastpfaddarstellung des Demonstratorbauteils

Die Lastpfade, welche mit der Stranglegeanlage hergestellt wurden, sind in die Spritzgießanlage eingelegt, die Spritzgusswerkzeuge zusammengefahren und hinterspritzt wurden. Dies ist in der Abbildung 2 zu sehen. Das daraus entstandene Demonstratorbauteil ist in Abbildung 3 von vorn zu sehen. Die Verstärkungsstruktur ist durch den thermoplastischen Werkstoff umspritzt.



Abbildung 3: Demonstratorbauteil nach dem Spritzgussprozess

Um die Verstärkungsfasern und die Verbindungen der Verstärkungsstruktur mit dem Thermoplast beurteilen zu können, wurden Biegeversuche mit verschiedenen Faser-Matrix-Kombinationen durchgeführt und beurteilt. Der Prüfaufbau der 3-Punktbiegung nach DIN EN ISO 14125 ist in Abbildung 4 dargestellt, die Ergebnisse in Abbildung 5.

Die Versuche wurden mit unterschiedlichen Prüfgeschwindigkeiten gefahren und unterschiedlichen Einlegern, d. h. den zuvor auf der Stranglegeanlage gelegten Gitterstrukturen (Abbildung 2). Diese bestehen aus einem Matrixwerkstoff mit PA6 und einer Verstärkung aus Glas-, Basalt- und Carbonfasern.

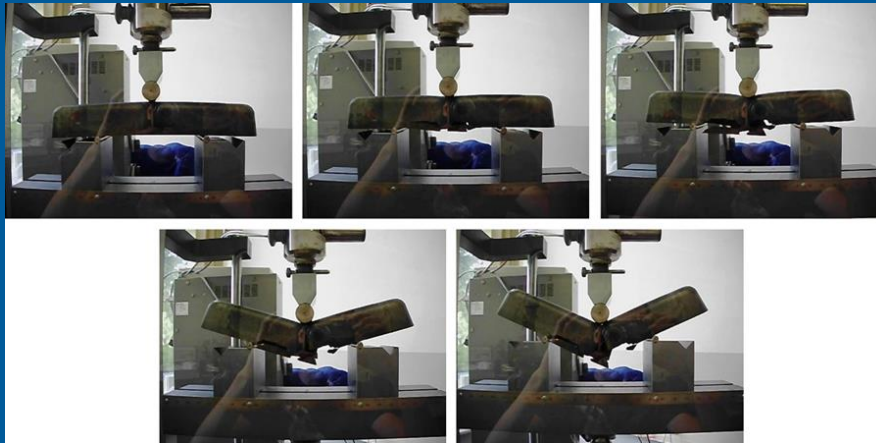


Abbildung 4: 3-Punkt-Biegeversuchsaufbau

In Abb. 5 ist zu erkennen, dass die Prüfgeschwindigkeit einen geringen Einfluss auf die Biegekraft hat, aber die Verstärkungsfasern einen Anstieg der Biegekräfte bewirken.

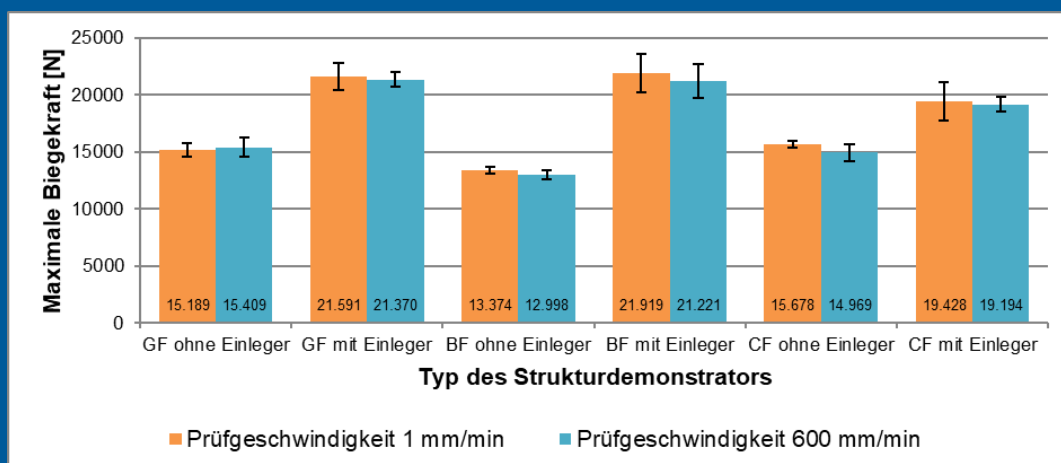


Abbildung 5: Biegekrafttabelle der Demonstratorbauteile

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Neue Entwicklungen und Technologien betreffen vor allem den Materialleichtbau. Der europäische Composites-Markt wies 2019 einen stabilen Anteil von 1141 kt produzierten GFK-Materialien auf. Glasfaserverstärkte Composites erreichten wie in den Vorjahren einen Marktanteil von 90 %.

Das Wachstum im Sektor der LFT/GMT Materialien von 2,6 % und 156 kt im Jahr 2019 ist ein deutlicher Indikator dafür, dass Technologien und Neuerungen in diesem Bereich von den Kunden angenommen werden und sich schnell am Markt etablieren und behaupten. Zurückzuführen ist dies u.a. auf die Verarbeitung von LFT-Materialien auf herkömmlichen (bzw. leicht abgewandelten) Kunststoff-Spitzgussanlagen, was hohe Investitionen in Neuanlagen überflüssig macht und den Markteinstieg erleichtert.

Projektpartner

- ips Intelligent Pelletizing Solutions GmbH Co. KG

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ONIORB - ENTWICKLUNG EINER NEUARTIGEN ONLINE-QUALITÄTSÜBERWACHUNG BEI DER HERSTELLUNG VON ORGANOBLECHEN

Projektleitung: Dipl.-Ing. (FH) Thomas Bauer

Laufzeit: 01/21 – 09/23

Ausgangssituation

Der Markt für die Herstellung faserverstärkter Halbzeuge für den Leichtbau verzeichnet seit Jahren einen deutlichen Wachstumstrend. Eine besondere Gruppe dieser Faserverbundkunststoffe bilden Organobleche, die aus Verstärkungsfasern in Form eines Geleges oder Gewebes, welche in eine thermoplastische Matrix eingebettet sind, bestehen. Sie zeichnen sich durch eine gute Warmumformbarkeit und eine daraus resultierende vereinfachte Verarbeitbarkeit aus.

Für Organobleche können verschiedene Verstärkungsmaterialien, wie Basalt-, Glas-, oder Kohlenstofffasern, sowie ein weiter Bereich thermoplastisch verarbeitbarer Kunststoffe als Matrix eingesetzt werden. Für Großserienanwendungen werden bei der Organoblechherstellung Intervallheiß- oder Doppelbandpressen eingesetzt, um Halbzeuge in hohen Stückzahlen mit optimaler Qualität herzustellen.

Im Herstellungsprozess können Fehlstellen, meist im Inneren der Organobleche auftreten, die sich negativ auf die mechanischen Kennwerte des Halbzeugmaterials bzw. des späteren Bauteils auswirken. Die Überwachung der hergestellten Produkte und deren Qualitätsmerkmale spielt somit eine immer wichtigere Rolle, um Material- und Herstellkosten zu minimieren.



Abbildung: Schliffbild Organoblech, Bild links: unvollständig imprägniert, Bild rechts: vollständig imprägniert

Forschungsziel

Ziel des Projektes war die Entwicklung einer prozessintegrierten Onlineüberwachungstechnologie auf Basis der Ultraschallmesstechnik für die Qualitätsüberwachung der Herstellung von Organoblechen. Die Überwachungstechnologie sollte dabei weitestgehend unabhängig von den spezifischen Eigenschaften der eingesetzten Ausgangsmaterialien des zu prüfenden Organobleches und vorrangig für den Einsatz in kontinuierlichen bzw. intermittierenden Prozessen geeignet sein.

Mit Hilfe der Onlineüberwachung sollen möglichst viele der beim Herstellprozess von thermoplastischen Halbzeugen auftretenden Fehler wie Lufteinschlüsse sicher erkannt und somit die Qualität und Prozesssicherheit bei der Herstellung von Organoblechen verbessert werden.

Forschungsergebnis

Ausgehend von einer umfassenden Fehlercharakterisierung sowie Vorversuchen zur Fehlerdetektion und Lösungsfindung wurden Varianten zur technischen und technologischen Umsetzung des Überwachungstools an einer Intervallheißpresse erarbeitet. In den Vorversuchen wurde die Eignung der messtechnischen Komponenten direkt an der Anlagentechnik getestet und in ein Onlineüberwachungstool integriert.

Das entwickelte Onlineüberwachungstool mit einer in die Prozesslinie integrierten Ultraschallmesstechnik ermöglicht es, die Qualität der hergestellten Organobleche unmittelbar im Herstellungsprozess zu überprüfen, zu dokumentieren und gezielt zu beeinflussen.

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Das entwickelte Gesamtsystems wird in Folgeversuchsreihen sowie im versuchsweisen industrienahen Einsatz an unterschiedlichen Materialkombinationen unter Fertigungsbedingungen in Fehlererkennung und Auswertung technisch und technologisch weiter optimiert.

Die wirtschaftliche Bedeutung der im Projekt entwickelten Onlineüberwachungstechnologie liegt in der unmittelbar während des Herstellungsprozesses stattfindenden, vollständigen Überwachung der Qualität der hergestellten Halbzeuge und der damit verbundenen Kostenminimierung durch die Vermeidung von Materialfehlern. Technisch ist das konstruktiv umgesetzte Überwachungstool in den Herstellungsprozess an kontinuierlich bzw. semikontinuierlich arbeitenden Anlagen einsetzbar.

Projektpartner

- SONOTEC GmbH
- Forschungszentrum Ultraschall gGmbH
- Teubert Maschinenbau GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

KOKUNA - ENTWICKLUNG EINER KOMPLETTLÖSUNG ZUR AUTOMATISCHEN KUNSTSTOFFFASSUNGsherstellung MIT ZUGEHÖRIGER NADELZUFÜHRUNG FÜR DIE HOCHDYNAMISCHE NÄHWIRKTECHNOLOGIE

Projektleitung: Dipl.-Ing. Marcel Meyer

Laufzeit: 10/20 – 03/23

Ausgangssituation

Entsprechend der hochdynamischen Nähwirktechnik können minimale Optimierungen zu einem hohen Einsparungspotential führen. Neben der Entwicklung eines automatisierten Fertigungsstranges standen die Werkzeugentwicklung für den Spritzgussprozess sowie die mechanische und steuerungstechnische Verknüpfung aller Einzelkomponenten miteinander im Fokus des Projektes.

Der aktuelle Markt der Nähwirkmaschinenhersteller und deren Ausrüster zeigt schon seit einigen Jahren keine Weiterentwicklungen oder Innovationen mehr. Ziel ist es, im Laufe des Entwicklungsprozesses eine neuartige und kostengünstigere Herstellungstechnik für Nähwirkwerkzeuge zu entwickeln, welche aufgrund einer Gewichtseinsparung den Fertigungsprozess verbessern soll.

Forschungsziel

Ziel dieses Projektes war es, neuartige Kunststoffnadelfassungen für die Nähwirktechnik zu entwickeln. Dazu sollten die Komponenten für ein komplett automatisiertes Handlingsystem, die steuerungstechnische Verknüpfung und das zugehörige Fertigungswerkzeug entstehen. Das Handlingsystem sollte eine Vereinzelung, die Schaffung von Nadelpaketen und das Einlegen in das Fertigungswerkzeug gewährleisten. Mit dem Werkzeug sollten verschiedene Fassungspezifikationen herstellbar sein, um die Systemgrenzen untersuchen zu können. Am Ende des Vorhabens sollten die Herstellung erster Fassungen, sowie deren umfangreiche Prüfung anhand industriegegebener Belastungsfälle stehen.

Forschungsergebnis

In umfangreichen Versuchsreihen mit Variation der Geometrien und Spritzgussparameter sind diverse Fassungen hergestellt worden. Die neuartigen Kunststoffnadelfassungen übertreffen konventionelle Gussmaterialfassungen in ihren mechanischen Eigenschaften.



Abbildung 1: Kunststoffnadelfassung

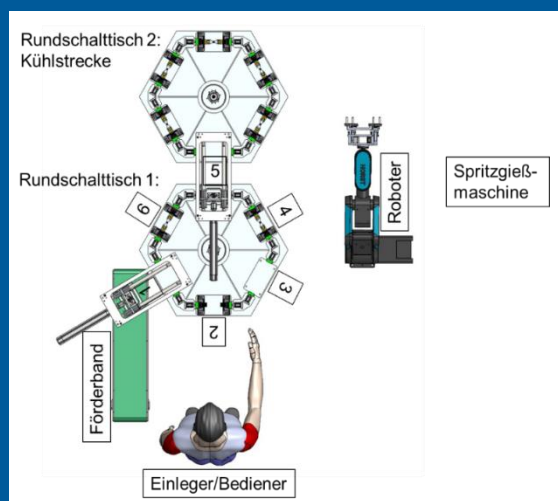


Abbildung 2: Handlingsystem

Der Spritzgussprozess, wie auch die Zufuhr der Nadelrohlinge in Formnestern, ist in ein Handlingsystem integriert worden. Das Konzept des Handlingsystems basiert auf 2 Rundschalttischen. Der Rundschalttisch 1 besitzt 6 Arbeitsstationen. Der Rundschalttisch 2 weist ebenfalls 6 Stationen auf und wird als Kühlstrecke verwendet. Die Bewegung der Rundschalttische wird elektromotorisch realisiert, die Medienzuführung erfolgt über jeweils eine Drehdurchführung mit pneumatischen und elektrischen Anschlüssen. Die Schnittstelle zwischen dem Handlingsystem und der Spritzgießmaschine wird mit einem Linearhandling oder Mehrachsroboter realisiert. Ein Kleinförderband ermöglicht den Abtransport der Spritzgussteile inklusive Formnester. Die Übergabestellen zwischen den Rundschalttischen bzw. zwischen Rundschalttisch und Förderband wird mit Hilfe pneumatisch angetriebener Y-Z-Portalen realisiert.

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Die Serienbauteilentwicklung der Kunststoffnadelfassungen für vorrangig Schiebernadel und ggf. Schließdraht soll auf Basis der Wirktechnologie umgesetzt werden. Durch diese Technologie zur flexiblen Herstellung von textilen Halbzeugen eröffnet sich ein breites Branchengebiet, in welchem die Erzeugnisse platziert werden können. Dabei sind die nachfolgenden Märkte als Schwerpunkte ermittelt worden:

- Hygiene- & Medizinindustrie
- Haushalts- und Reinigungswaren
- Leichtbauanwendungen als faserverstärktes Bauteil
- Heimtextilien
- Automobilindustrie, Schifffahrt, Luftfahrt, Schienenfahrzeuge
- Agrarindustrie und Geotextilien
- Filtertextilien
- Technische Anwendungen (Wärme- und Lärmisolation)

Bei Erreichung bzw. Erfüllung aller technischen Zielkriterien (auch unter Langzeitbedingungen und nach Alterung), werden ein Produkt und dessen Fertigungsstrang entstehen, womit eine breite Produktpalette hergestellt werden kann. Auf Basis des stetig wachsenden Marktes für technische Textilien und dessen Nachfrage soll das Fassungspektrum erweitert und zu einer langfristigen Marktdurchdringung führen.

Bei der Festlegung der definitiven Zielmärkte sind vor allem die Hygiene- & Medizintechnik sowie die Automobilindustrie zu nennen, denn diese Märkte bieten das größte Potential. Als Beispiel dient hierbei die Schutzmaskenherstellung, welche durch die Kunststoffnadelfassung nicht nur kostengünstiger, sondern auch produktiver gestaltet werden kann. Ebenso lässt sich dieses Prinzip auf die Automobilindustrie mit ihren spezifischen Artikeln adaptieren. Nach der Gewinnung dieser beiden Märkte ist die Grundlage geschaffen, um weitere Märkte zu durchdringen.

Projektpartner

- Technitex Sachsen GmbH
- Steinbeis-Innovationszentrum Automation in Leichtbauprozessen (ALP)
- autodeltass GmbH
- FKT Formenbau und Kunststofftechnik GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

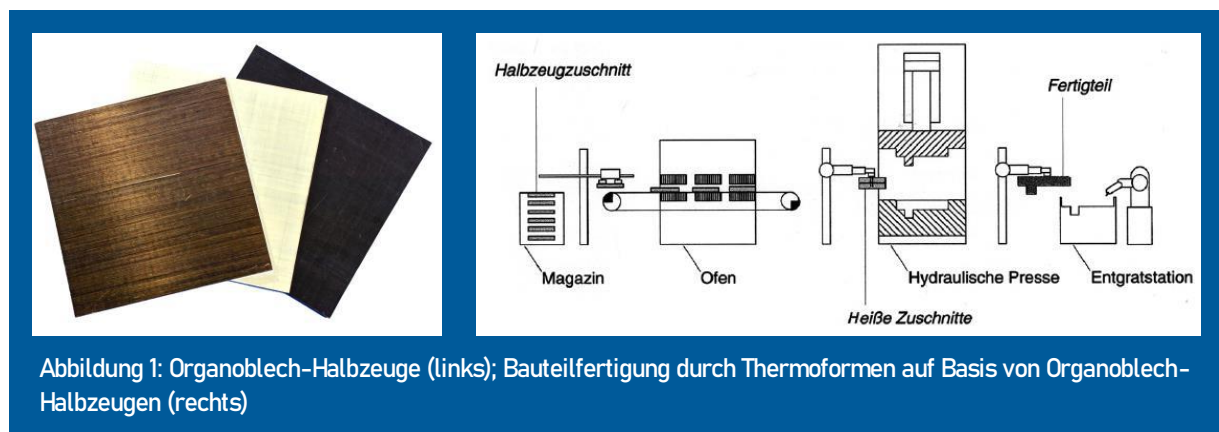
RECYGANO - RECYCLING VON ORGANOBLECH-SCHNITTRESTEN

Projektleitung: Dipl.-Wi.-Ing. Sebastian Nendel

Laufzeit: 01/21 – 06/23

Ausgangssituation

Faserverstärkte Kunststoffe gewinnen aufgrund ihrer herausragenden mechanischen Eigenschaften und geringer Dichte zunehmend an Bedeutung. Im Bereich der Großserienproduktion (z. B. Automobilindustrie) werden hochbelastete Strukturbauteile vermehrt aus thermoplastischen Kunststoffen mit Faserverstärkung (z. B. Glasfaser oder Carbonfaser) gefertigt (Abbildung 1). Diese Bauteile werden durch Spritzgießen oder Thermoformen aus vollständig imprägnierten Faserhalbzeugen, sogenannten Organoblechen, gefertigt. Je nach Anwendung werden Verstärkungsfasern in Form von Langfasern (z. B. als Matte mit Verstärkungsfaserlänge 50 mm bis 100 mm) oder Endlosfasern eingesetzt. Bei diesem Zuschnitt entstehen stets Schnittreste (teilweise bis zu 50 % der Ausgangsplatine) aufgrund komplexer Schnittgeometrien. Entsprechend dem prognostizierten Wachstumspotenzial der Organoblechindustrie steigt auch die Abfallmenge. Die anfallenden Schnittreste aus der Weiterverarbeitung von Organoblechen werden derzeit energetisch verwertet oder üblicherweise in Shreddern oder Schneidmühlen zerkleinert und anschließend einem Compoundierprozess zugeführt, um als kurzfaserverstärkter Thermoplast (Faserlänge < 1 mm) in den Materialkreislauf überführt zu werden.



Forschungsziel

Die anfallenden Schnittreste aus der Organoblech-Verarbeitung weisen ein erhebliches Potenzial zur weiteren Nutzung auf. Durch das aktuell übliche Shreddern oder Mahlen der Schnittreste werden die enthaltenen Verstärkungsfasern so stark gekürzt und beschädigt, dass das eigentlich vorhandene Materialpotenzial ungenutzt bleibt. Dementsprechend wurde die Entwicklung einer faserschonenden Recyclingtechnologie mit wesentlich größeren Verstärkungsfaserlängen (Faserlänge > 10 mm) angestrebt. Das sollte durch eine Zerkleinerung mittels Präzisionsschnitten realisiert werden.

Auf diese Weise entstehen reproduzierbare Geometrien mit definierten Verstärkungsfaserlängen, die eine bessere Dosierung des Materials beim Compoundierprozess gewährleisten. Darüber hinaus sind wesentlich höhere mechanische Kennwerte der entstehenden Recycling-Produkte verglichen zu geshreddertem Material realisierbar.

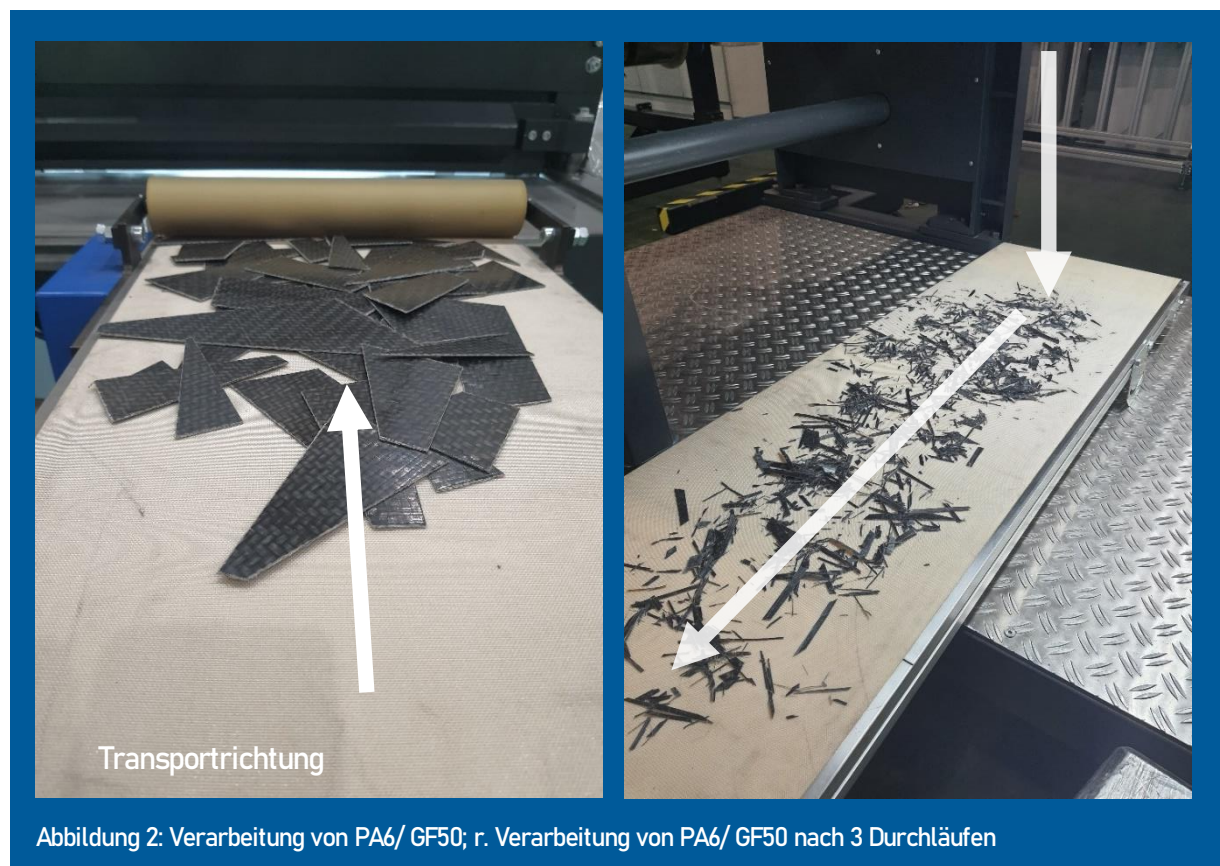
Die beabsichtigte Entwicklung ist inhaltlich in zwei Problemstellungen unterteilt. Zum einen soll ein Handlingsystem entwickelt werden, mit welchem das Handhaben der Schnittreste prozesssicher gewährleistet werden soll. Zum anderen soll eine Präzisionsschneidtechnologie entwickelt werden, mit welcher die technologische Problemstellung der geringen Standzeiten bei der Verarbeitung von sehr abrasiven Werkstoffen, wie zum Beispiel glasfaserbasierten Organoblechen, optimiert werden kann.

Forschungsergebnis

Die Ergebnisse des Projektes sind als sehr positiv zu bewerten. Alle wesentlichen Zielstellungen konnten erreicht und teilweise übertroffen werden.

Es wurde eine Versuchsanlage entwickelt, mit welcher Organoblechschnittreste durch ein Schlagscherenprinzip zerkleinert werden. Der Schnitt erfolgt sowohl in 0° als auch in 90°- Richtung. Aufgrund der bidirektionalen Schnitttrichtung kann die Größe des finalen Schnittgutes sehr genau eingestellt werden, wodurch die geometrischen Abmaße des geschnittenen Materials an den weiterverarbeitenden Prozess angepasst werden kann.

In Abbildung 2 ist dieser Prozess exemplarisch dargestellt.



Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Die Anlagentechnologie wird zukünftig sowohl für weitere Forschungszwecke als auch für industrielle Anwendungen eingesetzt. Ganz im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetz wird ein üblicherweise thermisch verwertetes Grundmaterial recycelt und wiederverwendet.

Projektpartner

- newcycle GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ENTWICKLUNG EINES WERKZEUGES ZUR REALISIERUNG VERTIKALER RÜHRREIBSCHWEIßPROZESSE FÜR DEN HYBRIDEN LEICHTBAU

Projektleitung: Dipl.-Ing. Katrin Luther

Laufzeit: 04/21 – 09/23

Ausgangssituation

Durch die zunehmenden Forderungen nach Energieeinsparung, CO₂-Reduzierung und damit verbundenem Umweltschutz, gewinnt der Leichtbau vor allem in der Automobilindustrie zunehmend an Bedeutung. Die meisten Leichtbauelemente werden aktuell aus homogenen Materialkombinationen (Alu-Alu, usw.) mittels aufwändigen Fügetechnologien gefertigt. Bei immer komplexeren Strukturen bei gleichzeitig enormer Gewichtseinsparung kommen vorhandene standardisierte Fügetechnologien an ihre Grenzen. Die Vorteile der Technologie des Rührreibschweißens von Plattenmaterial sind bekannt. Das Projekt soll sich mit der Entwicklung einer neuen Technologie zum Verbinden von dreidimensionalen geschlossenen Strukturen beschäftigen. Durch diese statisch vorteilhafte geometrische Gestaltung wird erheblich Material eingespart. Zum Vergleich sei an dieser Stelle das Verhältnis Eigengewicht/Traglast einer üblichen Treppenstufe zu einer Gitterroststufe angeführt. Vergleichbare hybride Leichtbaustrukturen lassen sich aktuell jedoch nicht durch Rührreibschweißprozesse fügen.

Forschungsziel

Es sollte ein Werkzeugsatz inkl. zugehöriger Technologie zum vertikalen Rührreibschweißen verschiedener Metalle, vorzugsweise Stahl, Edelstahl und Aluminium, zur Anwendung in der Nutzfahrzeugherstellung entwickelt werden. Der angestrebte Fertigungsprozess basiert auf dem Grundprinzip des Rührreibschweißens, wobei durch Reibung erzeugte Wärme dazu genutzt wird, das Material der beiden Fügeelemente in einen plastischen Zustand zu überführen und ohne Schmelzphase zu vermischen. Die Grundkonstruktion soll in Form einer hybriden Wabenstruktur realisiert werden. Es soll dabei möglich sein, bis zu drei Materialpaarungen zu fügen. Der Entwicklungsschwerpunkt der Cetex im Rahmen des Projektes lag in der Entwicklung des Steuerungskonzeptes für die Prozesssteuerung und -überwachung des Rührreibschweißprozesses. Zusätzlich sollte die MW-Wurzen GmbH bei den Entwicklungsarbeiten und der Projektierung bezüglich des Schweißwerkzeuges unterstützt werden.

Forschungsergebnis

Die gesetzten Ziele konnten im Projekt umgesetzt werden. In Kooperation mit den Projektpartnern wurde ein Werkzeugsatz mit entsprechender Sensorik entwickelt (Abbildung 1).

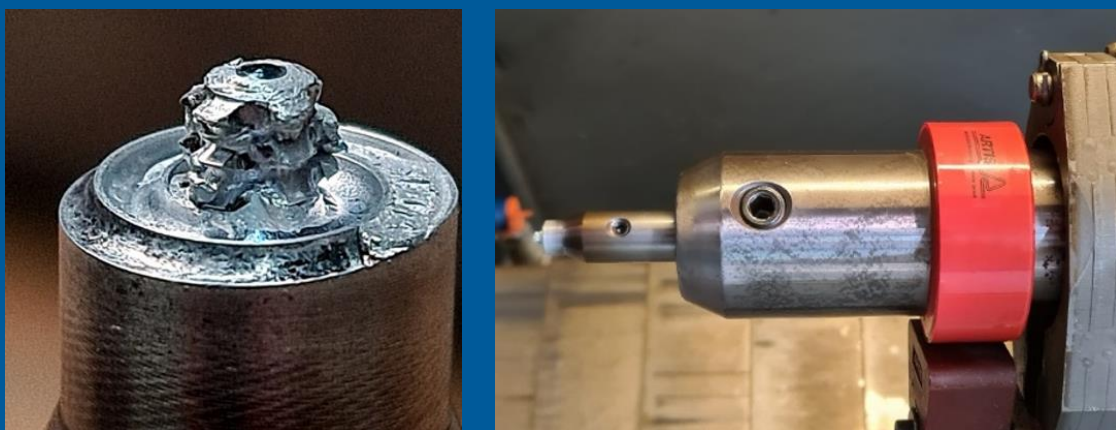


Abbildung 1: Schweißpin (l) und Pin-Aufnahme mit Drehmomenterfassung (r)

Durch die am Werkzeug integrierte Sensorik ist das auf den speziellen Rührreibschweißprozess zugeschnittene Regelungskonzept in der Lage, die Prozessparameter im optimalen Bereich zu halten (Abbildung 2).

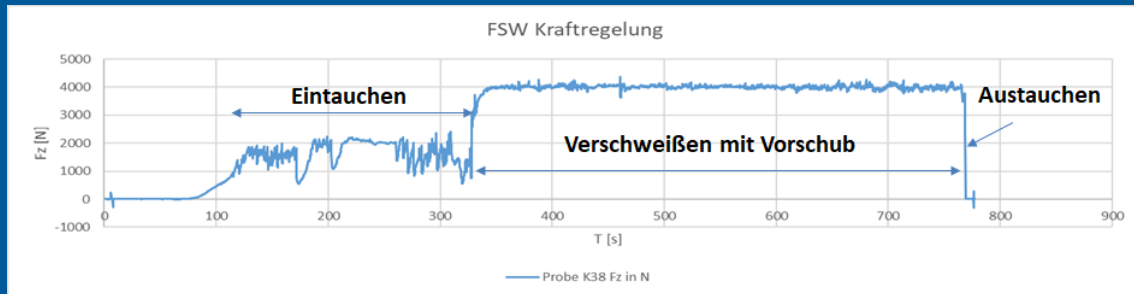


Abbildung 2: Messkurve kraft geregelter Prozess

Somit konnten stabile Leichtbausegmente aus verschiedenen Metallen effizient und zuverlässig hergestellt werden (Abbildung 3).



Abbildung 3: Werkzeug inkl. Aufspannung und Leichtbaustruktur

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Aufgrund des effizienten Verfahrens können hybride Leichtbaustrukturen aus unterschiedlichen Materialien hergestellt werden. Das führt z.B. zu einer Reduktion des Eigengewichts von Transportfahrzeugen und Anhängern. Somit wird ein Beitrag zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes in Transportunternehmen geleistet. Die Kooperationspartner können aufgrund des gestiegenen Knowhows ihr Produktportfolio als Hersteller bzw. als Anwender erweitern und dadurch ihre Marktstellung sichern und ausbauen.

Projektpartner

- Mechanische Werkstätten Wurzen GmbH
- Fellechner Fahrzeugbau GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

EFFIBAZ – EFFIZIENTE SCHNITTFASERPRODUKTION FÜR BAUSTOFFZUSÄTZE

Projektleitung: Dipl.-Wi.-Ing. Sebastian Nendel

Laufzeit: 02/21 – 07/23

Ausgangssituation

Neben dem bekannten Stahl- oder Textilbeton, in welchem die Verstärkung des Betons mithilfe makroskopischer Einlagen (Endlosfasern) erzielt wird, ist es auch möglich, eine Verstärkung des Materials durch Faserabschnitte zu erzielen. Es handelt sich um den sogenannten Faserbeton. Die Faserabschnitte behindern das Fortschreiten von Rissen im Beton, sodass ein Materialversagen weniger kritisch verläuft bzw. gar nicht auftritt.

Heute werden neben diesem Effekt aber auch gezielt die mechanischen Eigenschaften sowie Brandverhalten des Betons beeinflusst. Speziell die Verwendung nicht korrodierender Fasermaterialien eröffnet vielfältige neue Anwendungsbereiche, da wesentlich dünner und dadurch leichter aber trotzdem stabil gebaut werden kann.

Neben den bisher eingesetzten Fasern (Stahl, PP, Glas) sollen seit jüngster Zeit auch die Vorteile der Kohlenstofffaser im Verbund mit Beton genutzt werden, welche auf Grund des höheren Preises bis dato wenig in Faserbetonen zum Einsatz kommen.

Die herkömmlich verwendeten Fasern für den Einsatz im Faserbeton werden in vorportionierten Packungsgrößen angeboten. Diese können dann ggf. auf der Baustelle geöffnet und im Mischprozess entsprechend dem Beton zugeführt werden. Hier gibt es noch keine spezifische Alternative für die Anwendung der Kohlenstofffaserabschnitte. Gerade bei Karbon ist im ungebundenen Zustand aus arbeitsschutztechnischer Sicht eine gewisse Sorgfalt im Umgang geboten, damit keine freien Fasern in die Umgebung oder Strom führende Teile gelangen.

Forschungsziel

Das Ziel des Vorhabens waren die Entwicklung einer Anlagentechnologie für die Herstellung von Carbon-Schnittfasern sowie die Entwicklung von Verpackungsmöglichkeiten. Dabei soll der wirtschaftliche Einsatz der Faserstücke durch eine neu entwickelte und effiziente Anlagentechnologie in mehreren Spuren und mit modular einstellbarer Schnittgeometrie für unterschiedliche Schnittfaserabmessungen in Länge und Breite realisiert werden. So können flexible Faserlängen hergestellt und unterschiedliche Eigenschaftsanforderungen des herzustellenden faserverstärkten Betons erfüllt werden.

Angestrebte technische Funktionalitäten für die Fertigungstechnologie sind:

- Kontinuierlicher, mehrspuriger Prozess mit konstanter Bahnwarengeschwindigkeit
- Produktion Geschwindigkeit von 40 m/min
- Maximale Aufspreizung der Carbonfaser-Heavy-Tows ≥ 50 mm
- Realisierung einer Querverfestigung bzw. Fixierung der gespreizten Faserbänder
- Trennen der vorfixierten Faserbänder längs und quer zur Faserrichtung (definiert)
- Klassieren, Dosieren und Verpacken der Carbonschnittfasern

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Forschungsergebnis

Die Ergebnisse des Projektes sind als sehr positiv und vielversprechend zu bewerten. Aus maschinenbautechnischer Sicht kann eingeschätzt werden, dass die neu entwickelten Maschinenbaukomponenten zur Herstellung von Carbonschnittfasern grundsätzlich in mehrspuriger Fertigungstechnologie funktionieren. Durch die Aufteilung der Gesamtanlage in zwei Teile konnten die Prozesssicherheit erhöht, die Ausgabemenge gesteigert und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

Im ersten Anlagenteil erfolgt die Tapeherstellung (Abbildung), deren Geschwindigkeit durch die Materialtrocknung limitiert ist, während im zweiten Anlagenteil der Konfektionierungsprozess erfolgt, bei welchem wesentlich höhere Geschwindigkeiten erreicht werden können. Dadurch kann die mehrspurige Tapeherstellung durch eine einspurige Konfektionierungseinheit bedient und somit Anlagenkosten reduziert werden. Weiterhin wird der sehr empfindliche Schneidprozess nicht durch Schwankungen bei der Herstellung des Tapes negativ beeinflusst.

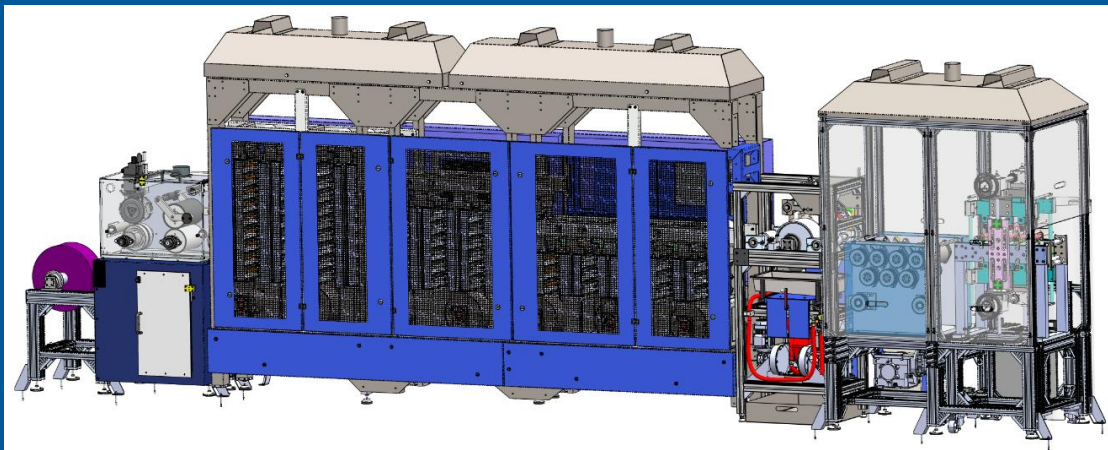


Abbildung: EffiBaz-Tapeanlage

Die Herausforderung aus technologischer Sicht bestand in der Erzielung einer soliden, gleichmäßigen Durchmischung der hergestellten Carbonschnittfasern mit dem Beton und der Vermeidung von Faserbällen im finalen Einsatz. Besonderes Augenmerk galt dabei der Parallelisierung der Fasern vor der Verpackung und Beibehaltung dieser Parallelisierung innerhalb der Verpackung. Ein geeigneter Faserparallelisierer wurde im Rahmen des Projektes erfolgreich entwickelt und konstruiert.

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Die Anwendungsgebiete von kurzfaserverstärktem Beton sind vielfältig. Er kann in Bereichen eingesetzt werden, in denen eine hohe Belastbarkeit erforderlich ist, wie zum Beispiel im Brückenbau, in Parkhäusern, bei Industrieböden oder in Tunnelkonstruktionen. Auch im Bereich der Sanierung von Bauwerken findet er Anwendung, da er die strukturelle Integrität verstärkt und zur Verlängerung der Nutzungsdauer beiträgt. Weitere Anwendungsgebiete sind die Bewehrung von Asphalt, Betonfertigteile sowie Hochleistungsbeton für den Explosionsschutz.

Die wirtschaftliche Bedeutung von kurzfaserverstärktem Beton ergibt sich aus seiner Langlebigkeit und Widerstandsfähigkeit. Es können Baukosten gesenkt werden, da weniger Reparaturen und Wartungsarbeiten notwendig sind. Zudem ermöglicht die erhöhte Festigkeit des Betons eine schlankere Bauweise, was Material einspart und somit zur Ressourcenschonung und Kosteneffizienz beiträgt.

MIKROWELLE – IMPRÄGNIER- UND TROCKNUNGSVERFAHREN ZUR HOCHEFFIZIENTEN HERSTELLUNG THERMOPLASTISCHER VERSTÄRKUNGSFASERTAPES

Projektleitung: Dipl.-Ing. Marcel Meyer

Laufzeit: 07/21 – 06/23

Ausgangssituation

Mit Faserkunststoffverbunden lassen sich endlosverstärkte leistungsfähige Bauteile mit anwendungsspezifischen Eigenschaften herstellen. Dafür werden häufig vorimprägnierte textile Halbzeuge eingesetzt. Diese eignen sich für die Großserienproduktion, da sie in großen Mengen herstellbar und maschinell weiter verarbeitbar sind. Ein Verfahren, welches gute Imprägniereigenschaften bietet, aber hohe Emissionen und Anlagenkosten aufweist, ist das Lösungsmittelverfahren. Durch das niedrigviskose Lösungsmittel können hohe, aber auch variierbare Imprägniergrade erzielt werden. Allerdings sind Emissionen und Betriebskosten auf Grund des Ausgasens und der damit verbundenen notwendigen Absaugung und Reinigung sehr hoch. Zudem dauert der Herstellungsprozess durch den Trocknungsvorgang lange und ist auf Grund des hohen Energieeintrages eher ineffizient bzw. mit hohen Prozesskosten verbunden.

Forschungsziel

Das Ziel des Forschungsprojektes war es, in Zusammenarbeit aller Projektpartner, ein technologisches Verfahren zur Hochgeschwindigkeitsimprägnierung von Fasertapes auf Basis eines wässrigen Lösungsmittels mit thermoplastischer Matrix zu entwickeln. Zur Faserschonung und Energieeinsparung sollte die Trocknung der Fasern mittels Mikrowellen erfolgen. Dabei war die Verknüpfung der umweltfreundlicheren Eigenschaften eines Lösungsmittels auf Wasserbasis mit den energetischen Vorteilen der Mikrowellentrocknung zu einem ressourcenschonendem Imprägnierverfahren beabsichtigt.

Forschungsergebnis

Im Projekt entstand eine Demonstratoranlage zur hocheffizienten Herstellung thermoplastischer Verstärkungsfasertapes. Dabei wurden aus einem Spulengatter zulaufende Filamentrovings in geeigneter Weise ausgespreizt und in einer Vorrichtung zur Fasertränkung mit einem wässrigen Lösungsmittel imprägniert. Durch den gesamten Imprägnierprozess war die Spreizung des Faserbandes durch geeignete Fadenführung aufrecht zu erhalten. Anschließend erfolgte die Trocknung des Faserbandes. Innerhalb der Projektbearbeitung wurden zur Spreizaufrechterhaltung und Imprägnierung des Faserbandes unter Hochgeschwindigkeitsbedingungen die erforderlichen Lösungsansätze entwickelt und konstruktiv in technische Lösungen umgesetzt. Es wurden Vorversuche zu den technisch umgesetzten Vorrichtungen unternommen, die Demonstratoranlage konfiguriert und entsprechende Verfahrensversuche zur Anlagen- und Prozessvalidierung durchgeführt.

Die entwickelte Mehrstufenimprägnierung (siehe Abbildung) erfüllt die Anforderungen an die Imprägniereigenschaften des geforderten Fasertapes. Durch Kaskadierung der entwickelten Imprägnierung lässt sich bei kompakter Anlagenbauweise die Highspeed-Imprägnierung ausgespreizter Faserbänder erreichen. Für die zur Spreizaufrechterhaltung entwickelten Fadenführungen und Vorrichtungen wurde die Wirksamkeit in den Versuchen nachgewiesen.

Für die Durchführung der Untersuchungen an der Demonstratoranlage zur Prozessparametrisierung und -validierung wurde als Fasermaterial eine E-Glasfaser mit 2400 tex Feinheit mit einem Auftragsmedium, ein PP in wässriger Lösung, gewählt. Die in der Materialvalidierung ermittelten Kennwerte entsprechen den Zielvorgaben des Projektes, wie eine stabile Tapedicke und -breite, der erreichbare Imprägniergrad sowie die Trocknungszeit des getränkten Tapes.

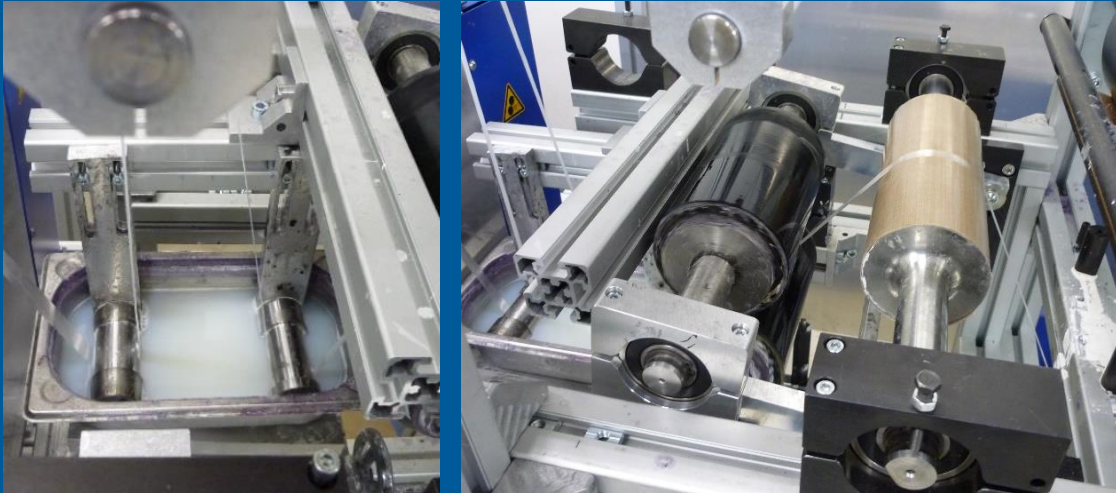


Abbildung: Zweistufenimprägnierung Variante feste Stäbe (2. und 3. Versuchsreihe):
Bild links - feststehende Stäbe und Abrollstab, Bild rechts - Quetsch- und Umlenkwalze am Tauchbad

Anwendung und wirtschaftliche Bedeutung

Im Ausblick zum Projektabschluss ergeben sich Ansätze zur Weiterentwicklung der Lösungen und deren konstruktiver Ausführung. Die Demonstratoranlage steht interessierten Anwendern und für weiterführende Materialversuche und Untersuchungen zur Verfügung.

Projektpartner

- MBE Maschinenbau GmbH Eibau
- Steinbeis- Innovationszentrum (ALP)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

VERÖFFENTLICHUNGEN

Fachvorträge

Marcel Meyer

SmartHydro: Technologieentwicklung für intelligente Tankträgersysteme von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen

SmartERZ Bündnisversammlung, Annaberg-Buchholz, 06.07.2023

Dipl.-Wi.-Ing. Sebastian Nendel

„Auftrags- und Verbundforschung“

19. Treffen des sächsischen Transfernetzwerkes, Chemnitz, 07.09.2023

Marcel Meyer, Cetex Institut gGmbH

Martin Zwinzsch, Tisora Sondermaschinen GmbH

Marc Neubert, LSE GmbH

Gregor Zucker, Gebrüder Ficker GmbH

Projektergebnisse von SmartHydro

SmartCONNECT: Innovationsworkshop Sicherheitsrelevante intelligente Bauteile, Gebr. Ficker GmbH
Formen- und Werkzeugbau, Marienberg, 15.11.2023

Instituts- und Projektinformationen

Sparsam, flexibel und schnell – Leichtbau auf neuem Niveau

27.01.2023

https://www.innovation-strukturwandel.de/strukturwandel/de/report/im-blickpunkt/sparsam_flexibel_schnell/sparsam_flexibel_schnell_artikeltext.html

#42 – Vertikale Integration

Sebastian Nendel

Die Feder – Der Leichtbau-Podcast mit Dr.-Ing. Thomas Heber & Kai Steinbach

04.10.2023, <https://youtu.be/aG5FleZlAIA?feature=shared>

Technologie aus dem Erzgebirge für sichere Wasserstoffdruckbehälter in Fahrzeugen

11.12.2023, www.smarterz.de

(Pressemitteilung zum Projektabschluss Smarthydro)

PRÄSENTATIONEN AUF MESSEN UND WEITEREN VERANSTALTUNGEN

Präsentationen des Institutes

JEC World | 25.-27.04.2023, Paris

JEC WORLD

2023 The Leading International Composites Show

April 25-27, 2023 | PARIS-NORD VILLEPINTE

Cetex stellte auf der JEC World in Paris aktuelle Forschungsergebnisse aus dem textilbasierten Leichtbau vor. Im Mittelpunkt der Präsentation auf dem sächsischen Gemeinschaftsstand standen erfolgreiche Industriekooperationen auf dem Gebiet der Faser-Kunststoff-Verbund-Anwendungen (FKV).



Lösbare Seilendverbinding

In einem im Rahmen von ZIM geförderten BMWK-Projekt wurde eine lösbare Seilendverbinding entwickelt. Die in Kooperation mit der TU Chemnitz und der Gebrüder Ficker GmbH Formen- und Werkzeugbau entstandene Lösung erfüllt die speziellen Anforderungen von Kunststofffaserseilen und ist breit einsetzbar. Ob bei gehäuften Einscherungswechseln bei Krananwendungen, als Stahlseilersatz bei Fahrstühlen oder als designtechnisch ansprechende und hochbelastbare Alternative im Eventbühnenbau. Aufgrund der sehr guten statischen und dynamischen Eigenschaften stellt die Entwicklung eine echte Alternative zur herkömmlichen Spleißverbinding dar.

C-Bar® – imprägnierte, integrale dünne Carbonkurzschnittfasern für Betonanwendungen

Gemeinsam mit der Firma newcycle GmbH wurde im BMWK-Projekt „Carbosticks“ ein Verfahren zur kostengünstigen Herstellung von Carbonschnittfasern für Betonanwendungen realisiert. Mit „C-Bar®“ ist ein innovatives faserbasiertes Bewehrungssystem für Baustoffe entstanden, welches eine optimale Faserverteilung im Betonbauteil bei geringeren Gesamtkosten ermöglicht. Das System erlaubt auch die Fertigung dünner filigraner Betonstrukturen.

HYROV - Hybridrovings

Das Verfahren zur hochflexiblen, kontinuierlichen und effektiven Herstellung von HYROV Hybridrovings wurde in Kooperation mit The Filament Factory GmbH und der thermoPre ENGINEERING GmbH entwickelt und wurde anhand verschiedener Materialkombinationen und einer Animation der Anlage präsentiert. Dem Endanwender können nicht nur die Lieferung anwendungsangepasster Materialien, sondern auch das Engineering für spätere Bauteilanwendungen inklusive dem Prototyping der FKV-Bauteile angeboten werden.

ITMA | 08.-14.06.2023, Mailand



Cetex präsentierte zur ITMA in der „Research and Innovation Area“ neue Technologien und Maschinen für den Textil- und Sondermaschinenbau:

Die flexible **Laborspinneinheit LSE 2000-2** ist für die Verarbeitung von Stapelfasern aus Baumwolle, Wolle, Chemiefasern sowie deren Mischungen vorgesehen. Die Grundmaschine kann mit 3 verschiedenen, untereinander austauschbaren Streckwerken ausgerüstet werden (klassische 3-Walzen-Streckwerke sowie 4-Walzen-Streckwerk für die Bandverspinnung). Durch eine Reihe von Zusatzmodulen lassen sich auf der Maschine alle gängigen klassischen oder Spezialgarne herstellen: Core-Garne, Kompaktgarne, Siro-Garne, S- und Z-Garne sowie programmierbare Effekgarne.

Für höchste Flexibilität sorgen zudem Möglichkeiten zur Einstellung der Streckwerksneigung und -geometrie sowie eine stufenlose Einstellung der Verzüge. 6 einzelne Synchronmotoren garantieren absolut gleiche Spindeldrehzahlen der Arbeitsstellen (bis zu 30.000 U/min). Für eine komfortable Bedienung ist die Maschine mit einem übersichtlichen 22“-Touchpanel ausgerüstet.

Neben Garnentwicklern und -herstellern ist die LSE 2000-2 insbesondere auch für Forschungsinstitute und Bildungseinrichtungen geeignet.

Weiterhin wurden Ergebnisse erfolgreicher Industriekooperationen vorgestellt: ARWeS Automatischer Rovingwechsel, HYROV Hybridrovings sowie C-Bar® – Carbonkurzschnittfasern für Betonanwendungen.

Clean Hydrogen Convention | 25.-26.10.2023, Dresden



Gemeinsam mit der thermoPre Engineering GmbH und der LSE – Lightweight Structures Engineering GmbH, stellte unser Institut auf der Clean Hydrogen Convention aus. Im Mittelpunkt der Präsentation stand das vom BMBF geförderte Projekt „Smarthydro – Technologieentwicklung für intelligente Tankträgersysteme von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen“ innerhalb des Bündnisses SmartErz.

Präsentationen des von Cetex gemanagten Netzwerkes INMOLDNET

KPA | 08.-09.03.2023, Ulm

KPA | Kunststoff Produkte Aktuell

08. – 09. März 2023 | Ulm-Messe

Gemeinsam mit dem Industriepartner A&E Produktionstechnik GmbH präsentierte sich das Netzwerk auf der Fachmesse für Design, Entwicklung und Beschaffung von Kunststoffprodukten.



KUTENO | 09.-11.05.2023, Rheda-Wiedenbrück

KUTENO®
Kunststofftechnik Nord

Die effiziente Zuliefermesse für die kunststoffverarbeitende Industrie

09. – 11. Mai 2023
A2 Forum | Rheda-Wiedenbrück



Die KUTENO ist eine jährlich stattfindende B2B Zuliefermesse, welche die gesamte Wertschöpfungskette der kunststoffverarbeitenden Industrie abbildet. Sie versteht sich als Fach- und Arbeitsmesse, auf der Entscheider aus der Kunststoffverarbeitung neue Partner, Experten und leistungsfähige Zulieferer für ihre konkreten Projekte treffen können.

PLASTPOL | 23.-26.05.2023, Kielce



Die PLASTPOL - Internationale Messe für Kunststoff- und Kautschukverarbeitung bei Targi Kielce gehörte für das deutsch-polnische Netzwerk zu einer der wichtigsten Messen.

Vertreter von über 600 Unternehmen aus 29 Ländern und fast 15.000 Besucher konnte die Messe verbuchen.

Sächsisch-Polnischer Innovationstag | 21.-22.09.2023, Dresden

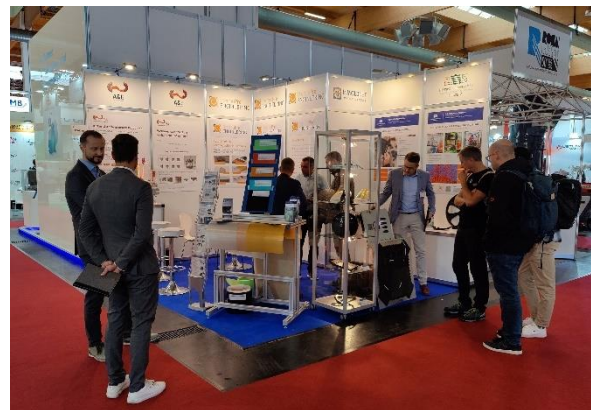


Unser deutsch-polnisches Netzwerk INMOLDNET war beim 5. Innovationstag in Dresden dabei. Im Mittelpunkt standen innovative Lösungen für eine nachhaltige Mobilität. Das aktuelle Dilemma, die Umweltauswirkungen des Verkehrs zu minimieren, die Nachhaltigkeit der Mobilität zu erhöhen und gleichzeitig persönliche Freiheiten zu bewahren, war zentrales Thema der Veranstaltung.

FAKUMA | 17.-21.10.2023, Friedrichshafen



Das Netzwerk INMOLDNET stellte auf der Fachmesse für die industrielle Kunststoffverarbeitung gemeinsam mit den Partnern thermoPre Engineering GmbH, Technische Universität Chemnitz und A&E Produktionstechnik GmbH aus.



Die Messe bot einen umfassenden Überblick über sämtliche Kunststofftechnologien.

INVESTITIONEN MASCHINENTECHNIK

Investitionsförderung des BMWK

Mit Mitteln aus dem Modul „Investitionszuschuss (IZ) im Rahmen des Programmes „FuE-Förderung gemeinnütziger externer Industrieforschungseinrichtungen in Ostdeutschland – Innovationskompetenz Ost (INNO-KOM-Ost)“ konnte die Erweiterung der technischen Infrastruktur des Institutes auch 2023 fortgesetzt werden.

Erweiterung der Biaxial Nähwirkmaschine MaliX (Schmietex Engineering GmbH)

Durch die steigenden Energiekosten in den verschiedensten Bereichen und der Forderung nach CO₂-Einsparung, werden vermehrt alternative Antriebe eingesetzt. Dabei spielt die Einsparung von Gewicht eine immer entscheidendere Bedeutung, um die erzielbaren Reichweiten deutlich zu erhöhen.

Dazu wurde im Jahr 2022 durch das IZ-Modul (49IZ210052 - Biaxial stitch bonding machine) eine Biaxial-Grundmaschine zur Herstellung neuartiger technischer Gelege angeschafft. Diese Anlage wurde nun ebenfalls von der Fa. Schmietex Engineering GmbH durch Zusatzmodule (Chopper, Choppergestell, zusätzliche Grundwarenabwicklung und steuerungstechnische Anpassungen) erweitert. Damit können am Markt nicht existente neuartige Materialkombinationen für Faser-Kunststoff-Verbunde auf Basis technischer Textilien entwickelt werden. Mit dem Chopper lassen sich zusätzlich Schnitffasern zur Erhöhung der Drapierfähigkeit der Hybrid-Gelege generieren. Dabei können unterschiedliche Fasermaterialien eingesetzt und variable Faserlängen und Flächengewichte realisiert werden.

Die zusätzliche Grundwarenabwicklung bedingt eine Anpassung des Gestellrahmens und ermöglicht es, zusätzliche Materialien zur Funktionalisierung einzubringen (Folien, Gewebe, Vliese,...). Weiterhin können über die Grundwarenabwicklung recycelte Materialien integriert werden. Damit wird die Flexibilität in der Materialentwicklung für anwendungsangepasste Halbzeugstrukturen deutlich erhöht. Durch die Integration zusätzlicher Materialien, wird die Materialdicke erhöht. Dazu ist es erforderlich, an der Nähwirkstelle den Hub (Abstand) flexibel mechanisch einzustellen und eine steuerungstechnische Anpassung vorzunehmen.

Diese einzigartige Anlagentechnologie ermöglicht es, technische Textilien mit herausragenden Eigenschaften anzubieten. Auf der Anlagenbreite von 1.200 mm können direkt 2 Warenbahnen (2 x 600 mm) hergestellt werden. Diese können über die bereits am Institut existenten und über IZ unterstützten Anlagen (49IZ190009 - Rucks-Pressen und Intervallheißpresse 49IZ190051/49IZ200046) zu neuartigen FKV-Halbzeugen mit neuartigen und hervorragenden Eigenschaften weiterverarbeitet werden.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

UMBAU- UND MODERNISIERUNGMASSNAHMEN

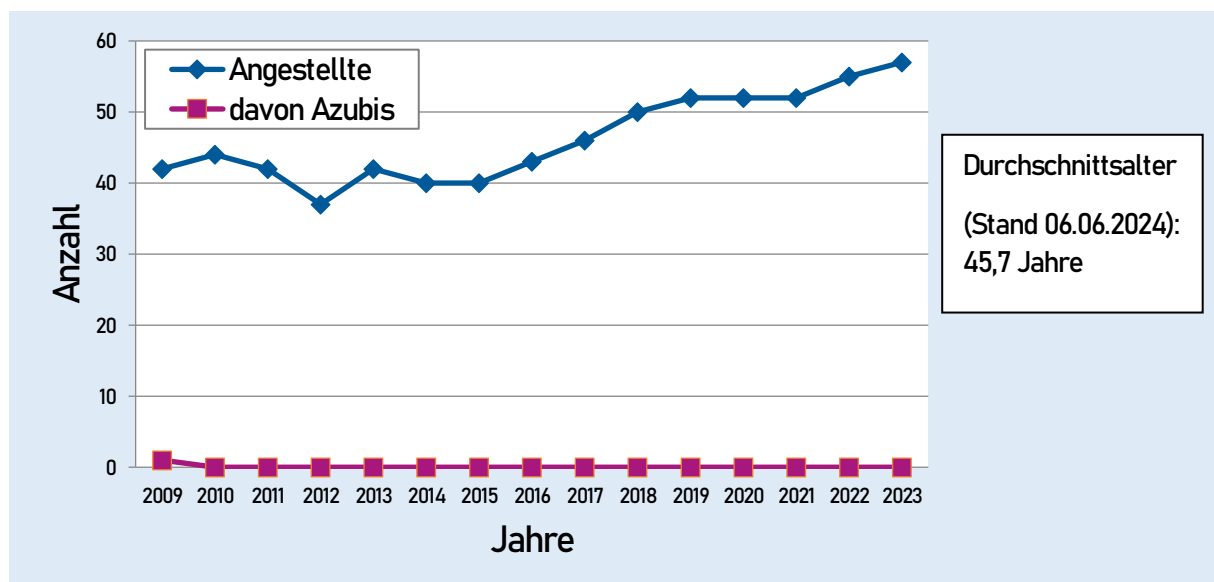
Die umfangreichen Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen wurden auch im Jahr 2023 fortgesetzt.

Im Innenbereich betraf das u.a. folgende Maßnahmen:

- Feuerfeste Ausführung Technikraum im Textillager
- Medienschränke und Zugänge für die Etagenverteilungen
- Anschaffung einer neuen Gebäudeunterverteilung
- Serverschränke, E-Installation etc.
- Vorrichten des Getränkelagers

PERSONELLES

Entwicklung der Beschäftigtenzahlen



Weiterbildung von Beschäftigten

Inhalte
„Konstruktion von Maschinen (KMA 10)“, BGHM, 18.-20.01.2023
„Aufbau eines Nachhaltigkeitsmanagementsystems auf Basis der ISO 26000 (Modul 1)“, TÜV, 15.-17.03.2023
„Umweltmanagement-Beauftragter - Teil 1“, TÜV, 06.12.2021-20.01.2022, 03.-05.04.2023
„Gabelstapler bedienen“, DEKRA, 15.05.-16.05.2023
„Workshop zur Digitalisierung in der Fertigung“, Hoffmann Group, 12.07.2023

„Mitarbeiterschulung zum Umgang mit Risikobeurteilungen (Hannweber)“, Hannweber, 28.09.2023
„Hannweber“, Solidline, 09.10.-12.10.2023
„Klimamanager (TÜV). Experte für Treibhausgasbilanzierung“, TÜV, 07.11.-10.11.2023
„Betriebsratsmitglieder Teil 2“, BGHM, 06.-08.12.2023

BETRIEBLICHES GESUNDHEITSMANAGEMENT

i-gb Initiative – Gesunder Betrieb

Im Rahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung steht allen Cetex-Beschäftigten das vielfältige und flexibel nutzbare Gesundheitsangebot der i-gb Initiative – Gesunder Betrieb zur Verfügung. Geboten werden u. a. Ermäßigungen für Fitnessstudios, Physiotherapie und weitere Gesundheitsanbieter. Aber auch individuelle Gesundheitsaktivitäten wie z. B. Jogging und Radfahren werden belohnt, das Ausdauertraining ist bei den Mitarbeitern besonders beliebt.

Die i-gb App bietet zusätzlich wertvolle Angebote und interessante Tipps rund um das Thema Gesundheit, wie kurze Trainingsvideos, Entspannungstipps, Rezepte und vieles mehr.



TEAMBUILDING

Wandertag

Für den alljährlichen Wandertag wählten wir 2023 eine Strecke ins Sternmühlental. Der Startpunkt war in Erdmannsdorf. Von dort ging es über das Sternmühlental bis zum Adelsbergturm. In der Adelsberggaststätte wartete dann das Mittagessen auf die Wanderer.



Fahrsicherheitstraining für PKW

Im Juli absolvierten interessierte Teammitglieder ein Training im Fahrsicherheitszentrum Sachsenring. Ziel war es, die persönlichen und die technischen Grenzen der Fahrzeuge besser kennenzulernen und beim Handling der Autos noch sicherer und souveräner zu werden.



Firmenlauf Chemnitz

Unter dem Team-Motto „Bei Cetex laufen nicht nur die Maschinen gut“ ging unser buntgemischtes Laufteam aus 9 Läuferinnen und Läufern zum Firmenlauf an den Start. Die 4,8 km lange Laufstrecke führte wieder direkt durch die Innenstadt von Chemnitz.

Mehr als 9.000 Läufer und über 500 Firmen machten dieses Laufevent zu einem unvergesslichen Erlebnis – und wir waren dabei! Das Teamgefühl stand hierbei im Vordergrund und so wurde stolz und glücklich die Tagesleistung bei einem hopfigen Kaltgetränk gewürdigt.



Woosn Chemnitz

"O'zapft is!"

Nicht nur in München, sondern in ganz Deutschland wird das Oktoberfest gefeiert, so auch in Chemnitz. In der Stadt mit den 3 O's findet man sich dazu auf der Woosn ein. Am Samstagabend holten auch wir unsere schönsten Dirndl und Lederhosen aus dem Schrank, um im ausverkauften Woosn-Zelt mit der offiziellen Woosn Band Luxus Loft traditionell auf den Bänken zu feiern. Es war uns ein Fest!



Impressum

Herausgeber:

Cetex Institut gGmbH
Altchemnitzer Str. 11
09120 Chemnitz

Telefon: +49 371 5277-210
Fax: +49 371 5277-100
sekretariat@cetex.de
www.cetex.de



Fotos und Grafiken:

siehe Quellenangaben in Bildbeschriftung
Fotos/Grafiken ohne Quellenangaben: Cetex Institut gGmbH

Redaktion: Bereich Forschungsk Kooperation

Erstellungstermin: September 2024