



Montanuniversität
Leoben

Zweijahresbericht
Biennial Report

Department Kunststofftechnik Leoben

2023–2024

IMPRINT

Responsible for the content:

Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer

Layout and editing:

Tanja Grössing, MA

Department Polymer Engineering and Science
Otto Glöckel-Straße 2 | 8700 Leoben | Austria
+43 3842 402 2701 | kunststofftechnik@unileoben.ac.at
www.kunststofftechnik.at

Copyright title page Department Polymer Engineering and Science

Copyright back page Foto Freisinger

Further images in the biennial report: Unless otherwise stated directly on the image, the copyright is held by the Department of Polymer Engineering and Science.

INHALTSVERZEICHNIS

TABLE OF CONTENTS

DEPARTMENT KUNSTSTOFFTECHNIK LEOBEN

DEPARTMENT POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE 6

Nachruf auf Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern	
Obituary for Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern	8

Nachruf auf m.O.Univ.-Prof. Dr. Günter R. Langecker	
Obituary for m.O.Univ.-Prof. Dr. Günter R. Langecker	9

Chemie der Kunststoffe	
Chemistry of Polymeric Materials	10

Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen	
Designing Plastics and Composite Materials	11

Kunststoffverarbeitung	
Polymer Processing	12

Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Design für Recycling	
Processing of Composites and Design for Recycling	13

Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe	
Materials Science and Testing of Polymers	14

Fachkompetenz entlang des Material- & Produktkreislaufs	
Expertise along the material & product cycle	15

FORSCHUNG & PROJEKTE

RESEARCH & PROJECTS 16

Forschungsschwerpunkt SUSTAINABLE POLYMERS	
Research focus SUSTAINABLE POLYMERS	19

Forschungsschwerpunkt SMART POLYMERS	
Research focus SMART POLYMERS	50

Forschungsschwerpunkt DIGITAL POLYMER SCIENCE	
Research focus DIGITAL POLYMER SCIENCE.....	64

LEHRE & AUSBILDUNG

ACADEMIC TEACHING & EDUCATION 76

KOOPERATIONEN & PARTNER

COOPERATIONS & PARTNERS 90

EHRUNGEN & PREISE

HONORS & AWARDS 96

VERANSTALTUNGEN & SOCIAL ACTIVITIES

EVENTS & SOCIAL ACTIVITIES 100



Liebe Leserin, lieber Leser, Dear Reader,

nach erfolgreichem Abschluss der RoadMap KT Leoben 2040, verstarb ebenso unerwartet Wolfgang Kern. Einfach eine Katastrophe, wir hat ja noch so viele gemeinsame Pläne mit den beiden...

Mit ein bisschen Distanz kann ich jetzt immerhin sagen: Wir sind so sehr dankbar, dass die beiden uns so lange begleitet haben und so unglaublich viel für die Kunststofftechnik in Österreich geleistet haben.

Die RoadMap für die Entwicklung des Departments Kunststofftechnik bis 2040 wurde in einem intensiven partizipativen Prozess erstellt und hat uns sehr geholfen, unser Profil zu schärfen und die Schritte in die Zukunft bewusst zu gestalten. Wir sind uns (wieder) unserer Stärken bewusst worden und können gezielter an unsere Schwächen herangehen. Das Department wird sich auch in Zukunft als international anerkannter Knotenpunkt für kooperative Wissenschaft, angewandte Forschung, Innovation und akademische Ausbildung in den drei Hauptbereichen „Sustainable“, „Smart“ und „Digital“ positionieren. Die Leobener Kunststofftechnik wird weiterhin auf dem bewährten Vier-Säulen-Modell aufbauen, welches die Chemie, die Verarbeitung, die Werkstoffphysik sowie das Design von Kunststoffen und Verbundwerkstoffen umfasst. Für die Leobener Kunststofftechnik ist dabei die Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL) ein zentraler Partner, mit dem das Department Kunststofftechnik eng zusammenarbeitet. So wollen wir aktiv an der Konvergenz von Themen wie künstliche Intelligenz (KI), gesellschaftliche Entscheidungen, digitale Methoden in der Produktentwicklung und legislativen Änderungen, welche die grüne Transformation vorantreiben, arbeiten. Die RoadMap antizipiert eine Verschiebung hin zu

grünen und nachhaltigen Produkten durch digitale Methoden, mit zunehmendem Druck zur Innovation in der Kunststoffentwicklung und -produktion, um ökologische Ziele zu erreichen. Damit werden wir auch sichtbar dem katastrophalen Image von Kunststoffen entgegentreten.

In der Lehre haben wir in einem sorgfältigen Prozess, der von Clara Schuecker geleitet wurde, den Übergang zum internationalen englischsprachigen Master Polymer Science and Engineering (PoSE) abgeschlossen. Durch die damit einhergehende Flexibilisierung, Modularisierung und Modernisierung des Studiums haben wir ein zukunftsfähiges Studium geschaffen, das einem größeren Kreis an Bachelor-Absolventen*innen offen steht.

In der Forschung brummt es nur so am Department. Trotz oder teilweise auch wegen der nicht so rosigen Wirtschaftslage sind viele Firmen bereit in ihre Zukunft zu investieren und Innovation ist dabei eine Schlüsselkompetenz. Beim Aufbau, Ausbau und der Umsetzung von großartigen Ideen in der Forschung zu innovativen Materialien, Prozessen und Produkten arbeiten wir eng mit unseren Partnern aus Industrie und Akademie zusammen. Die Anzahl der Projekte, die am Department durchgeführt werden, ist beeindruckend und die Vielfalt begeisternd. Blättern Sie den Abschnitt „Forschung und Projekte“ durch und lassen Sie sich inspirieren.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Durchlesen und uns allen viele interessante Begegnungen und Erkenntnisse, die wieder dazu führen, dass wir unsere Welt mit Kunststoffen ein Stück weit verbessern!

Es freut mich sehr, dass Sie jetzt unseren Zweijahresbericht in Händen halten und begonnen haben zu lesen. Sie werden sicherlich in unseren großen Forschungsbereichen – Sustainable, Smart und Digital – für Sie interessante Themen finden, mit denen wir uns am Department Kunststofftechnik beschäftigen. Wenn Sie Fragen dazu haben, Anmerkungen, Ergänzungen, Wünsche, Ideen – kommen Sie zu uns, wir freuen uns auf den Austausch!

Wenn ich an die letzten zwei Jahre denke, wird mir aber immer gleich auch sehr schwer um's Herz. Wir haben 2023 mit unserem Strategieprozess Kunststofftechnik Leoben 2040 begonnen, weil wir schon vorausblickend das Department auch für die Zukunft bestens aufstellen wollten. Unser damaliger Departmentleiter Wolfgang Kern hat diesen Prozess geleitet, selbstverständlich tatkräftig unterstützt von allen Professoren*innen, Mitarbeiter*innen und Studierenden. Wenige Wochen nach dem Beginn ist 2023 Ralf Schledjewski völlig unerwartet aus unserer Mitte gerissen worden. Unfassbar, undenkbar – auf so ein Ereignis kann man nicht vorbereitet sein. Und ein Jahr später,

I am delighted that you now have our biennial report in your hands and have started reading it. You sure will find topics of interest to you in our major research areas – Sustainable, Smart and Digital – which we deal with at the Department Polymer Engineering and Science. If you have any questions, comments, additions, requests or ideas, please get in touch with us. We look forward to hearing from you!

However, when I think back on the last two years, my heart always sinks. We began 2023 with our Polymer Engineering and Science Leoben 2040 strategy process because we wanted to position the department optimally for the future. Our then department head, Wolfgang Kern, led this process, naturally with the active support of all professors, staff and students. A few weeks after the start, in 2023, Ralf Schledjewski was taken from us completely unexpectedly. Inconceivable, unthinkable – you can't be prepared for something like that. And a year later, after the successful completion of the RoadMap KT Leoben 2040, Wolfgang Kern also passed away unexpectedly. It was simply a disaster; we still had so many plans together with the two of them...

With a little distance, I can now say: We are so grateful that the two of them accompanied us for so long and achieved so much for Polymer Engineering and Science in Austria.

The roadmap for the development of the Department of Polymer Engineering and Science until 2040 was created in an intensive participatory process and has helped us greatly to sharpen our profile and consciously shape the steps into the future. We have (once again) become aware of our strengths and can now

address our weaknesses in a more targeted manner. The department will continue to position itself as an internationally recognised hub for collaborative science, applied research, innovation and academic education in the three main areas of 'Sustainable', "Smart" and 'Digital'. Polymer Engineering and Science Leoben will continue to build on the proven four-pillar model, which encompasses chemistry, processing, materials physics and the design of polymers and composites. The Polymer Competence Centre Leoben GmbH (PCCL) is a key partner for Polymer Engineering and Science Leoben, with which the Department of Polymer Engineering and Science works closely. In this way, we want to actively work on the convergence of topics such as artificial intelligence (AI), social decisions, digital methods in product development and legislative changes that drive green transformation. The roadmap anticipates a shift towards green and sustainable products through digital methods, with increasing pressure for innovation in polymer development and production in order to achieve ecological goals. In this way, we will also visibly counteract the disastrous image of plastics.

In teaching, we have completed the transition to the international English-language Master's programme in Polymer Science and Engineering (PoSE) in a careful process led by Clara Schuecker. The resulting flexibilisation, modularisation and modernisation of the programme has created a future-proof course of study that is open to a larger group of Bachelor's graduates.

The department is buzzing with research activity. Despite, or in some cases because of, the less than rosy economic situation, many com-

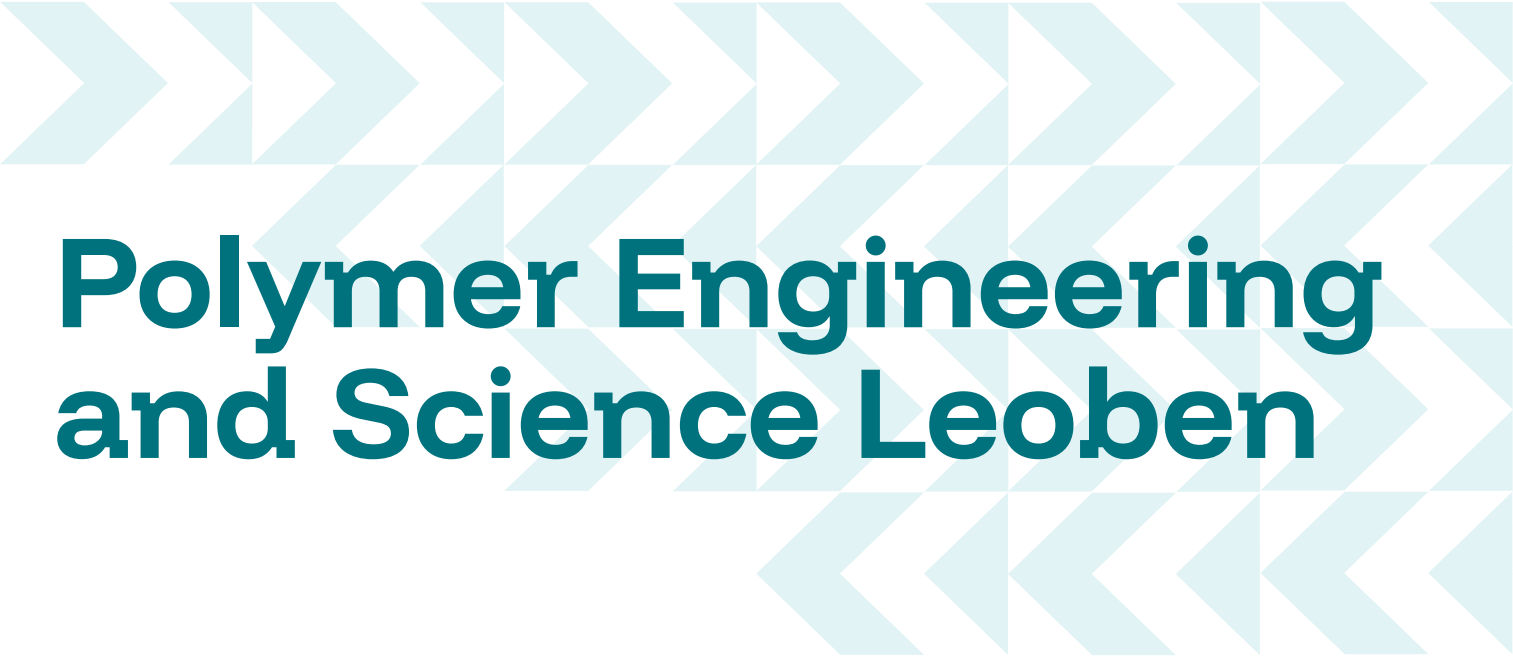
panies are willing to invest in their future, and innovation is a key competence in this regard. We work closely with our partners from industry and academia to develop, expand and implement great ideas in research into innovative materials, processes and products. The number of projects carried out at the department is impressive and the diversity inspiring. Browse through the 'Research and Projects' section and be inspired.

I hope you enjoy reading and wish us all many interesting encounters and insights that will once again lead us to improve our world with polymers! ▲



Glück Auf !

Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer
Departmentleitung



Polymer Engineering and Science Leoben



Nachruf auf | Obituary for Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern

letzten Jahren wesentlich zur Weiterentwicklung von Kunststoffen beigetragen. Mehrfach konnten wissenschaftliche Forschungsergebnisse auch in die industrielle Praxis übergeführt werden, darunter ein neues Verfahren zur Herstellung von allergiefreien Operationshandschuhen, das auf der Verwendung von UV-Licht zur Vulkanisation beruht.

Seine Freizeit verbrachte Wolfgang Kern gerne auf Reisen mit seiner geliebten Frau Renate. Zu seinen Hobbys zählten die Restaurierung seiner Oldtimer sowie Ausflüge in die Oper und zu historischen Bauten, von denen er stets lehrreiche und amüsante Anekdoten mitbrachte.

Mit Professor Kern verliert die Montanuniversität einen angesehenen Wissenschaftler, der als Kollege sowie als Vorgesetzter sehr hochgeschätzt wurde. Wir werden Wolfgang Kern als Freund und Vorbild in Erinnerung behalten, der immer ein offenes Ohr für seine Mitarbeiter hatte.

Ein letztes Glück Auf!

Wolfgang Kern was born on October 12, 1963, in Linz and grew up there. After graduating from high school, he studied chemistry in Graz. After completing his doctorate, he remained at the Graz University of Technology, where he habilitated in macromolecular chemistry in 1998.

In 2007, he was appointed as a university professor at the Montanuniversität, where he took over the Institute of Chemistry of Polymeric Materials in 2008 and reorganized it. At the same time, he took over the role of scientific director of the Polymer Competence Center Leoben, and in 2011, he was appointed as its scientific managing director.

His outstanding scientific work has been recognized multiple times. Particularly noteworthy is the HF Mark Medal, which he received in 2019

for his achievements in the field of polymer science. In the same year, he was also named "Austrian of the Year" in the category "Research".

His scientific work on functional polymers, in particular on light-reactive polymers, as well as on chemistry at interfaces between organic and inorganic materials, has contributed significantly to the further development of polymers in recent years. In several cases, scientific research results have also been transferred into industrial practice, including a new process for the production of allergy-free surgical gloves, which is based on the use of UV light for vulcanization.

He enjoyed spending his free time traveling with his beloved wife, Renate. His hobbies included restoring his vintage cars, as well as trips to the opera and to historical buildings, from which he always brought back instructive and amusing anecdotes.

With the death of Professor Kern, the Montanuniversität Leoben has lost a distinguished scientist who was held in high regard as both a colleague and a superior. We will remember Wolfgang Kern as a friend and role model who always had an open ear for his staff.

Our condolences go out to his wife and family.

A final Glück Auf! ▲

Wolfgang Kern wurde am 12. Oktober 1963 in Linz geboren und ist dort aufgewachsen. Nach der Matura hat er in Graz Chemie studiert. Er blieb nach Abschluss des Doktorats an der Technischen Universität Graz, an der er sich 1998 im Fach Makromolekulare Chemie habilitierte.

Mit 2007 wurde er an die Montanuniversität als Universitätsprofessor berufen, wo er 2008 den Lehrstuhl Chemie der Kunststoffe übernahm und neu gestaltete. Gleichzeitig übernahm er die Funktion des wissenschaftlichen Leiters des Polymer Competence Centers Leoben und wurde 2011 als wissenschaftlicher Geschäftsführer bestellt.

Professor Kerns herausragende wissenschaftliche Arbeit wurde mehrfach ausgezeichnet. Besonders erwähnenswert sind dabei die HF Mark Medaille, die er 2019 für seine Verdienste im Bereich der Polymerwissenschaften verliehen bekam, und die Wahl zum Österreicher des Jahres in der Kategorie „Forschung“ im selben Jahr.

Seine wissenschaftlichen Arbeiten zu funktionellen Polymeren, insbesondere zu lichtreaktiven Polymeren, sowie zur Chemie an Grenzflächen zwischen organischen und anorganischen Materialien haben in den

Nachruf auf | Obituary for m.O.Univ.-Prof. Dr. Günter R. Langecker

Günter Langecker wurde am 29.8.1940 in Aussig (Sudetenland) geboren. Nach der Grundschule absolvierte er eine Lehre zum Werkzeugmacher, wodurch früh seine Leidenschaft für Kunststofftechnik geweckt wurde. Nach der Fachschulreife und dem Fachhochschulstudium „Fertigungstechnik“ in Hagen/Iserlohn studierte er „Verfahrenstechnik“ an der RWTH Aachen und schrieb seine Diplomarbeit bei Prof. Menges. Von 1972 bis 1977 war er Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verfahrenstechnik der RWTH und promovierte 1977 zum Doktor-Ingenieur.

Seine industrielle Karriere führte ihn zur Maschinenbaufirma Battenfeld in Meinerzhagen. Dort übernahm er zunächst die Leitung des Bereichs Blasformmaschinen und war später als Geschäftsführer für die Produktentwicklung von Spritzgieß-, Blasform-, Extrusions- und Polyurethananlagen der gesamten Gruppe verantwortlich. Parallel wirkte er als Lehrbeauftragter für Kunststoffverarbeitung an der Fachhochschule Hagen/Iserlohn.

Mit 1. Juli 1989 wurde Günter R. Langecker zum Ordinarius des Instituts für Kunststoffverarbeitung an der Montanuniversität Leoben berufen. In den folgenden 17 Jahren stärkte er sowohl die grundlagen- als auch die anwendungsorientierte Forschung und modernisierte die technische und EDV-Ausstattung des Instituts, besonders im Bereich der rechnerischen Schneckenauslegung und der Spritzgussimulation. Als Studiengangsbeauftragter und Vorsitzender der Curriculumskommission prägte er die Ausbildung der Kunststofftechnik wesentlich. Er betreute über 100 Diplomarbeiten und mehr als 20 Dissertationen, führte über 30 Forschungsprojekte durch, veröffentlichte über 100 Publikationen und erhielt 11 internationale Patente. Bei seiner Emeritierung am 30.9.2006 übergab er ein florierendes Institut an Univ.-Prof. Dr. Friesenbichler.

Auch nach seiner Emeritierung blieb er dem Institut eng verbunden. Wissenschaft, Skifahren im Montafon sowie Kunst und Reisen, die er mit seiner Frau teilte, begleiteten ihn bis zuletzt.

Ein letztes Glück Auf!

Günter Langecker was born on 29 August 1940 in Aussig (Sudetenland). After primary school, he completed an apprenticeship as a toolmaker, which sparked his early passion for Polymer Engineering and Science. After obtaining his technical college entrance qualification and studying 'Production Engineering' at the University of Applied Sciences in Hagen/Iserlohn, he studied 'Process Engineering' at RWTH Aachen University and wrote his thesis under Prof. Menges. From 1972 to 1977, he was a research assistant at the Institute for Process Engineering at RWTH Aachen University and obtained his doctorate in engineering in 1977.

His industrial career took him to the mechanical engineering company Battenfeld in Meinerzhagen. There, he initially took over as head of the blow moulding machine division and was later responsible as managing director for the product development of injection moulding, blow moulding, extrusion and polyurethane systems for the entire group. At the same time, he worked as a lecturer in Polymer Processing at the University of Applied Sciences in Hagen/Iserlohn.

On 1 July 1989, Günter R. Langecker was appointed full professor at the Institute for Polymer Processing at the Montanuniversität Leoben. Over the next 17 years, he strengthened both basic and application-oriented research and modernised the institute's technical and IT equipment, particularly in the areas of computational screw design and injection moulding simulation. As course coordinator and chairman of the curricu-



lum committee, he had a significant influence on Polymer Engineering and Science education. He supervised over 100 diploma theses and more than 20 dissertations, carried out over 30 research projects, published over 100 publications and received 11 international patents. When he retired on 30 September 2006, he handed over a thriving institute to Univ.-Prof. Dr. Friesenbichler.

Even after his retirement, he remained closely connected to the institute. Science, skiing in Montafon, art and travelling, which he shared with his wife, accompanied him until the end. A final 'Good luck!'

A final Glück Auf! ▲

Chemie der Kunststoffe

Chemistry of Polymeric Materials



© Montanuniversität Leoben

Der **Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe** befasst sich in Forschung und Lehre mit den Themen makromolekulare Chemie, physikalische Chemie der Kunststoffe und molekulare Charakterisierung von Polymeren und beschäftigt sich mit folgenden Forschungsthemen:

Smarte und lichtreaktive Polymere

- Biokompatible und biodegradierbare Photopolymere für den 3D-Druck
- Hochtemperaturstabile Photopolymere
- Wellenlängenselektive Photochemie

Funktionelle Oberflächen und Beschichtungen

- Antiadhäsive Beschichtungen basierend auf Organosilan-Chemie
- Beschichtungen mit antibakteriellen Eigenschaften
- Funktionalisierung von Nanopartikeln mit lichtreaktiven Gruppen
- Immobilisierung von Photoinitiatoren auf anorganischen Oberflächen
- Immobilisierung von DNA auf Photopolymeren

Nachhaltige Materialien

- Upcycling von Polyolefin-Nachgebrauchsabfall
- Speicherung von Wasserstoff
- Biobasierte Epoxymonomere
- Verwendung von Pyrolyse-Kohlenstoff zur Herstellung von

Kohlenstoff/Polymer-Composites

- Rezyklieren von Polymeren und Composites

Gedruckte Elektronik

- Composite-Materialien für Dehnungssensoren
- Materialien für die Einkapselung von gedruckten Bauteilen

Die Charakterisierung von Polymeren (z. B. SEC, FTIR und NMR), organischen Verbindungen (z. B. GC-MS) und Oberflächen (z. B. XPS und Kontaktwinkel) gehört zur grundlegenden Tätigkeit des Lehrstuhles. Eine wesentliche Säule der Arbeit des Lehrstuhles sind drittmittelfinanzierte Forschungsprojekte, wobei die Finanzierung sowohl durch die öffentliche Hand als auch durch Industrieunternehmen erfolgt.

The Institute of Chemistry of Polymeric Materials is engaged in research and teaching in the fields of macromolecular chemistry, physical chemistry of plastics, and molecular characterization of polymers, and also covers the following areas of research:

Smart and Light-Responsive Polymers

- Biocompatible and biodegradable photopolymers for 3D printing
- High-temperature stable photopolymers

- Wavelength-selective photochemistry
- Functional Surfaces and Coatings
- Anti-adhesive coatings based on organosilane chemistry
- Antibacterial and -viral coatings
- Functionalization of nanoparticles with light-reactive groups
- Immobilization of photoinitiators on inorganic surfaces
- Immobilization of DNA on photopolymers

Sustainable Materials

- Upcycling of post-consumer polyolefin waste
- Hydrogen storage in polymers
- Bio-based epoxy monomers
- Pyrolytic carbon for carbon/polymer composites
- Polymer & composite recycling

Printed Electronics

- Composite materials for strain sensors
- Materials for encapsulation of printed components

The characterization of polymers (e.g., SEC, FTIR, and NMR), organic compounds (e.g., GC-MS), and surfaces (e.g., XPS and contact angle measurements) is part of the Institute's core activities.

A key pillar of the Institute's work consists of third-party funded research projects, supported both by public institutions and industrial companies. ▲

Head of Institute



Univ.-Prof. Dr. Thomas Griesser
thomas.griesser@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2358

Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen

Designing Plastics and Composite Materials

Der Lehrstuhl für Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen beschäftigt sich mit Modellierung und Simulation im Bereich der Werkstoff- und Strukturmechanik – speziell für Fragestellungen im Zusammenhang mit Polymerwerkstoffen. Die Forschungsprojekte spannen sich dabei von der Modellierung der Mikrostruktur heterogener Materialien über die Entwicklung homogenisierter Materialmodelle für das komplexe, nicht-lineare Verhalten von Kunst- und Verbundwerkstoffen bis hin zu großen Bauteilsimulationen.

Der Fokus unserer Arbeiten liegt dabei in der Entwicklung und Verbesserung von Modellierungs- und Simulationsmethoden. Ziel dieser Entwicklungen ist es dabei entweder die Genauigkeit von Berechnungen zu verbessern oder die Analysemethoden effizienter zu gestalten und so deren Einsatz in der Praxis zu ermöglichen. Bei grundlagenorientierten Arbeiten legen wir großen Wert auf allgemein anwendbare Methoden, sodass sich diese auf vielfältige Problemstellungen übertragen lassen.

In den letzten beiden Jahren wurde der bruchmechanische Schwerpunkt auf die Grenzflächen (Interfaces) in heterogenen Materialien ausgeweitet, sodass damit die beiden Bereiche des Lehrstuhls („klassische“ Kunststoffe und Hochleistungsverbundwerkstoffe) methodisch wieder zusammengewachsen sind und die entwickelten Ansätze nun auch auf geschichtete Kunststoffe und Composite-Laminat gleichermaßen Anwendung finden. Weiters wurde speziell auch die Kooperation mit unseren Nachbarn vom Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe forciert, um unsere Modellierungsansätze mit Test-Daten abzugleichen und im Gegenzug die Testmethoden durch begleitende FEM-Simulationen genauer zu analysieren. Dazu wurden auch verschiedene Tools zu Datenanalyse



implementiert und teilweise wieder als open-source Software zur Verfügung gestellt.

The Institute of Designing Plastics and Composite Materials deals with modelling and simulation in the fields of solid and structural mechanics, especially for issues related to polymer materials. Research projects range from modelling the microstructure of heterogeneous materials to the development of homogenized material models for the complex, non-linear behaviour of plastics and composites all the way to large-scale component simulations.

In this context, our work focuses on the development and improvement of modelling and simulation methods. The aim of these developments is either to improve the accuracy of computations or to make analysis methods more efficient, thus facilitating their practical application. In our fundamental research work, we place great emphasis on generally applicable methods, such that they are suitable to a wide range of problems.

During the past two years, our focus on fracture mechanics has been expanded to include interface failure

in heterogeneous materials, thereby methodologically reuniting the two areas of the institutes ('classical' polymers and high-performance composites) and allowing for our developed approaches to be applied to layered plastics as well as composite laminates. Furthermore, co-operation with our neighbours from the Institute of Materials Science and Testing of Polymers has been particularly intensified in order to compare our modelling approaches with test data and, in return, to analyse the test methods more closely using supporting FEM simulations. To this end, various data analysis tools have also been implemented and, in some cases, made available again as open-source software. ▲

Head of Institute



Univ.-Prof. Dr. Clara Schuecker
 clara.schuecker@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 - 2501

Kunststoffverarbeitung

Polymer Processing



Der KV-Lehrstuhl beschäftigt sich seit über 50 Jahren mit den vielfältigen Aspekten der Kunststoffverarbeitung. Das bestens ausgestattete Technikum mit modernen Maschinen und Anlagen ist international herausragend. Unsere Ziele:

- Verständnis der Prozesse bei der Verarbeitung der Kunststoffe
- Entwicklung eines breiten naturwissenschaftlichen Verständnisses der Grundlagen der Verarbeitung
- Modellierung und Simulation
- Gezielte Beeinflussung der Prozesse → nachhaltige Herstellung von optimalen Produkten mit minimalem Ressourceneinsatz
- Verifizierung an unseren Anlagen
- Übertragung der wiss. Erkenntnisse in die industrielle Produktion
- Enge Zusammenarbeit mit Industrie- und Forschungspartnern

Unsere Erfahrung und spezielles Know-How haben wir vor allem auf den folgenden Gebieten:

- **Spritzgießen:** Funktionale Oberflächen, Integration elektronischer Bauteile, Qualitätskonzepte für Rezyklate, nachhaltiger Werkzeugbau
- **Extrudieren und Compoundieren:** Qualitäts-Regelkonzepte, Entwicklung neuer Compounds, Extrusion von voll-biobasierten Verbundwerkstoffen
- **Recycling:** Maßgeschneiderte Rezyklate, Recycling von u.a. bio-

basierten Kunststoffen, komplexen Teilen (z.B. Wintersportartikel), nachhaltige Materialien für High-tech-Anwendungen

- **Additive Fertigung (3D-Druck):** Materialentwicklung hoch gefüllter Systeme mit Metall- oder Keramikpulver, Optimieren der Anlagen und Prozesse, Qualitätskonzepte
- **Stoffdatenbestimmung:** Rheologische und thermodynamische Stoffdaten für optimale Verarbeitungsbedingungen, Simulationen und Schadensanalyse
- **Simulation:** bei Spritzguss, Extrusion und 3D-Druck; Einfluss von Stoffdaten auf Ergebnisse

The Institut of Polymer Processing has been dealing with the diverse aspects of plastics processing for over 50 years. The well-equipped technical centre is internationally outstanding. Our goals:

- Understanding the processes
- Development of a broad scientific understanding of the process basics
- Modelling and simulation
- Systematic controlling of the processes → economic and sustainable production of optimal products with minimum resources
- Verification in our technical centre
- Transfer of the scientific findings

to industrial production

- Constructive cooperation with industry and research partners

Numerous successful national and international projects devoted to basic and applied research generate a broad base of knowledge. The emphases are on:

- **Injection Moulding:** Functional surfaces, embedded electronics, stress simulation, recylate processing quality, sustainable toolmaking
- **Extrusion and Compounding:** Quality control concepts, development of new compounds, extrusion of fully bio-based polymer composites
- **Recycling:** Tailor-made recylates, recycling of bio-based plastics, complex parts (e.g., winter sports equipment), sustainable materials for high-tech applications, establishing recycling material flows for complex applications
- **Additive Manufacturing (3D-printing):** Material development of highly filled systems with metal or ceramic powders, optimization of equipment and processes, quality concepts
- **Material Data Measurement:** Rheological and thermodynamical data for optimization of processes, simulations and failure analysis
- **Simulation:** in injection moulding, extrusion and additive manufacturing; influence of material data on simulation results ▲

Head of Institute



Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer
 clemens.holzer@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 3501

Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Design für Recycling Processing of Composites and Design for Recycling

Nach dem plötzlichen Ableben von unserem lieben Lehrstuhlgründer und Professor Ralf Schledjewski im Juni 2023 ist für den Lehrstuhl eine Zeit der Veränderung und Transformation angebrochen. Der Lehrstuhl wird seither interimistisch von Ewald Fauster geleitet. Das Berufungsverfahren zur Besetzung der Professur wurde vom Rektorat der Universität im Frühjahr 2024 gestartet, die Besetzung wird für 2025 erwartet.

Auf der Ebene der wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen konnten mit Neha Yadav, Moritz Salzmann, Stefan Neunkirchen und Alexander Legenstein vier neue Doktor*innen der Kunststofftechnik gefeiert werden. Mit ihnen haben vier langjährig am Lehrstuhl wirkende Kräfte den Lehrstuhl verlassen. Diesen Abgängen stehen mit Hannah Rabe und Majid Tabatabaei zwei Zugänge bei den wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen gegenüber. Der Personalstand ist dementsprechend leicht rückläufig.

Fachlich-inhaltlich hat sich der Lehrstuhl mittlerweile verstärkt auf die für die Universität zunehmend handlungsbestimmenden Nachhaltigkeitssziele ausgerichtet. Konkret wurden Arbeitsschwerpunkte im Bereich der biobasierten Verbundwerkstoffe, der Kreislauffähigkeit von polymeren Verbundwerkstoffen sowie der Lebenszyklusanalyse (life cycle assessment, LCA) gesetzt. In diesen Arbeitsfeldern konnten am Lehrstuhl zwei neue, öffentlich geförderte Forschungsprojekte gestartet werden. Im Projekt „Wintersport Resource Efficiency and improved Circular Economy“ (WINTRUST, siehe S. 24) werden am Lehrstuhl die Aspekte der intensivierten Kreislaufwirtschaft von Wintersportartikeln per LCA methodisch fundiert hinsichtlich der Verringerung von schädlichen Umweltwirkungen evaluiert. Im Projekt „Optimization of hemp fibre reinforced polymers for external applications“ (HempFibEx, siehe S. 43) wird der Einsatz von hanffaser-basierten



polymeren Verbundwerkstoffen für Außenanwendungen der Bauwirtschaft untersucht.

After the sudden passing of our much-loved professor and founder of the group, Ralf Schledjewski, in June 2023, the research group has started into a period of change and transformation. Since then, the group is provisionally lead by Ewald Fauster. The appeals procedure for the vacant professorship was started by the rectorate of the university in spring 2024, its staffing is expected for 2025.

With Neha Yadav, Moritz Salzmann, Stefan Neunkirchen and Alexander Legenstein, four long-term members of the scientific staff have completed their doctoral programs and subsequently left the university. By contrast, two new members have joined the research group, Hannah Rabe und Majid Tabatabaei. As a result, the number of people employed has slightly reduced.

On a technical level, the group has more strongly oriented on aspects of sustainability, which are of increasing focus of the university. More specifically, novel key activities were set in the fields of bio-based composites, circularity with fibre

reinforced polymer composites as well as life cycle assessment (LCA) in processing of composites. In these areas, two publicly funded research projects were recently started in the group. In the project „Wintersport Resource Efficiency and improved Circular Economy“ (WINTRUST, see p. 24), research activities in the group are focussed on evaluating the reduction of environmental impacts resulting from intensified circular economy of winter sport products based on methodologically sound and harmonized LCA. The project „Optimization of hemp fibre reinforced polymers for external applications“ (HempFibEx, see p. 43) concentrates on the implementation of hemp fibre based polymer composites for external applications in the construction sector. ▲

Head of Institute



assoz. Prof. Dr. Ewald Fauster
ewald.fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2708

Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe

Materials Science and Testing of Polymers



Die Mission und Vision des Lehrstuhls für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe ist es, Studierende auf hohem akademischen Niveau im Bereich der Polymer-Physik und -Prüfung auszubilden. Darüber hinaus ist unsere Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Physik, Materialwissenschaften, Prüfung und Anwendung von Kunststoffen international anerkannt. Wir entwickeln und optimieren innovative Materialien, Bauteile und Prüfmethoden, um dadurch einen Beitrag zu technologischem Fortschritt und nachhaltiger Entwicklung zu leisten. Dazu kooperieren wir mit zahlreichen Partnern aus Wissenschaft und Industrie aus der ganzen Welt und gehören zu den weltweit führenden Forschungsgruppen auf dem Gebiet des Verformungs- und Versagensverhaltens von Polymeren und Verbundwerkstoffen unter komplexer Belastung. Wir fokussieren uns dabei auf zwei Schwerpunktthemen: **SMART** (Sustainable Materials and Recycling Technologies) und **RELIABLE** (Reliable polymers under mechanical and environmental loads).

Das Forschungsfeld **SMART** widmet sich folgenden Themen:

- Innovative Polymere für die Herstellung / Speicherung von Energie

- Nachhaltige Technologien mit polymeren Materialien
- Nachhaltige Composite aus Naturfasern, biogenen Harzsystemen
- Abfallvermeidung, End-of-Life-Szenarien, Recycling-Technologien

Im **RELIABLE** Schwerpunkt werden folgende Themen bearbeitet:

- Polymere und Composite unter komplexen multiaxialen mechanischen und umgebungsbedingten Lasten
- Anwendung von bruchmechanischen Prinzipien in der Auslegung von Bauteilen
- Polymere und Composite für strukturelle Langzeitanwendungen
- Polymere und Composite für den 3D-Druck, in der Medizintechnik und Biomimetik

The mission and vision of the Institute of Materials Science and Testing of Polymers is to train students at a high academic level in the field of polymer physics and testing. In addition, our research work in the field of physics, materials science, testing and application of polymers is internationally recognized. We develop and optimize innovative materials, components and test methods, thereby contributing to technological progress and sustainable

development. We cooperate with numerous partners from science and industry from all over the world and belong to the world wide leading research groups in the field of deformation and failure behavior of polymers and composites under complex loading. We focus on two key areas: **SMART** (Sustainable Materials and Recycling Technologies) and **RELIABLE** (Reliable polymers under mechanical and environmental loads).

The research in the field of **SMART** is devoted to the following topics:

- Innovative polymers for sustainable energy production / storage
- Green engineering with polymeric materials
- Green composites based on natural fibers, biogenic resin systems
- Waste prevention, end-of-life scenarios and recycling technology

The **RELIABLE** focus area addresses the following topics:

- Polymers and Composites under complex multiaxial mechanical and environmental loads
- Application of fracture mechanics in materials science and design
- Polymers and Composites for structural & long term applications
- Polymers and Composites for additive manufacturing and in medicine and bionic. ▲

Head of Institute



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
 gerald.pinter@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2101

Fachkompetenz im Material- & Produktkreislauf

Expertise along the material & product cycle

Getreu dem Leitbild „vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt“ stellt die Kunststofftechnik Leoben renommierte Fachkompetenz unter einem Dach bereit. Dienstleistungen werden in allen Forschungsbereichen der Polymerwissenschaften angeboten: von der Chemie der Kunststoffe über die Werkstoffphysik und Werkstoffprüfung, das Konstruieren in Kunststoffen und die Kunststoffverarbeitung bis zum praktischen Einsatz von Kunststoffbauteilen und dem Recycling.

Our research focus is on the development and selection of suitable polymeric materials for new applications, the design and construction of plastic components and composites, the development, optimization and application of suitable processing technologies, chemical analyses, physical, mechanical and other technical examinations, the testing of application properties, the determination of quality criteria, production and planning tasks and feasibility studies.

Materialdaten | Material data

Stoffdatenbestimmung für die Prozesssimulation: Ermittlung und Aufbereitung relevanter Materialkennwerte für Thermoplaste, Elastomere, Wood-Plastic-Composites (WPC) sowie Feedstocks für das Powder Injection Molding (PIM). Die gewonnenen Daten dienen als Grundlage für realitätsnahe Simulationen von Verarbeitungsprozessen wie Spritzguss, Extrusion oder Formpressen.

Material data determination for process simulation: Determination and preparation of relevant material properties for thermoplastics, elastomers, wood-plastic composites (WPC) and feedstocks for powder injection moulding (PIM). The data obtained serves as the basis for realistic simulations of processing methods such as injection moulding, extrusion or compression moulding.

Prozesse und Simulation | Processes and simulation

Systematische Bauteilauslegung, Prozessentwicklung, Prozesssimulation und integrative Simulation bis hin zur Lebensdauerabschätzung, spezielle Verarbeitungsverfahren wie Additive Fertigung, Spritzgießcompounding und Kautschukspritzgießen.

Component design, Process development, process simulation and integrative simulation up to lifetime estimation, special processing methods such as additive manufacturing, injection moulding compounding and rubber injection moulding.

Prüfung und Analyse | Testing and analysis

Charakterisierung und Identifizierung von Polymeren, Morphologie- und Strukturanalyse, mechanische und physikalische Werkstoffprüfung, Oberflächenanalytik, Bauteilprüfung und Schadensanalyse, Materialauswahl und Materialentwicklung.

Polymer testing and identification, morphological and structural analysis, mechanical and physical material testing, surface analysis, component testing and failure analysis, material selection and material development.

Nachhaltigkeitsmanagement | Sustainability

Entwicklung recyclinggerechter Kunststoffe, Technologien für hochwertiges Kunststoffrecycling, Forschung an biobasierten Materialien und Harzsystemen, Strategien zur Reduktion fossiler Rohstoffe, Minimierung von Produktionsausschuss, Leichtbaulösungen zur Material- und Energieeinsparung, Maßnahmen zur Lebensdauerverlängerung von Kunststoffprodukten.

Development of recyclable plastics, technologies for high-quality polymer recycling, research into bio-based materials and resin systems, strategies for reducing fossil raw materials, minimisation of production waste, lightweight construction solutions for material and energy savings, measures to extend the service life of polymer products.



Research & Projects

TABLE OF CONTENTS Research & Projects

Research focus sustainable polymers

Innovative epoxy resins based on renewable materials	20
Recyclates and the lifetime of polymer pipes.....	22
WINTRUST Project paves the way of wintersportsequipment	24
Reliable solutions for new generation household appliances.....	26
Effect of weld lines on the cyclic service life of SFRTs	27
Advances in micro- and nanoparticle detection	28
Sustainable car headlights.....	29
Recycling cycle for flexible polyolefin films	30
Mechanical recycling of biobased plastics.....	31
Bio-based QS components with recycling and repair potential	32
Processing of natural fiber reinforced polymer composites.....	33
LCA in the recycling of fibre-reinforced polymer composites.....	34
Compressibility of plant fiber based wovens	35
Compatibilizers effect on polymer interphase.....	36
Innovative recycling of polyolefin waste.....	37
Bio-based reshapable & recyclable duromers.....	38
Separation of small mixed textile-polymer fractions	39
Use of bio-based polymers in building technology.....	40
Sustainability in injection mould manufacturing.....	41
Advanced upcycling technology for lightweight structures.....	42
Hemp fibre-reinforced composites in building construction	43
Thermo-mechanical characterisation of Li-ion batteries	44
Long-term behaviour of short fibre reinforced polymers	45
Transport of gaseous hydrogen in polyethylene pipes.....	46
Long-term performance of polypropylene pipe-grade materials	47
Lifetime tests of unpressurised pipes with recycled content.....	48
Modified carbon felts for efficient redox flow batteries	49

Research focus smart polymers

Ultralight ballistic protection modules from composites.....	51
Service life after crack initiation in long fibre-reinforced polymers.....	52
Enhanced CFRP via nanoparticles & thin films	53
Injection moulded parts with functional surfaces.....	54
Innovation in additive manufacturing of orthoses.....	55
Storage of hydrogen in polymers	56
Reversible bonding of polymers.....	57
Additive manufacturing of aluminium using material extrusion	58
Characterising the in-situ effect on cross-ply laminates.....	59
Natural enemies: roughness and nanoindentation	60
Ge-photoinitiators for surface polymerisation.....	61
Nature-inspired concepts for property improvement	62
Printed electronics for flexible sensor solutions.....	63

Research focus digital polymer science

Elastomers: relationship between production & properties.....	65
Predicting fracture in heterogeneous materials	66
ISO standard for in-plane permeability of technical fabrics.....	67
In-plane permeability of VARI consumables	68
Spectroscopic analysis of prepregs.....	69
Mechanical metamaterials for structural applications.....	70
Damage caused by fatigue in FRP laminates.....	71
Delamination detection in composite materials.....	72
Numerical simulation of buried non-pressure polymer pipes.....	73
Environmental impacts of using recycled carbon fibers.....	74
Viscoelasticity of composite laminates	75

sustainable polymers

Forschung für eine verantwortungsvolle Kunststofftechnik

Der Forschungsbereich **sustainable polymers** widmet sich der Entwicklung neuer Wege für eine ressourcenschonende und zukunftsfähige Kunststofftechnik. Im Zentrum stehen Technologien für das Recycling sowie die Gestaltung von Kunststoffen, die von Beginn an für eine hochwertige Wiederverwertung ausgelegt sind. Parallel dazu wird intensiv an biobasierten Materialien und innovativen Harzsystemen geforscht, die fossile Rohstoffe ersetzen und die Basis für nachhaltige Werkstofflösungen schaffen.

Ziel ist es, den Ressourcenverbrauch messbar zu reduzieren, Strategien zur Vermeidung toxischer Stoffe in der Kunststoffverarbeitung zu entwickeln und Produktionsausschuss zu minimieren. Auch Leichtbaulösungen spielen eine zentrale Rolle: Sie tragen dazu bei, Material und Energie einzusparen, während Maßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer von Kunststoffprodukten deren Nachhaltigkeit zusätzlich stärken. Durch verbesserte Prognosen zum Langzeitverhalten sowie durch die Integration bionischer Ansätze entstehen neue

technische Konzepte, die Effizienz und Umweltverträglichkeit vereinen.

Die Forschung im Bereich **sustainable polymers** ist interdisziplinär angelegt. In enger Zusammenarbeit mit anderen Lehrstühlen und Instituten der Montanuniversität Leoben sowie externen Forschungsgruppen werden komplementäre Kompetenzen gebündelt. Der Austausch mit Wirtschaftspartnern stellt sicher, dass neue Erkenntnisse rasch in industrielle Anwendungen überführt und ein nachhaltiger Mehrwert für Gesellschaft und Wirtschaft geschaffen wird.

Research for responsible polymer engineering and science

The **sustainable polymers** research focus is dedicated to developing new approaches for resource-efficient and sustainable polymer engineering and science. The focus is on technologies for recycling and designing polymers that are designed for high-quality reuse from the outset. At the same time, intensive research is being conducted into bio-based materials

and innovative resin systems that replace fossil raw materials and create the basis for sustainable material solutions.

The aim is to measurably reduce resource consumption, develop strategies to avoid toxic substances in polymer processing and minimise production waste. Lightweight construction solutions also play a central role: they help to save materials and energy, while measures to increase the service life of plastic products further enhance their sustainability. Improved predictions of long-term behaviour and the integration of bionic approaches are giving rise to new technical concepts that combine efficiency and environmental compatibility.

Our research in the field of sustainable polymers is interdisciplinary. We work closely together with other departments and institutes at Montanuniversität Leoben, as well as external research groups, to pool complementary expertise. Exchange with industry partners ensures that new findings are quickly transferred into industrial applications and that sustainable added value is created for society and the economy. ▲

Innovative Epoxidharze aus biobasierten Rohstoffen

Innovative epoxy resins based on renewable materials

Das **COMET Projekt bio-ART** adressiert die Entwicklung leistungstarker, umweltverträglicher, multifunktionaler und rezyklierbarer Epoxidharzsysteme auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Ziel und Vision ist es, zum Übergang in eine Bioökonomie und eine effiziente werkstoffliche Kreislaufrführung auch von z. B. polymeren Hochleistungscomposites sowie zur Erreichung von Klimaschutzzielen beizutragen.

Vernetzte Expertise für nachhaltige Materialentwicklung

Die Basis hierfür stellt die intensive Zusammenarbeit von innovativen Wissenschaftlern*innen, erfahrenen Technologen*innen und visionären

Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette dar, die eine gesamtheitliche Betrachtung der Themenstellung erlaubt, wodurch die Überführbarkeit der erzielten Ergebnisse in reale Anwendungen sichergestellt werden soll. Die erarbeiteten wissenschaftlichen Erkenntnisse sollen die Herstellung von biobasierten Epoxidharzsystemen nach Maß und in weiterer Folge zielgerichtete werkstoffliche Weiterentwicklungen auch weit über das Projekt hinaus ermöglichen. Angestrebte technologische Ergebnisse von bio-ART sind
(1) kosteneffiziente, hochreaktive Epoxidharzsysteme aus regionalen und nachwachsenden Rohstoffen (idealerweise zu 100 %), welche gegenüber dem Stand der Technik verbesserte mechanische und / oder

Funktionseigenschaften aufweisen und in Herstellung, Verarbeitung und Gebrauch toxikologisch unbedenklich sind,

(2) biobasierte Härter und innovative Härtungsstrategien und -wege für (biobasierte) Epoxidharze, welche eine ressourceneffiziente Verarbeitung sowie die Verwendung diverser Verarbeitungsverfahren ermöglichen und

(3) intelligente Werkstoffdesigns und -funktionalisierungen für Epoxidharzsysteme, welche eine Wiederverwendung/Reparatur bzw. ein ressourceneffizientes stoffliches Recycling ermöglichen.

—



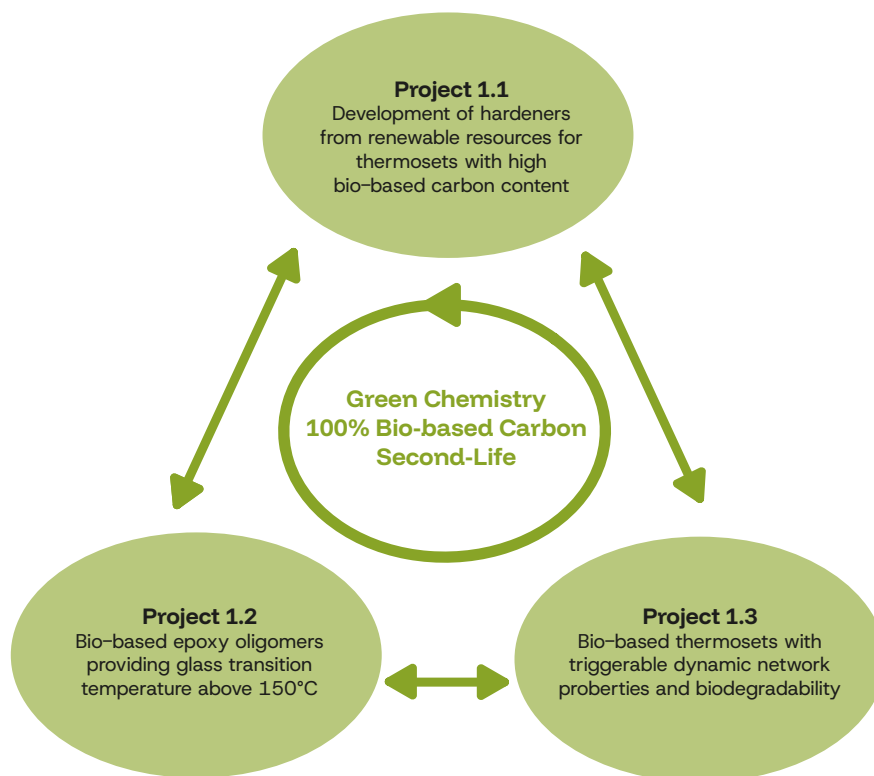
The **COMET project bio-ART** focuses on the development of high-performance, eco-friendly, multifunctional, and recyclable epoxy resins based on renewable resources. The project aims to contribute essential science and technology for a future bio-based plastics industry and efficient material recycling, including of high-performance polymeric composites, as well as to achieving sustainable development goals.

Networked expertise for sustainable material development

Therefore, bio-ART teams up innovative scientists, experienced technologists and visionary companies along the entire value chain. Their strong inter- and multidisciplinary cooperation enables a holistic view of the topic and thus ensures the transferability of the research outcomes into real industrial applications. The scientific findings should enable the manufacturing of customized bio-based epoxy resin systems and, subsequently, will support tailored enhancements of these materials far beyond the scope of the project. Intended technological results are

(1) **cost-efficient, highly reactive epoxy resins based on regional and**

renewable raw materials (ideally 100%), which exhibit improved mechanical and / or functional properties compared to the state of the art and which are non-hazardous in production, processing and use, (2) **bio-based curing agents and innovative curing strategies and routes** for (bio-based) epoxy resins allowing for resource efficient processing following various technologies, and (3) **intelligent material designs and functionalizations** for epoxy resins allowing for their reuse, repair and/ or resource-efficient recycling. ▲



Management Team (v.l.n.r. / f.l.t.r.) Michael Feuchter, Thomas Griesser, Katharina Resch-Fauster

at a glance & contact

Project title: bio-ART – Biobased and Resource-efficient Thermosets for Demanding Applications

Funding: The COMET project bioART is funded by BMIMI, BMWET, the Province of Styria and the Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft m.b.H. within the framework of COMET – Competence Centers for Excellent Technologies. COMET is managed by the FFG.

Partners: Andritz Hydro GmbH, Bruno Bock GmbH, bto-epoxy GmbH, Capita MFG GmbH, Design Composite GmbH, Isovolta AG, Luxinergy GmbH, MUL-WPK, MUL-KC, Politecnico di Torino, Department of Applied Science and Technology, Polymer Competence Center Leoben GmbH, Poschacher Kompost e.U., Wood KPlus - Kompetenzzentrum Holz GmbH.

www.unileoben.ac.at/bio-art/

assoz. Prof. Dr. Katharina Resch-Fauster

katharina.resch-fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2105

Dr. Michael Feuchter

michael.feuchter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2110

Univ.-Prof. Dr. Thomas Griesser

thomas.griesser@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2358

Recyclingmaterial und die Lebensdauer von Kunststoffrohren

Recyclates and the lifetime of polymer pipes

Mit dem zunehmenden Einsatz von Recyclingmaterialien in der Kunststoffproduktion rückt die Frage nach der Haltbarkeit und Langzeitstabilität von Produkten mit Rezyklatanteil in den Vordergrund. Genau mit dieser Thematik beschäftigt sich das Christian Doppler Labor für den Einfluss von Recyclingmaterialien auf die mechanische Lebensdauer von Kunststoffen (CD-Labor „ImReMat“). Im Fokus der Forschung stehen vergrabene Polypropylen-Rohre, die für den Transport von Ab- und Regenwasser Verwendung finden. Polypropylen ist dabei der weltweit am zweithäufigsten verwendete Standardkunststoff.

In Christian Doppler Labors wird anwendungsorientierte Grundlagenforschung auf hohem Niveau betrieben. Die CD-Labors werden von der öffentlichen Hand und den beteiligten

Unternehmen gemeinsam finanziert. Wichtigster öffentlicher Fördergeber ist das Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft (BMAW).

In enger Zusammenarbeit mit den Industriepartnern Poloplast GmbH & Co KG, Pipelife Austria GmbH & Co KG sowie der Borealis AG wird das Labor innovative Lösungen entwickeln, um den Einsatz von Recyclingmaterialien nachhaltig zu fördern und die Lebensdauer von Kunststoffprodukten zu optimieren.

Stabilität, Struktur und Umweltbedingungen: Drei Areas für ein umfassendes Verständnis

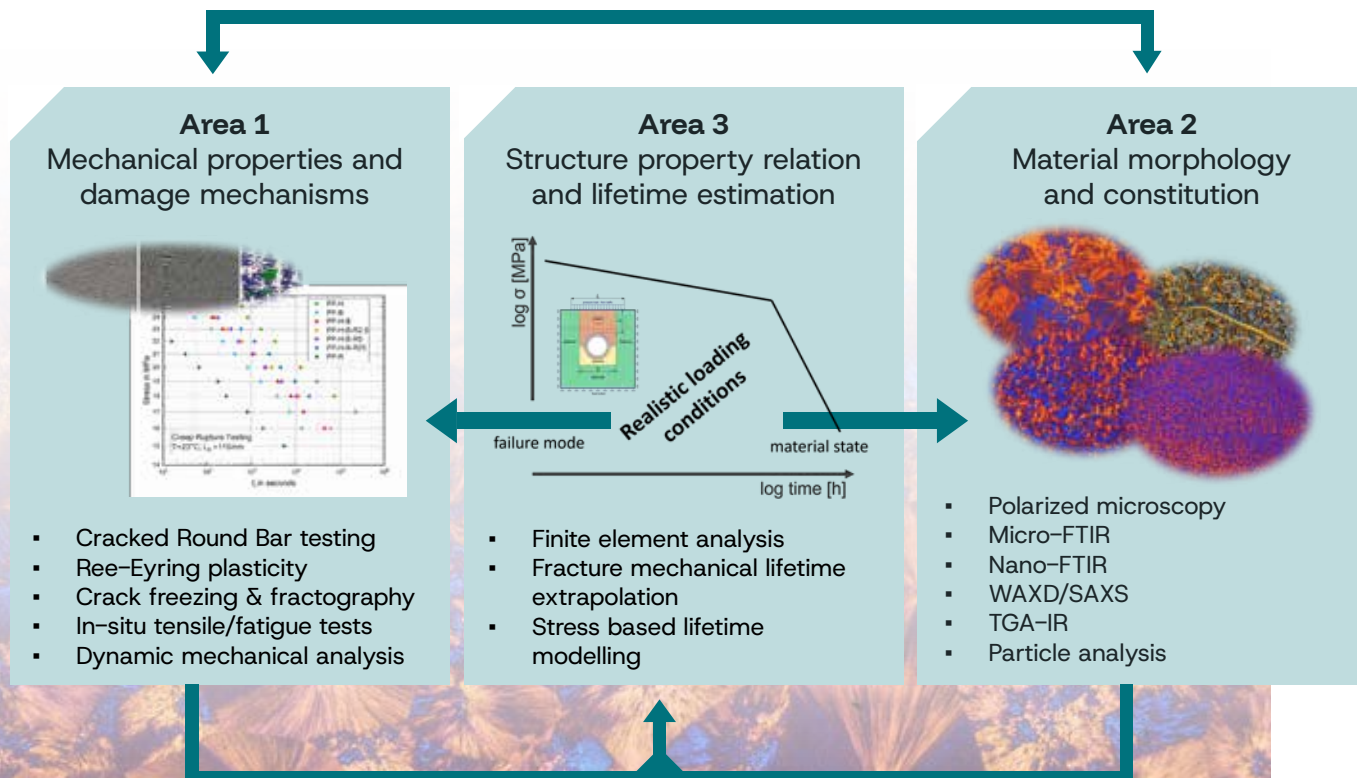
Das CD-Labor „ImReMat“ gliedert sich in drei zentrale Forschungsbereiche („Areas“). Diese Areas untersuchen verschiedene Aspekte des

Verhaltens von Polypropylen-Rohren unter Einsatz von Recyclingmaterialien.

In Area I wird analysiert, wie Recyclingmaterialien die Lebensdauer von Polypropylen beeinflussen. Dies soll dazu dienen, die Stabilität von Recycling-Polypropylen effizient bewerten zu können.

Area II untersucht die komplexe innere Struktur von recyceltem Polypropylen, um zu verstehen, wie die mechanischen Eigenschaften des Materials beeinflusst werden.

In Area III widmet man sich der Untersuchung von Recyclingmaterialien unter realen Bedingungen. Dabei werden die Erkenntnisse aus Area I und II kombiniert, um präzise Lebensdauervorhersagen für Polypropylen-Rohre zu treffen.





CD-Labor Team

vorne, v. l. n. r. / front, f.l.t.r: Lukas Travnicek, Michael Feuchter, Florian Arbeiter, Pia Hainz, Franz Grassegger
hinten, v. l. n. r. / back, f.l.t.r: Jürgen Grosser, Michael Huszar, Carina Maurer, Daniel Zach

With the increasing use of recycled materials in plastics production, the question of the durability and long-term stability of products containing recycled materials is becoming increasingly important. This is precisely the topic addressed by the Christian Doppler Laboratory for Impact of recycled materials on the mechanical lifetime estimation of polymers (CD-Laboratory "ImReMat"). The research focuses on buried polypropylene pipes used to transport waste water and rainwater. Polypropylene is the second most commonly used standard plastic worldwide.

Christian Doppler Laboratories conduct application-oriented basic research at a high level. The CD laboratories are jointly financed by the public sector and the participating companies. The most important public funding body is the Federal Ministry of Labour and Economy (BMAW).

In close collaboration with the industrial partners Poloplast GmbH & Co KG, Pipelife Austria GmbH & Co KG and Borealis AG, the laboratory

will develop innovative solutions to sustainably promote the use of recycled materials and optimize the lifespan of plastic products.

Stability, structure, and environmental conditions: three areas for broad understanding

The CD lab "ImReMat" is divided into three central research areas. These areas examine various aspects of the behaviour of polypropylene pipes using recycled materials.

Area I analyses how recycled materials affect the lifespan of polypropylene. This should serve to efficiently evaluate the stability of recycled polypropylene.

Area II examines the complex internal structure of recycled polypropylene to understand how the mechanical properties of the material are affected.

Area III is dedicated to the investigation of recycled materials under real-life conditions. The findings from Areas I and II will be combined to make precise lifetime predictions for polypropylene pipes. ▲

at a glance & contact

Project title: CD-Laboratory - Impact of recycled materials on the mechanical lifetime estimation of polymers

Funding: Christian Doppler Forschungsgesellschaft (CDG), Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft (BMAW)

Partners: Borealis AG, Pipelife Austria GmbH, Poloplast GmbH



Christian Doppler
Forschungsgesellschaft

www.unileoben.ac.at/cdl-imremat



Priv.-Doz. Dr. Florian Arbeiter
florian.arbeiter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2122

Projekt WINTRUST ebnet den Weg von Wintersportartikeln WINTRUST Project paves the way of wintersportsequipment

In Österreich werden jährlich Millionen von Ski, Skischuhen, Skistöcken und Helmen verkauft. Am Ende ihrer Lebensdauer landen diese Produkte zumeist in der thermischen Verwertung. Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsprojekt WINTRUST als Branchenprojekt durch die ecoplus initiiert, dass sich der Entwicklung nachhaltiger Lösungen für ausgediente Wintersportausrüstung widmet. Ein Konsortium aus Industrie und Wissenschaft untersucht wie eine solche Kreislaufwirtschaft unter sozialen, ökologischen sowie ökonomischen Aspekten etabliert werden kann.

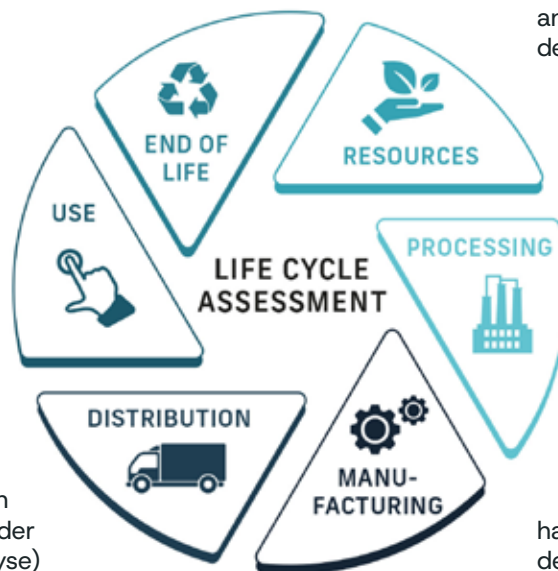
Mit vollem Schwung in die Kreislaufwirtschaft

Das erste Projektjahr konnte mit bemerkenswerten Erfolgen abgeschlossen werden. Zentrale Projektziele wurden nicht nur erreicht, sondern in Teilen sogar übertroffen. Die enge und konstruktive Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Forschungspartnern sowie die hohe Auskunftsbereitschaft der beteiligten Unternehmen ermöglichte es der LCA-Gruppe (Lebenszyklusanalyse) geleitet vom Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Design für Recycling (MUL) ein einheitliche Methodik zur Ökobilanzierung zu etablieren. Weiters gelang im Rahmen eines intensiven Interviewprozesses der Arbeitsgruppe

für Verarbeitung unter der Leitung des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung (MUL) die Komplexität der Materialzusammensetzung der einzelnen Bauteile bereits zu Projektbeginn zu evaluieren.

Im experimentellen Bereich wurden umfangreiche Trennungsanalysen geleitet vom TCKT – Transfercenter für Kunststofftechnik und händische Trennungsanstrengungen bei der GW St. Pölten Integrative Betriebe GmbH

auch zu einem vertieften Verständnis über die komplexe Bauteilstruktur der Produkte sowie neuen Ansätzen in deren Recycling führte. Durch diese und die erfolgreiche Sammlung der notwendigen Mengen für Versuche im industriellen Maßstab konnten vor allem im Bereich der Skischuhe bereits ausreichend Daten gesammelt werden, sodass eine Fertigung von Demonstratoren kurz bevorsteht, was ursprünglich erst für das dritte Projektjahr vorgesehen war. Auch für Skistöcke und Skihelme gibt es bereits vielversprechende Recyclingansätze für einen überwiegenden Teil der Produkte.



durchgeführt. Durch diese Versuche zeigten sich die praktischen Folgen der Material- und Bauteilvielfalt für die Recyclingbemühungen, was neben dem Erfassen der Herausforderung

Besonders hervorzuheben ist der Durchbruch bei der Trennung von Sandwich-Skiern. Eine vom Lehrstuhl für Chemie von Kunststoffen (MUL) entwickelte Methode ermöglicht es, die einzelnen Lagen des Skis in kurzer Zeit voneinander zu trennen. An der Optimierung dieses Verfahrens wird mit Hochdruck gearbeitet und getestet, ob das Verfahren einen Einfluss auf die Materialqualität des Recyclingmaterials hat. Es wird sich aber erst im Laufe der kommenden Projektjahre zeigen, wie hoch die Recyclingquote für die einzelnen Wintersportartikel unter sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekten tatsächlich realisierbar sein wird.

Sammelstellenliste | List of collection points

Du hast ausgediente Skischuhe, Helme, Skistöcke oder andere Wintersportartikel zu Hause und möchtest einen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft leisten? Dann werde Teil des Projekts und hilf mit, wertvolle Materialien zurückzugewinnen und neue Recyclingwege zu ermöglichen. In Zusammenarbeit mit lokalen Händlern und Gemeinden konnten 70 Sammelstellen vor allem in der Modellregion Pinzgau-Pongau für die etabliert werden. Über den QR-Code sind die Standorte bequem abrufbar – so findest du ganz schnell den nächstgelegenen Abgabeort.

Do you have old ski boots, helmets, poles, or other winter gear at home and want to support the circular economy? Get involved and help recover valuable materials and enable new recycling pathways! In cooperation with local retailers and municipalities, 70 collection points have been established – mainly in the Pinzgau-Pongau model region. Locations can be easily accessed via QR code, helping you find the nearest drop-off point.





Millions of skis, ski boots, poles, and helmets are sold in Austria every year. At the end of their life cycle, these products are usually thermally disposed. In response, the WINTRUST research project was launched by ecoplus as an industry initiative dedicated to developing sustainable solutions for end-of-life winter sports equipment. A consortium of industry and academic partners is exploring how such a circular economy can be established from social, ecological, and economic perspectives.

Craving into a Circular Economy

The first project year was completed with remarkable success. Key goals were not only met but in some cases exceeded. Close cooperation between industry and research partners, along with a high level of openness from participating companies, enabled the LCA group (Life Cycle Assessment), led by the Institute of Processing of Composite Materials and Design for Recycling (MUL), to develop a standardized methodology for environmental impact assessment. In parallel, the working group on materials processing, headed by the Institute of Polymer Processing (MUL), evaluated the complexity of

material compositions early in the project through an intensive interview process.

In the experimental phase, extensive separation analyses were conducted by TCKT – Transfer Center for Plastics Technology – and manual dismantling efforts were carried out by GW St. Pölten Integrative Enterprises. These tests revealed the practical challenges posed by the diversity of materials and components, while also deepening the understanding of product structures and generating new recycling approaches. Thanks to these efforts and the successful collection of sufficient quantities for industrial-scale testing, a large amount of data was gathered for ski boots, allowing the production of demonstrator models to begin ahead of schedule—originally planned for the third project year. Promising recycling strategies have also been developed for ski poles and helmets, covering a significant share of these products. A major breakthrough was achieved in the separation of sandwich skis: a method developed by the Institute of Chemistry of Polymeric Materials (MUL) allows for the rapid separation of the ski's individual layers. This process is now being optimized, and researchers are evaluating whether it affects the quality

of the recycled material. However, it will take further project years to determine the achievable recycling rates for winter sports equipment under real social, environmental, and economic conditions. ▲

at a glance & contact

Project title: WINTRUST
Wintersport Resource Efficiency and Improved Circular Economy
Funding: FFG Collective Research
Partners: More than 20 partners

www.ecoplus.at/vernetzen/wintrust



Dipl.-Ing. David Zidar
david.zidar@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 3508



Dipl.-Ing. Dr. Christine Bandl
christine.bandl@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2306



Majid Tabatabaei, M.Sc.
majid.tabatabaei@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2705

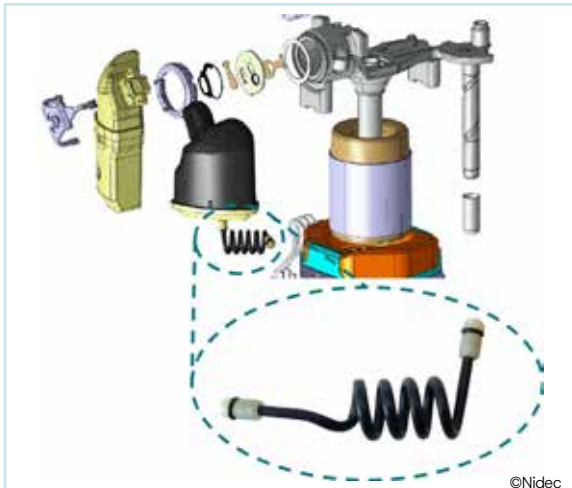


Projectteam

Zuverlässige Lösungen für Haushaltsgeräte neuer Generationen

Reliable solutions for new generation household appliances

Die Optimierung von Kühl- und Heizlösungen in modernen Haushaltsgeräten verlangt innovative Konstruktionsansätze einschließlich geeigneter Funktionsmaterialien. Insbesondere für Kühlmittleitungen in Kühlkompressoren sind kunststofftechnische Lösungen vor allem für die thermische Verbesserung und die Schwingungsdämpfung prädestiniert (siehe Abb.). Die herausfordernden Um-



Explosionszeichnung einer Kompressoreinheit mit dem Auslassrohr aus Kunststoff / Exploded-view drawing of a compressor unit with the polymer discharge tube

gebungsbedingungen im Kompressoreinsatz, wie hohe Temperaturen, mechanische Belastungen und der dauerhafte Kontakt mit Öl, Kühlmitteln und anderen Medien machen es jedoch schwierig, dauerhafte und zuverlässige Werkstofflösungen zu finden. Für technische Kunststoffe bedeutet dies, dass eine ausreichende Langzeitstabilität sowohl in Bezug auf das thermomechanische Verhalten als auch hinsichtlich der Alterungsbeständigkeit gewährleistet sein muss.

Für die Auswahl und Bewertung geeigneter Kunststoffe wurde eine effiziente Prüfstrategie unter Berücksichtigung der realen Einsatzbedingungen entwickelt. Die entsprechenden Methoden reichen

von der rheologischen, mikroskopischen und spektroskopischen Analyse des Grundmaterials bis hin zu mechanischen und bruchmechanischen Prüfungen auf Bauteilebene. Spezielle Charakterisierungstechniken nach beschleunigten Alterungsprozessen der Polymere ergänzen die entwickelte Prüfstrategie im Hinblick auf die Langzeitzuverlässigkeit. Basierend auf dieser Prüfmethodik konnte schließlich ein spezifisches Polyamid 6.6-Material gefunden werden, für das die erforderlichen Anwendungseigenschaften erfolgreich nachgewiesen werden konnten. Darüber hinaus lässt die Umsetzung dieser Prüfstrategie auf analoge Anwendungsfälle ähnlich erfolgreiche Materialentscheidungen erwarten, bei denen die charakteristischen thermischen und geräuschdämpfenden Eigenschaften von Kunststoffen gefragt sind.

The optimization of cooling and heating solutions in modern household appliances requires innovative design approaches, including suitable functional materials. Polymer solutions are particularly predestined for coolant lines in cooling compressors, especially for thermal improvement and vibration damping (see Figure). However, the challenging environmental conditions in compressor applications, such as high temperatures, mechanical loads and permanent contact with oil, coolants and other media, make it difficult to find durable and reliable material solutions. For engineering plastics, this means that sufficient longterm stability must be guaranteed, both in terms of thermomechanical behavior and resistance to ageing.

An efficient testing strategy was developed for the selection and evaluation of suitable plastics, taking into account the real conditions of use.

The corresponding methods range from rheological, microscopic, and spectroscopic analysis of the base material to mechanical and fracture mechanics tests at a component level. Special characterization techniques following accelerated ageing processes of the polymers supplement the developed test strategy concerning longterm reliability. Based on this test methodology, a specific polyamide 6.6 material was finally found for which the required application properties could be successfully demonstrated. In addition, the implementation of this test strategy for analogue applications suggests similarly successful material decisions where the characteristic thermal and noise-damping properties of plastics are required. ▲

at a glance & contact

Project title: ECHODA – Energy Efficient Cooling and Heating of Domestic Appliances

Funding: COMET program Austrian Research Promotion Agency (FFG)

Partners: Nidec Global Appliance Austria GmbH, TU Graz (Institute of Thermodynamics and Sustainable Propulsion Systems), MUL-WPK



Dipl.-Ing. Dr. Gerald Pilz
gerald.pilz@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2109



Dipl.-Ing. Christoph Waly
christoph.waly@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2127

Einfluss von Bindenähten auf die zyklische Lebensdauer von SFRTs

Effect of weld lines on the cyclic service life of SFRTs

Kurzfaserverstärkte Thermoplaste (SFRTs) werden aufgrund ihres hervorragenden Festigkeit-zu-Gewicht Verhältnisses und der einfachen Verarbeitbarkeit im Spritzgussverfahren häufig für Strukturbauteile eingesetzt. Ein wesentlicher Nachteil ist jedoch die Ausbildung von Bindenähten – Bereiche, die entstehen, wenn während des Formprozesses Schmelzfronten aufeinandertreffen. Diese bedingen lokale mikrostrukturelle Veränderungen, die die mechanische Leistungsfähigkeit erheblich beeinträchtigen können. Weiters spielt die Faser-Matrix-Grenzfläche eine entscheidende Rolle für das Ermüdungsverhalten, da sie die Spannungsübertragung zwischen den unterschiedlichen Phasen faserverstärkter Thermoplaste steuert. Die Verarbeitungsparameter beeinflussen diese Grenzfläche maßgeblich, z. B. durch Benetzung der Fasern oder lokale Kristallisation. Eine starke Faser-Matrix-Haftung kann die Rissinitiation verzögern und so die Lebensdauer erhöhen, während eine schwache Anbindung zu frühzeitigem Versagen führt. Diese Wechselwirkung ist besonders in Bindenähten kritisch, da dort die Fehlorientierung der Fasern deren lasttragende Wirkung reduziert.

Ermüdungstests an teilkristallinen SFRT-Proben – mit und ohne Bindenähten – bestätigen den Einfluss der Verarbeitungsbedingungen auf die Ermüdungsfestigkeit. Aufbauend darauf wird ein integrativer Simulationsansatz erforscht, welcher die Vorhersage von Bindenähten mittels Spritzgusssimulation mit einer strukturellen Ermüdungsrechnung kombiniert. Durch die Einbindung prozessabhängiger Größen in Finite-Elemente-Modelle ermöglicht dieser Ansatz eine lokalisierte Materialmodellierung und somit genauere Vorhersagen der Ermüdungslebensdauer.

Short-fibre-reinforced thermoplastics (SFRTs) are widely used in indus-

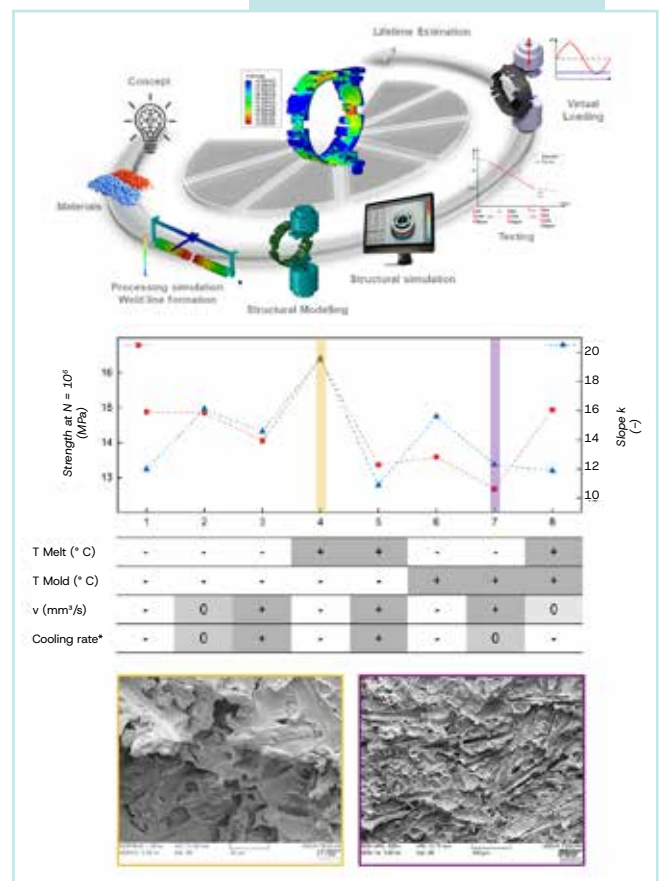
try due to their excellent strength-to-weight ratio and ease of processing through injection moulding. However, one critical drawback in moulded components is the formation of weld lines – regions created when melt fronts converge during moulding. These weld lines introduce local microstructural changes that can significantly degrade mechanical performance, especially under cyclic loading.

Also, the fibre-matrix interface plays a key role in fatigue performance by controlling how stresses are transferred during cyclic loading. Processing parameters strongly influence this interface by affecting fibre wetting, local crystallization, and interphase development. Strong fibre-matrix adhesion can delay crack initiation and extend fatigue life, while poor bonding leads to premature failure. This interaction is especially critical at weld lines, where the misalignment of fibres reduces their contribution to load bearing.

Fatigue tests on semi-crystalline SFRT specimens – with and without weld lines – confirm the role of processing conditions in fatigue resistance. Building on this, an integrative simulation approach is proposed, combining weld line prediction by injection moulding simulations with structural fatigue analysis. By incorporating field variables such as temperature and fibre orientation into finite element models, this approach enables localized material modelling and thus more accurate fatigue life

predictions that reflect real processing effects. ▀

Fatigue life prediction using an integrative simulation approach



Influence of processing on weld line formation and fatigue life

at a glance & contact

Funding: FFG Comet – K1

Partners: Borealis AG, Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG, Julius Blum GmbH, MUL-WPK, PCCL



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
 gerald.pinter@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2101

Tiny particles, big challenges: Advances in micro- and nanoparticle detection

Angesichts der zunehmenden Umweltbelastung durch Mikro- und Nanoplastikpartikel (MNPs) wurden die Nachweis- und Bewertungsverfahren in der wissenschaftlichen Forschung signifikant weiterentwickelt. Aktuelle Studien liefern wertvolle Erkenntnisse über das Auftreten von MNP-Kontaminationen in Haushaltswassersystemen, industriellen Anlagen sowie kommunalen Versorgungsnetzen. Besonders durch Fortschritte in der Filtertechnologie und der spektroskopischen Analytik konnte die Nachweisgenauigkeit im Nanobereich deutlich verbessert werden.

Ein wesentlicher Fortschritt liegt in der Optimierung von Filtrations- und Probenaufbereitungsmethoden. Vergleichende Untersuchungen unter-

möglichen eine effiziente Partikel-trennung bei gleichzeitig geringem Probenverlust. Zur Sicherung der analytischen Verlässlichkeit werden konsequente Dekontaminationsmaßnahmen angewendet, darunter Zitronensäurebehandlungen sowie das Ausbrennen von Filtereinheiten, um Kreuzkontaminationen wirksam zu minimieren.

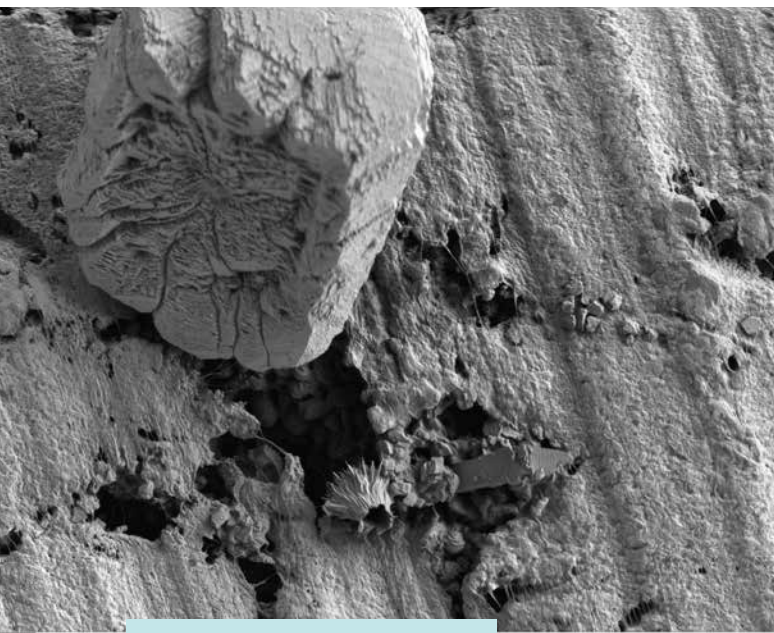
Auch die Identifikation von Mikroplastikpartikeln wurde durch den Einsatz hochentwickelter spektroskopischer und mikroskopischer Verfahren entscheidend verbessert. Methoden wie die Photoinduzierte Kraftmikroskopie (PiFM), energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX), Infrarot- sowie Raman-Spektroskopie ermöglichen eine präzise Bestimmung

der polymeren Zusammensetzung. Besonders PiFM zeigt großes Potenzial zur Differenzierung von Polymerarten im Nanobereich. Ergänzend liefert die Rasterelektronenmikroskopie (REM) detaillierte Informationen zur Morphologie der Filterrückstände und trägt wesentlich zur Charakterisierung des Partikelspektrums bei.

techniques have greatly enhanced the precision and reproducibility of MNP detection at the nanoscale.

One major advancement lies in the optimization of filtration and sample preparation processes. Comparative assessments of cellulose acetate, PTFE, and glass fibre filters have demonstrated their varying efficiencies in capturing MNPs. Multi-stage filtration systems, employing pore sizes ranging from 50 nm to 4 µm, have proven effective for particle separation while minimizing sample loss. To ensure data integrity, strict decontamination protocols – such as citric acid rinsing and high-temperature combustion – have been adopted to mitigate cross-contamination.

The deployment of cutting-edge spectroscopic and microscopic tools has further refined the identification of microplastics. Techniques such as Photo-induced Force Microscopy (PiFM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX), Infrared Spectroscopy, and Raman Spectroscopy enable precise identification of polymer types. PiFM, in particular, has shown strong potential for distinguishing polymers at the nanoscale, while Scanning Electron Microscopy (SEM) offers detailed morphological analysis of filter residues, contributing to a deeper understanding of MNP contamination profiles. ▲



REM-Aufnahme eines Filterrückstands zur Detektion potenzieller Mikro- und Nanoplastikpartikel
SEM image of a filter residue for the detection of potential micro- and nanoplatic particles

schiedlicher Filtermaterialien – etwa Celluloseacetat, PTFE und Glasfaser – verdeutlichen variierende Rückhalteeffizienzen für MNPs. Mehrstufige Filtrationssysteme mit Porengrößen zwischen 50 nm und 4 µm er-

Recent research has significantly advanced the detection, classification, and environmental analysis of micro- and nanoplastics (MNPs). Studies have yielded crucial insights into the prevalence of MNP contamination across household water systems, industrial pipelines, and municipal water supplies. Innovations in filtration technologies and spectroscopic

at a glance & contact

Funding: Montanuniversität Leoben
Partners: MUL-WPK



Dipl.-Ing. Lukas Haiden
lukas.haiden@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2107

Nachhaltige PKW-Scheinwerfer

Sustainable car headlights

PKW-Scheinwerfer sind Hightech-Bauteile: Sie bestehen aus präzisen optischen Elementen und vielen Kunststoffteilen, die bisher fast ausschließlich aus fossilen Rohstoffen gefertigt werden. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Funktion, Design und Gewicht. Das macht neue, umweltfreundliche Lösungen notwendig. Im **Projekt SusMat4CarLight** werden deshalb innovative Werkstoffe entwickelt, die auf nachwachsenden Rohstoffen und Recyclingmaterialien basieren. Ziel ist ein nachhaltiges, kreislauffähiges Scheinwerferdesign.

Auch sogenannte Vitrimere – vernetzte Kunststoffe, die sich unter bestimmten Bedingungen wieder lösen lassen – werden als lösbare Klebstoffe zwischen einzelnen Scheinwerferkomponenten getestet.

Ein weiterer Ansatz ist der Einsatz des Sandwich-Spritzgusses, mit dem eine Kernschicht aus Recyclingmaterial eingesetzt werden kann, während die Außenschicht aus hochwertiger Neuware besteht.

Ein großes Problem bei Scheinwerfern ist das Ausgasen von flüchtigen Bestandteilen aus Kunststoffkomponenten, die vor allem bei Rezyklaten verstärkt auftreten. Im Rahmen des Projekts wurde auch untersucht, wie durch Zugabe von speziellen mineralischen Füllstoffen oder auch Oberflächenbeschichtungen das Ausgasen reduziert werden kann. Mit einer speziellen Verschleißmessapparatur konnte nachgewiesen werden, dass diese Partikel in der Spritzgießverarbeitung keine Verschleißprobleme verursachen.

Ein weiterer Schwerpunkt sind Mikrooptiken und funktionalisierte Oberflächen. Sie ermöglichen eine gezielte Lichtlenkung und tragen dazu bei, dass Scheinwerfer kleiner, leichter und gleichzeitig leistungsstark werden.

So entsteht Schritt für Schritt die Grundlage für ressourcenschonende, recyclinggerechte und zukunftsfähige Fahrzeugscheinwerfer.

Car headlights are high-tech components: they consist of precise optical elements and many plastic parts, which until now have been made almost exclusively from fossil raw materials. At the same time, the demands on function, design and weight are increasing. This makes new, environmentally friendly solutions necessary. The **SusMat4CarLight project** is therefore developing innovative materials based on renewable raw materials and recycled materials. The aim is to create a sustainable, recyclable headlight design.

So-called vitrimers – cross-linked plastics that can be dissolved again under certain conditions – are being tested for use as removable adhesives between individual headlight components.

Another approach is the use of sandwich injection moulding, which allows a core layer of recycled material to be used with an outer layer of high-quality virgin material.

A major problem with headlights is the outgassing of volatile components from plastic components, which occurs more frequently in recycled materials. The project also investigated how the addition of special mineral fillers or surface coatings can reduce outgassing. Using special wear measurement equipment demonstrated that these particles do not cause wear problems in injection moulding.

Another focus is on micro-optics and functionalised surfaces. These enable targeted light control and help to make headlights smaller, lighter and more powerful at the same time.

Step by step, this is creating the basis for resource-saving, recyclable and sustainable vehicle headlights. ▲

Wear testing mould at MUL-KV, Source: Masters Thesis Thomas Scheibrein



© ZKW Group GmbH

Sustainable ECO headlight from the company ZKW Group GmbH

at a glance & contact

Project title: SusMat4CarLight

Funding: FFG - Produktion der Zukunft

Partners: ZKW Lichtsysteme GmbH (project coordination), JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, MATERIALS – Institut für Sensorik, Photonik und Fertigungstechnologien, MUL-KC / KV, PCCL



assoz. Prof. Dr. Thomas Lucyshyn

thomas.lucyshyn@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3510



Dipl.-Ing. Dr. Christine Bandl

christine.bandl@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2306

Wertstoffkreislauf für flexible Polyolefinfolien

Recycling cycle for flexible polyolefin films

Das **Projekt Flex4Loop** zielte darauf ab, einen recyclingfähigen Wertstoffstrom für Verpackungsfolien aus Polyolefinen im Lebensmittelsektor zu etablieren. Durch die enge Zusammenarbeit aller Akteure entlang der Wertschöpfungskette wurde das Potenzial der Kreislaufschließung bei kleinteiligen Verpackungen untersucht – ein wichtiger Schritt zur Erreichung der EU-Recyclingziele von 50 % bis 2025 und 55 % bis 2030.

z. B. für Spritzgussanwendungen, bei denen bis zu 100 % Primärmaterial ersetzt werden kann – abhängig vom Einsatzgebiet.

Entscheidend ist dabei die zuverlässige Bewertung der Recyclingfähigkeit. Die künftige EU-Verordnung (PPWR) fordert eine graduelle, prozentuale Bewertung – nur so lassen sich realistische Aussagen treffen. Erste erfolgreiche Tests im Projekt bestätigen die Umsetzbarkeit dieser Anforderungen.

Auch die Sortierbarkeit wurde verbessert: Mit Nahinfrarot (NIR)-Transflectionsmessungen konnten Schichtaufbau und -dicke dünner Verpackungsfolien besser erkannt werden. Eine PP-basierte Schinkenverpackung erreichte Sortiertiefen von rund 80 %, während eine Trockenprodukte-Verpackung eine sehr gute NIR-Sortierbarkeit zeigte. Methoden des maschinellen Lernens halfen dabei, Mono- und Multimaterialien zuverlässig zu unterscheiden – ein vielversprechender Ansatz für hochwertiges Recycling.

ers, printing or adhesives, high-quality recyclates could be produced in a single recycling cycle. These are suitable for injection moulding applications, for example, where up to 100% of the primary material can be replaced – depending on the area of application.

The decisive factor here is the reliable assessment of recyclability. The future EU regulation (PPWR) requires a gradual, percentage-based assessment – this is the only way to make realistic statements. Initial successful tests in the project confirm the feasibility of these requirements.

Sortability was also improved: Near infrared (NIR) transreflectance measurements made it possible to better recognise the layer structure and thickness of thin packaging films. PP-based ham packaging achieved sorting depths of around 80%, while dry product packaging showed very good NIR sortability. Machine learning methods helped to reliably differentiate between mono and multi-materials – a promising approach for high-quality recycling. ▲



above: Film extrusion with recycled material
left: Bottle made from recycled material

Im Projekt konnten Verpackungslösungen entwickelt werden, die sowohl technisch praktikabel als auch im Recyclingkreislauf erprobt sind. Besonders hervorzuheben ist, dass bei ge-

eigneter Gestaltung ("Design4Recycling") Recyclingfähigkeiten von über 90 % erreicht wurden. Selbst bei Verpackungen mit Gasbarrieren, Bedruckung oder Klebstoffen konnten in einem einmaligen Recyclingzyklus hochwertige Rezyklate erzeugt werden. Diese eignen sich

The **Flex4Loop** project aimed to establish a recyclable material flow for polyolefin packaging films in the food sector. Through close cooperation between all stakeholders along the value chain, the potential of closing the loop for small-part packaging was investigated – an important step towards achieving the EU recycling targets of 50% by 2025 and 55% by 2030.

The project was able to develop packaging solutions that are both technically feasible and tested in the recycling loop. It is particularly worth emphasising that recycling rates of over 90% were achieved with suitable design ('Design4Recycling'). Even for packaging with gas barri-

at a glance & contact

Project title: flex4loop - Realisierung eines qualitätsoptimierten Kreislaufes für PO Folien aus der mengensteigerten Leichtfraktionssammlung
Funding: FFG Collective Research
Partners: Kunststoff- und Lebensmittelcluster (project coordination), MA48 der Stadt Wien, MUL-AVAW / KV, OFI - Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, Plastics Europe, 19 more partners



assoz. Prof. Dr. Thomas Lucyshyn
thomas.lucyshyn@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3510

Mechanisches Recycling von biobasierten Kunststoffen

Mechanical recycling of biobased plastics

Biobasierte Kunststoffe machen derzeit nur ca. 0,5 % der jährlichen Kunststoffproduktion aus, sind aber im Steigen begriffen. Anwendung finden diese Kunststoffe vor allem in sehr kurzlebigen Verpackungen. Für die Wiederverwertung von biobasierten Kunststoffen gibt es wie für konventionelle Kunststoffe verschiedene Verwertungsrouten, von denen das mechanische Recycling grundsätzlich als nachhaltigste Möglichkeit gilt (noch vor der Kompostierung).

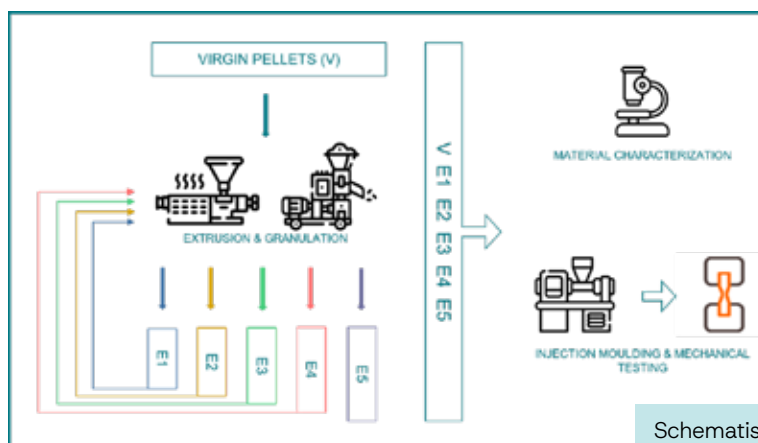
Biobasierte Kunststoffe sind aber oft thermisch sehr empfindlich und jeder Verarbeitungsschritt belastet das Material stark. Im Rahmen des Marie Skłodowska-Curie Actions Projekt C-PlaNeT wurden am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung in einer Dissertation verschiedene Ansätze untersucht, die ein mechanisches Recycling des biobasierten und auch biologisch abbaubaren Polyhydroxybutyrat (PHB) ermöglichen sollen.

PHB weist sehr ähnliche Anwendungseigenschaften wie der Massenkunststoff Polypropylen (PP) auf und wird als potenzielle Alternative dazu gesehen. So wurden zum Beispiel mit Additiven wie Kettenverlängerern oder Schmelzfestigkeitsverstärkern vielversprechende Ergebnisse erzielt in Hinblick auf einen verzögerten Abbau bei mehrmaliger Wiederverarbeitung von PHB-Rezyklat. Es konnte auch gezeigt werden, dass umgekehrt keine besonderen Verschlechterungen in PP zu erwarten sind, wenn geringe Mengen PHB als Verunreinigung im PP-Recycling-Strom landen. Neben den mechanischen Eigenschaften von PHB wurden auch Aspekte wie Geruchsentwicklung bzw. andere potenziell gefährliche flüchtige Substanzen durch die Wiederver-

arbeitung untersucht und als unkritisch eingestuft. Insgesamt konnten wertvolle Erkenntnisse gewonnen und auch in referierten Zeitschriften publiziert werden, die einen Beitrag zu verbesserten Kreislaufwirtschaft von PHB leisten.

Bio-based plastics currently account for only around 0.5% of annual plastic production, but they

extenders or melt strength enhancers have achieved promising results in terms of delayed degradation during repeated reprocessing of PHB recyclate. Conversely, it has also been shown that no particular deterioration in PP is to be expected if small amounts of PHB end up as contaminants in the PP recycling stream. In addition to the mechanical properties of PHB, aspects such as odour development and other potentially hazardous volatile substances during reprocessing were also investigated and classified as non-critical. Overall, valuable insights were gained and published in peer-reviewed journals, contributing to improved circular economy practices for PHB. ▲



Schematische Darstellung des verfolgten mechanischen Recyclingpfades / Schematic of followed mechanical recycling pathway

are on the rise. These plastics are mainly used in very short-lived packaging. As with conventional plastics, there are various recycling routes for bio-based plastics, with mechanical recycling generally considered the most sustainable option (even ahead of composting). However, bio-based plastics are often very sensitive to heat, and each processing step puts a lot of strain on the material. As part of the Marie Skłodowska-Curie Actions project C-PlaNeT, a dissertation at the Institute of Polymer Processing investigated various approaches that would enable the mechanical recycling of bio-based and biodegradable polyhydroxybutyrate (PHB).

PHB has very similar application properties to the mass-produced plastic polypropylene (PP) and is seen as a potential alternative to it. For example, additives such as chain

at a glance & contact

Project title: C-PlaNeT

Funding: EU H2020-MSCA-ITN Nr. 859885

Partners: Aristotle University of Thessaloniki, Brandenburg University of Technology, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Ghent University, Katholieke Universiteit Leuven, MUL-KV, Technical University of Denmark, Technische Universiteit Eindhoven



assoz. Prof. Dr. Thomas Lucyshyn
thomas.lucyshyn@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3510

Biobasierte QS-Bauteile mit Recycling- und Reparaturpotenzial

Bio-based QS components with recycling and repair potential

Im Rahmen des Projekts **QB3R** wurden fünf zentrale Ziele interdisziplinär verfolgt.

Zunächst wurde ein Materialsystem aus 100 % biobasierten Rohstoffen entwickelt, das nicht nur hervorragende mechanische Eigenschaften, sondern auch vielseitige Verarbeitungsmöglichkeiten mit alternativen Epoxidharzen und Härtern bietet. Darüber hinaus wurden vielversprechende Kandidaten für ein zukünftiges Upscaling identifiziert. Die erfolgreiche Integration der Vitrimere-Funktionalität demonstriert, dass

ein Großteil des Rezyklats in definierten Größenbereichen erzeugt werden kann, wenngleich bei größeren Partikeln Optimierungsbedarf besteht. Minimalinvasive, bauteilintegrierte Papier-Sensoren wurden zur Überwachung von Verarbeitungsprozessen erfolgreich getestet und lieferten vergleichbare Ergebnisse zu klassischen IDEX-Sensoren. Abschließend wurde eine Methodik zur Lebenszyklusbewertung oder -analyse entwickelt, um die Umweltauswirkungen der biobasierten Systeme und Verarbeitungsprozesse ganzheitlich zu bewerten.

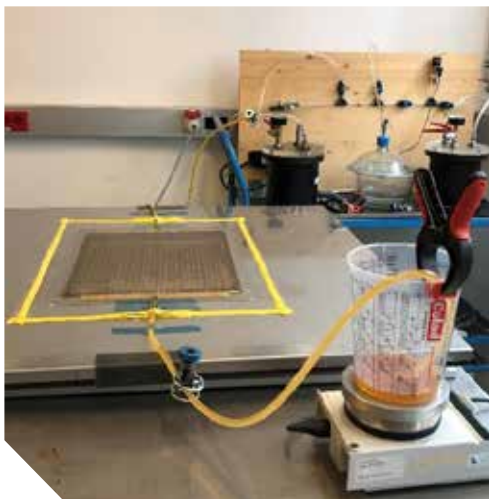
zation is needed for larger particles. Minimally invasive, component-integrated paper sensors were successfully tested for monitoring processes, yielding results comparable to conventional IDEX sensors. Finally, a methodology for Life Cycle Analysis was established to comprehensively evaluate the environmental impacts of the bio-based systems and processing methods.

Overall, the project provides valuable insights into material development, repair, recycling, and sustainability assessment of bio-based composites. ▲



Insgesamt liefert das Projekt wertvolle Erkenntnisse zur Materialentwicklung, Reparatur, Recycling und Nachhaltigkeitsbewertung biobasierter Verbundwerkstoffe.

This research was funded in frame of the program "Project QB3R" (project no. FO999889818) by Austrian Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology within the frame of the FTI initiative "Kreislaufwirtschaft 2021", which is administered by the Austria Research Promotion Agency (FFG).



bisher als nicht recycelbar geltende Werkstoffklassen in Recyclingkonzepte eingebunden werden können. Aufbauend auf Vorversuchen wurde ein einfach anwendbares Reparaturverfahren zur Verlängerung der Bauteilnutzungsphase entwickelt, das sowohl auf der Reinfiltration der polymeren Matrix als auch auf der Rekonsolidierung mittels vitrimerer Polymere basiert. Labormaßstab-Experimente zeigten, dass

Within the project **QB3R**, five central goals were pursued in an interdisciplinary manner.

Firstly, a material system based on 100% bio-based raw materials was developed, offering not only excellent mechanical properties but also versatile processing options using alternative epoxy resins and hardeners. Additionally, promising candidates were identified for future upscaling. The successful integration of vitrimer functionality demonstrates how material classes previously considered non-recyclable can be incorporated into recycling concepts. Building on preliminary trials, a straightforward repair procedure was developed to extend component life, utilizing both the reinfiltration of the polymer matrix and re-consolidation via vitrimer functionality. Laboratory-scale experiments revealed that a large portion of the recycled material can be produced within defined size ranges, although optimi-

at a glance & contact

Project title: QB3R

Funding: FFG „Kreislaufwirtschaft 2021“

Partners: bto-epoxy GmbH, Kästle GmbH, Kompetenzzentrum Holz GmbH (WoodKplus), MUL-VV, MUL-WPK, R&D Consulting GmbH



Bharath Ravindran MSc.,

bharath.ravindran@unileoben.ac.at,
+43 3842 402 - 2715



Dr. Michael Feuchter

michael.feuchter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2110

Verarbeitung von naturfaserverstärkten Verbundwerkstoffen

Processing of natural fiber reinforced polymer composites

Naturfaserverstärkte Kunststoffe bieten großes Potenzial für nachhaltige Werkstoffe. Gleichzeitig bestehen Herausforderungen in der Verarbeitung, wie z. B. hohe Feuchtigkeitsaufnahme oder begrenzte thermische Stabilität. Um ihr volles Potenzial auszuschöpfen, müssen die spezifischen Mechanismen der Verarbeitung besser verstanden und die Prozesse daraufhin optimiert werden.

Forschungsaktivitäten am Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Design für Recycling konzentrieren sich darauf, die Grundlagen der Naturfaserverarbeitung zu erfassen und darauf basierend optimierte Prozesse zu entwickeln. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung kontinuierlicher Verarbeitungsprozesse.

Zur Charakterisierung von Naturfasern stehen verschiedene Messmethoden zur Verfügung. Zur Untersuchung des Verhaltens der Fasern während der Verarbeitung kommen Permeabilitätsmessungen mittels kapazitiver und optischer Verfahren, Kapillarmessungen, ein anpassbarer Rovingprüfstand mit Lichtschnittsensoren, Kompressibilitätsmessungen sowie ein Schälprüfstand zum Einsatz.

Die Laborausstattung ermöglicht eine Vielzahl an Verarbeitungsmethoden. Dazu zählen Vakuuminfusion, Wickelverfahren, Tapelegen, Resin Transfer Molding, Handlaminieren, Pultrusion, Prepreg-Herstellung und Pressverfahren. Durch die Kombination dieser Verfahren können innovative Prozesse entwickelt und auf die spezifischen Anforderungen von Naturfasern abgestimmt werden. So werden nicht nur neue Erkenntnisse über Naturfasern gewonnen, sondern auch Wege zur nachhaltigen Nutzung in industriellen Anwendungen aufgezeigt.

Natural fibre-reinforced composites hold great potential as sustainable

materials. However, their processing presents challenges, such as high moisture absorption or limited thermal stability. In order to realize their full potential, the specific processing mechanisms must be better understood and the processes optimized accordingly.

Current research focuses on understanding the fundamental principles of natural fibre processing and using this knowledge to develop optimized manufacturing strategies. One focus is the development of continuous processing methods.



© eigene Aufnahme

A range of measurement techniques is available for characterizing natural fibres. Permeability measurements using capacitive and optical methods, capillary tests, an adjustable roving test rig with light-section sensors, compressibility measurements and peel tests are used to assess fibre behaviour during processing.

The laboratory infrastructure supports a variety of processing techniques, including vacuum infusion, filament winding, tape placement, resin transfer moulding, hand lay-up, pultrusion, prepreg manufac-

turing, and compression moulding. By combining these methods, innovative processes can be developed and tailored to the specific requirements of natural fibres. This not only enhances the understanding of natural fibre composites but also paves the way for their sustainable application in industrial settings. ▲



© Foto Freisinger

oben: Wickelprüfstand in der Arbeitsgruppe „Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Entsorgungsplanung“ / **above:** Winding test rig at the Processing of Composites and Design for Recycling Group

links: Naturfasergewebe und naturfaserverstärkter Verbundwerkstoff / **left:** Natural fibre fabric and natural fibre-reinforced composite material

at a glance & contact

Funding: Montanuniversität Leoben



Dipl.-Ing. Hannah Rabe
hannah.rabe@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2707

LCA beim Recycling von Faser-Kunststoff-Verbunden

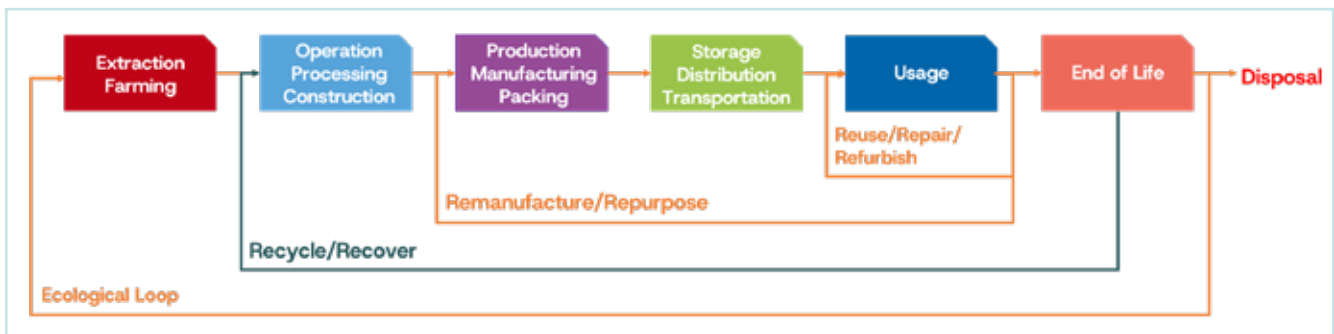
LCA in the recycling of fibre-reinforced polymer composites

FKV werden aufgrund ihrer außerordentlich guten, spezifischen mechanischen Eigenschaften (z. B. Festigkeit im Verhältnis zur Dichte) in verschiedenen Branchen weit verbreitet eingesetzt. Ihre komplexe Struktur und eingeschränkte Recyclingfähigkeit stellen jedoch

LCA zur Recyclingoptimierung

LCA ist ein bewährtes Instrument zur Bewertung der Umweltwirkungen verschiedener Recycling-techniken. Durch den Vergleich von Energieverbrauch, Emissionen und Materialrückgewinnung trägt LCA

thermal and chemical recycling methods provide important mechanisms for closing the materials loops and driving circular economy. These techniques, playing a key role in advancing R-strategies, need to be carefully evaluated and optimized through environmental assessments.



R-Strategien für Produktlebenszyklen / R-strategies for products life cycle

Herausforderungen für ein nachhaltiges Ressourcenmanagement dar. Herkömmliche End-of-Life (EoL)-Strategien wie Deponierung oder Verbrennung tragen zu ökologischen Schäden und Ressourcenverknappung bei. Mechanische, thermische und chemische Recyclingverfahren bieten wesentliche Mechanismen zur Schließung von Materialkreisläufen und zur Förderung der Kreislaufwirtschaft. Diese Technologien spielen eine zentrale Rolle bei der Weiterentwicklung von R-Strategien und müssen über Ökobilanzierungen sorgfältig analysiert und optimiert werden.

zur Optimierung von Prozessszenarien bei. Der Lehrstuhl Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Design für Recycling untersucht Ansätze zur Kombination von Ökobilanzierungen und Methoden zur Wiederverwendung von Werkstoffen, um die Effizienz des Recyclings und der Wiederaufbereitung von FKV zu verbessern. Darüber hinaus wird die Lebenszykluskostenanalysen (LCC) integriert, um eine ganzheitliche Bewertung der Recyclingprozesse zu ermöglichen und ökologische sowie wirtschaftliche Aspekte in Einklang zu bringen.

LCA for recycling optimisation

LCA is a well-established technique for comparing the environmental impacts of EoL scenarios by comparing different ecological indicators. Moving forward, our research team from the Processing of Composites Group is actively exploring methodologies that integrate environmental analysis with material recovery techniques to enhance the efficiency of FRPC recycling and reprocessing. In addition, Life Cycle Costing (LCC) is incorporated to provide a holistic assessment of recycling processes, balancing environmental and economic considerations. ▲

Das Denken in Lebenszyklen-Ansätze als Säulen der Nachhaltigkeitsbewertung
Life Cycle Thinking approaches as sustainability assessment pillars

Social Life Cycle Assessment (sLCA)

Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)

Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Costing (LCC)

FRPC are widely used in various industries due to their high strength-to-weight ratio. However, their complex structure and limited recyclability pose challenges for sustainable resource management. Traditional End-of-Life (EoL) management approaches, such as landfilling or incineration, contribute to ecological damages and resource depletion. Mechanical,

at a glance & contact

Funding: Montanuniversität Leoben



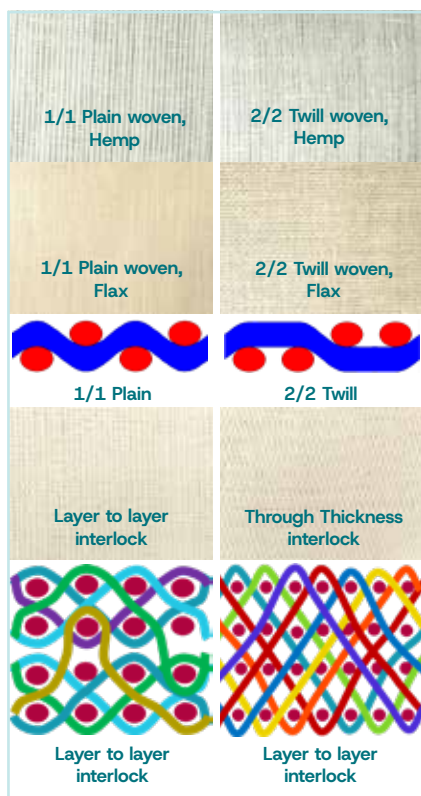
Majid Tabatabaei, M.Sc.
majid.tabatabaei@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2705

Kompressibilität von Geweben auf Pflanzenfaserbasis

Compressibility of plant fiber based wovens

Pflanzenfaser-basierte Textilien sind von zunehmend hohem Interesse für die Herstellung von Faser-Kunststoff-Verbundwerkstoffen mit möglichst hohem biogenem Kohlenstoffanteil. Um das Leistungsvermögen dieser Textilien vollständig ausschöpfen zu können, fehlt es derzeit noch an grundlegendem Verständnis zu deren Besonderheiten bei der Verarbeitung hin zu Verbundwerkstoffen. Ein Baustein dafür ist das transversale Kompaktungsverhalten dieser Materialien.

Im Rahmen eines Forschungsaufenthalts von Dr. Khubab Shaker von der National Textile University (NTU), Pakistan am Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen und Design für Recycling wurde das Kompaktungsverhalten von 2D- als auch 3D-Geweben aus Flachs- bzw. Hanffasern untersucht.



2D fabric in plain weave (top left) and twill weave (top right) made from flax and hemp fibres. 3D fabric as layer-to-layer interlock fabric (bottom left) and through-thickness interlock fabric (bottom right).

Besonderheiten der Fasern

Pflanzenfaser-basierte Textilien weisen gegenüber klassischen, synthetischen Fasern aufgrund von (i) Unregelmäßigkeiten bei Querschnittsform und -größe, (ii) Oberflächenrauigkeit und (iii) Lumen in den Fasern Besonderheiten auf, die sich im Kompaktungsverhalten der Textilien bemerkbar machen. An einem am Lehrstuhl entwickelten Prüfstand wurde das Kompaktungsverhalten experimentell in Form von Belastungs-Relaxationsversuchen untersucht. Am Ende der Haltephase wurde zudem eine Retardationsphase vorgegeben, um das elastische und viskoelastische Rückstellvermögen der Textilien sowie deren bleibende Verformung zu untersuchen.

Erste Ergebnisse zeigen einen maßgeblichen Einfluss von Fasermaterial, Bindungsart der Gewebe, Lagenanzahl sowie Faservolumengehalt auf das Rückstellvermögen.

Plant fibre based fabrics are of increasing interest for the manufacture of fibre-reinforced polymer matrix composites with high content of biogenic carbon. In order to fully exploit their potential, particularities with respect to processing these materials into composites need to be fully understood. In this context, the transversal compressibility characteristics is one of the missing puzzle stones.

In the frame of a research stay of Dr. Khubab Shaker from National Textile University (NTU), Pakistan, in the Processing of Composites and Design for Recycling Group, compressibility characteristics of 2D- and 3D-wovens from flax and hemp fibres was investigated.

Particularities of Plant Fibres

In contrast to typical, synthetic fibres, plant fibre based fabrics show particularities in terms of (i) irregularities

in cross-sectional shape and dimension, respectively, (ii) surface roughness and (iii) lumen in the centre of the fibres, which directly affect the transversal compressibility characteristics of these fabrics. Involving a dedicated test rig, specifically developed by the Processing of Composites Group, compressibility characteristics were experimentally investigated in terms of load-relaxation tests. At the end of the holding phase, a retardation step was added in order to study the elastic and visco-elastic recovery potential of the fabrics as well as their permanently remaining deformation.



compressibility test rig

Preliminary results indicate a significant influence of the fibre material, the binding architecture of the wovens, number of layers as well as fibre volume fraction on the recovery potential. ▲

at a glance & contact

Funding: Dr. Khubab Shaker's research stay was funded by the Austrian Academy of Sciences through a scholarship under the Joint Excellence in Science and Humanities (JESH) programme.

Partners: National Textile University (NTU)



assoz. Prof. Dr. Ewald Fauster
ewald.fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2708

Einfluss von Kompatibilisatoren auf die Polymer Grenzflächen Compatibilizers effect on polymer interphase

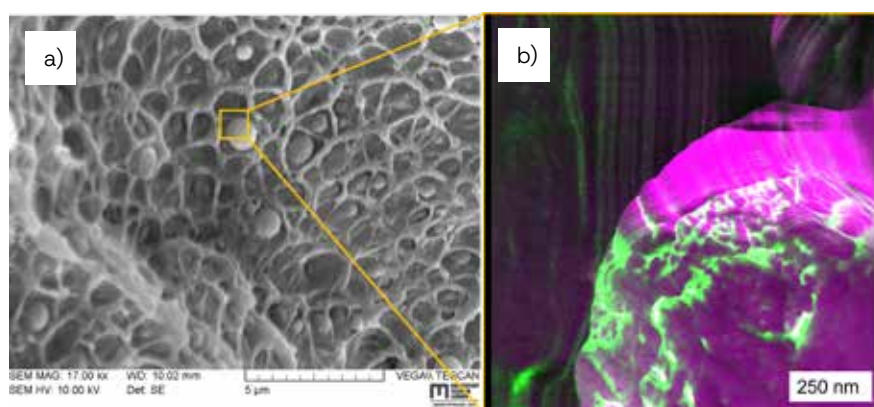
Kompatibilisatoren spielen eine entscheidende Rolle bei der Modifikation der Grenzflächeneigenschaften nicht mischbarer Polymerblends und tragen maßgeblich zur Verbesserung ihrer mechanischen Eigenschaften bei. Ihre Hauptfunktion besteht darin, die Grenzflächenspannung zwischen den beiden nicht mischbaren Polymeren zu reduzieren und die Adhäsion der dispergierten Phase an die Matrix zu verbessern. Diese Modifikationen werden typischerweise mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) analysiert, die Einblicke in die Morphologie der nicht dominanten Komponente liefert, einschließlich Veränderungen der Domänengröße und, indirekt, der Grenzflächenadhäsion. Allerdings ist REM in der Detektion chemischer Wechselwirkungen an der Grenzfläche begrenzt.

Grenzflächenanalyse mit PiFM

Damit ein umfassenderes Verständnis der Grenzflächenphänomene auf der Nanoskala erlangt werden kann, ist der Einsatz der infraroten photo-induzierten Kraftmikroskopie (PiFM) vorteilhaft. PiFM kombiniert Infrarotspektroskopie mit der Rasterkraftmikroskopie (AFM) und ermöglicht dadurch eine simultane topografische Abbildung sowie eine chemische Charakterisierung mit nanoskaliger Auflösung. Diese Technik liefert wertvolle Informationen über die räumliche Verteilung einzelner Komponenten, Phasenseparationen und potenzielle molekulare Wechselwirkungen an der Grenzfläche, wie kovalente Bindungen, Phasensegregation oder die Segregation von Bestandteilen. Durch die Kombination morphologischer und spektroskopischer Daten erlaubt PiFM eine detaillierte Bewertung der Kompatibilisierungseffizienz in Polymerblends und trägt somit zur Entwicklung fortschrittlicher Materialien mit maßgeschneiderten Grenzflächeneigenschaften bei.

Compatibilizers play a crucial role in modifying the interfacial properties of immiscible polymer blends, primarily enhancing their mechanical performance. Their primary function is to reduce the interfacial tension between the two immiscible polymers and enhance the ad-

hesion of the minor phase to the matrix. These modifications are typically analysed using scanning electron microscopy (SEM), which provides insights into the morphology of the minor phase, including changes in its domain size and, indirectly, interfacial adhesion. However, SEM is limited in its ability to detect chemical interactions occurring at the interface.



a) REM-Aufnahme einer Bruchfläche einer LDPE-EVOH-PA6-Polymermischung und b) Kombination eines PiFM-Scans, der die Verteilung von EVOH (grün) und PA6 (lila) in der Mischung zeigt.

a) SEM picture of a fractured surface of LDPE-EVOH-PA6 polymer blend and b) combination of PiFM scan showing the distribution of EVOH (green) and PA6 (purple) in the blend.

heseion of the minor phase to the matrix. These modifications are typically analysed using scanning electron microscopy (SEM), which provides insights into the morphology of the minor phase, including changes in its domain size and, indirectly, interfacial adhesion. However, SEM is limited in its ability to detect chemical interactions occurring at the interface.

Interface analysis with PiFM

To obtain a more comprehensive understanding of interfacial phenomena at the nanoscale, it is beneficial to apply infrared photo-induced force microscopy (PiFM). PiFM integrates infrared spectroscopy with atomic force microscopy, enabling simultaneous topographical imaging and nanoscale-resolved chemical characterization. This technique

provides valuable information on both the distribution of individual components, phase segregation and potential molecular interactions occurring at the interface, such as covalent bonding, phase segregation, or component segregation. By combining morphological and spectro-

at a glance & contact

Funding: Rectorate R&D PROGRAM 2021

Partners: MUL - Chair of General and Analytical Chemistry / Chair of Physics / KC / KV/ WPK



Dr. Michael Feuchter

michael.feuchter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2110

Innovatives Recycling von Polyolefinabfällen

Innovative recycling of polyolefin waste

Das Recycling von Polymerabfällen zu hochwertigen Materialien gilt als DIE Technologie, um Rohstoffe auf Basis fossiler Ressourcen einzusparen, die Belastung unserer Umwelt durch Kunststoffabfälle zu reduzieren und zur Dekarbonisierung beizutragen. In einem laufenden Projekt werden Techniken zur Wiederverwertung von Polyolefinabfällen untersucht. Diese Forschung wird in Kooperation mit Firma PreZero Polymers Austria durchgeführt und gefördert durch die FFG. Ziel ist es, die Molmasse von Polypropylen (PP) beim Recycling zu erhöhen, um recycelte PP-Qualitäten zu erhalten, die durch Extrusion und Blasformen verarbeitet werden können.

Es ist allgemein bekannt, dass die Molmasse beim Recyclingprozess von PP in Gegenwart von freien Radikalen. Die Beta-Spaltung führt zu einem schnellen Abbau der PP-Hauptkette, gefolgt von einer Verringerung der Viskosität bzw. einem Anstieg des Melt Flow Ratio (MFR). Um die Molmasse von PP zu erhöhen, sind spezifische Additive in Kombination mit einer reaktiven Verarbeitung eine vielversprechende Strategie. Erste Ergebnisse konnten zeigen, dass der MFR von PP mit diesem Ansatz deutlich reduziert werden kann, während der Gelgehalt recht niedrig gehalten wird. Die laufende Forschung zielt darauf ab, die Reaktionsbedingungen zu optimieren und dieses Verfahren zu einem kontinuierlichen Verfahren weiterzuentwickeln, wobei auch radikalische Initiatoren bei erhöhten Temperaturen eingesetzt werden.

Ein weiterer Aspekt dieses Forschungsprojektes ist die Reduktion der Molmasse von rezykliertem Polyethylen (PE). Hier muss eine umgekehrte Strategie verfolgt werden, da PE in Gegenwart von freien Radikalen bzw. unter ionisierender Strahlung zur Vernetzung neigt. Der experimentelle Ansatz basiert auf der Verarbeitung von PE bei erhöhten Temperaturen in Gegenwart

ausgewählter Additive und Katalysatoren.

The recycling of polymer waste to high-value materials is seen as THE technology to conserve raw materials based on fossil resources, to reduce the pollution of our environment by plastic waste, and to contribute to decarbonisation. In a running project, techniques are being investigated to up-cycle polyolefin waste. This research is being conducted in cooperation with PreZero Polymers Austria and funded by FFG. Here we aim to increase the molar mass of polypropylene (PP) during recycling in order to obtain recycled PP grades ready for processing by extrusion and blow-molding.

It is well known that the molar mass is strongly reduced during the PP recycling process in the presence of free radicals. Beta-scission results in a rapid degradation of the PP main chain which is followed by a reduction in viscosity and an increase in the melt flow ratio (MFR), respectively. To increase the molar mass of PP, specific additives in combination with reactive processing is a promising strategy. First results have shown that the MFR of PP can be reduced significantly with this approach, while the gel-content can be kept quite low. Ongoing research aims to optimize the reaction conditions and to develop this process further to a continuous process, also employing free radical initiators at elevated temperatures.

Another aspect of this research is the reduction of the molar mass of recycled polyethylene (PE). Here, an opposite strategy has to be followed as PE tends to crosslink in the presence of free radicals and under ionizing radiation, respectively. The experimental approach is based on processing of PE at elevated temperatures in the presence of selected additives and catalysts. ▲



© PreZero Polymers Austria GmbH

at a glance & contact

Project title: NextGen-PCR PO - Hochwertige Polyolefinmaterialien auf Basis von Nachgebrauchs-Abfall durch innovatives Upcycling

Funding: FFG

Partners: Prezero Polymers Austria GmbH, MUL - KC



Johannes Krämer, MSc

johannes.kraemer@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2310; 2390



Ass.-Prof. Dr. Gisbert Rieß

gisbert.riess@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2311

Bio-basierte umformbare & rezyklierbare Duomere

Bio-based reshapable & recyclable duomers

Bei Duomeren handelt es sich um starre, vernetzte Polymerketten, welche eine hohe chemische und thermische Stabilität aufweisen. Um diese Materialklasse permanent umformbar und rezyklierbar zu machen, können sogenannte kovalente adaptierbare Bindungen eingebaut werden, welche durch Beimengen eines geeigneten Katalysators bei erhöhten Temperaturen Austauschreaktionen herbeiführen. Diese haben zur Folge, dass das Material zu einem viskoelastischen Fluid wird, wodurch Recycling, Umformen, Heilung oder Verschweißen ermöglicht ist.

Bio-basierte Monomere

Das PCCL stellte in Kooperation mit der Technischen Universität Graz erstmals bio-basierte Katalysatoren her, welche Austauschreaktionen zwischen Ester-Bindungen und freien Hydroxyl-Gruppen beschleunigen. Als Ausgangsmoleküle wurden dazu Citronellol und Eugenol verwendet, die aus Zitrusfrüchten bzw. Nelken gewonnen werden können (Fig. 1). Aufgrund der vorhandenen Doppelbindungen, konnten die Katalysatoren kovalent in ein Thiol-En Netzwerk gebunden werden, wodurch der Katalysator nicht durch Migration verloren gehen kann.

Anwendungsfelder als Duomere

Die entwickelten Materialien werden nicht nur thermomechanisch charakterisiert, sondern auch auf ihre Umformbarkeit und Rezyklierbarkeit getestet. In Fig. 2 wird dargestellt, dass die Umformung sogar auf Mikrometer-Level erfolgreich anwendbar ist, was eine gezielte Änderung der Benetzbarkeit mit sich bringt. Außerdem konnten Glasfasern erfolgreich von der Polymermatrix abgetrennt werden.

Duomers are rigid, cross-linked polymer chains with high chemical and thermal stability. In order to make this material class permanently reshapable and recyclable, so-called covalent adaptable bonds can be introduced, which provoke exchange reactions by adding a suitable catalyst at elevated temperatures. As a result, the material becomes a viscoelastic fluid, which enables recycling, reshaping, healing or welding.

Bio-based Monomers

In cooperation with Graz University of Technology, the PCCL has

synthesized the first bio-based catalysts that accelerate exchange reactions between ester linkages and free hydroxyl groups. Citronellol and eugenol, which can be obtained from citrus fruits and cloves respectively, were used as starting materials (Fig. 1). Due to the double bonds available, the catalysts could be covalently attached in a thiol-ene network, preventing the catalyst from migration and leaching.

Application as Duomer

The developed materials are not only thermomechanically characterized, but also tested for their reshaping and recyclability. Fig. 2 shows that permanent reshaping can be successfully applied at micrometer level, which results in a controlled change in wettability. In addition, glass fibres could be effectively separated from the polymer matrix based on exchange reactions with the solvent. ▀

at a glance & contact

Funding: FFG COMET-Modul CHEMITECTURE, BMIMI, BMWET, Province of Styria
Partners: MUL-KC, PCCL, TU Graz



Dr. Elisabeth Rossegger
elisabeth.rossegger@pccl.at
+43 3842 429 - 6225



Priv.-Doz. Dr. Sandra Schlögl
sandra.schloegl@unileoben.ac.at
+43 3842 42962 - 0



Fig. 1: Scheme of the generation of bio-based building blocks

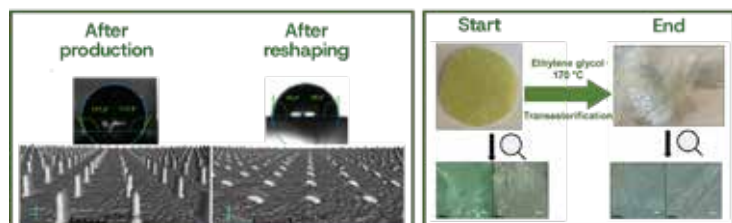


Fig. 2: Permanent reshaping of microstructures and polymer - glass fibre separation

Trennung kleiner gemischter Textil-Kunststofffraktionen

Separation of small mixed textile-polymer fractions

In einem zweijährigen, von FFG geförderten Projekt (Nr. 895423), wurde gemeinsam mit Industriepartnern und Lehrstühlen an der MUL eine innovative Recyclingmethode für gebrauchte Formiersiebe und Pressfilze aus der Papierindustrie entwickelt.

Trenntechnik für Polymersiebe

Die Formiersiebe, bestehend aus den Polymeren PA6 und PET, wurden erfolgreich zerkleinert und mit Hilfe einer Dekanterzentrifuge (ANDRITZ) getrennt. Dies ermöglichte die Produktion von hochwertigem Regranulat, das in weiteren

Recyclingprozessen darstellt. Parallel dazu wurden durch MUL-AVAW umfassende Umweltanalysen durchgeführt, welche die Vorteile des mechanischen Recyclings im Vergleich zur Verbrennung aufzeigen, insbesondere in den Kategorien Klimawandel und Ressourcennutzung.

During a two-year FFG-funded project (no. 895423), an innovative recycling method for used forming fabrics and press felts from the paper industry was developed in collaboration with the industrial partners and the MUL institutes.

Recyclingprozessen darstellt. Parallel dazu wurden durch MUL-AVAW umfassende Umweltanalysen durchgeführt, welche die Vorteile des mechanischen Recyclings im Vergleich zur Verbrennung aufzeigen, insbesondere in den Kategorien Klimawandel und Ressourcennutzung. Parallel dazu wurde eine vielversprechende Trenntechnik für Polymersiebe entwickelt. Diese ermöglichte die Produktion von hochwertigem Regranulat, das in weiteren Recyclingprozessen darstellt. Parallel dazu wurden durch MUL-AVAW umfassende Umweltanalysen durchgeführt, welche die Vorteile des mechanischen Recyclings im Vergleich zur Verbrennung aufzeigen, insbesondere in den Kategorien Klimawandel und Ressourcennutzung. Parallel dazu wurde eine vielversprechende Trenntechnik für Polymersiebe entwickelt. Diese ermöglichte die Produktion von hochwertigem Regranulat, das in weiteren Recyclingprozessen darstellt. Parallel dazu wurden durch MUL-AVAW umfassende Umweltanalysen durchgeführt, welche die Vorteile des mechanischen Recyclings im Vergleich zur Verbrennung aufzeigen, insbesondere in den Kategorien Klimawandel und Ressourcennutzung.



f. l. t. r.: New forming fabrics / post-consumer forming fabrics / shredded forming fabrics

Tests auf seine Spinnbarkeit hin untersucht wurde. Die erzielten Ergebnisse bestätigen die Machbarkeit des Recyclingprozesses.

Ein weiterer Erfolg des Projekts war die Entwicklung eines Verfahrens zur Kreislaufwirtschaft für gebrauchte Pressfilze. Die Filze wurden zerkleinert und in einem Recyclingprozess zu Regranulat verarbeitet. Diese Fortschritte basieren auf der Zusammenarbeit mit spezialisierten Recyclingbetrieben, die es ermöglichten, das Material in hoher Qualität aufzubereiten.

Die innovative Kombination von ANDRITZ-Zentrifuge und Circulyzer-Modul zeigte ein vielversprechendes Trennverfahren. Mit dieser Technik konnten die PA- und PET-Fractionen mit einer Reinheit von bis zu 99,8 % bzw. 98,2 % aufbereitet werden, was einen erheblichen Schritt in Richtung eines effizienten und skalierbaren

Separation technology for polymer sieves

The forming fabrics, which are made from PA6 and PET, were successfully shredded and separated using a ANDRITZ decanter centrifuge. This enabled the production of high-quality regranulates, which was analysed in further tests to determine its spinnability. Achieved results confirm the feasibility of the recycling process.

Another success of the project was the development of a process for recycling of used press felts. The felts were shredded and processed into regranulates in a recycling process. This progress is based on a cooperation with specialised recycling companies, which made it possible to process the material to a high quality.

The innovative combination of ANDRITZ centrifuge and Circulyzer mo-

at a glance & contact

Project title: ReFibreValue

Funding: FFG Bridge

Partners: Andritz AG, ANDRITZ Fabrics and Rolls GmbH, Circulyzer GmbH, MUL-AVAW / Chair of Mineral Processing / KV / WPK



Dipl.-Ing. Dr. Ivica Đuretekl

ivica.duretek@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 3518

Einsatz von biobasierten Polymeren im Bauwesen

Use of bio-based polymers in building technology

In der EU werden knapp ein Viertel aller produzierten Kunststoffe im Bauwesen eingesetzt – aber nur 2,2 % davon stammen aus nachwachsenden Rohstoffen. Das FFG-geförderte Projekt **CircularBioMat** hat sich zum Ziel gesetzt, die Herstellungskette von ausgewählten nachhaltigen Kunststoffen zu untersuchen. Dabei arbeiten starke Partner zusammen: Tecnaro liefert die Materialien, Miraplast produziert und Schnabl designt und vermarktet die Bauteile. Unterstützt werden diese vom Konsortialführer FH Salzburg, die unter anderem Lebenszyklusanalysen (LCA) durchführt, und dem Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung an der MUL, der die Eigenschaften untersucht.

Recycling zugeführt werden können. Daher wird auch erforscht, wie diese Polymere auf das mehrmalige Verarbeiten reagieren.

Eine weitere Möglichkeit, die mechanischen Eigenschaften zu verbessern, ist das Einarbeiten von Fasern. In einem ersten Schritt wurden sechs verschiedene Fasertypen eingearbeitet: Hart- und Weichholz (Rinde wie auch Holz) sowie Elefantengras und Stroh.

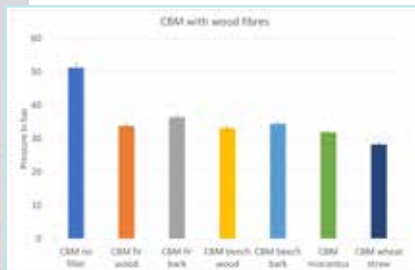
In den weiteren Schritten werden die produzierten Bauteile u. a. hinsichtlich mechanischer Eigenschaften untersucht und im Testgebäude der FH Salzburg auf deren Funktion im Einsatz geprüft.

and the Institute of Polymer Processing at MUL, which investigates the properties.

After selecting suitable bio-plastics, that could fulfil the requirements for the components, these materials were thermally and rheologically tested and then, among other processing technologies, injection moulded. The machine consumption data collected in the process is required for the LCA and the initial tests show no major difference between bio- and fossil-based polymers.

Another way to improve the mechanical properties is to incorporate fibres. In a first step, six different types of fibres were incorporated: hardwood and softwood (bark and wood), elephant grass, and straw.

In the next steps, the produced components will be mechanically and physically analysed and tested for their function in use in the test building at the University of Applied Science Salzburg. ▲



left: Granulate and test specimens made from the bark of fir (left) and elephant grass (right) / right: pressure at the screw tip of the different fillers

Nach der Auswahl geeigneter Biokunststoffe, welche die Anforderungen an die Bauteile erfüllen können, wurden die Materialien thermorheologisch untersucht und anschließend unter anderem spritzgegossen. Die dabei erhobenen Maschinenverbrauchsdaten werden für die LCA benötigt und zeigen in den ersten Versuchen keinen großen Unterschied zwischen bio- und erdölbasierten Polymeren.

Das größte Einsparungspotenzial liegt einerseits bei der Herstellung der Biopolymere, andererseits auch, wenn diese nach langer Zeit im Einsatz in der Haustechnik, wieder dem

In the EU, around 22.9% of all plastics are used in the construction industry – but only 2.2% of these come from renewable raw materials. The FFG-funded **CircularBioMat** project has set itself the goal of analysing the production chain of selected bio-plastics. Strong partners are working together on this: Tecnaro supplies the materials, Schnabl designs and sells the products, while Miraplast produces them. This is supported by the consortium leader University of Applied Sciences Salzburg, which carries out, among other things, life cycle analyses (LCA)

at a glance & contact

Project title: CircularBioMat - Kreislauffähige biogene Materialien für Gebäudeausstattung und Versorgungstechnik

Funding: FFG Energie- und Umwelttechnologie Ausschreibung 2023

Partners: agru Kunststofftechnik GmbH, FH Salzburg - Department Green Engineering & Circular Design, Miraplast Kunststoffverarbeitungs GmbH, MUL-KV, Schnabl Stecktechnik, Tecnaro GmbH



Dipl.-Ing. Stephan Schuschnigg
stephan.schuschnigg@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3511

Nachhaltigkeit im Spritzgieß-Werkzeugbau

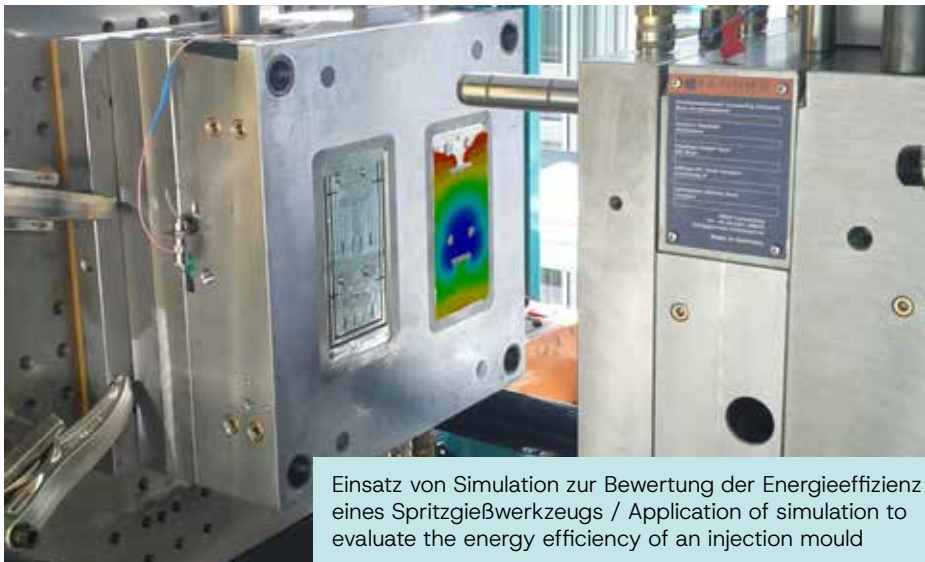
Sustainability in injection mould manufacturing

Das Thema Nachhaltigkeit hat in den letzten Jahren in der Gesellschaft zunehmend an Bedeutung gewonnen. Insbesondere produzierende Unternehmen im Bereich Spritzgieß-Werkzeugbau und Kunststofftechnik müssen Nachhaltigkeit in allen Prozessen und Produkten erhöhen. Der Grund dafür sind die Anforderungen der einzelnen Stakeholder. Die Stakeholder, insbesondere die Kunden aus der Serienproduktion, erwarten eine ganzheitliche Betrachtung von Nachhaltigkeitsaspekten und

punktuell auf der Erweiterung der kommerziellen Spritzgieß-Simulationssoftware Moldflow durch die Entwicklung von eigenen Schnittstellen und Zusatztools, welche es ermöglichen sollen, auf Basis bestehender Standard-Ergebnisse Aussagen über die Energieeffizienz eines Werkzeugs bzw. der Prozessführung zu treffen. Weiters unterstützt der Lehrstuhl die Entwicklung neuer Werkzeugkonzepte, welche von einem der deutschen Projektpartner in das Projekt eingebracht werden, durch

create another competitive differentiator in addition to the classic criteria of time, quality and cost. The aim of the **research project SustainTool** is therefore to develop a methodology for the holistic mapping of sustainability along the tool life cycle and to work out concrete solutions for the most important fields of action. These will be summarised and evaluated in a guideline in cooperation with and for small and medium enterprises (SMEs).

At the Institute of Polymer Processing, the research focus is on expanding the commercial injection moulding simulation software Moldflow by developing its own interfaces and additional tools, which should make it possible to make statements about the energy efficiency of a mould or process conditions on the basis of existing standard results. Furthermore, the institute supports the development of new tool concepts, which are brought into the project by one of the German project partners, through injection moulding simulations and experimental investigations. ▲



Einsatz von Simulation zur Bewertung der Energieeffizienz eines Spritzgießwerkzeugs / Application of simulation to evaluate the energy efficiency of an injection mould

die Entwicklung von nachhaltigen Produkten. Darüber hinaus schaffen nachhaltige Produkte ein weiteres Wettbewerbsdifferenzierungsmerkmal neben den klassischen Kriterien Zeit, Qualität und Kosten. Ziel des **Forschungsprojektes SustainTool** ist es daher, eine Methodik zur ganzheitlichen Abbildung von Nachhaltigkeit entlang des Werkzeuglebenszyklus zu entwickeln und konkrete Lösungen für die wichtigsten Handlungsfelder zu erarbeiten. Diese werden für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) und unter deren Mitwirkung in einem Leitfaden zusammengefasst und bewertet.

Am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung liegt der Forschungsschwer-

Spritzgießsimulationen und experimentelle Untersuchungen.

The topic of sustainability has become increasingly important in society in recent years. Especially manufacturing companies in the field of injection moulding toolmaking and plastics technology have to increase sustainability in all processes and products. The reason for this are the requirements of the individual stakeholders. The stakeholders, especially the customers from series production, expect a holistic view of sustainability aspects and the development of sustainable products. Furthermore, sustainable products

at a glance & contact

Project title: SustainTool

Funding: CORNET International (FFG Basisprogramm)

Partners: Business Upper Austria – OÖ Wirtschaftsagentur (Consortium leader), Fraunhofer Austria, Hochschule Schmalkalden, MUL-KV, WZL (Werkzeugmaschinenlabor) der RWTH Aachen and even more partners from industry in Germany and Austria



assoz. Prof. Dr. Thomas Lucyshyn
thomas.lucyshyn@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3510

Neue Technologie für hochwertiges Upcycling im Leichtbau Advanced upcycling technology for lightweight structures

Endlosfaserverstärkte thermoplastische Leichtbau-Verbunde sind Schlüsselmaterialien für moderne Mobilität und den Ausbau erneuerbarer Energien. Sie überzeugen durch geringes Gewicht und hohe Festigkeit – und leisten einen wichtigen Beitrag zur CO₂-Reduktion. Doch ihre Nachhaltigkeit steckt noch in den Kinderschuhen: Produktionsabfälle aus Polypropylen (PP)-Organoblechen und PP-Tapes aus unidirektional angeordneten Glasfasern (UD-Tapes) landen mangels geeigneter Recyclingtechnologien überwiegend in der Verbrennung.

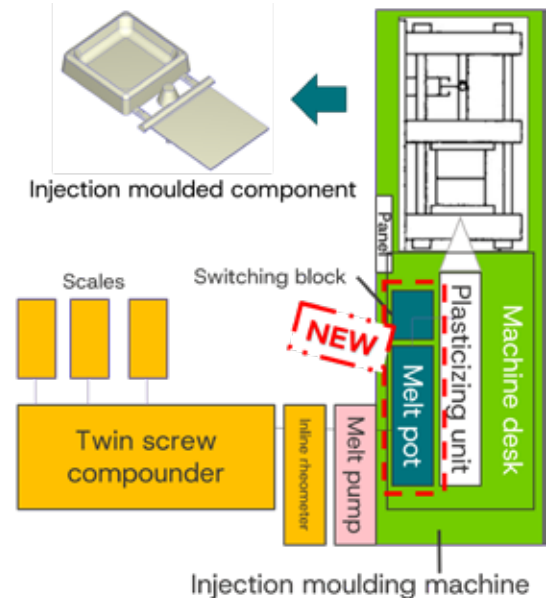
Das **Forschungsprojekt LightCycle** setzt genau hier an und hebt das Spritzgießcompoundieren auf ein neues technologisches Level: energieeffizient, kreislaforientiert und datenbasiert. Regenerate aus rPP sowie geschredderte Organoblech- und UD-Tape-Reste ersetzen gezielt Neuware. Ein neues Schmelzespeicherkonzept, begleitet durch modernste Inline-Messtechnologien wie Ultraschallmesstechnik zur Echtzeit-Bestimmung des Glasfasergehalts, Rheometrie zur Viskositätskontrolle sowie reales Energie-Monitoring per Messklemmen für die Lebenszyklusanalyse belegt, dass Upcycling möglich ist und CO₂-Emissionen signifikant gesenkt werden können.

Zusätzlich erfolgte ein prozessorientierter Workflow zur Materialanalyse, eine gezielte Rezepturmethode sowie der Einsatz von Machine Learning und FDC, was eine tiefgreifende Analyse der Wechselwirkungen zwischen Prozess- und Materialparametern erlaubt. Aus dem Projekt gingen bereits zehn Publikationen in Form von Beiträgen in wissenschaftlichen Magazinen und Fachkonferenzen hervor – ein Beleg für den hohen Innovations- und Forschungsgehalt von LightCycle. Das Ergebnis: ein zukunftsweisender Beitrag zur Schließung von Stoffkreisläufen durch intelligentes, nachhaltiges Upcycling.

Continuous fibre-reinforced thermoplastic composites are key materials for modern mobility and the expansion of renewable energy systems. They offer low weight combined with high strength and make a significant contribution to CO₂ reduction. However, their sustainability is still in its infancy: due to the lack of suitable recycling technologies, production waste from PP-based organosheets and tapes made from unidirectionally arranged glass fibres (UD tapes) is predominantly incinerated.

The **research project LightCycle** directly addresses this challenge by advancing injection moulding compounding to a new technological level: energy-efficient, circular, and data-driven. Recyclates from rPP as well as shredded organosheet and UD tape waste are purposefully used to replace virgin materials. A novel melt storage concept, accompanied by inline measurement technologies – including ultrasonic sensors for real-time glass fibre content measurement, rheometry for viscosity control, and energy monitoring via measurement clamps for life cycle analysis demonstrates that high-quality upcycling is feasible and can significantly reduce CO₂ emissions.

In addition, a process-oriented workflow for material analysis, a targeted formulation methodology, and the integration of machine learning and FDC enable an in-depth analysis of the interactions between process and material parameters. The project has already resulted in ten publications in scientific journals and conference proceedings, highlighting the innovative and research-intensive nature of LightCycle. The outcome: a forward-looking contribution to closing material loops through intelligent and sustainable upcycling. ▲



at a glance & contact

Project title: LightCycle - Upcycling von Regeneraten und Verspritzung zu Qualitätsleichtbauteilen durch einen neuen technologischen Ansatz
Funding: FFG Kreislaufwirtschaft 2021

Partners: ENGEL Austria GmbH, Gabriel Chemie GmbH, Leistritz Extrusionstechnik GmbH, Johannes Kepler Universität Linz - JKU Linz Institute of Technology - LIT Factory, MUL-KV / VV / WPK



Dipl.-Ing. (FH) Nina Krempf
nina.krempf@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3521



Ulrike Kirschnick, MEng. MSc
ulrike.kirschnick@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2703

Hanffaserverstärkte Composites für den Gebäudebau

Hemp fibre-reinforced composites in building construction

Durch ihre hervorragende Kombination aus hohem mechanischen Eigenschaftsniveau, geringem Gewicht und Nachhaltigkeit gewinnen hanffaserverstärkte Verbundwerkstoffe unter anderem auch im Baubereich zunehmend an Bedeutung. Insbesondere für Fassadenelemente (s. Fig. 1) ist das thermische Isolationsverhalten dieser Werkstoffe ein weiteres wichtiges Eigen-schaftsmerkmal für den energieeffizienten Gebäudebau. Gerade für Außenanwendungen sind jedoch die hohen mechanischen Anforderungen der lasttragenden Teile in Verbindung mit wechselnden Umgebungsbedingungen eine besondere Herausforderung.

Den Ausgangspunkt der Forschungsarbeit bildet zunächst die anwendungsspezifische Entwicklung geeigneter Hanffaserverbundwerkstoffe mit einer effektiven Funktionalisierung des Fasermaterials vor allem hinsichtlich Feuchteresistenz und Brandverhalten. Die Definition und Optimierung geeigneter Verarbeitungsverfahren unter den engen wirtschaftlichen Randbedingungen für Baumaterialien bei gleichzeitig hoher Produktqualität ist ein weiterer zentraler Aufgabenbereich des Projekts. Die einzelnen Entwicklungsschritte von der systematischen Herstellung verschiedener Werkstoffvarianten bis zu konkreten Musterbauteilen werden mit passenden Prüfmethoden evaluiert. Hier spielt die anwendungsnahe Werkstoffcharakterisierung unter Berücksichtigung realer Einsatzbedingungen hinsichtlich mechanischer Langzeitlasten bei unterschiedlichen Temperaturen und Feuchtebedingungen eine entscheidende Rolle (s. Fig. 2). Die gewonnenen Werkstoffstruktur-Eigenschaftsbeziehungen bilden in weiterer Folge die Basis für eine

effiziente Weiterentwicklung und Eigenschaftsoptimierung der entsprechenden Strukturbauteile.

Thanks to their outstanding combination of high mechanical properties, low weight and sustainability, hemp fibre-reinforced composites

decisive role here, taking into account real operating conditions with regard to long-term mechanical loads at different temperatures and humidity conditions (see Fig. 2). The material structure-property relationships obtained subsequently form the basis for the efficient further development and property optimisation of the corresponding structural components. ▲



Fig. 1 left: Current fixture system for facade elements

Fig. 2 right: Test equipment for mechanical material characterisation under real operating conditions (mechanical loads, temperature and humidity ranges)



are becoming increasingly important in the construction industry, among other areas. The thermal insulation properties of these materials are another important feature for energy-efficient building construction, particularly for façade elements (see Fig. 1). However, the high mechanical requirements of load-bearing parts in combination with changing environmental conditions pose a particular challenge, especially for outdoor applications.

The starting point for the research work is the application-specific development of suitable hemp fibre composites with effective functionalisation of the fibre material, particularly with regard to moisture resistance and fire behaviour. The definition and optimisation of suitable processing methods under the strict economic constraints for building materials while maintaining high product quality is another central task of the project. The individual development steps, from the systematic production of different material variants to concrete sample components, are evaluated using appropriate test methods. Application-oriented material characterisation plays a

at a glance & contact

Project title: HempFibEx – Optimization of hemp fibre reinforced polymers for external applications

Funding: BRIDGE research programme of FFG

Partners: Hilti Austria Industrie GmbH, Kompetenzzentrum Holz GmbH (WOOD Kplus), MUL-VV, MUL-WPK, University of Innsbruck (Department of Structural Engineering and Material Sciences)



Dipl.-Ing. Dr. Gerald Pilz
gerald.pilz@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2109



assoz. Prof. Dr. Ewald Fauster
ewald.fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2708

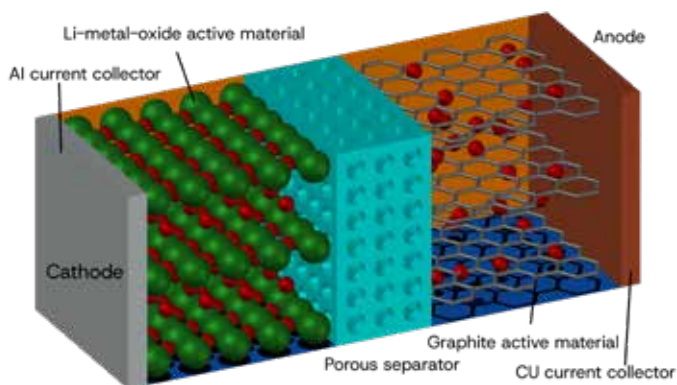
Thermo-mechanische Charakterisierung von Li-Ionen Batterien

Thermo-mechanical characterisation of Li-ion batteries

Wie verhält sich eine Li-Ionen-Batterie bei schlagartiger Belastung? Wie verändert sich eine Batterie mit der Zeit? Diese und ähnliche Fragestellungen treten insbesondere im Umfeld der Elektromobilität immer häufiger auf. Um diese Fragen zu beantworten, plant das BattLab-Modul unter der Leitung des PCCL die Entwicklung eines modellbasierten Entwicklungstools zur Optimierung künftiger Batteriedesigns.

zept für alle Komponenten nahezu unmöglich machen. Von Kunststoff als Separatorfolie über Metall in den Stromkollektoren und im Gehäuse bis hin zu Beschichtungsmaterialien aus Metalloxiden und Grafit ist in einer Zelle nahezu jede Materialklasse vertreten.

Schematischer Aufbau einer Li-Ionen Zelle.
Schematic structure of a Li-ion battery.



Doch um ein solches Werkzeug entwickeln zu können, ist die genaue Kenntnis der thermomechanischen Eigenschaften der Einzelkomponenten unerlässlich. Dazu werden zunächst die Prozesse der Probenvorbereitung – wie das Öffnen der Batterie unter Schutzgasatmosphäre, das Auswaschen des Elektrolyten sowie die Herstellung der Prüfkörper – optimiert. Anschließend werden die einzelnen Zellkomponenten – Anode, Kathode sowie der Separator – einerseits mittels klassischer mechanischer Prüfmethoden, andererseits durch Sonderaufbauten wie einen Kompressionsprüfstand oder Durchstoßversuche charakterisiert. Herausfordernd ist dabei nicht nur die sensible Natur der dünnen Elektrodenfolien, sondern auch die unterschiedlichen Materialkombinationen, die ein einheitliches Prüfkon-

How does a Li-ion battery behave under impact exposure? How does a battery age over time? These and similar questions are arising more and more frequently, particularly in the field of electromobility. To answer these questions, the BattLab module under the leadership of the PCCL is planning to develop a model-based development tool to optimise future battery designs.

However, in order to develop such a tool, precise knowledge of the thermomechanical properties of the individual components is essential. To this end, the sample preparation processes – such as opening the battery in an inert gas atmosphere, washing out the electrolyte and producing the test specimens – are first optimised. The individual cell components – anode, cathode and

separator – are then characterised using both conventional mechanical testing methods and special set-ups such as a compression test stand or puncture tests. The challenge here is not only the sensitive nature of the thin electrode foils, but also the different material combinations, which make a standardised test concept for all components practically impossible. Almost every class of material is represented in a cell, from plastic as a separator foil to metal in the current collectors and in the housing and coating materials made of metal oxides and graphite.

In close cooperation with the project partners, a comprehensive simulation model – from the cell level to the complete battery stack – is to be created using the obtained raw data. Subsequently, the developed model will be validated on artificially aged cells and used to optimise new prototypes. ▲

at a glance & contact

Project title: BattLab - High performance battery systems driven by polymer science and virtual material engineering (project no. 904924)

Funding: FFG COMET Module, BMIMI, BMWET, province of Styria, SFG

Partners: 4a engineering GmbH, AIT Austrian Institute of Technology GmbH, AVL List GmbH, Budapest University of Technology and Economics (Department of Inorganic and Analytical Chemistry), Fundación CIDETEC, hofer powertrain GmbH, Isovolta AG, MUL-TPT / WPK, PCCL, Virtual Vehicle Research GmbH



Dipl.-Ing. Matthias Pferschy
matthias.pferschy@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2130

Langzeitverhalten kurzfaserverstärkter Polymere

Long-term behaviour of short fibre reinforced polymers

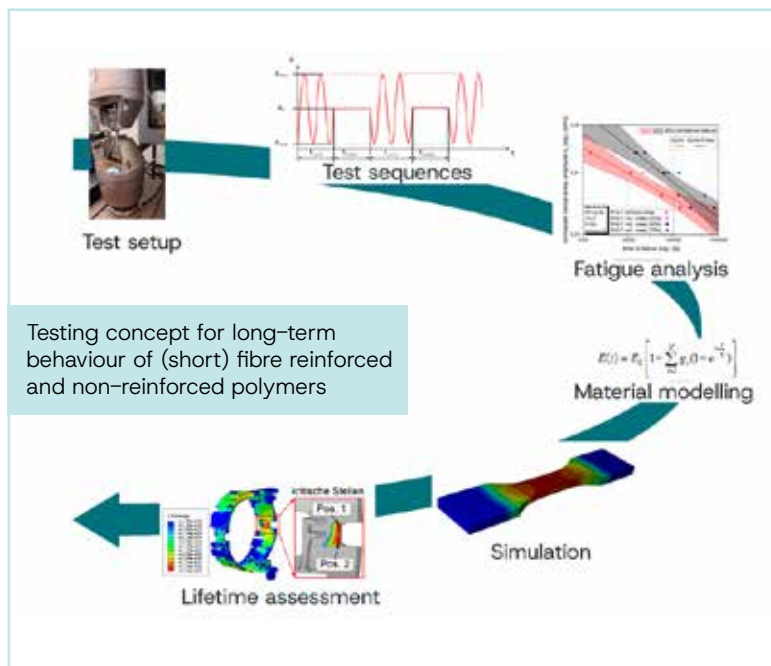
Laufend angepasste gesetzliche Auflagen hinsichtlich Treibhausgase, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit benötigen Lösungen um diesen gerecht zu werden. Speziell im Mobilitätssektor, aber auch bei der Energieerzeugung (bspw. Windkraft) ist Leichtbau ein zentrales Ziel. Dieses Ziel kann und wird erreicht durch den Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen aufgrund ihrer sehr guten Festigkeits-/Gewichtsbeziehung. Um dieses Potenzial optimal zu nutzen, müssen die Bauteile beanspruchungsgerecht auf eine zu erzielende Lebensdauer ausgelegt werden. Dabei müssen sowohl die vorhandene Belastungssituation als auch geometrisch kritische Punkte berücksichtigt werden. Darüber hinaus beeinflussen Umweltbedingungen wie Temperatur, Medien, Alterung usw. die resultierende Lebensdauer. Die Bewertung von fertigungsbedingten Einflussgrößen wie Faserorientierung oder Bindenähte spielt hier ebenfalls eine entscheidende Rolle.

Die **Forschungsgruppe Betriebsfestigkeit-Kunststoffe** beschäftigt sich mit der Erprobung von faserverstärkten, aber auch unverstärkten Kunststoffen hinsichtlich Ermüdung. Die daraus resultierenden Erkenntnisse dienen als Basis für Modellableitungen bzw. Parameter für die Lebensdauervorhersage unter bestimmten Einflüssen. Zusätzlich wird die Belastungshistorie eines Bauteils (unterschiedliche Frequenzen, statische Lasten zwischen den zyklischen) und dessen Auswirkung auf die resultierenden Wöhlerlinien versuchs-technisch erfasst. Ziel ist es, basierend auf wenigen Materialdaten, die

Lebensdauer von Komponenten aus unverstärkten als auch (kurz-) faserverstärkten Thermoplasten sowie endlosfaserverstärkten Polymeren zuverlässig vorherzusagen.

The **research group fatigue strength of plastics** is concerned with the testing of fibre-reinforced but also non-reinforced plastics with regard to fatigue. The resulting findings serve as a basis for model derivations and parameters for predic-

ting the service life under certain influences. In addition, the load history of a component (different frequencies, static loads between the cyclical ones) and its effect on the resulting Wöhler lines are recorded by means of experiments. The aim is to reliably predict the fatigue life of components made of non-reinforced and (short-) fibre-reinforced thermoplastics as well as continuous fibre-reinforced polymers based on a small amount of material data. ▲



Constantly changing legal requirements regarding greenhouse gases, energy efficiency and sustainability require solutions to meet them. Lightweight construction is a central goal, especially in the mobility sector, but also in energy generation (e.g. wind power). This can and will be achieved by using fibre-reinforced plastics due to their very good strength-to-weight ratio. To make optimal use of this potential, the components must be designed to meet the required service life. In doing so, both the existing load situation and geometrically critical points must be taken into account. In addition, environmental conditions such as temperature, media, aging, etc. influence the resulting service life. The evaluation of manufacturing-related influencing variables such as fibre orientation or weld lines also plays a decisive role here.

at a glance & contact

Funding: COMET program (funding number 879785) BMIMI, BMWET, Austrian federal government, Provinces of Styria, Lower Austria and Upper Austria

Partners: various partners from industry and academia



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
gerald.pinter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2101

Transport von gasförmigem Wasserstoff in Polyethylen Rohren Transport of gaseous hydrogen in polyethylene pipes

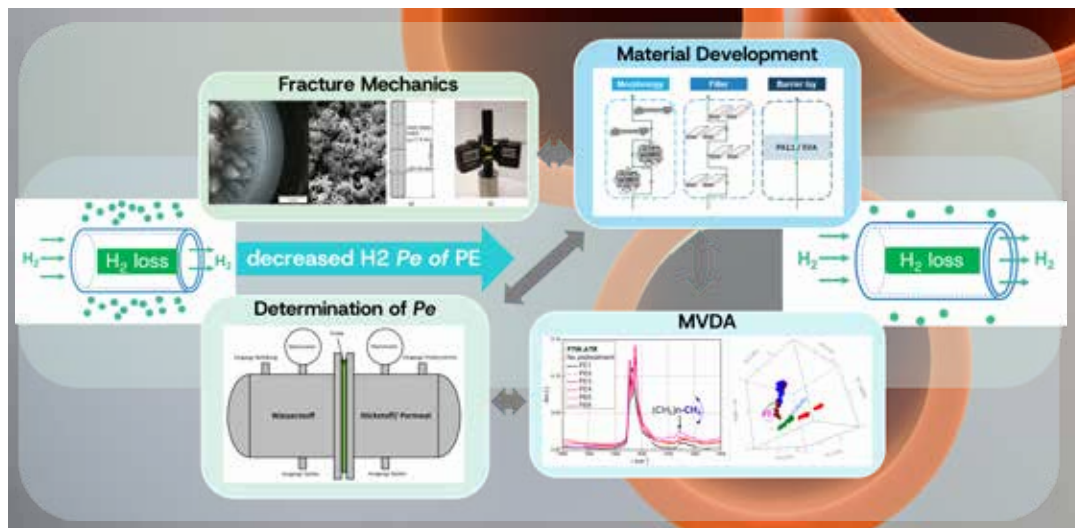
Eine Möglichkeit zur Speicherung und Transport von gasförmigem Wasserstoff (H_2) besteht in der Einspeisung in bestehende Gasnetze, die überwiegend aus Polyethylen (PE)-Rohren bestehen. Für eine großflächige Nutzung dieser Infrastruktur stellen sich jedoch die zentralen Fragen: Welche Auswirkungen hat der Transport von H_2 auf die PE-Rohrmaterialien und kann die Permeation verringert werden? Aus diesen Fragestellungen leiten sich die Ziele des Projekts H_2 toPipes ab: Zum einen soll die Wirkung von transportiertem H_2 auf die Gesamtlebensdauer bestehender Rohrleitungssysteme analysiert werden. Zum anderen sollen neue polymerbasierte Rohrmaterialien entwickelt werden, die eine reduzierte Permeabilität aufweisen, um die Effizienz der Transportsysteme nachhaltig zu steigern.

sodass die Durchlässigkeit für H_2 bei gleichbleibender Lebensdauer des Materials verringert wird.

One option for storing and transporting gaseous hydrogen (H_2) is to feed it into existing gas networks, which are mainly made of polyethylene (PE) pipes. However, the central questions for a large-scale use of this infrastructure are: What effects does the transport of H_2 have on the PE

jects of the partner DBI, which have already been operated with pure H_2 for several years, serve as the basis.

At the same time, the partners are working on optimizing the permeation properties of PE. The main aim is to change the inner structure of the material – either through process adjustments or the use of reinforcing materials – in such a way that the permeability of the material is improved. ▲



Zur Bewertung des potenziellen Einflusses auf die Lebensdauer werden Rohre mittels bruchmechanischer Verfahren, insbesondere der „Cracked Round Bar“ (CRB)-Prüfung, untersucht. Dabei wird geprüft, wie sich die Eigenschaften der Rohre verändern, nachdem sie über längere Zeiträume mit gasförmigem Wasserstoff in Kontakt waren. Als Grundlage dienen Rohre aus früheren Projekten des Partners DBI, die bereits seit mehreren Jahren mit reinem H_2 betrieben werden.

Gleichzeitig arbeiten die Partner an der Optimierung der Permeationseigenschaften von PE. Das Hauptziel ist es, die innere Struktur des Materials so zu verändern – entweder durch Prozessanpassungen oder den Einsatz von Verstärkungstoffen –,

pipe materials and can permeation be reduced? The objectives of the H_2 toPipes project are derived from these questions: On the one hand, the effect of transported H_2 on the overall service life of existing pipeline systems is to be analysed. On the other hand, new polymer-based pipe materials with reduced permeability are to be developed in order to sustainably increase the efficiency of the transport systems.

To evaluate the potential influence on service life, pipes are examined using fracture mechanics methods, in particular the “cracked round bar” (CRB) test. This involves testing how the properties of the pipes change after they have been in contact with gaseous hydrogen for long periods of time. Pipes from previous pro-

at a glance & contact

Project title: H_2 toPipe - Neuartige Materialien für den effizienten Transport von grünem Wasserstoff im österreichischen Gasnetz

Funding: FFG, 8. Energieforschung

Partners: agru Kunststofftechnik GmbH, Borealis AG, Pipelife Austria GmbH, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, MUL-WPK, Österreichische Vereinigung für Gas und Wasser, PCCL



Priv.-Doz. Dr. Florian Arbeiter
florian.arbeiter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2122

Langzeitverhalten von Polypropylen-Rohrwerkstoffen

Long-term performance of polypropylene pipe-grade materials

Das Langzeitverhalten von Polypropylen (PP) für Rohre hängt in hohem Maße von der Beschaffenheit des Grundmaterials ab. Der Typ des verwendeten PP, die Molekulargewichtsverteilung (MWD) und auch die morphologischen Merkmale wie der Kristallinitätsgrad sowie die Art und Größe der kristallinen Bereiche beeinflussen die Eigenschaften stark.

Um die endgültigen Langzeiteigenschaften von PP besser zu verstehen, werden verschiedene PP-Basistypen wie PP-Homo-Polymere (PP-H), heterophasische (PP-B) und zufällig verteilte (PP-R) PP-Copolymere sowie verschiedene MWDs und Kristallinitätsgrade untersucht. Die mechanischen Langzeiteigenschaften werden mit Hilfe von beschleunigten bruchmechanischen Versuchen, wie dem zyklischen Cracked Round Bar (CRB)-Test, bewertet. Diese Prüfmethode, die für Polyethylen-Rohrwerkstoffe entwickelt wurde, muss an die Eigenschaften des neuen Werkstoffs angepasst werden. Anschließend kann damit die Widerstandsfähigkeit der Werkstoffe gegen die Entstehung und Ausbreitung von Rissen und Schäden bestimmt werden.

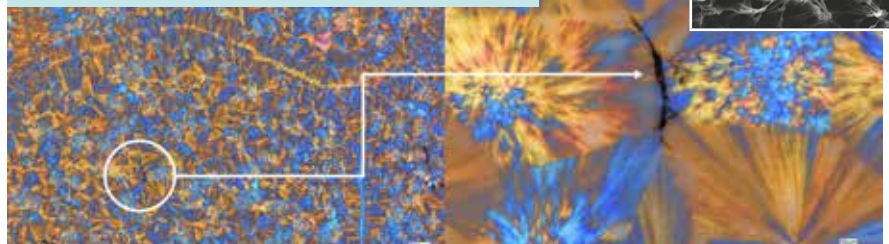
Die Untersuchung der Basismorphologie kann mit Hilfe der polarisierten Lichtmikroskopie durchgeführt werden. Wenn Untersuchungen an vorgeschädigtem Material durchgeführt werden, können erste Eindrücke über den Beginn der Schädigung gewonnen werden. Um einen tieferen Einblick in die Schadensentstehung und Rissausbreitung zu erhalten, kann die Rasterelektronenmikroskopie an Bruchflächen von geprüften Proben eingesetzt werden. Insbesondere die Bildung plastischer Verformungsmechanismen wie Craze-Fibrillierung und Scherzonen können ein deutlicheres Bild davon vermitteln, wie die Materialbeschaffenheit die endgültigen mechanischen Eigenschaften beeinflusst.

The long-term performance of polypropylene (PP) pipe-grade materials heavily depends on the material's innate constitution, such as the base type of the used PP grade, the molecular weight distribution (MWD), and also its final morphological features, such as the degree of crystallinity, as well as the type and size of the crystalline domains.

To better understand the final long-term properties of PP, different base

can be collected. To gain a deeper insight into the damage initiation and crack propagation, scanning electron microscopy on fracture surfaces of tested specimen can be used. Especially the formation of plastic deformation mechanisms, such as crazes and shear-yielding can give a clearer image on how the material constitution influences the final performance. ▲

Microscopical view of a PP using light microscopy (l., m.) and scanning electron microscopy (r.)



types of PP, such as PP-homo polymers (PP-H), heterophasic (PP-B) and randomly distributed (PP-R) copolymer PPs, as well as different MWDs, types and degrees of crystallinity are investigated.

Mechanical long-term performance is evaluated via accelerated fracture mechanical testing methods, such as the cyclic Cracked Round Bar (CRB) test. This test methodology, well known for polyethylene pipe grade materials, has to be adopted to fit to the new material's features. Subsequently, it can be used to determine the materials resistance against crack and damage initiation and propagation.

The morphological features and types of damage initiation and propagation can be further explored by combining these fracture-mechanical tests with microscopical methods. The examination of the base morphology can be performed via light microscopy using polarized light. When performed on pre-damaged material, first impressions on damage onset

at a glance & contact

Project title: CD-Laboratory - Impact of recycled materials on the mechanical lifetime estimation of polymers

Funding: CDG, BMAW

Partners: Borealis AG, Pipelife Austria GmbH, Poloplast GmbH, MUL-WPK



Dipl.-Ing. Carina Maurer

carina.maurer@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2112



Priv.-Doz. Dr. Florian Arbeiter

florian.arbeiter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2122

Lebensdauerprüfung druckloser Rohre mit Rezyklatanteil

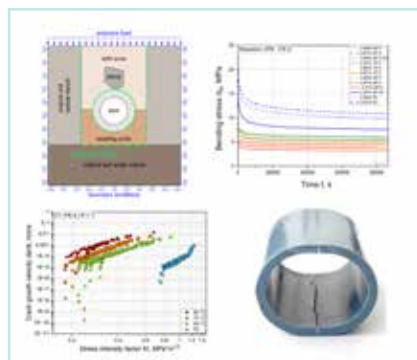
Lifetime tests of unpressurised pipes with recycled content

Drucklose Polymerrohre finden Anwendung in Abwasser- und Entwässerungssystemen und sind damit entscheidend für die kommunale Infrastruktur. Angesichts des zunehmenden Fokus auf Umweltschutz, Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung nimmt die Verwendung rezyklierter Materialien auch in diesem Bereich zu. Während Polymerrohre aus Neuware die Anforderungen an die Belastungen mühelos erfüllen und Lebensdauern von mehr als 50 Jahren leicht erreicht werden, muss die Verwendung von rezyklierten Materialien noch im Detail validiert werden.

mentelle Tests kombiniert. Zunächst wird der Belastungs- bzw. Deformationszustand vergrabener druckloser Rohre mittels Finite-Elemente-Analyse (FEA) beschrieben. Mithilfe von Tests wie dem modifizierten Janson-Test und 3-Punkt-Biegeversuchen (3PB) werden entscheidende Materialeigenschaften wie Versagenszeiten und Relaxationsmoduli ermittelt. Auf Basis der Ergebnisse wird ein bruchmechanisches Modell zur Beschreibung des Risswachstums in drucklosen Rohren entwickelt und experimentell mithilfe des Janson Tests validiert.

mance is limited. A promising method to simulate the primary stress caused by the surrounding soil are stress relaxation methods, such as the Janson test. However, due to the high material consumption and long testing times, this method has not yet gained wide acceptance.

A new method is being developed for faster lifetime estimation of unpressurised pipes, combining numerical analysis and experimental tests. First, the load and deformation state of buried unpressurised pipes is described using finite element analysis (FEA). Key material properties such as failure times and relaxation moduli are determined using modified Janson and 3-point bending tests (3PB). Based on these results, a fracture-mechanical model to describe crack growth in unpressurised pipes is developed and experimentally validated using the Janson test. ▲



Combination of numeric and experimental analytical methods.

Gängige Prüfmethode zur Lebensdauerabschätzung druckloser Polymerrohre spiegeln nicht die realen Belastungsbedingungen wider. Wegen der Langlebigkeit neuwertiger Polymerrohrsysteme ist das Wissen über deren Langzeitperformance begrenzt. Eine vielversprechende Methode zur Simulation der Hauptbelastung durch umgebendes Erdreich sind Spannungsrelaxationsmethoden, wie der Janson-Versuch, welcher aufgrund des hohen Materialverbrauchs und der langen Prüfzeiten bisher keine breite Akzeptanz gefunden hat.

Zur schnelleren Lebensdauerermittlung von drucklosen Rohren wird eine neue Methode entwickelt, die numerische Analysen und experi-

Unpressurised polymer pipes are crucial for municipal infrastructure and are used in wastewater and drainage systems. Given the increasing focus on environmental protection, sustainability, and resource conservation, the use of recycled materials in the polymer pipe industry is on the rise. While virgin polymer pipes easily meet the requirements of the stresses they face and typically achieve lifetimes of over 50 years, the use of recycled materials still has to be validated in detail.

Common testing methods for lifetime estimation of unpressurised polymer pipes do not reflect real-world stress conditions. Due to the longevity of virgin polymer pipe systems, knowledge about their long-term perfor-

at a glance & contact

Project title: CD-Laboratory - Impact of recycled materials on the mechanical lifetime estimation of polymers

Funding: CDG, BMAW

Partners: Borealis AG, Pipelife Austria GmbH, Poloplast GmbH



Dipl.-Ing. Daniel Zach

daniel.zach@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2129



Priv.-Doz. Dr. Florian Arbeiter

florian.arbeiter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2122

Modifizierte Kohlenstofffilze für effiziente Redox-Flow-Batterien

Modified carbon felts for efficient redox flow batteries

Elektrizität ist zentral für die moderne Gesellschaft, mit einer erwarteten Verdopplung der Nachfrage bis 2050. Erneuerbare Energien wie Sonne, Wind und Wasser gewinnen an Bedeutung, erfordern jedoch effiziente Speicherlösungen. Redox-Flow-Batterien (RFBs) gelten als vielversprechend, da sie skalierbar, sicher und langlebig sind. Besonders organische RFBs, die auf kostengünstige Materialien setzen, bieten nachhaltige Alternativen. Im **VanillaFlow-Projekt** entwickelt der Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe Elektroden für Vanillin-basierte RFBs, die herkömmliche Vanadium-Elektrolyte durch nachhaltige Vanillin-Derivate ersetzen.

Im Projekt wird untersucht, wie sich Plasmabehandlungen mit Sauerstoff- und Stickstoffgasen auf die Benetzbarkeit und elektrochemische Aktivität von Kohlenstofffilz-Elektroden auswirken. Veränderungen der Oberflächenchemie und -morphologie werden per XPS und FESEM analysiert, die spezifische Oberfläche mittels BET-Messungen bewertet. Polarisationsexperimente zeigen die elektrochemische Leistung in organischen RFBs. Zudem werden funktionelle Polymere wie Polydopamin und Polyanilin aufgetragen, um die Elektroden Eigenschaften weiter zu verbessern.

Plasmabehandlungen und funktionale Polymere verbessern durch O- und N-Gruppen die Hydrophilie von Kohlenstofffilzen – eine entscheidende Eigenschaft für Kohlenstoffelektroden. Eine präzise Kontrolle der Modifizierung ist nötig, da eine übermäßige Funktionalisierung die Leitfähigkeit und strukturelle Integrität der Elektroden beeinträchtigen, während die Effizienz der RFB unter optimierten Bedingungen bereits gesteigert werden konnte. Diese Ergebnisse verdeutlichen den Beitrag des Projekts zur Weiterentwicklung leistungsstarker RFBs und damit zur nachhaltigen Energiespeicherlösungen.

Electricity is central to modern society, with demand expected to double by 2050. Renewable energies such as solar, wind, and hydropower are crucial, but require efficient storage solutions. Redox flow batteries (RFBs) have emerged as a promising option due to their scalability, safety, long cycle life, and cost-effectiveness. Organic RFBs, which rely abundant and inexpensive active

excessive functionalisation can impair the conductivity and structural integrity of the electrodes, while the efficiency of the RFB has proved to increased under optimized conditions. These results highlight the contribution of the project to the further development of high-performance RFBs and thus to sustainable energy storage solutions. ▲



Effect of plasma treatment on surface chemistry of carbon material

materials, offer particularly sustainable alternatives. In the **VanillaFlow project**, the Institute of Chemistry of Polymeric Materials is developing electrodes for vanillin-based RFBs that replace conventional vanadium electrolytes with sustainable vanillin derivatives.

The project investigates how plasma treatments with oxygen and nitrogen gases affect the wettability and electrochemical activity of carbon felt electrodes. Changes in surface chemistry and morphology are analysed using XPS and FESEM, while the specific surface area is evaluated using BET measurements. Polarization experiments demonstrate the electrochemical performance in organic RFBs. In a second approach, functional polymers such as polydopamine and polyaniline are applied to further improve the electrode properties.

Plasma treatments and functional polymers improve the hydrophilicity of carbon felts through O and N groups – a crucial property for carbon electrodes. Precise control of the modification is necessary, as

at a glance & contact

Project title: VanillaFlow

Funding: This research has received funding from the European Innovation Council program under the grant agreement No 101115293.

Partners: Ecolyte GmbH



Dipl.-Ing. Dr. Christine Bandl

christine.bandl@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2306



Mag. Dott. Ahmad Alem

sayed.alem@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2373

smart polymers

Intelligente Materialien für die Zukunft

Der Forschungsbereich **smart polymers** bündelt die Entwicklung und Anwendung innovativer Polymerlösungen für zentrale Zukunftsfelder wie Energie, Mobilität, Raumfahrt und Medizin. Aufbauend auf bestehenden Projekten wird dieser Bereich ab 2025 deutlich intensiviert, um die Potenziale intelligenter Kunststoffe umfassend auszuschöpfen.

Ein Schwerpunkt liegt auf der Weiterentwicklung von Engineering-Polymeren, die gezielt für neue Anwendungsfelder optimiert werden. Dazu zählen Kunststoffe für Energy Storage, Wärmedämmung, Wärmespeicher und Batterietechnologien. Parallel dazu eröffnen sich neue Perspektiven im Bereich polymerbasierter Elektronik und Sensorik, die in Anwendungen von der Raumfahrt über die Medizintechnik bis hin zu Mobilitätslösungen zum Einsatz kommen können.

Für die Mobilität der Zukunft werden Leichtbau, integrierte Sensorik, sowie die Steigerung von Lebensdauer und Zuverlässigkeit in den Fokus gerückt. Ergänzend

spielen Printed Electronics und Additive Manufacturing eine zentrale Rolle: Durch die kombinierte Weiterentwicklung von Materialien und Verfahren entstehen flexible Plattformen für die Herstellung innovativer Bauteile und Systeme.

Mit diesem integrativen Ansatz schafft Smart Polymers die Basis für technologische Durchbrüche, die weit über einzelne Branchen hinausreichen – von der Energiewende über sichere und nachhaltige Mobilität bis hin zu medizinischen Anwendungen mit echtem Mehrwert für die Gesellschaft.

–

Intelligent materials for the future

The **smart polymers** research area brings together the development and application of innovative polymer solutions for key future fields such as energy, mobility, aerospace and medicine. Building on existing projects, this area will be significantly intensified from 2025 onwards in order to fully exploit the potential of intelligent polymers.

One focus is on the further development of engineering polymers, which are being optimised specifically for new fields of application. These include polymers for energy storage, thermal insulation, heat storage and battery technologies. At the same time, new perspectives are opening up in the field of polymer-based electronics and sensor technology, which can be used in applications ranging from aerospace and medical technology to mobility solutions.

For the mobility of the future, the focus is on lightweight construction, integrated sensor technology and increasing service life and reliability. In addition, printed electronics and additive manufacturing play a central role: the combined further development of materials and processes is creating flexible platforms for the manufacture of innovative components and systems.

With this integrative approach, Smart Polymers is laying the foundation for technological breakthroughs that extend far beyond individual industries – from the energy transition and safe, sustainable mobility to medical applications with real added value for society. ▲

Ultraleichte ballistische Schutzmodule aus Faserverbund

Ultralight ballistic protection modules from composites

Ballistische Schutzeinrichtungen militärischer Einheiten sollen einfach zu transportieren und rasch aufbaubar sein. Faserverstärkte Hochleistungsverbundkunststoffe sind für derartige Leichtbauanwendungen prädestiniert, wobei die erforderliche Durchschusssicherheit nur durch die Entwicklung geeigneter Werkstoff- und Bauteilstrukturen zu erreichen ist.

Verbindung mit kohlenstofffaserverstärktem Verbundwerkstoffen für die Trägerkonstruktion sowie die flexible Anbindung der Faserverbundlaminate mit gestrickten Netzen aus Polyamid. Das Bestehen der Beschusstests im Schießkanal (s. Fig. 1) bis zumindest 645 m/s bzw. 1660 J ohne Durchschuss zeigte schließlich auch die ausgezeichnete ballistische Schutzwirkung der entwickelten Demonstrator-Bauteile. Zudem konnte mit der Verwendung von Elastomer als Außenmembran eine Kontraktionswirkung im Bereich der Einschussöffnung und damit ein gewisser Selbstheilungseffekt erreicht werden. Die praktikable Handhabung der im abgespannten Zustand stapelbaren und durch eine Person einfach aufzuspannenden Module sowie die Möglichkeit zum flexiblen Aufbau größerer Schutzstrukturen (s. Fig 2) sind weitere Merkmale dieses erfolgreichen Konzepts.

component development. This ultimately made it possible to produce ultra-lightweight protective modules with a component weight of less than 3 kg and a clamping area of 100 x 60 cm. The key components of this concept are the use of effective reinforcement materials made of ultra-high molecular weight polyethylene fibres (UHMWPE) in combination with carbon fibre-reinforced composite materials for the support structure as well as the flexible connection of the reinforced laminates with knitted polyamide nets. Passing ballistic tests in the shooting channel (see Fig. 1) up to at least 645 m/s or 1660 J without bullet penetration also demonstrated the excellent ballistic protection of the developed demonstrator parts. In addition, the use of elastomer as the outer membrane enabled a contraction effect in the area of the bullet hole and thus a certain self-healing effect. Further features of this successful concept are the practical handling of the modules, which can be stacked when unassembled and easily assembled by one person, as well as the possibility of flexibly constructing larger protective structures (see Fig. 2). ▲



Fig. 1 above: Test arrangement for ballistic tests on component modules in the shooting channel
Fig. 2 left: Demonstrator modules as an assembled protective structure after shooting with 9 mm calibre (645 m/s and 1662 J)

Auf Basis einer anwendungsnahen Impactprüfung am Fallturm mit projektil-ähnlichem Stoßkörper wurden zunächst potenziell geeignete Verbundwerkstoffvarianten vorausgewählt. Die detaillierte Analyse der Versagensmechanismen mittels Hochgeschwindigkeitskamera und hochauflösender Datenaufnahme ermöglichte die weiterführende Werkstoff- und Bauteilentwicklung. Damit gelang es schließlich, ultraleichte Schutzmodule mit weniger als 3 kg Bauteilgewicht bei einer Aufspannfläche von 100 x 60 cm herzustellen. Schlüsselkomponenten dieses Werkstoffkonzepts sind einerseits effektive Verstärkungsmaterialien aus ultrahoch-molekularen Polyethylenfasern (UHMWPE) in

Ballistic protection systems for military units should be easy to transport and quick to assemble. Fibre-reinforced high-performance composites are predestined for such lightweight construction applications, whereby the required bullet resistance can only be achieved by developing suitable material and component structures.

Potentially suitable composite material variants were initially preselected on the basis of an application-related impact test on the drop tower with a projectile-like impact striker. The detailed analysis of the failure mechanisms using a high-speed camera and high-resolution data recording enabled further material and

at a glance & contact

Project title: HiProtect - Development of a novel lightweight material composite with ballistic and self-healing protective properties

Funding: FORTE defense research program of FFG

Partners: Carbon-Solutions Hintsteiner GmbH (Hintsteiner), Bundesministerium für Landesverteidigung (BMLV)



Dipl.-Ing. Dr. Gerald Pilz
gerald.pilz@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2109

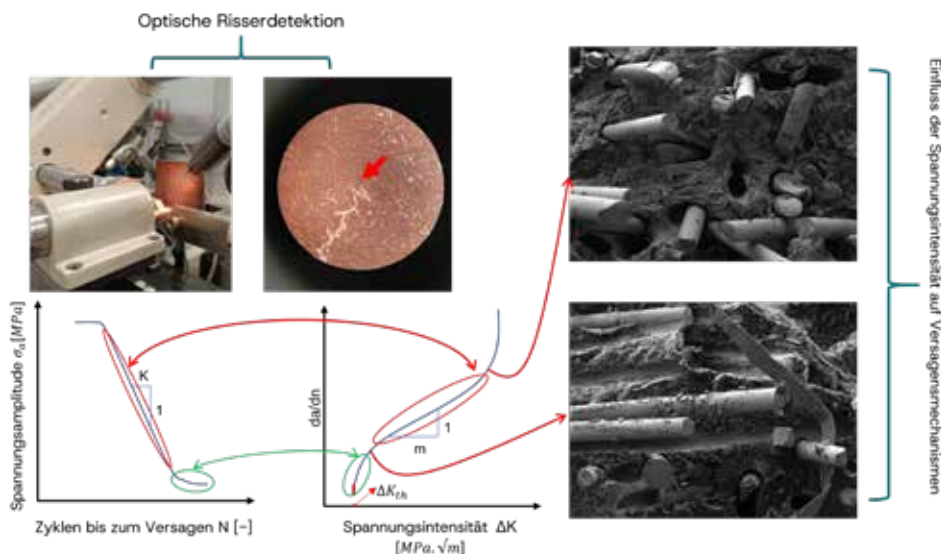
Lebensdauer nach Rissinitiierung langfaserverstärkter Polymeren

Service life after crack initiation in long fibre-reinforced polymers

Etwa 80 % aller Bauteile sind zyklischen Belastungen ausgesetzt. Ihre Lebensdauer hängt von Faktoren wie Belastungsamplitude und Belastungsart ab. Eine fundierte Kenntnis des Materialverhaltens unter zyklischen Beanspruchung ist essenziell, um sowohl die Sicherheit als auch die Nachhaltigkeit der Bauteilauslegung zu gewährleisten.

Wöhlerlinie aus bruchmechanischen Versuchen abzuleiten und so den experimentellen Aufwand erheblich zu reduzieren.

fracture mechanics in long fibre reinforced plastics using analytical methods and AI-based models. The goal is to derive a Wöhler curve from fracture mechanics tests, significantly reducing experimental effort. ▲



Übersicht über den Zusammenhang zwischen Bruchmechanik und Ermüdung. Overview of the relationship between fracture mechanics and fatigue.

schon Beanspruchung ist essenziell, um sowohl die Sicherheit als auch die Nachhaltigkeit der Bauteilauslegung zu gewährleisten.

Bruchmechanischer Ansatz

Wöhlerlinien sind ein bewährtes Werkzeug zur Optimierung der Bauteillebensdauer. Ihre Anwendung endet jedoch mit dem Auftreten eines technischen Anrisses, woraufhin die Bruchmechanik eingesetzt wird, um die Funktionsfähigkeit des Bauteils trotz des Anrisses zu sichern. Dies verlängert die Nutzungsdauer und reduziert den Materialverbrauch.

Verknüpfung von Ermüdungsverhalten und Bruchmechanik

Dieses Projekt untersucht die Verknüpfung von Ermüdungsverhalten und Bruchmechanik für langfaserverstärkte Kunststoffe mittels analytischer Methoden und KI-gestützter Modelle. Ziel ist es, eine

Around 80% of components are subjected to cyclic loading. Their service life depends on factors such as load amplitude and load type. A deep understanding of material behaviour under cyclic stress is essential to ensure both safety and sustainable material usage.

Fracture mechanics approach

Wöhler curves are a well-established tool for optimizing component design. However, their applicability ends when a technical crack occurs. At this stage, fracture mechanics takes over to maintain functionality despite the crack, thus extending the component's lifespan and reducing material consumption.

Bridging Fatigue and Fracture Mechanics

This project explores the relationship between fatigue behaviour and

at a glance & contact

Funding: FFG COMET-Modul REPAIRTECTURE, BMIMI, BMWET, Provinces of Styria and Upper Austria

Partners: Borealis AG, Brose Fahrzeugteile SE & Co KG, MUL-WPK, PCCL



Dipl.-Ing. Lis. Fogh-lis. Reza Afshamia
reza.afshamia@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2139



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
gerald.pinter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2101

Verbesserte CFK durch Nanopartikel & Dünnschichten

Enhanced CFRP via nanoparticles & thin films

Kohlenstofffaserverstärkte Polymere (CFK) werden aufgrund ihrer hohen spezifischen Festigkeit, Steifigkeit und Langzeitbeständigkeit häufig in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie sowie im Sportbereich eingesetzt. Neben der mechanischen Leistung gewinnen optische und ästhetische Eigenschaften zunehmend an Bedeutung, insbesondere bei sichtbaren oder designkritischen Bauteilen. Gleichzeitig ist die mechanische Stabilität unter langfristiger UV-Belastung essenziell.

Nanobeschichtungen zur Steuerung optischer Eigenschaften

Zur gezielten Anpassung der optischen Eigenschaften wurde ein innovativer Ansatz entwickelt, der auf nanopartikelbasierten Faserbeschichtungen beruht. Eine vielversprechende Methode ist die elektrophoretische Abscheidung (EPD), bei der Kohlenstofffasern in eine Nanopartikelsuspension eingebracht und einem elektrischen Feld ausgesetzt werden. Dies führt zu einer gezielten Ablagerung der Partikel auf der Faseroberfläche. Die Beschichtungsmorphologie wurde durch Variation von Prozessparametern wie Spannung und Abscheidungszeit gezielt beeinflusst und mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) charakterisiert. Alternativ wurde die physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) zur Erzeugung gleichmäßiger, dünner Schichten eingesetzt.

Anschließend wurden CFK-Lamine gefertigt und deren Oberflächenreflexion durch UV/VIS-Spektroskopie gemessen. Die Spektraldaten ermöglichten eine Bewertung und Optimierung der Verfahren zur Einstellung gezielter optischer Profile. Dieser Ansatz erlaubt eine funktionale und visuelle Aufwertung von

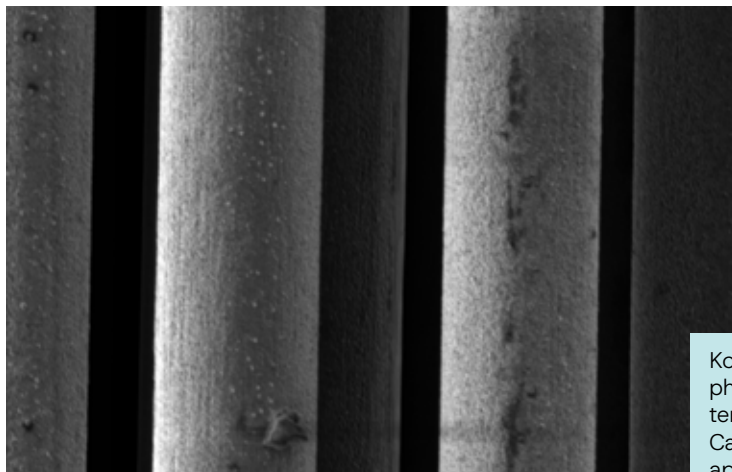
CFK, ohne deren mechanische Leistungsfähigkeit zu beeinträchtigen.

Carbon fibre reinforced polymers (CFRPs) are widely used in aerospace, automotive, and sports industries due to their high specific strength, stiffness, and durability. Beyond mechanical performance, optical and aesthetic properties are increasingly important, especially in exposed or design-critical components. At the same time, mechanical stability under long-term UV exposure remains essential.

Nanocoatings for controlling optical

vapour deposition (PVD) was employed to generate uniform thin films on the fibre substrates.

Following each surface modification process, CFRP laminates were fabricated, and their optical reflectivity was quantified through UV/Vis spectroscopy. The spectral data enabled a comparative evaluation of the coating methodologies and informed the optimization of the deposition parameters to achieve targeted optical profiles. This approach represents a promising avenue for the functional and visual enhancement of CFRP composites, ensuring the retention of their superior mechanical performance and long-term stability. ▲



Kohlenstofffaser mit per Gasphasenabscheidung applizierter Dünnschicht
Carbon fibre with thin film applied via physical vapor deposition (PVD)

properties

To address these multifaceted requirements, a novel strategy has been developed to modify the optical properties of CFRP surfaces via nanoparticle-based fibre coatings. One promising method is electrophoretic deposition (EPD), wherein carbon fibres are immersed in a nanoparticle suspension and subjected to an electric field. This induces a directed migration of the particles and their deposition on the fibre surface. The coating morphology and particle distribution were systematically varied by adjusting key process parameters, such as voltage and deposition time, and were characterized using scanning electron microscopy (SEM). As an alternative, physical

at a glance & contact

Projectname: HieraCoSurf

Funding: Montanuniversität Leoben

Partners: Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt - EMPA, MUL-WPK



Dipl.-Ing. Lukas Haiden

lukas.haiden@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2107

Spritzgießteile mit funktionalen Oberflächen

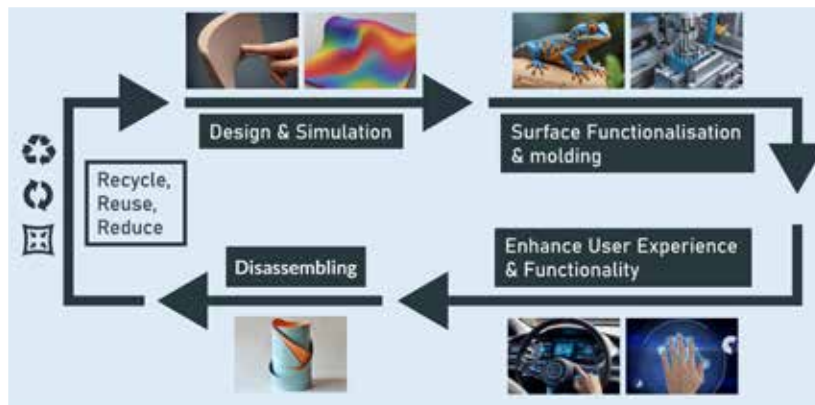
injection moulded parts with functional surfaces

Das Folienhinterspritzen ist ein Standardverfahren beim Spritzgießen, das die Herstellung von 3D-Formteilen mit nahtlos integrierter Grafik und großer Designfreiheit ermöglicht. Der gesamte Herstellungsprozess für In-Mould-Elektronik (IME) umfasst mehrere Teilprozesse, von denen die meisten eine hohe Ausbeute von ~ 99 % aufweisen. Die Ausbeute beim Umspritzen liegt jedoch bestenfalls bei 85 %. Da es sich bei den heutigen IME-Produkten um Multimaterial-Verbundwerkstoffe handelt, die schwer zu recyceln sind, erfüllen sie nicht die EU-Anforderungen an Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft. Die derzeit verwendeten kapazitiven Sensoren können mit kalten Fingern oder Handschuhen nicht verwendet werden und bieten keine haptische Rückmeldung. Außerdem erzeugt die direkte Beleuchtung durch LEDs in der Nähe der kapazitiven Sensoren Wärme im Inneren des Spritzgussteils, was zu einer geringen Haltbarkeit und einer schlechten Benutzererfahrung der Mensch-Maschine-Schnittstelle führt.

Um die Einschränkungen der derzeitigen IMEs zu überwinden, ist das Ziel des **MULTIMOLD-Projekts** die Entwicklung eines Herstellungsprozesses der nächsten Generation für Produkte mit komplexen Geometrien auf der Basis von IME mit einem robusten, witterungsbeständigen Materialkonzept, das eine inhärente Recyclingfähigkeit durch entsprechendes Design bietet, unterstützt durch LCA.

Drei Anwendungsfälle wurden aus anspruchsvollen Anwendungen ausgewählt, darunter industrielle Schalttafeln, Benutzerschnittstellen in der Automobilindustrie und Zustands-

überwachung von Windkraftanlagen. Die komplexen Produkte von MULTIMOLD werden fortschrittliche elektronische Funktionen, multimodale Sensoren, haptisches Feedback und Stromversorgung mit mikro- und nanostrukturierten funktionellen Oberflächen kombinieren, die lichtleitend, antibakteriell, vereisungshemmend, leicht zu reinigen und ansprechend strukturiert sein können.



MULTIMOLD project is to develop the next generation manufacturing process for products with complex geometries based on IME with a robust, weather-resistant material concept that provides inherent recyclability by design, supported by LCA.

Three use cases were selected from challenging applications including industrial control panels, automotive user interfaces and condition monitoring on wind turbines. The

MULTIMOLD complex products will combine advanced electronic functionality, multimodal sensors, haptic feedback, and power supply with micro- and nanostructured functional surfaces that may be light guiding, anti-bacterial, anti-icing, easy-to-clean and appealing textures. ▲

MULTIMOLD project concept

at a glance & contact

Project title: MULTIMOLD

Funding: HORIZON-CL4-2023-TWINTRANSITION-01-02

Highprecision OR complex product manufacturing

Partners: Joanneum Research (project coordination), Eologix Ping, Fraunhofer IVV, Fraunhofer IZM, HTP High Tech Plastics, imec - Interuniversity Microelectronics Centre, MUL-KV, Nanogate, R2M Solution, Standex Engraving Mold-Tech, Syxis



assoz. Prof. Dr. Thomas Lucyshyn

thomas.lucyshyn@unileoben.ac.at

+43 3842 402 3510

Film insert moulding is a standard process in injection moulding allowing to generate 3D shaped objects with seamlessly integrated graphics and high freedom in design. The entire manufacturing process for in-mould electronics (IME) includes several sub-processes, most of which have a high yield of ~ 99%. However, the yield for overmoulding is 85% at best. Since nowadays IME products are multi-material composites that are difficult to recycle, they do not meet the EU requirements of sustainability and circularity. The currently used capacitive sensors are not usable with cold fingers or gloves and do not provide haptic feedback. Moreover, the direct lighting by LEDs placed in the vicinity of capacitive sensors generates heat inside the injection moulded part, leading to low durability and bad user experience in the Human Machine Interface.

To overcome the limitations of current IMEs the objective of the

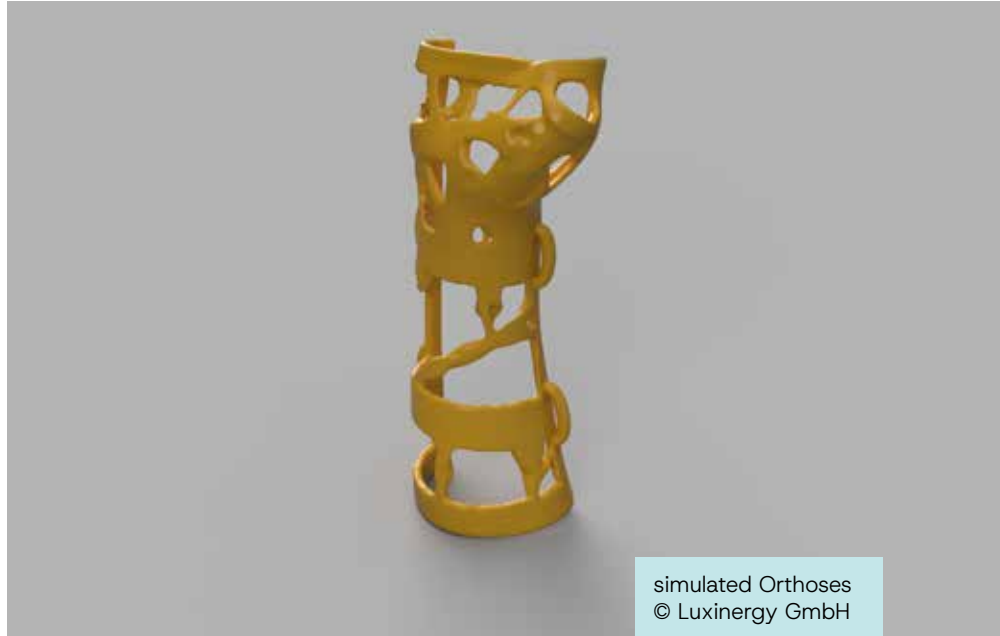
Innovation der additiven Fertigung von Orthesen

Innovation in additive manufacturing of orthoses

Im Rahmen **Projekt 3DFit4Wear** werden personalisierte, kostengünstige und recycelbare Orthesen mit verbessertem Komfort und mechanischer Stabilität entwickelt. Bedeutende Fortschritte konnten dabei in den Bereichen Materialentwicklung, simulationsgestütztes Design und additive Fertigung erzielt werden.

Ein wichtiger Durchbruch war bspw. die Entwicklung eines neuartigen Thiol-En-Harzsystems, das eine präzise Polymerisationssteuerung durch Belichtung mit zwei Wellenlängen ermöglicht. Eine Wellenlänge wird zum Starten der Polymerisation verwendet, während die zweite die Polymerisation hemmt. Die mechanische Charakterisierung lieferte wichtige Daten für die Verfeinerung digitaler Materialmodelle und verbesserte die Simulationengenauigkeit. Die Optimierung des Orthesendesigns erfolgte anhand von 3D-Scandaten unter Verwendung einer Topologieoptimierung für mehrere Materialien, um die Passform und die biomechanische Funktion zu verbessern. Fehlende experimentelle Daten wurden durch Literaturrecherchen ergänzt. Ein funktionsfähiges 3D-Drucksystem mit Belichtung mit zwei Wellenlängen wurde erfolgreich entwickelt, wobei erste Tests die Machbarkeit bestätigten, jedoch weitere optische Verfeinerungen erforderlich sind.

3DFit4Wear leistet einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen, maßgeschneiderten Orthesenherstellung und hat das Potenzial, die orthopädische Technologie zu revolutionieren.



simulated Orthoses
© Luxinergy GmbH

the development of a novel thiol-ene resin system, enabling precise polymerization control via dual-wavelength light exposure. One wavelength is used to start polymerization while the second one inhibits polymerization. Mechanical characterization provided crucial data for refining digital material models, improving simulation accuracy. Orthosis design optimization utilized 3D scan data, implementing multi-material topology optimization to enhance fit and biomechanical function. Missing experimental data were supplemented through literature analysis. A functional 3D printing system with dual-wavelength exposure was successfully developed, with initial tests confirming feasibility, though further optical refinements are required.

- 3DFit4Wear contributes significantly to sustainable, customized orthosis production and has the potential to transform orthopaedic technology.▲

The **3DFit4Wear project** aims to develop personalized, cost-efficient, and recyclable orthoses with enhanced comfort, adaptability, and mechanical stability. Significant advancements have been made in material development, simulation-driven design, and additive manufacturing. A key breakthrough was

at a glance & contact

Project title: Neue Wege zur wirtschaftlichen Herstellung von adaptierbaren und wiederverwertbaren Orthesen über 3D Druck (3DFit4Wear)
Funding: FFG - Produktion der Zukunft
Partners: IN-VISION Technologies AG, Luxinergy GmbH, MUL – KC / WPK, PCCL



Dipl.-Ing. Rita Höller
rita.hoeller@unileoben.ac.at,
+43 3842 402 - 2367



Dr. Michael Feuchter
michael.feuchter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2110

Speicherung von Wasserstoff in Polymeren

Storage of hydrogen in polymers

Bei der Betrachtung alternativer Energieträger hat die Wasserstofftechnologie ein großes Zukunftspotenzial. Wasserstoff kann durch Elektrolyse aus Wasser oder durch Pyrolyse von natürlichem Methan gas hergestellt werden. Die große Herausforderung ist die Speicherung von Wasserstoff: Derzeit gibt es verschiedene Systeme zur Speicherung, dazu zählen z. B. die Druckgasspeicherung und die Flüssiggasspeicherung.

haben die Fähigkeit immer wieder reversibel hydriert oder dehydriert zu werden. Typische Beispiele sind Derivate von Carbazol und Dibenzyltoluol.

In dem am Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe verfolgten Ansatz werden spezielle Polymere als neuartige Festkörperspeichersysteme synthetisiert und getestet. Diese sicheren Speichersysteme eignen sich aufgrund der Einfachheit des technischen Equipments für den Automobilbereich, aber auch für die dezentrale Speicherung und Erzeugung elektrischer Energie.

When considering alternative energy carriers, hydrogen technology has a great potential for the future. Hydrogen can be produced by electrolysis of water or by pyrolysis of natural methane gas. A major challenge is the storage of hydrogen, and currently there exist various systems, such as compressed gas storage and liquefied gas storage.

Another method is based on chemical approach. The hydrogen produced, e.g., by methane pyrolysis or water electrolysis is not stored in pure form, but after a chemical reaction with another component. Metal hydrides are prominent examples for this technology. The advantage of such systems is that (apart from the chemical medium) no special equipment is required for the storage of the hydrogen and no uncontrolled release of hydrogen can occur due to the strong chemical bond.

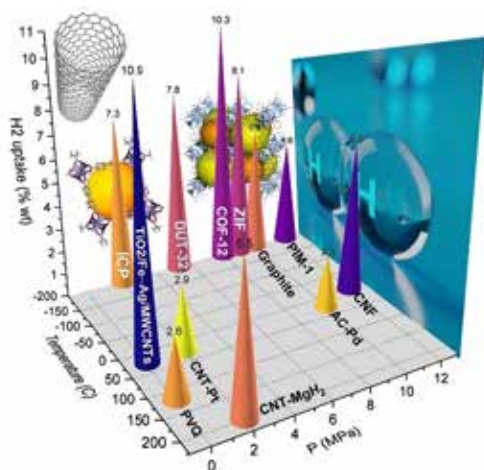
Also a large number of organic components react with hydrogen, but some requirements must be met before they can be used in storage systems. The substances must be stable at room temperature and can be reversibly hydrogenated or dehydrated again and again. Typical examples are derivatives of carbazole and dibenzyltoluene.

In the approach followed at the Institute of Chemistry of Polymeric Materials, special polymers are synthesized and tested as novel solid-state storage systems. These secure storage systems are suitable for the automotive sector, and also for decentralized storage and generation of electrical energy due to the simplicity of the equipment. ▲

M. Sharifian, W. Kern, G. Riess, A bird's-eye view on polymer-based hydrogen carriers for mobile applications, *Polymers*, 14 (2022), p. 4512, 10.3390/polym14214512

M. Sharifian, W. Kern, G. Riess, N. Kostoglou, Enhance hydrogen storage in lightweight solid-state systems based on Poly(vinyl naphthalene) *Int J Hydrogen Energy*, 87 (2024), pp. 713–721, 10.1016/j.ijhydene.2024.09.016

M. Sharifian, W. Kern, G. Riess, Innovative approaches to hydrogen storage in vinyl aromatic polymers, *Int J of Hydrogen Energy* 149 (2025), 149992, 10.1016/j.ijhydene.2025.06.182



Eine andere Methode basiert auf einem chemischen Ansatz. Der z. B. durch Methanpyrolyse oder Elektrolyse gewonnene Wasserstoff wird nicht in reiner Form gespeichert, sondern nach einer chemischen Reaktion mit einer anderen Komponente. Metallhydride sind prominente Beispiele für diese Technologie. Der Vorteil solcher Systeme besteht darin, dass (abgesehen vom chemischen Medium) keine speziellen Geräte zur Speicherung des Wasserstoffs benötigt werden und aufgrund der starken chemischen Bindung keine unkontrollierte Freisetzung von Wasserstoff erfolgen kann.

Auch eine Vielzahl organischer Komponenten reagiert mit Wasserstoff. Allerdings müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein, bevor sie in Speichersystemen eingesetzt werden können. Die Substanzen müssen bei Raumtemperatur stabil sein, und

at a glance & contact

Project title: Development of novel chemical storage systems for hydrogen based on polymers

Funding: Montanuniversität Leoben



Dr. Mohammad Sharifian, MSc

mohammadhossein.sharifian@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2305



Ass.-Prof. Dr. Gisbert Rieß

gisbert.riess@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2311

Reversibles Kleben von Polymerwerkstoffen

Reversible bonding of polymers

Am PCCL wird an neuen zuverlässigen Strukturklebstoffen geforscht, die durch eine gezielte Einwirkung äußerer Reize ihre Klebekraft verlieren. Reversible Klebstoffe leisten einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Kreislauffähigkeit von Verbundwerkstoffen, da sie neue Wege in der Reparatur, Instandhaltung und Aufbereitung verklebter Bauteile eröffnen.

zeugtechnik, Mikroelektronik oder Maschinenbau) und sind Wegbereiter für eine nachhaltigere Nutzung von verklebten Verbundmaterialien.

At the PCCL research is devoted to the development of reliable structural adhesives which lose their bond strength in response to external

Versatile applications

The new adhesives can be applied in a wide range of industrial fields (e.g., automotive, aircraft technology, microelectronics and mechanical engineering) and are paving the way for a more sustainable use of bonded composite materials. ▲



Abb. 1: Thermisch gesteuertes Trennen von Klebeverbindungen / Fig. 1: Thermally triggered debonding of adhesives

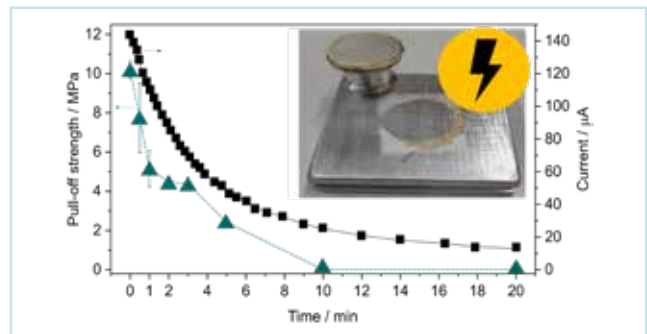


Abb. 2: Elektrisch gesteuertes Trennen von Klebeverbindungen / Fig. 2: Electrically triggered debonding of adhesives

Neue Klebeformulierungen

In Kooperation mit der Montanuniversität Leoben werden am PCCL neue Klebstoffe entwickelt, die unter Licht, Feuchtigkeit oder Temperatur aushärten. Sie zeichnen sich durch hohe Festigkeiten sowie eine hohe Temperatur- und Medienbeständigkeit aus. Die Klebekraft kann aber quasi „per Knopfdruck“ durch die Einwirkung eines einzigen Reizes (Abb. 1 und 2) gelöst werden. Die Abschwächung der Klebekraft erfolgt hierbei durch einen sogenannten chemischen Verstärkungsweg, bei dem mehrere Reaktionskaskaden gleichzeitig ablaufen und zu einer wirksamen Schwächung der Klebeverbindung führen.

Vielseitige Anwendungsgebiete

Die neuen Kleber können in unterschiedlichsten Industriefeldern eingesetzt werden (u. a. Automotive, Flug-

stimuli. Reversible adhesives make an important contribution to improving the circularity of composite materials, as they open up new ways for the repair, maintenance and reprocessing of adhesively-bonded composites.

New adhesives

In cooperation with Montanuniversität Leoben, PCCL's research focuses on the synthesis of adhesives, which cure in the presence of light, heat or moisture. They are characterized by high strength as well as high temperature and media resistance. However, the adhesive force can be weakened "on demand" by the effect of a single stimulus (Fig. 1 and 2). The adhesive strength is reduced by a so-called chemical amplification pathway, in which several reaction cascades take place simultaneously and lead to an effective debonding.

at a glance & contact

Funding: FFG COMET-Modul REPAIRTECH, BMIMI, BMWET, Provinces of Styria and Upper Austria
Partners: PCCL, MUL-KC



Dr. Markus Wolfahrt
markus.wolfahrt@pccl.at
+43 3842 42962 - 86



Priv.-Doz. Dr. Sandra Schlögl
sandra.schloegl@unileoben.ac.at
+43 3842 42962 - 0

Additive Fertigung von Aluminium mittels Material Extrusion

Additive manufacturing of aluminium using material extrusion

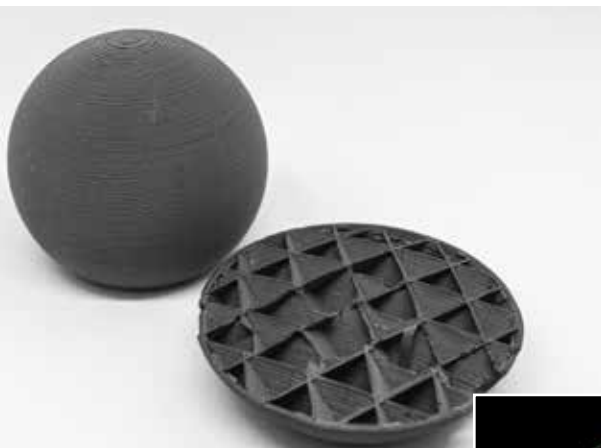
Über die letzten drei Jahre untersuchten wir gemeinsam mit dem IFAM in Dresden und RHP die Verarbeitung von Aluminiumpulver mittels der additiven Fertigungstechnologie Material Extrusion und dem anschließendem Sintern.

cher beim thermischen Entbindern die Gase leichter austreten lässt.

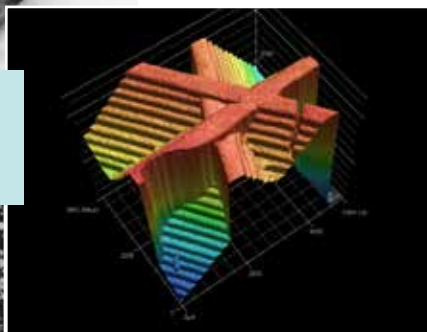
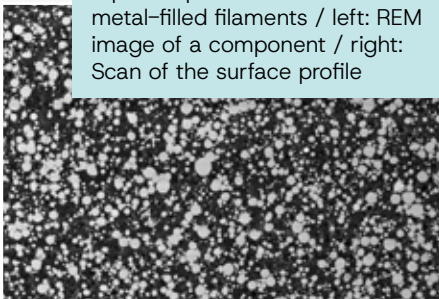
Die große Herausforderung war das Sintern, denn bei den niedrigen Temperaturen von Aluminium sind nicht alle Polymere thermisch komplett abgebaut. Dazu wurden in unterschiedlichen Atmosphären die Abbauprodukte des thermischen Entbinderns analysiert und daraus konnte auf verbesserte Entbinderungsbedingungen geschlossen werden. Im besten Fall konnten der Sauerstoff- und Kohlenstoffgehalt auf 0.1 % bzw. 0.24 % gesenkt

reactivity with carbon and oxygen. For this purpose, an aluminium alloy was initially selected, which we replaced with a more suitable one in the course of the project. This powder was incorporated into the newly formulated polymer matrix and these mixtures were formed into filaments. These were then used for the 3D printing tests. The manufactured parts are then treated in a solvent that removes part of the polymer matrix, creating a porous body that allows gases to escape more easily during thermal debinding.

The major challenge was sintering, as not all polymers are thermally degraded at the low temperatures involved in sintering aluminium. For this purpose, the degradation products of thermal debinding were analysed in different atmospheres and conclusions were drawn about improved thermal debinding conditions. In the best case, the oxygen and carbon content could be reduced to 0.1% and 0.24% respectively, which are just at the upper limit. Therefore, further research is needed after this project to make these materials fit for 3D printing by means of material extrusion. ▲



top: Components made from metal-filled filaments / left: REM image of a component / right: Scan of the surface profile



Die Herausforderungen, welche wir teilweise von Anfang an kannten, waren unter anderem die niedrige Sintertemperatur des Aluminiumpulvers und dessen Reaktivität mit Kohlenstoff und Sauerstoff. Als Ausgangsmaterial wurde eine Aluminiumlegierung gewählt, die wir im Zuge des Projektes durch ein besser sinterbares ausgetauscht haben. Diese Pulver wurden in eine neu formulierte Polymermischungen eingearbeitet und zu Filamenten umgeformt. Damit konnten dann die 3D-Druckversuche gestartet werden. Die gefertigten Teile wurden anschließend in einem Lösemittel behandelt, welches einen Teil der Polymermatrix entfernt und dadurch einen porösen Körper schafft, wel-

werden, was gerade an der oberen Grenze liegt. Daher muss auch nach diesem Projekt weiter daran geforscht werden, um diese Materialien für den 3D-Druck mittel Material Extrusion fit zu machen.

Over the last three years, together with the IFAM in Dresden and RHP near Vienna, we have investigated the processing of aluminium powder using the additive manufacturing technology material extrusion and the subsequent sintering to obtain dense parts.

The challenges, some of which we were aware of from the beginning, included the low sintering temperature of the aluminium powder and its

at a glance & contact

Project title: ALF3 - Additive Manufacturing of Aluminium by Means of Fused Filament Fabrication

Funding: FFG Produktion der Zukunft

Partners: Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials (IFAM), MUL-KV, RHP-Technology GmbH



Dipl.-Ing. Stephan Schuschnigg
stephan.schuschnigg@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3511

Charakterisierung des in-situ Effekts an Cross-Ply Laminaten

Characterising the in-situ effect on cross-ply laminates

Um abzuschätzen, ob eine Belastung zum Versagen eines Bauteils führt, ist die Definition von Versagenskriterien essenziell. Für faserverstärkte Kunststoff- (FVK) Lamine müssen aufgrund ihrer Anisotropie Versagenskriterien abhängig von der Belastungsrichtung relativ zur Faserorientierung definiert werden. Ein für FVK Lamine häufig verwendetes Versagenskriterium ist das Puck-Kriterium, das zwischen Faserbruch und Zwischenfaserbruch unterscheidet. Um die für die Definition des Kriteriums benötigten Festigkeitswerte zu bestimmen, sind neben Versuchen zur Bestimmung der Schubfestigkeit außerdem Versuche zur Bestimmung der Festigkeiten in und quer zur Faserrichtung notwendig. Diese werden typischerweise an unidirektionalen (UD) Laminat-Proben durchgeführt. Das so aufgestellte Versagenskriterium wird in weiterer Folge verwendet um das Versagen einer im Bauteil eingebetteten Einzelschicht zu beurteilen.

Neben der Belastungsrichtung relativ zur Faserorientierung, kann sich in multidirektionalen Laminaten auch der Lagenaufbau auf das Versagen auswirken. Genauer gesagt können Einzellagen, die in einem multidirektionalen Laminat eingebettet sind, eine höhere Festigkeit haben als dieselben Einzellagen in einem UD Laminat. Dieses Phänomen bezeichnet man als in-situ Effekt. In weiterer Folge wird die Festigkeit von eingebetteten Lagen als in-situ Festigkeit bezeichnet. Da in Bauteilen Einzellagen zumeist in einem multidirektionalen Lagenaufbau eingebettet sind, ist es essenziell typischerweise auf Tests an UD Laminat-Proben basierende Versagenskriterien dementsprechend zu adaptieren.

Im Rahmen des Projekts wurde der in-situ Effekt an Cross-Ply Laminaten mit einem $(0^\circ/90^\circ_n/0^\circ)$ Lagenaufbau untersucht. Um das Versagen der eingebetteten 90° Lagen, und somit ihre in-situ Festigkeit zu bestimmen, wurde unter anderem

die Schallemissions-Analyse (SE-Analyse) eingesetzt.

To assess whether a load will lead to the failure of a component, the definition of failure criteria is essential. For fiber reinforced polymer (FRP) laminates, failure criteria must be defined depending on the loading direction relative to the fiber orientation due to their anisotropy.

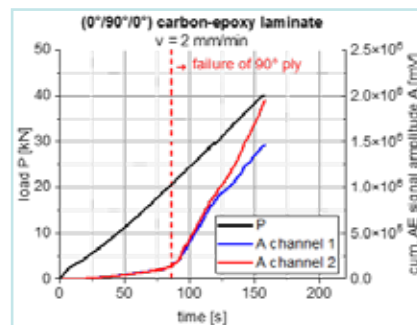


Abb. 1: Erhöhte SE-Aktivität bei Versagen der eingebetteten 90° Lage
Fig. 1: Increased AE activity at the point of failure of embedded 90° ply

A commonly used failure criterion for FRP laminates is the Puck criterion, which distinguishes between fiber and inter-fiber failure. In order to determine the strength values required for defining the criterion, tests to determine shear strength, as well as tests to determine the strengths in and transverse to the fiber direction, are necessary. The latter are typically carried out on unidirectional (UD) laminate specimens. The so obtained failure criterion is subsequently used to assess the failure of an individual ply embedded in a component.

In addition to the loading direction relative to the fibre orientation, the laminate layup may also affect failure in multidirectional laminates. Specifically, individual plies embedded in a multidirectional laminate may have a higher strength than the same plies in a UD laminate.

This phenomenon is referred to as the in-situ effect. Consequently, the strength of embedded plies is called in-situ strength. Since individual plies in components are usually embedded in a multidirectional layout, it is essential to adapt failure criteria, typically based on tests on UD laminate specimens, accordingly.

In this project, the in-situ effect was investigated on cross-ply laminates with a $(0^\circ/90^\circ_n/0^\circ)$ layout. To de-

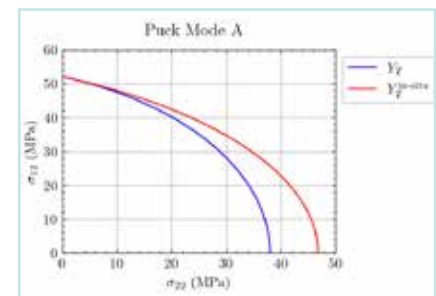


Abb. 1: Puck Mode A Versagenskurve mit und ohne Berücksichtigung des in-situ Effekts / Fig. 1: Puck Mode A failure envelope with and without considering the in-situ effect

termine the failure of the embedded 90° plies and thus their in-situ strength, methods such as acoustic emission analysis (AE analysis) were used. ▲

at a glance & contact

Projectname: Charakterisierung des in-situ Effekts an Cross-Ply Laminaten mittels optischer Rissdetektion und Schallemissionsanalyse

Funding: CU Austria

Partners: MUL-KKV / WPK



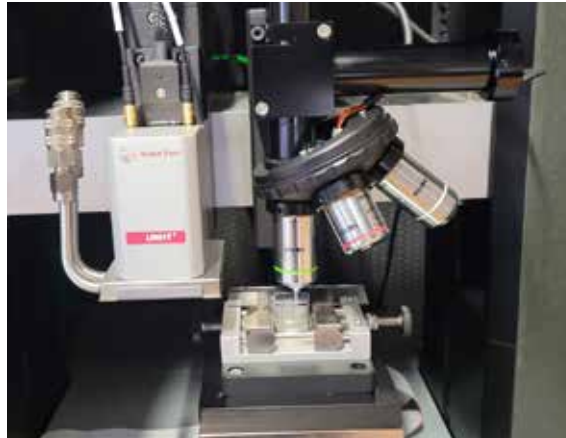
Dipl.-Ing. Maria Gferrer

maria.gferrer@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2128

Natürliche Feinde: Rauheit und Nanoindentation

Natural enemies: roughness and nanoindentation

Für die mechanische Charakterisierung moderner Verbundstoffe im mikroskopischen Bereich hat sich Nanoindentierung bereits mehrfach bewährt. Doch die Qualität der Messung hängt von vielen Parametern ab. Prüfparameter wie die Belastungsgeschwindigkeit, etwaige Haltezeiten oder der verwendete Eindringkörper selbst haben einen Einfluss auf die erhaltenen Resultate. Daher muss jede Messserie auf das Material optimiert werden. Unabhängig davon ist ein weiterer Parameter für alle Indentationsversuche von immenser Relevanz – die Oberflächenqualität.



Bei einer Eindringtiefe von wenigen μm sind auch kleinste Oberflächenunebenheiten problematisch. Daher ist für einen optimalen Eindruck, eine optimale Oberfläche wichtig. Dies bedeutet eine geringe Rauigkeit und eine genaue Ausrichtung der Oberfläche normal zur Indentationsrichtung. Doch nicht immer ist eine optimale Probenvorbereitung möglich. Dann kann, mit einer Erhöhung der Versuchszahl und ein Mitteln der Ergebnisse, zumindest eine gute Abschätzung gemacht werden.

Doch ab wann MUSS die Probenoberfläche überarbeitet werden? Wie stark verändert sich die Standardabweichung bei unterschiedlichen Rauigkeiten? Ist es möglich mit einer höheren maximalen Belastung, den Einfluss der Rauigkeit zu reduzieren? Inwieweit sind die Ergebnisse mit makroskopischen Methoden vergleichbar? All diese Fragen werden im aktuellen Projekt behandelt, um mehr Einsicht in die Prüfmethode und deren Grenzen zu erhalten.

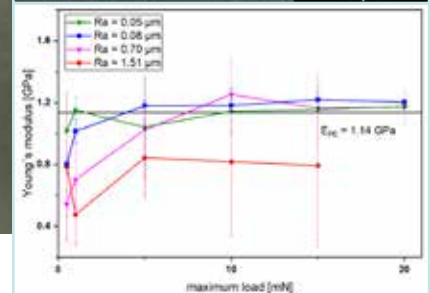
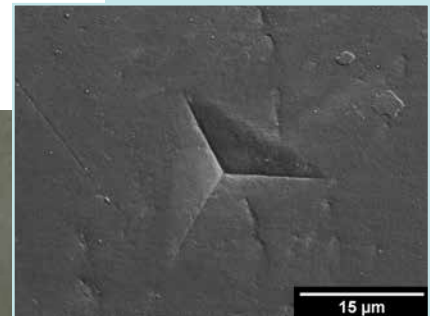
composites at the microscopic level. However, the quality of the measurement depends on many parameters. Whether it is the loading speeds, any hold times, or the indenter used, all of these factors influence the ob-

tained results. Therefore, these need to be optimized for each measurement series and material. However, one parameter is of immense relevance for all indentation tests – the surface quality.

At an indentation depth of a few μm , even the most minor surface irregularities are problematic. Thus, an optimal surface is crucial for an optimal indentation. This means low roughness and precise alignment of the surface normal to the indentation direction. However, optimal sample preparation is not always possible. In this case, by increasing the number of tests and averaging the results, at least a reasonable estimate can be made.

But at what point MUST the sample surface be reworked? How much does the standard deviation change with different roughness? Is it possible to reduce the influence of roughness by increasing the maximum load? To what extent are the results comparable with macroscopic methods? All these questions are examined in detail in the current project to gain a deeper understanding of the testing method and its limitations. ▲

Lasting impression of 10 mN maximum load indentation on $R_a = 0.05 \mu\text{m}$ surface.



Young's modulus obtained from measurements with varying maximum loads on different surface finishes

at a glance & contact

Funding: FFG COMET-K1, BMIMI, BMWET, Provinces of Styria, Lower Austria and Upper Austria
Partners: MUL-WPK, PCCL



Priv.-Doz. Dr. Gernot Oreski
 gernot.oreski@pccl.at
 +43 3842 42962 - 0



Priv.-Doz. Dr. Florian Arbeiter
 florian.arbeiter@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 - 2122

Nanoindentation has established itself as a reliable method for the mechanical characterization of modern

Ge-Photoinitiatoren für Oberflächenpolymerisation

Ge-photoinitiators for surface polymerisation

Im Rahmen des **Forschungsprojekts ESPERANTO** wurden Photoinitiatoren (PI) auf Germaniumbasis, die durch sichtbares Licht aktiviert werden, auf anorganischen Substraten wie Siliziumwafern, Quarz und Siliziumdioxid-Nanopartikeln immobilisiert. Ausgehend von diesen lichtempfindlichen Oberflächen kann eine radikalische Polymerisation mit unterschiedlichen funktionellen Monomeren induziert werden. Um die Anwendungsmöglichkeiten der Ge-basierten PI zu erweitern und Einschränkungen der radikalischen Polymerisation wie die Sauerstoffintoleranz zu überwinden, wurde ein kationischer „Grafting from“-Prozess entwickelt: die surface-initiated radical promoted cationic photopolymerisation (SI-RPCP). Hier kommt ein immobilisierter Triacylgermanium-PI zum Einsatz, der mit immobilisiertem Triacylgermanium-Photoinitiator, der mit Vinyl ether- und Epoxidmonomeren reagiert, um Polymere ausgehend von der Oberfläche von Siliziumdioxid-Nanopartikeln (30 und 180 nm Größe) zu generieren.

Der erfolgreiche SI-RPCP-Prozess wurde durch FT-IR-Spektroskopie, XPS und CIDNP (chemically induced dynamic nuclear polarization spectroscopy) nachgewiesen. Zusätzlich lieferten Festkörper-NMR, ToF-SIMS und SEM detaillierte Einblicke in die Struktur der Polymere. Bemerkenswert ist, dass der Polymergehalt laut TGA-Messung bis zu 40 % betrug.

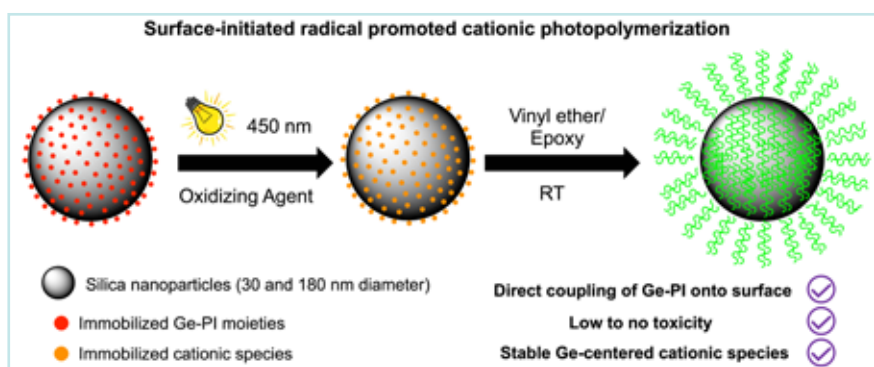
Potenzielle Anwendungsgebiete für die beschriebenen Polymere sind Nanocomposite für Dentalanwendungen wie Zahnfüllungen, Systeme zur kontrollierten Wirkstoff-Freisetzung, Farbstoffdotierung für Bioimaging,

Membrane sowie Beschichtungen mit anti-fouling oder anti-mikrobiellem Effekt oder der Funktion Biomoleküle zu immobilisieren.

As part of the **ESPERANTO** research project, germanium-based photoini-

ated insights into the structure of polymer brush. Notably, the polymer content can reach up to 40%, as measured by TGA.

- Potential application fields for the described polymers are nanocomposites for dental applications, systems for controlled drug release systems, dye dropping for bioimaging, Membranes as well as coatings providing anti-fouling or anti-microbial effects or the immobilization of bio-molecules. ▲



Radical-promoted cationic photopolymerization on the surface of silica-nanoparticles employing Germanium-based photoinitiators

tiators that are sensitive to visible light were immobilised on inorganic substrates such as silicon wafers, quartz and spherical silicon dioxide nanoparticles. This enables inducing surface-initiated free radical polymerisation with several functional monomers. To extend the application of Ge-mediated surface-initiated polymerisation and overcome limitations like oxygen intolerance, a cationic “grafting from” process was developed: surface-initiated radical promoted cationic photopolymerisation (SI-RPCP) employing immobilised trisacylgermane photoinitiator was utilised to polymerise vinyl ether and epoxide monomers to yield polymer brushes on the surface of silica nanoparticles (30 and 180 nm size).

The successful SI-RPCP process was proved by FT-IR spectroscopy, XPS and CIDNP (chemically induced dynamic nuclear polarisation spectroscopy). Additionally, solid-state NMR, ToF-SIMS, and SEM provided

at a glance & contact

Project title: ESPERANTO

Funding: The EU's Horizon 2021 programme under the Marie Skłodowska-Curie Doctoral Networks (MSCA-DN) grant agreement No 101073432.

Partners: MUL-KC, TU Darmstadt, TU Graz



Dipl.-Ing. Dr. Christine Bandl
christine.bandl@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2306



Zizheng Zhang, MSc.
zizheng.zhang@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2370

Naturinspirierte Konzepte zur Eigenschaftsverbesserung

Nature-inspired concepts for property improvement

In vielen strukturellen Anwendungen sind hohe Bruchzähigkeit sowie Steifigkeit von großer Bedeutung. Beide Eigenschaften gezielt zu verbessern bzw. eine dieser Eigenschaften zu verbessern bei gleichzeitigem Erhalt der anderen, stellt häufig ein schier unlösbares Problem dar.

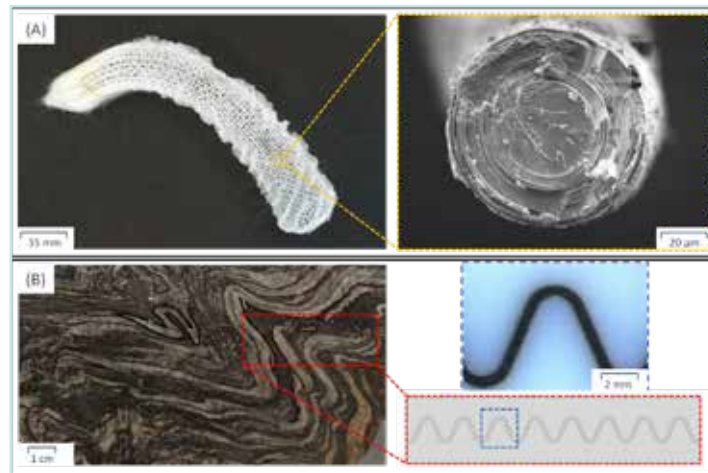
Inspiziert von der belebten sowie unbelebten Natur existieren bereits zahlreiche Ideen und Konzepte wie dieses Ziel erreicht werden kann. Ein Beispiel, wie die Natur solche Eigenschaften gezielt verbessert, ist in Abb. (A) zu sehen: die Mikrostruktur des Skeletts eines Tiefseeschwamms. Durch den alternierenden konzentrischen Aufbau steifer keramischer Schichten mit weichen Proteinschichten dazwischen kommt es zu einer außerordentlichen Verbesserung der mechanischen Eigenschaften.

Aber auch die unbelebte Natur bietet vielversprechende Designkonzepte: die Lithosphäre der Erde beispielsweise ist Inspiration für einen relativen neuen Ansatz, um Materialeigenschaften gezielt zu verbessern (siehe Abb. (B)). Durch plastische Deformationen von verschiedensten mineralischen Schichten unter hohen Drücken und Temperaturen, kommt es im gesamten Schichtverbund zu einer Art Selbstorganisation. Diese Selbstorganisation ist im Wesentlichen verantwortlich für diese Verbesserung der mechanischen Eigenschaften.

Das Ziel dieses Projektes ist es, verschiedenste Konzepte aus der Natur auf mehrschichtige polymere Werkstoffe umzulegen. Da viele dieser Konzepte noch in den Kinderschuhen stecken, steht vorrangig die Überprüfung ihrer Tauglichkeit zur Verbesserung des mechanischen Verhaltens im Vordergrund. An einer gezielten Einbindung solcher Struk-

turen in strukturellen Komponenten und deren Auswirkungen auf das mechanische Verhalten wird derzeit intensiv geforscht.

(Fig. (B)). Through the plastic deformation of various mineral layers under extreme pressure and temperature, a type of self-organization occurs within the layered structure. This self-organization is a key factor in the enhanced mechanical properties observed.



Microstructure of the deep-sea sponge skeleton (A) and lithomimetic structure (B).

In many structural applications, achieving both high fracture toughness and stiffness is of critical importance. However, enhancing both properties simultaneously – or improving one without compromising the other – often presents an almost unsolvable challenge.

Drawing inspiration from both the animate and inanimate natural world, a wide range of ideas and concepts have emerged to address this issue. One notable example of nature's ability to optimize such properties can be seen in the microstructure of a deep-sea sponge skeleton (Fig. (A)). Its alternating concentric layers of stiff ceramic material and soft protein layers result in a significant improvement in mechanical performance.

The inanimate natural world also offers promising design strategies. The Earth's lithosphere, for instance, serves as a relatively novel concept for targeted material enhancement

This project aims to transfer a range of nature-inspired design principles to multilayered polymeric materials. As many of these approaches are still in the early stages of development, the primary focus is on evaluating their potential to improve mechanical behaviour. Active research is currently underway to investigate the integration of such structures into structural components and to assess their impact on mechanical performance. ▲

at a glance & contact

Project title: ImproPoly acc. Nature
Funding: Montanuniversität Leoben



Dipl.-Ing. Christoph Waly
christoph.waly@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2127



Priv.-Doz. Dr. Florian Arbeiter
florian.arbeiter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2122

Gedruckte Elektronik für flexible Sensorlösungen

Printed electronics for flexible sensor solutions

Additive Verfahren der gedruckten Elektronik ermöglichen das direkte Aufbringen funktionaler Strukturen und bieten eine flexible Plattform für die Entwicklung neuartiger Sensoren und mikroelektronischer Komponenten. Im Gegensatz zu traditionellen subtraktiven Methoden wie Photolithografie oder Ätzen erlauben Drucktechniken ein energie- und materialeffizientes Prototyping mit hoher Designfreiheit und hohem Durchsatz. Dadurch wird die schnelle Umsetzung innovativer Forschungsideen bis hin zu marktfähigen Produkten erleichtert.

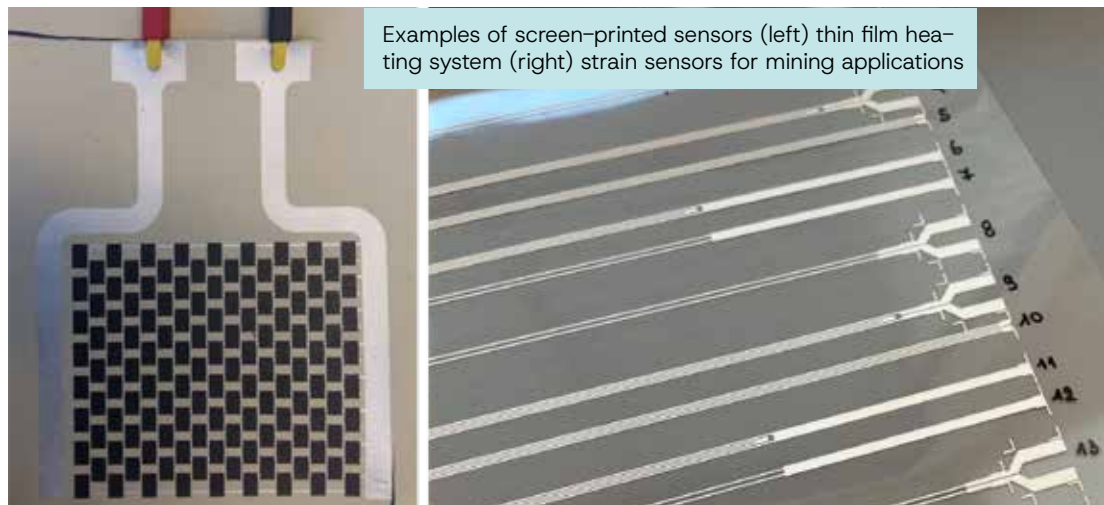
Mit Kooperationspartnern aus Wissenschaft und Industrie entwickeln wir Sensoren mit anwendungsspezifischen Geometrien und Funktionalitäten. Aktuell baut die Arbeitsgruppe Gedruckte Elektronik ein **Zentrum für digitale Drucktechnologien** am Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe auf. Dabei werden modernste Verfahren wie Tintenstrahl-, elektrohydrodynamischer Hochauflösungsdruck, Siebdruck und Sprühbeschichtung etabliert – einschließlich Anlagen zur Bedruckung von 3D-Objekten.

Mit der langjährigen Erfahrung in der Entwicklung funktionaler Tinten für dehnbare und leitfähige Anwendungen an unserem Lehrstuhl optimieren wir Druckmaterialien gezielt für verschiedene Druckprozesse. Weitere Forschungsschwerpunkte sind der Schutz der Sensoren gegenüber herausfordernden Umgebungsbedingungen sowie die zuverlässige mechanisch-elektrische Verbindung der Sensoren mit der externen Elektronik. Hierzu entwickeln wir spezielle Klebstoffe, die eine stabile Kopplung und Signalübertragung ermöglichen.

Printed electronics allows direct patterning of functional structures, boosting flexible implementation of innovative ideas and enhancing a rapid transition from research to marketable products. Unlike traditional

performing at tailored requirements for the respective printing techniques and manufacturing needs.

Our research also aims at finding strategies to make our sensors ro-



Examples of screen-printed sensors (left) thin film heating system (right) strain sensors for mining applications

subtractive techniques (e.g. photolithography, etching), printed methods enable high-throughput, energy- and material-efficient prototyping at a high degree of freedom for realization of the design.

In cooperation with our partners from industry and academia we develop printed sensors and functional structures with custom-made geometries and functionalities for targeted use. The group of Printed Electronics is currently building a **Centre for Digital Printing Technologies** allowing to implement cutting-edge and state of the art printing techniques at the Institute of Chemistry of Polymeric Materials. Processes such as inkjet printing, high-resolution electrohydrodynamic printing, screen printing, and spray-coating, including setups to expand the printing capabilities beyond flat substrates are currently built.

Having a long-standing expertise in developing inks for stretchable and conductive applications at the Institute of Chemistry of Polymeric Materials we continue to innovate inks

bust against moist or chemically harsh environments by developing protective coatings and materials combinations. Another challenge is to ensure reliable connection between 2D sensors and 3D circuitry – thus our group also focuses on developing suitable adhesives enhancing mechanical coupling, fast response, and stable electrical transition from printed sensors to external electronics. ▲

at a glance & contact

Project title: Centre for Digital Printing Technologies

Funding: BMFWF

Partners: MUL-Chair of Mining Engineering and Mineral Economics / KC



Dr. Alice Lassnig

alice.lassnig@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2350

digital polymer science

Kunststofftechnik im digitalen Zeitalter

Der Forschungsbereich **Digital Polymer Science** ist im Einklang mit der Digitalisierungsinitiative der Montanuniversität. Dieser Forschungsbereich soll mit 2026 intensiviert werden. Das bereits in diesem Bereich vorhandene Wissen kann aktuell nicht mit der rasanten Entwicklung im Bereich der Digitalisierung, Automatisierung und angewandter KI und dem rasch steigenden Forschungsbedarf mithalten.

Zur Weiterentwicklung der digitalen Kunststofftechnologie werden mehrere Aktivitäten systematisch vorangetrieben. Dazu zählen neue Schnittstellen in Verarbeitung, Werkstoffentwicklung, Charakterisierung und Lebensdauerprognose sowie Fortschritte in Modellierung und Simulation, etwa für mechanische Eigenschaften und rheologische Prozesse. Bruchmechanik und Schädigungsmechanismen werden stärker digital abgebildet, ebenso der Aufbau digitaler Zwillinge für Material-, Prozess- und Produkteigenschaften. Ergänzend werden datenbasierte Regelungssysteme im reaktiven Compoundieren entwickelt. Ein weiterer Schwerpunkt ist der Einsatz von KI – vom Umgang mit Big Data bis zur KI-gestützten Materialentwicklung in Chemie, Verarbeitung, Design, Charakterisierung und Recycling.

Erste Forschungsarbeiten im Bereich der **Digital Polymer Science** wurden

am Department bereits gestartet. Der eigenständige Forschungsbereich befindet sich derzeit im Aufbau und soll zukünftig als Brücke zwischen Materialwissenschaft, Verarbeitung, Simulation und Data Science dienen. Ziel ist es, digitale Methoden systematisch in die Polymerforschung zu integrieren und so die Entwicklung neuer Werkstoffe und nachhaltiger Prozesse entscheidend zu beschleunigen.

Mit Digital Polymer Science wird ein Forschungsfeld etabliert, das die Zukunft der Kunststofftechnik maßgeblich mitgestaltet und die Chancen der Digitalisierung konsequent nutzt.

Polymer Engineering and Science in the digital age

The **Digital Polymer Science** research area is in line with the Montanuniversität's digitalisation initiative. This research area is to be intensified in 2026. The knowledge already available in this area cannot currently keep pace with the rapid developments in digitalisation, automation and applied AI, and the rapidly increasing demand for research.

Several activities are being systematically pursued to further develop digital plastics technology. These include new interfaces in processing, material development, charac-

terisation and service life prediction, as well as advances in modelling and simulation, for example for mechanical properties and rheological processes. Fracture mechanics and damage mechanisms are being mapped more digitally, as is the creation of digital twins for material, process and product properties. In addition, data-based control systems are being developed in reactive compounding. Another focus is the use of AI – from handling big data to AI-supported material development in chemistry, processing, design, characterisation and recycling.

Initial research work in the field of digital polymer science has already begun at the department. The independent research area is currently being established and will serve as a bridge between materials science, processing, simulation and data science in the future. The aim is to systematically integrate digital methods into polymer research and thus significantly accelerate the development of new materials and sustainable processes.

Digital Polymer Science is establishing a field of research that will play a key role in shaping the future of Polymer Engineering and Science and consistently exploit the opportunities offered by digitalisation. ▲

Elastomere: Zusammenhang von Herstellung & Eigenschaften

Elastomers: relationship between production & properties

Im Bereich der Elastomere bleibt die Lebensdauer von Bauteilen ein entscheidender Faktor für Hersteller wie Anwender. Besonders Dichtungen spielen in vielen Branchen eine zentrale Rolle, da sie extremen Bedingungen ausgesetzt sind. Die Herausforderung besteht darin, Kosten zu senken und gleichzeitig die Lebensdauer zu erhöhen.

Untersuchungen im **PROLIMO-Projekt** zeigen, dass schon bei der Fertigung wesentliche Weichen für die Lebensdauer gestellt werden. Parameter wie Vernetzungszeit, Werkzeugtemperatur und Verfahren beeinflussen Rissbildung und -wachstum maßgeblich. Durch gezielte Optimierung lässt sich die Einsatzdauer verlängern.

So wurde nachgewiesen, dass eine höhere Vulkanisationstemperatur bei schwefelvernetztem NBR die Vernetzungsdichte reduziert. Das führt zu variierten Materialeigenschaften und langsamerem Rissfortschritt. Eine klare Korrelation konnte zwischen kurzfristigen Vernetzungskinetik (RPA) Messungen, quasistatischen Tests und dem Langzeit-Ermüdungsverhalten gezeigt werden. Steigende Temperatur spiegelte die geringere Vernetzungsdichte und deren Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften wieder.

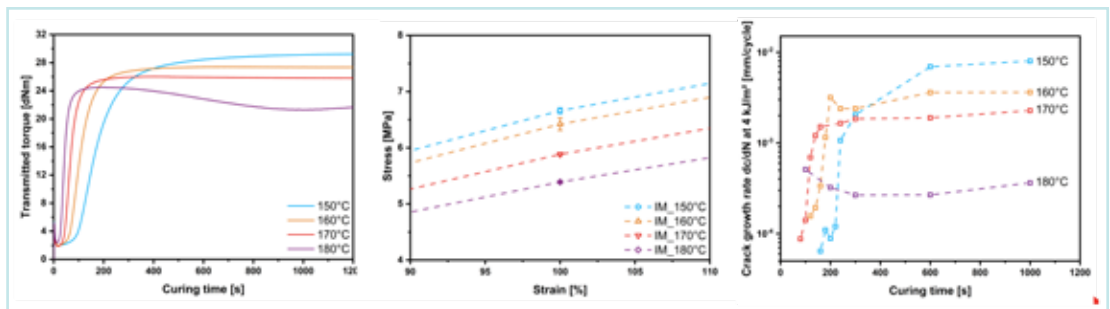
Diese Erkenntnisse sind technisch wie ökologisch bedeutsam. Langlebigere Elastomerbauteile verringern Materialverbrauch und Umweltbelastung. Gleichzeitig ermöglicht die Vorhersage von Langzeiteigenschaften durch schnelle Labormethoden eine frühe Prozessoptimierung und spart Zeit sowie Ressourcen. Damit leistet das PROLIMO-Projekt einen wichtigen Beitrag zu nachhaltiger Produktion, indem es langlebige Elasto-

merkomponenten unter industriellen Bedingungen und einen effizienten Ressourceneinsatz ermöglicht.

In the field of elastomers, the service life of components remains a key factor for both manufacturers and end users. Seals in particular play a critical role across industries, where they are exposed to demanding conditions. Manufacturers face the challenge of reducing costs while maintaining or even increasing durability.

Research within the **PROLIMO project** has shown that decisive

These insights are relevant from both a technical and sustainability perspective. Longer-lasting elastomer components mean fewer replacements, lower material consumption, and reduced environmental impact. At the same time, the ability to predict long-term performance through rapid laboratory methods enables manufacturers to fine-tune processes early, saving time and resources. With these findings, the PROLIMO project makes an important contribution to sustainable production by enabling durable elastomer components under industrial conditions while ensuring efficient use of resources. ▲



adjustments influencing service life can already be made during manufacturing. Parameters such as curing time, mould temperature, and the selected method strongly affect crack initiation and crack growth, which largely determine durability. Optimizing these factors therefore offers a direct route to longer lifetimes.

It was also demonstrated that raising the curing temperature in sulfur-cured nitrile rubber (NBR) reduces crosslink density. This results in varied material properties and slower crack propagation. A clear correlation was established between short-term curemetry (RPA) measurements, quasi-static tests, and long-term fatigue behaviour. Higher curing temperature directly reflected the lower crosslink density and its impact on mechanical properties.

Network analysis and crack growth rate, arranged from short-term methods on the left to longer-term methods on the right

at a glance & contact

Project title: PROLIMO – Process Lifetime Modelling for Optimal quality of Rubber Parts

Funding: FFG COMET – K1

Partners: MUL-KV / WPK, PCCL, SKF Sealing Solutions Austria GmbH



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
gerald.pinter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2101

Versagensvorhersage in heterogenen Materialien

Predicting fracture in heterogeneous materials

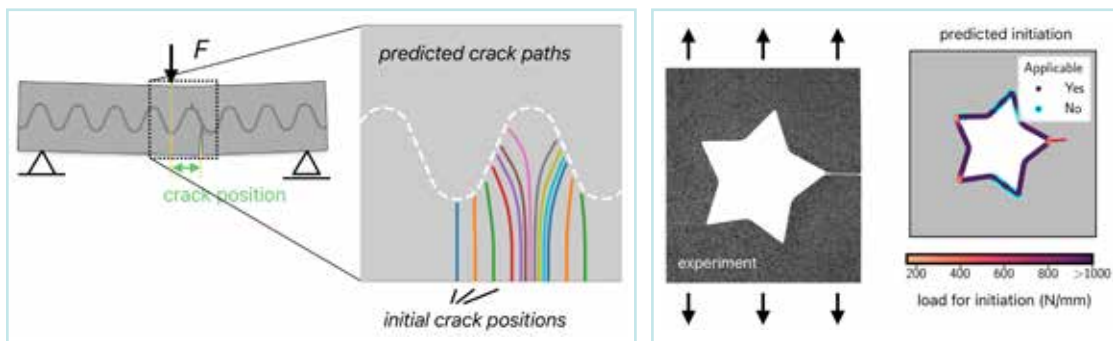
Bei spröden Polymeren können Defekte die Festigkeit eines Bauteils drastisch verringern. In der additiven Fertigung entstehen jedoch immer Defekte, was die Verwendung solcher Bauteile einschränkt. Sobald ein Defekt in einem spröden Polymer zu wachsen beginnt, führt er meist zu katastrophalem Versagen. Das Einbringen von Eigenspannungen oder die Verwendung inhomogener Steifigkeit oder inhomogener Fließspannung kann Risse stoppen. Die Belastung muss dann erhöht werden, damit ein neuer Riss initiieren kann,

Ansätze zur Vorhersage der Rissinitiierung, wie das gekoppelte Kriterium von Leguillon, berücksichtigen nicht nur die Spannungen, sondern auch die Energiefreisetzungsraten eines initiiierenden Risses. Ein zuvor entwickelter mehrskaliger Ansatz, der die Durchführung von FEM-Modellen mit Rissen an allen möglichen Initiationspositionen vermeidet, wurde in Experimenten an Hohlräumen mit komplexen Formen (wie einem Stern, siehe Abb.) getestet (Ref. 2).

Predicting crack paths

Incremental crack propagation approaches in finite element models have been evaluated and extended (Ref. 1). The fast approach can predict effects such as crack deflection near holes or the influence of the initial crack position on the crack path in a three-point bending beam with an elastomeric interlayer (see fig.). General approaches to predicting crack initiation, such as Leguillon's coupled criterion, consider not

- only the stresses but also the energy release rates of an initiating crack. A previously developed multi-scale approach, which avoids running FEM models with cracks at all possible initiation positions, has been tested in experiments on cavities with complex shapes (such as a star, see fig.) (Ref. 2). ▲



was zur Erhöhung der Zähigkeit führt. Bei Polymeren kann die inhomogene Steifigkeit ausgenutzt werden, indem Löcher oder elastomere Phasen in das spröde Grundmaterial eingebracht werden. Um die Zähigkeit heterogener Strukturen zu verstehen und möglicherweise zu optimieren, müssen die Mechanismen der Rissausbreitung, des Rissstopps und der Rissinitiierung – sowohl im Grundmaterial als auch an den Grenzflächen – in effizienten numerischen Modellen erfasst werden.

Vorhersage von Risspfaden

Inkrementelle Rissausbreitungsansätze in Finite-Elemente-Modellen wurden bewertet und erweitert (Ref. 1). Der Ansatz kann die Rissablenkung durch Löcher oder den Einfluss der anfänglichen Rissposition auf den Risspfad in einem Biegebalken mit einer elastomeren Zwischenschicht vorhersagen (siehe Abb.). Allgemeine

In brittle polymers, defects can drastically reduce the strength of a component. However, using methods such as additive manufacturing, defects are always created, which limits the use of such components. Once a defect starts to grow in a brittle polymer, it usually leads to catastrophic failure. Introducing residual stresses or using inhomogeneous stiffness or inhomogeneous yield stress can arrest propagating cracks. The load then needs to be increased for a new crack to initiate, which corresponds to an increase in toughness. In polymers, the inhomogeneous stiffness can be exploited by introducing voids or elastomeric phases into the brittle base material. To understand and possibly optimize the toughness of heterogeneous structures, the mechanisms of crack propagation, crack arrest, crack initiation – both in the bulk material and at interfaces – need to be captured in efficient numerical models.

References

- M. Pletz, S.M. Frankl, C. Schuecker, Evaluation of existing and introduction of new incremental crack propagation approaches in FEM, Theoretical and Applied Fracture Mechanics 131 (2024) 104452.
- M. Rettl, C. Waly, M. Pletz, C. Schuecker, Validation of a FEM-Based Method to Predict Crack Initiation from Arbitrary-Shaped Notches, Journal of Composites Science 9 (2025) 102.

at a glance & contact

Funding: Montanuniversität Leoben
Partners: MUL-KKV / WPK



Dipl.-Ing. Dr. Martin Pletz
martin.pletz@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2507

ISO-Norm zur In-Plane-Permeabilität technischer Gewebe

ISO standard for in-plane permeability of technical fabrics

Flüssigimprägnierverfahren werden zur Fertigung von Komponenten im Automobilsektor, der Luft- und Schifffahrt und dem Energiesektor eingesetzt. Dabei werden Preforms, aufgebaut aus Zuschnitten technischer Textilien, mit viskosen Harzsystemen getränkt. Niedrige Zykluszeiten und hohe Bauteilqualität benötigen Prozessdesign auf Basis von grundlegendem Materialverständnis, insbesondere zu Harzviskosität und Permeabilität der Verstärkungsstruktur. Experimentelle Methoden zur Bestimmung der ebenen Permeabilität spielen dabei eine zentrale Rolle. Sie ermöglichen die Bereitstellung von Eingangsdaten für Formfüllsimulationen, die wiederum als Basis für Prozess- und Materialoptimierung dienen. Trotz der Relevanz der ebenen Permeabilität existierte bislang keine Norm für deren Bestimmung.

Der Weg zur ISO-Norm

Ab der 1990er Jahre wurden Studien initiiert, um bestehende Ansätze für industrielle Anwendungen zu ertüchtigen. Diese Bestrebungen nahmen

stofften und Design für Recycling hat in der letzten dieser Studien mitgewirkt, die als Startpunkt für ein Normierungsprojekt diente, das 2018 ins Leben gerufen wurde. Ein internationales Team mit rund 30 Partnern erarbeitete diese Studien, um offene Fragen zu klären und Spezifikationen für Prüfstandstechnik, Versuchsplanung, Prüfkörpervorbereitung, Datenaufnahme und -auswertung (geleitet von Ewald Fauster), Plausibilitätsprüfungen und Ergebnisdokumentation zu definieren. Als Ergebnis entstand die **ISO-Norm 4410:2023 "Test methods for the experimental characterization of in-plane permeability of fibrous reinforcements for liquid composites molding"**, die im Juli 2023 veröffentlicht wurde.

Liquid composite moulding is widely applied for manufacturing lightweight components in the automotive, aerospace, marine, and energy (e.g. wind turbine blades) industries. There, dry preforms made of technical fabrics are impregnated with a viscous resin system. Low cycle time and high component quality, ask for adequate process design based on knowledge of material properties, in particular resin viscosity and fabric permeability.

Experimental characterization of fabric in-plane permeability plays a crucial role as it allows for systematic studies and the generation of input for mould filling simulations, which form the basis for process and material optimization. Despite the crucial relevance of permeability data, no

standard for its determination has existed up to now.

The path to the ISO Standard

Starting in the 1990s, benchmark studies were initiated to make established methods more robust for industrial use. The topic gained momentum as the scientific community tackled this topic and organized three consecutive international benchmark studies. The Processing of Composites and Design for Recycling Group participated in the last of these, which resulted in guidelines used as a starting point for a standardization project, initiated in 2018. An international team of 30 collaborators conducted studies to clarify remaining questions, and finally came up with a distinct set of specifications for test equipment, design of experiments, specimen preparation, data acquisition and processing (lead by Ewald Fauster), validity checks, and results documentation. As a result, the standard ISO 4410:2023 "Test methods for the experimental characterization of in-plane permeability of fibrous reinforcements for liquid composites moulding" was published in July 2023. ▲

at a glance & contact

ISO 4410:2023 „Test methods for the experimental characterization of in-plane permeability of fibrous reinforcements for liquid composite moulding“.

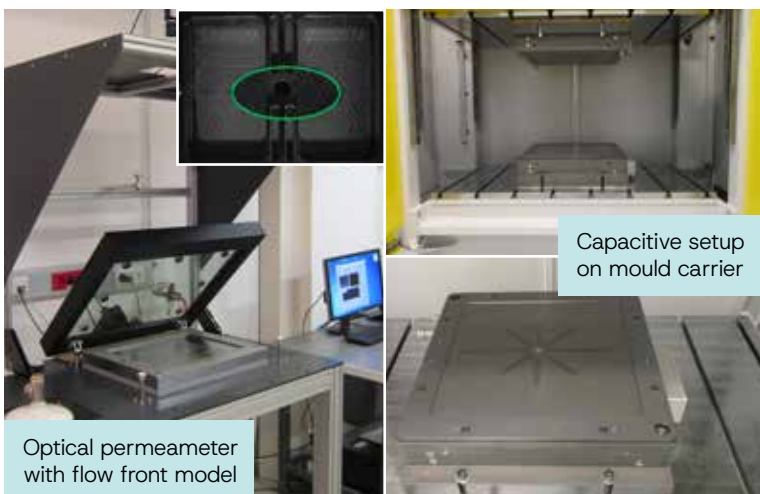
www.iso.org/standard/79944.html

Partners: More than 30 partners from science and industry



assoz. Prof. Dr. Ewald Fauster

ewald.fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2708



Optical permeameter with flow front model

Capacitive setup on mould carrier

Fahrt auf, als sich die wissenschaftliche Gemeinschaft des Themas annahm und drei aufeinander aufbauende, internationale Vergleichsstudien organisierte. Der Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerk-

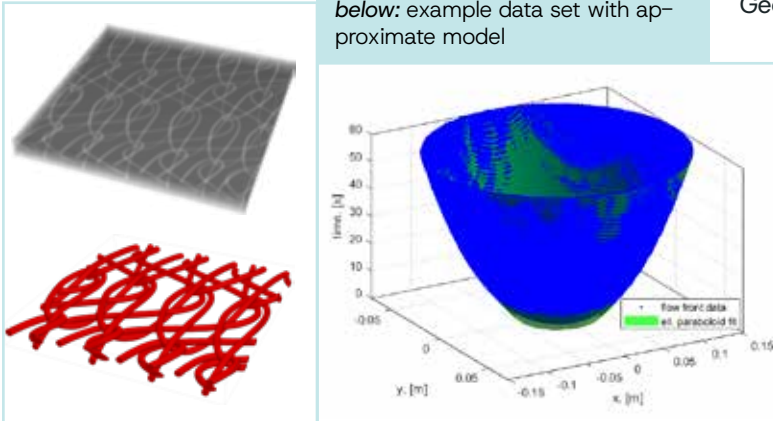
cial role as it allows for systematic studies and the generation of input for mould filling simulations, which form the basis for process and material optimization. Despite the crucial relevance of permeability data, no

In-Plane-Durchlässigkeit von VARI-Verbrauchsmaterialien

In-plane permeability of VARI consumables

Fünf internationale Forschungsinstitutionen haben ihre Expertisen gebündelt, um eine methodische Vergleichsstudie zur Bestimmung der ebenen Permeabilität von zwei Materialien (einzelne Lagen von Fließhilfe und Abreißgewebe), wie sie bei der Vakuuminfusion (VARI) zum Einsatz kommen, durchzuführen. Dabei wurden vier verschiedene Methoden untersucht: (i) ein genormter, (ii) ein shop floor, (iii) ein reverse engineering und (iv) ein digitaler Ansatz.

left: Representation of the μ CT scan of the flow aid, a polyester knitted fabric (above), virtual model of the material after segmentation (below) below: example data set with approximate model



boloids bestimmt, wie sie in der ISO 4410:2023 vorgeschlagen wird.

Beim „digitalen Ansatz“ wurden Bilder von Materialproben per 3D-Computertomographie (μ CT) aufgenommen. Die Bilder wurden anschließend per Datensegmentierung zu digitalen Zwillingen der Mikrostruktur weiterverarbeitet. Die virtuellen Modelle der Materialien wurden schließlich als Eingangsdaten für Füllsimulationen in FlowDict, einem Modul der kommerziellen Software GeoDict®, genutzt.

Aus der Volumengemittelten Strömungsgeschwindigkeit konnte schließlich die ebene Permeabilität gemäß dem Gesetz von Darcy bestimmt werden.

experiment was conducted and the flow progress was tracked by optical means. For the “reverse engineering approach”, flow simulations were run using an open-source CFD package (lcmFoam24 solver) developed by one of the research partners. The experimentally determined data found in the “standardized approach” was taken as input data for the flow simulations and the flow progress was derived from the filling fraction of the FEM mesh. For these three methods, in-plane permeability data was computed following the elliptic paraboloid method as proposed in the ISO 4410:2023 standard.

In the “digital approach”, microstructural images of material samples were created by means of 3D micro-computed tomography (μ CT). The resulting images were then processed towards digital twins of the microstructure by means of data segmentation techniques. These virtual models of the materials were taken as input to numerical flow simulations with FlowDict, a dedicated module of the commercial software GeoDict®. Volume-averaged flow velocity data was obtained, which was used to compute in-plane permeability following Darcy’s law. ▲

Methodische Vergleichsstudie

Der “genormte Ansatz” basiert auf der experimentellen Bestimmung der ebenen Permeabilität in einem Radialströmungsversuch nach der ISO 4410:2023 Norm. Für die “shop floor Methode” wurde ein VARI-Experiment durchgeführt und der Fließfrontfortschritt per Kamerasystem mitverfolgt. Beim “reverse engineering Ansatz” wurden Füllsimulationen mit einer open-source CFD-Software (lcmFoam24 solver) durchgeführt, die von einem der Forschungspartner entwickelt wurde. Als Eingangsdaten wurden die beim “genormten Ansatz” experimentell bestimmten Daten herangezogen. Der Fließfrontfortschritt wurde vom Füllgrad des FEM-Netzes abgeleitet. Bei diesen drei Ansätzen wurde die ebene Permeabilität über die Methode des elliptischen Para-

Five international research institutions aimed at a methodological benchmark exercise for estimating the in-plane permeability of two materials (single layers of flow media and peel ply, respectively), typically used as consumables in Vacuum-Assisted Resin Infusion (VARI). Four different methods were studied: (i) a standardized, (ii) a shop floor, (iii) a reverse engineering and (iv) a digital approach.

Methodological Benchmark

The “standardized approach” is based on experimental characterization of in-plane permeability following the radial flow principle according to the ISO 4410:2023 standard. In the “shop floor approach”, a VARI

at a glance & contact

Partners: Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, MUL-VV, National Composites Centre - Engineering Development, Universität Bremen - Faserinstitut Bremen e.V., University of Applied Sciences Wiener Neustadt - Aerospace Engineering Department



assoz. Prof. Dr. Ewald Fauster
ewald.fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2708

Spektroskopische Analyse von Prepregs

Spectroscopic analysis of prepregs

Ziel des Forschungsprojekts SAPP war die Evaluierung und Implementierung von Methoden der Nah-Infrarot (NIR) und Raman Spektroskopie, für die Inline-Prozessüberwachung lösungsmittelfreier Prepreg-Herstellungsverfahren. Besonderer Fokus lag auf Messungen an Kohlenstofffaser-basierten Materialien. In diesem Zusammenhang wurden geeignete Messoptiken entwickelt, die zuverlässige Messungen an Kohlenstofffasern erlauben. Zudem wurden Mikro-Spektrometer hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Qualitätssicherung in der Herstellung der Prepregs untersucht.

Inline-Bestimmung der Gelzeit und Industrielle Anwendung

Der von MUL-VV entwickelte Prepreg-Prüfstand erlaubt durch seinen modularen Aufbau eine flexible Bearbeitung verschiedener, wissenschaftlicher Fragestellungen. So lässt sich über die Heizfeldtemperatur die Gelzeit über einen weiten Bereich einstellen. Die Gelzeit steht in direktem Zusammenhang mit dem Umsatz des Harzsystems und wird in der Industrie häufig bei der Qualitätskontrolle eingesetzt. Aufbauend auf einer Reihe von Versuchsläufen mit dem Prüfstand wurden mehrere chemometrische Modelle auf Basis der Partial-Least-Square Regression (PLSR) zur inline-Vorhersage der Gelzeit entwickelt. Dabei wurden Messreihen an verschiedenen Positionen im Fertigungsprozess, sowohl durch Trennfolien hindurch als auch direkt am Prepreg, erfolgreich durchgeführt und die Gelzeit mit einem hohen Grad an Reproduzierbarkeit bestimmt. Als Referenz diente die Norm ISO 15040.

Die entwickelte, NIRS-basierte Sensorik wurde schließlich in einer industriennahen Umgebung, an einer Hotmelt-Kaschiermaschine der Isovolta AG erprobt. Dabei konnte die Harzaufgabe an verschiedenen Laminaten erfolgreich quantitativ bestimmt werden.

The research project SAPP was aiming at evaluating and implementing methods of near-infrared (NIR) and Raman spectroscopy for inline process monitoring tasks in the solvent-free manufacturing of prepreg materials. A particular focus was put on measurements on carbon fibre based materials. For this purpose, optical elements were specifically developed, allowing for robust measurements on carbon fibres. Moreover, micro-spectrometers were investigated with respect to their applicability for quality control in the manufacturing of prepreg materials.

Inline prediction of gel time and industrial application

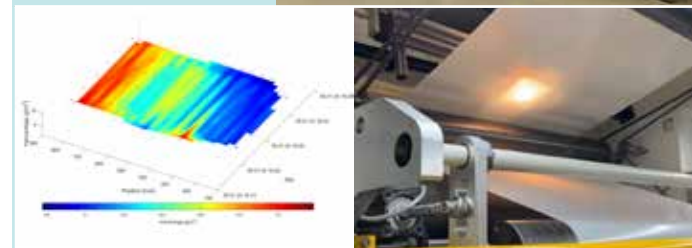
A prepreg test rig, specifically developed by MUL - VV, provides a modular setup and thus, allows for investigations of various scientific tasks. By variation of the heating temperature, the gel time of the processed material can be varied over a wide range. The gel time is directly linked with the degree of cure of the resin system and is frequently used as a quality measure in the industry. Based on prepreg manufacturing trials on the test rig, a number of chemometric models involving Partial-Least-Square Regression (PLSR) were developed for the inline prediction of the gel time. For this purpose, various measurement positions were studied and measurements were realized through release films as well as directly onto the prepreg material. In all configurations, gel time was determined at a high level of reproducibility. The ISO standard 15040 acted as a reference for these investigations.

Finally, the NIRS based sensorics

were implemented in an industrial environment, at a hotmelt lamination line of Isovolta AG. There, quantitative data of the resin film thickness was successfully acquired on a number of different laminates. ▲



Prepreg test rig at MUL



NIR sensors in an industrial laminating machine (right); precise detection of resin application (left) despite slight roller misalignment

at a glance & contact

Projecttitle: SAPP - Spectroscopic analysis of prepregs

Funding: 'Production of the Future' Program of FFG, Austrian Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (bmk)

Partners: i-RED Infrarot Systeme GmbH, ISOVOLTA AG, MUL-VV



assoz. Prof. Dr. Ewald Fauster
ewald.fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2708

Mechanische Metamaterialien für Strukturelle Anwendungen

Mechanical metamaterials for structural applications

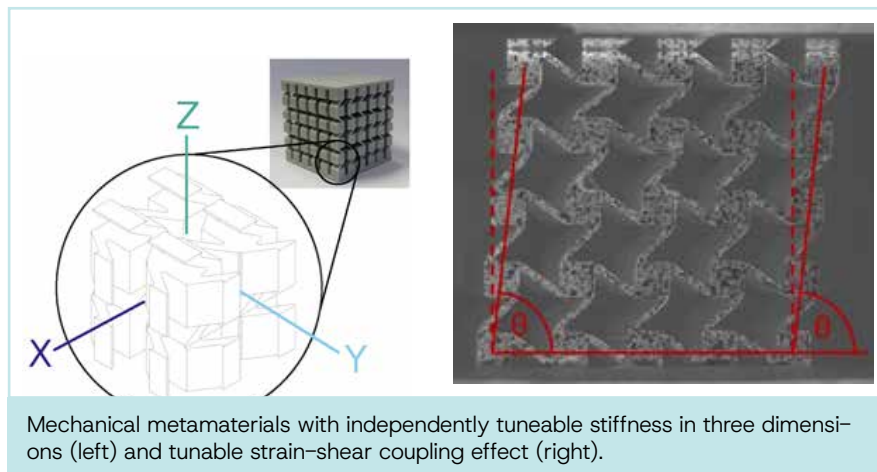
Mechanische Metamaterialien sind Strukturen mit ungewöhnlichen mechanischen Eigenschaften. Dabei sind die Eigenschaften das Resultat der jeweiligen Geometrie der Struktur und unabhängig von der chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials. Damit lassen sich unter anderem Strukturen mit auxetischem Verhalten, variabler Steifigkeit oder einstellbarer Druck-Scherkopplung realisieren.

Am PCCL wurden mehrere neue mechanische Metamaterialien entwickelt. So wurden zum Beispiel Strukturen hergestellt, die es ermöglichen die Steifigkeit unabhängig in den drei Raumrichtungen zu steuern (siehe Abb. links). Damit können isotrope, orthotrope und anisotrope Strukturen gezielt und einfach entwickelt werden. Untersuchungen an Metamaterialien auf Basis von chiralen Strukturen zeigen eine Druck-Scherkopplung (siehe Abb. rechts). Diese kann genutzt werden um komplexe Mechanismen auf Basis von Metamaterialien zu realisieren.

Parallel zur Entwicklung neuer mechanischer Metamaterialien wird intensiv an deren praktischer Anwendung geforscht. Ein Beispiel ist die Umsetzung eines einstellbaren Tellerfedersystems. Durch gezielte Anpassung geometrischer Parameter lassen sich Steifigkeit und Kompressionsweg der Federn präzise steuern, was die Herstellung einzigartiger und maßgeschneiderter Kraft-Weg-Kurven ermöglicht. Darüber hinaus befindet sich ein auf mechanischen Metamaterialien basierender Überlastschutz für kardiovaskuläre Klemmen in Entwicklung. Das Prinzip beruht auf einer lokalisierten Verformung der Klemme, die eine gleichmäßigere Kraftverteilung bewirkt. Dadurch wird das Gewebe vor Belastungen geschützt und das Risiko von Verletzungen minimiert.

Mechanical metamaterials are engineered structures with unique properties derived from their geometrical arrangements rather than chemical composition. Through careful design of their internal architecture, these materials can achieve unprecedented mechanical behaviours, such as

customizable force-displacement curves. Additionally, an overload protection for cardiovascular clamps using mechanical metamaterials is under development, designed to distribute forces evenly and protect tissue from concentrated stress and damage. ▲



auxetic properties, variable stiffness, and strain-shear coupling effects.

The PCCL has developed several new mechanical metamaterials with tuneable properties. Research has explored structures with independently controllable stiffness in all three spatial directions, enabling the design of isotropic, anisotropic, and orthotropic structures with varying compression moduli (see Figure left). Studies on chiral-based metamaterials have demonstrated coupling effects between normal strain and shear deformation, broadening the range of achievable mechanical behaviours (see Figure right). These developments showcase advancements in creating versatile metamaterial designs with precisely adjustable properties. Alongside the development of new mechanical metamaterials, practical applications are being explored. A notable example is a tuneable disc-spring-system, where adjusting geometric parameters allows precise control over spring stiffness and compression length, enabling

at a glance & contact

Funding: FFG COMET Modul (REPAIRTECTURE, CHEMITECTURE), mEra-Net (AtraumaBioMat), BMIMI, BMWET, Provinces of Styria and Upper Austria

Partners: IPM, JKU, MUL-KC, PCCL,



Mathias Fleisch, MSc.
mathias.fleisch@pccl.at
+43 3842 42962-735



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
gerald.pinter@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2101

Schädigung bei Ermüdung von FVK-Laminaten

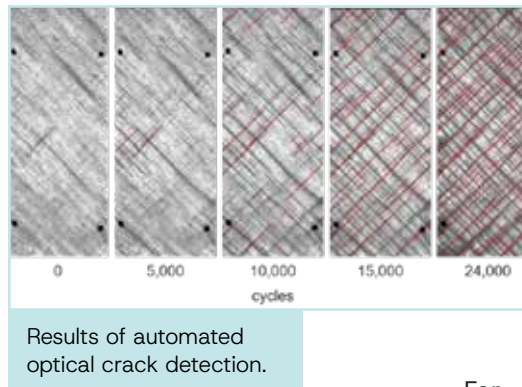
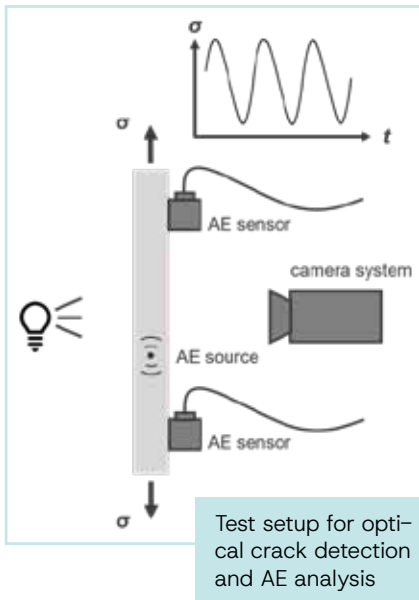
Damage caused by fatigue in FRP laminates

Bei Materialermüdung treten in faserverstärkten Kunststoffen (FVK) verschiedene mikroskopische und makroskopische Schädigungsmechanismen wie z. B. Matrixrisse, Faser-Matrix-Ablösungen, Faserbrüche oder Delamination auf. Um das Materialverhalten modellieren zu können und so einen sicheren Einsatz zu garantieren, ist es wichtig, die Schädigungsentwicklung und ihre Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften experimentell

Die SE-Analyse ist nicht nur auf transluzente Laminat beschränkt und kann im Gegensatz zur optischen Rissdetektion jegliche Art von Schädigung, bis in den mikroskopischen Bereich, erfassen. Aufgrund der vielen Störsignale aus dem Testumfeld, speziell bei Ermüdungsversuchen, müssen geeignete Filter (Frequenz oder deltaT) eingesetzt werden um nur SE-Signale, die von Schädigungsevents aus dem Prüfkörper stammen, aufzuzeichnen.

(GFRP). Light is passed through the specimen and a camera system on the opposite side captures images. Cracks that occur scatter the light and appear as dark lines. Using a specially developed tool (Crack-Dect) the cracks can be automatically detected and the correlation of crack density and stiffness degradation can be described.

AE analysis is not limited to translucent laminates and, unlike optical crack detection, can detect any type of damage, even at the microscopic level. Due to the high amount of noise from the test environment, especially during fatigue tests, appropriate filters (frequency or deltaT) must be used to record only AE signals originating from damage events within the specimen.



Für $\pm 45^\circ$ GFK Laminate, wo der Hauptschädigungsmechanismus Risse, die parallel zu den Fasern wachsen, sind, zeigen optisch bestimmte Rissdichte und SE-Eventrate eine gute Übereinstimmung.

For $\pm 45^\circ$ GFRP laminates, where the main damage mechanism is cracks growing parallel to the fibres, optically determined crack density and AE event rate show good correlation. ▲

zu charakterisieren. Im Rahmen des Projektes wurden dazu zwei Methoden verwendet: optische Rissdetektion und Schallemissionsanalyse (SE-Analyse).

Die optische Rissdetektion ist nur bei transluzenten Laminaten, wie glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK), anwendbar. Licht wird durch den Prüfkörper geleitet und ein Kamerasystem auf der gegenüberliegenden Seite nimmt Bilder auf. Auftretende Risse streuen das Licht und erscheinen als dunkle Linien. Mithilfe eines speziell entwickelten Tools (Crack-Dect) können die Risse automatisiert erkannt und der Zusammenhang zwischen Rissdichte und Steifigkeitsdegradation beschrieben werden.

During material fatigue, various microscopic and macroscopic damage mechanisms occur in fibre reinforced polymers (FRP), such as matrix cracks, fibre-matrix debonding, fibre fractures, or delamination. In order to model the material behaviour and hence ensure safe operation, it is important to experimentally characterize damage development and its effects on the mechanical properties. In the context of the project, two methods were used for this purpose: optical crack detection and acoustic emission analysis (AE analysis).

Optical crack detection is only applicable to translucent laminates, such as glass fibre reinforced polymers

at a glance & contact

Projectname: Microstructural fatigue damage mechanisms in long- and continuous fibre reinforced polymers
Funding: FFG COMET (project-no.: VII-3.03), BMK, BMDW, Provinces of Styria, Lower Austria, Upper Austria
Partners: MAGNA Powertrain Engineering Center Steyr GmbH & CO KG, MUL-KKV / WPK, PCCL



Dipl.-Ing. Maria Gferrer
 maria.gferrer@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2128

Delaminierungserkennung in Verbundwerkstoffen

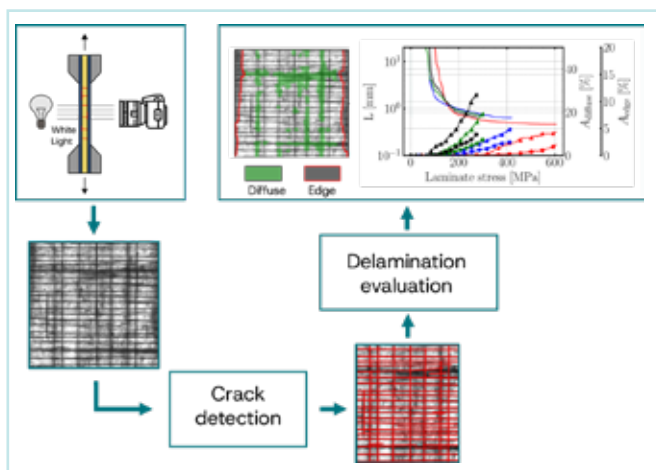
Delamination detection in composite materials

In Verbundlaminatbauteilen kommt es mit der Zeit zu einer zunehmenden Schädigung, die verschiedene Formen annehmen kann. Die frühen Stadien der Schädigung sind typischerweise durch Risse gekennzeichnet, die sich entlang der Fasern ausbreiten. Obwohl diese Risse nicht direkt zu einem Versagen der Struktur führen, sind sie oft Ausgangspunkt für schwerwiegendere Schädigungsmechanismen. Einer der kritischsten davon ist die Delaminierung, bei der sich die Schichten des Laminats voneinander lösen.

DelaDect wurde entwickelt, um zwei Hauptformen der Delaminierung zu erkennen: diffuse Delaminierung, die sich von Rissen oder an den Schnittpunkten mehrerer Risse nach außen ausbreitet, und Kantendelaminierung, die von den Außenkanten der Probe ausgeht und sich nach innen ausbreitet. Bei diffuser Delaminierung bewertet das Tool die Bereiche, die zuvor mit CrackDect [1] erkannt wurden. Bei Randdelamination identifiziert es dunklere Bereiche, die durchgehend mit dem Rand der Probe verbunden sind. Die Unterscheidung zwischen diesen beiden Delaminationstypen ist entscheidend, da sie eine separate Quantifizierung ermöglicht, Vergleiche vereinfacht und die Modellkalibrierung unterstützt.

changes between the background and foreground of each image, shifts in brightness can indicate the initiation or growth of delamination.

DelaDect is designed to detect two main forms of delamination: diffuse delamination, which spreads outward from cracks or at the intersection of multiple cracks and edge delamination, which originates from the outer edges of the specimen and spreads inward. For diffuse delamination, the tool evaluates the areas surrounding cracks previously detected by CrackDect [1]. For edge delamination, it identifies darker regions that are continuously connected to the specimen edge. Distinguishing between these two delamination types is key, as it enables separate quantification, simplifies comparisons, and supports model calibration. ▲



Workflow used in this study

Um diese Schadensformen besser untersuchen zu können, wurde kürzlich ein neues Open-Source-Tool namens **DelaDect** entwickelt.

Von Rissen zur Delaminierung

Delamination breitet sich in der Regel allmählich und ohne klar definierte Form aus. DelaDect begegnet diesem Problem, indem es eine Reihe von Bildern analysiert, die während statischer Test oder Ermüdungsversuchen aufgenommen wurden. Durch den Vergleich der Veränderungen zwischen dem Hintergrund und dem Vordergrund jedes Bildes können Helligkeitsverschiebungen auf das Entstehen oder das Fortschreiten einer Delaminierung hinweisen.

In composite laminate components, damage tends to accumulate over time and can take various forms. The early stages of damage are typically marked by cracks that propagate along the fibres. Although these cracks do not directly cause structural failure, they often lead to more severe damage mechanisms. One of the most critical of these is delamination, where layers of the laminate begin to separate from each other. To better study these forms of damage, a new open-source tool called **DelaDect** has been recently developed.

From Cracks to Delamination

Delamination tends to spread gradually, without a well defined shape. DelaDect addresses this by analysing a series of images taken during experiments, which may be either static or fatigue tests. By comparing

References

- [1] M. Drvoderic, M. Retzl, M. Pletzl, und C. Schuecker, CrackDect: Detecting crack densities in images of fiber-reinforced polymers, SoftwareX, Bd. 16, S.100832, Dez. 2021.

at a glance & contact

Funding: Montanuniversität Leoben
Partners: MUL-KKV / WPK



Vasco D.C. Pires, Mestre

vasco.castro-pires@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2511



Dipl.-Ing. Maria Gferrer

maria.gferrer@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2128

Numerische Simulation von vergrabenen Kunststoffrohren

Numerical simulation of buried non-pressure polymer pipes

Die numerische Simulation erdverlegter, druckloser Polymerrohre zur Ermittlung von Spannungen und Verformungen sind für die Untersuchung ihres langfristigen Verhaltens unabdingbar. Obwohl diese Berechnungen einfach erscheinen, stehen sie in der Regel vor grundlegenden Herausforderungen bei der Beschaffung bzw. Auswahl von Bodenmaterialdaten. Gute Kennwerte sind schwer zu finden, schwer zu messen und, falls denn vorhanden, streuen in der Regel sehr stark. Modelle, die diese Daten

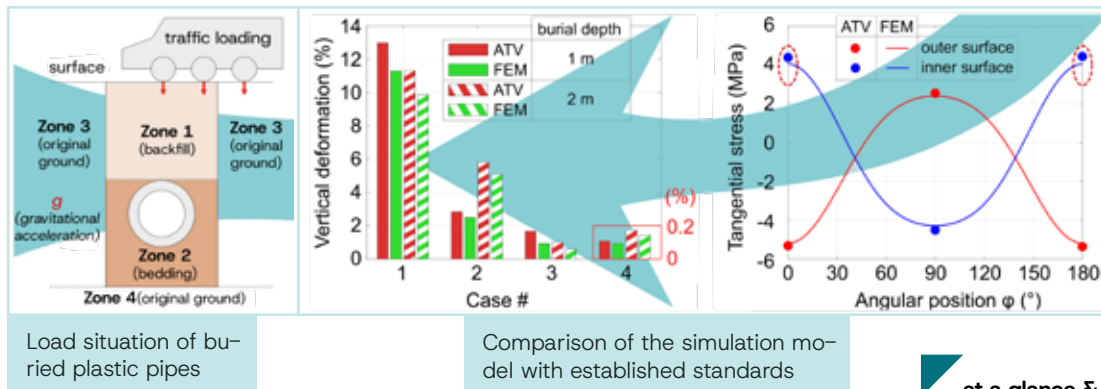
Methoden sehr gut an. Damit steht ein leistungsfähiges Werkzeug zur Verfügung, um die Spannungen in weiteren Fällen von beliebig belasteten Rohren einfach und schnell zu bewerten. Zusätzlich werden detailliertere Ergebnisse zugänglich, die im standardisierten Verfahren nicht verfügbar sind. Beispiele dafür wären Spannungs- und Dehnungsverteilungen, oder auch die Verwendung zeitabhängiger Materialeigenschaften.

compaction level (97%)

Case 4: no traffic, soil in zones 1 and 2 – sand or gravel with high compaction level (97%)

As can be seen, the proposed finite element model approximates the results of the standardized methodologies reasonably well. This provides a potent tool to calculate the stresses in further cases of arbitrary loaded pipes quite easily and also provide more detailed results which are not available in the standardized

procedure, such as stress and strain distributions, or even time dependent results based on creep- and relaxation test data. ▲



verwenden, sind daher schwer hinsichtlich ihrer Stabilität und Präzision zu überprüfen. Diese Forschung bietet einen Ausweg, indem numerische Simulationen mit verfügbaren Normen, wie der deutschen Norm ATV-DVWK-A 127 für die Bemessung erdverlegter Kunststoffrohre, abgeglichen werden. Die Methode wird in mehreren Fällen demonstriert:

- Fall 1:** starker Verkehr, Boden in den Zonen 1 und 2 – grober Ton mit niedrigem Verdichtungsgrad (90 %)
- Fall 2:** kein Verkehr, Boden in den Zonen 1 und 2 – grober Ton mit niedrigem Verdichtungsgrad (90 %)
- Fall 3:** starker Verkehr, Boden in den Zonen 1 und 2 – Sand oder Kies mit hohem Verdichtungsgrad (97 %)
- Fall 4:** kein Verkehr, Boden in den Zonen 1 und 2 – Sand oder Kies mit hohem Verdichtungsgrad (97 %)

Wie aus den Ergebnissen ersichtlich ist, nähert sich das vorgeschlagene Finite-Elemente-Modell den Ergebnissen der standardisierten

Numerical simulations of buried non-pressure polymer pipes to determine stresses and deformations are necessary for investigating their long-term behaviour. Although these calculations might appear to be straightforward, they usually face fundamental challenges in obtaining soil material data. Data is hard to find, difficult to measure, and, if available, typically very scattered. Models using this data are hard to verify. This research offers a work-around by linking numerical simulations with available standards, such as the German ATV-DVWK-A 127 standard for designing buried polymer pipes. The method is demonstrated in several cases:

- Case 1:** heavy traffic, soil in zones 1 and 2 – coarse clay with lower compaction level (90%)
- Case 2:** no traffic, soil in zones 1 and 2 – coarse clay with lower compaction level (90%)
- Case 3:** heavy traffic, soil in zones 1 and 2 – sand or gravel with high

at a glance & contact

Project title: CD-Laboratory - Impact of recycled materials on the mechanical lifetime estimation of polymers
Funding: CDG, BMAW
Partners: Borealis AG, Pipelife Austria GmbH, Poloplast GmbH



Priv.-Doz. Dr. Florian Arbeiter
 florian.arbeiter@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 - 2122



Ing. Lukáš Trávníček, Ph.D.
 travnicek@ipm.cz
 +420 532 290 - 347, -114,

Umweltwirkungen der Nutzung von recycelten Carbonfasern

Environmental impacts of using recycled carbon fibers

Im Rahmen eines Forschungsaufenthalts am Institute de Recherche Technologique – Matériaux, Métallurgie et Procédés (IRT M2P) in Metz, Frankreich, im Jahr 2023 hatte Ulrike Kirschnick (Doktorandin MUL-VV) die Möglichkeit, die Verarbeitbarkeit von recycelten Carbonfasern zu untersuchen und die Umweltauswirkungen der Herstellung von Automobilteilen aus diesen Materialien zu bewerten. Ziel der Lebenszyklusanalyse (LCA) war es, die Relevanz der verschiedenen Lebensphasen des Bauteils im Vergleich zu den Gesamtauswirkungen zu bewerten. Neben der Recyclingphase, welche einen Vergleich von Pyrolyse und Thermolyse beinhaltet als mögliche Abfallbehandlungsprozesse, und der Vliesstoffproduktion konzentrierte sich die Untersuchung auf die Herstellung des Bauteils in einem vollautomatischen, großtechnischen Compression Resin Transfer Molding (C-RTM)-Verfahren. Zusätzlich wurden die Emissionen in

Verbundwerkstoff in den meisten Wirkungskategorien zu einem Nettonutzen für die Umwelt, auch wenn die Abhängigkeit dieser Ergebnisse stark von den diskutierten methodischen Entscheidungen abhängt.

Die Ergebnisse wurden von Ulrike Kirschnick und Boris Duchamp (IRT M2P) auf der European Conference on Composite Materials (ECCM) 2024 in Nantes vorgestellt und unterstreichen die gute und bereichernde Zusammenarbeit.

In the frame of a research stay at the Institute de Recherche Technologique – Matériaux, Métallurgie et Procédés (IRT M2P) in Metz, France in 2023, Ulrike Kirschnick, (PhD researcher, MUL-VV) had the chance to investigate the processibility of recycled carbon fibres embedded in a PMMA-based resin, and to assess environmental impacts of manufacturing automotive parts from these materials. The aim of the life cycle assessment (LCA) was to evaluate the relevance of

different life stages of the car door panel compared to overall impacts. Next to the recycling stage (considering pyrolysis and steam thermolysis as two treatment routes) and the non-woven production, the investigation focused on the manufacturing in a fully-automated, industrial-scale Compression Resin Transfer Molding (C-RTM) process. Additionally, the use phase emissions were calculated for an internal combustion engine (ICEV) using gasoline, and a battery electric vehicle (BEV) using a European average market mix for electricity provision.

Whether usage of the door panel in an electric or gasoline fueled vehicle is advantageous depends on the impact category and specifications of the energy source. Next to the contribution of different life stages, substituting metals with the recycled composite results in a net environmental benefit for most impact categories, although the dependency of these results depend strongly on methodological choices discussed.

The results were presented by Ulrike Kirschnick (MUL-VV) and Boris Duchamp (IRT M2P) at the European Conference on Composite Materials (ECCM) in 2024 in Nantes highlighting the great and fruitful nature of the cooperation. ▲



above: Car door panel manufactured using recycled carbon fibres / below: Kirschnick and Duchamp at the laboratory facilities of IRT M2P study

der Nutzungsphase für einen Verbrennungsmotor (ICEV) mit Benzin und ein batterieelektrisches Fahrzeug (BEV) mit einem durchschnittlichen europäischen Strommix berechnet.

Ob die Verwendung des recycelten Bauteils in einem Elektro- oder Benzinfahrzeug vorteilhaft ist, hängt von der Wirkungskategorie und den Spezifikationen der Energiequelle ab. Zudem führt die Substitution von Metallen durch den rezyklierten



at a glance & contact

Funding: ERASMUS+ (May to December 2023)

Partners: Institute de Recherche Technologique – Matériaux, Métallurgie et Procédés (IRT M2P), MUL-VV



Ulrike Kirschnick, MEng, MSc.
ulrike.kirschnick@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2703

Viskoelastizität von Composite Laminaten

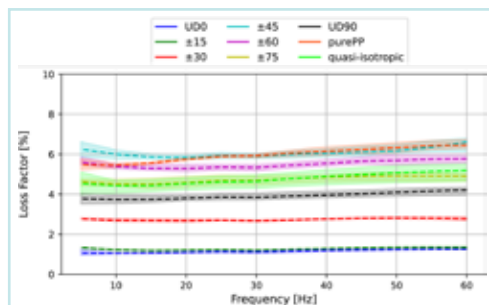
Viscoelasticity of composite laminates

Verbundwerkstoffe werden in Leichtbaustrukturen vor allem wegen ihrer hohen Steifigkeit im Verhältnis zu ihrer Dichte eingesetzt. In vielen Anwendungen, ob in der Luftfahrt oder bei Sportartikeln, ist aber nicht nur die Steifigkeit sondern auch das Schwingungsverhalten – genauer gesagt die Dämpfung – ein wichtiger Aspekt. Während bei den Fasermaterialien (üblicherweise Glas- oder Carbonfaser) von rein elastischem Verhalten ausgegangen wird, zeigt die Kunststoffmatrix üblicherweise ein gewisses Maß an Viskoelastizität. Durch die Anordnung von Endlosfasern in einem geschichteten Laminat entsteht ein Material mit nicht-isotropem Dämpfungsverhalten.

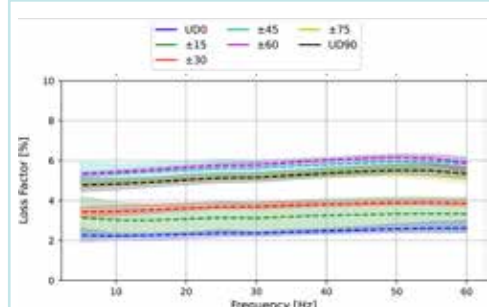
Mit dem steigenden Einsatz von Thermoplasten als Matrixmaterial, die im Vergleich zu Duromeren eine höhere Dämpfung aufweisen, wird es zunehmend wichtiger, dieses Verhalten zu verstehen und auch vorhersagen zu können. Dazu wurde in einem gemeinsamen Projekt zwischen MUL-KKV und MUL-WPK das Schwingungsverhalten von einem Glasfaser- und einem Carbonfaser-Material, beide mit PP Matrix, anhand von Biege-DMA Test untersucht. Für beide Materialien wurden sowohl rein uni-direktionale Proben in Längs- und Querrichtung sowie Laminat mit unterschiedlichem Lagenaufbau verglichen.

Erste Erkenntnisse aus den Tests zeigen, dass der Lagenaufbau den Verlustfaktor wie erwartet stark beeinflusst, wobei die Faserrichtung dabei den geringsten Verlustfaktor aufweist (die Frequenzabhängigkeit ist im betrachteten Bereich sehr gering). Interessant ist allerdings, dass die höchste Dämpfung bei dem ± 45 Laminat auftritt und in einem ähnlichen Bereich wie das reine PP Material liegt, während die Querrichtung (UD90) eine überraschend niedrige Dämpfung aufweist, die sogar unter jenem des quasiisotropen Laminats liegt.

In weiterer Folge soll nun überprüft werden, ob diese Unterschiede mit einem mehrskaligen FEM-Modellierungsansatz qualitativ und auch quantitativ abgebildet werden können.



above: loss factor carbon fiber / PP
below: loss factor glass fiber / PP



Composite materials are used in lightweight structures primarily because of their high stiffness in relation to their density. In many applications, whether in aviation or sports equipment, however, not only stiffness but also vibration behaviour – or, more precisely, damping – is an important aspect. While the fibre materials (typically glass or carbon fibres) are assumed to behave purely elastically, the polymer matrix usually exhibits a certain degree of viscoelasticity. The arrangement of continuous fibres in a layered laminate thus results in a material with non-isotropic damping behaviour.

With the growing use of thermoplastics as matrix materials, which exhibit a higher amount of damping

compared to thermosets, understanding and predicting this behaviour is becoming increasingly relevant. For this reason, a joint project between MUL-KKV and MUL-WPK investigated the vibration behaviour of a glass fibre and a carbon fibre material, both with a PP matrix, using DMA testing in a bending configuration. For both materials, samples with purely unidirectional orientation in the longitudinal and transverse directions were compared to laminates with varying layup.

Initial findings from the tests show that the laminate layup as expected has a significant influence on the loss factor, where the fibre direction exhibits the lowest loss factor (the frequency dependence is very low within the range considered). It is interesting to note, however, that the highest damping occurs for the ± 45 laminate and is similar to that of the pure PP material, while the transverse direction (UD90) exhibits surprisingly low damping which is even lower than that of the quasi-isotropic laminate.

In the following, it will be investigated whether these differences can be captured qualitatively and quantitatively using a multiscale FEM modelling approach. ▴

at a glance & contact

Funding: Montanuniversität Leoben
Partners: MUL-KKV / WPK



Univ.-Prof. Dr. Clara Schuecker
clara.schuecker@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2501



Education & Academic Teaching

Studienreform Teil 2 neues Masterstudium

Study reform part 2 new master's programme

Gerade rechtzeitig für die ersten Absolventen*innen unseres neuen Bachelorstudiums wurde im Jahr 2024 die Entwicklung eines darauf abgestimmten neuen Masterstudiums angegangen, das mit 1. Oktober 2025 startet. Bei der Entwicklung des neuen Studiums „Polymer Science and Engineering“ (PoSE) standen drei Ziele im Vordergrund

- Internationalisierung
- Flexibilisierung
- Modernisierung

Für die internationale Zugänglichkeit des Studiums ist es unumgänglich, das Masterstudium in englischer Sprache anzubieten und auch die Zulassungsvoraussetzungen offener als bisher zu gestalten. Dies bietet in Zukunft auch Quereinsteigern die Möglichkeit, sich in das Thema Kunststofftechnik einzuarbeiten, erfordert von diesen jedoch sicher auch mehr Aufwand und Engagement, um sich das nötige Grundlagenwissen aus dem Bachelorstudium anzueignen.

Um den unterschiedlichen Facetten der Kunststofftechnik und den vielfältigen Interessen der Studierenden Rechnung zu tragen, wurde

auf einen möglichst hohen Anteil an Wahlfächern gesetzt. Im neuen Studium sind daher nur im ersten Semester Pflichtfächer (30 ECTS) vorgesehen. Die Inhalte der restlichen Semester können beliebig aus dem Wahlbereich selbst zusammengestellt werden. Das letzte Semester ist wie üblich der Masterarbeit gewidmet, die formal ebenfalls verpflichtend ist. Das Thema der Arbeit bleibt aber wie bisher grundsätzlich frei wählbar.

Als Antwort auf aktuelle Fragestellungen wurden Themen wie Nachhaltigkeit und digitale Kompetenzen zusätzlich zu den „vier Säulen“ der Kunststofftechnik im Pflichtbereich verankert. Im Wahlbereich werden neben den klassischen Inhalten auch verstärkt gesellschaftlich relevante Inhalte wie z. B. aus den Bereichen Circular Engineering oder Bio- and Medical Polymers angeboten. Weitere Themen können je nach Bedarf in Zukunft sehr einfach als Wahlfächer implementiert werden.

Organisatorisch ist das Studium nun in „Module“ von jeweils fünf ECTS gegliedert. Im ersten Semester stehen dabei sechs verpflichtende Module

am Programm. Alle weiteren Module werden aus dem individuellen Wahlbereich ausgewählt, können teilweise zu „Modulblöcken“ zusammengefasst werden und erlauben so eine Schwerpunktsetzung zu bestimmten Themen. Die Masterarbeit im letzten Semester ist in Verbindung mit dem verpflichtenden Modul „Science and Responsibility“ zu absolvieren.

Der neue Master bietet somit für Studierende aus dem In- und Ausland ein attraktives Studienangebot. Die neuen Möglichkeiten für Quereinsteiger tragen dazu bei, dass Arbeitgeber in der Kunststofftechnik künftig auf mehr qualifizierte Absolvent*innen zurückgreifen können. Je nach Vorbildung aus ihrem Bachelorstudium und den im Master gewählten Schwerpunkten werden diese Absolventen*innen möglicherweise nicht mehr die gesamte Breite der Kunststofftechnik in der früheren Tiefe abbilden, andererseits aber ein breiteres Spektrum an Fähigkeiten aufweisen. In einer Welt mit rasch wechselnden Anforderungen ist diese Verbreiterung als klares Asset zu sehen.



© Hertha Hurnaus

Mehr Infos
zu PoSE



Just in time for the first graduates of our new bachelor's programme, a new master's programme was developed in 2024 as the follow-up degree and will start on 1st October 2025. Three goals have been central to the development of the new programme „Polymer Science and Engineering“ (PoSE)

- Internationalisation
- Flexibility
- Modernisation

To make the programme accessible internationally, it is essential to offer the master's programme exclusively in English and to make admission requirements more open than before. This will offer opportunities for career changers to familiarise themselves with the subject of Polymer

Engineering, but it will certainly require more effort and commitment on their part to also catch up with the necessary basic knowledge from the bachelor's programme.

In order to take into account the different facets of Polymer Engineering and the diverse interests of the students, the programme offers a high proportion of elective courses. In the new programme, compulsory subjects (30 ECTS) are therefore only scheduled for the first semester. The content of the remaining semesters can be chosen freely from the list of electives. As usual, the final semester is dedicated to the Master's thesis, which formally is also compulsory, the topic of the thesis however can be chosen freely.

In response to current issues, topics such as sustainability and digital skills have been added to the “four pillars” of Polymer Science and Engineering to the compulsory subjects. Furthermore, elective courses now also cover current socially relevant topics such as circular engineering and bio- and medical polymers, in addition to traditional content. Furthermore topics can easily be implemented as electives in the future as needed.

In terms of organisation, the programme is now divided into modules of 5 ECTS each. The first semester includes six compulsory modules. All other modules are selected from the individual elective area, some of which can be combined into 'module

blocks,' allowing students to focus on specific topics. The master's thesis in the final semester must be completed in conjunction with the 'Science and Responsibility' module.

The new master's programme thus offers an attractive study option for students from Austria and abroad. The new opportunities for career changers will help ensure that employers in polymer engineering and science will have access to more qualified graduates in the future. Depending on their previous education from their bachelor's degree and specialisations chosen in the master's programme, these graduates may no longer cover the entire spectrum of polymer science and engineering in the same depth as before, but on the other hand, will possess a broader range of qualifications. In a world of rapidly changing requirements, this broadening of profile is clearly an asset. ▲

MODULAR STRUCTURE

4 Semester 120 ECTS

Modul 5 ECTS			COMPULSORY MODULES	Advanced Polymer Chemistry
				Advanced Polymer Physics
				Structural Modeling and Simulation
				Processing of Polymers and Composites Lab
				Polymer Sustainability
				Digital Skills in Polymer Science
			ELECTIVE MODULES (selection)	Technical Biopolymers
				Polymers in Medical Devices
				Applied Rheology of Polymers
				Polymer Recycling Technology
				Circularity of Fiber-Reinforced Composites
				Injection Molding Technology
				Extrusion Technology
				Processing of Fiber-Reinforced Composites
				Mechanical Response of Composites
				Lightweight Design and Optimization
				Fracture Mechanics of Polymers
				Additive Manufacturing with Polymers
				Free Electives
				Master's thesis & defence
				Science and Responsibility module

Erfolgreiches Austauschprogramm mit ECUST Shanghai

Successful exchange programme with ECUST Shanghai

Das Austauschprogramm mit der East China University of Science and Technology (ECUST) entwickelte sich in den letzten Jahren sehr erfolgreich. 2023 konnten wir acht Studierende der vierten Kohorte begrüßen, 2024 wurden bereits 13 weitere für die fünfte Kohorte ausgewählt, die nun ab 2025 ihr Studium in Leoben fortsetzen.

The exchange programme with the Science and the East China University of Science and Technology (ECUST) has developed very successfully in recent years. In 2023, we welcomed eight students from the fourth group, and in 2024, 13 more were selected for the fifth group, who will now continue their studies in Leoben from 2025 onwards.

After five years, the original contract has expired – both partners value the successful cooperation and are aiming to extend it. ▲

Students from the 5th cohort together with professors from KT Leoben



Ein besonderer Meilenstein

Mit Zitong Zhu schloss erstmals eine ECUST-Teilnehmerin in Leoben den Master ab (Abschluss im Juni 2025) und startete im Anschluss ein PhD-Studium an der MUL. Nach fünf Jahren ist der ursprüngliche Vertrag nun ausgelaufen – beide Seiten bewerten die Zusammenarbeit sehr positiv und arbeiten an einer Verlängerung.

A special milestone

Zitong Zhu was the first ECUST participant to complete her Master's degree in Leoben (graduating in June 2025) and subsequently started a PhD programme at MUL.

Internationale Ausbildung mit EEIGM

International education with EEIGM

Seit 33 Jahren bietet die European School of Materials (EEIGM), koordiniert von der Université de Lorraine in Nancy, eine einzigartige Ausbildung im Bereich Materialwissenschaft. Das 5-jährige Studienprogramm wird von sieben Universitäten in Europa getragen – seit 2023 auch

von der Montanuniversität Leoben mit dem Schwerpunkt Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie. Durch den Aufenthalt an mindestens zwei Partneruniversitäten erweitern die Studierenden sowohl ihr Fachwissen als auch ihre Sprachkompetenz. Ein besonderer Fokus liegt auf praxisnaher Forschung. Neben einem sechsmonatigen Forschungsprojekt (vergleichbar mit einer Masterarbeit) an der Universität absolvieren die Studierenden weitere sechs Monate Praktikum in der Industrie, etwa bei Airbus, ABS, Ceratizit oder der ESA.

coordinated by the University of Lorraine in Nancy, has been offering a unique education in the field of materials science. The five-year study programme is supported by seven universities in Europe – since 2023 also by the Montanuniversität Leoben with a focus on materials science and materials technology.

By spending time at at least two partner universities, students expand both their subject knowledge and their language skills. There is a particular focus on practical research in addition to a six-month research project (comparable to a Master's thesis) at the university, students complete a further six-month internship in industry, for example at Airbus, ABS, Ceratizit or the ESA. ▲



Representatives of partner universities visit Leoben

For 33 years, the European School of Materials (EEIGM),

Nachhaltigkeit Lehrende des Departments zertifiziert

Sustainability Department lecturers certified

Seit 2022 bietet die „Allianz Nachhaltige Universitäten in Österreich“ eine Zertifizierung für Hochschullehrende zum Thema Nachhaltigkeit an. In dieser zwei-semesterigen Fortbildung wird das „Zertifikat für Hochschullehrende Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ vergeben. Ziel der Fortbildung ist es, dass Lehrende die eigene Lehre im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ausrichten. Dazu gehört es nicht nur, Nachhaltigkeitskonzepte zu lehren, sondern auch, das eigene Fach in Bezug auf nachhaltige Entwicklung kritisch zu beleuchten und potenzielle Beiträge des Faches zu einer nachhaltigkeitsorientierten gesellschaftlichen Transformation zu vermitteln. Neben fachlichen Themen wie Nachhaltigkeitskonzepte, Klimawandel, etc. wird auch ein starker Fokus auf didaktische Aspekte wie zum Beispiel Open Educational Resources, Verankerung von Nachhaltigkeit in Lehre und Curricula, etc. gelegt.

Drei Lehrende des Departments Kunststofftechnik schlossen im Studienjahr 2023/24 das Zertifikat erfolgreich ab und sind bereits dabei, die wertvollen Inputs in die Lehre zu implementieren: **Katharina Resch-Fauster, Michael Feuchter und Thomas Lucyshyn.**

Katharina Resch-Fauster und **Michael Feuchter** vom Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe nutzten das Abschlussprojekt der Fortbildung, um ein neues Modul „Polymer Sustainability“ für das neu gestaltete Masterstudium Polymer Science and Engineering zu konzipieren. Dieses Modul ist verpflichtend für alle Studierenden und soll sicherstellen, dass alle Absolventen*innen des Masterstudiums neben den technischen Kenntnissen auch solide Grundkompetenzen in Nachhaltigkeitsaspekten haben.

Das Abschlussprojekt von **Thomas Lucyshyn** vom Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung befasste sich mit der Konzeption des Projektthemas

„Recyclingfähigkeit von Kunststoffverpackungen“ im Rahmen der Do-it Labs im Bachelorstudium MaWiTech.

Since 2022, the ‘Alliance of Sustainable Universities in Austria’ has been offering certification for university lecturers on the topic of sustainability. In this two-semester course, the ‘Certificate for University Lecturers in Education for Sustainable Development’ is awarded. The aim of the training course is for lecturers to orientate their own teaching towards sustainable development. This includes not only teaching sustainability concepts, but also taking a critical look at one’s own subject in relation to sustainable development and communicating potential contributions of the subject to a sustainability-orientated social transformation. In addition to subject-specific topics such as sustainability concepts, climate change, etc., there is also a strong focus on didactic aspects such as open educational resources, anchoring sustainability in teaching and curricula, etc.

Three lecturers from the Department Polymer Engineering and Science successfully completed the certificate in the 2023/24 academic year and are already implementing the valuable input into their teaching: **Katharina Resch-Fauster, Michael Feuchter and Thomas Lucyshyn.**

Katharina Resch-Fauster and **Michael Feuchter** from the Institute of Materials Science and Testing of Polymers used the final project of the course to design a new ‘Polymer Sustainability’ module for the redesigned Master’s degree programme in Polymer Science and Engineering, which is mandatory for all students and is intended to ensure that all graduates of the Master’s degree programme have solid basic skills in sustainability aspects in addition to technical knowledge.

The final project by **Thomas Lucyshyn** from the Institute of Polymer Processing dealt with the conception of the project topic ‘Recyclability of plastic packaging’ as part of the Do-it Labs in the Bachelor’s programme MaWiTech. ▲



Die Studienvertretung Kunststofftechnik (STV KT)

Student representatives „Polymer Engineering and Science“

Wie jedes Jahr begrüßt die Studienvertretung die neuen Studierenden ihrer Studienrichtung. Dies nun schon seit einigen Jahren gemeinsam mit der Studienvertretung Werkstoffwissenschaften aufgrund des gemeinsamen Bachelorstudiums Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie. Im Laufe des Studiums können sich die Studierenden dann auf den Studiengang Kunststofftechnik spezialisieren. Gerade am Anfang des Studiums ist es wichtig, die Erstsemestrigen zu begleiten und wichtige Informationen zu vermitteln. Die Studienvertretung steht den Studierenden von Tag eins an mit Rat und Tat zur Seite.

Die Studienvertretung ist ein Bindeglied zwischen Studierenden und Lehrenden und unterstützt sie bei allen anfallenden Fragen und Problemen während des Studiums. Sie vertritt die Studierenden gegenüber den Professoren*innen und dem universitären Mittelbau in diversen

Anliegen. Ein wichtiger Aspekt im vergangenen Jahr war auch die Ausarbeitung eines Curriculums für das neue Masterstudium für das Fach Kunststofftechnik, wo auch die Studienvertretung in der Curriculumskommission vertreten war.

Daneben ist es auch ein Ziel der StV, die Studierenden untereinander und auch mit Lehrenden zu vernetzen. Dies gelingt im Rahmen der jährlichen Weihnachtsfeier (KomeTogether) und des Sommerfests (Spanferkelgrillen) gemeinsam mit dem Verband Leobener Kunststofftechniker (VLK). Kleinere Events wie die Winter- & Sommerhütte, gemeinsame Frühstücke, Eisessen oder auch Bierpongturniere wurden veranstaltet, um den Studienalltag abwechslungsreich zu gestalten.

As every year, the student representatives welcome new students

of their study program. For several years now, this has been done jointly with the materials science student representatives due to the joint Bachelor's Programme in Materials Science and Technology. In the course of their studies, students can then specialise in Polymer Engineering and Science. Especially at the beginning of their studies, it is important to support first-year students and provide them with important information. The student representatives are there to help and advise students from day one.

The student representatives act as a link between students and lecturers and support them with any questions or problems that arise during their studies. It represents students in various matters vis-à-vis professors and university staff. An important aspect in the past year was also the development of a curriculum for the new master's programme in Polymer Engineering and Science, where the student representatives were also represented in the curriculum committee.

In addition, one of the StV's goals is to connect students with each other and with lecturers. This is achieved through the annual Christmas party (KomeTogether) and the summer party (Spanferkelgrillen) in collaboration with the Polymer Engineering and Science Leoben Association (VLK). Smaller events such as the winter and summer huts, joint breakfasts, ice cream parties, or even beer pong tournaments were organised to add variety to everyday student life. ▲



© Hannes Prousch Photography

Die Studienvertretung KT 2023–2025 v.l.n.r. / he KT 2023–2025 student representatives from left to right Leonie Wenk (Vorsitzende / chairwoman), Paul Koll (1. stellv. Vorsitzender / 1st vice chairman), Idria Tributsch (2. stellv. Vorsitzende / 2nd vice chairwoman)

Gemeinsam die Kunststofftechnik stärken Strengthening Polymer Engineering and Science together

Unter der Präsidentschaft von Prof. i.R. Walter Friesenbichler (seit Dezember 2022) und der Geschäftsführung von David Zidar wurde das Team des **Verband Leobener Kunststofftechniker (VLK)** durch Stephanie Rechberger ergänzt. Zusätzlich birng das zwölfköpfige Students-Team unter Anita Kothgasser frischen Schwung in die Verbandsarbeit.

Der VLK verfolgt konsequent vier Ziele

- Förderung des Mitgliedernetzwerks
- Unterstützung von Studierenden
- Wissenschaftlicher Austausch
- Stärkung der Kunststofftechnik in Österreich

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Förderung von Studierenden. So werden unter anderem Beiträge zu Firmenbesuchen, Messebesuchen und Exkursionen geleistet. Darüber hinaus werden herausragende Bachelorarbeiten durch die MAWITECH-Initiative mit Prämien ausgezeichnet. Zudem übernimmt der Verein die Kosten für die Teilnahme an den LKK – im Gesamtwert von 3.500 €.

Mit regelmäßigen Stammtischen in sechs Bundesländern, stabiler Finanzlage und interaktiver VLK-Website fördern wir nachhaltige Netzwerkpflege. Die KT Leoben NEWS informiert etwa viermal jährlich über Entwicklungen, Events und Initiativen.



Walter Friesenbichler
Präsident



David Zidar
Geschäftsführer



Anita Kothgasser
Vorsitzende VLK Students

Under the presidency of Prof. emer. Walter Friesenbichler (since December 2022) and the management of David Zidar, the team of Verband Leobener Kunststofftechniker (VLK) has been expanded with the addition of Stephanie Rechberger. In addition, the twelve-member student team led by Anita Kothgasser brings fresh energy to the association's work.

The VLK consistently pursues four key goals

- Promotion of the member network
- Support for students
- Scientific exchange
- Strengthening plastics engineering in Austria

A key focus is placed on supporting students. This includes contributions to company visits, trade fairs, and excursions. Outstanding bachelor theses are

recognized with awards through the MAWITECH initiative. Additionally, ticket costs for the LKK – amounting to € 3,500 – are fully covered.

With regular meetups ("Stammtische") in six federal states, stable finances, and an interactive VLK website, we promote sustainable networking. The **KT Leoben NEWS** informs members approx. four times a year about developments, events, and initiatives. ▲



Jetzt registrieren auf / register now at
www.vlk.community

Erstelle dein Profil, vernetze dich mit anderen Fachleuten, tausche dich aus und entdecke neue berufliche Chancen!

Du möchtest an einem Stammtisch teilnehmen?
Kein Problem – unsere Ansprechpartner*innen helfen dir gerne weiter. Alle Informationen dazu findest du auch auf unserer Website.



© der Bilder: VLK

Von Kremsmünster bis Altenmarkt – Fachexkursion KT

From Kremsmünster to Altenmarkt – KT field trip

Vom 2. bis 6. Oktober 2023 erkundeten Studierende des Departments Kunststofftechnik im Rahmen der jährlichen Fachexkursion führende Unternehmen der Branche. Die Reise führte von Greiner Bio-One in Kremsmünster über Starlim Spritzguss in Marchtrenk und KTM Technologies in Anif bis zu STRATEC

Consumables und Atomic Austria in Altenmarkt.

Die Teilnehmer*innen erhielten spannende Einblicke in modernste Fertigungsprozesse, nachhaltige Materiallösungen und innovative Produktentwicklungen – und nutzten die Gelegenheit, wertvolle Kontakte in die Industrie zu knüpfen. –

From 2 to 6 October 2023, students from the Department of Polymer Engineering and Science explored leading companies in the industry as part of their annual field trip. The trip took them from Greiner Bio-One in Kremsmünster to Starlim Injection Molding in Marchtrenk and KTM Technologies in Anif to STRATEC

Consumables and Atomic Austria in Altenmarkt.

Participants gained exciting insights into state-of-the-art manufacturing processes, sustainable material solutions and innovative product developments – and took the opportunity to establish valuable contacts in the industry. ▲



Fachexkursion Amsterdam – Zukunft der Kunststofftechnik

Field trip to Amsterdam – The future of plastics technology

Im Rahmen einer fünftägigen kunststofftechnischen Exkursion hatten unsere Studierenden die Gelegenheit, tief in das Thema der Kreislaufwirtschaft einzutauchen. Zentrales Highlight war der zweitägige Besuch der Plastic Recycling Show Europe (PRSE2025) mit zahlreichen namhaften und innovativen Ausstellern.

Ergänzt wurde das Programm durch spannende Unternehmensbesichtigungen – u. a. bei SKF und Wavin. Natürlich durfte auch das Erkunden der Stadt Amsterdam nicht fehlen – eine gelungene Kombination aus fachlichem Austausch und kulturellem Erlebnis.

the topic of the circular economy. The highlight was a two-day visit to the Plastic Recycling Show Europe (PRSE2025) with numerous renowned and innovative exhibitors.

The programme was complemented by exciting company visits, including SKF and Wavin. Of course, exploring the city of Amsterdam was also a must – a successful combination of professional exchange and cultural experience. ▲



During a five-day plastics technology excursion, our students had the opportunity to delve deeply into

Abschlussarbeiten

Theses

Absolventen*innen | Graduates

2023 Master's Theses 20
Doctoral Theses 10

2024 Master's Theses 23
Doctoral Theses 15

MASTERARBEITEN 2023 | MASTER'S THESES 2023

Juan CARDENAS VELASCO

Evaluation of repairing techniques for damaged natural fiber reinforced composites

Paula CORBILLÓN CASTRO

Immiscible Polymer Blends Relationships between Processing Conditions, Morphology, and Mechanical Properties

Maximilian EKAM

Investigation of the influence of speed increase in pultrusion by means of design of experiment on the barrier properties of glass fiber reinforced polyester profiles.

Viktoria FEIGL

Development of electrically conductive resins for DLP printing applications

Andrea Mariana GÓMEZ CONTRERAS

Effect of weld lines on in-vitro drug release from additively manufactured pharmaceutical devices of ethylene vinyl acetate (EVA) produced via material extrusion (MEX)

Michael Willy GRIEBER

Untersuchung des Einflusses der chemischen Zusammensetzung von Polymer-basierten Beschichtungen auf Oberflächen- und Materialparameter und deren taktile Wirkung

Magdalena HABICHER

Einfluss der Materialvorbehandlung und Prozessparameter auf die Eigenfluoreszenz von spritzgegossenen Cyclo Olefin Polymer Bauteilen

Alexander HELLMAYR

Entwicklung gefüllter Photopolymere für die Additive Fertigung von Zinggussformen

Klaus HINTERBERGER

Influence of Epoxy Chain Extender and Multi-Stage Compounding Process on the Properties of Poly-(R)-3-hydroxybutyrate

Markus HOLLITSCH

Influence of the Textile Architecture on its Transversal Compaction Behaviour

Philipp Arno Franz HUBER

Experimental and Numerical Investigation of Mechanical Metamaterials Produced by Selective Laser Sintering

Philip Anton JOCHUM

Screening Method Development for Die Drool in Extrusion Blow Moulding for PCR PEHD

Veronika KOSS

Delamination resistance testing of fiber reinforced polymer laminates combined with acoustic emission analysis

Annika LENDER

Surface modification of inorganic fillers and their use in advanced thermoplastic polyurethane composites

Linda Marlen SCHATZ

Batch variations of post-consumer recyclates and their influence on material properties

Michael Christian SÖLLNER

Methode zur Auswahl alternativer Materialpaarungen für Kunststoffrollen unter Beachtung anwendungsspezifischer Prüfmethoden

Marcel STANISZEWSKI

Einfluss von Fließhilfsmitteln auf Polyamid 12 basierte Pulver für das Pulverbettsschmelzen

Carina TRAUSSNER

Influence of anion and cation structure on ionic liquid based epoxy systems as reversible adhesives

Thomas TRÖSCHER

Comparison of different measuring methods for thermo-mechanical characterization of polymer powders

Tabea Chiara ZIRNIG

Bestimmung des Schwindungsverhaltens von spritzgegossenen, glasfaserverstärkten Kunststoffen

Abschlussarbeiten

Theses

MASTERARBEITEN 2024 | MASTER'S THESES 2024

Alan ARCETA LOZANO

Development of thermo-responsive silicon resins for safety applications

Philipp BEIER

Fabrication of multi-material dielectric elastomer actuators with the additive manufacturing process of material extrusion

Paul EIGRUBER

Untersuchung bio-basierter Alkohole als Thermostabilisatoren in der PVC-Verarbeitung

Alexander Lukas GRAF

Investigating Hydrogen Diffusion in Filled Polymers with Simple Geometries An ABAQUS Simulation Study

Margarete HUFNAGL

Influence of binder compositions, solvents, and material extrusion parameters on aluminum additive manufacturing via SDS

Anna Baaba JACOBS

Spherulite Growth and Crystallization Kinetics of Polypropylene and its blends

Alexander Johannes LADINIG

Umgebungsbedingte Spannungsrissbildung in Polyethylen Analyse verschiedener Testmethoden.

Johanna LANG

Isothermal and Non-Isothermal DSC Analysis towards the Formulation of a Low-Temperature Curing Epoxy-Alcohol Resin

Daniel Tianhao LIU

A characterization program for cell spacer materials unveiling key performance parameters for advanced battery stack assemblies

Carina MAURER

Herstellung von Farbmasterbatches mit unterschiedlichen Trägermaterialien für die weitere Verwendung bei der Produktion von PET-Folien und -Platten

Rene OBWALLER

Influence of Process Parameters on Interfacial Adhesion, Mechanical and Thermomechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Epoxy Resin in Printed Circuit Boards

Laurin PAULCZINSKY

Characterization of the in-situ effect in cross-ply laminates using acoustic emission analysis and optical crack detection

Maximilian PETTINGER

Failure of orthogonal woven composites

Franz Peter PUREGGER

Characterization of short fiber reinforced polymers in the very high cycle fatigue regime

Marco SARTORI

Entwicklung von auf Magnesiumhydroxid basierenden flammgeschützten hochviskosen Polypropylencompounds für Lüftungsröhre

Martin SCHEDLER

Evaluierung des Einsatzes von Spritzgießsimulation zur Vorhersage der Maßstreuungen von Kunststoffformteilen

Sebastian Dalibor SCHMID

Ermittlung der Gelzeit mittels Nahinfrarotspektroskopie in der lösungsmittelfreien Prepreg Herstellung

Benjamin SCHULHOFER

Einfluss des Rezyklat-Anteils und des Spannungsverhältnisses auf das Risswachstumsverhalten eines HDPE Blasform Typs

Benjamin SYDORL

Modification of PTFE particles towards anion conducting properties

Martin Valentin WATZENIG

Biobasierte Binder für Naturoberflächen

Philip WEHINGER

Einfluss von Farb-Masterbatches auf adhäsive, elektrische sowie flammhemmende Eigenschaften ausgewählter technischer Thermoplaste

Valentina WÖGERBAUER

Wareneingangskontrolle von rezyklierten und Neuware-Polypropylenen mittels Folienextrusion

Daniel Andreas ZACH

Characterization of the viscoelastic material properties of FR-4 materials

DISSERTATIONEN 2023 | DISSERTATIONS 2023**Walter ALABISO**

Innovative design of covalent adaptable polymer networks Chemistry of new catalysts for bond exchange reactions and strategies towards controlled and efficient self-healing

Chiara BARRETTA

Characterization of material interactions of polymers in PV modules

Petra CHRISTÖFL

Nanoindentation of polymers

Matthias Anton DRVODERIC

Modeling fatigue damage in composite laminates

Martin Andreas HUBMANN

Process optimization and simulation of film insert molding for electronic applications

Saeid SAEIDI AMINABADI

Advancing Industry 4.0 AI-Enhanced In-Line MIMO Quality Control for Piano-Black Curved Plastic Injection Molded Parts with OPC UA Integration

Usman SHAUKAT

Development of Stimuli-Responsive photopolymers for the 3D-printing of functional active devices

Katharina Anna SOMMER

Photopolymers for the additive manufacturing of injection moulding inserts

Johannes WIENER

Biomimetic concepts for the optimization of mechanical properties in layered polymeric materials

Neha YADAV

Inline monitoring and control for Automated Tape Laying

DISSERTATIONEN 2024 | DISSERTATIONS 2024**Mauricio AZEVEDO DE FREITAS**

Material data determination of liquid silicone rubber characterization methods for a reliable injection moulding simulation

Ines CAZIN

Synthesis of stimuli-responsive polymers for the preparation of complex 3D objects with spatially resolved functionalities

Tobias GEHLING

Influence of Different Manufacturing Methods and Conditions on the Fatigue Behavior of Nitrile Butadiene Rubber

Lukas HENTSCHEL

Material Selection and Process Development of Droplet Based Additive Manufacturing for Medical Implants

Alexander LEGENSTEIN

Enhancing the Automated Tape Placement Process Novel Approaches in Flashlamp Heating and Tape Steering for Thermoplastic and Natural Fiber Composites

Muhammad Salman MALIK

Application of frontal polymerization on an industrial scale-challenges and solutions

Matthias Wolfgang MÜLLER

Surface modification with germanium-based photoinitiators and surface-mediated photopolymerization techniques

Stefanie Monika MÜLLER

Orthogonal Photoreactions for the Realization of Multifunctional Photopolymer

Stefan NEUNKIRCHEN

On the Potential of Epoxy Binder Rovings in Automated Dry Fiber Filament Winding

Lucija PUSTAHJA

Sequential surface modification of activated carbon

Matthias RETTL

Optimization of toughness in materials with propagating and reinitiating cracks

Moritz SALZMANN

Inline Process Monitoring Using Near-Infrared Spectroscopy in Liquid Composite Molding Processes Measurement and Analysis of Critical Parameters in Epoxy/Amine Resin Systems

Markus SCHWAIGER

Flexible und biobasierte Epoxidharzsysteme Entwicklung, Optimierung und Anwendung in hybriden Werkstoffen

Andreas THALHAMER

Virtual Optimization of 3D Printed Structures with Tailored Mechanical and Functional Properties

Florian WANGHOFER

Synthesis and characterization of ionic liquid-based epoxides for advanced applications

Lehrenden- und Studierendenaustausch

Exchange of lecturers and students

INCOMING

Alejandro FONSECA

Katholieke Universiteit, Leuven, Belgium, 03.2023 – 07.2023 Alejandro Fonseca is an external PhD student at our institute (joint PhD program with the KU Leuven) and has carried out experiments (kneading, rheology, flame tests) for his dissertation on halogen-free phosphorus-based flame retardants at our institute during two stays.

Lukas TRAVNICEK

Institute of Physics of Materials, Czech Academy of Sciences, Czech Republic, 06.2023 – 01.2025 Lukas Travnicek is a Post-Doc in the Group of Prof. Pravel Hutar of the Institute of Physics of Materials of the Czech Academy of Sciences in Brno. During his 1 year Post-Doc stay in Leoben he dealt mainly with polymeric pipe grade materials and aided Florian Arbeiter during the start-up phase of the new Christian Doppler Laboratory ImReMat

Rebekka LORBER

Faculty of Polymer Technology Slovenj Gradec, Slovenja, 07.2023 – 12.2023 Rebekka Lorber is an external doctoral student at our institute and has carried out experiments (kneading/rheology) for her dissertation on vitrimers at our institute during several visits.

Samuel UHLIARIK

Czech Technical University, Prague, Czech Republic, 07.2023 – 08.2023 Samuel Uhlíarik joined us through the IAESTE program and worked on Measuring rheology of polymers and the pressure anisotropy of granules and flakes.

Luciana Kuraba BUOSO

AMASE, Brazil, 11.2023 – 06.2024 Luciana is a student of the AMASE Master's Program and works on the topic of material performance used in extrusion based additive manufacturing

Manuela MARCOS

AMASE, Argentina, 11.2023 – 07.2024 Manuela is a student of the AMASE Master's Program and works on the use of polyethylene pipe materials for the transportation of gaseous hydrogen

Marina BALESTRIERE

AMASE Argentina; 01.2024 – 01.2025 Marina is a student of the AMASE Master's Program and works on the impact on the lifetime performance of polypropylene mixtures

Anna Baaba JACOBS

AMASE, Ghana, 02.2024 – 08.2024 Anna was a student of the AMASE Master's Program and worked on the topic of nucleation and crystallization of polypropylene mixtures

Ondrej MERTLIK

Tomas Bata University, Czech Republic, 02.2024 – 03.2024 Ondrej Mertlik, PhD student investigated the possibilities for foaming of bio based polymers like PLA. Therefore he used the Rosendahl 45 single screw extruder with the special setup for physical foaming. The screw has an additional shear element and a dynamic and a static mixer. The die, he finally used, produced a rectangular shape and at the exit of the die the solved gas, in this case nitrogen, the nucleation and the bubble growth happens and the foam starts to expand and after the cooling a solid foam forms.

John Vincent TUMANENG

Politecnico di Torino, Italy, 04.2024 – 09.2024 In the framework of the Marie Curie Training project ESPERANTO, John Vincent Tumaneng (PhD student at Politecnico di Torino) spent his 6 months secondment at PCCL and MUL. His work was dedicated to the synthesis and characterization of dynamic polymer networks.

Rostislav VILÉM

Tomas Bata University, Czech Republic, 04.2024, Rostislav Vilém, PhD student researches on the rheological behaviour of PLA based blends and he wanted to use the Leistritz inline rheometer, but as it doesn't arrive in time he used a slit die mounted on the injection molding machine. He could measure eight different blends in shear rate range of 200 to about 8000 1/s. The first results agree well with the already measured data using different methods.

Andreas KLINGLER,

Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe (IVW), Germany, 05.2024 – 09.2024 Dr. Andreas Klingler is a postdoctoral researcher at IVW and prepared and characterized dynamic polymer networks with selected fillers during his research stay at PCCL and MUL.

Aleksi MODEBADZE

Tomas Bata University, Czech Republic, 05.2024 – 08.2024 Aleksi Modebadze, studied his bachelor's degree in chemistry in Georgia and is currently enrolled in a master's program of plastics engineering at Tomas Bata University in Zlín, in the south-east of the Czech Republic. He will be working on the two projects CircularBioMat and Recycle4Repair, where he will collect the necessary material data. In particular, he will investigate the viscosity of Tecnaro's bio-based polymers and compare them with the petroleum based polymers currently in use.

Alberto Jesús CANO ARAGÓN

Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Spain, 06.2024 – 07.2024 Alberto Jesús Cano Aragón is an Assistant Professor at the URJC in Madrid in the field of applied mechanics and fracture mechanics at the Departamento de Tecnología Química, Energética, Mecánica. During his stay in Leoben he dealt

with environmental stress cracking behaviour of high impact polystyrene. The work was done within the framework of the European Structural Integrity Society (ESIS)

Embla HATLEBAKK

Norwegian University of life science, Norway, 06.2024– 08.2024
Embla Hatlebak is in her fourth year of an integrated mechanical engineering program at the Norwegian University of Environment and Life Sciences in Ås, Norway south of Oslo. She will be helping to mix the final feedstocks for the ALF³ project and then carry out the adhesive force measurements on the material extrusion printer in a systematic experimental design. She will also be involved in material data characterization.

Armando ESCRIBA,

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGIL
Spain, 07.2024 – 09.2024
In the framework of an ERASMUS scholarship, Armando Escriba (PhD student at UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGIL) 3D printed and characterized multimaterial dynamic polymer networks.

Amelie BOVE

Université de Lorraine/Nancy France; 09.2024– 02.2025
Amelie Bove started her studies in France at the EEIGM (Université de Lorraine) in the Department of Materials Science and has already completed a semester abroad in Sweden at the LTU (Luleå). She is involved in the Lightcycle project, which aims to recycle thermoplastics filled with glass fibers. Here she is working on the analysis of glass fiber length distributions in the recycled products. The increased proportion of fiber fragments that no longer have a reinforcing effect poses major challenges for both the analysis of the distribution and the recycling itself.

Martin CVEK, DR.

Tomas Bata University, Czech Republic, 09.2024 – 11.2024
In the framework of an ERASMUS scholarship, Dr. Martin Cvek (postdoctoral researcher at Tomas Bata University) studied new curing techniques for dynamic polymer networks.

Anthony HOOGMARTENS

École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Swiss, 10.2024 – 12.2024
In the framework of the Marie

Curie Training project ESPERANTO, Anthony Hoogmartens (PhD student at EPFL) spent his secondment at PCCL and MUL. His work was dedicated to the synthesis and characterization of frontally curable dynamic polymer networks.

Natalia Paulina LOPEZ CAMPUZANO

AMASE, Colombia, 12.2024 – 02.2025
Campuzano is a student of the AMASE Master's Program and works on materials used in battery applications

Rebecca MATTSON, MSC.

KTH Schweden, Sweden, 12.2024 – 03.2025
As part of a bilateral collaboration with KTH Stockholm, MSc. Rebecca Mattson (PhD student) is working on the synthesis and characterisation of bio-based dynamic polymer networks.

Carmen HERERO MELO

AMASE, Spain, 03.2025 – 08.2024
Carmen is a student of the AMASE Master's Program and works on the topic of fatigue of short fibre reinforced polymers

OUTGOING

Priyanka MAIN

University Ghent / Pack4Food, Belgium, 02.2023 – 04.2023
Priyanka Main is a PhD student in the H2020 MSCA project C-PlaNet. The project includes a total of 6 months stay in partner universities and additionally 2 months in industry. In October 2021, Ms. Main has done 1 month industrial internship at the organization Pack4Food and afterwards 3 months research stay at Ghent University (subject area recycling of biopolymers).

Ulrike KIRSCHNICK

Institut de Recherche Technologique – Matériaux, Métallurgie et Procédés (IRT M2P), France, 05.2023 – 12.2023
Ulrike Kirschnick is a PhD student in the processing of composites group and joined the French research institute IRT M2P in Metz

within the frame of an ERASMUS mobility. In France, she worked on Life Cycle Assessment (LCA) of carbon fiber recycling with a focus on the remanufacturing process. Specifically, she worked on Resin Transfer Molding to produce a car door panel together with multiple industrial partners. She evaluated the environmental performance of using these recycled materials in an industrial-size, automated process as an alternative to metals currently used in the automotive sector.

Natalie SENCAR

Universitat Polytechnica de Valencia Spain, 11.2023
Natalie attended the training program called „ETSEAMN Staff Training Programme“ at the Universitat Polytechnica de Valencia as part of the „Erasmus + Staff Mobility program“. The 15th ADM Valencia

for Administration Staff included job shadowing and training workshops. 60 participants from all over Europe took part.

Clemens HOLZER

Université de Lorraine/Nancy, France, 10.2024
„As part of the European School of Materials (EEIGM), Prof. Clemens Holzer and Prof. Raul Bermejo (Chair of Structural and Functional Ceramics) held two lecture units for around 20 motivated students on the program. The topics were recycling polymers and designing with ceramics.
The EEIGM is a French engineering university that belongs to the Université de Lorraine. It offers a 5-year study program offered by seven universities in the EU (including universities in Germany, Spain, Sweden, Belgium, France), including Austria.



Cooperations & Partners

Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL)

Die Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL), ein COMET-K1 Zentrum, ist ein kooperatives Forschungsunternehmen auf dem Gebiet der Kunststofftechnik. Als bedeutendster Forschungspartner des Departments spielt das PCCL eine zentrale Rolle in der gemeinsamen Forschung und Entwicklung von innovativen Lösungen in den Polymerwissenschaften.

Duomere, frontal polymerisierbare Harze mit ausfallsicheren Eigenschaften), fortschrittliche Prozesstechnologien (z. B. thermomechanisches Recycling von Elastomeren, neue Sortierstrategien für das mechanische Recycling von Post-Consumer-Polymerabfällen) sowie digitale Werkstofflösungen für Leiterplatten und KI-basierte Methoden in der Qualitätskontrolle.

Hierzu zählt die Verwendung von rezyklierten thermoplastischen Polymeren in Struktur-Anwendungen wie z. B. Rohrmaterialien, aber auch der Einsatz von Elastomertechnologie z. B. für hochbelastete Dichtungen in Energie-relevanten Anwendungen. Ein weiteres Beispiel für einen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft ist die Sortierung von Post-Consumer-Waste mittels optischer und spektroskopischer Verfahren unter Anwendung von multivariater Datenanalyse. Projekte zu Photovoltaikmodulen und zur Verwendung von Kunststoffen in der Energiespeicherung tragen zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele bei. Digitale Technologien haben in der Forschung des PCCL ebenfalls ihren festen Platz erobert. Als Beispiele seien die Modellierung und Simulation von Compositen und Multi-Material Strukturen in der Elektronik-Industrie und die AI-gestützte Erfassung des optischen und haptischen Erscheinungsbildes von Kunststoffoberflächen genannt.

Aktuell werden von PCCL im non-COMET Bereich, neben vielen national geförderten und EU-Projekten, auch zwei FFG COMET-Module unter Beteiligung von Lehrstühlen des Departments bearbeitet. „Repairecture“ (siehe S. 52, 57, 70) fokussiert auf innovative Simulationsansätze, neue Materialien sowie Design- und Verbindungskonzepte zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft für polymerbasierte Produkte und Verbundmaterialien, die ihre Funktion, Eigenschaften und Attraktivität über eine verlängerte Lebenszeit beibehalten.



Im Zentrum der Aktivitäten von rund 100 Mitarbeiter*innen stehen polymere Struktur- und Funktionswerkstoffe sowie die zugehörigen Technologien der Herstellung und Verarbeitung und moderne Simulations- und Modellierungsansätze als Grundlage für Innovationen in einem breiten Feld von Anwendungsbereichen. Ein erklärtes Ziel des PCCL ist es, aktiv zur Lösung aktueller globaler Probleme beizutragen, die mit der Herstellung, Anwendung und Entsorgung von Produkten auf Polymerbasis zusammenhängen und Antworten mit hohem sozioökonomischem Impact zu liefern. Beispiele für die Technologieentwicklung des Zentrums sind neue Polymerwerkstoffe mit besonderen Eigenschaften (z. B. umformbare und schweißbare

Im Forschungsprogramm des PCCL haben zudem umweltverträgliche Polymere, das Rezyklieren von Kunststoffen und Anwendungen von Polymeren in den Bereichen Elektronik, Mobilität und Energiegewinnung eine hohe Bedeutung und sind in zahlreichen Projekten abgebildet.

Key Focus Areas of PCCL

- Recycling and reuse of plastics
- Increasing energy efficiency and material savings in production processes
- Improving the service life and durability of polymer products
- Applying bio-based polymers in technical products
- Using data-driven and AI-supported methods
- Modeling and simulation to increase the productivity of the plastics industry

„BattLab“ (High performance battery systems driven by polymer science and virtual material engineering, siehe S. 44) kombiniert die Methoden aus der Multiphysik Werkstoffsimulation mit den Grundlagen der Polymerwissenschaft, um die Basis für die Hochleistungsbatteriesysteme der Zukunft zu schaffen.

Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL), a COMET-K1 centre, is a cooperative research enterprise in the field of Polymer Engineering and Science. As the department's most important research partner, PCCL plays a central role in joint research and development of innovative solutions in polymer science. The activities of around 100 employees focus on polymeric structural and functional materials and the associated manufacturing and processing technologies, as well as modern simulation and modelling approaches as a basis for innovations in a wide range of application areas.

One of the PCCL's stated goals is to actively contribute to solving current global problems related to the manufacture, use, and disposal of polymer-based products and to provide solutions with a high socioeconomic impact. Examples of the centre's technology development include new polymer materials with special properties (e.g., formable and weldable duromers, frontally polymerizable resins with fail-safe properties), advanced process technologies (e.g., thermo-mechanical recycling of elastomers, new sorting strategies for the mechanical recycling of post-consumer polymer waste), and digital material solutions for printed circuit boards and AI-based methods in quality control.

Environmentally friendly polymers, plastics recycling, and polymer applications in the fields of electronics,

mobility, and energy generation are also high priorities in the PCCL's research program and are reflected in numerous projects. These include the use of recycled thermoplastic polymers in structural applications such as pipe materials, but also the use of elastomer technology, e.g., for heavy-duty seals in energy-related applications. Another example of a contribution to the circular economy is the sorting of post-consumer waste using optical and spectroscopic methods with the application of multivariate data analysis. Projects on photovoltaic modules and the use of plastics in energy storage contribute to the achievement of sustainability goals. Digital technologies have also become an integral part of PCCL's research. Examples include the modelling and simulation of composites and multi-material structures in the electronics industry, and AI-supported recording of the optical and haptic appearance of polymeric surfaces.

In addition to European and other national funded projects, PCCL is currently working on two FFG COMET modules in the non-COMET area with the participation of institutes from the department. „Repairtec-ture“ (see p. 52, 57, 70) focuses on

innovative simulation approaches, new materials, and design and connection concepts for creating a circular economy for polymer-based products and composite materials that retain their function, properties, and attractiveness over an extended lifetime. „BattLab“ (High performance battery systems driven by polymer science and virtual material engineering, see p. 44) combines methods from multiphysics material simulation with the fundamentals of polymer science to create the basis for the high-performance battery systems of the future. ▲



at a glance & contact

- Founded: 2002
- Organisation: Limited company
- Employees: 100
- www.pccl.at



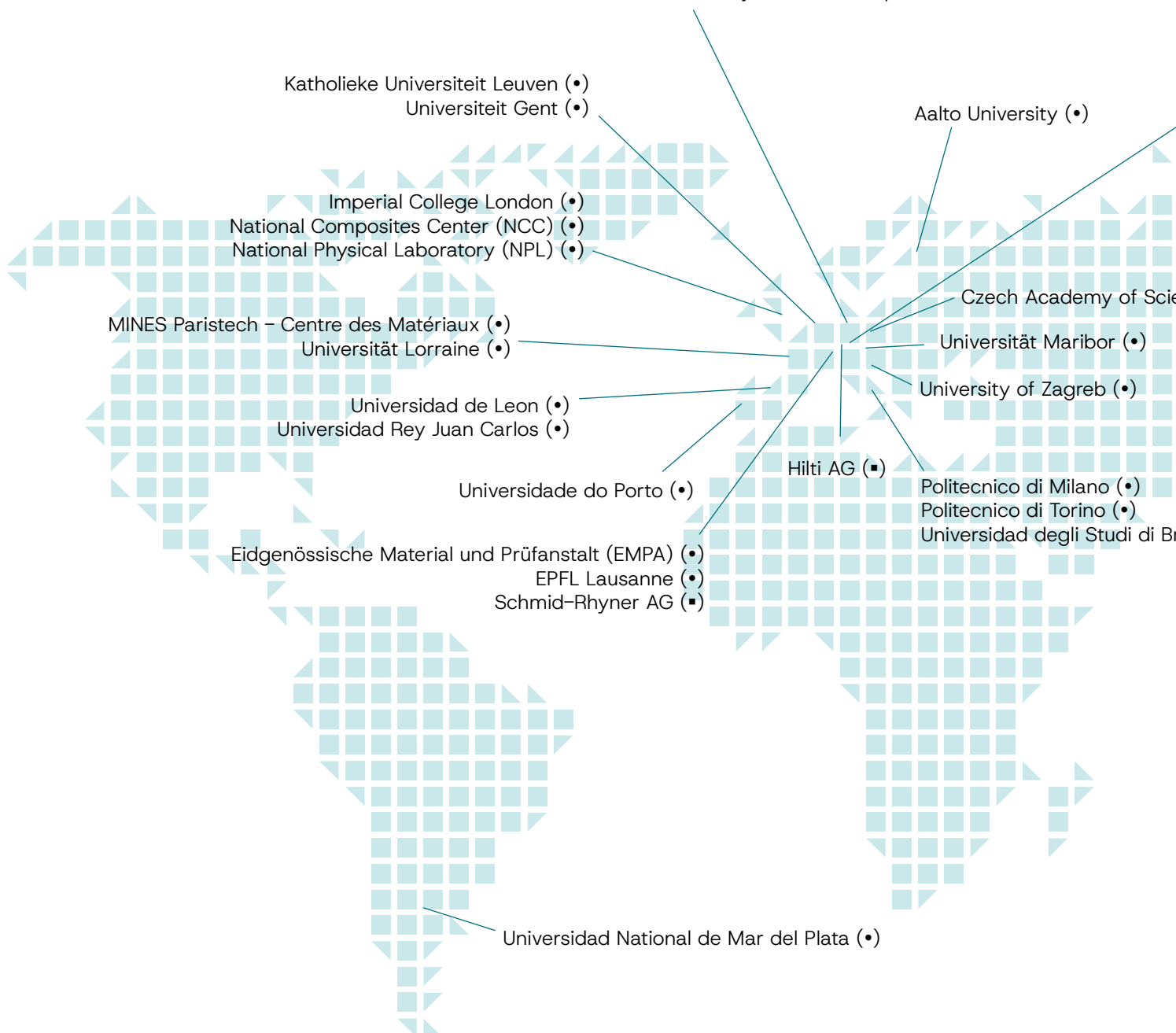
Dipl.-Ing. Dr. Elisabeth Ladstätter
elisabeth.ladstaetter@pccl.at
 +43 3842 42962 0

Kooperationspartner (Auswahl)

Cooperation partners (selection)

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (•) | Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM (•) | Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS (•) | Hochschule Pforzheim (•) | Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau, Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) (•) | Universität Augsburg (•) |

Arburg GmbH & Co KG (▪) | BMW (▪) | Bruno Bock GmbH (▪) | Evonik Resource Efficiency GmbH (▪) | Leistriz AG (▪) | Lenser Filtration GmbH (▪) | RIA-POLYMERS GmbH (▪) | SGL TECHNOLOGIES GmbH (▪) | Teijin Carbon Europe GmbH (▪) |



Erich Schmid Institut f. Materialwissenschaft (ESI) (•) | FH Kärnten (•) | FH Salzburg Department Green Engineering & Circular Design | FH Wiener Neustadt (•) | Fraunhofer Austria Research (•) | Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH (•) | Johannes Kepler Universität Linz (JKU) Institute of Technology (LIT Factory) (•) | Leopold-Franzens Universität Innsbruck (•) | Medizinische Universität Graz (•) | Montanuniversität Leoben (•) | OFI – Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik (•) | Polymer Competence Center Leoben GmbH (•) | TU Graz (•) | TU Wien (•) | Universität Innsbruck (•) | Wood K plus – Kompetenzzentrum Holz (•)

4a technology GmbH (■) | agru Kunststofftechnik Gesellschaft m.b.H (■) | Altran Austria GmbH (■) | Andritz AG (■) | Andritz Hydro GmbH (■) | ASFINAG (■) | AT&S AG (■) | Borealis AG (■) | bto-epoxy GmbH (■) | Capita MFG GmbH (■) | Circulyzer GmbH (■) | Design Composite GmbH (■) | Ecolyte GmbH (■) | ecoplus.Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH – Kunststoff-Cluster (■) | Engel Austria GmbH (■) | Exel Composites GmbH (■) | Fiber Elements GmbH (■) | Fiberdraft e.U. (■) | Hagleitner Hygiene International GmbH (■) | Hilti Austria Industrie GmbH (■) | In-vision AG (■) | i-Red GmbH (■) | Isosport Verbundbauteile GmbH (■) | Isovolta AG (■) | Kästle GmbH (■) | Lenzing Plastics GmbH & Co KG (■) | Luxinergy GmbH (■) | Magna Powertrain, Engineering Center Steyr GmbH & Co KG (■) | Nidec Global Appliance Austria GmbH (■) | ÖBB (■) | OK + Partner (■) | Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) (■) | PIPELIFE Austria GmbH & Co KG (■) | Poloplast GmbH & Co KG (■) | Poschacher Kompost GmbH (■) | PrimAs Tiefkühlprodukte GmbH (■) | R&D Consulting GmbH & Co KG (■) | RHI Magnesita GmbH (■) | RHP Technology GmbH (■) | Seal Maker Produktions- und Vertriebs GmbH (■) | Semperit Technische Produkte Gesellschaft m.b.H. (■) | SKF Sealing Solutions Austria GmbH (■) | Sunpor Kunststoff GmbH (■) | TDK Electronics GmbH & Co OG (■) | Treibacher Industrie AG (■) | voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG (■) | Voestalpine Rail Technology GmbH (■) | Voith Austria GmbH (■) | Wintersportindustrie Österreich (■)

ences (•)

National Textile University (•)

rescia(•)

East China University of Science and Technology (ECUST) (•)
Huawei (■)

National Metal and Materials Technology Center (MTEC) (•)

University of Auckland – Faculty of Engineering and Design (•)



Honors & Awards

Ehrungen & Preise

Honors & Awards

Unsere Wissenschaftler*innen wurden für ihre Leistungen in Forschung, Lehre und Industrie mit zahlreichen nationalen und internationalen Preisen ausgezeichnet. Diese Ehrungen unterstreichen die Exzellenz und Relevanz unserer Arbeit.

Our scientists have received numerous national and international awards for their achievements in research, teaching and industry. These honours underscore the excellence and relevance of our work.



07.2023

BASF Award für Matthias Müller

Bei der "Bratislava Young Polymer Scientists Conference" vom 26. – 30. Juni 2023 gewann Dr. Matthias Müller den BASF-Award für die beste Präsentation und Forschungsarbeit.

At this year's Bratislava Young Polymer Scientists Conference from June 26 to 30, 2023, Dr. Matthias Müller won the BASF Award for the best presentation and research work. ▲

08.2023

Club Alpbach Stipendium für Ivan Raguz

Der Club Alpbach Steiermark vergibt jährlich Stipendien an engagierte Studierende bis 30 sowie Wissenschaftler*innen bis 40 Jahre, um ihnen die Teilnahme am Europäischen Forum Alpbach zu ermöglichen.

Every year, Club Alpbach Steiermark awards scholarships to committed students up to the age of 30 and scientists up to the age of 40 to enable them to participate in the European Forum Alpbach. ▲



10.2023

ÖWGP Doktoratspreis für Neha Yadav

Für ihre Dissertation zum Thema „Inline Monitoring and Control for Automated Tape Laying“ erhielt Dr. Neha Yadav den 3. Preis des ÖWGP-Doktoratspreises, der mit 1.000 € dotiert ist.

Dr. Neha Yadav received third prize in the ÖWGP Doctoral Award, worth €1,000 for her dissertation on 'Inline Monitoring and Control for Automated Tape Laying'. ▲



11.2023

Clemes Holzer zum WAK-Vorstand gewählt

Univ.-Prof. Clemens Holzer ist bis Ende 2025 neben Univ.-Prof. Hans-Peter Heim und Dr.-Ing. Elmar Moritzer Teil des Vorstandes des Wissenschaftlichen Arbeitskreises der Kunststofftechnik (WAK).

Professor Clemens Holzer is part of the board of the "Wissenschaftliche Arbeitskreise der Kunststofftechnik (WAK)" alongside Professor Hans-Peter Heim and Dr. Elmar Moritzer until the end of 2025. ▲





09.2024

Nominiert: H.F. Mark Sustainability Awards 2024

Zwei Forscher*innen haben es mit ihren Projekten auf die Nominierungsliste des Awards geschafft: Assoz.Prof. Katharina Resch-Fauster (bio-ART, S. 20) und Dipl.-Ing. David Zidar (WINTRUST S. 24).

Two researchers have made it onto the award's nomination list with their projects: Associate Professor Katharina Resch-Fauster (bio-ART, p. 20) and Dipl.-Ing. David Zidar (WINTRUST p. 24). ▲

09.2024

David Zidar erhält Young Scientist Award

Bei der 4th International Polymer Process Innovation Conference (PPI) in Gent erhielt Dipl.-Ing. David Zidar den Young Scientist Award für seinen Vortrag zum WINTRUST-Projekt „Recycling the unrecyclable“.

At the 4th International Polymer Process Innovation Conference (PPI) in Ghent, Dipl.-Ing. David Zidar received the Young Scientist Award for his presentation on the WINTRUST project "Recycling the unrecyclable." ▲



11.2024

Clusterland Award 2024: Nominierungen für Leoben

Zwei innovative Projekte, an denen der Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung beteiligt ist, wurden für den renommierten Clusterland Award 2024 nominiert: „Pack2TheLoop“ und „Nachhaltigkeitsmanager“.

Two innovative projects in which the Institute of Polymer Processing is involved have been nominated for the prestigious Clusterland Award 2024: "Pack2TheLoop" and "Sustainability Manager". ▲

12.2024

Goldene VÖK-Ehrennadel für Prof. Clemens Holzer

Die Auszeichnung ehrt Holzer für herausragende Leistungen in Forschung, Lehre und Industrie. Seit 2008 prägt er die Kunststofftechnik mit Innovationen, Projekten und Einsatz für nachhaltige Lösungen.

The award honours Holzer for outstanding achievements in research, teaching and industry. Since 2008, he has been shaping plastics technology with innovations, projects and a commitment to sustainable solutions. ▲



© VÖK / Scheidl



© Klimpt_Sabine

12.2024

Markus Schwaiger erhält AWARD of Excellence 2024

Dr.mont. Markus Schwaiger, Absolvent des Lehrstuhls für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, erhielt für seine Dissertation über biobasierte Epoxidharzsysteme den renommierten und mit 3.000 € dotierte Preis.

Dr.mont. Markus Schwaiger, a graduate of the Chair of Materials Science and Testing of Plastics, received the prestigious prize worth €3,000 for his dissertation on bio-based epoxy resin systems. ▲



Events & Social Activities

2023



© Andy Joe

Wings for Life 2023

Am 7. Mai 2023 setzte die MUL ein starkes Zeichen für Solidarität und wissenschaftlichen Fortschritt: Studierende, Mitarbeiter*innen und Freund*innen der Uni nahmen mit großem Engagement am weltweiten Wings for Life World Run teil. Auch das Department Kunststofftechnik war mit einem Team am Start. On 7 May 2023, the MUL sent a strong signal of solidarity and scientific progress: students, staff and friends of the university took part in the global Wings for Life World Run with great enthusiasm. The Department of Polymer Engineering and Science also had a team at the starting line.

Spanferkelgrillen | Suckling pig barbecue

Unser traditionelles Spanferkelgrillen mit Studienvertretung und dem Verband Leobener Kunststofftechniker – VLK fand auch endlich wieder im Juni 2023 in der Spritzgusshalle statt.

Our traditional suckling pig barbecue with student representatives and the Verband Leobener Kunststofftechniker – VLK took place again in June 2023 in the injection moulding hall.



Exkursion | Excursion

Im Rahmen der Exkursion Polymerer Leichtbau im SS 2023 besuchten am 20.06.2023 Christian Moser (MUL-KKV) mit einer Studierendengruppe die Firma KTM in Anif.

As part of the Polymer Lightweight Construction excursion in the summer semester of 2023, Christian Moser (MUL-KKV) visited the KTM company in Anif with a group of students on 20 June 2023.

Lehrstuhlausflug KV | Excursion KV

Den Auftakt des KV-Ausflugs 2023 bildete ein Besuch im Planetarium Judenburg mit einer faszinierenden Reise durchs Universum. Danach erkundete die Gruppe bei einer Stadtführung die Altstadt und erhielt spannende Einblicke in deren Geschichte. Den Abschluss bildete eine Führung durch das Stadtmuseum.

The KV excursion 2023 kicked off with a visit to the Judenburg Planetarium, where participants were treated to a fascinating journey through the universe. The group then explored the old town on a guided tour and gained exciting insights into its history. The excursion concluded with a guided tour of the town museum.



LE Lafevent



Am 16. September 2023 fand das beliebte LE-Laufevent in Leoben statt und lockte zahlreiche Laufbegeisterte an. Auch zwei Teams des Department Kunststofftechnik waren mit vollem Einsatz dabei. Für jeden gelaufenen Kilometer wurden 66 Cent für einen guten Zweck gespendet.

On September 16, 2023, the popular LE running event took place in Leoben and attracted numerous running enthusiasts. Two teams from the Department Polymer Engineering and Science were also fully committed to the event. For every kilometre run, 66 cents were donated to a good cause.

Ausflug 2023 KKV | Excursion KKV

Der Ausflug führte die Mitarbeiter*innen des MUL – KKV zum Grünen See nach Tragöß. Am Pattererhof, nahe einem beliebten Ausflugsziel, lebt seit 2021 eine große Alpakaherde. Trotz kühlem, nebligem Wetter wurde es beim Streicheln der kuscheligen Alpakas niemandem kalt.

The excursion took the KKV employees to the famous Green Lake in Tragöß. Since 2021, a large herd of alpacas has been living at the Pattererhof, near a popular tourist destination. Despite the cool, foggy weather, no one felt cold while petting the cuddly alpacas.



Ausflug WPK | Exkursion WPK

Wanderung auf den Pyramidenkogel und Betriebsbesichtigungen brachten unseren MUL – WPK nach Kärnten. Zum Abschluss besuchte die Gruppe den Affenberg Landskron.

A hike up the Pyramidenkogel and company tours took our WPK department to Carinthia. Finally, the group visited the Landskron monkey mountain.

Circular thinking - 31. LKK 2023

Am 7. und 8. September 2023 luden PCCL und Department zur 31st Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science 2023 zum Thema "Circular Thinking in Polymer Technology" ein. Ein Highlight: die Verleihung des POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD an kreative Schüler*innen-Teams vom TGM Wien, der HTBL Kapfenberg und der HTL Braunau. Neu im Programm: der Best Poster Award, der erstmals an drei Gewinner*innen vergeben wurde.

On 7 and 8 September 2023, PCCL and the Department hosted the 31st Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science 2023 on the topic of 'Circular Thinking in Polymer Technology'. One highlight was the presentation of the POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD to creative teams of students from TGM Vienna, HTBL Kapfenberg and HTL Braunau. New to the programme: the Best Poster Award, which was presented to three winners for the first time.



Kunststoffrohrleger Treffen | Polymer pipe layer meeting

Auf Einladung des ÖVGW – der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach fand am 7. November 2023 das alljährliche Treffen der Ausbilder und Prüfer für Kunststoffrohrleger an der MUL statt.

At the invitation of the ÖVGW (Austrian Association for Gas and Water), the annual meeting of trainers and examiners for plastic pipe layers took place on 7 November 2023 at MUL.



KomeTogeteher 2023

Im Dezember fand wieder unser traditionelles KomeTogeteher in unserer Spritzgießhalle statt.

In December, our traditional KomeTogeteher event took place in our injection moulding hall.



Eishockeymatch | Ice hockey match 2023

Erstmals traten Mitarbeiter*innen und Studierende der MUL gegen Kollegen*innen des PCCL in einem freundschaftlichen Eishockey-Match an. Rasante Szenen, umkämpfte Tore und strittige Entscheidungen sorgten für Spannung. Das MUL-Team erkämpfte sich mit vollem Einsatz den zweiten Platz – mit einem Augenzwinkern!

For the first time, staff and students from MUL competed against colleagues from PCCL in a friendly ice hockey match. Fast-paced action, hard-fought goals and controversial decisions made for an exciting game. The MUL team fought hard to secure second place – with a wink!



Wuzzelturnier | Wuzzler Tournament

Nach spannenden 3 Sätzen gingen Jürgen Grosser und Markus Schwaiger als Sieger aus der Begegnung, den wohlverdienten zweiten Platz belegten Gerald Pinter und Florian Arbeiter. Das kleine Finale konnten Tobias Gehling und Martin Tocker für sich entscheiden.

After an exciting 3 sets, Jürgen Grosser and Markus Schwaiger emerged victorious, with Gerald Pinter and Florian Arbeiter taking a well-deserved second place. Tobias Gehling and Martin Tockner won the small final.

2024

Eishockeymatch | Ice hockey match 2024

Bereits im Februar wurde das vierte KT-Eishockeyspiel ausgetragen.
The 4th KT- ice hockey game was already played in February.'



Info-Tag im neuen Format

Der Info-Tag am 15.03.2024 fand erstmals in einem neuen Format statt: An Messeständen präsentierten sich die Studienrichtungen, begleitet von anschaulichen Exponaten und individueller Beratung durch Studierende.

The information day on 15 March 2024 took place in a new format for the first time: the degree programmes were presented at exhibition stands, accompanied by illustrative exhibits and individual advice from students.



Lange Nacht der Forschung 2024

Bei der LNDF 2024 präsentierte das Department Kunststofftechnik der Montanuniversität Leoben am 24.05.2024 spannende Einblicke in aktuelle Forschungsprojekte. Besucher*innen erlebten wie Kunststoffe recycelt, neue Werkstoffe entwickelt oder Bauteile mit 3D-Druck hergestellt werden.

At LNDF 2024, the Department Polymer Engineering and Science presented exciting insights into current research projects on 24 May 2024. Visitors experienced how polymers are recycled, new materials developed and components manufactured using 3D printing



Sparkassen Businesslauf 2024

Am 4. Juni 2024 versammelten sich Laufbegeisterte jährlichen Sparkassen Businesslauf am Red Bull Ring in Spielberg. Unser 25 köpfiges Team war natürlich auch mit dabei.

On 4 June 2024, running enthusiasts gathered for the annual Sparkassen Business Run at the Red Bull Ring in Spielberg. Our team of 25 was of course also there.





Spanferkelgrillen | Suckling pig barbecue

Auch in diesem Jahr lud die Studienvertretung gemeinsam mit dem Verband Leobener Kunststofftechniker zum traditionellen Spanferkelgrillen – wie gewohnt in die Spritzguss-halle.

This year, the student council and the Leoben Plastics Engineers Association once again invited guests to the traditional suckling pig barbecue – held, as usual, in the injection moulding hall.

Departmentausflug | Department trip 2024

Trotz Regen fand der 2-jährliche Departmentausflug statt. Die geplante Wanderung durch die Graggerschlucht wurde durch eine Führung durch das Schluss Murau ersetzt und der Tag beim Grillen im Gasthaus Seeblick ausgeklungen.

Despite the rain, the biannual department outing took place. The planned hike through the Graggerschlucht gorge was replaced by a guided tour of the Schluss Murau, and the day ended with a barbecue at the Seeblick inn.



LE Laufevent 2024

Trotz widriger Wetterbedingungen ließen sich sieben Mitarbeiter*innen des Departments nicht vom Start beim LE Lauf-event 2025 abhalten.

Despite adverse weather conditions, seven employees from the department were not deterred from taking part in the LE Running Event 2025.

Eröffnung | Opening CD-Labor ImReMat

Am 23.10.2024 wurde das Christian Doppler Labor für den Einfluss von Recyclingmaterialien auf die mechanische Lebensdauer von Kunststoffen feierlich eröffnet.

On 23 October 2024, the Christian Doppler laboratory for the Impact of recycled materials on the mechanical lifetime estimation of polymers was officially opened.



© Montanuniversität Leoben



New Perspectives at 32. LKK 2024

Mit großem Erfolg fand die 32nd Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science 2024 unter dem Motto „New Materials – New Perspectives“ statt. Besonderes Highlight in diesem Jahr war das neue Format der Podiumsdiskussion zum Thema „Kunststoffe in einer Welt ohne Erdöl“ mit renommierten Experten*innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung.

The 32nd Leoben Conference on Polymer Engineering and Science 2024, held under the motto 'New Materials – New Perspectives', was a great success. A particular highlight this year was the new format of the panel discussion on 'Plastics in a world without oil' with renowned experts from industry, science and research.

Lehrstuhl-Weihnachtsfeiern | Institute christmas partys

Im Dezember 2024 feierten die einzelnen Lehrstühle des Departments ihre Weihnachtsfeiern im kleinen, individuellen Rahmen. Statt einer großen gemeinsamen Feier stand heuer das gemütliche Beisammensein in den jeweiligen Teams im Mittelpunkt. In December 2024, the individual chairs of the department celebrated their Christmas parties in small, individual settings. Instead of a large joint celebration, this year the focus was on cosy get-togethers within the respective teams.



Eishockeymatch | Ice hockey match 2024

Beim traditionellen Weihnachts-Eishockeymatch zwischen Department und PCCL lieferten sich beide Teams ein spannendes Duell. Erstmals waren auch Goalies im Einsatz, was für zusätzliche Dynamik sorgte. Nach einem intensiven Spiel endete die Partie 1:1.

The traditional Christmas ice hockey match between the Department and PCCL saw both teams engage in an exciting duel. Goalies were used for the first time, which added extra dynamism to the game. After an intense match, the game ended 1:1.





Technical University
of Leoben

Contact

Department Polymer Engineering and Science
at Montanuniversität Leoben
Otto Glöckel-Straße 2 | 8700 Leoben | Austria
+43 3842 402 2118 | kunststofftechnik@unileoben.ac.at
www.kunststofftechnik.at

[instagram.com/kunststofftechnikleoben](https://www.instagram.com/kunststofftechnikleoben)
[facebook.com/kunststofftechnikleoben](https://www.facebook.com/kunststofftechnikleoben)
[youtube.com/@ktatmul](https://www.youtube.com/@ktatmul)

