



ZWEIJAHRESBERICHT BIENNIAL REPORT 2021-2022



**KUNSTSTOFF
TECHNIK
LEOBEN**

www.kunststofftechnik.at

INHALTSVERZEICHNIS

TABLE OF CONTENTS

KUNSTSTOFFTECHNIK LOBEN DEPARTMENT POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE	6
Chemie der Kunststoffe (KC) Chemistry of Polymeric Materials	8
Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen (KKV) Designing Plastics and Composite Materials	9
Kunststoffverarbeitung (KV) Polymer Processing	10
Verarbeitung von Verbundwerkstoffen (VV) Processing of Composites Group	11
Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe (WPK) Materials Science and Testing of Polymers	12
Pensionierung von Professor Walter Friesenbichler Retirement of Professor Walter Friesenbichler.....	13
Fachkompetenz entlang des Material- & Produktkreislaufs Expertise along the material & product cycle	14
FORSCHUNG & PROJEKTE RESEARCH & PROJECTS	16
Forschungsschwerpunkt METHODENENTWICKLUNG Research Objective METHOD DEVELOPMENT.....	17
Forschungsschwerpunkt ADDITIVE FERTIGUNG Research Objective ADDITIVE MANUFACTURING	28
Forschungsschwerpunkt LEICHTBAU Research Objective LIGHTWEIGHT DESIGN	37
Forschungsschwerpunkt INTELLIGENTE PRODUKTION Research Objective SMART PRODUCTION.....	45
Forschungsschwerpunkt KUNSTSTOFFRECYCLING Research Objective RECYCLING OF POLYMERS	55
Forschungsschwerpunkt KUNSTSTOFFE IN DER WASSERSTOFFTECHNOLOGIE Research Objective POLYMERS IN HYDROGEN TECHNOLOGY	68
LEHRE & AUSBILDUNG ACADEMIC TEACHING & EDUCATION	74
KOOPERATIONEN & PARTNER COOPERATIONS & PARTNERS.....	90
EHRUNGEN & PREISE HONORS & AWARDS.....	96
VERANSTALTUNGEN & SOCIAL ACTIVITIES EVENTS & SOCIAL ACTIVITIES	104

Liebe Leserin, lieber Leser, Dear Reader,

Ich freue mich Ihnen den Zweijahresbericht 2021/22 des Departments Kunststofftechnik an der Montanuniversität Leoben vorlegen zu können. Die Jahre 2021 und 2022 waren sowohl herausfordernd als auch spannend. 2021 stand noch im Zeichen der Corona-Pandemie, und war geprägt von Arbeitsbeschränkungen und stark reduzierter Reisetätigkeit, was Abhaltung und Besuch von Konferenzen erschwerte. Das große Aufatmen kam endlich 2022, die Pandemie ging dem Ende zu und ab 2023 wurden die verfügbaren Maßnahmen schrittweise wieder aufgehoben. Mittlerweile befinden wir uns wieder in „normalen Verhältnissen“, und Forschung und Wissenschaft sowie Reisetätigkeit können ungehindert ablaufen.

Im September 2022 erfolgte auch die Pensionierung von Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler, der nach 42 Jahren Tätigkeit an der Montanuniversität nun seinen wohlverdienten Ruhestand genießt. Das Leobener Kunststoffkolloquium 2022 stand im Zeichen der Spritzgießtechnologie und eines Farewell-Kolloquiums für Walter Friesenbichler. Lesen Sie mehr über seinen Werdegang auf Seite 13.

Im Oktober 2022 erfolgte eine Umstellung der Bachelorstudien an der Montanuniversität Leoben, was auch eine deutliche Änderung in der Ausbildung der Leobener Kunststofftechniker*innen mit sich brachte. Die Bachelorstudien „Kunststofftechnik“ und „Materialwissenschaften“ wurden aus strategischen Überlegungen zusammengelegt, und seit dem Wintersemester 2022/23 gibt es das kombinierte Bachelorstudium „Materialwissenschaften und Werkstofftechnologie“, welches im Studienjahr 2022/23 rund 50 Erstsemestrige verzeichnen konnte. Was sich im Studium alles geändert hat, um die neuesten Trends abzubilden, können Sie ab Seite 78 nachlesen.

Die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Kunststofftechnik waren auch der Beweggrund, die Forschungsthemen des Departments neu zu strukturieren. Neue Herausforderungen fordern innovative Lösungen, und genau dort setzt die Forschung am Department für

Kunststofftechnik in Leoben an. Wir beschäftigen wir uns mit aktuellen Themen rund um nachhaltige und saubere Energie und Verkehr, Gesundheit, Lebensmittelsicherheit, verantwortungsvolle Produktkreisläufe und vieles mehr. Kunststoffe stehen nun im Zeichen von Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft. Alle Forschungsschwerpunkte und -themen finden Sie ab Seite 16.

Im Juni 2023 erreichte uns dann leider eine traurige Nachricht. Völlig unerwartet verstarb unser Kollege Ralf Schledjewski, Professor für die Verarbeitung von Verbundwerkstoffen. Mit Ralf Schledjewski verliert die Montanuniversität einen angesehenen Wissenschaftler und Lehrer, und wir werden Ralf Schledjewski als Freund und Kollegen in guter Erinnerung behalten. Daher möchten wir diesen Jahresbericht auch mit einem Nachruf auf ihn beginnen. Anders als in den vergangenen Berichten, sehen Sie daher auch nicht das Porträt des Departmentleiters, sondern dasjenige unseres verstorbenen Kollegen.

I am pleased to present the 2021/22 Biennial Report of the Department of Polymer Engineering at the University of Leoben. The years 2021 and 2022 were challenging and exciting at the same time. 2021 was still marked by the Corona pandemic, and was characterized by work restrictions and greatly reduced travel, which made it difficult to hold and attend conferences. The big sigh of relief finally came in 2022, the pandemic was coming to an end and from 2023 onwards the measures imposed were gradually lifted again. In the meantime, we are back to „normal conditions“, and research and science as well as travel activities can proceed unhindered.

September 2022 also saw the retirement of Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler, who is now enjoying his well-deserved retirement after 42 years of service at the University of Leoben. The Leoben Plastics Colloquium 2022 focused on injection molding technology and a farewell colloquium for Walter Friesenbichler. Read more about his career on page 13.

In October 2022, there was a change in the Bachelor's degree programs at the Montanuniversität Leoben, which also brought about a significant change in the training of plastics engineers in Leoben. The bachelor studies „Polymer Engineering and Science“ and „Materials Science“ were merged due to strategic considerations, and since the winter semester 2022/23, there is the combined bachelor study „Materials Science and Technology“, which could register about 50 first semester students in the academic year 2022/23. You can read about everything that has changed in the study program to reflect the latest trends starting on page 78.

Current developments in the field of plastics technology were also the motivation for restructuring the department's research topics. New challenges call for innovative solutions, and this is exactly where research at the Department of Polymer Engineering and Science in Leoben comes in. We deal with current topics related to sustainable and clean energy and transport, health, food safety, responsible product cycles and much more. Polymers are now in the focus of sustainability and circular economy. You can find all research focal points and topics on page 16 onwards.

In June 2023, sad news reached us. Completely unexpectedly, our colleague Ralf Schledjewski, Professor of Composite Materials Processing, passed away. With Ralf Schledjewski, the University of Leoben loses a respected scientist and teacher, and we will keep Ralf Schledjewski in good memory as a friend and colleague. Therefore, we would like to start this annual report also with an obituary of him, so unlike in the past reports, you do not see the portrait of the head of the department, but the one of our deceased colleague.

Glück Auf!



Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern
Departmentleitung

Nachruf auf Professor Ralf Schledjewski[†]

Obituary for Professor Ralf Schledjewski[†]

Ralf Schledjewski wurde am 11. März 1964 in Rastede, Deutschland, geboren. Nach dem Abitur an der Kooperativen Gesamtschule Rastede im Jahr 1983 und Ableistung des Wehrdienstes bei der Deutschen Bundesmarine studierte er ab 1985 Maschinenbau an der Technischen Universität Hamburg-Harburg. Dort spezialisierte er sich auf werkstoffkundliche Aspekte und schloss sein Studium 1990 mit dem Titel Diplomingenieur ab. Anschließend wechselte er zur „Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) GmbH“, wo er sich hauptsächlich mit dem Reibungs- und Verschleißverhalten von polymeren Verbundwerkstoffen und der werkstoffkundlichen Optimierung von flüssigkristallinen Polymeren und ihren Verbunden beschäftigte. Im Jahr 1995 promovierte er zum Doktor-Ingenieur an der Universität Kaiserslautern unter der Betreuung von Prof. Dr.-Ing. Klaus Friedrich.

Nach seiner Promotion arbeitete Ralf Schledjewski bis zu seinem Ausscheiden aus dem IVW als Projektkoordinator. Von 1996 bis 2000 war er bei der Firma Wolff-Walsrode AG tätig und leitete dort die Entwicklungsgruppe für die Business Unit Polyurethan. Im Jahr 2000 kehrte er zum IVW zurück, wo er als stellvertretender Abteilungsleiter und Gruppenleiter im Bereich Wickel- und Tapelegetechnik forschte.

Ab dem 1. Oktober 2010 war er als Universitätsprofessor an der Montanuniversität Leoben tätig und leitete den neu geschaffenen Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen. In den Jahren 2013 bis 2020 leitete er auch das Christian-Doppler Labor für Hocheffiziente Composite-Verarbeitung. Zusätzlich übernahm er ab 2015 die Position des Editor-in-Chief des Fachjournals „Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science“.

Das wissenschaftliche Werk von Ralf Schledjewski umfasst 163 Artikel in referierten Fachjournals sowie zahlreiche Buchbeiträge und Vorträge auf internationalen Konferenzen. Seine wissenschaftlichen und technologischen Leistungen wurden durch sechs Innovationspreise honoriert. Ralf Schledjewski engagierte sich unter an-

derem beim „Verein Deutscher Ingenieure“ (VDI) und der „Society for the Advancement of Material and Process Engineering“ (SAMPE). Weiters war er Gründungsmitglied der „Österreichischen wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik“ (ÖWGP) und Vorsitzender von Carbon Composites Austria im Zeitraum 2013 – 2017.

Mit Professor Schledjewski verliert die Montanuniversität einen angesehenen Wissenschaftler und Lehrer. Wir werden Ralf Schledjewski als Freund in Erinnerung behalten, der an allem Neuen interessiert und ein begnadeter Techniker war. Ralf Schledjewski war verheiratet und Vater von zwei Kindern.

Ralf Schledjewski was born on March 11, 1964 in Rastede, Germany. After graduating from Kooperative Gesamtschule Rastede in Rastede in 1983 and completing his military service with the German Navy, he studied mechanical engineering at the Technical University of Hamburg-Harburg from 1985. There he specialized in aspects of materials science and graduated in 1990 with the title of Diplomingenieur. He then moved to the „Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) GmbH“, where he mainly worked on the friction and wear behavior of polymer composites and the materials science optimization of liquid crystalline polymers and their composites. In 1995, he received his doctorate in engineering from the University of Kaiserslautern under the supervision of Prof. Dr.-Ing. Klaus Friedrich.

After his doctorate, Ralf Schledjewski worked as a project coordinator until he left the IVW. From 1996 to 2000, he worked for the company Wolff-Walsrode AG, where he headed the development group for the Polyurethane Business Unit. In 2000, he returned to the IVW, where he was deputy department head and group leader for research in the field of winding and taping technology.

From October 1, 2010, he was a university professor at the Montanuniversität Leoben and headed the newly created Institute of Processing of Composites



Group. From 2013 to 2020, he also headed the Christian Doppler Laboratory for High-Efficiency Composite Processing. In addition, he took over the position of Editor-in-Chief of the journal „Advanced Manufacturing: Polymer & Composites Science“ from 2015.

Ralf Schledjewski's scientific work includes 163 articles in peer-reviewed journals as well as numerous book contributions and presentations at international conferences. His scientific and technological achievements have been honored by six innovation awards. Ralf Schledjewski has been active in the „Verein Deutscher Ingenieure“ (VDI) and the „Society for the Advancement of Material and Process Engineering“ (SAMPE), among others. Furthermore, he was a founding member of the „Austrian Scientific Society for Production Engineering“ (ÖWGP) and chairman of Carbon Composites Austria in the period 2013 - 2017. With Professor Schledjewski, the University of Leoben loses a respected scientist and teacher. We will remember Ralf Schledjewski as a friend who was interested in everything new and a gifted technician. Ralf Schledjewski was married and father of two children. ■

Vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt

From raw material to final component

Seit mehr als einem halben Jahrhundert genießt das Department für Kunststofftechnik internationale Anerkennung als Forschungspartner sowohl für Industrieunternehmen als auch für Universitäten.

Alles unter einem Dach

Mit einer geschlossenen Struktur umfaßt das Department fünf Lehrstühle (Professuren), die sich der Durchführung hochwertiger Forschung zu verschiedenen Aspekten der Polymerwissenschaft widmen. Die Unterbringung in einem Gebäude am Campus - dem Zentrum für Kunststofftechnik - fördert die Zusammenarbeit durch kurze Wege. Projekte aller Größenordnungen umfassen die Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Polymeren sowie die Untersuchung ihrer physikalischen, chemischen, (thermo)mechanischen und technologischen Eigenschaften. Darüber hinaus wird Forschung zu Recycling und End-of-Life-Szenarien betrieben. Die Ziele des Departments umfassen die Erforschung neuer Anwendungen für Kunststoffe, die Auswahl oder Entwicklung geeigneter Polymere für bestimmte Anwendungen, die Optimierung von Verarbeitungstechniken, die Entwicklung von Komponenten

zur Optimierung der Materialeigenschaften, die Erstellung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen sowie die Weiterentwicklung von Recycling- und Wiederverwendungstechnologien.

Exzellentes Studienprogramm

Über die Forschung hinaus ist das Zentrum für Kunststofftechnik ein wichtiger Ausbildungsort, der wichtige Spezialisierungen in der Polymertechnologie in das Studienprogramm integriert. Die umfassende Ausbildung, gekoppelt mit einem obligatorischen sechsmonatigen Industriepraktikum, bereitet die Studierenden effektiv auf ihre zukünftige berufliche Tätigkeit vor.

For over half a century, the Department of Polymer Engineering and Science has gained international recognition as a research partner for both industrial companies and universities.

All under one roof

With a cohesive structure, the department comprises five Institutes (professorships) dedicated to conducting high-quality research across various aspects of

polymer science. Being housed in one building on the campus, the Center of Polymer Engineering and Science promotes collaboration through short distances. Projects of all scales encompass polymer production, processing, and application, along with investigations into their physical, chemical, and (thermo)mechanical and technological properties. Additionally, research on recycling and end-of-life scenarios is undertaken. The department's objectives encompass exploring new applications for plastics, selecting or developing suitable polymers for specific uses, optimizing processing techniques, designing components to optimize material properties, establishing structure-property correlations, and advancing recycling and reuse technologies.

Excellent study program

Beyond research, the department serves as a significant educational hub, integrating key polymer technology specializations into the study program. The comprehensive training, coupled with a mandatory six-month internship in industrial companies, effectively equips students for their future professional endeavors. ■



Auf einen Blick | at a glance

- Rund 100 Kunststofftechniker*innen
- Moderner Maschinenpark & ausgezeichnete Infrastruktur auf über 6000 m²
- Mehr als 260 schriftliche Veröffentlichungen in den vergangenen zwei Jahren
- Kooperationen mit internationalen Unternehmen & Universitäten seit mehr als 50 Jahren
- About 100 polymer engineers and scientists
- Modern machinery and excellent infrastructure on over 6000 m²
- More than 260 scientific journal publications in the past two years
- Cooperations with international companies & universities for more than 50 years



KUNSTSTOFFTECHNIK LEOBEN

POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE LEOBEN

Chemie der Kunststoffe (KC)

Chemistry of Polymeric Materials



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.

Weiters werden spezielle Forschungsgebiete bearbeitet, darunter die Photochemie an Polymeren, die Oberflächen- und Grenzflächenchemie, sowie Reaktionsharze und Monomere für die Stereolithographie (3D- u. 4D Druck). Eine wesentliche Säule des Lehrstuhles sind drittmittelfinanzierte Forschungsprojekte, wobei die Finanzierung sowohl durch die öffentliche Hand als auch durch Industrieunternehmen erfolgt. Darüber hinaus tragen Mitarbeiter*innen des PCCL, die Forschungsarbeit am Lehrstuhl ausführen, zu unserem Erfolg bei.

Unsere Themenschwerpunkte

Smarte und lichtreaktive Polymere

- Biokompatible und biodegradierbare Photopolymere für den 3D-Druck
- Hochtemperaturstabile Photopolymere
- Composite-Materialien für die gedruckte Elektronik

Funktionelle Oberflächen & Beschichtungen

- Antiadhäsive Beschichtungen basierend auf Organosilan-Chemie
- Beschichtungen mit antibakteriellen

Eigenschaften

- Funktionalisierung von Nanopartikeln mit lichtreaktiven Gruppen
- Immobilisierung von Photoinitiatoren auf anorganischen Oberflächen

Nachhaltige Materialien

- Upcycling von Polyolefin-Nachgebrauchsabfall
- Speicherung von Wasserstoff in Polymeren
- Verwendung von Pyrolyse-Kohlenstoff zur Herstellung von Kohlenstoff/Polymer Compositen

Die Charakterisierung von Polymeren (z.B. mit SEC, FTIR und NMR), organischen Verbindungen (z. B. durch GC-MS) und Oberflächen (z.B. durch XPS und Kontaktwinkel) gehört zur grundlegenden Tätigkeit des Lehrstuhles.

Regarding education and science, the Institute in Chemistry of Polymeric Materials is active in the fields of macromolecular chemistry, physical chemistry of polymers, and molecular characterization of polymeric materials, both in research and teaching.

Furthermore, special research areas are addressed, including the photochemistry of polymers, surface and interface chemistry, as well as monomers and resins for stereolithography (3D and 4D printing). An essential pillar of the Institute are re-

search projects financed by third parties, whereby the financing comes from both the public sector as well as industrial companies. In addition, PCCL staff who carry out research at the Institute contribute to our success.

Our main topics

Smart and light-reactive polymers

- Biocompatible and biodegradable photopolymers for 3D printing
- High temperature stable photopolymers
- Composite materials for printed electronics

Functional surfaces and coatings

- Anti-adhesive coatings based on organosilane chemistry
- Coatings with antibacterial properties
- Functionalization of nanoparticles with light-reactive groups
- Immobilization of photoinitiators on inorganic surfaces

Sustainable materials

- Upcycling of post-consumer polyolefin waste
- Storage of hydrogen in polymers
- Use of pyrolysis carbon to produce carbon/polymer composites

The characterization of polymers (e.g. with SEC, FTIR and NMR), organic compounds (e.g. with GC-MS) and surfaces (e.g. with XPS and contact angles) is part of the basic activities of the institute. ■

Lehrstuhlleitung



Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern

wolfgang.kern@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2350

Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen (KKV)

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

Bruchmechanik als neuer Fokus

In den letzten beiden Jahren wurde dazu vor allem im Bereich der Bruchmechanik unter der Leitung von Dr. Martin Pletz ein neuer Schwerpunkt gesetzt, der inzwischen bereits durch eine Vielzahl an Veröffentlichungen Früchte trägt. Die entwickelten Methoden wurden auch direkt in Kooperationsprojekten mit der Industrie verwendet, womit durch das bessere Verständnis von Risswachstum in armierten Bauteilen wertvolle Erkenntnisse gesammelt wurden, um deren Lebensdauer zu verbessern. Ganz im Sinne der „open science“ wurden bei den Publikationen dazu teilweise neue Wege beschritten und der entwickelte Code direkt als open-source Software zur Verfügung gestellt. Gerade im Bereich der Simulation stellt diese Art der offenen Kooperation eine große Chance dar, das breite Feld des Themas Digitalisierung schneller voranzutreiben.



The Institute of Design in Plastics and Composite Materials deals with modeling and simulation in the field of materials and structural mechanics, especially for issues related to polymer materials. Research projects range from modeling the microstructure of heterogeneous materials to the development of homogenized material models for the complex, non-linear behavior of plastics and composites all the way to large-scale component simulations. In this context, our work focuses on the development and improvement of modeling and simulation methods. The aim of these developments is either to improve the accuracy of calculations or to make the analysis methods more efficient, thus facilitating their use in practice. In our fundamental research work, we place great emphasis on universally applicable methods, so that they can be applied to a wide range of problems.

New Focus on Fracture Mechanics

In the past two years, a new focus has been established in the area of fracture mechanics under the guidance of Dr. Martin Pletz, which has already

generated a large number of publications. The methods developed have also been used directly in cooperative projects with industry, whereby valuable knowledge could be gained through a better understanding of crack growth in reinforced components in order to improve their service life. In the spirit of "open science", new approaches were taken in some of the publications and the code developed has been made available directly as open-source software. Especially in the field of simulation, this kind of open cooperation represents a great opportunity to advance the wide field of digitalization more quickly. ■

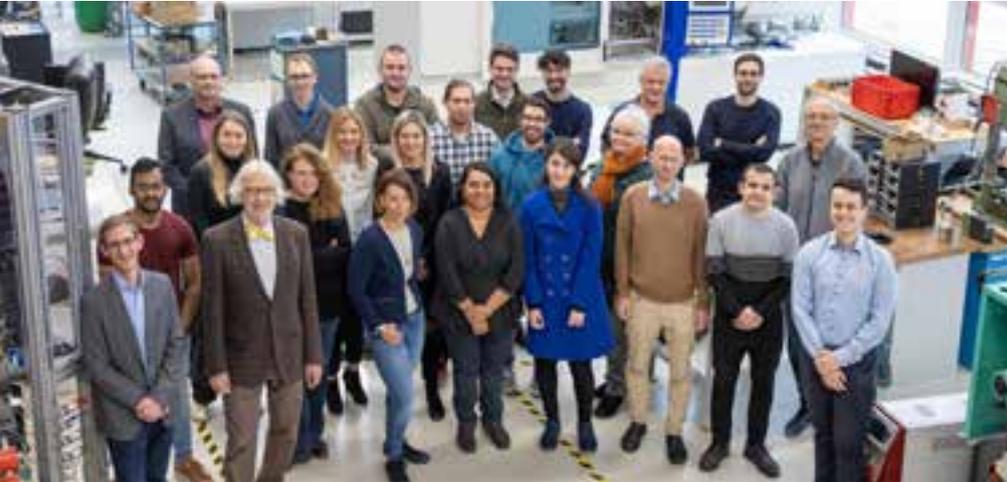
Lehrstuhlleitung



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

Kunststoffverarbeitung (KV)

Polymer Processing



Der Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung beschäftigt sich seit über 50 Jahren mit den vielfältigen Aspekten der Verarbeitung von Polymerwerkstoffen. Das bestens ausgestattete Technikum mit modernen Maschinen und Anlagen ist international herausragend.

Unsere Ziele:

- Verständnis der Prozesse und Prozessketten bei der Verarbeitung
- Entwickeln eines breiten naturwissenschaftlichen Verständnisses für die Grundlagen der Verarbeitung
- Modellierung und Simulation
- Gezielte Beeinflussung der Prozesse → ökonomische und nachhaltige Herstellung von optimalen Produkten mit minimalem Ressourceneinsatz
- Verifizieren an unseren State-of-the-Art-Anlagen im Technikum
- Übertragen der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die industrielle Produktion

Unsere Erfahrung und spezielles Know-How haben wir vor allem in den folgenden Gebieten der Kunststoffverarbeitung aufgebaut:

- **Spritzgießen:** Integration von Sensorik und Aktorik in SG-Teile und Werkzeuge, Qualitätskonzepte für das SG, Entformungsverhalten
- **Extrudieren und Compoundieren:** Schäumen, Qualitäts-Regelkonzepte, Entwicklung neuer Compounds

- **Recycling:** Maßgeschneiderte Rezyklate für technisch komplexe Anwendungen, Recycling von u.a. biobasierten Kunststoffen, LCA
- **Additive Herstellung (3D-Druck):** Materialentwicklung: hoch gefüllte Systeme mit Metall- oder Keramikpulver, modifizierte Polyolefine, technische Thermoplaste; Verfahrensentwicklung: Optimieren der Prozesse, Charakterisierung der Haftung, Qualitätskonzepte
- **Stoffdatenbestimmung:** Rheologische und thermodynamische Stoffdaten für optimale Verarbeitungsbedingungen, Simulationen und Schadensanalysen
- **Simulation:** Simulation im Spritzguss, der Extrusion und der Additive Fertigung; Einfluss von Stoffdaten auf Simulationsergebnisse

The Institute of Polymer Processing has been dealing with the diverse aspects of plastics processing for over 50 years. The well-equipped technical center with modern machines and equipment is internationally outstanding.

Our goals:

- Understanding of the processes and process chains
- Development of a broad scientific understanding of the process basics
- Modeling and simulation

- Systematic controlling of the processes → economic and sustainable production of optimal products with minimum resources
- Verification on the equipment in our technical center
- Transfer of the scientific findings to industrial production

Numerous successful national and international projects devoted to basic as well as applied research generate a broad base of knowledge in different polymer processing techniques. The emphases are on:

- **Injection Molding:** Integration of sensor and actuator technologies in products and molds, quality management, measuring of demolding forces
- **Extrusion and Compounding:** Foaming, control strategies for high quality products, tailor made compounds
- **Recycling:** Tailor-made rezyklate for technically complex applications, recycling of (biobased) plastics, LCA
- **Additive Manufacturing (3D-printing):** Material development of highly filled systems with metal, ceramic powders, modified polyolefines, technical polymers. Process development, concepts for high quality products, identification of economically applications
- **Material Data Measurement:** Rheological and thermodynamical data for optimization of processes, simulations and failure analysis
- **Simulation:** Simulation in injection molding, extrusion, additive manufacturing; influence of material data on simulation results

Lehrstuhlleitung



Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer

clemens.holzer@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3501

Verarbeitung von Verbundwerkstoffen (VV)

Processing of Composites Group

Verbundwerkstoffe werden in ihrem Eigenschaftsprofil in der Regel erst bei der Bauteilherstellung definiert. Die Verarbeitung von Verbundwerkstoffen hat damit einen sehr ausgeprägten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit aber auch auf die Wettbewerbsfähigkeit der resultierenden Bauteile. Ausgehend von den Nachhaltigkeitszielen (definiert seitens der UN, runtergebrochen auf nationale Ebenen und handlungsbestimmend für die Universität) ist es notwendig die Forschung und Entwicklung in einer kritischen Bewertung so auszurichten, dass positive Impulse gesetzt werden können. Verbundwerkstoffe können wichtige positive Beiträge zu unterschiedlichen Nachhaltigkeitszielen leisten. Allerdings besteht auch Klärungsbedarf, insbesondere bei Fragen der Kreislauffähigkeit.

In den Jahren 2021 und 2022 bestimmten noch starke Einschränkungen aufgrund der Pandemiesituation das Handeln. Kooperationen mit Mobilitätsaktivitäten waren nur eingeschränkt möglich. Der Austausch in Verbundprojekten war teilweise etwas mühsam. Dennoch konnten drei FFG-Projekte mit erheblicher Verzögerung aber erfolgreich abgeschlossen werden. Gleichzeitig wurden drei neue FFG-Projekte erfolgreich eingeworben, gestartet und sollen neue Erkenntnisse liefern. Fragestellungen zum Inline-Monitoring im Prozess durch Einsatz von NIR-Sensorik sollen eine Qualitätsverbesserung bringen. Der Einsatz von biobasierten Rohstoffen in langlebige Leichtbaukomponenten wird bewertet. Es werden Möglichkeiten untersucht, die Lebensdauer durch Reparaturansätze zu erhöhen oder das Recyclingpotenzial durch neue Konzepte zur Materialwiederverwendung zu erhöhen. Mit einer neuen Schwerpunktbildung am Lehrstuhl zum Thema Lebenszyklusanalyse (LCA) soll ein tiefgehendes Verständnis aufgebaut werden. Die erarbeiteten Erkenntnisse fließen unmittelbar in die Lehre ein. Mit insgesamt 17 Personen (13,1 VZÄ), Stand Ende Dezember 2022, ist ein relativ konstantes Niveau der Gruppengröße gegeben.



The property profile of composite materials is usually mainly defined during component manufacture. The processing of composite materials therefore has a very pronounced influence on the performance but also on the competitiveness of the resulting components. Based on the sustainability goals (defined by the UN, broken down to national levels and action-defining for the university), it is necessary to align research and development in a critical assessment in such a way that positive impulses can be set. Composite materials can make important positive contributions to various sustainability goals. However, there is still a need for clarification, especially with regard to questions of recyclability.

In the years 2021 and 2022, severe restrictions due to the pandemic situation still determined actions. Cooperation with mobility activities was only possible to a limited extent. The exchange in joint projects was sometimes a bit tedious. Nevertheless, a total of three FFG projects were successfully completed after a considerable delay. At the same time, three new FFG projects were successfully acquired, started and should deliver new insights. Questions about inline monitoring in the process through the use of NIR sensors should deliver an improvement in quality. The use of bio-based raw materials in durable light-

weight components is evaluated. Possibilities are examined to increase the service life through repair approaches or to increase the recycling potential through new concepts for material reuse. With a new focus at the Institute on the subject of life cycle analysis (LCA), a more in-depth understanding is to be built up. The knowledge gained flows directly into the teaching. With a total of 17 people (13.1 FTE) as of the end of December 2022, the group size is relatively constant. ■

Lehrstuhlleitung

nach dem Ableben von Univ.-Prof. Dr. Ralf Schledjewski im Juni 2023 übernimmt assoz.Prof. DI Dr. Ewald Fauster ab August 2023 die interimistische Leitung des Lehrstuhls für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen.

Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe (WPK)

Materials Science and Testing of Polymers



Forschung & Lehre

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 Prüfmethode, 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.

SMART & RELIABLE

Auf zwei Schwerpunktthemen fokussieren wir uns: **SMART** und **RELIABLE**.

Das Forschungsfeld **SMART** - Sustainable Materials and Recycling Technologies - widmet sich folgenden Themen:

- Innovative Polymere für die Herstellung und Speicherung von Energie
- Nachhaltige Technologien mit polymeren Materialien

- Nachhaltige Composite aus Naturfasern und biogenen Harzsystemen
- Abfallvermeidung, End-of-Life-Szenarien und Recycling-Technologien

Die Forschung im Bereich **RELIABLE** - Reliable polymers under mechanical and environmental loads - verschreibt sich folgenden Schwerpunkten:

- 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

Research & Study

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.

SMART & RELIABLE

We focus on two main topics: **SMART** and **RELIABLE**.

The research in the field of **SMART** - Sustainable Materials and Recycling Technologies - is devoted to the following topics:

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

The research in the field of **RELIABLE** - Reliable polymers under mechanical and environmental loads - is devoted to 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 and long term applications
- Polymers and Composites for additive manufacturing and in medicine and bionic. ■

Lehrstuhlleitung



Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter

gerald.pinter@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2101

Pensionierung von Professor Walter Friesenbichler

Retirement of Professor Walter Friesenbichler

Nach 42 Jahren Tätigkeit an der Montanuniversität Leoben ist Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler im September 2022 in den wohlverdienten Ruhestand gegangen. Zum Abschied werfen wir einen kurzen Blick in seinen Lebenslauf und auf seine wissenschaftlichen Leistungen.

Nach der Matura am Gymnasium Hartberg 1976 studierte Walter Friesenbichler an der MUL Kunststofftechnik, und graduierte 1984 mit Auszeichnung (Rektor-Platzer Ring). Von 1984 bis 1989 leitete er – nach der Emeritierung von Prof. Knappe – das Institut für Kunststoffverarbeitung, und promovierte 1992 mit einer Arbeit zum Wandgleiten in der PVC Verarbeitung. 1998 erfolgte die Ernennung zum Assistenzprofessor an der MUL, danach hatte Walter Friesenbichler wichtige Funktionen wie z. B. Key Researcher und Area Advisor am PCCL inne, und leitete das Institut wieder von 2006 bis 2009. Im Jahr 2010 wurde Walter Friesenbichler zum Universitätsprofessor für das Fach Spritzgießen von Kunststoffen an der MUL ernannt, und leitete den Lehrstuhl für Spritzgießen von Kunststoffen (SGK) bis 2022.

Die Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Arbeit waren

- Kautschukspritzgießen
- Rheologie und Materialdatenmessung
- Viskoelastische Materialmodelle und Strömungssimulation
- Simulation des Spritzgießens
- Prozessoptimierung und Prozessführung für Elastomere unter Einsatz von KI-Methoden
- Verschleiß an Kunststoff-Formstählen
- Spritzgieß-Compoundieren

Das wissenschaftliche Werk von Walter Friesenbichler umfasst insgesamt 195 Publikationen (davon etwa 100 im Bereich Spritzgießen), 71 Publikationen in peer-reviewed Journalen, sowie 5 Patente. Er betreute elf Dissertationen und 80 Masterarbeiten, weitere 20 Dissertationen wurden von ihm mitbetreut. Unter seiner Leitung habilitierten sich Dr. Dieter Gruber and Dr. Gerald Berger-Weber.

Die 42-jährige Tätigkeit an der MUL umfasste auch die stetige Weiterentwicklung des Studienplans für Kunststofftechnik, und die Tätigkeit als Departmentleiter von 2019-2022. Seine methodische und umsichtige Arbeit trug ganz wesentlich dazu bei, dass die Leobener Kunststofftechnik zu einem „Center of Excellence“ ausgebaut werden konnte. Seine wissenschaftlichen Leistungen wurden u. a. durch die Erzherzog-Johann-Medaille in Bronze (1990), die Goldene Ehrennadel der Vereinigung Österreichischer Kunststoffverarbeiter (2011) und durch die Herman F. Mark Medaille (2016) gewürdigt.

After 42 years at the Montanuniversität Leoben, Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler went into well-deserved retirement in September 2022. As we say goodbye, we take a brief look at his curriculum vitae and his scientific achievements.

After graduating from secondary school in Hartberg in 1976, Walter Friesenbichler studied Polymer Engineering and Science at MUL, and graduated in 1984 with distinction (Rector-Platzer Ring). From 1984 to 1989 - after Prof. Knappe had retired - he headed the Institute for Polymer Processing and received his doctorate in 1992 with a thesis on wall-sliding in PVC processing. In 1998 he was appointed assistant professor at MUL, after which he held important positions such as key researcher and area advisor at the PCCL. Again, he headed the Institute for Polymer Processing from 2006 to 2009. In 2010, Walter Friesenbichler was appointed Full Professor for Injection Molding of Polymers at the MUL. Until 2022, he was Head of the Institute of Injection Molding of Polymers (SGK).

The focus of his scientific work was

- Rubber injection molding
- Rheology and material data measurement
- Viscoelastic material models and simulation of polymer melt flows
- Injection molding simulation



- Process optimization and process control for elastomers using AI methods
- Wear on plastic mold steels
- Injection molding compounding

The scientific work of Walter Friesenbichler includes a total of 195 publications (about 100 of them in the field of injection molding), 71 publications in peer-reviewed journals as well as 5 patents. Walter Friesenbichler supervised 11 doctoral theses and 80 master theses, and co-supervised another 20 doctoral theses. Under his guidance, Dr. Dieter Gruber and Dr. Gerald Berger-Weber performed their habilitations.

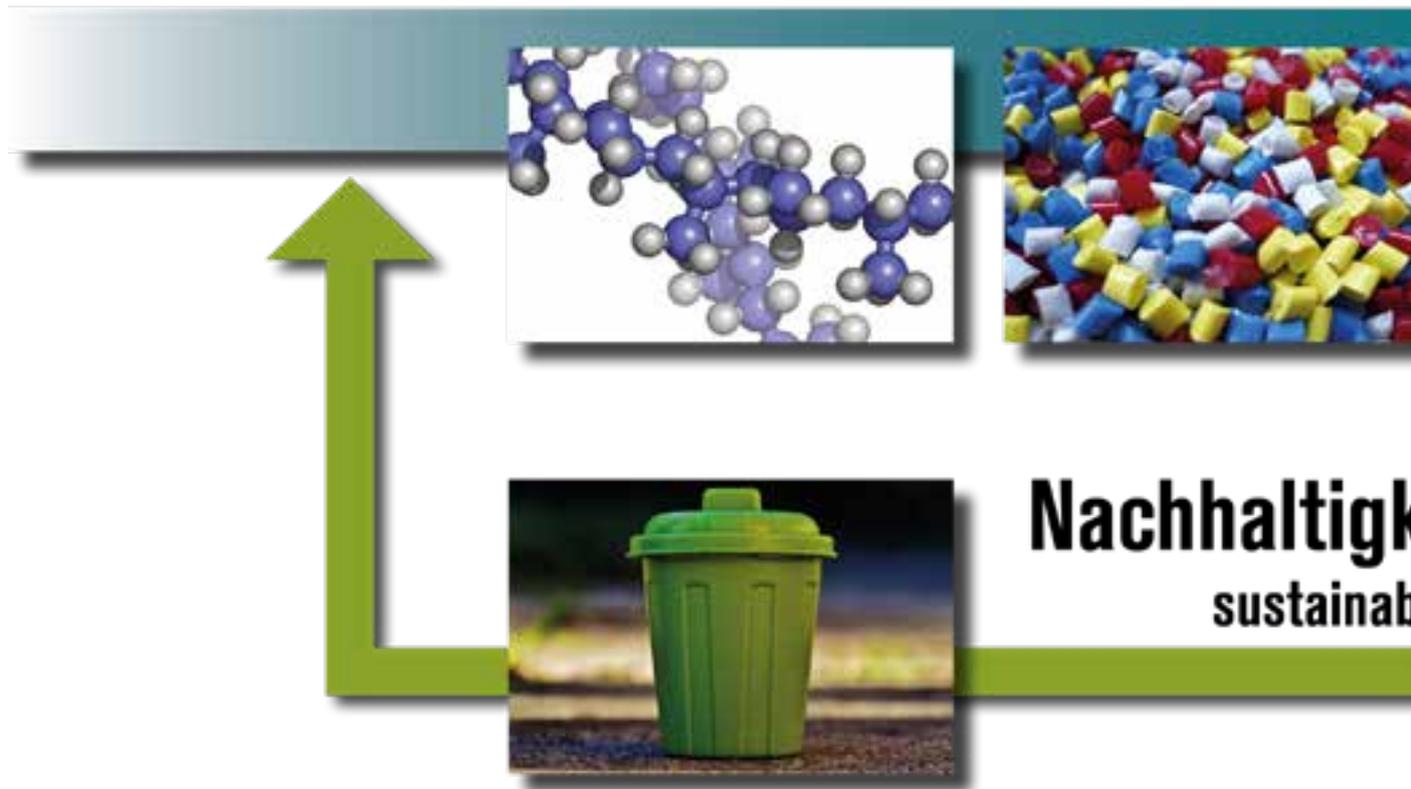
The 42 years of activity at MUL also included the constant further development of the curriculum for Polymer Engineering and Science, and the activity as department head from 2019-2022. His methodical and prudent work made a significant contribution to the development of Leoben's Polymer Engineering and Science into a "Center of Excellence". His scientific achievements have been recognized by the Erzherzog Johann Medal in bronze (1990), the Golden Badge of Honor by the Association of Austrian Plastics Processors (2011) and the Herman F. Mark Medal (2016). ■

Fachkompetenz im Material- & Produktkreislauf

Expertise along the material & product cycle

Vom Rohstoff

From the raw material



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.

Materialdaten

- Stoffdatenbestimmung: Thermoplaste, Elastomere, WPC und PIM-Feedstocks für die Prozesssimulation

Prozesse und Simulation

- Systematische BauteilAuslegung
- Prozessentwicklung
- Prozesssimulation und integrative Simulation bis hin zur Lebensdauerabschätzung
- Spezielle Verarbeitungsverfahren wie Additive Fertigung, Spritzgießcom-

poundieren, Kautschukspritzgießen und Exjection

Prüfung und Analyse

- Charakterisierung und Identifizierung von Polymeren
- Morphologie- und Strukturanalyse
- Mechanische und physikalische Werkstoffprüfung
- Oberflächenanalytik
- Bauteilprüfung und Schadensanalyse
- Materialauswahl und Materialentwicklung

Nachhaltigkeitsmanagement

- Prozessanalysen
- Ökobilanzen

Umfassende Kooperationsmöglichkeiten (z. B. Antragserstellung für Fördergelder) sowie Beratungs- bzw. Schulungsangebote ergänzen unsere Leistungspalette.

zum fertigen Produkt to the finished product



keit & Recycling ability & 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.

Material data

- Material data for simulation, thermoplastics, rubbers and elastomers, WPC and PIM-Feedstocks

Processes and Simulation

- Component design
- Process development
- Process simulation and integrative simulation up to lifetime estimation
- Special processing methods such as additive manufacturing, injection molding compounding, rubber injection molding and exjection

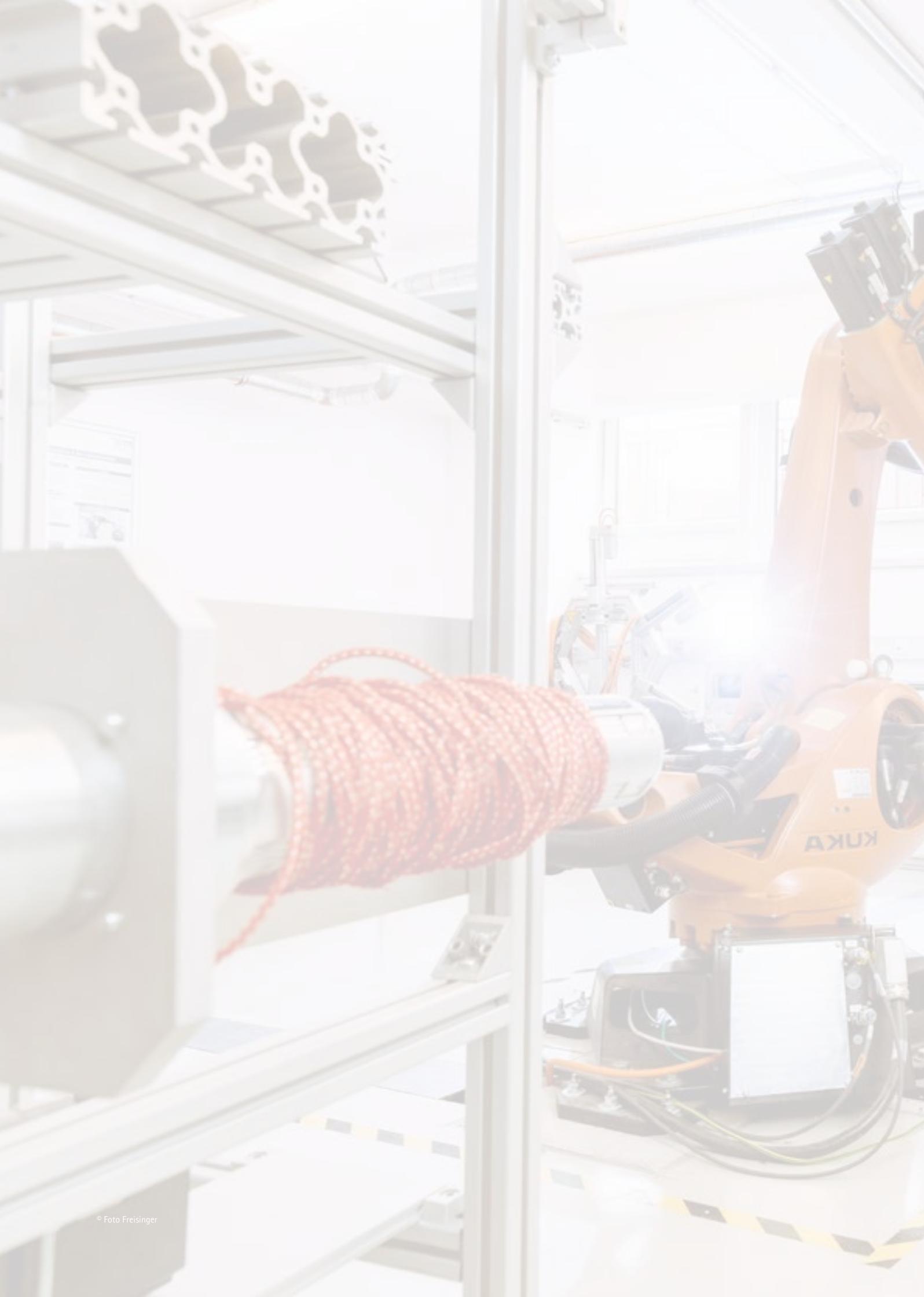
Testing and Analysis

- 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

Sustainability

- Process analysis
- Life cycle assessment

Various options of cooperation as well as consultancy and training offerings complete the range of services. ■



A scientist in a white lab coat and safety glasses is working in a laboratory. He is holding a small device and looking at it. To his left, a robotic arm is visible, holding a component. The background shows laboratory equipment and a window. The text 'FORSCHUNG & PROJEKTE' and 'RESEARCH & PROJECTS' is overlaid on the bottom right of the image, with a large red number '2' behind it.

FORSCHUNG & PROJEKTE

RESEARCH & PROJECTS

Forschung an der Kunststofftechnik Leoben

Research at Polymer Engineering and Science Leoben

Neue Herausforderungen fordern innovative Lösungen – und genau dort setzt die Forschung am Department für Kunststofftechnik in Leoben an. Immer am Puls der Zeit beschäftigen wir uns mit aktuellen Themen rund um nachhaltige und saubere Energie und Verkehr, Gesundheit, Lebensmittelsicherheit, verantwortungsvolle Produktkreisläufe und vieles mehr.

Neben erkenntnisorientierter Grundlagenforschung arbeiten unsere Wissenschaftler*innen auch aktiv mit der Industrie zusammen: durch den dynamischen Austausch werden Innovationen gefördert und wichtige Forschungsergebnisse in die Wirtschaft transferiert. Dabei werden Themen zu meist im Rahmen von national oder international geförderten Projekten bearbeitet.

Im Angesicht von neuen Problemstellungen haben wir uns am ZKT auch thematisch neu aufgestellt, folgende sechs Themenbereiche rückten in den vergangenen Jahre vermehrt ins Zentrum: **Method Development, Additive Manufacturing, Smart Production, Lightweight Design, Recycling of Polymers** sowie **Polymers for Hydrogen Technology**. Im Schwerpunkt **Additive Manufacturing** wurden bspw. zur Realisierung leitfähiger Verbundmaterialien selbst-reduzierende Silberkomplexe evaluiert und ein medizinisches 3D-Druckzentrum am LKH Graz etabliert. Im Forschungsbereich **Lightweight Design** wurde etwa frei verfügbares Softwarepaket zur Risserkennung in Verbundwerkstoffen entwickelt. Der Schwerpunkt **Smart Production** zielt auf die Optimierung von Kunststoff-relevanten Produktionsprozessen, um ganz im Sinne der Nachhaltigkeit Energie und Materialeinsatz zu reduzieren, gleichbleibend hohe Qualität zu garantieren und die Ausschußrate signifikant zu verringern. Beim **Recycling von Kunststoffen**

widmen wir uns der Wiederverwertung von Kunststoffen durch mechanisches Recycling. Die Aktivitäten im Schwerpunkt **Polymers for Hydrogen Technology** umfassen z. B. die Speicherung von Wasserstoff (H₂). Bei der **Methodenentwicklung** werden wissenschaftliche Methoden erarbeitet, die zur Charakterisierung von Kunststoffen und Kunststoff-Verbunden geeignet sind.

oftener funded nationally or internationally. Over the years, the department has repositioned itself thematically with a view to the new challenges and has focused on six main areas of research: **Method Development, Additive Manufacturing, Intelligent Production, Lightweight Construction, Recycling of Polymers, and Polymers in Hydrogen Technology**. The following pages offer insights into the department's diverse research activities, which address central issues and generate innovative solutions in various individual projects.

In the **Additive Manufacturing** focus area, for example, self-reducing silver complexes were evaluated for the realization of conductive composite materials and a medical 3D printing center was established at the LKH Graz. In the **Lightweight Design** field, for example, a freely available software package for crack detection in composite materials was developed. The main focus of **Smart Production** aims at the optimization of polymer-relevant production processes in order to reduce energy and material consumption, to ensure consistently

high quality and to significantly reduce the reject rate, all in the spirit of sustainability. The focus area **Recycling of Polymers** is dedicated to the reuse of plastics through mechanical recycling. Activities in the **Polymers for Hydrogen Technology** research area include hydrogen (H₂) storage. The focus area **Method Development** develops scientific methods suitable for characterizing polymers and polymer composites. ■



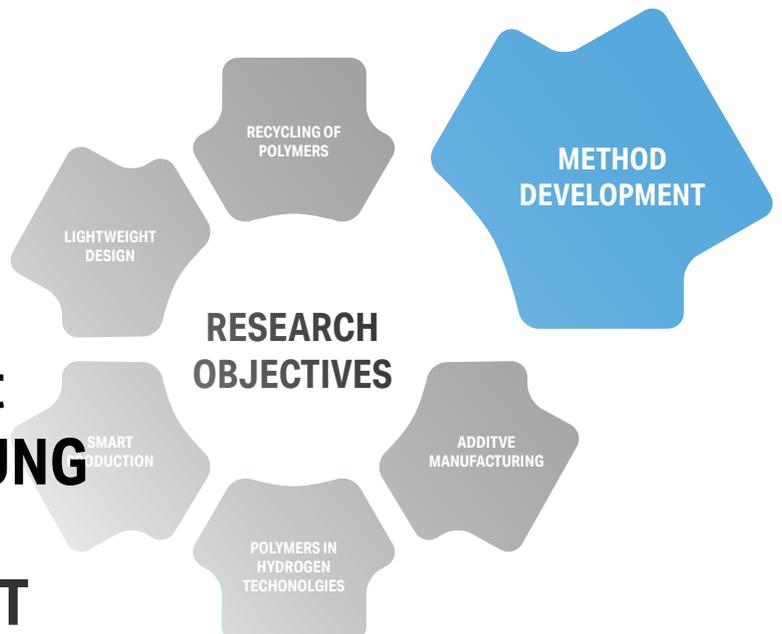
Diese sechs Themen wurden in den letzten beiden Jahren am wurden am Department bearbeitet. These six topics have been addressed at the department over the past two years.

The Department of Polymer Engineering and Science Leoben is dedicated to finding innovative solutions to new challenges. Our research covers a wide range of topics including sustainable and clean energy and transport, health, food safety, viable product cycles, and more.

In addition to basic research, the researchers of the department also work closely with industry to promote innovation and transfer important research results to the economy. Projects are

Forschungsschwerpunkt METHODENENTWICKLUNG

Research Objective METHOD DEVELOPMENT



Im Gegensatz zum Tagesgeschäft in der Industrie haben wir am Department Kunststofftechnik auch Zeit und Ressourcen, in Forschungsprojekten ganz genau hinzuschauen. Dabei können wir bestehende Methoden nutzen, anpassen oder ganz neu entwickeln. Ob bei Experimenten, Datenauswertungen oder Simulationen: Hier treffen Problemstellungen aus mehreren Industriezweigen und Anwendungsfeldern aufeinander.

Warum sollte man sich für eine Methode außerhalb des eigenen Anwendungsbereichs interessieren? Nun, die Physik ist überall die gleiche, unabhängig von der Längen- und Zeitskala. Wenn man versucht, die Mechanismen hinter den Problemen zu verstehen, sind diese Mechanismen deswegen oft sehr ähnlich.

Die folgenden Seiten zeigen aktuelle Methoden des Department Kunststofftechnik. Ich ermuntere Sie, sich besonders diejenigen anzusehen, die nicht in Ihr Fachgebiet fallen: Vielleicht finden Sie auf diesen Seiten genau das, was in Ihrem Fachgebiet gerade fehlt. Und wenn das der Fall ist, zögern Sie nicht, die entsprechenden Kollegen*innen zu kontaktieren.

Auf jeden Fall bekommen so beide Seiten einen Blick von außen und neue Ideen. Vielleicht ergibt sich für Sie sogar die Chance, Ihr Fachgebiet auf hohem Niveau und mit überschaubarem Aufwand voranzubringen. Und für die Forscher*innen eine Gelegenheit, wie gewohnt, aber woanders ganz genau hinzuschauen.

In contrast to the day-to-day business in industry, we at the Department for Polymer Engineering and Science also have time and resources to take a closer look in research projects. In doing so, we can use existing methods, adapt them, or develop completely new ones. Whether in experiments, data evaluations or simulations: This is where problems from several industries and fields of application come together.

Why should you be interested in a method outside your own field of application? Well, physics is the same everywhere, regardless of the length and time scale. When trying to understand the mechanisms behind problems, these mechanisms are therefore often similar.

The following pages show current methods developed by the Department for Polymer Engineering and Science. I encourage you to look especially at those methods that fall outside your area of expertise: You may find on these pages exactly what is missing in your field right now. And if that's the case, don't hesitate to contact the relevant colleagues.

In any case, both sides get a view from the outside and new ideas. You may even have the chance to advance your field at a high level and with reasonable effort. And the researchers may have an opportunity to take a closer look somewhere else in a similar way as before. ■

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Martin Pletz

martin.pletz@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2507

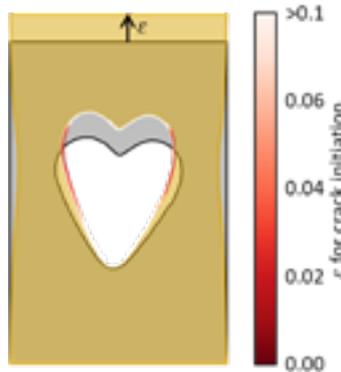
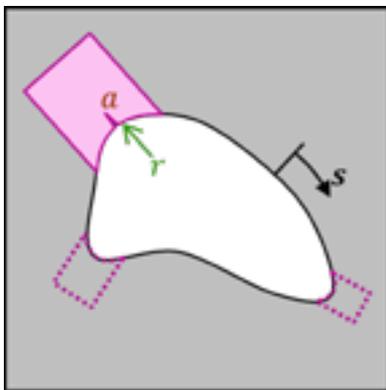
Rissinitiierung von beliebig geformten Kerben

Crack initiation of arbitrarily shaped notches

Kerben sind in vielen Bauteilen unvermeidlich. Häufig bilden sich Risse an Kerben, die zum Versagen des gesamten Bauteils führen können. Zur Bewertung von Kerben werden häufig spannungsbasierte Ansätze wie zum Beispiel die größte Hauptnormalspannung verwendet. Diese Ansätze sind zwar effizient und berechnen für jede Position an der Porenoberfläche einen

durch zwei dimensionslose Kennzahlen beschrieben. Solange diese zwei dimensionslosen Kennzahlen gleichbleiben, kann ein einziges Rissmodell beliebig skaliert werden. Das Rissmodell kann für unterschiedlich steife Materialien angewandt und durch lineare Superposition an unterschiedliche Belastungen angepasst werden. Die zwei dimensionslosen Kennzahlen werden variiert

release of a hypothetical crack with the strength and fracture toughness of the material. As a result, the combined criterion can also predict failure at small notch radii. It shows good agreement with experimental tests. However, a disadvantage of this criterion is that it must be recalculated at each position of a notch, which can take several hours to compute.



Sicherheitsfaktor, allerdings sind sie in einigen Fällen ungenau. Bei Rissen geht die Spannung an der Risspitze beispielsweise gegen unendlich. Laut spannungsbasierten Ansätzen würde also schon bei einer sehr kleinen Last Versagen auftreten. Auch bei Kerben mit sehr kleinen Radien sind spannungsbasierte Ansätze zu konservativ.

und die zugehörigen Rissmodelle werden jeweils im Vorhinein simuliert, sodass bei einer späteren Analyse nur noch die dimensionslosen Kennzahlen berechnet werden und anschließend auf die bereits vorhandenen Ergebnisse zurückgegriffen werden kann.

Our developed SLMM model ^[2] applies Leguillon's criterion to all possible positions of a notch or pore within a few seconds to minutes of computation time. To do this, a crack model (pink) is described by two dimensionless parameters. As long as these two dimensionless parameters remain the same, a single crack model can be scaled arbitrarily. The crack model can be applied to materials of arbitrary stiffness and adapted to various loads by linear superposition. The two dimensionless parameters are varied, and the associated crack models are simulated in advance in each case, such that in a later analysis only the dimensionless parameters are needed to predict cracking based on the results already available. ■

Das kombinierte Kriterium von Leguillon^[1] vergleicht sowohl die Spannung als auch die Energiefreisetzung eines hypothetischen Risses mit der Festigkeit und Bruchzähigkeit des Materials. Dadurch kann das kombinierte Kriterium auch das Versagen an kleinen Kerbradien vorhersagen. Es zeigt eine gute Übereinstimmung mit experimentellen Tests. Ein Nachteil dieses Kriteriums ist allerdings, dass es an jeder Position einer Kerbe neu berechnet werden muss, wodurch die Rechenzeit mehrere Stunden betragen kann.

Notches are unavoidable in many components. Cracks often form at notches, which can lead to failure of the entire component. Stress-based approaches, such as the maximum principal stress criterion, are often used to evaluate notches. While these approaches are efficient and calculate a safety factor for each position on the pore surface, they are inaccurate in some cases. For example, for cracks, the stress at the crack tip approaches infinity. Thus, according to stress-based approaches, failure would occur even at a very small load. Stress-based approaches are also too conservative for notches with a very small radius.

^[1] D. Leguillon, Strength or toughness? A criterion for crack onset at a notch, Eur. J. Mech. A. Solids, 21 (2002)

^[2] M. Rettl, M. Pletz, C. Schuecker, Efficient prediction of crack initiation from arbitrary 2D notches, Theor. Appl. Fract. Mech. 119 (2022) (Open Access)



Unser entwickeltes SLMM Modell^[2] wendet Leguillon's Kriterium innerhalb weniger Sekunden bis Minuten auf alle möglichen Positionen einer Kerbe oder Pore an. Dafür wird ein Rissmodell (rosa)

The combined criterion of Leguillon^[1] compares both the stress and the energy

Ansprechpartner

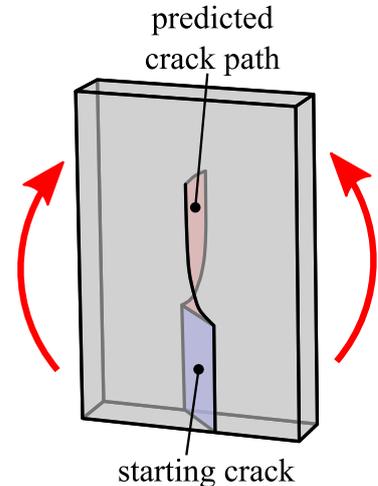
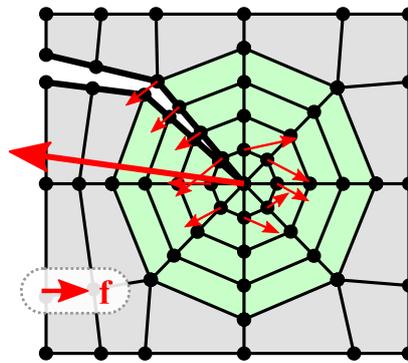


Dipl.-Ing. Matthias Rettl
matthias.rettl@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2504

Effiziente Rissausbreitung mit konfigurrellen Kräften

Efficient crack propagation using configurational forces

In vielen technischen Anwendungen ist die Ausbreitung von Rissen ein wichtiges Thema. Dabei ist nicht nur die Last, bei der ein Riss wächst, von Interesse, sondern auch der Risspfad. Der Risspfad ergibt sich aus der Ausbreitungsrichtung des Risses während er wächst. Also muss dazu die Rissausbreitungsrichtung bestimmt werden. Zur Ermittlung der Rissausbreitungsrichtung ist ein Rissausbreitungskriterium notwendig. Typische Kriterien sind etwa die Richtung maximaler Normalspannung und die Richtung maximaler Energiedissipation.



Das allgemeinste Kriterium für die Rissausbreitung stellt die dissipierte Energie dar: In einem isotropen Material wird sich der Riss in der Richtung ausbreiten, in der die meiste elastische Energie dissipiert wird. Bisher kann diese Richtung nur mit sehr großem Aufwand in Modellen ermittelt werden, in denen mehrere Risswinkel ausprobiert werden. Ungenauigkeiten in der Ausbreitungsrichtung können signifikante Änderungen im nachfolgenden Risspfad hervorrufen.

Um die Richtung der maximalen Energiedissipation zu finden, wird in unserem neu entwickelten Kriterium ^[1] eine hypothetische Rissverlängerung durchgeführt. Der Winkel dieses Rissinkrements wird auf Basis der Bedeutung der konfigurrellen Kräfte f korrigiert. Und zwar so lange, bis er sich nur mehr geringfügig ändern würde. So kann eine gleichwertige Vorhersage des Risspfades bei deutlich geringerer Rechenzeit erreicht werden. Dieses Verfahren wurde in 2D entwickelt und getestet. Es bietet großes Potenzial für 3D Risse, bei denen die Rechenzeit eine noch größere Herausforderung darstellt. Außerdem können so auch Risse beschrieben werden, die an Interfaces wachsen.

direction of the crack as it grows. To predict the crack propagation direction a crack propagation criterion is needed. Typical criteria include the direction of maximum normal stress and the direction of maximum energy dissipation.

The most general crack propagation criterion represents the dissipated energy: In an isotropic material, the crack will propagate in the direction in which the most elastic energy is dissipated. So far, this direction can only be determined with very high effort in models in which several possible crack angles are evaluated. Inaccuracies in the propagation direction can cause significant changes in the subsequent crack path.

To find the direction of maximum energy dissipation, a hypothetical crack extension increment is computed in our newly developed criterion ^[1]. The angle of this crack increment is corrected based on the physical meaning of the configurational forces f . This is done until the change in angle becomes very small. Thus, an equivalent prediction of the crack path can be achieved with significantly less computational time. This method has been developed and tested in 2D. It offers great potential for 3D cracks, where computational time is an even greater challenge. Furthermore, it can also be used to describe cracks that grow at interfaces. ■

^[1] Frankl, S. M., Pletz, M. and Schuecker, C., Improved concept for iterative crack propagation using configurational forces for targeted angle correction, Eng. Frac. Mech., 266, (2022) (open access)



Auf einen Blick

Förderung: FFG Bridge
 Projektpartner: Semperit
 Technische Produkte GmbH

Ansprechpartner



Dr. mont. Siegfried Frankl, MEng.
 siegfried.frankl@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2505



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

In many engineering applications, crack propagation is an important issue. Not only the load at which a crack grows is of interest, but also the crack path. The crack path results from the propagation

Kapillargetriebene Tränkung textiler Verstärkungsstrukturen

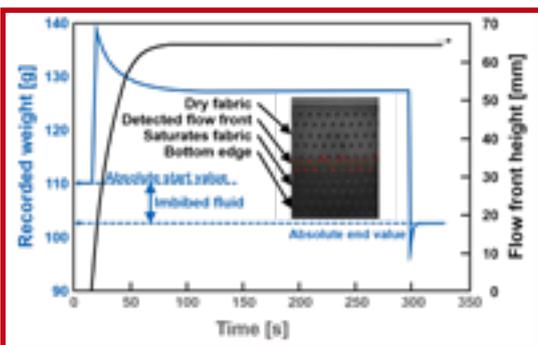
Capillary driven saturation of textile reinforcing structures

Flüssigimprägnierverfahren (Liquid Composite Moulding - LCM) steht für eine in vielen Bereichen eingesetzte Gruppe verschiedener Verarbeitungstechniken, die es ermöglichen, kleine, mittlere oder sogar sehr große Bauteile, von der Prototypenfertigung bis zur Serienproduktion, herzustellen. Während der Infiltration ist es notwendig, den

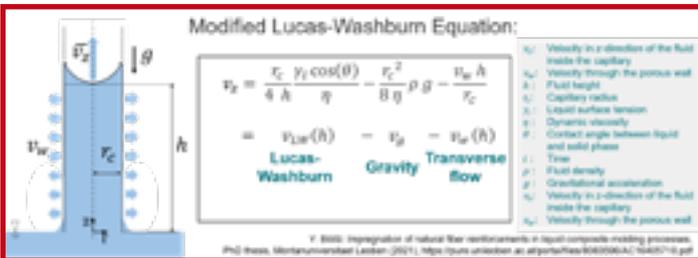
Ein eigens entwickelter Prüfstand zur Erfassung der kapillargetriebenen Tränkung an flachen Textilproben ermöglicht die Untersuchung der Strömung während der Infiltration. Die kontinuierliche Datenerfassung von Flüssigkeitsgewicht und -temperatur zusammen mit der Erkennung der Fließfronthöhe mittels Bilderfassung ist möglich. Die bekannte

void formation. The textile reinforcement structure typically used shows a dual-scale impregnation consisting of micro-impregnation within the yarns of the textile structure and a macro-impregnation between the yarns.

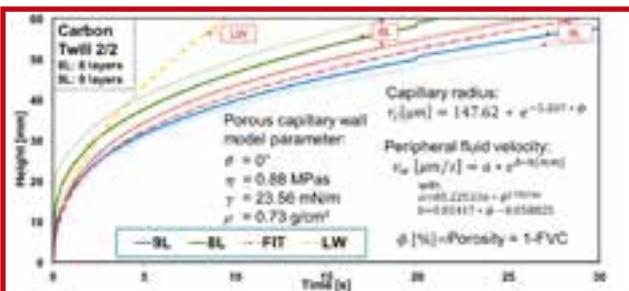
A specially developed test rig for recording the capillary driven impregnation of flat textile samples allows to examine the flow during infiltration. Continuous data acquisition of fluid weight and temperature along with detection of flow front height using image acquisition is possible. The well-known Lucas-Washburn equation was extended to cover the transverse flow. Assuming a porous capillary wall, the three-dimensional nature of the capillary network in reinforcing textiles can be better represented. The model was validated by analyzing experiments measuring the capillary driven rise of different reinforcement materials, i.e. carbon, glass and natural fiber woven structures, NCF and non-wovens. It was proven that the consideration of transverse flow and gravity has significant effect on the quality of the model. Accordingly, with regard to textile reinforced composites, it is proposed to prefer this model for describing the capillary flow in LCM processes. ■



Datenerfassung / Data acquisition



Modifizierte Lucas-Washburn Gleichung / Modified Lucas-Washburn equation



Validierung des Modells für ein CF-Gewebe / Validation of the model on carbon twill 2/2 weave

Lucas-Washburn-Gleichung wurde um die Querströmung erweitert. Unter der Annahme einer porösen Kapillarwand lässt sich die dreidimensionale Natur des Kapillarnetzwerks in Verstärkungstextilien besser darstellen. Das Modell wurde durch die Analyse von Experimenten zur Erfassung der kapillargetriebenen Steighöhe verschiedener Verstärkungsmaterialien, d. h. Kohlenstoff-, Glas- und Naturfasergewebestrukturen, Gelegen und Matten, validiert. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Berücksichtigung von Querströmung und Gravitation

einen signifikanten Einfluss auf die Qualität des Modells hat. Entsprechend wird in Bezug auf textilverstärkte Verbundwerkstoffe vorgeschlagen, dieses Modell zur Beschreibung des Kapillarflusses in LCM-Prozessen zu bevorzugen.

Schledjewski, R., Blöbl, Y., Neunkirchen, S.: Capillary driven saturation of textile reinforcing structures - Proposal for an extension of Lucas-Washburn equation, Proc. 25th International Conference on Material Forming (ESAFORM 2022), 27-29 April 2022, Braga, Portugal, published in Key Engineering Materials, Vol. 926, 2022, 1372-1378

Prozess so zu führen, dass keine Luftfrachten eingeschlossen werden. Die typischerweise verwendete textile Verstärkungsstruktur führt zu einer Imprägnierung auf zwei Ebenen, die aus einer Mikroimprägnierung innerhalb der das Textil aufbauenden Garne und einer Makroimprägnierung zwischen den Garnen besteht.

Liquid composite molding (LCM) stands for a group of different processing techniques used in many areas that make it possible to produce small, medium or even very big sized components from prototype level up to series production. During the infiltration it is necessary to conduct the process in a way preventing

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Stefan Neunkirchen
 stefan.neunkirchen@unileoben.ac.at
 +43 3842 402-2711

Kompaktierungsprüfstand

Charakterisierung textiler Verstärkungsmaterialien in prozessnaher Testumgebung

Characterization of textile reinforcement materials in a near-process test environment

Nachhaltigkeit gewinnt in komplexen Industrieprozessen stetig an Bedeutung, eine Möglichkeit ist dabei der Einsatz erneuerbarer oder rezyklierter Kunststoffe. Für hochtechnologische Anwendungen erfüllen diese jedoch selten nötige Qualitätsvorgaben. Insbesondere dort wird Nachhaltigkeit durch Prozessoptimierung und Ausschussvermeidung erreicht.

Materialien auch unter der angegebenen Verarbeitungstemperatur prozessfähig sind. Die Detailuntersuchung der Gestricke hat gezeigt, dass diese sich entgegen der Erwartungen nicht wie Gewebe bzw. Non-Crimp-Fabrics, sondern vergleichbar zu Vliesstoffen verhalten. Weiterhin wurde nachgewiesen, dass die neue Testmethode den Materialverbrauch halbiert und die Test-

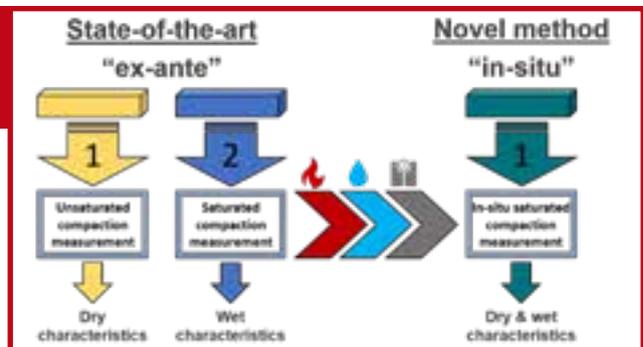
of up to 200 °C allows for reproduction of all important processing parameters.

First published results show that the compaction behaviour during impregnation depends on the reinforcement structure, and that bindered materials are also processable below the specified processing temperature. The detailed investigation of the knitted fabrics has



Testmethode: Optimierung des Material- und Zeitmanagements mit der neu entwickelten Testmethode unter Beibehaltung der Aussagekraft der Resultate.

Versuchsaufbau: Neuartiger Teststand zur Charakterisierung des trockenen und gesättigten Kompaktierungsverhalten textiler Verstärkungsmaterialien mit Möglichkeit zur „in-situ“ Tränkung zur Nachbildung industrieller Verarbeitungsprozesse.



dauer deutlich verkürzt wird, ohne Beeinträchtigung der Aussagekraft der Ergebnisse.

shown that, contrary to expectations, they do not behave like woven fabrics or non crimp fabrics, but comparable to veils. Furthermore, it was proven that the new test method halves the material consumption and significantly shortens the test duration without compromising the significance of the results. ■

Dies lässt sich durch Detailwissen zu Mechanismen und Prozesskontrolle realisieren, welches für Verbundwerkstoffe unzureichend vorhanden ist. Im Rahmen eines Vorgängerprojekts wurde ein Messstand zur Analyse des Kompaktierungsverhaltens textiler Verstärkungsmaterialien konstruiert, mit dem im Rahmen des FTI-Projekts Nawaro-Flex auch gestricke Verstärkungsstrukturen charakterisiert wurden. Hiermit kann neben dem trockenen und gesättigten Kompaktierungsverhalten auch erstmals der Zustand in einem geschlossenen Resin-Transfer-Moulding (RTM) Werkzeug nachgebildet und in situ eine Textiltränkung unter Kompaktierungsdruck durchgeführt werden. Eine regelbare Testflächentemperatur bis 200 °C erschließt einen Arbeitsbereich, in dem individuell alle wichtigen Verarbeitungsparameter nachgebildet werden können.

Sustainability is steadily gaining importance in complex industrial processes, one possibility is the use of renewable or recycled plastics. For high-tech applications, however, these rarely meet necessary quality specifications. Especially there, sustainability is achieved through process optimisation and scrap avoidance.

This can be accomplished through detailed knowledge of mechanisms and process control, which is insufficiently available for composites. In a previous project, a test-rig was designed to analyse the compaction behaviour of textile reinforcement structures, which was also used to characterise knitted structures in the FTI-project Nawaro-Flex. In addition to the dry and saturated compaction behaviour, the condition in a closed resin transfer moulding (RTM) tool can be replicated for the first time and textile impregnation under compaction pressure can be performed in situ. An adjustable test surface temperature

Auf einen Blick

Förderung: bmvt - FTI-Programm: „Nawaro-Flex“
Projektpartner: bto-epoxy GmbH, Kobleder GmbH, Streifeneder ortho. production GmbH, PCCL, MUL - WPK, MUL - KC, MUL - VV

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. (FH) Marcel Bender, M. Sc.,
 marcel.bender@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2709

Erste publizierte Ergebnisse zeigen, dass das Kompaktierungsverhalten während der Tränkung von der Verstärkungsstruktur abhängt und bebinderte Ma-

Dynamische Adhäsion von Gummi-Metall-Grenzflächen

Dynamic adhesion of rubber-metal interfaces

Gummi-Metall-Verbundwerkstoffe werden in verschiedenen Anwendungen eingesetzt, bei denen relativ hohe Belastungen aufgenommen werden müssen und gleichzeitig ein erhebliches Maß an Verformung ermöglicht werden soll. Dies wird durch die direkte Vulkanisierung der Gummimischung auf der Metalloberfläche erreicht, die in der Regel zur Optimierung der Haftung vorbehandelt wird. Ein kritischer Aspekt in Bezug auf die Lebensdauer von Produkten aus diesem Verbundwerkstoff ist die Haftung zwischen Elastomer und Metall. Die endgültige Leistung der Verbundwerkstoffe hängt von mehreren Produktionsparametern ab, die sowohl mit der Aushärtung des Gummis als auch mit der Bindung zwischen den makromolekularen Ketten und dem Metallsubstrat zusammenhängen.

In der Gummiindustrie wird die Haftung von Gummi-Metall-Grenzflächen häufig durch Schälversuche überprüft, die es ermöglichen, die Stärke der Haftung unter quasistatischen Belastungsbedingungen abzuschätzen. Bauteile auf Elastomerbasis sind jedoch häufig großen statischen Belastungen ausgesetzt, die sich mit kleinen zyklischen Belastungen überlagern. Daher hängt das Versagen dieser Bauteile oft mit zyklischen Belastungsbedingungen zusammen, was die Bewertung der dynamischen Haftung erfordert.

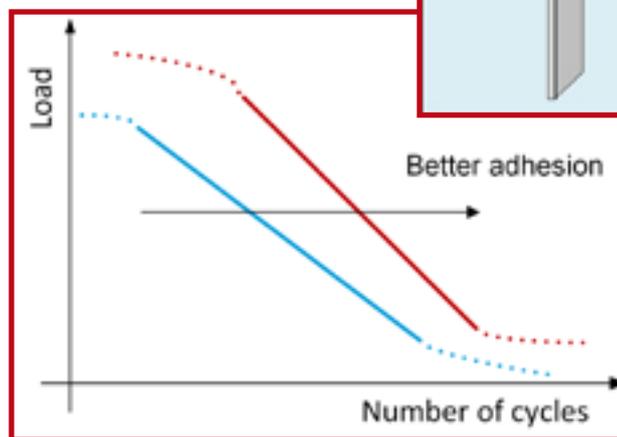
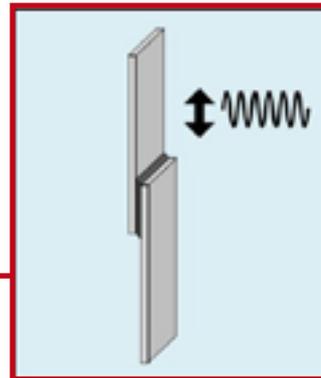
Zu diesem Zweck wurde ein neuartiger Ansatz gewählt, bei dem eine Überlappungs-Schergeometrie verwendet wird. Diese Art von Proben wird üblicherweise für die Bewertung der statischen und dynamischen Eigenschaften von Klebstoffen verwendet. Bei dieser Untersuchung wird der Klebstoff durch eine Elastomerschicht ersetzt, die zwei Metallplatten miteinander verbindet, und die Haftung wird durch eine Scherbelastung (Mode II) überprüft. Dieser neue Ansatz ermöglicht es, die statische Adhäsion durch quasistatische Tests bei unterschiedlichen Belastungsraten und

die dynamische Adhäsion durch zyklische Tests bei unterschiedlichen Belastungsstufen zu testen. Darüber hinaus wird er die Optimierung von Materialien und Verarbeitungsbedingungen für die Herstellung zuverlässiger Verbundwerkstoffe auf Elastomerbasis ermöglichen.

components is often related to cyclic loading conditions that requires the evaluation of dynamic adhesion.

For this purpose, a novel approach was chosen by using lap-shear geometry. This type of specimen is commonly adopted for the evaluation of static and dynamic properties of adhesives. For this research, the adhesive is replaced by an elastomer layer that bonds two metal plates and the adhesion is verified through a shear load (Mode II). This new approach allows to test static adhesion via quasi-static tests at different loading rate and dynamic adhesion by exploiting cyclic tests at different loading levels. Moreover, it will enable the optimization of

materials and processing conditions for the production of more reliable elastomer-based composites. ■



Rubber-metal composites are used in several applications that require bearing relatively high loadings while maintaining a significant degree of deformation. This is achieved by direct vulcanization of the rubber compound on the metal surface, which is typically pretreated to optimize the adhesion. A critical aspect related to the service life of products made of this composite material is the adhesion between elastomer and metal. The final performance of the composites depends on several production parameters related to both the curing of the rubber and the bonding between the macromolecular chains and the metal substrate.

In the rubber industry, the adhesion of rubber-metal interfaces is often verified through peel tests, which allow to estimate the strength of adhesion in quasi-static loading conditions. However, elastomer-based components are often subjected to large static loads on which small cyclic loading are superimposed. Therefore, the failure of these

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET-K1
 Projektpartner: MUL - WPK, PCCL;
 SKF Sealing Solutions Austria GmbH

Ansprechpartner



Dott. Mag. Dr. mont. Jacopo Schieppati
 jacopo.schieppati@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2190

Nanoindentation von Elastomeren zur Qualitätskontrolle

Nanoindentation of elastomers for quality control

Die mechanischen Eigenschaften von Elastomeren werden in hohem Maße durch den Aushärtungsgrad beeinflusst, so dass dieser Parameter eine große Rolle bei der Bestimmung der Leistung von Gummiprodukten spielt. Bei der Verarbeitung von Objekten mit komplexer Form kann es vorkommen, dass die Erwärmung nicht homogen ist. Dies hat zur Folge, dass das Produkt in verschiedenen Bereichen einen lokal unterschiedlichen Vulkanisationsgrad aufweist. Um die Qualität eines Gummiprodukts zu überprüfen, ist ein Prüfverfahren erforderlich, das lokalisierte Messungen ermöglicht. Eine davon ist die Nanoindentation, mit der sich die mechanischen Eigenschaften auf der Mikro- und Nanoskala bestimmen lassen.

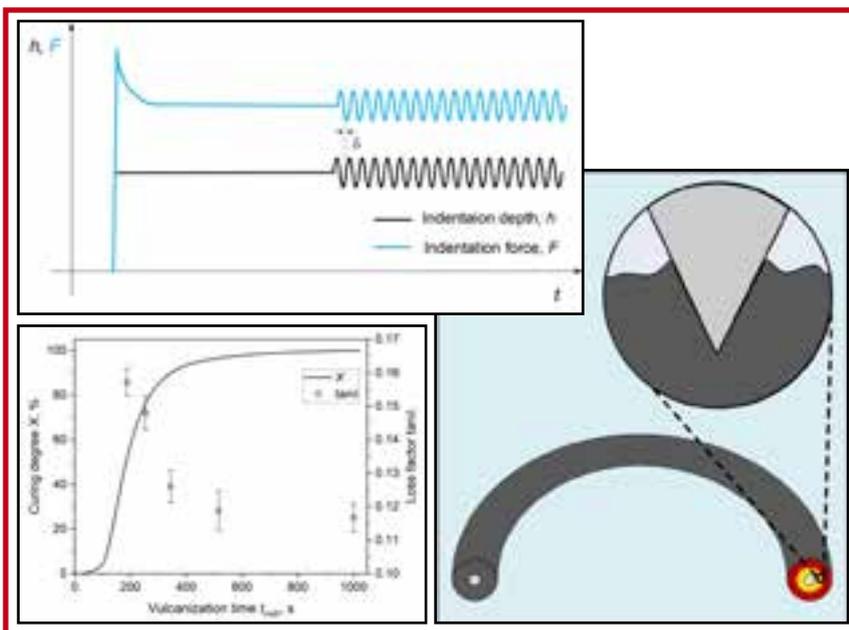
Verlustfaktor ($\tan\delta$) direkt aus der Hystereseurve abgeschätzt werden und ist somit unabhängig von der Eindringfläche.

Diese Methode wurde zur Untersuchung eines mit Ruß gefüllten Elastomers mit unterschiedlicher Heizzeit (d. h. Vulkanisationsgrad) verwendet. Es wurde ein Abfall von $\tan\delta$ bei Erhöhung der Vulkanisationszeit bis zu einem Plateau festgestellt. Diese Ergebnisse zeigen die Fähigkeit dieser Technik, zwischen verschiedenen Vernetzungszuständen zu unterscheiden, und könnten eine neue Standardmethode für die lokale Bewertung der Qualität der Aushärtung von Elastomerprodukten darstellen.

provide localized measurements is required. Among them, nanoindentation can provide the estimation of the mechanical properties at the micro- and nanoscale.

The indentation consists of an initial static indentation up to a given penetration depth. Subsequently, the depth is maintained to allow stress relaxation; finally, a small dynamic load is applied. This procedure allows not only to estimate the material properties in quasi-static condition, but also the dynamic ones. In particular, the loss factor ($\tan\delta$) can be estimated directly from the hysteresis curve and is therefore independent on the indentation area.

- This methodology was used to investigate a carbon black filled elastomer with different heating time (i.e., vulcanization degree). A drop of $\tan\delta$ was found by increasing the vulcanization time up to a plateau level. These results demonstrate the ability of this technique to distinguish between different crosslinking state and may represent a new standard method for the local evaluation of the quality of curing of elastomer products. ■



Die Indentation besteht aus einer anfänglichen statischen Eindrückung bis zu einer bestimmten Eindringtiefe. Anschließend wird die Tiefe beibehalten, um eine Spannungsrelaxation zu ermöglichen; schließlich wird eine kleine dynamische Belastung aufgebracht. Mit diesem Verfahren lassen sich nicht nur die Materialeigenschaften im quasi-statischen Zustand, sondern auch die dynamischen Eigenschaften abschätzen. Insbesondere kann der

The mechanical properties of elastomer are greatly influenced by the degree of curing and thus, this parameter has a great role in determining the performance of rubber products. During processing, objects with complex shape may experience not homogenous heating condition. As a consequence, the product will have locally different vulcanization degree in distinct regions. In order to verify the quality of a rubber product, a testing technique that

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET-K1
 Projektpartner: MUL - WPK, PCCL;
 SKF Sealing Solutions Austria GmbH

Ansprechpartner



Dott. Mag. Dr. mont. Jacopo Schieppati
 jacopo.schieppati@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2190

Dämpfungselemente im Eisenbahnoberbau

Damping pads in the railway superstructures

Mit Zuspitzung der Klimakrise wird auch der Ausbau des Eisenbahninfrastruktur von immer zentralerer Bedeutung. Im Zuge dieser Herausforderungen hat sich zwischen dem Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe und der Firma Semperit Technische Produkte GmbH eine fruchtbare, langjährige Partnerschaft für die Weiterentwicklung von elastomeren Schienenzwischenlagen zur Dämpfung von Vibrationen im Eisenbahnoberbau entwickelt.

Auf Grund der erhöhten Eigensteifigkeit von Betonschwellen im Gegensatz zur alten Holzschwelle wurde eine elastische Entkopplung zwischen Schiene und Schwelle notwendig. Neben der zentralen Anforderung zur Vibrationsdämpfung, müssen derartige Komponenten eine hohe Witterungsbeständigkeit sowie ein sehr gutes Ermüdungsverhalten für einen oftmals jahrzehntelangen Dauereinsatz aufweisen. Die Belastungen die im Einsatzfall auf diese Zwischenlagen wirken sind enorm. Vor allem in Gleisbögen treten wiederholt hohe Schub- und Drucklasten von mehreren Hundert Kilonewton mit Frequenzen von bis zu 30 Hertz auf. Zur Weiterentwicklung derartiger Komponenten bedarf es neben den üblichen Methoden zur Materialcharakterisierung und dem Einsatz in der Teststrecke auch den Zwischenschritt einer realitätsnahen und kostengünstigen Bauteilprüfung im Labormaßstab.

Die in all diesen Prüfmethode gewonnen Erkenntnisse konnten bis jetzt zur Entwicklung neuer Materialien und neuer, angepasster, Geometrien für Schienenzwischenlagen verwendet werden.

Due to the increased inherent stiffness of concrete sleepers in contrast to the old wooden ones, an elastic decoupling between rail and sleeper became necessary. In addition to the central requirement for vibration damping, such components must have high weather resistance as well as very good fatigue behavior for decades of continuous use. The loads that act on these intermediate layers during use are enormous. Especially in track curves, high shear and pressure loads of several hundred kilonewtons with frequencies up to 30 Hz occur repeatedly. For the further development of such components, in addition to the usual methods for material characterization and use in the test track, the intermediate step of realistic and cost-effective component testing on a laboratory scale is also required.

The knowledge gained from all these test methods has been used to develop new materials and new, adapted geometries for rail pads. ■



Das Bauteilprüffeld am WPK ermöglicht eine Prüfung von Komponenten und Bauteilen im Labormaßstab. The component test field at the WPK enables testing of components and parts on a laboratory scale.



Zur Entkopplung von Schiene und Schwelle werden witterungsbeständige und ermüdungsarme Komponenten benötigt. Weather-resistant and low-fatigue components are needed to decouple the rail from the sleeper.

As the climate crisis worsens, the development of rail infrastructure is becoming increasingly important. Due to these challenges, a productive, long-term partnership has developed between the Institute of Materials Science and Testing of Polymers and the company Semperit Technische Produkte GmbH for the further development of elastomeric rail pads for damping vibrations in railway superstructures.

Auf einen Blick

Projektpartner: MUL - WPK, Semperit Technische Produkte GmbH.

Ansprechpartner



Ing. Jürgen Föttinger BSc.

juergen.foettinger@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2161

Data Science in der Werkstoffprüfung

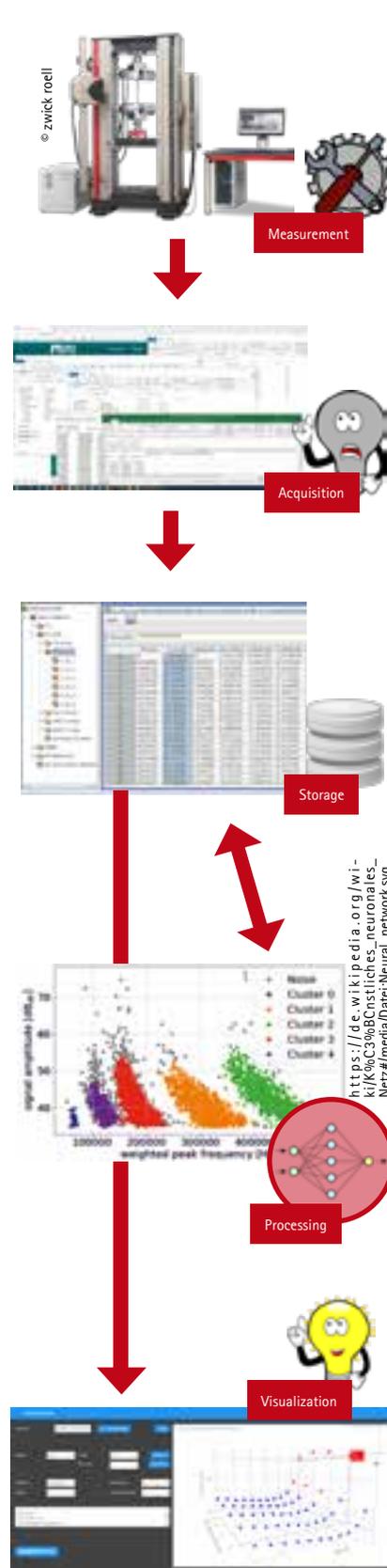
Data science in material testing

In der modernen Prüftechnik wird immer mehr Sensorik verwendet, um genügend Rohdaten über komplexe Abläufe zu sammeln. Trotz des Mehrwertes an Information sind die entstehenden Datenmengen oft unübersichtlich und schwer handzuhaben. Hier müssen Methoden der Data Science ansetzen, um den bestmöglichen Nutzen aus den generierten Daten zu ziehen. Das Ziel ist ein reibungsloser Ablauf von der Messung bis zur Darstellung und Diskussion der Ergebnisse. Dabei ist der erste Schritt zum Erfolg oftmals die strukturierte Ablage von Informationen, die aus verschiedenen Quellen stammen (z. B. Maschinendaten, optische Messtechnik, Simulationsergebnisse etc.). Das kann beispielsweise durch Datenbanken oder spezielle, hierarchische Datenformate geschehen, in denen verschiedenste tabellarische Daten mit Metadaten kombiniert werden können. Im selben Schritt können auch erste Auswertungen automatisiert ablaufen. Der Vorteil ist hierbei, dass diese Routinen schnell, fehlerfrei und ohne subjektive Einflüsse geschehen.

Auf Basis der archivierten Messergebnisse sind weiterführende Auswertungen möglich, die die Gesamtheit aller Daten benötigen. Beispiele dafür sind Clustering, multivariate Datenanalyse oder neuronale Netze. Durch diese Methoden werden Trends erkannt, die dem menschlichen Auge oft verborgen bleiben. Anwendungsgebiete sind unter anderem das Kategorisieren von Messpunkten sowie das Erkennen von Störsignalen oder Ausreißern.

Schlussendlich können die Ergebnisse großer Messserien oder umfangreicher Simulationen durch interaktive Viewer besser visualisiert werden. Dadurch ist es möglich auch mehrdimensionale Daten schnell und gezielt zu analysieren.

In modern material testing, an increasing number of sensor systems is used in order to gather enough raw data on complex processes. Despite the benefits of additional information, the accumulated amounts of data are often confusing



and difficult to handle. Here, methods from data science are required to make the best use of the generated data. The goal is a smooth work flow from the first measurement to the visualization and discussion of the results. Often times, the first step towards success is the structured storage of information that originated from different sources (e. g. machine data, optical sensors, simulation results etc.). One approach is to use data bases or certain hierarchical data formats to combine various spreadsheets with meta data. In the same step, basic evaluations can also be performed automatically. These routines have the advantage of working fast and are free of mistakes and subjective influences.

Based on the archived test results, it is possible to do more advanced computations, which rely on large, collective datasets. Examples are clustering, multivariate data analysis or artificial neural networks. These methods detect trends that cannot be recognized by the human eye. This enables the categorization of data points or the detection of noise and outliers.

Finally, the results of large measurement series or complicated simulations can be visualized better by using interactive viewers. As a result, even multidimensional data can be analyzed quickly and systematically. ■

Auf einen Blick

Förderung: F&E PROGRAMM DES REKTORATES - 2021

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Johannes Wiener
 johannes.wiener@unileoben.ac.at
 +43 3842 402-2134

Messmethoden im Mikrometerbereich

Measurement techniques for the micrometer range

Heutzutage gibt es eine Fülle von Wegen Verbundwerkstoffe in allen möglichen Geometrien zu erzeugen, und es scheint, als setze nur noch die Phantasie Grenzen. Doch auch der dünnste Folienverbund, oder das komplizierteste Mehrphasenmaterial, sollte komplett erfasst und charakterisiert werden können. Eine Methode, mit welcher es möglich ist, die tatsächlichen Eigenschaften in sehr kleinen Bereichen zu messen, ist die Nanoindentierung.



Nanoindenter

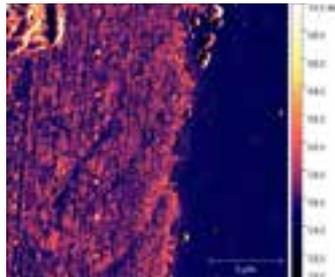
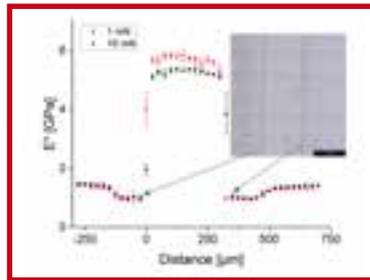
Geschichtete Proben

Bei diesem Verfahren wird mit kleinsten Kräften (μN bis mN) ein Eindringkörper, meist eine dreiseitige Pyramide mit einem bestimmten Öffnungswinkel auch bekannt als „Berkovich Indenter“, in die Probe gedrückt, und dabei die Kraft-Weg-Kurve gemessen. Aus dieser können neben einem Wert für Härte auch lokale Steifigkeitswerte errechnet werden. Ein Beispiel für eine derartige Messung an einen Mehrschicht-Kraftstoff-tank aus Kunststoff ist in den Bildern dargestellt. Derartige, lokal bestimmte, Materialeigenschaften ermöglichen ein viel detaillierteres Verständnis der Eigenschaften des Gesamtverbundes.

Noch ein wenig kleiner

Wenn selbst die Auflösung einer Nanoindentierung nicht mehr ausreichend ist, kann auf die Verwendung eines Rasterkraft-Mikroskops zurückgegriffen werden. Neben der Vermessung der Oberfläche im nm -Maßstab, besteht

hier ebenfalls die Möglichkeit einer Indentierung, die ähnlich der Nanoindentierung verläuft. Weiters kann eine Fülle an Methoden, die für eine Charakterisierung selbst kleinster Phasen geeignet ist herangezogen werden. Analog zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften im kleinsten



Maßstab, ist es auch Ziel des Projektes diese Messmethoden auf bruchmechanische in-situ Versuche auszuweiten.

Through the ongoing development in production techniques, it seems that there is no limit in shape and composition of composite materials. But even the thinnest multilayer composite has to be measured and characterized. One of the methods used for this kind of characterization is the nanoindentation.

Layered samples

Small forces (μN to mN) are used to press an indenter into the sample and record the force-displacement graph. Most of the times a Berkovich indenter, a three-sided pyramid with a certain opening angle, is used. Mechanical values like the hardness and comparative values proportional to the elastic modulus can be calculated from this

graph. In the picture such a measurement on a multi-layer fuel tank made out of polymers is shown. Such, locally determined, material properties allow a much more detailed understanding of the properties of the overall composite.

Even smaller

In case the resolution of nanoindentation is not sufficient, an atomic force microscope can be used. In addition to measuring the surface with nm resolution, and the possibility of using an indentation technique, similar to nanoindentation, a wealth of other techniques can be used to characterize even the smallest phases. Analogous to the determination of mechanical properties on the smallest scale, the aim of this project is to optimize and refine these methods for polymers and to extend them to in-situ fracture mechanics tests. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET K1
 Projektpartner: MUL - WPK, PCCL

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Michael Huszar
 michael.huszar@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2136



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

Polymere Werkstoffe in kleinen Dimensionen

Polymer materials at the nanoscale

Polymere mit maßgeschneiderten Eigenschaften beschäftigen Forschungsinstitutionen sowie Unternehmen bereits seit einigen Jahrzehnten. Dies führte unter anderem zu Entwicklungen von Verbundstoffen, Polymermischungen oder auch Oberflächenbeschichtungen. Entscheidend für die Entwicklung neuer Materialien oder Materialkombinationen ist ein fundiertes Verständnis über Mechanismen, die an den Grenzflächen auftreten.

Eine der Techniken zur Untersuchung von Polymergrenzflächen ist die sogenannte photoinduzierte Kraftmikroskopie (PiFM). Die PiFM basiert auf der Rasterkraftmikroskopie (AFM) und beruht auf der mechanischen Erfassung der Wechselwirkung zwischen Probe und Licht. Mit dieser Messmethode ist es möglich sowohl mechanische (Topographie) als auch spektroskopische (IR-Spektrum) Daten ortsaufgelöst zu generieren. Durch die nanoskaligen Abmessungen der AFM-Spitze und der Detektion der Wechselwirkungen von einer bestrahlten Probe mit dieser, ist es möglich auch chemische Informationen in diesen Größenordnungen zu gewinnen. Dies ermöglicht die Beobachtung geringfügiger Veränderungen der Morphologie entlang von Grenzflächen. Das PiFM liefert somit wertvolle Einblicke in die strukturellen Eigenschaften von Polymeren und deren Grenzflächen bzw. Übergänge zu diesen. Die Auswirkungen von Grenzflächen und -übergängen

auf das Eigenschaftsprofil polymerer Werkstoffe kann somit besser beschrieben und verstanden werden. Dadurch trägt diese Messmethode dazu bei morphologische Eigenschaften weiter zu optimieren. Des Weiteren ermöglicht die hohe Ortsauflösung einen tiefen Blick ins Material und hilft damit ein besseres Verständnis von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von polymeren Werkstoffen zu erlangen.

High demands for polymers with specific properties lead to composites and polymer blend development as well as to new surface treatments or coatings. Crucial for new material development

is a sound understanding of the mechanisms occurring on the interfaces in-between different materials.

One of the techniques which allow us to study polymer interfaces is photo-induced force microscopy (PiFM) with an infrared laser. PiFM spectroscopic technique is based on atomic force microscopy (AFM), and it relies on mechanical detection of sample-light interaction rather than optical detection. A combination of AFM and spectroscopic method with high spatial resolution provides information about topography and roughness and, at the same chemical information in the form of infrared spectra. Both in the nanoscale range, which is unreachable with standard

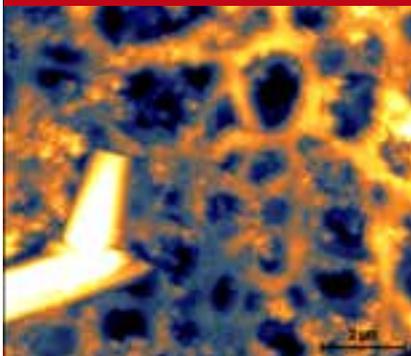
infrared spectroscopes. This enables the observation of slight changes in morphology and crystallinity through the interface and links them with modifications in the infrared spectrum. The changes in concentration or formation of new functional groups across the whole interface allow the assessment of the interface properties and the conditions of its growth.

The PiFM can provide valuable insights into the structure-property relationship of materials with polymer interfaces and thus help further optimize morphology and create materials with tailor-made properties in fields of polymer blends, composites and polymer coatings. ■

Fig. 1: PiFM image of interfaces in 3D-printed PET-G/TPC composite



Fig. 2: AFM image of calcium carbonate crystallized on cellulose acetate



Auf einen Blick

Förderung: F&E PROGRAMM DES REKTORATES - 2021

Projektpartner: MUL - KV, MUL - KC, MUL - Lehrstuhl für Allgemeine und Analytische Chemie, MUL - Lehrstuhl für Physik

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Michael Feuchter

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



Ing. Katerina Plevova

katerina.plevavo@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2119

Forschungsschwerpunkt ADDITIVE FERTIGUNG Research Objective ADDITIVE MANUFACTURING



Am Department für Kunststofftechnik werden derzeit drei verschiedene AM-Technologien erforscht: der Werkstoffauftrag mittels Tintenstrahldruck, die wannenbasierte Photopolymerisation sowie die Werkstoffextrusion.

Im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte wurden leitfähige Tinten entwickelt, die eine einfache Herstellung von Dehnungssensoren ermöglichen und derzeit für die digitale Zustandsüberwachung von Bauwerken, Bauteilen und in der Felsmechanik getestet werden. Im Bereich der Stereolithographie werden photoreaktive Harzsysteme mit hoher Wärmeformbeständigkeit für den 3D-Druck von Spritzgussformen erforscht sowie Ansätze für die Realisierung von 3D-Strukturen mit Bereichen unterschiedlicher mechanischer Eigenschaften verfolgt. Ein ähnlicher Ansatz wird auch im Gebiet der Medizintechnik erprobt, bei dem Implantate mit hart-weich Kombination mittels zwei Komponenten Werkstoffauftrag ermöglicht werden.

Durch das erforschte "Formen, Entbindern und Sintern" Verfahren können metallische Bauteile durch extrusionsbasierte AM-Verfahren aufgebaut werden. Im Rahmen mehrerer Studien wird die Herstellung von Bauteilen aus Aluminium und seinen Legierungen sowie magnetischen Pulvern (z. B. NdFeB) erforscht.

Neben der Entwicklung von Werkstoffen hat auch das Design der Bauteile einen wesentlichen Einfluss auf deren Eigenschaften. In diesem Zusammenhang werden am Department für Kunststofftechnik bionische Strukturen entwickelt und deren mechanische

Eigenschaften charakterisiert, sowie die Rissausbreitung in gedruckten 3D-Polymerteilen untersucht.

At the Department for Polymer Engineering and Science, three different AM technologies are currently being researched: material deposition by means of inkjet printing, vat-based photopolymerisation and material extrusion.

Within the framework of several research projects, conductive inks were developed that allow the straightforward production of strain sensors, which are currently being tested for the digital monitoring of structures, components and in rock mechanics. In the field of stereolithography, photoreactive resin systems with high heat resistance for the printing of injection molds are being researched, as well as approaches for the realisation of 3D structures with areas of different mechanical properties. A similar approach is also being tested in the field of medical technology, where implants with hard-soft combinations are realized by means of two-component material deposition.

In the "shaping, debinding and sintering" process, metallic components can be built up using extrusion-based AM processes. Within the scope of several studies, the production of components made of aluminium and its alloys, as well as magnetic powders (e.g. NdFeB) is being researched.

In addition to the development of materials, the design of components also provides a significant influence on

their properties. In this context, the Department for Polymer Engineering and Science develops bionic structures and characterizes their mechanical properties. In addition, crack propagation in printed 3D polymer parts is investigated. ■

Ansprechpartner



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



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

Leitfähige Tintensysteme für gedruckte Dehnungssensoren

Conductive Ink Systems for Printed Strain Sensors

Die effiziente Herstellung von dehnbaren Leiterbahnen, elektronischen Schaltungen und Bauelementen gehört zu den kritischsten Bereichen des stark wachsenden Forschungsfeldes der Gedruckten Elektronik. Die Entwicklung von dehnbaren Elektroden bzw. Leiterbahnen eröffnet die Möglichkeit der einfachen Integration elektrischer bzw. elektronischer Bauteile wie Dehnungssensoren beispielsweise in Kleidung oder dreidimensionale Oberflächen von Maschinen, menschliche Haut oder Gebrauchsgüter. Die gedruckte Elektronik gilt als Schlüsseltechnologie für das Internet der Dinge, das Auto der Zukunft mit flexiblen Displays und Sensoren sowie für die nächsten Generationen von Wearables (Gesundheitswesen und Sport) bis hin zu smarten Gebäuden.

Das Bestreben der Gedruckten Elektronik ist die einfache und kostengünstige Fertigung elektrischer Bauteile durch Aufbringung von leitfähigen Tinten bzw. Pasten durch einfache Drucktechniken wie z. B. dem Tintenstrahl- oder Siebdruck.

Im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte wurden am Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe neue Methoden für die Herstellung metallischer Nanopartikel ohne den Bedarf an toxischen Chemikalien entwickelt.

Die metallischen Nanopartikel werden durch Selbstreduktion eines stabilen Silber-Komplexes hergestellt. Auf Ba-

sis dieses Komplexes wurden Pasten hergestellt, die auf hinreichend großen Flächen mittels Siebdruck strukturiert aufgebracht werden können.

In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft werden aktuell Sensorsysteme, welche die digitale Zustandsüberwachung in der Gebirgsmechanik (siehe Abb. 1) erlauben, erforscht.



Abb. 1: Mit Dehnungssensoren instrumentierte Gebirgsanker
Fig. 1: Rock bolts instrumented with strain sensors

skin or consumer goods. Printed electronics is considered as a key technology for the Internet of Things, the car of the future with flexible displays and sensors, and for the next generations of wearables (healthcare and sports) up to smart buildings.

The aspiration of Printed Electronics is the simple and cost-effective fabrication of electrical components by applying conductive inks or pastes through simple printing techniques such as inkjet or screen printing.

Within the framework of several research projects, new methods for the production of metallic nanoparticles without the need for toxic chemicals have been developed at the Institute of Chemistry of Polymeric Materials.

The metallic nanoparticles are prepared by self-reduction of a stable silver complex. Based on this complex, pastes were produced that can be applied to sufficiently large surfaces in a patterned manner by means of screen printing.

In cooperation with the Institute of Mining Engineering and Mineral Economics, sensor systems are currently being investigated which allow the digital condition monitoring in rock mechanics (see Fig. 1). ■

The efficient fabrication of stretchable conductor paths, electronic circuits and devices is one of the most critical areas of the rapidly growing research field of Printed Electronics. The development of stretchable electrodes or conductor paths opens up the possibility of easy integration of electrical or electronic components such as strain sensors, for example, into clothing or three-dimensional surfaces of machines, human

Auf einen Blick

Förderung: CDG, FFG, AWS
Projektpartner: MUL - KC, MUL
- Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft

Ansprechpartner



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



Pauline Vailhe, M.Sc.
pauline.vailhe@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2385

Projekt: RASANT

Hochtemperaturstabile Photopolymere: neue Werkstoffe für 3D-gedruckte Spritzgusswerkzeugen High-temperature stable photopolymers: New Materials for 3D-printed Injection Molds

Trotz stetiger Weiterentwicklung der additiven Fertigungstechniken sind diese Verfahren noch zu langsam, um Komponenten und Prototypen in Serie effizient herstellen zu können. Aus diesem Grund ist man derzeit noch zum größten Teil auf etablierte Produktionsverfahren, wie z. B. den Spritzguss, angewiesen. Eine Möglichkeit die Rentabilität der additiven Techniken signifikant zu höheren Stückzahlen zu verschieben, bietet der schnelle Werkzeugbau bei dem Spritzgusswerkzeuge für die Herstellung von Kunststoffteilen mit Hilfe additiver Fertigungsverfahren hergestellt werden.

Photopolymerisation mit vielen Vorteilen

Metallische Werkzeuge, hergestellt durch Laserschmelzen bzw. Lasersintern, erlauben ähnlich hohe Stückzahlen wie mit konventionellen Verfahren hergestellte Werkzeuge, sind jedoch hinsichtlich Oberflächengüte bzw. Fertigungseffektivität stark limitiert. Im Gegensatz dazu bieten additive Verfahren, welche auf der Photopolymerisation basieren, eine gute Prozesseffektivität, höhere Oberflächengüten und kommen meist ohne eine Nachbehandlung (z. B. Schleifen oder Polieren) aus. Jedoch weisen Werkzeuge aus Photopolymeren, aufgrund der geringen Wärmeformbeständigkeit und Sprödigkeit dieser Werkstoffe, eine stark eingeschränkte Standzeit auf.

Um das Ziel der kostengünstigen und zeiteffizienten Herstellung von robusten Spritzgusswerkzeugen zu realisieren, wurden im Rahmen des Forschungsprojekt RASANT gemeinsam mit dem oberösterreichischen Unternehmen OK Partner neuartige Photopolymere erforscht. Die entwickelten Harzsysteme weisen eine hohe Wärmeformbeständig-

keit im gehärteten Zustand auf, können durch Stereolithographie einfach verarbeitet werden und erlauben die Fertigung von Einsätzen für Spritzgusswerkzeuge (Abb. 1) mit Standzeiten von mehr als 1.000 Spritzgußzyklen.



Abbildung 1: Additiv gefertigte Einsätze für Spritzgußwerkzeuge
Figure 1: Additively manufactured inserts for injection molds

Despite the continuous development of additive manufacturing techniques, these processes are still too slow for an efficient production of components and prototypes in series. For that reason, one has to rely largely on well-established production methods such as injection molding. One possibility to shift the profitability of additive techniques significantly to a higher number of parts provides rapid tooling in which injection molding tools for the production of polymeric parts are produced by means of additive manufacturing technologies.

Photopolymerization with many advantages

Metallic tools, produced by laser melting or laser sintering, allow similarly high numbers of produced items as tools fabricated by conventional methods, but are severely limited in terms of low surface quality and manufacturing efficiency. In contrast, additive processes based on photopolymerization provide good process efficiency, higher surface finishes, and do not require a post-treatment (e.g. grinding or polishing). However, tools made of photopolymers exhibit a very limited tool life, which can be explained by the low heat resistance and the brittleness of this kind of materials.

To achieve the goal of a cost-effective and time-efficient production of robust injection-molding tools, novel photopolymers have been investigated within the research project RASANT together with the Upper Austrian company OK Partner GmbH. The developed resin systems exhibit high heat resistance in the cured state, can be easily processed by stereolithography and allow the production of inserts for injection molds (Fig. 1) with lifetimes of more than 1000 injection molding cycles. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG
Projektpartner: MUL – KC, MUL – KV, OK Partner GmbH

Ansprechpartner



Univ.-Prof. Dr. Thomas Griesser

thomas.griesser@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2358

Multi-Material 3D-Druck

Multi-material 3D printing

Im Vat-Photopolymerisation 3D-Druck werden Bauteile über einen lokalen Polymerisationsprozess aufgebaut, der durch Licht im sichtbaren oder UV-Bereich initiiert wird. Durch die hohe Auflösung können komplexe Strukturen hergestellt werden, während die Fertigung von porösen und hohlen Objekten ohne den zusätzlichen Druck eines Stützmaterials gelingt. Diese Vorteile machen den Vat-Photopolymerisation 3D-Druck zu einem idealen Fertigungsverfahren für die Herstellung von mechanischen Metamaterialien, Aktuatoren sowie Bauteilen mit überhängenden Strukturen und Kavitäten.

Farbe des Lichts zur Steuerung

In Kooperation mit der Montanuniversität Leoben nutzt das PCCL orthogonale Fotoreaktionen um (thermo)mechanische Eigenschaften und Funktionen von 3D gedruckten Bauteilen über die Farbe der eingesetzten Lichtquelle gezielt zu steuern. Hierbei wird ein Drucker eingesetzt, der bei zwei unterschiedlichen Wellenlängen arbeitet und die Fertigung von Materialien mit weichen (405 nm) und steifen (365 nm) Eigenschaften ermöglicht (Abb. 1). Somit gelingt die Herstellung von Multi-Material 3D Strukturen ohne eine Änderung der Harzzusammensetzung (Abb. 2).

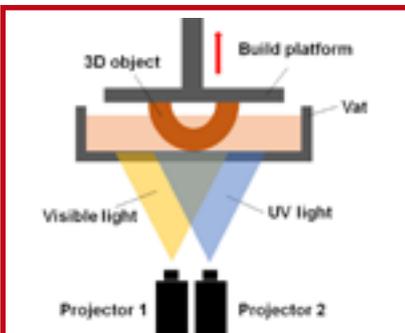


Abb. 1: Schema des Zweiwellenlängen 3D-Druckers
Fig. 1: Schematic representation of the dual-wavelength 3D printer

Einsatz bei Elektronikkomponenten

Neben den mechanischen Eigenschaften werden auch Konzepte für den 3D-Druck von Bauteilen mit elektrisch leitfähigen und isolierenden Bereichen erarbeitet. Es werden Harze entwickelt, die sich durch eine hohe Leitfähigkeit und eine gute Druckbarkeit auszeichnen. Die hochaufgelöste Fertigung der Komponenten erfolgt mit einem geplanten Multi-Material 3D-Drucker, der einen lagenweisen Wechsel des Harzes während des Drucks erlaubt.

In vat photopolymerization 3D printing, the building of structures relies on a localized polymerization process, which is initiated by light in the UV-Vis region. Due to its high resolution, complex 3D structures can be fabricated whilst the printing of porous and hollow objects can be realized without the additional printing of a support material. These features make vat photopolymerization 3D printing an ideal technique for the fabrication of mechanical metamaterials, soft actuators, and parts constructed with trusses or cavities.

Color of the light for control

In cooperation with Montanuniversität Leoben, the PCCL exploits orthogonal photoreactions to locally and independently control (thermo)mechanical properties and functionality of 3D printed polymers simply by the choice of the wavelength. By using a dual-wavelength printer operating at two different wavelengths, soft parts are fabricated at 405 nm, whilst rigid domains are

Abb. 2: 3D gedruckte Multi-Material Strukturen
Fig. 2: Multi-material structures obtained by dual-wavelength 3D printing



printed at 365 nm (Fig. 1). This allows the printing of multi-material structures, without the need for a change of the resin vat (Fig. 2).

Use with electronic components

Along with mechanical properties, concepts for the 3D printing of devices with electrically conductive and insulating parts are being pursued. In particular, resins are developed, which are characterized by a high conductivity and good printability. The high-resolution manufacture of the components is realized with a planned multi-material 3D printer, which allows for a change of the resin vat during the layer-by-layer printing of the object. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET-Modul, BMK, BMDW, Land Steiermark
Projektpartner: MUL - KC, PCCL

Ansprechpartnerinnen



Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Sandra Schlögl
sandra.schloegl@pccl.at
+43 3842 402-2354



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

Personalisierte Implantate aus dem 3D-Drucker (CAMEd)

Personalized Implants made by 3D-Printer (CAMEd)

CAMEd (Clinical Additive Manufacturing for Medical applications) ist der Name eines COMET K-Projekt mit dem Ziel, personalisierte Implantate im 3D Druckverfahren zu ermöglichen. Ein Zusammenschluss aus Maschinenbau, Werkstofftechnik und Medizin verfolgt dieses Ziel seit 2018 bis zum heutigen Tag. Innerhalb des Projektes wird ein 3D-Druckzentrum am LKH Graz etabliert und die Prozesskette zur additiven Fertigung medizinischer Implantate erarbeitet. Dazu werden zwei verschiedene Technologien, Material-extrusion sowie Freistrahlmaterialeutrag, evaluiert. In Kombination mit dem passenden Material werden diese auf Toxizität, mechanische Festigkeit und Stabilität sowie Reproduzierbarkeit untersucht. Eine besonders hervorragende Fertigungstechnologie wird dazu an der Montanuniversität studiert: ARBURG Kunststoff-freiformen für Implantate.

Das von ARBURG GmbH + CO KG (Lossburg, Deutschland) entwickelte Additive Fertigungsverfahren nutzt eine Plastifiziereinheit, ähnlich einer Spritzgussmaschine um den Kunststoff aufzuschmelzen. Dies hat gegenüber filamentbasierten Verfahren den Vorteil, auch Polymere, die nur in Granulatform erhältlich sind, verwenden zu können. Das Polymer wird hier über Temperatur und Scherung aufgeschmolzen und mittels einer piezo-elektrisch gesteuerten Verschlussdüse in Tropfenform aufgetragen. Diese Tröpfchen in einer Größe von einigen Zehntel Millimeter, werden in weiterer Folge auf einer beweglichen Bauplattform abgelegt und somit 3D-Bauteile Schicht für Schicht aufgebaut. Die Maschine selbst verfügt über einen bis zu 120 °C beheizbaren Bauraum.

Da am freeformer Granulate verarbeitet werden können, können hier bereits zugelegene medizinische Polymere zu verarbeiten werden, wodurch ein Prozessschritt weniger qualifiziert und validiert werden muss. Als besonders vielverspre-

chend herausgestellt haben sich hier die zwei Typen der Bionate® Reihe von DSM Biomedical. Diese Kunststoffe haben einzigartige biomechanische Eigenschaften und sind erhältlich in verschiedenen Härtegraden, wobei sich diese auch gut miteinander kombinieren lassen. Somit können Multi-Material Bauteile mit einer Hart-Weich Kombination hergestellt werden, welche beispielsweise den menschlichen Rippen-Knorpel- Verbund gut imitieren können. Hierzu wurden bereits erste vielversprechende Versuche durchgeführt.

CAMEd (Clinical Additive Manufacturing for Medical applications) is the name of a COMET K project with the aim of enabling personalized implants using 3D printing. A consortium of mechanical engineers, materials engineers and medical professionals has been pursuing this goal



since 2018 to the present day. Within the project, a 3D printing center is being established within the hospital and the process chain for additive manufacturing of medical implants is being developed. For this purpose, two different technologies, material extrusion and material-jetting are being evaluated. In combination with the appropriate material, these will be examined with regard to toxicity, mechanical strength, stability and reproducibility. One particularly outstanding manufacturing technology is being studied at the Montanuniversität Leoben: ARBURG Plastic Freeforming for medical implants This Technology was developed by ARBURG GmbH +

Co KG (Lossburg, Germany) and it uses a plasticization unit similar to an injection molding machine for preparing the polymer melt. Therefore, thermoplastic pellets can be directly processed, in contrast to filament-based methods. The polymer is molten by heat and shear is applied by the screw; a piezo-electronic shut-off nozzle discharges the molten polymer in droplets. Droplets with a diameter around 0.2 mm are placed on a movable building platform to build a part layer-by-layer. The APF has a heated chamber, which can reach temperatures up to 120 °C.

Since granulates can be processed on the freeformer, already approved medical polymers can be used here, which means that one less process step has to be qualified and validated. Two types of the Bionate® series, provided by DSM Biomedical, have proven to be particularly promising. These plastics have unique biomechanical properties and are available in different hardnesses, which can also be combined with each other. Thus, multi-material components with a hard-soft combination can be produced, which, for example, can imitate the human rib-cartilage composite very well. The first promising tests have already been carried out for this purpose. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG, SFG, COMET K-Projekt 871132

Projektpartner: MUL - KV und 19 weitere Partner aus Wissenschaft und Forschung

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Lukas Hentschel

lukas.hentschel@unileoben.ac.at

+43 3842 402 3506

Projekt: ALF3

Additive Fertigung von Aluminium mittels Material Extrusion

Additive Manufacturing of Aluminium by Means of Material Extrusion

Das Projekt ALF3 beschäftigt sich mit der additiven Fertigung von Aluminium (Al), das ein wichtiger Leichtbauwerkstoff u. a. für Automobil- oder Wohnbau ist. Filamentdruck (Material Extrusion MEX) als Technik der Wahl gehört aufgrund seiner erschwinglichen Ausstattung zu den am häufigsten verwendeten AM-Verfahren. Die fünf wichtigsten Schritte bei der MEX von Metallen sind Mischen der Komponenten und Filamentherstellung, Drucken, Entbinden und Sintern (Abbildung 1). Die Eigenschaften der Komponenten des Gemischs (Ausgangsmaterials) können sich erheblich auf die endgültigen Eigenschaften auswirken, insbesondere bei Al, da die Verarbeitung dieses sauerstoffempfindlichen Metalls sehr anspruchsvoll ist. Die Sintertemperatur von Al liegt relativ nah an der Zersetzungstemperatur der meisten Polymere. Außerdem führt eine unvollständige Entbinderung zu einem hohen Restsauerstoff- und -kohlenstoffgehalt, der die mechanische Leistung der Al-Legierungen beeinträchtigt. Darüber hinaus sind die Flexibilität und die gewünschte Viskosität weitere Faktoren bei der Auswahl des Grundgerüsts für den 3D Druck von Metallen.

Der erste Schritt war eine Literaturrecherche und Materialauswahl, die im Jahr 2022 durchgeführt wurde. Danach wurde eine Formulierung ausgewählt, die aus einem Copolymer als Grundgerüst und TPE als löslichem Teil besteht und alle Anforderungen erfüllt. Der nächste Schritt sind Druckversuche und die Herstellung von Sinterteilen unter Verwendung der flexiblen Filamente (Abbildung 2).

The feedstock development is done at the Institute of Polymer Processing (Montanuniversität Leoben), the debinding procedure is conducted at IFAM and finally, the sintering step is carried out at RHP. The first step was a literature



Abb 2.: Mit der optimierten Formulierung hergestelltes Filament
Fig 2.: Filament produced with the optimized formulation

The ALF3 project deals with additive manufacturing of aluminium (Al), which is an important lightweight material for automotive or residential construction. Material Extrusion (MEX) as an AM technique is among the most widely used AM processes due to its affordable equipment. The five primary stages for MEX of metals are mixing and filament production, printing, debinding, and sintering (figure 1). The characteristics of the mixture (feedstock) components can have a

substantial effect on the final properties, Especially since processing the oxygen-sensitive Al is quite challenging. The sintering temperature of Al is relatively near to the degradation temperature of most polymers. Also, incomplete debinding leads to high residual

oxygen and carbon which decreases the mechanical performance of the Al alloys. Furthermore, flexibility and desirable viscosity are other considerations in the backbone selection of MEX for metals.

Auf einen Blick

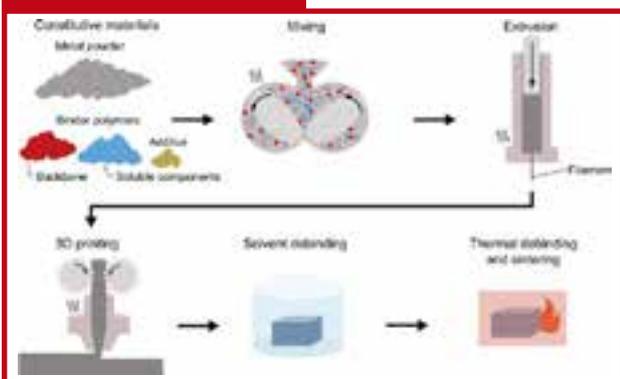
Förderung: FFG
Projektpartner: MUL – KV, Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials (IFAM), RHP-Technology GmbH

Ansprechpartner



Vahid Momeni, MSc
vahid.momeni@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3541

Abb. 1: Schematische Darstellung des Material Extrusion (MEX)-Verfahrens
Fig. 1: Schematic of the Material Extrusion (MEX) process



Die Entwicklung des Ausgangsmaterials erfolgt am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung (Montanuniversität Leoben), das Entbinderungsverfahren wird im IFAM durchgeführt, und der Sinterschritt wird bei RHP vorgenommen.

oxygen and carbon which decreases the mechanical performance of the Al alloys. Furthermore, flexibility and desirable viscosity are other considerations in the backbone selection of MEX for metals.

Reduzierung von Selten-Erd-Magneten in E-Fahrzeugen

Reduction of Rare earth magnets in e-mobility

Vor allem im Bereich des Personentransports werden derzeit vermehrt elektrisch angetriebene Fahrzeuge entwickelt. Aufgrund der größeren und leistungsstärkeren Elektromotoren weisen diese auch einen entsprechend höheren Anteil an gesinterten Selten-Erd-Magneten auf. Am häufigsten werden Neodym-Eisen-Bor-Magnete (NdFeB) eingesetzt. Cer (Ce) fällt bei der Förderung von Neodym ebenfalls an, wird aber in der Regel nicht verwendet. Die Zugabe von 20 % Ce zu NdFeB verschlechtert zwar die magnetischen Eigenschaften um 12 %, senkt aber den Preis um ca. 17,5 %. Die Verwendung von Cer als teilweiser Ersatz für NdFeB bringt aus ökologischer Sicht der KU Leuven keinen großen Vorteil, da die schlechteren magnetischen Eigenschaften durch einen höheren Materialeinsatz kompensiert werden müssen. Die Produktionsmethode hat jedoch einen größeren Einfluss. Häufig werden solche Pulver gepresst und anschließend gesintert. Da bei diesem Verfahren noch nicht die endgültige Geometrie erzeugt wird, muss diese in einem weiteren Schritt durch eine spanende Bearbeitung erzeugt werden. Im Rahmen des Projekts wurde daher der Weg des Spritzgießens gewählt.

CEA hat die Pulver erfolgreich modifiziert und der Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung hat das entsprechende Bindersystem für den Spritzguss entwickelt und die Feedstocks hergestellt. Magneti produzierte und sinterte die speziell geformten Magnete in einer gemeinsam mit CEA entwickelten magnetischen Spritzgussform. Valeo und Mondragon haben die Magnetform gemeinsam entworfen, um trotz geringerer magnetischer Eigenschaften mindestens die gleichen Motoreigenschaften zu gewährleisten. Die Motoren wurden anschließend auf einem Prüfstand bei Mondragon getestet. Da das Projekt zwar gute Fortschritte gemacht hat, aber noch nicht alle Aufgaben optimal gelöst sind, soll die Zusammenarbeit der Partner in einem neuen Projekt verlängert werden.

A steep increase in electrically driven vehicles are currently being delivered. Due to the larger and more powerful electric motors, these also use a correspondingly higher proportion of sintered rare-earth magnets. Neodymium-iron-boron (NdFeB) magnets are used most frequently. Cerium (Ce) also arises in larger quantities when neodymium is mined, but is usually not used. Adding 20 % Ce to NdFeB reduces the magnetic properties by 12 %, but lowers the price by about 17.5 %. The use of cerium as a partial substitute for NdFeB does not bring any great advantage from the ecological point of view, investigated by KU Leuven's, as the poorer magnetic properties have to be compensated by a higher material input. However, the production method has a greater influence. Often, such powders are pressed and then sintered. Since this process does not yet produce the final geometry, this must be created in a further step by machining. In the project, the injection molding route was therefore chosen.

CEA modified the powders and the Institute of Polymer Processing developed the binder system and produced the feedstocks. Magneti produced the specially shaped magnets in a magnetic injection mold developed jointly with CEA. Valeo and Mondragon designed the magnets to ensure at least the same motor characteristics despite lower magnetic properties. The motors are tested on a test bench at Mondragon. As the project showed a good progress, but not all the tasks are finished in the best way, a new project wants to prolong the cooperation of the partners. ■

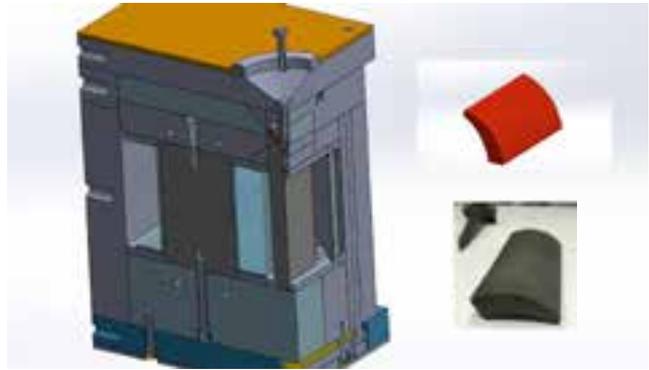


Fig. 1: Left: Magnetizing mold, right: specially shaped magnet, design and injection molded

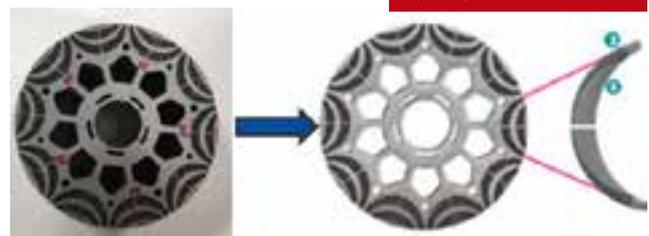


Fig. 2: Improved design for the rotor

LowReeMotors (19120) has received funding from EIT RawMaterials. EIT RawMaterials, initiated and funded by the EIT (European Institute of Innovation and Technology) is an institution of the European Union.

Auf einen Blick

Förderung: EIT RawMaterials
Projektpartner: MUL - KV, Mondragon Goi Eskola Politeknika S. Coop. (Projektleitung), CEA (French Alternative Energies and Atomic Energy Commission), Magneti Ljubljana d.d, Katholieke Universiteit Leuven, Valeo Powertrain Systems

Ansprechpartner



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

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. Inspiriert von der belebten sowie unbelebten Natur existieren bereits zahlreiche Ideen und Konzepte wie dem entgegengewirkt werden kann.

Ein Beispiel, wie die Natur solche Eigenschaften gezielt verbessert ist anhand der Mikrostruktur eines Tiefseeschwammenskeletes in Abbildung 1A zu erkennen. 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, wie beispielsweise die Lithosphäre der Erde bietet als eher neues Designkonzept die Möglichkeit Materialeigenschaften zu verbessern (siehe Abb. 1B).

Durch plastische Deformationen von verschiedensten Schichten unter Druck, kommt es im Material zu einer Art Selbstorganisation. Diese Selbstorganisation ist im Wesentlichen verantwortlich für diese Verbesserung der mechanischen Eigenschaften. Das Ziel des Projektes **ImproPoly acc. Nature** ist es, verschiedenste Konzepte aus der Natur auf 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. Eine gezielte Einbindung solcher Strukturen in strukturellen Komponenten ist in naher Zukunft geplant.

In many structural applications, high fracture toughness as well as stiffness are of importance. To specifically improve both properties, or to improve one of these properties while maintaining the other is often an insurmountable

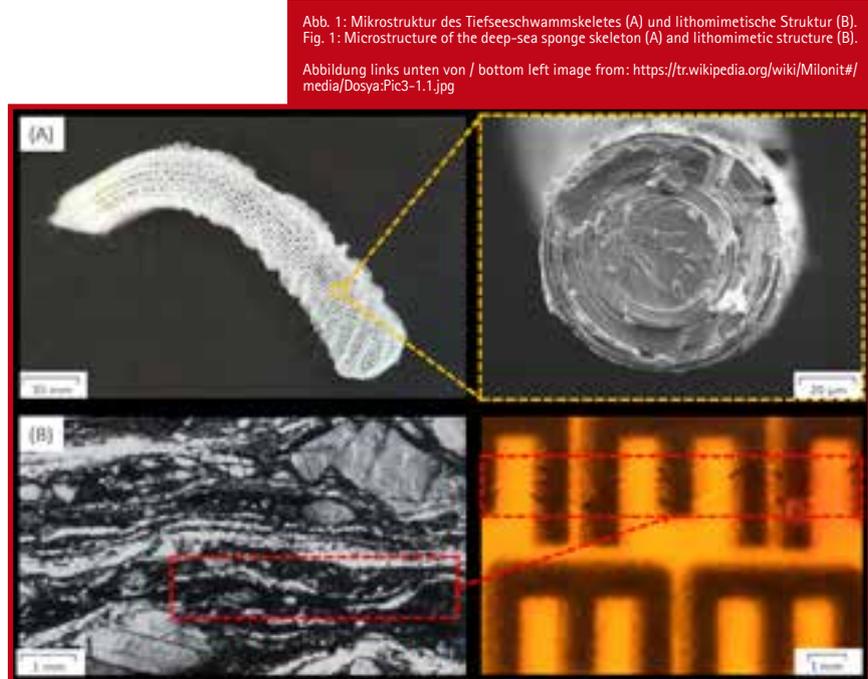


Abb. 1: Mikrostruktur des Tiefseeschwammenskeletes (A) und lithomimetische Struktur (B).
Fig. 1: Microstructure of the deep-sea sponge skeleton (A) and lithomimetic structure (B).

Abbildung links unten von / bottom left image from: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Milonit#/media/Dosya:Pic3-1.1.jpg>

challenge. Inspired by animate and inanimate nature, numerous ideas and concepts already exist on how to counteract this.

An example of how nature improves such properties can be seen in the microstructure of a deep-sea sponge skeleton in Figure 1A. The alternating concentric structure of hard ceramic layers with soft protein layers in between results in an outstanding improvement of the mechanical properties. However, inanimate nature, such as the lithosphere of the Earth, also offers the possibility of improving material properties as a rather new design concept (see Fig. 1B).

Through plastic deformation of various layers under pressure, a kind of self-organization occurs in these materials. This self-organization is essentially responsible for this improvement in mechanical properties. The aim of the project **ImproPoly acc. Nature** is to apply various concepts from nature to polymeric materials. Since many of these concepts are still in their infancy, the main focus is on verifying their suitability for improving mechanical behavior. A targeted integration of such structures in structural components is planned in the near future. ■

Auf einen Blick

Förderung: F&E PROGRAMM DES REKTORATES - 2021

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Christoph Waly

christoph.waly@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2127



Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Florian Arbeiter

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

Rissausbreitungsproblematik in 3D gedruckten Strukturen

Crack propagation problem in 3D printed structures

Die additive Fertigung, auch bekannt als 3D-Druck, bietet viele Vorteile im Vergleich zu traditionellen Fertigungsverfahren. Aus diesem Grund finden additiv gefertigte Komponenten großen Anklang in zahlreichen Anwendungsgebieten wie z. B. in der Medizintechnik als Schädelimplantate. Im speziellen der 3D-Druck mittels extrusions basierten Verfahren, wie z. B. der „Fused Filament Fabrication“ (FFF) Prozess, eignen sich besonders gut für die Herstellung solcher dreidimensionaler Objekte. Durch die unzähligen Parameter wie Druckgeschwindigkeit, diverse Temperaturen etc., die mittlerweile eingestellt werden können, gibt es viele Möglichkeiten, die Eigenschaften von Komponenten gezielt zu beeinflussen.

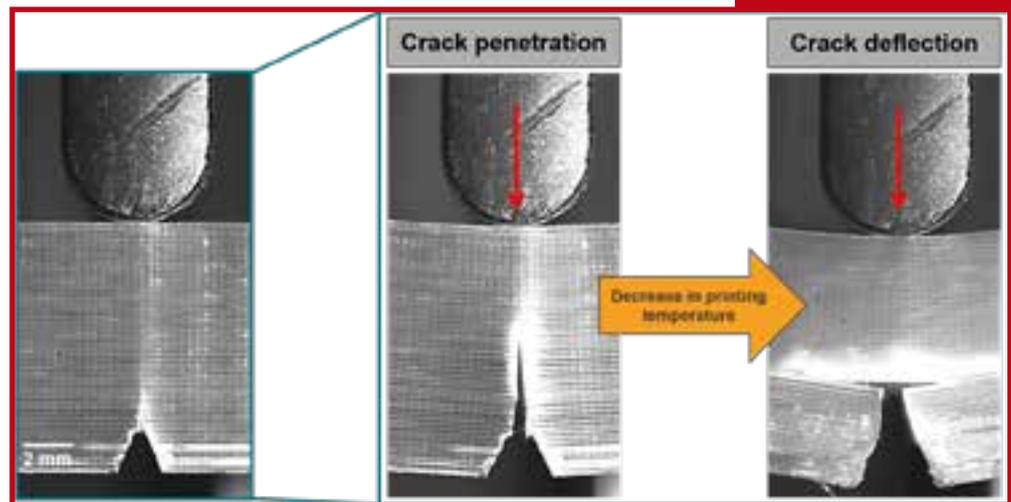
Der Beitrag zu diesen Grundlagenforschungsthemen des WPK widmet sich unter anderem der Rissablenkung/-durchdringungs Problematik. Durch den verfahrenstechnisch bedingten schichtweisen Aufbau kommt es zu einer Verschweißung einzelner Stränge sowie Lagen und dadurch zu mehr oder weniger gut ausgebildeten Interfaces. Trifft ein Riss auf solch ein Interface hat er die Möglichkeit in dieses abzulenken oder in die nachfolgende Schicht zu wachsen (siehe Abbildung).

Genau hier setzt die Forschung im Projekt **CrackDePe 4 3D-Print** an. Wie müssen welche Druckparameter gesetzt werden, bzw. wie müssen die Eigenschaften an der Grenzschicht (z. B. Festigkeit) ausgebildet sein, um einen Riss in eine gewünschte Richtung wachsen zu lassen. Das Ziel des Projektes ist es, dadurch Komponenten in Bereichen, in denen sich der Endverbraucher auf die Funktionalität verlassen können muss, in Zukunft noch zuverlässiger herzustellen.

Additive manufacturing, also known as 3D printing, offers many advantages

over traditional manufacturing processes. For this reason, additively manufactured components are finding great acceptance in numerous fields of application, such as in medical engineering as cranial implants. In de-

tails of this project is to manufacture components even more reliably in the future in areas where the end user must be able to rely on the functionality. ■



tail, 3D printing using extrusion-based processes, such as e.g. the “Fused Filament Fabrication” (FFF) process, are particularly well suited for the production of three-dimensional objects. Due to the countless parameters such as printing speed, various temperatures, etc. that can be set for the process, there are many possibilities to selectively influence the properties of such components.

The contribution to these basic research topics of the WPK is dedicated, among others, to the crack deflection/-penetration problem. Due to the process-related layered structure, individual strands and layers are welded together, resulting in more or less well-developed interfaces. If a crack impinges on such an interface, it has the possibility to deflect into it or to grow through it into the subsequent layer (see Figure).

This is precisely where the research in the **CrackDePe 4 3D-Print** project comes in. How and which printing parameters have to be set, or how should the properties at the interface (e.g. strength) be designed to force a crack to grow in a desired direction. The aim

Auf einen Blick

Förderung: F&E PROGRAMM DES REKTORATES - 2021

Ansprechpartner

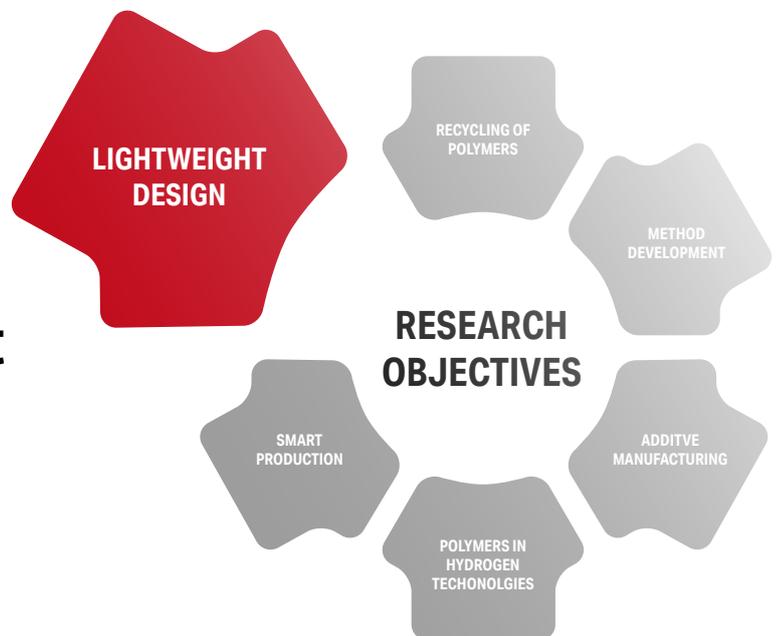


Dipl.-Ing. Christoph Waly
christoph.waly@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2127



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

Forschungsschwerpunkt LEICHTBAU Research Objective LIGHTWEIGHT DESIGN



Im Department Kunststofftechnik der Montanuniversität Leoben hat sich seit der Etablierung der Studienrichtung im Jahre 1970 der Forschungsschwerpunkt Leichtbau kontinuierlich aufgebaut. Dabei haben sich die Forschungsaktivitäten stets auf die vielseitigen Eigenschaften der polymeren Werkstoffe selbst als auch auf Aspekte von deren Verarbeitung und Konstruktion konzentriert.

Im Lauf der Jahrzehnte haben sich die Forschungsaspekte an die jeweils geänderten Anforderungen aus der Industrie wie auch der ökonomischen, ökologischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen orientiert. In diesem Zusammenhang umfassen aktuelle bzw. kürzlich abgeschlossene Forschungsaktivitäten beispielsweise:

- die Entwicklung von Nanopartikel-modifizierten CFK-Laminaten, flexiblen Verbundwerkstoffen mit 100 % bio-basiertem Kohlenstoffanteil oder von Materialverbunden für ballistische Anwendungen,
- die Prozessoptimierung zum Ablegen von gerichtet-kurzfaserverstärkten Tapes im automatisierten Tapelegeverfahren (AFP) sowie
- die automatisierte Risserkennung in Verbundwerkstoffen über optische oder akustische Methoden wie auch die Ermüdungsbewertung von kurzfaserverstärkten Kunststoffen.

Die auf den nachfolgenden Seiten dieses Zweijahresberichts dargestellten Projektbeispiele sollen einen Überblick über die vielschichtigen Aspekte der Forschungsaktivitäten im Department Kunststofftechnik zum Schwerpunkt Leichtbau geben.

At Montanuniversität Leoben, the Department Polymer Engineering and Science established a research focus on lightweight components beginning with the founding of the study program 1970. Since that time, research activities have focussed on the huge variety of properties of polymer materials as well as aspects of processing and design.

Over the decades, research aspects have always been oriented on current requirements from the industry as well as economic, ecological and legal boundary conditions. In this context, exemplarily chosen current research activities cover:

- the development of Carbon fiber based laminates with nano-particle modification, flexible composites with 100 % bio-based carbon content or composites for ballistic protection,
- optimization of the automated fiber placement (AFP) process for steering aligned discontinuous fiber reinforced polymer tapes as well as
- automated crack detection in fiber-reinforced polymer composites by optical or acoustic means and the evaluation of fatigue for short fiber reinforced polymers.

With a number of project examples, the following pages of this biannual report provide an overview of the wide variety of research activities on lightweight components in the Department Polymer Engineering and Science. ■

Ansprechpartner



assoz.Prof. DI Dr. Ewald Fauster

ewald.fauster@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2708

Automatisierte Risserkennung in Verbundwerkstoffen

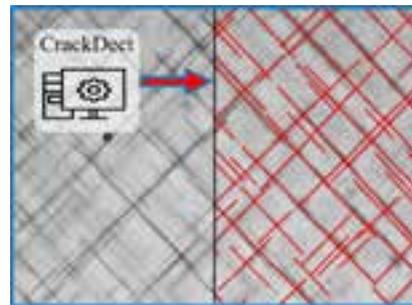
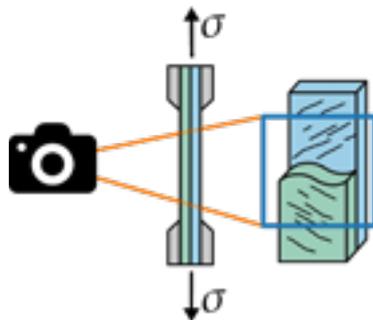
Automated crack detection in composite materials

Bei zyklisch beanspruchten Bauteilen aus Verbundwerkstoffen bilden sich oft früh Matrixrisse in Schichten, die quer zur Faserrichtung beansprucht werden. Diese Risse breiten sich entlang der Fasern aus und sind Auslöser für weitere Schädigung im Verbundwerkstoff. Um die Effekte dieser Risse genauer zu studieren, wurde CrackDect entwickelt, ein frei verfügbares Paket für die Risserkennung in Verbundwerkstoffen^[1].

CrackDect kann beliebig viele gerade Risse in eine vorgegebene Richtung erkennen und wurde speziell für den Einsatz von glasfaserverstärkten Verbundwerkstoffen entwickelt, da die transparenten Glasfasern die Erkennung von Rissen auch in eingebetteten Schichten ermöglichen. Neben mehreren Algorithmen für die Rissdetektion sind Methoden für die Vorbearbeitung der Rissbilder und das effiziente Bearbeiten von ganzen Bildserien inkludiert. Dies ist essenziell für die Auswertung von Ermüdungsexperimenten, da hier große Datenmengen anfallen. Ohne automatisierte Methoden wäre eine Auswertung, wie sie CrackDect ermöglicht, nicht in akzeptabler Zeit durchführbar. CrackDect wurde mittlerweile erfolgreich für die Auswertung von Ermüdungsexperimenten in einem FFG COMET Projekt genutzt, dessen Ergebnisse mittlerweile in mehrere Publikationen einfließen.

Die aus der Rissdetektion gewonnenen Ergebnisse fließen nun in die Weiterentwicklung eines Ermüdungsmodells für endlosfaserverstärkte Polymere ein. Gerade hier ist es wichtig, die Auswirkung von Schädigung, wie in diesem Beispiel Matrixrisse, auf die Materialeigenschaften messen zu können, um physikalisch basierte Modelle zu entwickeln. Weiters werden die Auswirkungen von Matrixrisse auf Phänomene wie hysteretische Erwärmung und dissipierte Energie sowie die Verbindung von

Matrixrisse und diffuser Delamination genauer untersucht. Dies ist nun durch CrackDect in einfacher und zugänglicher Weise für Matrixrisse möglich.



In cyclically loaded composite components, matrix cracks often form early in layers that are stressed transverse to the fiber direction. These cracks propagate along the fibers and are starters for further damage in the composite. To study the effects of these cracks in more detail, CrackDect, a freely available package for crack detection in composites, was developed^[1].

CrackDect can detect any number of straight cracks in a given direction and was developed specifically for glass fiber-reinforced composites, since the transparent glass fibers allow cracks to be detected even in embedded layers. In addition to several algorithms for crack detection, methods for the pre-processing of crack images and the efficient processing of entire image series are included. This is essential for the evaluation of fatigue experiments, as large amounts of data are generated. Without automated methods, an evaluation like CrackDect would not be feasible in an acceptable time. CrackDect has been successfully used for the evaluation of fatigue experiments in an FFG COMET project, the results of which have meanwhile been included in several publications.

The results obtained from crack detection are now being incorporated into

the further development of a fatigue model for continuous fiber-reinforced polymers. It is important to be able to measure the effect of damage, such as matrix cracks in this example, on the material properties in order to develop physically-based models. Furthermore,

the effects of matrix cracking on phenomena such as hysteretic heating and dissipated energy, as well as the connection between matrix cracking and diffuse delamination, are being studied in more detail. This is now possible in

a simple and accessible way for matrix cracks through CrackDect. ■

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



Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET - K1
Projektpartner: MUL - KKV, PCCL, Magna Powertrain Engineering Center Steyr

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Matthias Drvoderic
 matthias.drvoideric@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2508

Automated Fiber Placement (AFP)

Prozessoptimierung mittels Photogrammetrie und digitaler Bildkorrelation

Process Optimization Utilizing Photogrammetry and Digital Image Correlation

Faserverstärkte Kunststoffe werden seit Jahren immer stärker nachgefragt. Die Automatisierung der Herstellungsprozesse dieser Verbundwerkstoffe ist entscheidend, um eine wirtschaftliche Produktion und Zuverlässigkeit dieser Teile sicherzustellen. Mittels Automated Fibre Placement (AFP) können gewichtsoptimierte Teile hergestellt

Diese Methoden ermöglichen eine Analyse des Verformungsverhaltens des Tapes beim Steuern.

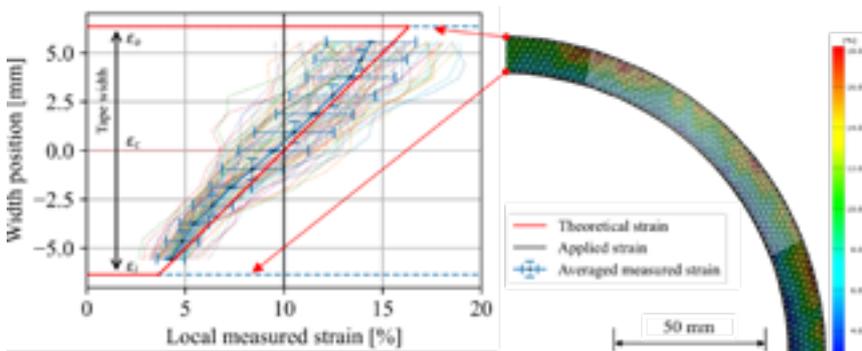
Die Analyse der Dehnungen im Material hilft, den Prozess zu optimieren und die Verarbeitungsbedingungen den Qualitätsanforderungen anzupassen. Photogrammetrie oder digitale Bildkorrelation

discontinuous short fiber materials bridge the gap between high mechanical performance and design space.

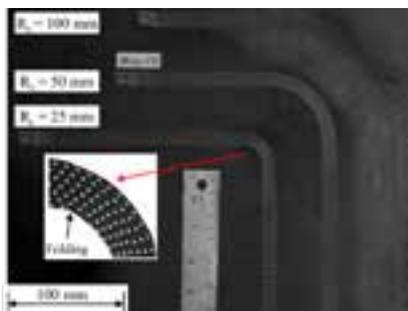
Aligned discontinuous short fiber tapes can be steered at radii an order of magnitude smaller than the current state of the art with continuous fiber tape. These new design spaces require an adaption of the traditional AFP process. To fully understand the material behavior and machine response during steering, photogrammetry and digital image correlation can be utilized.

Those methods enable an analysis of the deformation behavior of the tape during steering. The analysis of the strain within the material helps to optimize the process and adapt the processing conditions to meet quality requirements. Photogrammetry or Digital Image Correlation is also utilized to optimize the placement process outside of steering in terms of placement accuracy, path generation or lay-up speed optimization, by measuring displacement, velocity, and acceleration. ■

The financial support provided by the Austrian Marshall Plan Foundation and the University of Delaware – Center for Composite Materials is kindly acknowledged.



werden, ohne die mechanische Leistung zu beeinträchtigen. Gesteuerte Tapes ermöglichen die Produktion von Laminaten mit einer optimierten Lastverteilung (Variable Angle Tows). Der derzeitige Gestaltungsspielraum von Tapes mit Endlosfaserverstärkung ist durch ihren minimalen Steerradius begrenzt. Ausgerichtete diskontinuierliche Kurzfasermaterialien schließen die Lücke zwischen hoher mechanischer Leistungsfähigkeit und Designspielraum.



kann auch verwendet werden, um den Legeprozess direkt zu optimieren. Eine erhöhte Platzierungsgenauigkeit, eine optimierte Pfaderzeugung oder eine Optimierung der Legeschwindigkeit können erzielt werden, indem Verschiebung, Geschwindigkeit und Beschleunigung während des Prozesses gemessen und anschließend analysiert und optimiert werden.

Mit ausgerichteten diskontinuierlichen Kurzfasertapes können Radien erzielt werden, die um eine Größenordnung kleiner sind als der aktuelle Stand der Technik mit Endlosfaser verstärkten Tapes. Diese neuen Gestaltungsspielräume erfordern eine Anpassung des traditionellen AFP-Prozesses. Um das Materialverhalten und das Verhalten der Maschine während des Steuerns der Tapes vollständig zu verstehen, können Photogrammetrie und digitale Bildkorrelation verwendet werden.

Fiber reinforced plastics have been in increasing demand for years. Automation of composite production processes become crucial to ensure economical production and part reliability. Automated Fiber Placement (AFP) offers the possibility to produce highly optimized parts in terms of weight without compromising mechanical performance. Tapes can be steered to manufacture variable angle tow laminates for optimized load distribution. The current design space of continuous fiber tapes is limited by their minimum steering radius. Aligned

Auf einen Blick

Förderung: Austrian Marshall Plan Foundation, University of Delaware – Center for Composite Materials
Projektpartner: University of Delaware – Center for Composite Materials, MUL - VV

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Alexander Legenstein
 alexander.legenstein@unileoben.ac.at
 +43 3842 402-2706

Maßgeschneiderte Optik für CFK-Laminat

Customized optics for CFK laminates

Verbundwerkstoffe aus kohlenstofffaserverstärktem Polymer (CFK) genießen in zahlreichen Industriebereichen wie der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und im Sportbereich, große Beliebtheit. Dies liegt an ihren hervorragenden mechanischen Eigenschaften und ihrer Langzeitstabilität. Neben diesen positiven Eigenschaften, ist auch ein ansprechendes optisches Profil von großer Bedeutung. Darüber hinaus ist es von großer Wichtigkeit, dass das mechanische Eigenschaftsprofil über die gesamte Einsatzzeit konstant bleibt und nicht durch UV-Strahlung beeinträchtigt wird. Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurde ein neuer Ansatz entwickelt, um die optischen Eigenschaften von CFK-Verbundwerkstoffen zu verbessern.

Eine Möglichkeit hierfür, ist die Beschichtung von Kohlenstofffasern durch Nanopartikel mittels elektrophoretischer Abscheidung (EPD). Dabei wird eine elektrophoretische Zelle in eine Nanopartikel-suspension eingebettet, um einen elektrischen Drift zu erzeugen, der die Partikel auf der Faser ablagert. Durch Veränderung der Zeit- und Spannungsparameter während des EPD-Verfahrens, kann die Partikelverteilung auf der Faser beeinflusst werden. Dies wird mittels Rasterelektronenmikroskopie überprüft. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Partikel durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) aufzubringen.

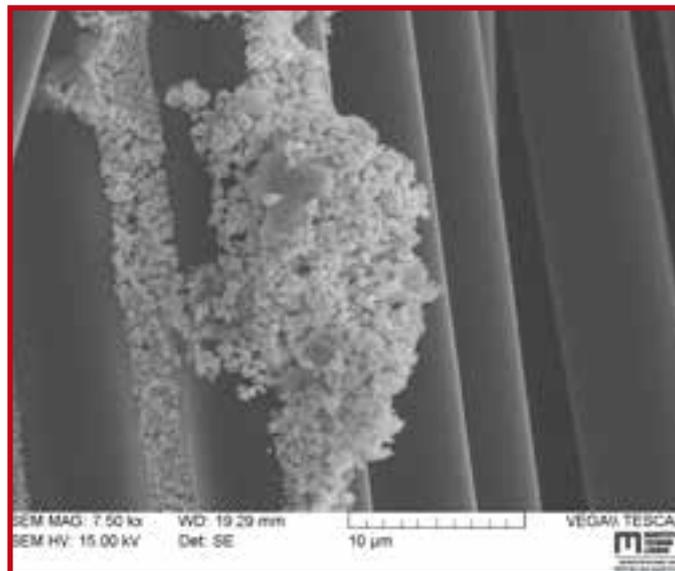
Nach jedem Abscheidungsprozess wurden CFK-Laminat hergestellt und die Oberflächenreflektivität durch UV/VIS-Spektroskopiemessungen quantifiziert. Diese Messergebnisse dienten dazu, die Wirksamkeit der Abscheidungsverfahren zu beurteilen und die Parameter zu optimieren. Insgesamt bietet dieser neue Ansatz eine vielversprechende Lösung, um die gewünschten optischen

Eigenschaften von CFK-Verbundwerkstoffen gezielt einzustellen.

Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) composites have been widely adopted in a variety of industries. These include e.g. aerospace, automotive and sports applications, due to their outstanding mechanical properties and long-term stability. In addition to these desirable characteristics, an attractive optical

using scanning electron microscopy. Another possibility is to deposit particles by physical vapor deposition (PVD) to form a thin film on the fiber.

After each deposition process, CFRP laminates were produced and the surface reflectivity is quantified by UV/Vis spectroscopy measurements. The results from these measurements were used to evaluate the effectiveness of the deposition processes and to optimize the parameters for achieving the desired optical properties. Overall, this new approach provides a promising solution for achieving the wanted optical properties of carbon fiber reinforced polymers, while also maintaining their excellent mechanical properties and long-term stability. ■



Mit Silbrenanopartikel elektrophoretisch beschichtete Kohlenstofffaser. Carbon fiber electrochemically coated with silver nanoparticles.

profile is wanted in these applications. Furthermore, it is crucial for the mechanical property profile to remain consistent over the entire period of use, and not be affected by UV radiation. In order to address these needs, new approaches to manipulate the optical properties of carbon fiber reinforced polymers have been developed.

One of the possible techniques to achieve this is coating carbon fibers with nanoscale particles via electrophoretic deposition (EPD). In this process, an electrophoretic cell was implemented in a nanoparticle suspension to generate an electrical drift. The particles were deposited on the carbon fiber, with the coating properties being controlled by manipulating the time and voltage parameters. The particle distribution on the fiber has been assessed

Auf einen Blick

Projektname: HieraCoSurf
Förderung: Montanuniversität Leoben
Projektpartner: MUL - KV, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA

Ansprechpartner



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

Schallemissionsanalyse an Verbundwerkstoffen

Acoustic emission testing of composites

Während ihrer Lebensdauer sind Verbundwerkstoffe verschiedensten Belastungen ausgesetzt. Werden kritische Belastungsgrenzen überschritten, treten mikroskopische Schädigungsmechanismen, wie Matrixrisse, Faser-Matrix-Ablösungen oder Faserbrüche auf. Um das Materialverhalten mithilfe von Modellen beschreiben zu können, ist das Verständnis des Prozesses der Schädigungsentwicklung von entscheidender Bedeutung.

Mit der Methode der Schallemissionsanalyse (SEA) können mikroskopische Schädigungen in-situ erfasst werden. Dabei entsteht bei jedem auftretenden Schädigungsevent eine elastische Welle, die sich im Material ausbreitet und von einem piezoelektrischen Sensor als Vibration der Prüfkörper- oder Bauteiloberfläche erfasst wird (Abb. 1). Durch eine genaue Analyse der aufgezeichneten Signale, insbesondere der Frequenzspektren, kann zwischen verschiedenen Schädigungsmechanismen unterschieden werden (Abb. 2).

Die Anwendung der SEA während quasi-statischen Messungen ist bereits weit verbreitet. Bei der Schädigungscharakterisierung während zyklischer Belastung in Ermüdungsversuchen steht man vor der Problematik, dass der servo-hydraulische Antrieb, der hierzu verwendeten Prüfmaschinen, eine große Menge an Störsignalen erzeugt. Die Herausforderung besteht darin, durch geeignete Filterung der Signale, ein möglichst hohes Verhältnis von Nutz- zu Störsignalen zu erzielen.

Möglichkeiten hierzu sind eine Anpassung des Schwellwertes, die Verwendung eines passenden Frequenzfilters oder die Filterung der Signale aufgrund ihrer Laufzeitdifferenzen zwischen den Sensoren (Δt -Filter).

During their service life composite materials are exposed to various loading conditions. If critical load limits are exceeded, microscopic damage mechanisms, such as matrix cracks, fiber-matrix debonding or fiber breakages, occur. In order to be able to model the material behavior, an understanding of the process of damage evolution is required.

With the method of acoustic emission analysis (AEA) microscopic damage can be detected in-situ. Thereby, each occurring damage event generates an elastic wave, that propagates through the material, and is detected by a piezoelectric

sensor as vibration of the specimen's or component's surface (Fig. 1). By a detailed analysis of the acquired signals, in particular of the frequency spectra, it is possible to distinguish between different damage mechanisms (Fig. 2).

- The application of AEA during quasi-static measurements is already widely used. In the case of damage characterization during cyclic loading in fatigue tests one is faced with the problem, that the servo-hydraulic drive of the testing machines used for this purpose generates a large amount of noise. The challenge here is to achieve the highest possible ratio of useful signals to noise by suitable filtering. This can be accomplished by adjusting the threshold, using a suitable frequency filter or filtering the signals based on their arrival time differences at the sensors (Δt -filter). ■

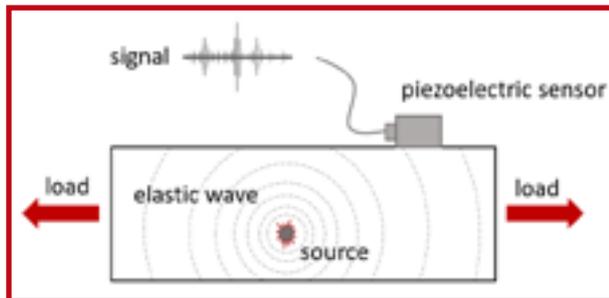
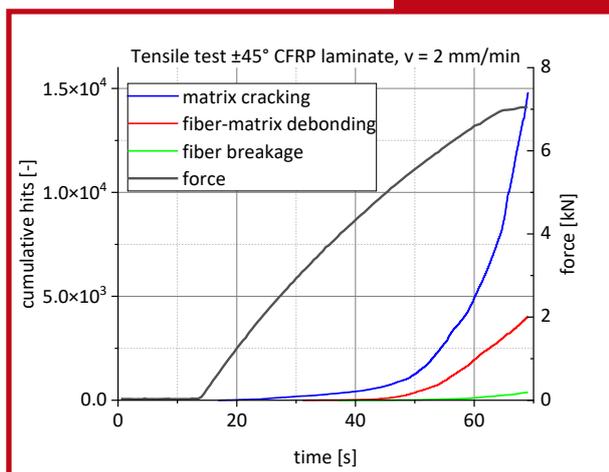


Abb. 1: Prinzip der Schallemissionsanalyse.
Fig. 1: Principle of acoustic emission analysis.

Abb. 2: Ergebnisse der Frequenzanalyse von SE-Signalen.
Fig. 2: Results of the frequency analysis of AE-signals.



Auf einen Blick

Förderung: Montanuniversität Leoben

Ansprechpartner



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



Dipl.-Ing. Dr. mont. Johannes Wiener
johannes.wiener@unileoben.ac.at
+43 3842 402-2134

Bewertung der Ermüdung von kurzfaserverstärkten Kunststoffen

Evaluation of fatigue of short fiber reinforced polymers

Kurzfaserverstärkte (und langfaserverstärkte) Thermoplaste werden in unterschiedlichen Bereichen für Strukturbauteile herangezogen. Somit ist es notwendig, das Schädigungsverhalten zu kennen und zu bewerten. Aus diesen Erkenntnissen lassen sich Modelle ableiten, die für eine Auslegung von Bauteilen herangezogen werden.

Um das Leichtbaupotenzial maximal nutzen zu können, gilt es einerseits die zu erwartende Lebensdauer unter bestimmten Betriebsbedingungen bzw. auch das Materialverhalten während des Betriebes zu kennen. Daraus folgt, dass nicht nur der Effekt von beispielsweise Temperatur auf die Festigkeit und Steifigkeit, sondern auch aus unterschiedlichen Wärmedehnungen und den daraus resultierenden Eigenspannungen berücksichtigt werden.

Ein weiterer Punkt ist das Ermüdungsverhalten bis zu einem technischen Anriss zu bewerten bzw. die Schnittstelle zur Bruchmechanik genauer zu untersuchen. Dazu werden Methoden für die „In-Situ“ Schädigungsmessung beispielsweise über Dichteänderung, akustische Emission oder elektrische Kapazitätsänderung realisiert. Weiter soll damit beurteilt werden, ob Schädigungen in linearen Zusammenhang zur Belastungshöhe stehen. Diese Untersuchungen werden für diverse Thermoplaste (Standardkunststoffe, technische Kunststoffe, Hochleistungskunststoffe) und Fasertypen durchgeführt.

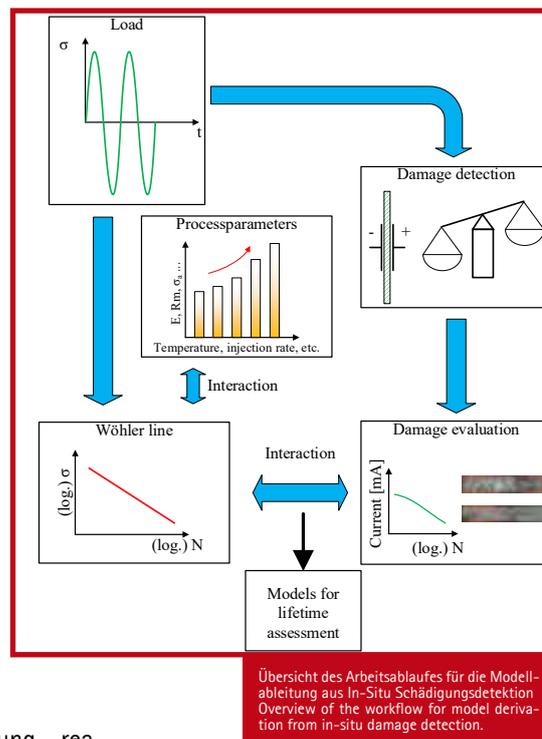
Somit sind die Ableitung von Modellen für die Berücksichtigung des Fasergehaltes (und -orientierung) oder der eingesetzten Matrix ein Teil der Forschung in diesem Gebiet. Weiters wird der Einfluss von Spritzgussparametern auf das Betriebsfestigkeitsverhalten bewertet.

Vor allem bei Bindenähten und quer orientierten Fasern, spielen diese Parameter eine entscheidende Rolle.

Short-fiber reinforced (and long-fiber reinforced) thermoplastics are used in various areas for structural components. Therefore, it is important to know and evaluate the damage behavior. From this knowledge, models can be derived that are used for the design of components.

purpose, methods for "in-situ" damage measurement, for example via density change, acoustic emission or electrical capacitance change, are realized. Furthermore, the aim is to assess whether damage occurs linearly. These investigations will be carried out for various thermoplastics (standard plastics, engineering plastics, high-performance plastics) and fiber types.

Thus, the derivation of models for the consideration of the fiber content (and orientation) or the matrix used is an important part of the project. ■



In order to make maximum use of the lightweight construction potential, it is important to know the expected service life under certain operating conditions and the material behavior during operation. This means that not only the effect of, for example, the temperature on strength and stiffness but also from different thermal expansions and the resulting residual stresses are considered.

Another point is to evaluate the fatigue behavior up to a technical crack or to investigate the intersection to fracture mechanics in more detail. For this

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET - K1
 Projektpartner: MUL - WPK, PCCL, Borealis AG, Brose Fahrzeugteile SE & Co KG, Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, Evonik Operations GmbH, Hilti AG, Multi-Wing International A/S

Ansprechpartner



Lis. Fogh-lis. Reza Afsharnia
 reza.afsharnia@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2139



Dipl.-Ing. Dr. mont. Gabriel Stadler
 gabriel.stadler@uniloben.ac.at
 +43 3842 402 2104

Flexible Composites aus nachwachsenden Rohstoffen

Flexible composites based on renewable resources

Das Projekt Nawaro-Flex befasste sich mit der Entwicklung, Herstellung und Erprobung mechanisch flexibler Composites auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Dabei wurde ein Epoxidharzsystem mit 100 % biobasiertem Kohlenstoffanteil entwickelt, welches elastomeres Materialverhalten zeigt und darüber hinaus kompostierbar ist sowie Vitrimereigenschaften aufweist.

Als Verstärkungsstrukturen wurden textile Flächegebilde bzw. Halbzeuge in Form von Gestriicken aus biobasierten Thermoplastfasern hergestellt, die sich hinsichtlich Imprägnierverhalten und Faser-Matrix-Anbindung für die Herstellung von Composites eignen und die dem Composite die

erforderlichen, applikationsrelevanten strukturtragenden Eigenschaften verleihen. Mit entsprechend entwickelten Verarbeitungstechnologien und -prozessschritten wurden aus den Komponenten Composites hergestellt, die hervorragende Biegeeigenschaften bei gleichzeitig hoher Zugfestigkeit aufweisen (Abb. 1). Die Materialien zeigen hinsichtlich ihrer technologischen und ökologischen Eigenschaften Vorteile gegenüber bestehenden technischen Textilien und sollen in weiterer Folge Produktinnovationen in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen initiieren bzw. möglich machen.

Im Rahmen des Projekts erfolgten dazu Proof-of-Concept Demonstrationen im Bereich der Orthopädietechnik, wobei Prototypen von unterschiedlichen Orthesen gefertigt wurden (Abb. 2). Das potenzielle Anwendungsspektrum der flexiblen Composites umfasst darüber hinaus Bekleidungs-elemente, Möbel und Sportartikel, technisches Leder sowie technische Gewebe.

The project Nawaro-Flex dealt with the development, manufacturing and testing of mechanically flexible composites based on renewable raw materials. An epoxy resin system with 100% bio-based carbon content was developed, which shows elastomeric material characteristics and which is also compostable and exhibiting

includes clothing elements, furniture and sporting goods, technical leather and technical fabrics. ■



Mechanisch flexible Composites/Halbzeug und Demonstratorbauteil Handgelenkslagerungsorthese
Mechanically flexible composites/semi-finished product and demonstrator component wrist bearing orthosis

vitrimereigenschaften. As reinforcement structures knitted textiles or semi-finished products made of bio-based thermoplastic fibers were produced, which shall provide the required, application-relevant structural properties of the composites. With respect to that, particular focus was on ensuring excellent impregnation characteristics and fiber-matrix bonding capability. By developing respective processing technologies and preparation steps, composites were produced, which exhibit excellent bending properties and high tensile strength at the same time (Fig. 1). In terms of their technological and ecological properties, the materials show advantages over existing technical textiles which allows for initiating product innovations in a wide variety of applications.

As part of the project, proof-of-concept demonstrations were carried out in the field of orthopedics, with prototypes of different orthoses being manufactured (Fig. 2). The potential range of applications for the flexible composites also

Auf einen Blick

Förderung: Produktion der Zukunft, 28. Ausschreibung, Grant-Nr. 871403; BMK

Projektpartner: MUL - KC, MUL - VV, MUL - WPK, PCCL, bto-epoxy GmbH, Kobleder GmbH, Streifeneder ortho.production GmbH

Ansprechpartnerin



assoz.-Prof. Dr. Katharina Resch-Fauster
katharina.resch-fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2105

Ballistischer Schutz mit neuartigen Leichtbau-Materialverbunden

Ballistic protection with novel lightweight composites

Mobile Abwehrstrukturen zum Schutz militärischer Einheiten sollen für verschiedene Einsatzszenarien rasch aufbaubar sein und einen zuverlässigen und dauerhaften ballistischen Schutz gewährleisten. Dies erfordert in erster Linie Strukturbauteile, die einfach zu transportieren und praktikabel montierbar sind. Demzufolge stellt ein niedriges Bauteilgewicht eine zentrale Grundanforderung dar, wofür faserverstärkte Hochleistungsverbundkunststoffe prädestiniert sind. Ein innovativer Werkstoffaufbau mit strukturell wirkenden Versagensmechanismen kann wesentlich dazu beitragen, die einwirkende Impactenergie bestmöglich zu verteilen und einen Durchschlag bei Beschuss zu vermeiden. Zusätzlich ist die Langzeitbeständigkeit gegenüber wiederholter Impacteinwirkung durch selbstheilende Polymermaterialien im Werkstoffverbund zu verbessern, sodass eine Schutzwirkung auch bei erneuter ballistischer Beanspruchung gegeben ist. Demnach ergeben sich folgende primäre Zielsetzungen des Projekts HiProtect:

- Erstellung eines effektiven Werkstoffkonzeptes zur Erreichung ballistischer Schutzwirkung und Selbstheilungsfunktion mit Leichtbaupotenzial.
- Herstellung von schusssicheren Verbundwerkstoffkomponenten als modular aufbaubares ballistisches Schutzsystem.
- Einsatznahe Impactprüfung in Laborversuchen bis zu 1700 J sowie Vergleich des Schädigungsbildes nach Beschusstests im Feldversuch.

Übergeordnet ist das erarbeitete Werkstoffkonzept mit grundlegenden Werkstoffstruktur-Eigenschaftsbeziehungen auch auf weitere Einsatzbereiche übertragbar, wo höchste und dauerhaft wirksame Schadenstoleranz bei schlagartiger Beanspruchung für Leichtbauanwendungen gefordert ist.

Mobile defense structures for the protection of military units should be quickly erectable for different operational scenarios and guarantee reliable and durable ballistic protection. This primarily requires structural components that are easy to transport and practical to assemble. Consequently, low component weight is a key requirement, for which fiber-reinforced high-performance composites are predestined. An innovative material structure with structurally acting failure mechanisms offers a significant contribution to distribute the impact energy in the best possible way and prevent puncture. In addition, the long-term resistance to repeated impact can be improved by the use of self-healing polymer materials in the composite structure, so that a protective effect is also given in the case of renewed ballistic stress. Accordingly, the primary objectives of the project are as follows:

- Development of an effective material concept to achieve ballistic protection and a self-healing function with lightweight potential.
- Production of bulletproof composite components as a modular ballistic protective system.
- Application-oriented impact testing in laboratory tests up to 1700 J also for comparison with the damage pattern after ballistic tests in the field.

The material concept developed, with its fundamental material structure-property relationships, is also transferable to other areas of application where the highest and most durable damage tolerance is required for lightweight structures under impact loading. ■

Abb. 1: Impactprüfung (bis 25m/s und 1700J) mit High-Speed-Videodokumentation
Fig. 1: Impact testing (up to 25m/s and 1700J) with high-speed video documentation



Abb. 2: Präzise Kraft-Verformungsmessung im Millisekundenbereich
Fig. 2: Precise force-deformation measurement in the millisecond range

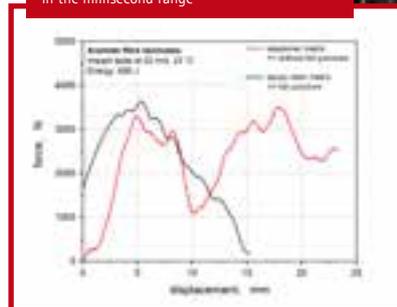


Abb. 3: Aramidfaserverstärkte Testplatten nach Impactprüfung
Fig. 3: Aramid fiber-reinforced test panels after impact test

Auf einen Blick

Förderung: Verteidigungsforschungsprogramm FORTE der Österreichischen Forschungsförderagentur (FFG)

Projektpartner: MUL - WPK, Carbon-Solutions Hintsteiner GmbH (Hintsteiner), Bundesministerium für Landesverteidigung (BMLV)

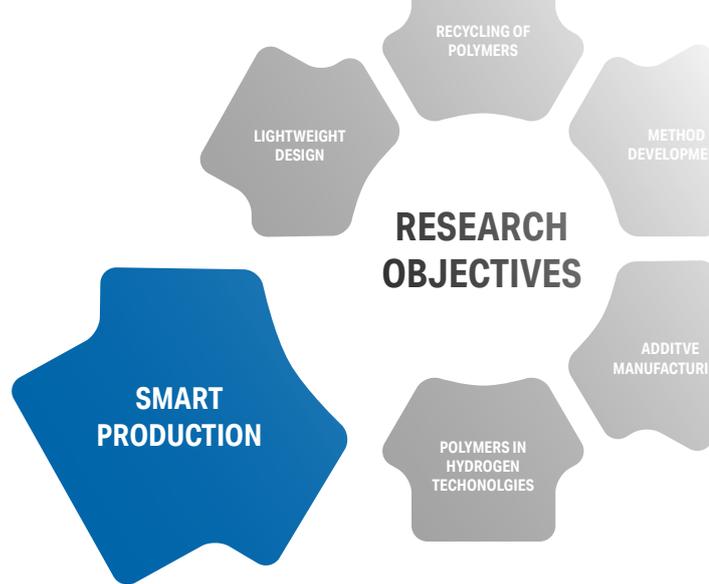
Ansprechpartner



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

Forschungsschwerpunkt INTELLIGENTE PRODUKTION

Research Objective SMART PRODUCTION



In der heutigen Zeit spielt die „Smart Production“ eine immer größere Rolle in der Kunststoffindustrie. Durch innovative Technologien und neue Ansätze werden effizientere Produktionsprozesse ermöglicht. Im folgenden Abschnitt werden neun Projekte der Kunststofftechnik Leoben präsentiert, die verschiedene Aspekte der „Smart Production“ mit Kunststoffen (Thermoplaste, Elastomere und Faserverbundstoffe) behandeln.

Die sehr vielfältigen Themen reichen von

- weiterentwickelten antiadhäsiven Beschichtungen als Entformungshilfe im Werkzeugbau über
- neuartige ungiftige Photoinitiatoren für Polymerbeschichtungen,
- Hinterspritzen von elektronischen Komponenten zur Erzeugung von „intelligenten“ Oberflächen,
- neue überraschende Erkenntnisse zum Verschleiß von Kunststoffformstählen bis hin zu
- unterschiedlichen Inspektions- und Qualitätsüberwachungssystemen sowie
- energieeffizientere Produktionsprozesse in der Elastomer- sowie Faserverbundstoffverarbeitung.

Diese Berichte bieten einen Einblick in die vielfältigen Forschungsaktivitäten der Kunststofftechnik Leoben zu Anwendungen und Innovationen der „Smart Production“ mit Kunststoffen. Sie zeigen, wie neue Technologien und Herangehensweisen die Produktionsprozesse optimieren und die Qualitätssicherung verbessern können.

In today's world, "smart production" is playing an increasingly important role in the plastics industry. Innovative technologies and new approaches enable more efficient production processes. In the following section, nine projects of the Department of Polymer Engineering and Science are presented, which deal with different aspects of "smart production" with plastics (thermoplastics, rubbers and fiber composites).

The very diverse topics range from

- further developed anti-adhesive coatings as demolding aids in mold making,
- novel non-toxic photoinitiators for polymer coatings,
- overmolding of electronic components to create "smart" surfaces,
- new surprising findings on the wear of plastic mold steels, to
- different inspection and quality monitoring systems as well as
- more energy efficient production processes in rubber and also fiber composite processing.

These reports offer an insight into the diverse research activities of the Department of Polymer Engineering and Science on applications and innovations of "smart production" with polymers. They show how new technologies and approaches can optimize production processes and improve quality assurance.

Ansprechpartner



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

Anti-adhäsive Beschichtung mit Sichtbarkeit auf Knopfdruck

Anti-adhesive coating comprising visibility on-demand

In den vergangenen Jahren wurde am Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe (MUL - KC) eine anti-adhäsive Beschichtung auf Organosilan-Basis entwickelt, die bereits in der Produktion von Kunststoffteilen erfolgreich als Entformungshilfe eingesetzt wurde. Diese Beschichtung wurde nun weiterentwickelt, sodass der Anwender deren Qualität „auf Knopfdruck“ überprüfen kann. Dazu wurde ein Fluoreszenzmarker (NIPTES) kovalent in die Beschichtung eingebaut, der ebenfalls auf Silan-Chemie basiert und unter UV-Licht im sichtbaren Spektralbereich fluoresziert (siehe Abbildung).

Dies erlaubt eine Kontrolle der Beschichtung hinsichtlich Homogenität und Abnutzung direkt nach der Auftragung, sowie während der Anwendung bzw. nach Gebrauch des beschichteten Werkzeugs z. B. im Spritzgussprozess. Die Vorteile dieser Methode liegen klar in der einfachen und schnellen Durchführbarkeit der Qualitätskontrolle, welche temporär durch Benutzung einer UV-Lampe und somit ohne permanentes Einfärben der Beschichtung erreicht wird. Im Vergleich zu herkömmlichen Techniken zur Qualitätskontrolle, wie z.B. Kontaktwinkelmessung und Spektroskopie, kann hier die gesamte beschichtete Fläche kontrolliert werden, anstatt repräsentative Stellen zu analysieren.

Die fluoreszierende anti-adhäsive Beschichtung wurde mittels XPS und FTIR Spektroskopie hinsichtlich ihrer Zusammensetzung charakterisiert, wodurch der Einbau der Marker NIPTES nachgewiesen wurde. Weiters wurden die optischen Eigenschaften der Beschichtung mit UV-Vis und Fluoreszenz Spektroskopie untersucht. Kontaktwinkelmessungen mit Wasser und adhesion-force Messungen mit AFM zeigten schließlich, dass die anti-adhäsive Wirkung der Beschichtung durch den Einbau des Fluoreszenzmarkers nicht beeinträchtigt wurde.



Recently, an anti-adhesive organosilane coating, which facilitated the production of polymeric parts regarding to separation and demolding, was developed at the Institute of Chemistry of Polymeric Materials (MUL - KC). This coating was now extended by a visibility "on-demand" property enabling a quick, simple and temporary way for quality control of the functional layer. Therefore, a fluorescent marker (NIPTES), which is also based on silane chemistry and which emits blue fluorescence under exposure to UV light, was incorporated into the organosilane coating.

Thus, the homogeneity of the coating after application as well as abrasion and wear during or after use (e.g., injection molding) can be easily monitored. The advantages of this approach are the fast and simple procedure, and the fact that the coating is not colored permanently but rather temporarily visible by the use of a UV lamp. Moreover, the complete coated surface can be assessed, while conventional techniques such as spectroscopy and contact angle measurements rely on the analysis of representative spots of the sample.

The fluorescent and anti-adhesive coating was characterized with regard to its chemical composition employing XPS and FTIR spectroscopy, proving the successful incorporation of NIPTES. Furthermore, the optical properties of the functional layer were examined using UV-Vis and fluorescence spectroscopy. Finally, water contact angle and adhesion force measurement with AFM revealed that the anti-adhesive

Chemische Struktur des Fluoreszenzmarkers NIPTES (links) und Demonstration der fluoreszenz-basierten Qualitätskontrolle anhand einer beschichteten Platte nach Gebrauch im Spritzgusswerkzeug (rechts).
Chemical structure of the fluorescent marker NIPTES (left) and demonstration of the fluorescence based quality control at the example of a coated steel plate after use for injection molding (right).

effect of the coating is still maintained and not diminished by the incorporation of NIPTES.

Diese Ergebnisse wurden im Journal *Polymers* publiziert (<https://doi.org/10.3390/polym14194006>).

These results were published in the journal *Polymers* ([doi:https://doi.org/10.3390/polym14194006](https://doi.org/10.3390/polym14194006)). ■

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Christine Bandl

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



Dipl.-Ing. Matthias Müller

matthias.mueller@unileoben.ac.at
+43 3842 402 - 2369

Oberflächen-initiierte Polymerisation mit Ge-Photoinitiatoren

Surface initiated polymerization with Ge-Photoinitiators

Eine neue Klasse von Photoinitiatoren (PI), welche auf Germaniumverbindungen (Acylgermanen) basiert, wurde bereits erfolgreich zur Initiierung radikalischer Polymerisationen eingesetzt. Vorteile dieser PI gegenüber den etablierten Phosphor-basierten Gegenstücken umfassen Ungiftigkeit, Absorption im sichtbaren Spektralbereich (bis 480 nm) und eine deutlich höhere Reaktivität gegenüber Monomeren.

An der TU Graz (AG Haas) wurde eine Synthesemethode für eine neue Acylgermanium-Verbindung, welche eine reaktive Bromid-Gruppe trägt, entwickelt. Diese Verbindung wurde an der MUL an anorganischen Substraten (z.B. Si und SiO₂) immobilisiert und schließlich für oberflächen-initiierte Photopolymerisationsreaktionen mit verschiedenen Monomeren verwendet. Es wurden hydrophobe, hydrophile und fluoreszierende Polymerschichten hergestellt und mit Hilfe von XPS bezüglich ihrer chemischen Zusammensetzung untersucht. UV-VIS und Fluoreszenzspektroskopie sowie Kontaktwinkelmessungen wurden zur Charakterisierung der individuellen Oberflächeneigenschaften der Polymerschichten eingesetzt. Mit Hilfe einer Photo-Maske wurden auch

ortsaufgelöste Polymerschichten und Schichten mit kombinierten Oberflächeneigenschaften realisiert. Erste Ergebnisse wurden bereits im ACS Journal "Applied Materials and Surfaces" publiziert.

Aktuell wird an der Funktionalisierung von Nanopartikeln mit dem entwickelten Germanium-PI gearbeitet. Die resultierenden photoreaktiven Partikel haben Anwendungspotential als nicht-migrierende PI und Füllstoffe. Mit den neuen Germanium-basierten PI ergeben sich neue Perspektiven zur Modifizierung von Oberflächen mit der „grafting-from“ Methode. Dies ist v.a. für Anwendungen in der Biomedizin interessant.

Novel germanium-based photoinitiators (acylgermanes) have proved to be promising and efficient compounds for radical photopolymerization reactions. Advantages of these group-14-based photoinitiators over their well-established phosphorous counterparts include non-toxicity, visible light absorbance (up to 480 nm) and significantly higher reactivity towards monomers.

contact angle measurements were used to examine the individual surface properties. In addition to full-surface coatings, spatially resolved photo-grafted polymer layers and polymer layers with combined surface properties were prepared by irradiation through a photo-mask. First results have been published in the ACS journal "Applied Materials and Surfaces".

Current work is concerned with the immobilization of the germanium-based photoinitiator onto nanoparticles. These photo-reactive particles have potential as non-migrating PI and fillers. In general, the use of the developed novel photoinitiator opens new perspectives for surface modifications using the "grafting-from method", especially in the field of biomedicine. ■

Auf einen Blick

Förderung: Montanuniversität Leoben
Projektpartner: MUL – KC, TU Graz (AG Dr. Michael Haas)

Ansprechpartner



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



Dipl.-Ing. Matthias Müller
 matthias.mueller@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 - 2369

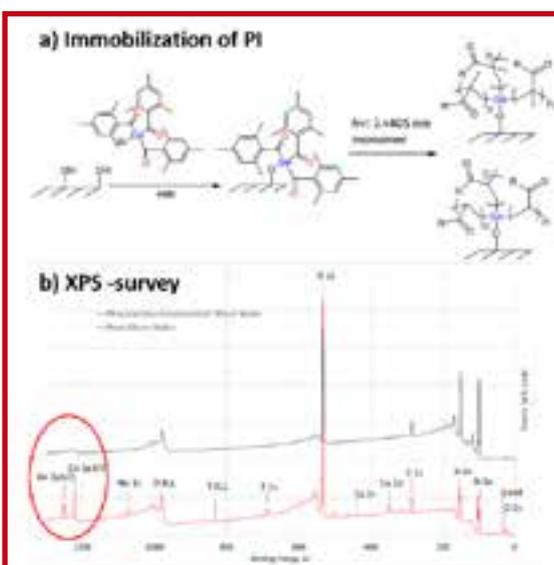


Abb.: a) Immobilisierung des neuartigen Germanium-basierten Photoinitiators durch Reaktion der Bromid Gruppe am PI und den Hydroxylgruppen an der Substratoberfläche; b) Nachweis der Oberflächenmodifizierung via Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS)
 Fig. 1: a) Immobilization of the novel Germanium-based PI via reaction between the bromide moiety of the PI and superficial hydroxyl groups of the substrate; b) proof of surface functionalization by means of x-ray photoelectron spectroscopy (XPS)

At the TUGraz (AG Haas) a straight forward one-pot approach for the synthesis of a novel acylgermane bearing a reactive moiety was developed. This precursor was immobilized onto inorganic substrates such as Si and SiO₂ and subsequently employed for surface-mediated photopolymerization reactions with various functional monomers. In this manner hydrophobic, hydrophilic and fluorescent polymer layers were prepared and investigated with regard to their chemical composition by means of XPS, while UV-VIS, fluorescence spectroscopy and

Simulation des Hinterspritzens von elektronischen Komponenten

Simulation of film insert molding for electronic components

Die Oberfläche ist die Grenze zwischen einem Objekt und seiner Umgebung. Sie definiert die Beschaffenheit des Objekts, schützt es vor äußeren Einflüssen und ist das Tor zu seiner Umgebung. Heute sind zunehmend Produkte mit „intelligenten“ Oberflächen gefragt, die auf äußere Reize wie Berührung, Druck, Belastung und Nähe reagieren. Solche interaktiven Funktionen werden heute durch einen komplizierten, mehrstufigen Aufbau elektronischer, sensorischer und optischer Komponenten an der Oberfläche des Objekts realisiert. Das Projekt **Smart@Surface** zielt darauf ab, diese Funktion direkt in die Oberfläche zu integrieren. Zunächst werden dazu mehrschichtigen Folien hergestellt, die die erforderliche Elektronik enthalten. Anschließend werden diese Folien im Spritzgieß-Prozess in 3D-geformte Objekte verwandelt. Das somit hinzugefügte Material kann durch die Verwendung von transparentem Polycarbonat außerdem zur Beleuchtung der Oberfläche verwendet werden.

Die erforderlichen berührungsempfindlichen piezoelektrischen Sensoren und das optische Design werden bei Joanneum Research in Weiz entwickelt. Parallel dazu werden die Folien, inklusive der elektrischen Leitungen, bei imec in Leuven laminiert. Anschließend werden die Folien in eine Spritzgussform eingelegt und mit Kunststoffschmelze hinterspritzt. Dabei werden die Folien hohen Temperaturen, Drücken und Scherspannungen ausgesetzt. Je nach den verwendeten Prozessparametern kann dies zu schweren Schäden führen. Natürlich ist eine gute Haftung zwischen den Kunststoffen und den Folien von entscheidender Bedeutung.

In Simulationsmodellen und Praxistests (Bild 1) wurden Richtlinien für zukünftige Anwendungen (Bild 2) entwickelt, die an unserem Lehrstuhl weiter verfeinert werden. Da das Projekt gut vorankam, aber nicht alle Aufgaben abgeschlossen werden konnten, soll ein neues Projekt die Zusammenarbeit der Partner ermöglichen.

The surface is the boundary between an object and its environment. It defines the object's texture, protects against outside influences, and is the gateway to its surrounding. Today, products with "smart" surfaces are increasingly in demand, reacting to external stimuli such

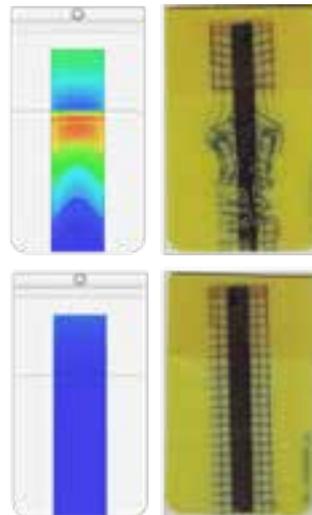


Bild 1: Simulationen und experimentelle Tests wurden durchgeführt und korreliert. / Figure 1: Simulations and experimental tests were performed and correlated.



Bild 2: Demonstrations-Bauteil vor (links) und nach (rechts) der Optimierung. / Figure 2: Demonstrator part before (left) and after (right) molding parameter optimization.

as touch, pressure, strain, and -proximity. Today, such interactive functionality is brought to the object's surface by a complicated multistage assembly of electronic, sensory, and optic components. In the **Smart@Surface** project, the goal is to give function directly to the surface. First, these innovative skins are made of multi-layered films comprising the required electronics. Then, those neat surfaces of elegant appearance are transformed into 3D-shaped objects through injection molding. The

added material can further be used for illuminating the surface by using transparent polycarbonate.

The required touch-sensitive piezo-electric transducers and the optical design are developed at Joanneum Research in Weiz. At the same time, the films, including the electrical wiring, are laminated at imec in Leuven. Next, the films are inserted into an injection mold, and melted plastic is rapidly injected, exposing them to high temperatures, pressures, and shear stresses. Depending on the used molding parameters, this can cause severe damage. Further sufficient adhesion between the molding plastics and the films is paramount.

In simulation models and practical tests (Figure 1), guidelines for future applications (Figure 2) were developed and are being refined at our chair. Because the project made good progress, but not all tasks were completed, a new project seeks to extend the partners' collaboration. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET, BMVIT, BMDW, Länder Stmk, Tirol, Bgld.
Projektpartner: MUL - KV, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH (Projektleitung), EPFL, imec, ADA Möbelwerke Holding AG, F/List GmbH, Isosport, Verbundteile GmbH, kdg opticomp GmbH, Niebling GmbH, Parador GmbH, Swarovski Optik KG, Wollsdorf Leder Schmidt & Co GmbH

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Martin Hubmann

martin.hubmann@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 3525

Widerlegung einer Prämisse der Kunststoffverarbeitung

Disproving a premise of plastics processing

Dramatischer Härteabfall des Werkzeugstahles beim Spritzgiessen! Was nach Clickbait klingt, wurde in diesem Projekt gemessen und wissenschaftlich bestätigt. Bereits 2018 wurde ein Härteabfall an der Oberfläche eines Hochleistungsstahls festgestellt, welcher im Plättchenverschleißversuch auf seine Verschleißigenschaften bezüglich des abrasiven Verschleißes getestet wurde. Um einen solchen Anlasseffekt hervorzurufen, müssen Temperaturen von über 500 °C auf den Stahl eingewirkt haben.

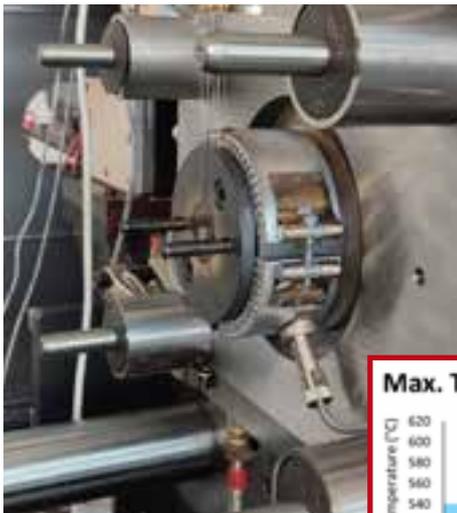
Die gängige Prämisse ist, dass in dem Temperaturbereich, in welchem der Stahl einen Härteabfall erfährt, das in

Schädigung hervorzurufen. Der Stahl hingegen erfährt einen immer wiederkehrend gepulsten Temperatureintrag, welcher zu einem Abfall der Härte führt. Die ersten Schritte für eine verbesserte Stahlauswahl und neue Legierungskonzepte wurde bereits gelegt, jedoch muss noch evaluiert werden, wie weit dieses Problem in der Industrie verbreitet ist.

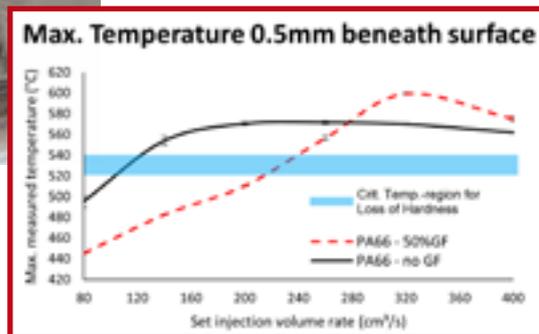
Die Ergebnisse des FFG-Bridge 1 Projekts „KUFO-Verschleiß“ wurden laufend auf Konferenzen wie der PPS36 & 37, der Tooling 2022, der SKZ Verschleißtagung, dem Leobener Kunststoff-Kolloquium, einer speziellen Verschleißtagung in Leoben sowie wissenschaftlichen Fachzeitschriften vorgestellt. Auf der PPS38 wird Prof. Holzer eine Keynote Speech zu diesem Thema halten, um mehr Aufmerksamkeit auf dieses Thema zu lenken.

periences a loss of hardness. The plates produced were able to demonstrate visually and by means of chemical and mechanical measurement methods that there was no significant damage to the plastic. This is presumably because the time in which the plastic is exposed to this temperature range is too short to cause any significant damage. The steel, on the other hand, experiences a recurring pulsed temperature input which leads to a decrease in hardness. The first steps for improved steel selection and new alloy concepts have already been taken, but it remains to be evaluated how widespread this problem is in industry.

The results of the FFG-Bridge 1 project "KUFO-Wear" have been continuously presented at conferences such as PPS36 & 37, Tooling 2022, SKZ Verschleißtagung, Leobener Kunststoff-Kolloquium, a dedicated wear conference in Leoben and scientific journals. At PPS38 Prof. Holzer will give a keynote speech on this topic to draw more attention to it. ■



Dramatic loss of hardness of high performance steel in injection moulding! What sounds like clickbait was measured and scientifically confirmed in this project. Already in 2018, a loss of hardness was detected on the surface of a high-performance steel which was tested in a platelet wear test for its wear properties with regard to abrasive



den Versuchen verwendete PA66 so stark abbauen würde, dass man dies in einem Produkt deutlich sehen könnte. Deshalb wurde ein Plattenwerkzeug entworfen, mit welchem es möglich ist, mit dem Kunststoff unter denselben Testbedingungen des Verschleißtests, in welchem der Stahl einen Härteabfall erfährt, eine Kavität zu füllen. Die hergestellten Platten konnten visuell sowie mittels chemischen und mechanischen Messmethoden nachweisen, dass keine signifikante Schädigung des Kunststoffs vorliegt. Dies liegt mutmaßlich daran, dass die Zeit, in welcher der Kunststoff diesem Temperaturbereich ausgesetzt ist, zu kurz ist, um eine maßgebliche

wear. In order to cause such a tempering effect, temperatures of over 500 °C must have been applied to the steel.

The common premise is that in the temperature range in which the steel experiences a drop in hardness, the PA66 used in the tests would degrade to such an extent that this could be clearly seen in a product. Therefore, a mold was designed with which it is possible to fill a cavity under the same test conditions of the wear test in which the steel ex-

Auf einen Blick

Projekttitle: KUFO-Verschleiß: Einfluss der Dissipation auf den abrasiven Verschleiß an Formstählen - Simulation und experimentelle Validierung
Laufzeit: 01.10.2019 – 30.09.2022
Projektpartner: MUL - KV, MUL - Lehrstuhl für Stahldesign an der Montanuniversität Leoben, Institute of Fluid Mechanics and Heat Transfer der TU Wien, voestalpine Böhler Edelstahl GmbH & Co KG, Wittmann Battenfeld GmbH, HASCO Austria GmbH, SIGMA Engineering GmbH

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. David Zidar
 david.zidar@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2910

Projekt: InP4

Inline-Prozessüberwachung & Steuerung für automatisiertes Tapelegen Inline process monitoring and control for Automated Tape Placement

Die Verwendung von Verbundwerkstoffen hat in den letzten Jahren stark zugenommen, ebenso wie die Anwendungen der automatisierten Legetechnik, einem additiven Verfahren zur Herstellung hochpräziser Verbundwerkstoffstrukturen. Eine der größten Herausforderungen bei der Prozessentwicklung ist die Fehlererkennung und -behebung. Industrielle Lösungen verwenden häufig eine manuelle visuelle Inspektion, was den Inspektionsprozess mühsam, zeitaufwendig und unzuverlässig macht. Eine automatisierte Inline-Lösung bietet hier Vorteile, insbesondere in Hochleistungsbereichen wie der Luft- und Raumfahrt, wo die Toleranzen für die Qualitätsbewertung und Produktqualifizierung sehr streng sind.

„InP4 – Zuverlässige TP-Legetechnik mittels In-Line Prozesssicherung“ zielt auf die Prozessüberwachung und -kontrolle ab, um Herstellungsfehler zu minimieren. Ein Laserprofilsensor wird verwendet, um die Bandgeometrie vor der Konsolidierung zu erkennen. Während der Konsolidierung werden Prozessparameter wie Nip-Point-Temperatur und Konsolidierungskraft mithilfe von Pyrometern und einem 6-Achsen-Drehmoment-/Kraftsensor überwacht. Eine Infrarotkamera hilft bei der Erkennung von Oberflächentemperaturanomalien und Fremdkörpereinschlüssen nach der Konsolidierung. Die Defektidentifizierung kann dann verwendet werden, um Defektgröße und -position zu ermitteln. Ein weiterer Laserprofilsensor wird unmittelbar nach der Bandablage verwendet, um Positionierungsfehler wie Lücken und Überlappungen sowie die resultierende Bandgeometrie nach der Konsolidierung zu erfassen. Physikalische Modelle zwischen Bandgeometrie und Verdichtungskraft werden verwendet, um die Breitenverteilung und damit das Auftreten von Lücken und Überlappungen im resultierenden Bauteil zu steuern. Entsprechend wird während des gesamten Prozesses ein ganzheitlicher Ansatz zur kontinuierlichen Überwachung aller Aspekte der Laminatherstellung mit Minimierung der auftretenden Fehler verfolgt.

The use of composites has grown tremendously over the past couple of years and so have the applications of Automated Tape Placement (ATP), an additive process for manufacturing high precision composite structures. One of the major productivity bottlenecks for the process is defect detection and rectification. Most industrial solutions still rely on manual visual inspection, making the inspection process tedious, time consuming and unreliable. An automated, in-line solution is better suited especially for high performance industries such as aerospace sector, where tolerances for quality assessment and product qualification are very stringent.

“InP4- In-line Process control for a reliable TP-Placement Process” aims at process monitoring and control to minimize manufacturing defects. Laser profile sensor is used to detect tape geometry before consolidation. During consolidation, process parameters such as nip-point temperature and compaction force are monitored using pyrometers and 6 axis torque/force sensor. Infrared camera helps in detecting surface temperature anomaly and foreign object inclusion post-consolidation. Defect identification can then be used to obtain defect size and position. Another laser profile sensor is used right after tape placement to detect placement defects such as gaps and overlaps and tape geometry after consolidation. Physical models between tape geometry and compaction force are used to control the width spread and in turn the occurrence of gaps and overlaps in the resulting component. A holistic approach is thus adopted throughout the process for continuous monitoring of each aspect of laminate production with minimized defect occurrence.

The financial support provided by the Austrian Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology (BMK) within the FTI initiative “Production of the Future” and administrated by the Austrian Research Promotion Agency (FFG) is kindly acknowledged. ■

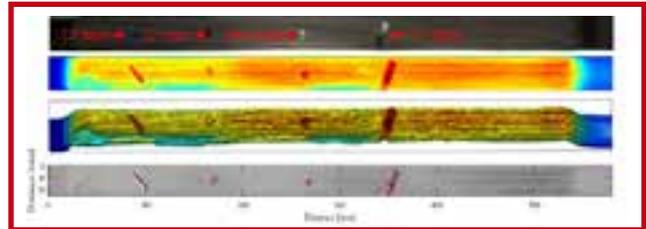


Abb. 1: Defekterkennung und Segmentierung mittels Thermografie
 Fig. 1: Defect detection and segmentation using thermography

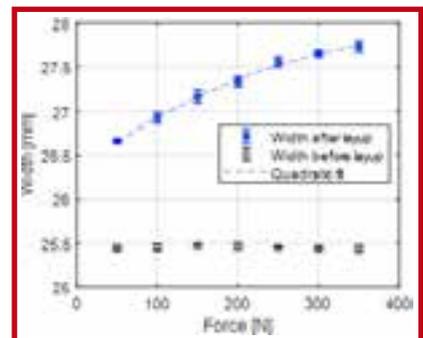


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Breite und Kraft
 Fig. 2: Width and force co-relation

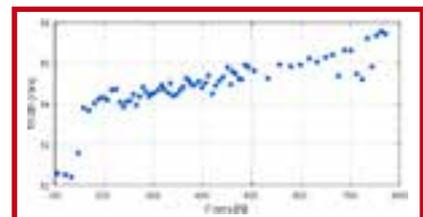


Abb. 3: Inline-Breitenmosaik für linear ansteigende Kraft
 Fig. 3: Inline width tessellation for linearly increasing force

Auf einen Blick

Förderung: bmvit - FTI-Programm:
 „Produktion der Zukunft“
 Projektpartner: MUL - VW, FACC
 Operation GmbH,

Ansprechpartnerin



Neha Yadav, MA
 neha.yadav@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2721

Projekt: SAPP

Evaluierung spektroskopischer Methoden zur Qualitätssicherung von Prepregs

Evaluation of spectroscopic methods for quality assurance of prepregs along the value chain

Prepregs sind qualitativ hochwertige Faser Matrix Halbzeuge. Bei der Herstellung werden textile Verstärkungsstrukturen mit einer Harzmatrix imprägniert. Erst in einem anschließenden Arbeitsschritt wird das Prepreg in seine endgültige Bauteilgeometrie überführt. Da es sich um reaktive Harzsysteme handelt muss das Prepreg bis zur Verarbeitung gekühlt (-18°C) gelagert werden. Die Haltbarkeit gekühlter Prepregs beträgt dabei 6 bis 24 Monate. Abgelaufene Prepregs werden in der Regel entsorgt.

Im Rahmen des FFG-Projektes SAPP werden die Möglichkeiten untersucht, die spektroskopische Methoden (Nah-Infrarot- (NIRS) und Raman-Spektroskopie) bei der inline Messung während der Herstellung und während der anschließenden Lagerung und Verarbeitung der Prepregs hinsichtlich der Qualitätssicherung bieten. Spektroskopie generell nutzt die Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung und Materie, NIRS misst Oberton- und Kombinationsschwingung funktioneller Gruppen die zwischen 750 und 2500 nm auftreten, während Ramanspektroskopie auf der inelastischen Streuung elektromagnetischer Strahlung basiert.

In der bisherigen Projektlaufzeit wurde ein Prüfstand modifiziert, der die wesentlichen Prozessschritte bei der Herstellung lösungsmittelfreier Prepregs im Hot-Melt-Prozess abbildet. Dieser erlaubt nun umfangreiche Untersuchungen zu den Möglichkeiten und Grenzen mittels NIRS Prozessparameter, wie Faser-Matrix-Verhältnis oder Mischungsverhältnis und Zustand des Harzes, zu bestimmen und eine inline Prozessüberwachung umzusetzen. Für Messungen zur Qualitätssicherung während der Lagerung und Verarbeitung wurden miniaturisierte NIR-Spektrometer erfolgreich getestet. Diese können mit hoher Genauigkeit die Glasübergangstemperatur der Matrix messen.

Im verbleibenden Projektjahr werden Untersuchungen zu NIR inline Messungen auf dem Prüfstand durchgeführt. Zusätzlich werden die erzielten Erkenntnisse genutzt, um die Anwendung von

NIRS in der industriellen Produktion von Prepregs zu demonstrieren.

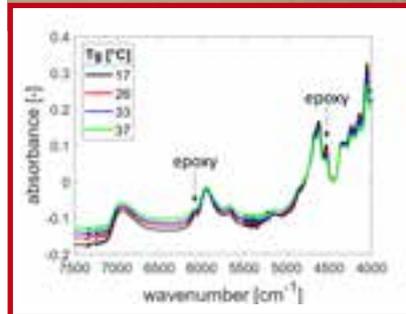
Prepregs are high-quality semi-finished fiber matrix products. During production, textile reinforcement structures are impregnated with a resin matrix. In a subsequent step the prepreg is transferred into its final component geometry. As reactive resin systems are used, the prepreg must be stored refrigerated (-18°C) until processing. The shelf life of cooled prepregs is 6 to 24 months. Expired prepregs are usually disposed of.

The FFG project SAPP is investigating the possibilities offered by spectroscopic methods (near-infrared (NIRS) and Raman spectroscopy) for in-line measurements during production and during subsequent storage and processing of the prepregs with regard to quality assurance. Spectroscopy in general uses the interaction between electromagnetic radiation and matter. NIRS measures overtone and combination vibration of functional groups occurring between 750 and 2500 nm, while Raman spectroscopy is based on inelastic scattering of electromagnetic radiation.

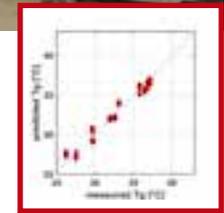
So far a test rig has been modified to reproduce the main process steps in the manufacture of solvent-free prepregs in the hot-melt process. This allows extensive investigations into the possibilities and limits of using NIRS to determine process parameters such as fiber-matrix ratio or mixing ratio as well as state of the resin, and to implement inline process monitoring. For quality assurance measurements during storage and



Modularer Prepreg-Prüfstand mit integrierten NIRS-Optiken.



FTNIR-Spektren eines Epoxy-Glasfaserprepregs bei unterschiedlichen Glasübergangstemperaturen (Tg). Vor allem die Epoxy-Peaks verändern sich über den Alterungsprozess hinweg.



Vergleich der mittels DSC bestimmten (measured) Tg's mit dem mittels NIRS bestimmten (predicted) Tg's.

processing, miniaturized NIR spectrometers have been successfully tested. These can measure the glass transition temperature of the matrix with high accuracy.

In the remaining project year, studies on NIRS inline measurements will be carried out on the test rig. In addition, the knowledge gained will be used to demonstrate the use of NIRS in the industrial production of prepregs. ■

Auf einen Blick

Förderung: BMK - FTI-Programm: „Produktion der Zukunft“
Projektpartner: MUL - VV, i-RED GmbH, Isovolta AG,

Ansprechpartner



Moritz Salzmann MSc.,
 moritz.salzmann@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2717

Biologische Materialien und Biomimetik

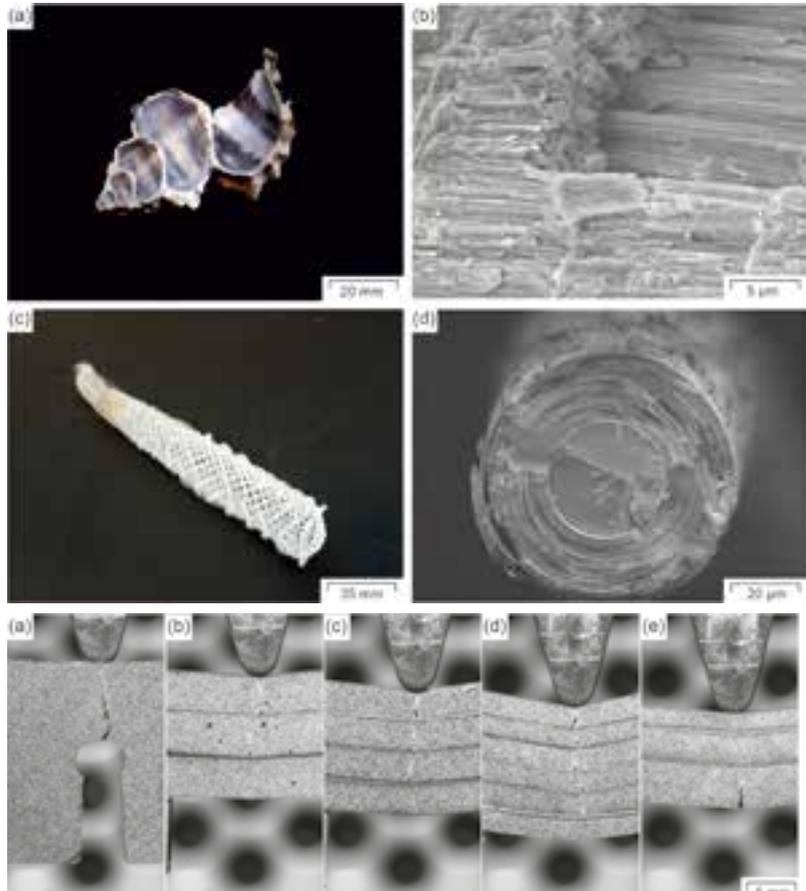
Biological materials and biomimicry

In vielen technischen Anwendungen muss der bestmögliche Kompromiss zwischen hoher Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit eingegangen werden. Steife und hochfeste Materialien brechen unter Belastung spröde, andere wiederum sind sehr zäh und flexibel, können dafür aber nur geringe Lasten ertragen und sind relativ nachgiebig.

Biologische Materialien scheinen sich nicht an diese Limitierungen halten zu müssen und sind sowohl steif und fest als auch erstaunlich zäh. Das Geheimnis hinter dem herausragenden Eigenschaftsprofil ist meist eine komplexe Mikrostruktur aus harten und weichen Komponenten. Gut erforscht ist z. B. Perlmutter, das eine "Brick-and-Mortar" Struktur aus Aragonitplättchen und Proteinen aufweist. Gewisse Tiefseeschwämme besitzen auch ein Skelett, welches aus konzentrischen Ringen aus Bio-Glas und Protein besteht. In beiden Fällen gilt dasselbe Prinzip: Die weichen Proteinschichten stoppen wachsende Risse und schützen dadurch die lasttragenden Hartkomponenten. Das führt schlussendlich zu einem Zähigkeitsgewinn.

Inspiziert von der Struktur der Tiefseeschwämme wurden ähnliche Strategien angewandt, um die Bruchzähigkeit von technischen Materialien zu erhöhen. Anhand von bruchmechanischen Versuchen an Polypropylen-basierten Mehrschichtverbunden wurden die zugrundeliegenden Bauprinzipien erarbeitet und Gestaltungsrichtlinien abgeleitet. Bei Einhaltung dieser Richtlinien kann Risswachstum ebenfalls aufgehalten werden, wodurch die Zähigkeit deutlich erhöht wird, während die Steifigkeit erhalten bleibt.

In many technical applications, the best possible compromise must be made between high strength and stiffness and toughness. Stiff and high-strength materials break brittle under load, while others are very tough and flexible, but can only bear low loads and are relatively compliant.



Biological materials appear to be excluded from these limitations and are stiff, strong and surprisingly tough. The secret behind this excellent portfolio of properties is usually a complex microstructure made of hard and soft components. One well known example is nacre, which has a "brick-and-mortar" structure of aragonite platelets and proteins. Some deep-sea sponges also have skeletons, that consist of concentric rings of bio-glass and protein. The same basic principle applies to both cases: Soft protein layers stop growing cracks and protect the load bearing hard components. Ultimately, this leads to increased fracture toughness.

Inspired by the structure of deep-sea sponges, similar strategies were employed to increase the fracture toughness of engineering materials. Fracture mechanical experiments were conducted on polypropylene based multilayer composites in order to investigate the underlying

mechanisms and deduce design guidelines. If these guidelines are followed, it is possible to stop growing cracks. As a result, toughness can be increased dramatically while maintaining stiffness. ■

Auf einen Blick

Förderung: F&E PROGRAMM DES REKTORATES

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Johannes Wiener

johannes.wiener@unileoben.ac.at

+43 3842 402-2134

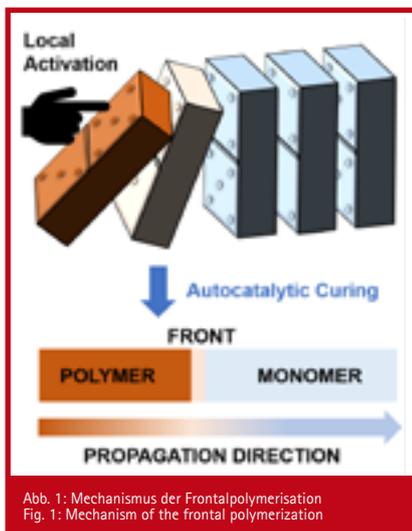
Energie-effiziente Härtung von Verbundmaterialien

Energy-efficient curing of composite materials

Das Polymer Competence Center Leoben (PCCL) beschäftigt sich in anwendungsnahen Forschungsprojekten mit der Entwicklung neuer Vernetzungsmethoden, die eine rasche und energieeffiziente Aushärtung von Duromeren und Verbundmaterialien ermöglichen. Bei der sogenannten Frontalpolymerisation wird eine Härtungsreaktion an einer Stelle des Verbundmaterials ausgelöst (bspw. durch lokale Belichtung oder Erwärmung) und über einen autokatalytischen Mechanismus setzt sich die Reaktion anschließend im Bauteil ohne weitere Energiezufuhr fort (Abb. 1).

Vorteile des Verfahrens

Während konventionelle thermische Härtungsverfahren sehr energieintensiv sind (Aushärtung über mehrere Stunden bei $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), kann die Aushärzeit durch Frontalpolymerisation auf



wenige Minuten reduziert werden. Dies ermöglicht die Fertigung von höheren Stückzahlen ohne das es hoher Investitionskosten bedarf.

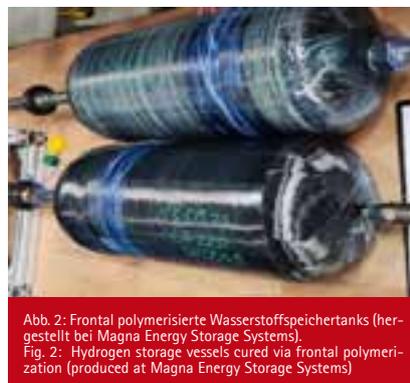
Einsatz in der Fertigung von Wasserstoffspeichertanks

Durch geeignete Wahl der Initiatoren und durch Zusatz von ausgewählten Additiven ist es am PCCL gelungen auch

hoch gefüllte kohlestofffaserverstärkte Verbundmaterialien zu härten, die sich durch hohe Festigkeiten und einer Glasübergangstemperatur $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ auszeichnen.

Mit einer optimierten Harzrezeptur wurden bei Magna Energy Storage Systems Wasserstoffspeichertanks gefertigt und über Frontalpolymerisation innerhalb von 30 min gehärtet (Abb. 2). Nach der effizienten Härtung waren die Tanks in der Lage Drücke von über 650 bar Stand zu halten.

The Polymer Competence Center Leoben (PCCL) focuses in application-oriented research projects on the development of new crosslinking strategies, which allow a rapid and energy-efficient curing of thermosets and composite materials. In the so-called frontal polymerization,



the curing reaction is activated locally (e.g. local irradiation or heating), which follows an autocatalytic mechanism and propagates through the composite part in a self-sustaining front (Fig. 1).

Advantages of this technique

Whilst common thermal curing processes require a high energy input (curing over several hours at temperatures well above $100\text{ }^{\circ}\text{C}$), the cure time can be shortened to a few minutes when using frontal polymerization. This allows for a higher throughput without the requirement of high investment costs.

Use for the manufacture of hydrogen storage vessels

By using appropriate initiators and by applying selected additives, it was possible at the PCCL to cure highly filled carbon fiber reinforced composites, which benefit from a high strength and a glass transition temperature $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. With an optimized resin formulation, hydrogen storage vessels were produced at the facilities of Magna Energy Storage Systems and cured within 30 min using frontal polymerization (Fig. 2). Once efficiently cured, the composite parts were able to withstand pressures $> 650\text{ bar}$. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET - K1
Projektpartner: PCCL, MUL-KC, Magna Energy Storage Systems, Trelleborg

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Markus Wolfahrt
markus.wolfahrt@pccl.at
+43 3842 429-6286



Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Sandra Schlögl
sandra.schloegl@pccl.at
+43 3842 402-2354

Elastomere: Zusammenhang von Herstellung und Eigenschaften

Elastomers: Relationship between production and properties

In einer Zeit, in der Nachhaltigkeit eine immer größer werdende Rolle spielt, gilt es vor allem die Lebenszeit hergestellter Bauteile zu verlängern. Auch im Bereich der Elastomere ist dies nicht zu vernachlässigen. Bereits im Herstellungsprozess können entscheidende Einstellungen getroffen werden, die die Langlebigkeit dieser signifikant beeinflussen. Hierzu zählen beispielsweise die Wahl der Herstellungsmethode sowie die Veränderung der Vernetzungszeit und -temperatur. Auch die Wahl des Grundpolymers und der beigefügten Füllstoffe kann einen erheblichen Einfluss haben.

Zielsetzung und Vorgehen

Ziel des PROLIMO-Projektes ist es den Zusammenhang zwischen Herstellungsmethode bzw. -bedingungen und den bruchmechanischen Bauteileigenschaften herauszufiltern und diese schließlich zu optimieren. Hierdurch soll es gelingen lebensdaueroptimierte Elastomerbauteile unter industriellen Bedingungen zu produzieren. Die Lebensdauer in Elastomeren wird vor allem durch Rissinitiierung und -wachstum bestimmt, welche dementsprechend große Betrachtung im Projekt finden. Prüfkörper, die unter verschiedenen Herstellungsbedingungen produziert werden, werden anschließend bruchmechanisch untersucht. Variiert werden Werkzeugtemperatur, Vernetzungszeit und Herstellungsmethode (Spritzgießen

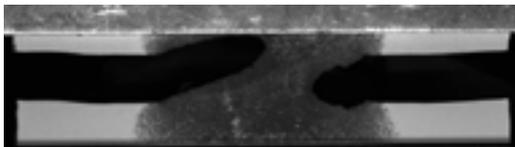


Abb. 1: Risswachstum während eines bruchmechanischen Versuchs / Fig. 1: Crack growth during a fracture mechanical experiment

und Pressen). Hierdurch unterscheiden sich die Bauteile auf makromolekularer Ebene. Beispielsweise kennzeichnen sie sich durch eine unterschiedliche Menge an Vernetzungspunkten und durch unterschiedliche Kettenlängen. Diese Eigenschaften sollen in Hinblick auf

deren Einfluss auf die Lebensdauer der Elastomere genauer untersucht werden, um die optimalen Herstellungsbedingungen für langlebige Elastomerbauteile herauszufinden.

In a time in which sustainability is playing an increasingly important role, the main aim is to extend the service life of manufactured components. This cannot be neglected in the field of elastomers either. Decisive adjustments which have a significant influence on the longevity of these can already be made in the manufacturing process. These include, for example, the choice of the manufacturing method and changes in crosslinking time and temperature. The selection of the base polymer and the added fillers can also have a considerable effect.

Objectives and procedure

The aim of the PROLIMO project is to identify the correlation between the manufacturing method and conditions as well as the fracture-mechanical component properties and ultimately to optimize these. This should make it possible to manufacture elastomer components with optimized service lives under industrial conditions. The lifetime of elastomers is mainly determined by crack initiation and crack growth, which are therefore of great importance in the project. Test specimens produced under different manufacturing conditions are subsequently investigated fracture mechanically. The mold temperature, curing time and manufacturing method (injection molding and compression molding) are varied.

As a result, the components differ on a macromolecular level. They are characterized, for example, by a different number of crosslinks and by different chain lengths. These properties are to be investigated in more detail with regard to their influence on the service life of the elastomers in order to find out the optimum manufacturing conditions for durable elastomer components. ■

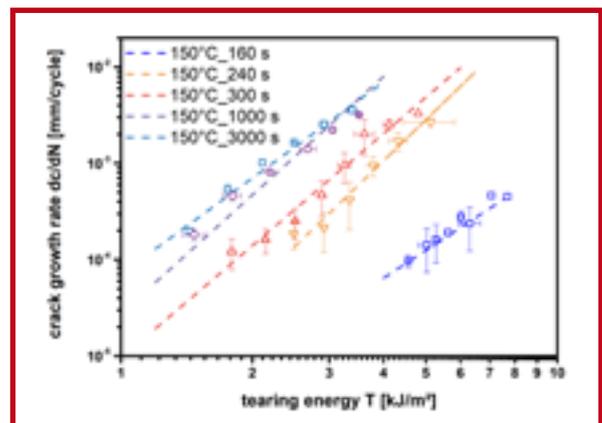


Abb. 2: Risswachstumsrate bei unterschiedlicher Belastung von Probekörpern hergestellt mittels Spritzguss bei 150°C mit unterschiedlichen Vernetzungszeiten.
Fig. 1. Crack growth rate at different stresses of test specimens produced by injection molding at 150°C with different crosslinking times.

Auf einen Blick

Projektname: PROLIMO
Förderung: FFG COMET - K1
Projektpartner: PCCL, MUL - KV, MUL - WPK, SKF Sealing Solutions GmbH

Ansprechpartner



Tobias Gehling, MSc
 tobias.gehling@pccl.at
 +43 3842 429-6229)

Forschungsschwerpunkt KUNSTSTOFFRECYCLING

Research Objective RECYCLING OF POLYMERS



Kunststoffe als multifunktionale, innovative und ressourceneffiziente Werkstoffe leisten einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung unserer Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft. In Hinblick auf den von der EU angestrebten Übergang in eine effiziente Kunststoffkreislaufwirtschaft besteht jedoch signifikanter werkstofflicher und technologischer Innovationsbedarf. Die Basis dafür stellen intensive und interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im komplexen Beziehungsfeld von (bio-basierten) Polymerbausteinen bzw. Werkstoff- und Produktarchitektur mit Zusatzfunktionalität, polymer-physikalischer Leistungsfähigkeit, effizienter Verarbeitbarkeit und stofflicher Rezyklierbarkeit dar. Aktuelle Projekte am Department Kunststofftechnik adressieren daher

- die Entwicklung von innovativen (biobasierten) polymeren Werkstoffen, Composites und Produkten mit Zusatzfunktionalität insbesondere in Hinblick auf Second-Life-Optionen,
- die Entwicklung von intelligenten Werkstoff- bzw. Produktdesigns, welche eine Reduktion des gesamten Materialeinsatzes sowie eine Wiederverwendung bzw. die Herstellung hochwertiger Rezyklate ermöglichen,
- die Entwicklung von innovativen Verarbeitungsprozessen und Verfahrenstechnologien in Hinblick auf die ressourceneffiziente Herstellung von Kunststoffen und Verbundwerkstoffen sowie die Sortierung und Wiederaufbereitung von Kunststoffabfällen und
- die Herstellung langlebiger und zuverlässiger Hochtechnologieprodukte aus bzw. mit Kunststoffrecyclat.

Plastics are multifunctional, innovative and resource-efficient materials, which contribute significantly to technological advances and more important, to a sustainable development of our environment, economy and society. However, with regard to the transition to an efficient plastics circular economy envisaged by the EU, there is a significant need for innovation in terms of materials and technology. The basis for this is intensive and interdisciplinary research and development addressing complex interrelations of (bio-based) polymer components or material and product architecture with additional functionality, polymer-physical performance, efficient processability, and recyclability. Current projects at the Department of Polymer Engineering and Science therefore address

- the development of innovative (bio-based) polymeric materials, composites and products with additional functionality, especially with regard to second-life options,
- the development of intelligent material or product designs that enable a reduction of the total material input as well as a reuse or the production of high-quality recyclates,
- the development of innovative processing techniques and technologies for the resource-efficient production of plastics and composites as well as the sorting and recycling of plastic waste, and
- the production of durable and reliable high-tech products from or with plastics recycle. ■

Ansprechpartnerin



asso.-Prof. Dr. Katharina Resch-Fauster
katharina.resch-fauster@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2105

Projekt EFFIE: Effizientere, biobasierte und recyclebare Stretcholie More efficient, bio-based and recyclable stretch film

Unter der Leitung der Fraunhofer Austria Research GmbH haben sich die Partner Montanuniversität Leoben, TU Wien, PAMMINGER Verpackungstechnik Gesm.b.H. und Lenzing Plastics GmbH & Co KG zum Ziel gesetzt, die derzeit auf fossilen Rohstoffen basierenden Wickelfolien in der Palettenverpackung durch eine Wickelfolie aus biobasierten und recyclebaren Kunststoff zu substituieren.

In Europa werden jährlich rund 25,8 Millionen Tonnen Plastikabfall produziert, wobei 59 % davon auf den Bereich der Verpackungen, inklusive Palettenverpackungen, entfallen. Vor allem bei Palettenwicklungen in der produzierenden Industrie und im Handel besitzt Plastik den Status einer Einwegverpackung. Plastik als herkömmlicher Kunststoff basiert zu einem Großteil auf fossilen Rohstoffen (Erdöl, Erdgas, Kohle). Eine Substitution dieser durch biobasierte Kunststoffe im Sinne der Nachhaltigkeit ist zwingend notwendig und wird mittels nationaler und internationaler politischer Maßnahmen stark forciert.

In Abbildung 1 ist die derzeitige Ausgangssituation und die Zielsetzung des Forschungsprojektes schematisch dargestellt. Durch die Entwicklung einer biobasierten und biomimetisch funktional strukturierten Wickelfolie (inspiriert durch natürliche Muster und Formen), findet anhand der verbesserten Struktur eine Materialeinsparung von bis zu 30 % gegenüber herkömmlichen Folien statt. Die neu entwickelte Folie wird außerdem in die konzeptionelle Entwicklung eines „adaptives Wickelkonzept“ (Prozess- und Anlagenkonzept) integriert, welches eine individuelle Palettenwicklung ermöglicht. Diese Maßnahmen münden somit in einer Reduktion des Einsatzes von auf fossilen

Rohstoffen basierenden Wickelfolien für die Verpackung bzw. Sicherung von Ladeeinheiten.

Under the leadership of Fraunhofer Austria Research GmbH, the partners Montanuniversität Leoben, TU Wien,

lity is imperative and is strongly pushed by means of national and international political activities.

Figure 1 schematically shows the current initial situation and the objectives of the research project. By developing a biobased and biomimetic functionally structured stretch film (inspired by natural patterns & shapes), a material saving of up to 30% compared to conventional films takes place based on the improved structure. The newly developed film is also integrated into a conceptual development of an "adaptive wrapping concept" (process & equipment concept), which enables individual pallet wrapping. These activities results in a reduction in the use of wrapping films based on fossil raw materials for packaging or safeguarding load units. ■

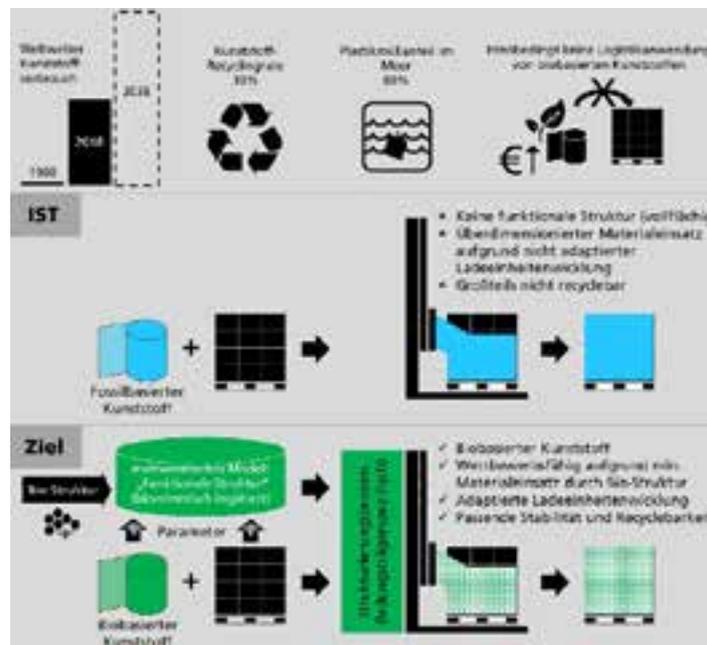


Abb. 1: schematische Darstellung von Ausgangssituation, Problemstellung sowie Zielsetzung des Forschungsvorhabens EFFIE
Fig. 1: Schematic representation of the initial situation, the problem and the objectives of the EFFIE research project.

PAMMINGER Verpackungstechnik Gesm.b.H. and Lenzing Plastics GmbH & Co KG have set themselves the goal of substituting stretch films currently based on fossil raw materials in pallet packaging with a stretch film made of bio-based and recyclable plastic.

In Europe, around 25.8 million tons of plastic waste are produced annually, with 59 % of this coming from the packaging sector, including pallet packaging. Especially in pallet wrapping in the manufacturing industry and in retail, plastic has the status of disposable packaging. Plastic as a conventional plastic is based to a large extent on fossil raw materials (crude oil, natural gas, coal). A substitution of these by bio-based plastics in the sense of sustainabi-

Auf einen Blick

Förderung: FFG – Produktion der Zukunft
Projektpartner: MUL – WPK, Lenzing Plastics GmbH & Co KG, Fraunhofer Austria Research GmbH, PAMMINGER Verpackungstechnik Gesm.b.H., Technische Universität Wien

Ansprechpartner



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

Biobasierte Kunststoffe für eine Kreislaufwirtschaft

Biobased Plastics for a Circular Economy

Die Kreislaufwirtschaft ist im aktuellen globalen Szenario von entscheidender Bedeutung und stellt eine Methode zur Bekämpfung des Materialverbrauchs der Menschen auf der ganzen Welt dar. Das Interesse an alternativen Rohstoffen, die von der aufkommenden Kreislaufwirtschaft beeinflusst werden, hat zum Wachstum von biobasierten und biologisch abbaubaren Kunststoffen geführt. Neben der Kompostierbarkeit müssen auch andere Optionen für das Ende des Lebenszyklus (EoL) erforscht werden, und das mechanische Recycling ist eine der bevorzugten Methoden für Kunststoffe.

Die Ziele dieses Projekts sind zweifach:

- Weiterentwicklung des mechanischen Recyclings von Biokunststoffverpackungen.
- Verbesserung der derzeitigen Verpackungen aus Biokunststoffen (mit Schwerpunkt auf PHAs).

Der Biokunststoff Polyhydroxybutyrat (PHB) wird *in vivo* in Mikroorganismen,

bereitet und in jeder Phase charakterisiert, wobei ein Teil für Spritzgusstests zurückbehalten wurde. Zum Vergleich wurde das Gleiche mit PP durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Werte für Bruchdehnung und Schlagzähigkeit im Laufe der fünf Zyklen ähnlich wie bei PP abnahmen, die Zugfestigkeitswerte jedoch konstant blieben. Die thermischen Werte waren über alle Zyklen hinweg konstant, was ein vielversprechendes Ergebnis für die Additivierung des PHB und die Untersuchung der Eigenschaften darstellt.

Neben dem Recycling wurden auch Barriereigenschaften von Bechern aus PHB und PP getestet, und in einer neueren Studie wurden auch Migrations-tests an PHB-Folien durchgeführt. PHB hat also ein hohes Potenzial die Kreislaufwirtschaft zu unterstützen.

Circular economy is of vital importance in the current global scenario and is a method to combat the consumption of materials by people all over the world. The interest in alternative feedstocks from the emerging circular bioeconomy has led to the growth of biobased and biodegradable plastics. Exploration of other end of life (EoL) options than compostability is needed and mechanical recycling is one of the most preferred methods for plastics.

recycling of bioplastic packaging.

- Improve the current bioplastic packaging products (with focus on PHAs).

The bioplastic Polyhydroxybutyrate (PHB) is formed *in vivo* in micro-organisms mainly bacteria. As an initial study PHB was reprocessed 5 times in a twin-screw extruder and their characterisation was carried out at each stage with some parts kept aside for injection moulding test pieces. For comparison, the same was carried out on PP. The results showed a drop in the strain at break and impact values over the course of the 5 cycles similar to the PP but the tensile strength values remained consistent. The thermal values were steady throughout all the cycles and this showed promise to additivise the PHB and study the properties.

Along with their recycling, barrier properties tests were carried out on cups made with PHB and PP and in a recent study migration tests were carried out on PHB films as well. Hence PHB is of potential to the circular economy and to be a part of the answer to the current plastic pollution crisis. ■



Oben: PHB extrudiert als Fäden
Above: PHB extruded as filaments
Unten: Prüfkörper aus recykliertem PHB
Below: Test specimens of recycled PHB

Oben: Verpackte Murmeln im PHB-Blasfolienbeutel
Above: Packaged marbles in PHB blown film bag
Unten: Spritzgegossener PHB-Becher
Below: Injection molded PHB Cup

hauptsächlich Bakterien, gebildet. In einer ersten Studie wurde PHB fünfmal in einem Doppelschneckenextruder auf-

The objectives of this project are 2-fold

- Further development of mechanical

Auf einen Blick

Projektname: C-PlaNeT (Circular Plastics Network for Training)
Förderung: EU H2020-Forschungs- und Innovationsprogramm unter der Marie Skłodowska-Curie Finanzhilfvereinbarung Nr. 859885
Projektpartner: MUL – KV, Universität Gent

Ansprechpartnerin



Priyanka Main, M.Tech.
priyanka.main@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3532

Den Kreislauf für Polyolefin-Verpackungen schließen

Closing the circle of polyolefin packaging

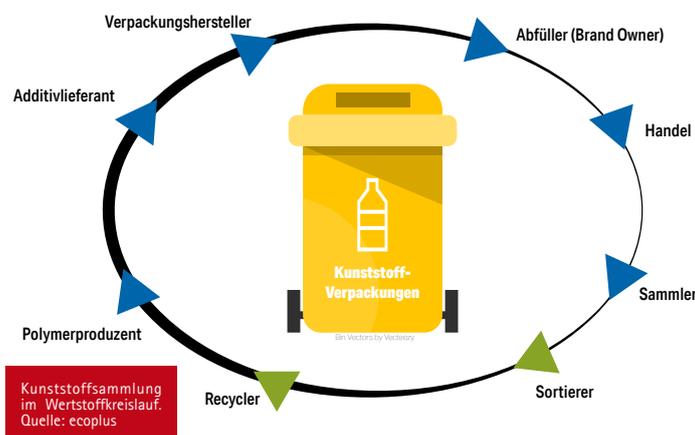
Die Integration von Rezyklaten aus Kunststoffverpackungsabfällen in die Produktion neuer gleichwertiger Produkte ist nach wie vor eine große Herausforderung und stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Steigerung der geforderten Recyclingquote von bis zu 50 % dar.

Das branchenübergreifende Kooperationsprojekt Pack2theLoop zielt daher auf das Recycling von gebrauchsfähigen Kunststoffverpackungen aus Polyolefinen und Polystyrol mit dem Fokus auf die Entwicklung von qualitätsgesicherten Rezyklaten aus Post-Consumer-Verpackungen (PCR), die in die Produktion neuer Lebensmittel- und Kosmetikverpackungen einfließen und so den Wertschöpfungskreislauf schließen.

Die fünf Projekt-Innovationsziele von Pack2theLoop sind (1) die Entwicklung qualitätsgesicherter Rezyklate aus PCR-Verpackungen, welche die mechanische Verarbeitbarkeit sowie die chemische und biologische Sicherheit gewährleisten, (2) die Demonstration des geschlossenen Kreislaufs mit Hilfe von Use Cases, (3) die Etablierung von „Design for/from Recycling“ als Schlüssel für zukünftige und recyclingfähige Verpackungen, (4) sowie die Entwicklung einer gemeinsamen Sprache der Kunststoff-/Abfallwirtschaft/Recyclingbranche, durch Kooperation entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufs „Kunststoff“. (5) Am Ende des Projektes wird der Kunststoffindustrie ein Handbuch zur Verfügung gestellt, das wissenschaftlich fundiertes Grundlagenwissen über (a) eine qualitative Verarbeitung von PCR-Materialien und (b) die Etablierung eines „Design for/ from Recycling“ für stofflich verwertbare und recyclingfähige Verpackungen zusammenfasst.

Aus ökologischer Sicht wird Pack2theLoop dazu beitragen, eine optimale Recyclingquote für Hohlkörperverpackun-

gen zu ermitteln. Durch das Recycling dieser Verpackungen werden die Vorteile für verschiedene Umweltaspekte maximiert. Der fakten- und methodenbasierte Ansatz wird dazu beitragen, die gesellschaftliche und politische Diskussion um Recyclingquoten weiter zu versachlichen und der Industrie eine wissenschaftlich dokumentierte Strategie für das Verpackungsrecycling zur Verfügung zu stellen.



The integration of recyclates, made of plastic packaging waste, into the production of new equivalent products is still a major challenge and represents a promising approach for the increase of the required recycling rate of up to 50 %.

The cross-industry cooperation project Pack2theLoop, therefore, aims to recycle single-use plastic packaging composed of polyolefins and polystyrene with the focus on the development of quality-assured recyclates from post-consumer (PCR) packaging which are then applied in the production of new food and cosmetic packaging, closing the value-added loop.

The 5 project innovation goals of Pack2theLoop are (1) the development of quality ensured recyclates from PCR packaging, ensuring the mechanical processability and the chemical and biological safety assessment, (2) the demonstration of the closed loop in course of defined Use Cases, (3) estab-

lishing "design for/from recycling" as the key to future and recyclable packaging, (4) as well as the development of a common language of the plastics/waste management/recycling sector through cooperation along the entire "plastics" value-added cycle. (5) At the end of the project, a handbook summarizing scientifically founded basic knowledge about (a) a qualitative processing of PCR materials and (b) the establishment of a "design for/from recycling" for sustainable and recyclable packaging, will be provided to the plastics industry.

From an environmental perspective Pack2theLoop will contribute to the determination of an optimal recycling rate for hollow body packaging. The recycling of this packaging will maximise the benefits for different environmental aspects. The fact- and method-based approach will help to further objectify the social and political discussion on recycling

quotas and provide a scientifically documented strategy for packaging recycling to the industry. ■

Auf einen Blick

Projektname: Pack2theLoop
Förderung: FFG Kreislaufwirtschaft 2021
Projektpartner: MUL KV, 30 weitere Partner aus Wissenschaft & Forschung

Ansprechpartnerin



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

Projekt: Flex4Loop

Kreislauf für flexible Kunststoff-Verpackungen

Circular flexible plastics packaging

Das Projekt Flex4Loop befasst sich mit dem Recycling von Folien für Lebensmittelverpackungen, die aufgrund ihrer komplexen Materialkombinationen eine Herausforderung darstellen. Vor allem Mehrschichtfolien können noch nicht mechanisch recycelt werden. Ab 2023 werden jedoch alle Kunststoffverpackungen österreichweit einheitlich in der gelben Tonne oder im gelben Sack gesammelt, um bis 2025 die gesetzlich vorgeschriebene Recyclingquote von 50 % zu erreichen, die fünf Jahre später auf 55 % steigt. Folienverpackungen, die 50 % der Kunststoffverpackungen für Lebensmittel ausmachen, spielen eine Schlüsselrolle bei der Erreichung dieser Ziele.

Multifunktionale Anforderungen an Lebensmittelverpackungen wie geringes Gewicht, Lichtschutz, Gasundurchlässigkeit und mechanischer Schutz können auch von Monomaterialfolien erfüllt werden, die recyclingfähig wären, aber aufgrund von Sortierbeschränkungen in minderwertigen Rezyklaten oder in der thermischen Verwertung landen. In Flex4Loop wird untersucht, wie kleinteilige, recyclingfähige Folien aus Polyethylen oder Polypropylen mit oder ohne Gasbarrierschicht für das Recycling so gestaltet werden können, dass daraus hochwertige Rezyklate hergestellt werden können. Außerdem untersucht das Forschungsteam die Voraussetzungen für eine praxiserhaltende Sortierung der Leichtverpackungsfraction, einschließlich des Einflusses von Störfaktoren wie Etiketten, Klebstoffen, Druckfarben oder Polymerverunreinigungen.

An dem Projekt ist die gesamte Wertschöpfungskette beteiligt, von Verpackungs- und Etikettenherstellern über Lebensmittelverpackungsunternehmen,

Einzelhändler, Sammler und Sortierer bis hin zu Verwertern und Maschinenherstellern. Ziel ist die Entwicklung neuer oder angepasster Verfahren für die Herstellung qualitätsgerechter Rezyklate.



The Flex4Loop project is tackling the issue of recycling films used for food packaging, which have been a challenge due to their complex material combinations. Multilayer films, in particular, cannot yet be mechanically recycled. However, from 2023, all plastic packaging is collected uniformly throughout Austria in the yellow garbage can or yellow bag in order to achieve the legally required recycling rate of 50 % by 2025, rising to 55 % five years later. Film packaging, which accounts for 50 % of food plastic packaging, will play a key role in meeting these targets.

Multifunctional requirements for food packaging, such as light weight, light protection, gas impermeability, and mechanical protection can also be achieved by mono-material films,

which would be suitable for recycling, but due to sorting limitations they end up in low-value recyclates or thermal recycling. The Flex4Loop project is looking at how small-particle, recyclable films made of polyethylene or polypropylene with or without a gas barrier layer can be designed for recycling so that high-quality recyclates can be produced from them. The research team is also investigating the prerequisites for sorting the light packaging fraction in a practical manner, including the influence of interfering factors such as labels, adhesives, printing inks or polymer impurities.

The project involves the entire value chain, from packaging and label manufacturers to food packaging companies, retailers, collectors and sorters, recyclers, and machine manufacturers. The goal is to develop new or adapted processes for the production of quality-standardized recyclates. ■

Auf einen Blick

Projektname: Flex4Loop

Förderung: FFG Collective Research (Laufzeit: 06/2022 – 05/2025)

Projektpartner: Kunststoffcluster und Lebensmittelcluster (Projektkoordination), MUL – KV, MUL – Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, OFI – Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, Plastics Europe, MA48 der Stadt Wien, 19 weitere Partner

Ansprechpartner



asso.-Prof. Dr. Thomas Lucyshyn

thomas.lucyshyn@unileoben.ac.at

+43 3842 402 3510

Faser-Recycling

Trennung und Aufbereitung kleinstteiliger gemischter Kunststofffraktionen

Separation and processing of very small mixed plastic fractions

Folgend auf das Projekt Tex2Mat wurde zusammen mit der Fa. Andritz ein neues Projekt gestartet: Im Projekt ReFibreValue geht es darum, neue Technologien zur Trennung, Analyse und Aufbereitung von textilen Abfällen zu entwickeln.

Ein wesentlicher Input kam dabei von der Firma Circulyzer, einem Spin Off der Montanuniversität, welche die Zyklonabscheidetechnologie wesentlich weiterentwickelte und es damit ermöglicht, auch sehr feinteilige Gemenge zu trennen. Abbildung 1 zeigt, welche Fasergemenge getrennt werden. Es handelt sich hierbei um ein Gemenge aus PA- und PET-Fasern in wechselnden Anteilen.

Das übergeordnete Ziel ist Trennung und Aufbereiten des Fasergemenges aus PET und PA und ein Wiederrückführen der Materialien zum ursprünglichen Einsatzzweck als Siebe und Vliese für die Papierindustrie oder andere technologisch anspruchsvolle Anwendungsgebiete.

Davon abgeleitet ergeben sich folgende Unterziele bzw. Aufgabenstellungen:

- Erstellung eines Logistikkonzeptes für die Abfall- und Wertstoffströme
- Abwasseranalyse
- Trennung des Gemenges in Reifractionen
- Untersuchung verschiedener Trennverfahren
- Charakterisierung der getrennten Fraktionen
- Verarbeitungsversuche in verschiedenen Technologien
- LCA über gesamte Wertschöpfungskette

Neben den Industriepartnern Andritz Fabrics & Rolls, Andritz Recycling Technology Center und Circulyzer sind an dem Projekt fünf Lehrstühle der Montanuniversität beteiligt, die alle entsprechend ihren Kompetenzen Aufgaben übernehmen. Dadurch können alle für eine Kreislaufwirtschaft erforderlichen Teilaspekte bearbeitet werden, um einen Übergang weg von der Linearwirtschaft zu erreichen.

Das Projekt ReFibreValue wird von der FFG im Rahmen von Bridge 1 gefördert, das Gesamtbudget beträgt ca. EUR 470.000 und die Laufzeit beträgt zwei Jahre.

Following on from the Tex2Mat project, a new project was started together with Andritz: The project ReFibreValue project is about developing new technologies for the separation, analysis and processing of textile waste.

A major input came from Circulyzer, a spin-off of the Montanuniversität Leoben, which significantly developed the cyclone separation technology, thus making it possible to separate even very finely divided mixtures. Figure 1 shows which fiber mixtures are separated. This is a mixture of PA and PET fibers in varying proportions.

The overall objective is to separate and prepare the fiber mixture of PET and PA and return the materials to their original use as screens and non-wovens for the paper industry or other technologically demanding applications.

Derived from this are the following sub-goals or tasks:

- Creation of a logistics concept for waste and recyclable material flows
- Wastewater analysis
- Separation of the batch into pure fractions
- Investigation of different separation processes
- Characterization of the separated fractions
- Processing tests in different technologies
- LCA across the entire value chain

In addition to the industrial partners Andritz Fabrics & Rolls, Andritz Recycling Technology Center and Circulyzer, five chairs and institutes of the Montanuniversität Leoben are involved in the proj-

ect, each taking on tasks according to their competences. Thus, all sub-aspects required for a circular economy can be dealt with in order to achieve a transition away from the linear economy. ■

The project ReFibreValue is funded by the FFG within the framework of Bridge 1, the total budget is approx. EUR 470.000 and the duration is two years.



Abbildung 1: Fasergemenge PA / PET
Figure 1: PA / PET fiber blend

Auf einen Blick

Förderung: FFG Bridge 1
 Projektpartner: Andritz Fabrics & Rolls, Andritz Recycling Technology Center, Circulyzer, MUL - KV, MUL - WPK, MUL - Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, MUL - Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredelung, RiC

Ansprechpartnerin



Dipl.-Ing. Uta Jenull
 uta.jenull@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 3542

Projekt: Recy-Pipes

Langsames Risswachstum in thermoplastischen Rohrmaterialien mit Recycling-Anteilen Slow crack growth in thermoplastic pipe materials blended with recyclates

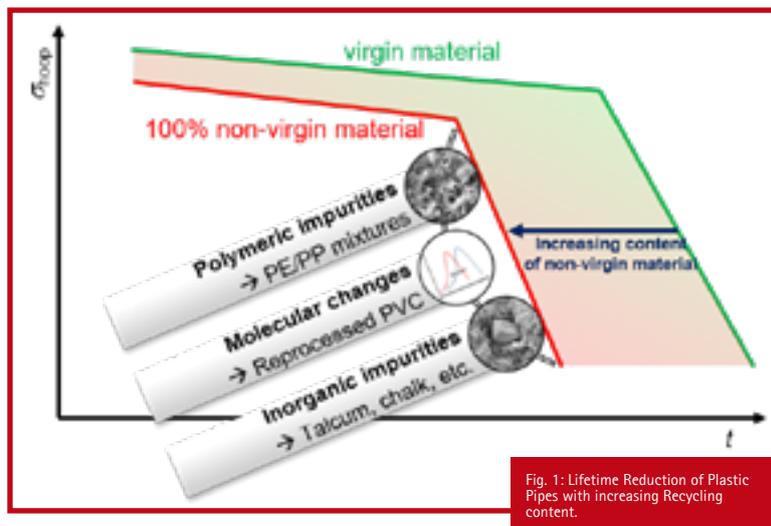
Um einen Mehrwert für Kunststoffe im Sinne einer verbesserten Kreislaufwirtschaft zu schaffen, wird der verstärkte Einsatz von rezyklierten Polymeren (sog. „Non-Virgins“) immer wichtiger – so auch für die Kunststoffrohrindustrie. Neben Produkten, die vollständig aus Rezyklaten hergestellt werden, ist die Beimischung bestimmter Mengen an Rezyklaten zu neuen Kunststoffen („Virgins“) eine weitere praktische Strategie zur Erhöhung des Recyclinganteils in extrudierten und spritzgegossenen Strukturen. Im Gegensatz zu Virgin Typen mit sehr eng definierten Materialeigenschaftsprofilen, zeichnen sich Rezyklate jedoch in der Regel durch eine relativ große Streuung ihrer Eigenschaftsprofile aus, die auf die große Vielfalt zugrundeliegender Abfallströme zurückzuführen ist. Solche Materialschwankungen stellen ein ernstes Problem für Produktgestaltungen mit konstanter Qualität dar und erfordern neue Ansätze für die Qualitätssicherung vor der Verarbeitung. Zusätzlich wirken sich unerwünschte, polymere oder anorganische Verunreinigungen (vgl. Fig. 1) negativ auf den Widerstand gegenüber Rissinitiierung und langsamen Risswachstum aus, welche die wichtigsten Faktoren für das Langzeitverhalten von Rohren sind.

Ziel des aktuellen Projektes ist es daher ein fundiertes Wissen über das vorhandene Potenzial und die Grenzen des zunehmenden Einsatzes von Rezyklaten in der Rohranwendungen zu generieren, um bei gegebenem Virgin/Non-Virgin Mischungen eine Mindestlebensdauer von 100 Jahren zu gewährleisten. Dies soll mittels experimenteller Untersuchungen, sowie computer-unterstützter Auswertetools erreicht werden. Fokus soll dabei auf Polyethylen (PE),

Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC) gelegt werden, welche einen Anteil von über 60 % der jährlichen globalen Kunststoffproduktion ausmachen.

Thus, the aim of the current project is to generate a sound knowledge of the existing potential and limitations of an increasing use of recyclates in pipe applications, while still ensuring a minimum required service lifetime of 100 years for given virgin/non-virgin blends.

This is going to be achieved by means of experimental (fracture mechanics) investigations, as well as computer-aided evaluation tools. In that context, focus will be put on polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polyvinyl chloride (PVC), which in total account for more than 60 % of the annual global plastics production. ■



In order to create added value for plastics in terms of an improved circular economy, the increased use of recycled polymers (so-called "non-virgins") is becoming increasingly important – this is also the case for the plastic pipe industry. In addition to products made entirely from recyclates, blending certain amounts of recyclates into new plastics ("virgins") is another practical strategy for increasing the recycled content in extruded and/or injection-molded structures. However, unlike virgin grades with very narrowly defined material property profiles, recyclates are typically characterized by a relatively broad scattering in their property profiles due to the wide variety of underlying waste streams. Such material variations pose a serious problem for consistent quality product designs and require new approaches for quality assurance prior to processing. In addition, undesirable polymeric or inorganic impurities (cf. Fig. 1) negatively affect the resistance to crack initiation and slow crack growth, which are regarded as crucial factors that define the long-term behavior of pipes.

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET-K1

Laufzeit: 2021-2024

Projektpartner: PCCL, MUL - WPK, Vienna University of Technology, DYKA, Fraenkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG, Pipelife International GmbH, Polypipe Ltd, Rehau AG & Co. KG, Staatliche Versuchsanstalt – TGM Kunststoff- und Umwelttechnik, The European Plastic Pipes and Fittings Association (TEPPFA), Vynova Group, Wavin T&I

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Mario Messiha

mario.messiha@pccl.at

+43 664 1655 707

Innovatives Upcycling von Polyolefinabfällen

Innovative up-cycling 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 gemeinsam mit PreZero Polymers Austria (Förderung durch die FFG) durchgeführt. Es wird darauf abgezielt, die Molmasse von Polypropylen (PP) beim Recycling zu erhöhen, um rezyklierte PP-Qualitäten zu erhalten, die durch Extrusion und Blasformen verarbeitet werden können.

Es ist allgemein bekannt, dass die Molmasse von PP in Gegenwart von freien Radikalen, die durch Peroxide oder durch ionisierende Strahlung erzeugt werden, stark reduziert wird. 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 haben gezeigt, 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 fossile ressourcen, to reduce the pollution of our environment by plastic waste, and to contribute to decarbonization. In a running project, techniques are being investigated to up-cycle polyolefin waste. This research is being conducted in cooperation with PreZero Polymers Austria (funding 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 of PP is strongly reduced in the presence of free radicals generated by peroxides or by ionizing radiation. 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 ra-

dicals 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. ■

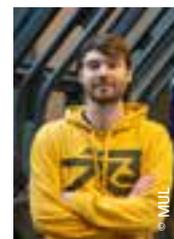
Auf einen Blick

Projektname: NextGen-PCR PO
Hochwertige Polyolefinmaterialien auf Basis von Nachgebrauchs-Abfall durch innovatives Upcycling
Förderung: FFG
Projektpartner: Fa. Prezero Polymers Austria GmbH

Ansprechpartner



Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern
wolfgang.kern@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2350



Johannes Krämer, MSc
johannes.kraemer@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2310; 2390

Projekt: PizzaPack

Reduktion des Ressourcenverbrauchs und der Kunststoffabfälle bei Tiefkühlpizzen Reduction of resource consumption and plastic waste in frozen pizzas

Dieses Projekt hat zum Ziel, die anfallenden Kunststofffolienabfälle beim Industriepartner wieder zu neuen benötigten Verpackungsfolien zu recyclieren. Da es sich beim vorliegenden Projekt um Lebensmittelverpackungen handelt,

Schrumpffolie in nichts nachstanden. Zurzeit werden basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen großtechnische Versuche durchgeführt.

to 20 µm could be produced, fulfilling the shrink film requirements. Upscaling tests to a commercial level are currently being carried out based on the findings obtained ■

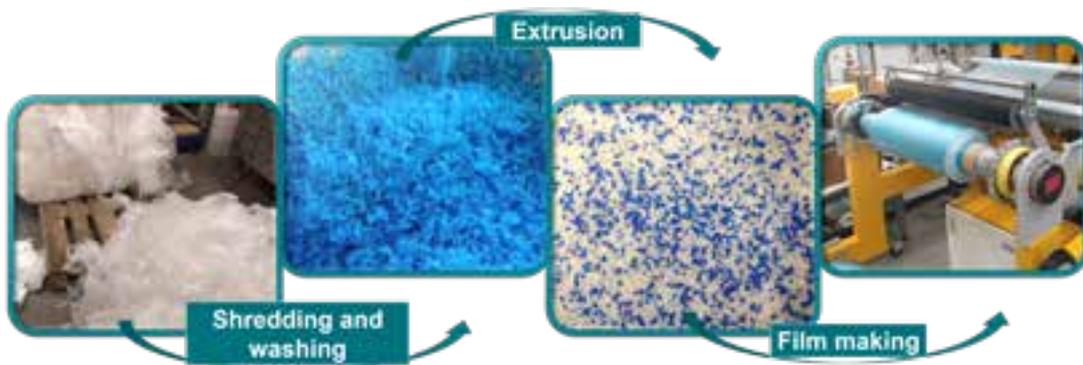


Abb. 1: Geschlossener Kreislauf der Wiederverwertung von Verpackungsabfällen
Fig. 1: Closed-loop recycling of packaging waste

kamen hierbei drei erschwerende Fragestellungen zum Zuge:

1. Welche Auswirkungen haben Verunreinigungen auf die Recyclatqualität und wie ist es möglich diese wirtschaftlich zu entfernen?
2. Welche Polymere wurden verwendet und in welcher Form (Mehrschichtfolien, beschichtete Folien, etc.)?
3. Welches Eigenschaftsprofil haben die Reststoffe und welche Qualität soll erreicht werden.

Im Zuge des Projektes wurden die einzelnen Prozessschritte im Hinblick auf ein mechanisches Recycling betrachtet. Begonnen wurde mit der internen Sammlung und Analyse der vorhandenen Fraktionen (Polymere, Verunreinigungen). Als nächster Schritt wurden dann mögliche unterschiedliche Reinigungsprozesse unter Variation der Einflußgrößen wie z. B. Temperatur, Medium, Verweilzeit, Hilfsstoffe etc. betrachtet. Es wurden auch die Auswirkungen des Zerkleinerungsschrittes (vor allem wann dieser durchgeführt wurde) untersucht. Compoundiersuche mit Haftvermittlern führten zu einem folienfähigen und verarbeitbaren Polymer. Durch die abschließende Folienextrusion konnten Folien mit einer Dicke von ca. 15 bis 20 µm hergestellt werden, die den Anforderungen einer originalen

The aim of this project is to recycle plastic film waste produced by the industrial partner into new packaging films. This project includes food packaging, and therefore three main issues have to be answered:

1. What impact do contaminants have on recyclate quality, and how is it possible to remove them economically?
2. Which polymers were used and in what form (multilayer films, coated films, etc.)?
3. What property profile do the waste materials have, and what quality should be achieved at the end of the recycling process?

Within this project, the individual process steps regarding mechanical recycling were determined. It started with the internal collection and analysis of the existing fractions (polymers, impurities). As a next step, possible different cleaning processes were investigated, varying the influencing variables such as temperature, medium, residence time, auxiliary materials, etc. The effects of the comminution step (especially when it was performed) were also reviewed. Compounding tests with compatibilizers resulted in a processable polymer for film applications. By the final film extrusion, films with a thickness of about 15

Auf einen Blick

Förderung: FFG Basisprogramm
Projektpartner: MUL - WPK, PrimAs Tiefkühlprodukte GesmbH, Ingenieurbüro Wellacher e.U.

Ansprechpartner



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



Ing. Katerina Plevova
katerina.plevavo@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2119

Vitrimere – neue Polymere mit einzigartigen Eigenschaften

Vitrimers – new polymers with unique properties

Am Polymer Competence Center Leoben (PCCL) wird an einer neuen Polymerklasse – den Vitrimern – geforscht, die trotz chemischer Netzwerkstellen die Fähigkeit besitzt unter Temperatur zu fließen. Diese kontrollierte Änderung der viskoelastischen Eigenschaften kann für die Reparatur von Defekten, dem Verschweißen und der Wiederverwertung einer Vielzahl technischer Polymerwerkstoffe genutzt werden.

Vielseitige Anwendungsgebiete

Zur Demonstration der vielseitigen Einsatzgebiete der Materialien wurden 3D gedruckte Bauteile, naturfaserverstärkte Verbundmaterialien (Abb. 1) sowie hoch gefüllte magnetische Verbundwerkstoffe (Abb. 2) hergestellt und durch Temperatureinwirkung gezielt verformt und thermisch repariert.

or mechanical properties (e.g. creep) of the final products. For the recycling or a re-shaping process, the catalyst is selectively activated by temperature or light and subsequently, is able to activate transesterification reactions. These thermo-activated bond exchange reactions change the viscoelastic properties of the covalently crosslinked network, if they are becoming significantly fast.

Neue latente Katalysatoren

In Kooperation mit der Montanuniversität Leoben wird am PCCL in aktuellen Arbeiten an latenten Basen und Säuren als eine neue Katalysatorgruppe für Vitrimere geforscht, die einen erheblichen

At the PCCL research is devoted to a new class of polymers – vitrimers – which comprise chemical covalent crosslinks but have the ability to flow at elevated temperature. The controlled change of viscoelastic properties can be exploited for re-shaping, welding and recycling

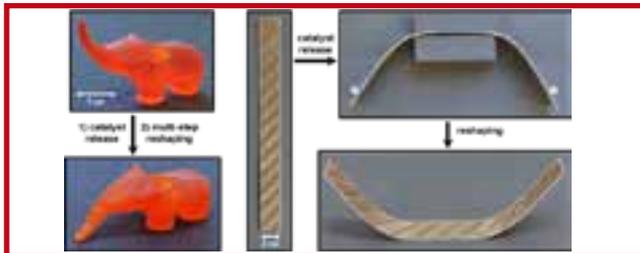


Abbildung 1 – Thermisch aktivierte Umformung (a) einer 3D gedruckten Struktur und (b) eines thermisch gehärteten faserverstärkten Verbundmaterials
Figure 1 – Thermally activated reshaping of (a) a 3D printed structure and (b) a thermally cured fibre reinforced composite

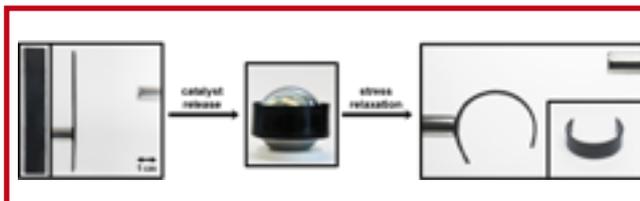


Abbildung 2 – Permanente Verformung von magnetisch aktiven Verbundmaterialien unter Einwirkung von Temperatur und einem externen Magnetfeld
Figure 2 – Permanent re-shaping of a magneto-active polymer composite under application of heat and an external magnetic field

Fortschritt in der Entwicklung von wiederverwertbaren und reparierbaren Duromeren und Verbundmaterialien darstellen. Diese Katalysatoren sind während des Gebrauchs des polymeren Werkstoffs inaktiv und beeinflussen weder die Härtung noch die mechanischen Eigenschaften (bspw. Kriechen) der Produkte. Für den Wiederverwertungs- oder einen Umformprozess können die Katalysatoren jedoch gezielt durch Temperatur- oder Lichteinwirkung aktiviert werden und damit die viskoelastischen Eigenschaften im Netzwerk verändern.

of various technical materials including elastomers, thermosets or composites.

New latent catalysts

In cooperation with Montanuniversität Leoben, PCCL's research focuses on latent bases and acids, which have been discovered as a new family of catalysts for activating bond exchange reactions in vitrimers. This provides a step-change in the design of malleable and recyclable crosslinked polymers and composite structures. The catalysts are inactive during the use of the polymeric materials and thus, do not influence curing

Versatile applications

To demonstrate the versatility of the new catalysts for various fields of applications, 3D printed structures, polymer-based composites reinforced with natural fibers (Fig. 1) and highly filled magneto-active composites were prepared and reshaped at elevated temperature (Fig. 2).

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET – Modul
Projektpartner: PCCL, MUL – KC

Ansprechpartnerinnen



Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Sandra Schlögl
sandra.schloegl@pccl.at
+43 3842 402-2354



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

Projekt: QB3R

Qualitätskontrollierte Hochleistungskomponenten aus 100 % biobasierten Harzen

Quality controlled high-performance components consisting of 100% bio-based resins

Aufgrund der wachsenden Besorgnis über die globale Nachhaltigkeit von Verbundwerkstoffen, steigt die Nachfrage nach biobasierten Verbundwerkstoffen für verschiedene semistrukturale Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, und im Automobil- und Zivildesektor. Biobasierte Verbundwerkstoffe sind aufgrund ihrer hohen spezifischen mechanischen Eigenschaften, Wärmeisolierung, guten Dämpfungseigenschaften, guter Abriebfestigkeit und geringer Dichte eine umweltfreundliche Alternative zu synthetischen Verbundwerkstoffen. Marktgängige „biobasierte“ Verbundwerkstoffe werden aus pflanzlichen Fasern und Harzsystemen, die überwiegend aus petrochemischen und nur teilweise auf biobasierten Materialien bestehen, hergestellt. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft rückt die Entwicklung nachhaltiger biobasierter Verbundstoffe aus vollständig biobasiertem Harz in den Mittelpunkt der Forschung.

Das Projekt QB3R (QS-gefertigte Hochleistungsbauteile auf Basis 100 % biobasierter Rohstoffe mit hohem Reparatur- und Recyclingpotential) zielt darauf ab, Epoxidharzsysteme mit 100 % biobasiertem Anteil zu entwickeln, die toxikologisch unbedenklich und verträglich sind und mit einem breiten Spektrum an Verarbeitungstechniken zu Hochleistungskomponenten gefertigt werden können. Um Qualität und Prozesssicherheit zu gewährleisten, wird sowohl der Einsatz von werkzeugauch bauteilintegrierten Sensoren betrachtet. Außerdem sollen die entwickelten Harze Vitrimereigenschaften aufweisen, die die Möglichkeit einer nachträglichen oder neuen Vernetzung bieten. Basierend auf dieser Vitrimereigenschaften sollen innovative Reparatur- und Recyclingkonzepte etabliert werden. Ein verlängerter Lebenszyklus und ein verringertes Downcycling-Risiko werden angestrebt. Ergänzend sollen die ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile biobasierter Materialien und ihrer Verarbeitung durch Ökobilanzen (LCA) bewertet werden.

Due to growing concerns in the global sustainability of composite materials, bio-based composites are gaining increasing demand for various semi-structural applications in aerospace, automotive and civil sectors. Bio-based composites are an environmentally friendly alternative to synthetic composites due to their high specific mechanical properties, thermal insulation, good damping properties, good abrasion resistance and low density. Market available "bio-based" composites are made from plant-based fibers and resin systems that are mostly petrochemical and only partially bio-based. In the spirit of a circular economy, the development of sustainable bio-based composites made of fully bio-based resin is becoming the focus of research.

The project QB3R (Quality controlled high-performance components consisting of 100 % bio-based resins with high potential in repair and recycling) aims to develop epoxy resin systems with 100 % bio-based content that are toxicologically harmless, compatible and capable to become high-performance components with a wide range of processing techniques. In order to ensure quality and process reliability, the use of both tool and component-integrated sensors is considered. Further, the resin developed are expected to assign vitrimer functionalities that offer the possibility of subsequent or new crosslinking. Based on this vitrimer functionality, innovative repair and recycling concepts are to be established. An extended life cycle and a reduced risk of downcycling are sought. In addition, the ecological and economic advantages of bio-based materials and their processing are to be evaluated by a life cycle assessment (LCA). ■

This research was funded in frame of the program "Project QB3R" (project no. F0999889818) 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).



Above: Processing of natural fiber reinforced composite using 100% bio-based resin by vacuum assisted resin infusion
Below: Processing of recycled sandwich composites using RTM process

Auf einen Blick

Förderung: FFG „Kreislaufwirtschaft 2021“
Projektpartner: MUL - WV, MUL - WPK, Kompetenzzentrum Holz GmbH (WoodKplus), Kästle GmbH, bto-epoxy GmbH, R&D Consulting GmbH

Ansprechpartner



Bharath Ravindran MSc.,
Bharath.ravindran@unileoben.ac.at,
+43 3842 402 2715



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

Ökobilanzierung von Faserverbundwerkstoffen

LCA of fiber-reinforced polymer composites

Faser-Kunststoff-Verbundwerkstoffe (FKV) tragen zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen bei, stellen aber gleichzeitig auch Herausforderungen dar aufgrund ihrer Abhängigkeit von fossilen Ressourcen und begrenzter Kreislaufwirtschaftsfähigkeit. Die Substitution herkömmlicher textiler Verstärkungs- und Matrixmaterialien durch biobasierte Alternativen sowie Recyclingansätze bieten vielversprechende Lösungen zur

aus dem Spritzguss-Compounding werden mehrere funktionelle Einheiten wie Prozessfähigkeitswerte und normierte mechanische Eigenschaften verwendet, um die Herstellungsprozesse sowie die Bauteilqualität ausreichend zu beschreiben. Prozessdaten und insbesondere der Energieverbrauch werden gemessen und sind entscheidend dafür, ob der Umweltnutzen der Substitution von Neuware den Mehraufwand des Recyclings und der Herstellungsprozesse überwiegt. Als Methode der Ökobilanzierung wird ReCiPe 2016 gewählt, das den Vorteil bietet, neben der globalen Erwärmung auch andere Umweltauswirkungen wie Versauerung, Eutrophierung und Toxizität zu bewerten. Für biobasierte Materialien ist dies besonders wichtig, da sie zwar dazu beitragen können, den Beitrag zum Klimawandel zu verringern, aber aufgrund von

fore, special attention needs to be paid when interpreting results.

To evaluate the bio-based thermoset FRP composite produced in liquid composite molding processes and the recycled glass fiber/polypropylene composites from injection-moulding compounding, multiple function units, such as process capability values and normalized mechanical properties, are used to sufficiently describe the manufacturing processes as well as the component quality. Process data and especially energy consumption are measured and crucial in verifying whether the environmental benefits associated with virgin material substitution outweigh the additional effort of recycling and manufacturing processes. As life cycle impact assessment method ReCiPe 2016 is chosen, which offers the advantage to assess other environmental impacts than just global warming, such as acidification, eutrophication and toxicity. For bio-based materials this is especially important because while they can help to reduce climate change contributions, they can have negative effects on water bodies and ecosystem health due to agricultural activities. ■

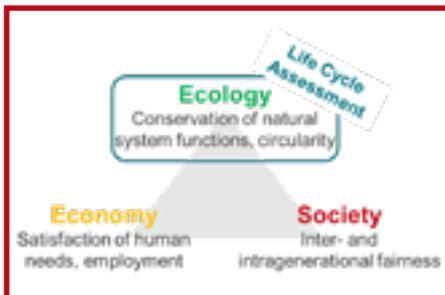


Fig. 1: The three pillars of sustainability and the methodological relevance of Life Cycle Assessment

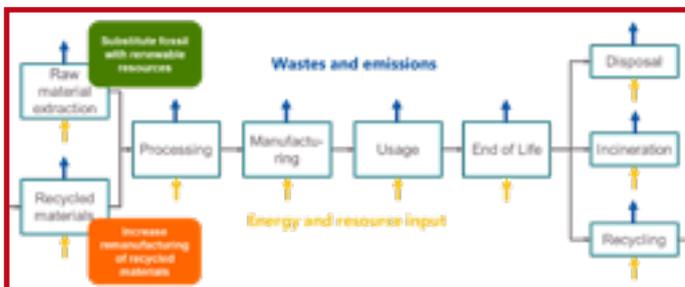


Fig. 2: Life Cycle Assessment system boundaries from cradle-to-grave including the two principal approaches to enhance the environmental performance of FRP composites

Bewältigung dieser Herausforderungen. Der erwartete Umweltnutzen muss jedoch überprüft werden. Die Lebenszyklusanalyse (LCA) ist eine nützliche und geeignete Methode zur Bewertung dieser Umweltwirkungen. Methodische Entscheidungen (funktionelle Einheit, Systemmodelle, Bewertung der Umweltwirkungen usw.) beeinflussen die Ergebnisse, weshalb bei der Interpretation der Ergebnisse besondere Aufmerksamkeit erforderlich ist.

Zur Bewertung der in Liquid Composite Moulding Verfahren hergestellten biobasierten, duromeren NFK-Verbundwerkstoffe und der recycelten Glasfaser-Polypropylen-Verbundwerkstoffe

Fiber reinforced polymer (FRP) composites contribute to reaching sustainability goals while simultaneously imposing challenges due to fossil resource use and limited recyclability. The substitution of conventional textile reinforcement and polymeric matrix materials with bio-based alternatives as well as recycling approaches offer promising solutions to overcome these challenges. Nevertheless, the anticipated environmental benefit requires verification. Life Cycle Assessment (LCA) is a useful and suitable method to assess this environmental performance. Methodological choices (on functional unit, system models, impact assessment method, etc.) influence results, there-

landwirtschaftlichen Aktivitäten negative Auswirkungen auf Gewässer und die Gesundheit von Ökosystemen haben können.

Auf einen Blick

Förderung: FFG „Kreislaufwirtschaft 2021“ LightCycle
Projektpartner: MUL - KV, MUL - VV, MUL - WPK, Johannes Kepler Universität Linz (JKU): Linz Institute of Technology (LIT Factory), Engel Austria GmbH, Leistriz Extrusionstechnik GmbH, Gabriel Chemie GmbH

Ansprechpartnerin



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

Regenerat-Upcycling mittels neuem technologischen Ansatz

Regenerate upcycling using a new technological approach

Endlosfaserverstärkte thermoplastische Leichtbau-Verbunde, die überwiegend im Verkehr und für erneuerbare Energie eingesetzt werden, haben ein niedriges Gewicht und führen zu deutlicher CO₂-Einsparung. Trotz etablierter Fertigungstechnologien und Gewichtseinsparung ist weiterer Fortschritt im Leichtbau zunehmend schwierig, da die Nachhaltigkeit dieser Produkte wegen der ungelösten Recyclingproblematik derzeit nicht gegeben ist. Produktionsabfälle aus Polypropylen (PP)-Organoblech oder PP-UD-Tapes für den Leichtbau werden bisher nur teilweise dem Stoffkreislauf zurückgeführt, da eine Wiederverarbeitung dieser Sekundärcomposites kaum erforscht ist.

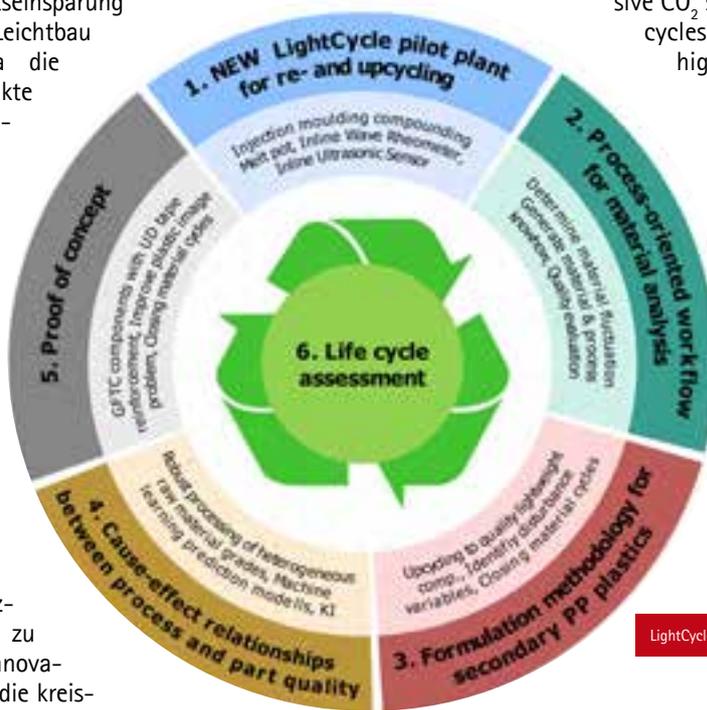
Aus diesem Grund wird im Projekt LightCycle die Weiterentwicklung des Spritzgießcompoundingens (SGC) zu einer gänzlich neuen und innovativen Verfahrenstechnik für die kreislauforientierte und energieeffiziente Güterverwertung von glasfaserverstärkten Thermoplast-Komposit-Abfällen forciert. Im Fokus stehen Polypropylen-Regenerate (rPP) aus Post-Consumer-Quellen, sowie geschredderte PP-UD-Tapes, die im Idealfall Neumaterial vollständig ersetzen. Durch die Senkung des Energiebedarfs infolge des einstufigen LightCycle-Prozesses werden somit vorhandene Ressourcen optimal genutzt, massive CO₂ eingespart, und Stoffkreisläufe durch Upcycling zu hochwertigen technischen Produkten geschlossen.

Das Projektkonsortium aus Industrie und Wissenschaft leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft und positiven Klimawirkung durch die Steigerung der Verfahrenseffizienz des einstufigen Verfahrens, sowie durch die Substitution von Primärressourcen mit recycelten Materialien.

Continuous fiber-reinforced thermoplastic lightweight composites, which are predominantly used in transport and for renewable energy, have a low weight and lead

consumer sources, as well as shredded PP UD tapes, which ideally completely replace virgin material. By reducing the energy demand as a result of the single-stage LightCycle process, existing resources are optimally used, massive CO₂ savings are made and material cycles are closed by upcycling into high-quality technical products.

The project consortium from industry and science is thus making a significant contribution to the circular economy and positive climate impact by increasing the process efficiency of the single-stage process, as well as by substituting primary resources with recycled materials. ■



LightCycle - Goals

to significant CO₂ savings. Despite established manufacturing technologies and weight savings, further progress in lightweight construction is increasingly difficult as the sustainability of these products is currently not given due to the unresolved recycling issue. Production waste from polypropylene (PP) organic sheet or PP UD tapes for lightweight construction has so far only been partially returned to the material cycle, as little research has been done on re-processing these secondary composites.

For this reason, the LightCycle project is pushing the further development of injection molding compounding (IMC) into a completely new and innovative process technology for the cycle-oriented and energy-efficient recycling of glass-fiber-reinforced thermoplastic composite waste. The focus is on polypropylene regrind (rPP) from post-

Auf einen Blick

Projektname: LightCycle
Förderung: FFG Kreislaufwirtschaft 2021
Projektpartner: MUL - KV, MUL - WV, MUL - WPK, Johannes Kepler Universität Linz - JKU Linz Institute of Technology - LIT Factory, ENGEL Austria GmbH, Leistritz Extrusionstechnik GmbH, Gabriel Chemie GmbH

Ansprechpartnerin



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

RESEARCH
OBJECTIVES

SMART
PRODUCTION

ADDITIVE
MANUFACTURING

POLYMERS IN
HYDROGEN
TECHNOLOGIES

Forschungsschwerpunkt KUNSTSTOFFE IN DER WASSERSTOFFTECHNOLOGIE

Research Objective POLYMERS IN HYDROGEN TECHNOLOGY

Wasserstoff wird als eine vielversprechende Alternative zu fossilen Brennstoffen betrachtet, da er bei der Verbrennung nur Wasserdampf als Abfallprodukt erzeugt und somit keine Treibhausgase freisetzt. Allerdings gibt es einige Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt und denen wir uns am Department für Kunststofftechnik in zahlreichen Projekten stellen.

Ein Thema ist die Herstellung von Wasserstoff: dies kann mittels Elektrolyse, oder auch der sogenannten Methanpyrolyse erfolgen. Während bei der Elektrolyse vor allem die Effizienz der Elektrolysezellen ein wichtiges Thema spielt, so stellt sich bei der Methanpyrolyse die Frage, was mit dem anfallenden reinen Kohlenstoff geschehen soll.

Zusätzlich hat Wasserstoff eine hohe Diffusionsrate, was bedeutet, dass er durch viele Materialien, einschließlich Stahl und Kunststoffe, diffundieren kann. Das bedeutet, dass Wasserstoff leicht aus Tanks und Rohrleitungen entweichen kann. In weiteren Projekten beschäftigen sich unsere Forscher*innen daher damit, optimierte Methoden zur Speicherung und zum Transport von Wasserstoff zu erforschen. Zur Speicherung stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Eine Variante ist die Speicherung bei hohen Drücken und tiefen Temperaturen, die jedoch relativ Energieintensiv ist und hohe Ansprüche an die verwendeten Materialien stellt. Alternativ kann Wasserstoff bei geringeren Drücken transportiert werden, wenn die verwendeten Materialien ausreichende Barriere Eigenschaften aufweisen. Alternativ, besteht die Möglichkeit Wasserstoff auch in chemisch gebundener Form zu speichern, sofern die verwendeten

Substanzen eine reversible Hydrierung und Dehydrierung erlauben.

Hydrogen is seen as a promising alternative to fossil fuels because it produces only water vapor as a waste product when burned. Thus no greenhouse gases are released. However, there are some challenges that need to be overcome and which we face in numerous projects at the Department of Polymer Engineering and Science.

One topic is the production of hydrogen: it can be produced using electrolysis, or what is known as methane pyrolysis. While the efficiency of the electrolysis cells is a major issue with electrolysis, methane pyrolysis raises the question of what to do with the resulting pure carbon.

Additionally, hydrogen has a high diffusion rate, which means it can diffuse through many materials, including steel and plastics. This means that hydrogen can easily escape from tanks and pipelines. Our researchers are therefore addressing this issue in further projects, exploring optimized methods for storing and transportation of hydrogen. Various options are available for storage. One option is storage at high pressures and low temperatures, but this is relatively energy-intensive and places high demands on the materials used. Alternatively, hydrogen can be transported at lower pressures if the materials used have sufficient barrier properties, or it can also be stored in chemically bound form, provided that the substances used allow reversible hydrogenation and dehydrogenation. ■

Ansprechpartner



Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Florian Arbeiter

florian.arbeiter@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2122

Neue Materialien für Kraftstofftankanwendungen

New materials for fuel tank applications

Die Automobilindustrie wendet sich dem Wasserstoff als primärem Kraftstoff zu, allerdings stellt die Speicherung des Wasserstoff bislang noch eine Herausforderung dar. Einige teilkristalline Kunststoffe haben vielversprechende Ergebnisse in Bezug auf die Wasserstoffspeicherung gezeigt und bieten das Potenzial, sie in Kraftstofftankanwendungen einzusetzen.

Die Speicherung von Wasserstoff ist aufgrund seiner geringen volumetrischen Dichte eine schwierige Aufgabe. Andererseits kann H₂ in flüssiger Form (bekannt als LOHC) für die Speicherung großer Mengen unter Umgebungsbedingungen in thermoplastischen Tanks verwendet werden. Die längere Lagerung von Wasserstoff in dieser Form in Polymertanks beeinträchtigt jedoch die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Auskleidung. In der Automobilindustrie wurden HDPE und PA bereits in bestehenden Kraftstofftanks verwendet. Die langfristige Einwirkung von Kraftstoffen führt jedoch zur Permeation von Kohlenwasserstoffen und dem daraus resultierenden Verlust mechanischer Eigenschaften, weshalb nach alternativen Materialien für Kraftstofftankanwendungen gesucht wird. In diesem Projekt wurde Polyketon (PK) ausgewählt, ein hochleistungsfähiger thermoplastischer Kunststoff, der umweltfreundlich ist und eine hohe Beständigkeit gegen Chemikalien, Gase und Kraftstoffe aufweist.

Während der letzten zwei Jahre Arbeit haben wir das gesamte Projekt in vier Abschnitte unterteilt: Literaturrecherche, Materialauswahl, Produktion und Testphase. Davon wurden die Literaturrecherche und die Materialauswahl im Jahr 2022 erfolgreich abgeschlossen. Nun geht es weiter zum Produktionsprozess, um eine Massenproduktion

von kleinen H₂-Tanks für mobile Anwendungen herzustellen. Zu diesem Zweck wird ein geeignetes Formgebungsverfahren ausgewählt.

fuel tank applications. However long-term exposure to fuels leads to the permeation of hydrocarbons and resulting loss of mechanical properties, therefore alternative material is searched for fuel tank applications. In this research, Polyketone (PK) was selected because they are high-performance thermoplastic and environmentally friendly. PK has a high resistance to a wide range of chemicals as well as effective barrier to gases & fuels.

During the last two years of work, we divided the complete project into four segments: Literature Review, material selection, production, & testing phase. Literature review and material selection were successfully completed in 2022 & analyzed diffusion, mass uptake, thermal and mechanical behavior. Now we further move to the production process to produce mass production of small H₂ tanks for mobile applications (e-scooters, drones). For this purpose, suitable molding process will be chosen. ■



Abb. 2: Spritzgegossene Hantelstäbe im Alterungsprozess
Fig. 2: Injection molded Dumbbell specimens under aging



Abb. 1: Spritzgegossene HDPE und POK-Proben
Fig. 1: Injection molded HDPE and POK samples

The automotive industry is turning to hydrogen as a primary fuel, but hydrogen storage has been a challenge so far. A few semi-crystalline plastics, have shown promising results with regard to hydrogen storage and have the potential to use plastics in fuel tank applications.

Storing hydrogen is a challenging task due to its low volumetric density. On the other hand, H₂ in the form of liquid (known as LOHC) can be used to store large quantities under ambient conditions in thermoplastic tanks. But storing hydrogen in this form for a longer time in polymer tanks affects the physical and chemical properties of the liner. In the current automotive industry, HDPE, PA were already been used in existing

Auf einen Blick

Projektpartner: MUL - KV, DeHoust GmbH

Ansprechpartner



Jyothsna Surisetty, MSc
jyothsna.surisetty@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3505

Kunststoffrohre für den Transport von Wasserstoff

Polymer pipes for the transport of hydrogen

Eine zentrale Herausforderung zukünftiger und nachhaltiger Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Systeme besteht darin, die geforderten Mengen an Energie am richtigen Ort und zur richtigen Zeit verfügbar zu machen. Die Umwandlung mittels erneuerbarer Energie in Wasserstoff sowie dessen Speicherung und Transport ist eine der zukunftsreichsten Formen zur Sicherung einer nachhaltigen Energiewirtschaft.

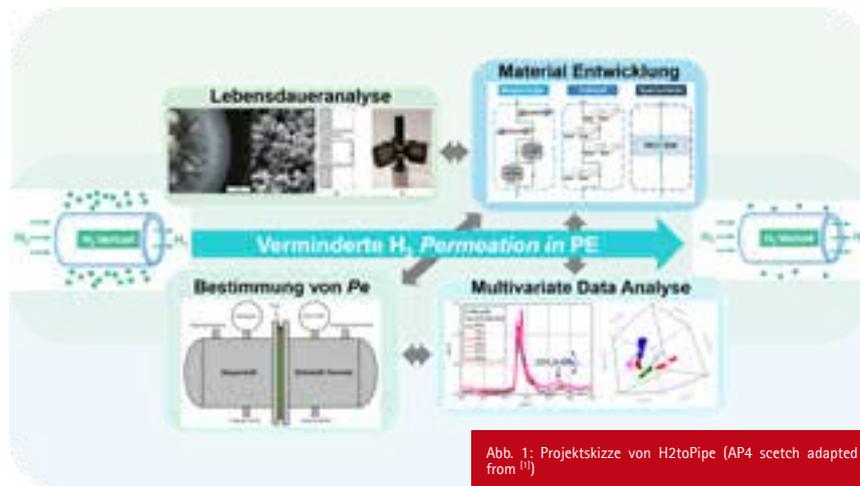
Für eine Verteilung von Wasserstoff können bestehende Polyethylen-Gasnetze verwendet werden. Durch die hohe Flüchtigkeit von Wasserstoff, geht dabei jedoch viel ungenutzte Energie verloren. Zusätzlich ist bis dato nicht bekannt, ob und wie sich der Transport von Wasserstoff auf den Werkstoff Polyethylen hinsichtlich der zu erwartenden Lebensdauer der Rohre auswirkt.

Im Projekt H₂toPipe sollen genau diese zwei Fragestellungen bearbeitet werden. Wie können Polyethylen-Werkstoffe hinsichtlich einer besseren Barrierewirkung gegenüber Wasserstoff optimiert werden? Welche Lebensdauer der Rohrleitungen kann im Vergleich zum Transport von herkömmlichem Erdgas erreicht werden?

Durch die gezielte Modifikation der Materialmorphologie und/oder dem Einsatz von Füllstoffen und Barrierschichten soll in H₂toPipe die Permeations-Eigenschaft von Polyethylen verbessert werden. Zusätzlich werden bruchmechanische Methoden verwendet, um die zu erwartende Lebensdauer von Polyethylen unter dem Einfluss von Wasserstoff zu analysieren. Basierend auf den Ergebnissen der Permeations-Messungen der neu entwickelten Materialien sollen mittels Multi-Variate-Data Analyse

(MVDA) auch Vorhersagemodelle erstellt werden, mit denen es möglich ist die Permeation zukünftiger Materialien basierend auf deren Morphologie vorherzusagen.

through the targeted modification of the material morphology and/or the use of fillers and barrier layers. In addition, fracture mechanical methods will be used to analyze the expected lifetime of polyethylene under the influence of hydrogen. Based on the results of the permeation measurements of the newly developed materials, multi-variate data analysis (MVDA) will also be used to create predictive models that will make it possible to predict the permeation of future materials based on morphological features of the material. ■



A central challenge of future and sustainable energy supply based on renewable systems is to make the required amounts of energy available at the right place and at the right time. Conversion by means of renewable energy into hydrogen, as well as its storage and transport, is one of the most promising forms for securing a sustainable energy economy in the future.

Existing polyethylene gas networks can be used to distribute hydrogen. However, due to the high volatility of hydrogen, a lot of unused energy is lost. In addition, it is not yet known whether and how the transport of hydrogen affects the material polyethylene with regard to the expected service life of the pipes.

The H₂toPipe project aims to address precisely these two questions. How can polyethylene materials be optimized with regard to a better barrier effect against hydrogen? What service life of the pipes can be achieved compared to the transport of conventional natural gas?

The permeation properties of polyethylene are to be improved in H₂toPipe

[1] Nitta, Koh-hei. 2016. „On the Orientation-Induced Crystallization of Polymers“ Polymers 8, no. 6: 229. <https://doi.org/10.3390/polym8060229>

Auf einen Blick

Förderung: FFG 8. Energieforschung
Laufzeit: 10/2022-09/2025;
Projektpartner: MUL - WPK, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Borealis AG, PCCL, Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW), PIPELIFE Austria GmbH & Co KG, agru Kunststofftechnik Gesellschaft m.b.H.

Ansprechpartner



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

Carbon - Polymer Composites

Funktionalisierter Kohlenstoff aus der Methan-Pyrolyse

Functionalized carbon from methane pyrolysis

Gemäß dem Pariser Klimaabkommen (Dezember 2015) müssen die Erderwärmung verlangsamt und die CO₂-Emissionen bis 2050 drastisch um 80–95 % reduziert werden. Ein vernünftiger Ansatz, um diese Herausforderung langfristig anzugehen, besteht in der raschen Umstellung unseres aktuellen Energiesystems, das noch auf fossilen Brennstoffen basiert. Die Methanpyrolyse gilt als potenzielles neues Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff als Energieträger ohne jegliche CO₂-Emission. Das Verfahren basiert auf einer thermischen oder plasmainduzierten Spaltung von Methan in zwei Moleküle Wasserstoff und festen Kohlenstoff gemäß $\text{CH}_4 \rightleftharpoons 2 \text{H}_2 + \text{C}$. Die Nutzung des in diesem Prozess entstehenden Kohlenstoffes stand bisher nicht im Fokus der Forschung.

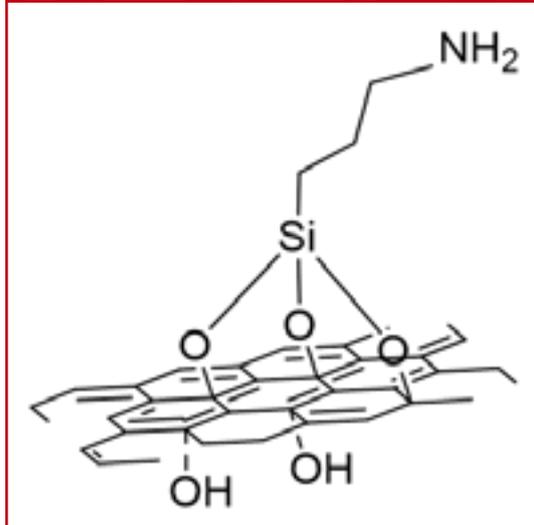
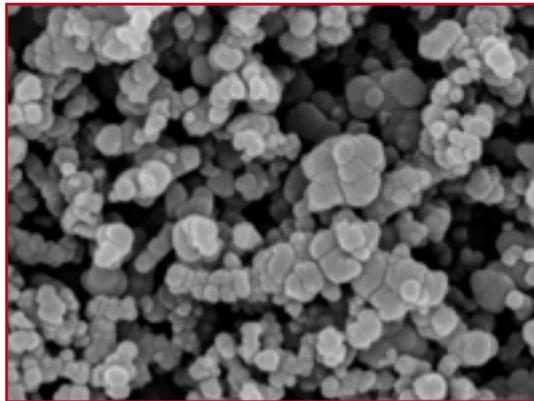
Als mögliches Anwendungsfeld für Pyrolysekohlenstoff werden in diesem Projekt Baustoffe betrachtet. Das Projekt zielt auf die Herstellung von oberflächenfunktionalisierten Kohlenstoffpartikeln ab, die in Kombination mit Epoxid-basierenden Bindemitteln zu hochgefüllten Carbon-Polymer-Kompositen verfestigt werden, um daraus nachhaltige Baustoffe zu erhalten. Die Modifikation der Kohlenstoffoberfläche mit kompatibilisierenden und reaktiven Gruppen, z. B. Glycidyleinheiten, ist eine Herausforderung dieses Projekts. Neue und energieeffiziente Verfahren zur Aushärtung des Bindemittels werden untersucht, wobei auch biobasierte Epoxidmaterialien in Frage kommen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Charakterisierung der Carbon – Polymer Composite hinsichtlich ihrer mechanischen und thermischen Eigenschaften, der verbleibenden Porosität, des Adsorptions-

verhaltens für die Immobilisierung von Schadstoffen und der Anwendbarkeit für Baumaterialien in Form von Pellets und Ziegeln.

Under the Paris Climate Agreement (December 2015), global warming must be slowed down and carbon emissions drastically reduced by 80–95 % by 2050. A reasonable approach to address this challenge from a long-term

or plasma induced cleavage of methane into 2 molecules of hydrogen and solid carbon according to $\text{CH}_4 \rightleftharpoons 2 \text{H}_2 + \text{C}$. Until now, the utilization of carbon from this process has not been in the focus of research.

In this project, building materials are considered as a potential application field for pyrolysis carbon so far. The project aims at the production of surface-functionalized carbon particles, which are solidified in combination with epoxy binders to form highly filled carbon-polymer composites as sustainable building materials. Modifying the surface of carbon with compatibilizing and reactive groups, e.g., glycidyl units, is one challenge of this project. New, very fast and energy-efficient methods for hardening the binder are being investigated, and also bio-based epoxy materials will be studied in this project. Another important aspect is the characterization of the pyrolysis carbon/epoxy composites with regard to their mechanical and thermal properties, the remaining porosity, the adsorption behavior for the immobilization of pollutants, and the applicability for building materials in terms of pellets and bricks on a large scale. ■



Scanning electron micrograph of carbon particles, and structure of a functional organosilane attached to an oxidized carbon surface.

perspective is to immediately start the transition of our current energy system, which is still based on fossil fuels. The methane pyrolysis is seen as a potential new process to produce hydrogen as an energy source, without any CO₂ emission. The process is based on a thermal

Auf einen Blick

Projektname: Funktionalisierter Pyrolyse-Kohlenstoff für den Einsatz in Baumaterialien
Förderung: Montanuniversität Leoben

Ansprechpartner



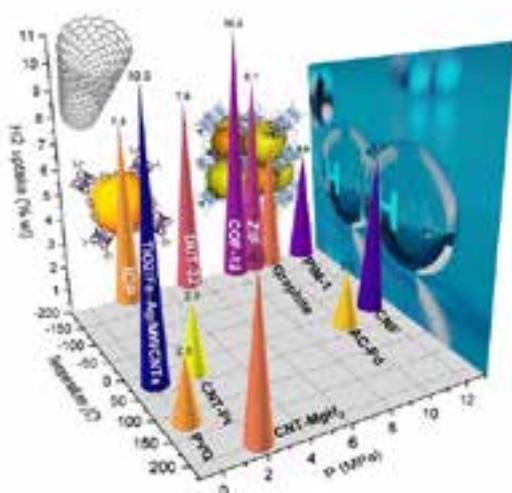
Mag. Ing. Chem. Lucija Pustahija

lucija.pustahija@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2364

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. Eine große Herausforderung ist die Speicherung von Wasserstoff und derzeit gibt es verschiedene Systeme dafür. Hierzu zählen z. B. die Druckgasspeicherung und die Flüssiggasspeicherung.



Eine andere Methode basiert auf chemischer Speicherung. 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 Speichermedium) keine speziellen Geräte zur Speicherung des gespeicherten 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 haben die Fähigkeit

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

In dem bei MUL KC 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 for storing hydrogen, such as compressed gas storage and liquefied gas storage.

Another method is based on chemical storage. 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 ad-

vantage of such systems is that (apart from the chemical storage medium) no special equipment is required for the storage of the stored 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 by MUL KC, 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. ■

Overview of polymer based hydrogen carriers, in: M. Sharifian, W. Kern, G. Riess, A Bird's-Eye View on Polymer-Based Hydrogen Carriers for Mobile Applications, Polymers 2022, 14(21), 4512;



Auf einen Blick

Projektname: Entwicklung neuartiger chemischer Speichersysteme für Wasserstoff auf Basis von Polymeren
Förderung: Montanuniversität Leoben

Ansprechpartner

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern
 wolfgang.kern@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2350

Ass.Prof. Dr.rer.nat. Gisbert Rieß
 gisbert.riess@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2311

Mohammad Sharifian, M.Sc.
 mohammadhossein.sharifian@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 - 2305

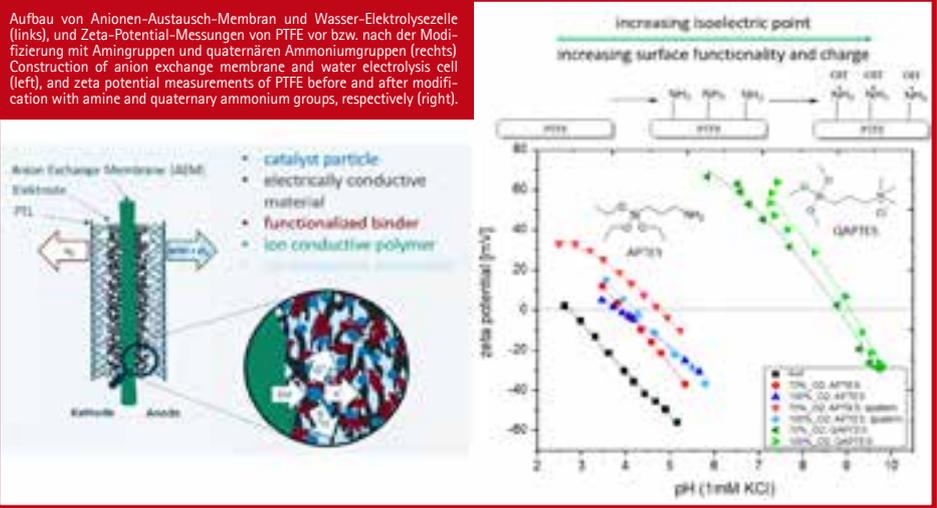
Projekt: AEM Neo

Modifizierung von PTFE mit quaternären Ammoniumgruppen zur Anwendung in der Anionen-Austausch-Membran-Elektrolysezellen
Modification of PTFE with quaternary ammonium groups for the application in anion-exchange-membranes electrolysis cells

Im Zuge des Projektes „AEM Neo“ soll die Effizienz von Anionen-Austausch-Membranen Wasserelektrolysezellen (AEM-WE) durch Modifikation der Elektroden verbessert werden. Diese bestehen aus einem Katalysator, welcher mithilfe eines Ionomers (ionenleitfähiger Binder) aufgebracht wird. Die Stabilität der Ionomere stellt nach wie vor eine Herausforderung für die AEM-WE Technologie dar. Der Ersatz der Ionomere durch PTFE verbessert zwar die chemische und physikalische Stabilität des Binders, bringt jedoch andere Nachteile wie fehlende Ionenleitfähigkeit, Verringerung der aktiven Katalysatoroberfläche und Reduktion der Dreiphasengrenze, an der die Ladungsübertragung stattfindet, mit sich.

Um diesen Nachteilen vorzubeugen, wird im aktuellen Projekt PTFE so modifiziert, dass quaternäre Ammoniumgruppen an der Oberfläche des Bindermaterials eine Ionenleitfähigkeit ermöglichen. Dazu werden aktuell unterschiedliche Ansätze verfolgt, in denen PTFE zunächst mit Amingruppen funktionalisiert wird, die im Anschluss mit Hilfe eines Alkylierungsmittels wie z. B. Methylodid zu quaternären Ammoniumgruppen umgewandelt werden. Die Funktionalisierung mit Amingruppen erfolgt einerseits durch Behandlung der PTFE-Substrate im NH₃-Plasma und andererseits durch Behandlung mit anderen Plasmagasen wie O₂, H₂ und Ar, und anschließender Modifizierung mit Aminosilanen.

XPS, FTIR und Zeta-Potential-Messungen zeigen, dass mit diesen Methoden erfolgreich quaternäre Ammoniumgruppen auf PTFE Folien aufgebracht werden konnten. In weiteren Schritten soll dies nun auf PTFE Pulver umgesetzt werden, welche schließlich als Binder in den Elektroden eingesetzt werden können.



The aim of the project „AEM Neo“ is to increase the efficiency of anion-exchange-membrane water electrolysis cells (AEM-WE) by modification of the electrodes, which consist of a catalyst that is applied by an ion conductive binder called ionomer. The stability of the ionomer is still a challenge in AEM-WE technology. Thus, ionomers may be replaced by PTFE binders, which exhibit higher chemical and physical stability, but entail other disadvantages such as lack of ion conductivity as well as reduced catalyst surface and three-phase boundary, at which the charge transfer takes place.

In order to prevent these limitations, PTFE is surface modified with quaternary ammonium groups, which enable ion conductivity. Following different approaches, PTFE is first functionalized with amine groups, which are converted into quaternary ammonium groups by the use of an alkylating agent e.g. iodomethane in a second step. The amine functionalization of the PTFE substrates is achieved either by treatment with NH₃-plasma or by treatment with other plasma gases such as O₂, H₂ and Ar, and subsequent modification with aminosilanes.

Finally, XPS, FTIR und zeta-potential measurements revealed a successful modification of PTFE foils with quaternary ammonium groups. Further investigations will deal with the trans-

fer of the established functionalization methods for the modification of PTFE particles, which can be directly used as binder in the electrodes of AEM-WE. ■

Auf einen Blick

Förderung: Zukunftsfonds des Landes Steiermark (Next Green Tech)
Projektpartner: MUL - KC, HyCentA Research GmbH (Graz, AT)

Ansprechpartner



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



Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern
 wolfgang.kern@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2350





LEHRE & AUSBILDUNG

ACADEMIC TEACHING & EDUCATION



Große Studienreform für die Kunststofftechnik

Major study reform for Polymer Engineering and Science

Mit Beginn des Studienjahres im Oktober 2022 wurde für angehende Kunststofftechniker*innen das gewohnte Kunststofftechnik-Studium durch das neue Bachelorstudium „Materialwissenschaft und Werkstofftechnologie“ (MaWiTech) ersetzt. Dieser doch sehr tiefgreifenden Änderung war ein jahrelanger Prozess aus Diskussionen und Evaluierungen vorangegangen und konnte nun im Rahmen der MUL-weiten Bachelorreform äußerst erfolgreich umgesetzt werden.

Erfolgreiche Vernetzung

Ziel der Reform war es, das Studium grundlegend zu modernisieren, durch neue Lehrkonzepte attraktiver zu gestalten und vor allem die ersten Semester „studierbarer“ zu machen. Letzteres dürfte nach ersten Informationen über den Studienfortschritt der heurigen Erstsemestrigen auch sehr gut gelungen sein. Durch die Zusammenlegung der beiden Studienrichtungen Kunststofftechnik und Werkstoffwissenschaft, die in dem neuen Bachelorstudium über das Anwählen der entsprechenden Studien-zweige weiterhin vertreten sind, konn-

ten die Lehrinhalte in den gemeinsamen Fächern harmonisiert und ergänzt werden. Damit werden die Inhalte dieser beiden benachbarten Fachgebiete besser vernetzt – was nicht nur in der Lehre, sondern auch in der Forschung neue Impulse bringt.

Wie sieht das neue Studium nun aus?

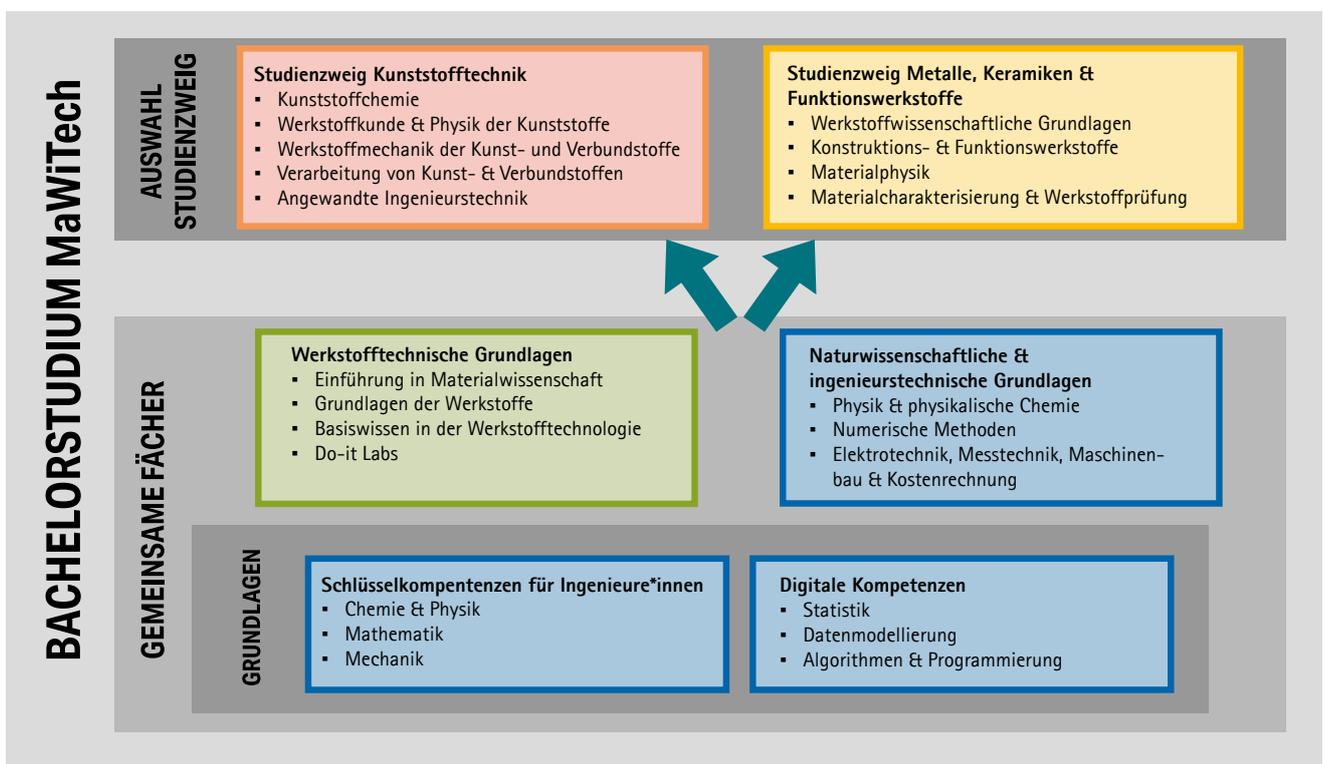
Das erste Studienjahr ist für alle Bachelorstudien an der Montanuni weitgehend gleich und unterscheidet sich nur durch einen kleinen, fachspezifischen Block im zweiten Semester. Wichtigste Änderungen im Vergleich zum früheren Studium ist nun eine Einführungsphase am Beginn, die den Studierenden den Einstieg ins Studierendenleben erleichtert. Inhaltlich wurden einige der Grundlagenfächer etwas reduziert und dafür die Themen Statistik und Digitale Kompetenzen verstärkt.

Die gemeinsamen Fächer enthalten einerseits, wie bisher, weiterführende naturwissenschaftliche und ingenieurtechnische Grundlagen und andererseits die fachspezifischen Grundlagen

zu Werkstoffen und Werkstofftechnologien, welche in geringem Ausmaß bereits im zweiten Semester starten und dann vor allem im dritten und vierten Semester vorgesehen sind. Darin werden neben Metallen und Kunststoffen, nun auch Keramik- und Funktionswerkstoffe sowie natürliche Materialien behandelt. Im Rahmen von drei Do-it Labs kann das erlernte Wissen gleich direkt praktisch erprobt werden.

Vertiefung im Fachbereich

Ab dem dritten Semester starten parallel die ersten Vertiefungsfächer, daher sollte zu diesem Zeitpunkt die Wahl des Studienzweiges erfolgen. Im Studien-zweig Kunststofftechnik sind nach wie vor alle vier Säulen der Kunststofftechnik abgebildet sowie weitere Fächer aus der angewandten Ingenieurstechnik, die nun auch die Themen Klimaschutz & Nachhaltigkeit sowie Digitalisierung & Automatisierung enthalten. Die Lehrveranstaltungen in den vier Säulen wurden dabei großteils komplett neu konzipiert. Einzelne Themen wie z. B. Strömungslehre und Rheologie werden nun nicht mehr aus dem Grundlagenbereich



übernommen, sondern im Rahmen der kunststofftechnischen Fächer unterrichtet. Um für die neuen Themen im Bachelorstudium Platz zu schaffen, wurden einige Inhalte reduziert bzw. sollen diese ins Masterstudium integriert werden. Aufgrund dieser umfassenden Änderungen im Bachelor ist für die kommenden Jahre eine entsprechende Reform des Masterstudiums geplant.



© Montanuniversität Leoben

Neuheit bei MaWiTech: Im Rahmen der Do-it Labs kann das neu erworbene Wissen angewendet und gelernt werden, für neuartige Problemstellungen technisch-werkstoffkundliche Lösungen zu erarbeiten. Dabei können sich die Studierenden über die ganze Breite vom Rohstoff über die Verarbeitung bis zum Produkt austoben.

A new MaWiTech feature: In the Do-it Labs, students can apply their newly acquired knowledge and learn to develop technical and materials science solutions for new types of problems. They can explore the entire spectrum from raw materials and processing to the product.

With the start of the academic year in October 2022, the well-known study program in polymer science and engineering was replaced by the new bachelor program "Materials Science and Technology" (MaWiTech) for future plastics engineers. This rather radical change was preceded by years of discussions and evaluations and has now been implemented very successfully as part of the University-wide reform of bachelor's studies.

Successful networking

The objectives of this reform were to fundamentally modernize the program, to make it more attractive by means of new teaching concepts and, above all, to make the first semesters more student-friendly. Based on first information about the study progress of this year's first semester students, the latter seems to have succeeded very well. By merging these two fields of study,

which are still represented in the new bachelor's degree program by selecting the respective specializations, it was possible to harmonize and supplement the teaching content in the joint subjects. This means that the contents of these two neighboring disciplines will be better interlinked - which is expected to bring new impulses not only in teaching but also in research.

So what does the new study program look like?

The 1st year of study is mostly the same for all bachelor studies at the University and differs only by a small, specific block in the 2nd semester. The most important change in the first year of study compared to the previous studies is now an introductory phase at the beginning of the academic year, which makes it easier for students to get started in student life. In terms of content, some of the basic subjects have been reduced somewhat and the topics of statistics and digital skills have been expanded in their place.

The common subjects as before include, on the one hand, advanced scientific and engineering fundamentals and, on the other hand, the specialized fundamentals of materials and material technol-

ogies, which start to a small extent already in the 2nd semester and are then scheduled primarily in the 3rd and 4th semesters. In addition to metals and plastics, the program now also covers ceramics and functional materials as well as natural materials. In the course of 3 do-it labs, the acquired knowledge can be directly tested in practice.

Majoring in the field of specialization

Starting in the 3rd semester, the first specialization subjects are offered in parallel, so the choice of the major subject should be made at this time. The major in Polymer Science and Engineering still includes all 4 pillars of Polymer Engineering as well as additional subjects in applied engineering technology, which now also include the topics as climate protection and sustainability as well as digitalization and automation. The courses within the 4 pillars for the most part have been completely redesigned. Certain topics, such as fluid mechanics and rheology, are now taught as part of the polymer engineering subjects rather than as part of the fundamental subjects. In order to make room for the newly introduced topics in the Bachelor's program, some contents have been trimmed down or are planned to be integrated in the Master's program. Due to these fundamental changes in the bachelor's program, a corresponding revision of the master's program is planned as well for the coming years. ■



© Montanuniversität Leoben / Herta Hurnaus

Gemeinsames Studienprogramm mit ECUST Shanghai

Joint study program with ECUST Shanghai

Bereits Mitte 2017 startete das gemeinsame Studienprogramm des Departments Kunststofftechnik mit der East China University of Science and Technology (ECUST) in Shanghai. Dieses Programm wird gemeinsam mit MIRO, dem Montanuniversität International Relations Office, durch unsere Mitarbeiterin, Frau Jie Zhou, betreut.

SCHOOL werden auch Unternehmen und Sehenswürdigkeiten in Österreich besichtigt. Durch Corona bedingt konnte die SUMMER SCHOOL in den Jahren 2020 bis 2022 leider nur virtuell abgehalten werden.

Der nächste Schritt ist dann im Herbst eine fachliche und sprachliche Prü-

tanuniversität International Relations Office. The bachelor's study plan jointly defined by the MUL and ECUST provides that the students study the first five semesters at ECUST and then another three semesters in Leoben. During the course of study in Leoben, the teaching content focuses on polymer processing, materials science of polymers as well as designing in plastics and composite materials. The bachelor thesis is written at a institute of our department.

The SUMMER SCHOOL always forms the beginning of the program, it is intended to prepare the Chinese students for their studies in Leoben. Within four weeks in August, the students not only get an insight into the studies in Leoben and the research activities of the department, but also take part in German courses under the direction of Mag. Leonore Peer. Selected companies and sights in Austria are also being visited during the SUMMER SCHOOL. Due to Corona, the SUMMER SCHOOL could unfortunately only be held virtually in the years 2020 to 2022.

The next step is a technical and language test, which decides who of the ECUST students will come to Leoben in the early summer of the following year. In 2021 and 2022, the students of the first two years of the joint bachelor's program came to Leoben, and successfully started their studies at the MUL. We are pleased that this joint program with ECUST has now become a fixed part of the teaching activities at MUL. ■



Ein Meilenstein: Am 17. Mai 2021 sind die Studierenden des ersten Jahrganges des gemeinsamen Studienprogrammes zwischen der MU Leoben und der ECUST Shanghai eingetroffen.
A milestone: On May 17, 2021, the students of the first cohort of the joint study program of the joint study program between MU Leoben and ECUST Shanghai arrived.

Der gemeinsam zwischen der MUL und ECUST definierte Bachelor-Studiengang sieht vor, dass die Studierenden die ersten fünf Semester an der ECUST, und danach weitere drei Semester in Leoben studieren. Während des Studiums in Leoben sollen vor allem Lehrinhalte zu Kunststoffverarbeitung und Werkstoffphysik sowie Konstruieren in Kunst- und Verbundwerkstoffen vermittelt werden. Die Bachelorarbeit wird an einem Lehrstuhl des Departments Kunststofftechnik verfasst.

Stets bildet die SUMMER SCHOOL den Beginn des Programms, es soll die chinesischen Studierenden auf ihre Studienzeit in Leoben vorbereiten. Innerhalb von vier Wochen im August erhalten die Studierenden nicht nur einen Einblick in das Studium in Leoben und in die Forschungsaktivitäten des Departments, sondern nehmen auch an Deutsch-Kursen unter der Leitung von Mag. Leonore Peer teil. Während der SUMMER

fung, die darüber entscheidet, welche der ECUST-Studierenden im folgenden Frühsommer nach Leoben kommen. In den Jahren 2021 und 2022 sind die Studierenden der ersten beiden Jahrgänge des gemeinsamen Bachelor-Programmes nach Leoben gekommen, und haben ihr Studium an der MUL erfolgreich aufgenommen. Wir freuen uns, dass dieses gemeinsame Programm mit der ECUST nun ein fixer Bestandteil der Ausbildungstätigkeit an der MUL geworden ist.

The joint study program of the Department of Polymer Engineering and Science with the East China University of Science and Technology (ECUST) in Shanghai started in mid-2017. This program is managed by our colleague, Ms. Jie Zhou, together with MIRO, the Mon-

Ansprechpartner



Jie Zhou

China Counselor, International Relations Office and Department Kunststofftechnik
jie.zhou@unileoben.ac.at

Moderne Kunststofftechnik-Ausbildung

Modern Polymer Engineering Education

Das Erasmus+ Projekt PolyFlip wurde bereits vor der Covid-Pandemie initiiert, gewann aber durch diese noch an Bedeutung. Es zielt darauf ab, aufbauend auf guten Praxisbeispielen in anderen Disziplinen und Bildungsebenen innovative Pädagogik anzupassen und zu entwickeln, wobei der Schwerpunkt auf dem „Flipped Classroom“-Ansatz und „Blended Learning“ liegt, um aktives, studierendenzentriertes und kooperatives Lernen in (Kunststoff-)Technik-

gen (LV) und die Entwicklung der benötigten Lernpfade und e-Inhalte an die Hand zu geben. Die Lehrenden aus drei Hochschuleinrichtungen erhielten eine eingehende Schulung zum Flipped-Classroom-Ansatz und zur Entwicklung hochwertiger Inhalte/Materialien. Anschließend wurden sie bei der Entwicklung eines Konzepts von Lernpfaden und e-Materialien für ausgewählte LV unterstützt und setzten diese im Rahmen eines Pilotprojekts um, das als Beispiel für bewährte Verfahren dient und auf der Online-Plattform www.polyflip.eu veröffentlicht wird.

learning paths with learning management systems (Moodle), thus raising the information & communication technology competences of educators and learners as well.

By developing the methodology, materials and trainings for the educators the project aims to motivate them and improve the quality of their work and provide them with the tools and approaches for successfully planning their courses and developing the learning paths and e-content needed. The educators from three higher education institutions received an in-depth training on the flipped classroom approach and on developing quality content/materials. They were then supported in developing a concept, learning paths and e-materials for selected courses and pilotly implemented them, which will serve as good practice examples and be published on the on-line platform www.polyflip.eu ■



studien zu ermöglichen und zu fördern. Die angewandte Flipped-Classroom-Methode wird auch mehr Kontaktstunden für forschungsbasiertes Lernen und kollaborative Praktiken ermöglichen. Besonderes Augenmerk wurde auf die Entwicklung hochwertiger elektronischer Inhalte unter Verwendung neuer Technologien und die Entwicklung von Lernpfaden mit Hilfe von Lernmanagementsystemen (Moodle) gelegt, wodurch die Informations- und Kommunikationstechnologiekompetenzen von Lehrenden und Lernenden verbessert werden.

Durch die Entwicklung der Methodik, der Materialien und der Schulungen für die Lehrkräfte zielt das Projekt darauf ab, sie zu motivieren, die Qualität ihrer Arbeit zu verbessern und ihnen die Werkzeuge und Ansätze für die erfolgreiche Planung ihrer Lehrveranstaltungen

The Erasmus+ project PolyFlip was initiated before the Covid pandemic, but gained even more importance by it. It aims to build on good practice examples in other disciplines and levels of education and adapt and develop innovative pedagogies, with the emphasis on flipped classroom approach and blended learning, to enable and encourage active, student centered and collaborative learning in (polymer) engineering programs. The adopted flipped classroom method will also enable more contact hours for inquiry based learning and collaborative practices. Special emphasis was put on developing quality e-content with the use of new technologies and developing

Auf einen Blick

Projektname: PolyFlip
Förderung: Erasmus+ Strategic Partnerships for Higher Education (Laufzeit: 09/2020 – 08/2023)
Projektpartner: MUL: Lehrstühle für Kunststoffverarbeitung, Spritzgießen von Kunststoffen, Mechanik, Allgemeine und Analytische Chemie, Faculty of Polymer Technology, Technical University of Budapest, Ljudska univerza Velenje, Artevelde University of Applied Sciences

Ansprechpartner



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

Die Studienvertretung Kunststofftechnik (STV KT)

The Student representatives „Polymer Engineering and Science“

Jedes Jahr kommen am Beginn des Oktobers viele junge Menschen nach Leoben, um hier ihr gewähltes Studium zu beginnen. Beginnend mit einer eigenen Wohnung, neuen Bekanntschaften und einem spannenden neuen Lebensabschnitt, startet man direkt mit der neuen Ausbildung. Zu Beginn jedes neuen Studienjahrs begrüßt die Studienvertretung die Studienanfänger*innen ihrer jeweiligen Studienrichtung, vermittelt wichtige Informationen für den Studienalltag und steht somit von Tag Eins den Studierenden mit Rat und Tat zur Seite.

Die Studienvertretung ist ein Bindeglied zwischen Studierenden und Lehrenden und unterstützt sie bei allen anfallenden Problemen und Fragen im Studium. Sie vertritt die Studierenden gegenüber den Professoren*innen und dem universitären Mittelbau in diversen Anliegen. Sie ist auch Teil der Curriculumskommission und achtet so auf die Studierbarkeit des Studiums Kunststofftechnik. Außerdem unterstützt die STV die Studierenden mit Zuschüssen und Beihilfen.

Ein weiteres Ziel der STV ist es, die Studierenden untereinander und mit Lehrenden zusammenzubringen und das Leobener Netzwerk zu pflegen. Daher veranstaltet die STV gemeinsam mit dem Verband Leobener Kunststofftechniker (VLK) regelmäßige Events. Dazu gehören die alljährliche



© Hannes Prousch

Die Studienvertretung Kunststofftechnik Studienjahr 2021-2023 v. l. n. r. / The Student representatives „Polymer Engineering and Science“ academic year 2021-2023: f. l. t. r.: Konstantin Hanzl (2. stellv. Vorsitzender / 2nd vice chairman), Leonie Wenk (1. stellv. Vorsitzende / 1st vice chairman), Carina Maurer (Vorsitzende / chairman)

Weihnachtsfeier, auch KomeTogether genannt, sowie das Sommerfest - das Spanferkelgrillen. Weiters werden aber auch kleinere Events, wie z. B. gemeinsame Frühstücke, Bierpongturniere oder Eisessen organisiert, um dem Studienalltag für kurze Zeit zu entfliehen.

Every year at the beginning of October, many young people come to Leoben to start their chosen studies here. Starting with their own apartment, new acquaintances, and an exciting new phase in their lives, they begin their new education. At the beginning of each new academic year, the student representatives welcome the first-year students in their respective fields of study, provide them with important information for their everyday studies, and thus support the students with advice and assistance from day one.

The Student Council is a link between students and teachers and supports them in all problems and questions arising during their studies. It represents the students vis-à-vis the professors and the university staff in various matters. It is also part of the curriculum commission and thus ensures that the study of Polymer Engineering is feasible. In addition, the STV supports the students with grants and subsidies.

Another goal of the STV is to bring the students together with each other and with the teachers and to maintain the Leoben network. Therefore, the STV organizes together with the Verband Leobener Kunststofftechniker (VLK) regularly different events. These include the annual Christmas party, also called KomeTogether, and the summer party - the suckling pig barbecue. Furthermore, smaller events, such as breakfasts, beer pong tournaments or eating ice cream together, are organized to escape the daily routine of studies for a short time. ■



Gemeinsames Frühstück im Hotel Kongress - eines der vielen Events, das die STV ausrichtet.
Breakfast together at the Hotel Kongress - one of the many events that STV organizes.

Kontakt / contact:
stv-kt@oeh.unileoben.ac.at
 **Studienvertretung
Kunststofftechnik**

Verband Leobener Kunststofftechniker - VLK

Neuer Vorstand mit Fokus auf Studierende und Netzworkebildung

New board with focus on students and networking

In der Präsidentschaft von Prof. Holzer von 2018 - 2022 und der sehr aktiven Geschäftsführung von David Zidar 2019 bis 2022 wurde der Verband Leobener Kunststofftechniker VLK konsolidiert und die Arbeit für die Verbandsmitglieder intensiviert. Dies geschah durch Neuaufstellung des VLK-Students Teams, verstärkter Organisation von Veranstaltungen, Schaffung der KT-Leoben News als neuem etablierten Medium sowie Ordnung der Mitglieder-Datenbank.



Walter Friesenbichler
Präsident



David Zidar
Geschäftsführer



Maria Unterreiter
Vorsitzende VLK Students

In der Jahreshauptversammlung im Dezember 2022 wurde Prof. i.R. Walter Friesenbichler nach seinem Übertritt in den Ruhestand an der Montanuniversität als neuer VLK-Präsident gewählt. Ansonsten blieben das Vorstandsteam und die Geschäftsführung unverändert. Die Arbeiten der VLK-Students führt nun Maria Unterreiter mit Ihrem 12-Personen Team sehr aktiv weiter. Prof. Friesenbichler bringt seine Zeit und Erfahrung ein, um den VLK als Absolventenverband der Studienrichtung Kunststofftechnik wieder zu einem zentralen Element der Gemeinschaft der Leobener Kunststofftechniker zu machen.

Als wichtiger Knoten des beruflichen Netzwerkes hat der VLK seine Aufgaben in der aktiven Förderung der Studierenden der Kunststofftechnik, sowohl finanziell als auch durch Weitergabe der vielseitigen Erfahrungen der älteren Mitglieder an die junge Generation sowie durch Intensivierung des fachlichen Netzwerkes. Dies soll in den nächsten Jahren einerseits durch Wiederaktivierung bzw. Neugründung regionaler Absolvententreffen und andererseits durch Schaffung eines gut geschütz-

ten internen Bereiches auf der VLK-Homepage erreicht werden, der allen Mitgliedern berufliche Recherche und persönliche Kontaktaufnahme deutlich erleichtern soll. Im neu gestalteten Bachelorstudium wird der VLK jedes Jahr die fünf besten kunststofftechnischen Bachelorarbeiten prämiieren.

During the presidency of Prof. Holzer 2018 - 2022 and the active management of David Zidar 2019 to 2022, the Association of Leoben Plastics Engineers VLK was consolidated and the work for the association members was intensified. This was done by reorganizing the VLK-Students Team, increasing the organization of events, creating the KT-Leoben News as a new established medium, and tidying up the membership database.

In the annual general meeting in December 2022, Prof. i.R. Walter Friesenbichler was elected as the new VLK president after his retirement from the Montanuniversität Leoben. Otherwise, the board team and the management remained

unchanged. The work of the VLK-Students is now very actively continued by Maria Unterreiter with her 12-person team. Prof. Friesenbichler contributes his time and experience to make the VLK as a graduate association of the plastics engineering field of study again a central element of the community of polymer engineers in Leoben.

As an important node of the professional network, the VLK has its tasks in the active promotion of the students of polymer engineering, both financially and by passing on the versatile experience of the older members to the younger generation as well as by intensifying the professional network. This is to be achieved in the next years on the one hand by reactivating or newly founding regional graduate meetings and on the other hand by creating a well-protected internal area on the VLK homepage, which should make professional research and personal contact much easier for all members. In the newly designed bachelor program, the VLK will award prizes to the 5 best polymer engineering bachelor theses each year. ■

Links/left: VLK Schitag am Präbichl / VLK ski day at Präbichl
Recht / right: Erster VLK Stammtisch in Kärnten / First VLK regulars' table in Carinthia



Hauptexkursion 2020/21 - quer durch Österreich

Main excursion 2020/21 - across Austria

Die Hauptexkursion 2020/2021, organisiert durch die KV, konnte trotz der herrschenden dramatischen Corona Situation veranstaltet werden. Von 4.-8. Oktober 2020 wurden neun Unternehmen mit 20 Studierenden und zwei Begleitpersonen – Prof. Clemens Holzer und Dipl.Ing. Lukas Hentschel – besucht.

Der erste Stopp der Reise führte die Exkursionsteilnehmer*innen nach St. Veit an der Glan zu FunderMax, einem Holzwerkstoffhersteller. Ja, selbst für Holzwerkstoffe sind Kunststoffe notwendig, z. B.: als Kleber für Pressspanplatten. Im Anschluss ging es direkt weiter zum

nebenanliegenden Kompetenzzentrum Holz, Wood K plus. Dieses betreibt, aufgrund der Lage, die gesamte Forschung und Entwicklung von FunderMax. Der zweite Halt führte zu HIRSCH Servo, welche sich mit der Verarbeitung von EPS, also expandiertem Polystyrol, beschäftigt.

Am zweiten Tag der Reise führte uns die Route nach Völkermarkt zu PreZero, ehemals Sky Plastic, einem Post Consumer Recycler, mit dem Ziel, Kunststoffabfällen ein neues Leben zu geben. Die Führung wurde von zwei Absolventen der Kunststofftechnik Leoben – Andreas Witschnigg und Franz Rittmannsberger – durchgeführt und zeigte den Teilnehmer*innen die Herausforderungen bei der Verarbeitung von Abfällen auf. Die Fa. WILD wurde im Anschluss besucht. Sie ist ein Vorreiter im Bereich der Optomechatronik; eine Kombination aus Optik, Mechanik und Elektronik und in der Medizintechnik.

Ein früher Start am dritten Tag führte die Gruppe weiter nach Lienz zu Liebherr-Hausgeräte, wo die Gruppe von zwei Absolventen – Nikolaus Heindl und Andreas Buchner – empfangen wurden. Nach einer informativen Firmenpräsentation fand eine Werksführung statt.

Auf dem Weg war ein weiterer Stopp in Uttendorf bei der Firma Seletec Plastic Product eingeplant.

Eines der Highlights für manche war der Besuch bei KTM an Tag vier: Am Vormittag stand die Besichtigung des Tochterunternehmens KTM E-Technolo-

Kompetenzzentrum Holz, Wood K plus. Due to its location, this center is responsible for the entire research and development of FunderMax. The second stop led to HIRSCH Servo, which deals with the processing of EPS, i.e. expanded polystyrene.



Die AutorInnen des Berichts – Maximilian Ekam, Marcel Ruetz, Michaela Hornbachner, Markus Hollitsch, Maïke Sägerer, Tamara Cwioro, Viktoria Feigl, Alexander Hellmayr, Tabea Zirnig, Linda Schatz, Lukas Hentschel, Martina Stryzek, Michael Pauer, Magdalena Habicher, Thomas Steinert, David Handl, Thomas Söllner, Martin Huemer, Jakob Itzlinger, Markus Ast- mit Franz Rittmannsberger, Andreas Witschnigg und Clemens Holzer bei der Fa. PreZero.

gies in Anif auf dem Programm. Danach ging es nach Mattighofen zur Führung im Hauptwerk.

Am letzten Tag fand ein Besuch in Anif bei STRATEC Consumables statt – ein weltweit führender Hersteller von intelligenten, polymer-basierten Verbrauchsmaterialien für medizinische und diagnostische Anwendungen.

Den besuchten Firmen sei für den immer sehr freundlichen Empfang, den Sponsoren für die großzügige Unterstützung, die diese Exkursion möglich gemacht hat, herzlich gedankt.

The main excursion 2020/2021, organized by KV, could be held despite the prevailing dramatic Corona situation. From October 4-8, 2020, nine companies were visited with 20 students and two accompanying persons – Prof. Clemens Holzer and Dipl.-Ing. Lukas Hentschel.

The first stop of the trip took the excursion participants to St. Veit an der Glan to FunderMax, a wood-based materials manufacturer. Yes, polymers are necessary even for wood-based materials, for example as adhesive for pressboards. Afterwards, we went directly to the

On the second day of the trip, the route took us to Völkermarkt to PreZero, formerly Sky Plastic, a post consumer recycler with the goal of giving plastic waste a new life. The guided tour was conducted by two graduates of Kunststofftechnik Leoben – Andreas Witschnigg and Franz Rittmannsberger – and showed the participants the challenges

of processing waste. The company WILD was visited afterwards, it is a pioneer in the field of optomechanics; a combination of optics, mechanics and electronics and in medical technology.

An early start on the third day took the group on to Liebherr-Hausgeräte in Lienz, where the group was welcomed by two graduates – Nikolaus Heindl and Andreas Buchner. After an informative company presentation, a plant tour took place. On the way, another stop was scheduled in Uttendorf at the company Seletec Plastic Product.

One of the highlights for some was the visit to KTM on day four: In the morning, a tour of the subsidiary KTM E-Technologies in Anif was on the agenda. Then it was off to Mattighofen for a tour of the main plant.

The last day included a stop in Anif at STRATEC Consumables, which is a leading global manufacturer of intelligent, polymer-based consumables for medical and diagnostic applications. ■

Sincere thanks are due to the companies visited for the always very friendly welcome, and to the sponsors for the generous support that made this excursion possible.

Hauptexkursion 2022/23 - Ausflug ins Ländle

Main excursion 2022/23 - A trip to Austria's "Ländle"

Nach dem Ende der Coronabeschränkungen war das Interesse an der Fachexkursion im Herbst 2022 offensichtlich besonders groß – sowohl auf Seiten der Studierenden als auch bei den Unternehmen. Trotz der beachtlichen Gruppengröße von 28 Teilnehmer*innen, die für die Unternehmen natürlich einiges an Aufwand bedeutete, wurden uns allen den besuchten Firmen sehr interessante Führungen geboten. Organisiert wurde die Exkursion in diesem Jahr von der KKV.

Die Route führte zunächst über Anif/Salzburg, wo die Firma Stratec mit ihren Medizinprodukten in Nano-Spritzgusstechnik direkten Bezug zu den Erfahrungen der Coronajahre herstellen konnte, zu den eher klassischen Kunststoffverarbeitern in Vorarlberg. Das kleine Bundesland im Westen ist in der Kunststofftechnik besonders stark vertreten – es wurden dort folgende Firmen besucht

- Alpla
- Julius Blum
- Hirschmann Automotive
- Getzner Werkstoffe

Nach diesem vollgepackten Programm ging es am Donnerstag noch in die BMW-Werke Landshut und Dingolfingen, wo neben kunststofftechnischen Aspekten auch ganz klassische Metallproduktion (Guss-Bauteile und Karosseriefertigung) und vor allem die hochautomatisierte Lackiererei und Endmontage bewundert werden konnte. Der Anblick des BMW M4 CSL am Ende der Tour durch die Composite Fertigung ließ die Herzen einiger Studenten höherschlagen und die Themen Nachhaltigkeit & Energiesparen traten kurz einmal in den Hintergrund. Am Heimreisetag stand dann noch ein kurzer Besuch in der KTM-Motohall am Programm.

Bei allen besuchten Firmen wurden wir bestens betreut – nicht zuletzt durch die Leobener Absolventen, von denen wir bei allen Firmen begrüßt wurden. Der Erfolg unserer Absolventen bei den verschiedenen Industrieunternehmen zeigt sehr gut die vielen möglichen

Karrierewege auf, die man als Kunststofftechnik-Absolvent*in einschlagen kann.

After the end of the Corona restrictions, the interest in the main excursion in fall 2022 was obviously particularly high – both on the part of the students and the companies. Despite the considerable group size of 28 participants, which of course meant quite a bit of hassle for the companies, we were offered very interesting tours by all the companies visited. The excursion was organized this year by the KKV.

The tour first led via Anif/Salzburg, where the company Stratec with its medical products manufactured using nano injection molding technology was able to provide a direct link to the experience of the Corona years, to the more traditional plastics processing companies in Vorarlberg. The small state in the west is particularly prominent in plastics technology and the following companies were visited there:

- Alpla
- Julius Blum
- Hirschmann Automotive
- Getzner Werkstoffe

After this densely packed program, the tour continued on Thursday to the BMW facilities in Landshut and Dingolfingen, where students were able to admire not only aspects of plas-

tics technology but also traditional metal production (casting components and chassis production) and, above all, the highly automated paint shop and final assembly. The sight of the BMW M4 CSL at the end of the tour through the composite production made the hearts of some students beat faster and the topics of sustainability and energy saving briefly took a back seat. Finally, on the way home, a short visit to the KTM Motohall was on the agenda. ■



Bei BMW gab es ein Treffen mit einem ehemaligen KT-Absolventen: Stefan Zangerle, heute Vice President bei BMW (vordere Reihe Mitte) / At BMW, there was a meeting with a former KT graduate: Stefan Zangerle, now Vice President at BMW (front row, center).



Abschlussfoto nach der Besichtigung bei Hirschmann Automotive, auch ein ehem. KT-Student mit am Bild: Markus Battisti. / Final photo after the tour at Hirschmann Automotive, also a former KT student in the picture: Markus Battisti.



Vor der Führung durch die Werke, gab es bei Blum einen spannenden Vortrag. Organisiert von Sebastian Stieger, wieder ein KT-Absolvent. / Before the tour of the plants, there was an exciting lecture at Blum. Organized by Sebastian Stieger, another KT graduate.

Habilitation von / Habilitation of Priv.-Doz. Dr. Joamin Gonzalez-Gutierrez

Joamin Gonzalez-Gutierrez erwarb 2002 seinen Bachelor-Abschluss in Biosystemtechnik und 2009 seinen Master-Abschluss in Lebensmittelwissenschaft an der University of Manitoba (Kanada). Im Rahmen eines gemeinsamen Programms der Universität Huelva (Spanien), der Universität Minho (Portugal) und der Katholischen Universität Leuven (Belgien) erwarb er 2010 einen zweiten Master-Abschluss in technischer Rheologie. Seine Promotion schloss er 2014 an der Universität von Ljubljana (Slowenien) ab. Anschließend war er von 2015 bis 2021 als Postdoc an der Montanuniversität Leoben tätig. Derzeit ist er Mitarbeiter im Bereich Forschung und Technologie am Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST).

Im Laufe seiner Karriere war er an zahlreichen Projekten beteiligt, bei denen Polymermaterialien partikelförmige Füllstoffe zugesetzt wurden, um ihre Funktionalität für verschiedene Anwendungen anzupassen. Darüber hinaus stand die Auswirkung der verwendeten

Seine Habilitation mit dem Titel "Advanced Processing of Thermoplastic-based Particulate Composites" beschreibt, wie die Eigenschaften von partikelförmigen Verbundwerkstoffen durch ihre Formulierung und Verarbeitung so angepasst werden können, dass ihre physikalischen Eigenschaften den gewünschten Anforderungen entsprechen. Dieses Verständnis hilft bei der Auswahl von Verarbeitungsanlagen und Einstellparametern, was die Entwicklung neuer Materialien mit neuartigen Funktionen erheblich beschleunigen kann. Dieses neue Verständnis war für die Entwicklung von Materialien für Extrusion, Spritzguss und 3D-Druck von großem Vorteil.

Joamin Gonzalez-Gutierrez obtained his bachelor's degree in Biosystems Engineering and his master's degree

at the University of Louvain (Belgium) in 2010. He finished his PhD in 2014 at the University of Ljubljana (Slovenia). Afterwards, he was a postdoctoral researcher at the Montanuniversität Leoben between 2015 and 2021. Currently, he is a research and technology associate at the Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST).

Throughout his career, he participated in many projects where particulate fillers were added to polymeric materials to tailor their functionality for multiple applications. In addition, the effect of the processing technologies and conditions used on the functionality of these polymer composites was always at the core of his research. Hence, in

- November 2021, he received his *venia docendi* for the subject Polymer Processing from the Montanuniversität.

His habilitation entitled "Advanced Processing of Thermoplastic-based Particulate Composites" describes how the properties of particulate composites can be tailored by their formulation and processing to alter their physical properties to fit the selected requirements. This understanding helps during the processing equipment selection

and setting parameters, which can significantly speed up the development of new materials with novel functionality. This new understanding to developing materials for extrusion, injection moulding and 3D printing was very advantageous. ■



© Montanuniversität Leoben

In seiner Habilitationsschrift beschäftigte sich Gonzalez-Gutierrez damit, die Eigenschaften von partikelförmigen Verbundwerkstoffen durch Formulierung und Verarbeitung den nötigen Gegebenheiten anzupassen. In his postdoctoral thesis, Gonzalez-Gutierrez dealt with adapting the properties of particulate composites to the necessary conditions through formulation and processing.

© Joamin Gonzalez-Gutierrez

Verarbeitungstechnologien und -bedingungen auf die Funktionalität dieser Polymerverbundwerkstoffe immer im Mittelpunkt seiner Forschung. Daher erhielt er im November 2021 seine *venia docendi* für das Fach Polymerverarbeitung von der Montanuniversität.

in Food Science at the University of Manitoba (Canada) in 2002 and 2009, respectively. He obtained a second master's degree in Engineering Rheology as part of a joint program at the University of Huelva (Spain), the University of Minho (Portugal), and the Catholic Uni-

Habilitation von / Habilitation of Priv.-Doz. Dr. mont. Florian Arbeiter

Florian Arbeiter studierte ab 2006 Kunststofftechnik an der Montanuniversität Leoben. 2011 schloss er das Masterstudium mit Auszeichnung ab. Das Doktoratsstudium an der Montanuniversität Leoben schloss er 2015 ebenfalls mit Auszeichnung ab. Er erhielt sowohl für seine Master- als auch Doktorarbeit, in denen es um die Langzeiteigenschaften und Lebensdaueranalyse von polyolefinen Werkstoffenging, jeweils den Studienpreis der österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach.

In den darauffolgenden Jahren beschäftigte sich Florian Arbeiter ausgiebig mit den mechanischen und bruchmechanischen Eigenschaften geschichteter polymerer Systeme. Dabei untersuchte er sowohl konventionell- als auch mittels additiver Fertigung hergestellte Schichtsysteme. Neben der Erforschung des Einflusses ungewollter, prozessbedingter Material-Inhomogenitäten untersuchte er vor allem auch die Möglichkeiten des Einsatzes gewollter Inhomogenitäten und Schichtstrukturen zur gezielten Steigerung der Zähigkeit gemäß biomimetischen Ansätzen. Auf diesem Gebiet arbeitete er auch mit Wissenschaftlern des Erich-Schmid-Instituts für Materialwissenschaften der österreichischen Akademie der Wissenschaften zusammen.

Aufbauend auf diesen Arbeiten verfasste er seine Habilitationsschrift „Mechanical properties of layered polymers“. Zum Zeitpunkt der Einreichung der Schrift konnte Florian Arbeiter bereits ein Portfolio von 37 referierten Fachjournal Artikeln, 26 referierten Konferenzbeiträgen, 28 Präsentationen auf Konferenzen und 5 eingeladenen Vorträgen vorweisen. Nach Absolvierung aller Vorgaben erfolgte im Jahr 2021 seine Habilitation und die Verleihung der Lehrbefugnis für das Fach „Physik der Kunststoffe“.

Florian Arbeiter studied Polymer Engineering and Science at the Montanuniversitaet Leoben from 2006. In 2011, he completed the master's program with distinction. Subsequently, he also completed his doctoral studies at the Montanuniversitaet Leoben with distinction in 2015. He received the study award of the Austrian Association for the Gas and Water Industry for both his master's and doctoral theses, which focused on the long-term properties and service life analysis of polyolefin materials.

In the years that followed, Florian Arbeiter worked extensively on the mechanical and fracture mechanical properties of layered polymeric systems. In doing so, he investigated layered systems produced both conventionally and by means of additive

manufacturing. In addition to researching the influence of unwanted, process-related material inhomogeneities, he primarily investigated the possibilities of using intentional inhomogeneities and layered structures to specifically increase toughness according to biomimetic principles. In this field, he also collaborated with scientists from the Erich-Schmid-Institute for Material Sciences of the Austrian Academy of Sciences.

Building on this work, he wrote his habilitation thesis, „Mechanical properties of layered polymers“. At the time of submission, Florian Arbeiter already had a portfolio of 37 peer-reviewed journal articles, 26 peer-reviewed conference papers, 28 conference presentations and 5 invited talks. After completion of all requirements, he was awarded the habilitation („venia docendi“) for the subject „Polymer Physics“ in 2021. ■



Bereits in seiner Masterarbeit beschäftigte sich Florian Arbeiter mit den Langzeiteigenschaften von polyolefinen Werkstoffen. In den vergangenen Jahren versuchte er durch den Einsatz neuer Strukturen deren Materialeigenschaften zu steigern.

Florian Arbeiter already dealt with the long-term properties of polyolefin materials in his master's thesis. In recent years, he has tried to increase their material properties by using new structures.

© Montanuniversität Leoben



Abschlussarbeiten

Theses

Habilitationen 2021 | Habilitations 2021

Joamin GONZALEZ-GUTIERREZ
Advanced processing of thermoplastic-based particulate composites

Florian ARBEITER
Mechanical properties of layered polymers

Dissertationen 2021 | Dissertations 2021

Julia BETER
Reinforcement of elastomers to obtain anisotropic material properties

Anastasiia KHUDIAKOVA
Investigation of mechanical anisotropy and interlayer bonding in thermoplastic composites produced by additive manufacturing

Elisabeth ROSSEGGER
Synthesis and Characterization of Functional Photopolymers for Advanced Applications

Yannick BLÖBL
Impregnation of natural fiber reinforcements in liquid composite molding processes

Margit Christa LANG
Simultaneous Structural and Material Optimization

Andrea TODOROVIC
Duromere Matrixsysteme aus nachwachsenden Rohstoffen für den Einsatz in naturfaserverstärkten Verbundwerkstoffen

Michael GIEBLER
New approaches towards stimuli-responsive polymers

Mohammad Reza MANSOURI
Mechanical Behavior of Hyperelastic Fiber-Reinforced Composites

Anja GOSCH
Polymer fracture mechanics extended to large plastic deformation and mixed mode loading

Philipp MARX
Neuartige Harze und Komposite mit volumetrischer Expansion während der Härtung

Dissertationen 2022 | Dissertations 2022

Siegfried Martin FRANKL
Prediction of the failure behaviour in steel cable reinforced rubber components using the Finite Element Method

Sandra PETERSMANN
Mechanical integrity of cranial implants produced via material extrusion-based additive manufacturing

Lara STROHMEIER
New approaches towards reinforced elastomer composites by in-situ cross-linking of functional resins

Mario MESSIHA
A systematic investigation of fracture in polyamide 12

Jacopo SCHIEPPATI
Novel fracture mechanics concepts in elastomer fatigue to model the influence of temperature

Martin TRAUTINGER
Produkt-adaptive Regelung des Kautschukspritzgießens



2021Master's Theses: 11 Habilitations: 2
Doctoral Theses: 10**2022**Master's Theses: 14
Doctoral Theses: 6**Masterarbeiten 2021 | Master's Theses 2021**

Fangxuan GAO

Experimental study and numerical simulation on rheological properties of PA66GF30 and ABS under pressure

Milena Olga GLEIRSCHER

Additive manufacturing of photopolymers with multi-material properties using dual-wavelength DLP printing

Valerie GRASSER

Experimental investigation of morphological and thermomechanical properties of frontally cured carbon fibre reinforced epoxy composites

Tiago Manuel HRON

Thiol-En basierte Vitrimere für Formgedächtnis-unterstützte Selbstheilung von Photopolymeren

Philip Odai LARYEA

Oriented and continuously fiber reinforced thermoplastic composite materials – Material systems, market available qualities, processing techniques and overview about worldwide academic research activities

Matthias Wolfgang MÜLLER

Funktionalisierung und Optimierung von Anti-Haft-Beschichtungen auf Organosilan-Basis

Florian PREISSEGGGER

Einfluss von unterschiedlichen Schmelzrippen-Geometrien auf die Dichtheit von Kunststoffumspritzungen von Steckverbindern

David RAPP

On the viability of the Laser Flash method for fast and total thermal characterisation of polymers: Extending the limits through inverse problem solving

Clemens SPERLING

Zerstörungsfreie in-situ-Detektion von Schädigungsprozessen bei Ermüdungsbelastung zur Charakterisierung von Faserverbundwerkstoffen

Christoph WALY

Investigating novel concepts to characterize the resistance against rapid crack propagation of polyamide 12 pipe grades

Stefan WURZER

Viskoelastische Eigenschaften von Polyamid unter Feuchtigkeitseinfluss

Masterarbeitern 2022 | Master's Theses 2022

Tamara CWIORO

Einfluss der Grenzflächeneigenschaften auf die mechanischen Eigenschaften von kurzfaserverstärkten Verbunden

David HANDL

Systematische Bewertung der Kurzzeitstabilität von Spritzgießprozessen in einer flexiblen, vernetzten Produktion

Rita Johanna HÖLLER

Synthesis and Characterization of 3D-Printable Epoxy-Based Vitrimers

Michaela HORNBACHNER

State of the Art Modelle der Reaktionskinetik auf dem Prüfstand: Experimentelle Validierung der Approximation der Vernetzungskurve auf Basis Dynamisch-Mechanischer Analysemethoden an Kautschukbauteilen

Martin HUEMER

Environmental stress cracking of high-impact polystyrene and polycarbonate polyurethane in application-oriented media

Jakob Clemens ITZLINGER

Simulation der viskosen Dissipation in einem Mikrokanal

Eveline Elisabeth KANATSCHNIG

Synthesis and characterization of thermoplastic ionenes as candidates for liner materials in hydrogen pressure vessels

Dario KAYLANI

Stress- and Strain-based Fatigue Life Calculation for Short Fiber Reinforced Polymers by Use of fe-safe

Matthias Udo KRIEHLER

Thermische Aktivierung von Vitrimeren durch thermisch-latente Katalysatoren

Patrick NOVAK

Development of a test setup to determine the biodegradability of bioplastics

Michael PAUER

Erfassung relevanter Prozessgrößen für die modellgestützte Qualitätsprognose spritzgegossener Bauteile

Maik SAGERER

Influence of cure-induced shrinkage of pre-impregnated woven glass fiber fabrics on the temperature- and direction-dependent deformation of composites measured by digital image correlation

Thomas STEINERT

Development of Conductive Polymer Composites for the Material Extrusion of Dielectric Elastomer Actuators

Martina STRYZEK

Verbundwerkstoffe auf Basis vitrimerer Polymersysteme: Verarbeitungsverhalten und Umformanalyse

Lehrenden- und Studierendenaustausch

Exchange of lecturers and students

Der internationale Austausch von Lehrenden und Studierenden ist eine wichtige Möglichkeit, wertvolle Erfahrungen auszutauschen, Netzwerke aufzubauen und gemeinsame Projekte zu gestalten. Der Austausch war in den Jahren 2021 und 2022 aufgrund der Corona-Pandemie leider etwas ins Stocken geraten. Im Rahmen von Projekten durfte das Zentrum für Kunststofftechnik dennoch einige Forscher*innen begrüßen. Auch Mitarbeiter*innen des Departments nutzten unterschiedliche Möglichkeiten, um andere Universitäten sowie Industriebetriebe zu besuchen.

The international exchange of teachers and students is an important opportunity to share valuable experiences, build networks and design joint projects. The exchange was unfortunately stalled in 2021 and 2022 due to the Corona pandemic. Nevertheless, the Center for Polymer Engineering and Science was able to welcome several researchers in the context of projects. Staff members of the department also took advantage of various ways to visit other universities as well as industrial companies.

INCOMINGS

Florian Doubek
Chemieakademie Graz, Austria
02.-03.2021

Florian Doubek was writing his thesis for the Chemieakademie Graz at MUL - KC. He was preparing and analyzing fluorescent organosilane layers.

Nikola Sebalj
University of Zagreb, Croatia
02.-07.2021

Nikola Sebalj spent 6 months as a guest researcher at PCCL (within the frame of the COMET Module project Chemitecture) and MUL - KC. He performed research work on the multi-material digital light processing 3D printing of functional devices. He optimized resin compositions towards mechanical performance and processability and was able to print test structures with stiff and soft domains. He summarized the findings of his work in his Master thesis.

Lisa Reisinger
Chemieakademie Graz, Austria
06.2021

Lisa Reisinger was writing her thesis for the Chemieakademie Graz at MUL - KC. She was preparing and analyzing fluorescent polymer layers on photo-reactive surfaces.

Benjamin Nelson
Luther College in Decorah, Iowa, USA
06.-07.2021

Benjamin Nelson is currently writing his PhD thesis in the group of Christopher Bowman (University of Colorado Boulder). During his stay in the Griesser group at MUL - KC he investigated novel concepts for wavelength-orthogonal photochemistry. For that purpose, he

studied the photoreactivity of chalcone moieties in thiol-ene based resins.

Dr. Ignacio Roppolo
Politecnico di Torino, Italy
07.2021

Dr. Ignazio Roppolo was a guest researcher at MUL - KC within the framework of an Erasmus staff exchange program. During his short time visit, he gave lectures on polymer photochemistry and digital light processing 3D printing. Moreover, he performed research work on the 3D printing of electronically conductive polymer structures, which can be applied for sensor technologies.

Stefan Rathfelder M.Sc.
Hochschule Pforzheim, Institut für strategische Technologie- und Edelmetalle, Germany, 08.-09.2021

The scientific employee of the Pforzheim University of Applied Sciences, who is the project leader in the SusmagPro project, was working at MUL - KV during this period for the training, the production and the processing of feedstocks, which are mixtures of, in this case, metallic powders (>85 w%) and polymers.

Dr. Laleh Ghasemi-Mobarakeh
Isfahan University of Technology (IUT) Iran, 09.-07.2022

Mrs. Dr. Ghasemi was a visiting researcher from Isfahan University of Technology and collaborated on research related to additive manufacturing, especially with highly filled systems, but also for the medical applications (MUL - KV). A second topic was the research of recycling of textiles.

Amber Heyndrickx
Ghent University, Belgium, 02.-06.2022

Amber Hendrickyx wrote her master thesis at the MUL - KV, in the frame of an Erasmus scholarship. She worked on the analysis and optimization of the adhesion between two different polymers for multi material 3D printing. Therefore, parts with unique properties can be fabricated to in example imitate the human rib and hence optimized, personalized implants can be produced in the future.

Syedreza Keshaf Tabrizian
University of Brussels, Belgium
03.-05.2022

Syedreza Keshaf Tabrizian, a Ph.D. student from the Robotics Group of Vrije Universiteit Brussel has spent a 3 months' visit at PCCL and MUL - KC (within the framework of the Marie Curie ITN SMART). He worked on the 3D printing of functional soft active devices and designed 3D-printed shape-memory polymer-based shape-adaptive fingertips, with two main properties needed for effective grasping. A paper about this work has been submitted to the IEEE Robotics and Automation Letters and is currently being under revision.

Ing. Aleš Mizera, Ph.D.
Faculty of Applied Informatics, Tomas Bata University in Zlín, Czech Republic
02.05.2022-31.05.2022

During his 1-month stay at MUL - KV Aleš Mizera conducted material data analyses on recycled material as part of Pack2theLoop project. In addition, he did a small literature research on the topic of sporting goods recycling.

Prof. Dr. Svarendra Rana

Univ. of Petroleum and Energy Studies, Dehradun, India, 06.-07. 2022

Prof. Svarendra Rana spent 2 months as a guest research at PCCL (within the frame of the COMET Module project Chemitecure) and MUL - KC and prepared bio-based and 3D printable dynamic polymer networks (a paper has been published on this topic in a peer-reviewed journal). Along with the 3D printing of reshapable and healable polymer devices, he also studied the performance of fiber reinforced polymer composites containing dynamic covalent bond. This is relevant for a reshaping, repair and recycling of future polymer-based composite parts.

Agnieszka Solinska

AGH University of Science and Technology, Krakau, Poland, 08.2022

During her two weeks research stay at the MUL - KC Ms. Solinska worked in a research project that deals with the immobilization of photoinitiators at the surface of inorganic as well as mineral

substrates and particles. The analysis of these surfaces by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) was of interest. These materials will find application for the covering of (reactive) surfaces with photopolymers.

Holger Rühl, M.Sc.

Universität Stuttgart, Germany, 08.-10.2022

Analysis of the interfacial tensions between optical polymers and PVD hard coatings

Alessandro Salvi

Politecnico Milano, Italy, 09.-11.2022

Mr. Salvi worked on the mechanical recycling of glass fiber reinforced engineering plastics. For this purpose, he used injection molding to produce test specimens for mechanical characterization as well as further reuse. The injection-molded components were ground into flakes on a small shredder, which were then processed into regular pellets in a subsequent compounding process to produce new components

in further cycles. A recycling cycle was thus recreated and the possible change in mechanical properties with repeated recycling cycles are being investigated by Mr. Salvi at his home institution.

Eli Vanquaille

Technische Universiteit Delft, France, 10.-01.2022

In the course of a project idea, tests were carried out on hose production with a high-temperature thermoplastic. The tube line was modified and adapted for this purpose.

Matteo Borgoglio

Politecnico di Torino, Italy, 11.-12.2022

Matteo Borgoglio worked for one week at the labs of KC and performed stress relaxation measurements on dynamic polymer networks derived from bio-based building blocks. He could demonstrate the dynamic network properties of his newly synthesized photopolymers and is currently summarizing his results in a manuscript, which he will submit to a peer-reviewed journal.

OUTGOINGS**Main, Priyanka, M.Tech.**

University Ghent / Pack4Food, Belgium 10.2021-01.2022

Ms. 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).

DTU - Denmark Technical University, Denmark, 10.2021

Participation at the "Network Training Event 4" in the H2020 MSCA project C-PlaNeT with the topic "Plastics and the Environment"

PreZero Polymers Austria GmbH, Austria, 07.2022

In July 2022, Ms. Main completed a one-month industrial internship at PreZe-

ro Polymers Austria GmbH, where she worked on the impact of biopolymers on polyolefin recycling. This internship was completed as part of the H2020 MSCA project C-PlaNeT.

assoProf. Dr. Thomas Lucyshyn

DTU - Denmark Technical University, Denmark, 10.2021

Participation at the "Network Training Event 4" in the H2020 MSCA project C-PlaNeT with the topic "Plastics and the Environment"

Alexander Legenstein

University of Delaware, USA 02.2022-01.2023

Supported by funding in frame of a Marshall Plan Scholarship he elaborated research in the field of automated TP-placement. A special focus of the work was on steerability of TuFF-material

Ulrike Kirschnick

Aalborg University Denmark

05.2022

ERASMUS staff mobility: She joint a summer school entitled "Advanced LCA - Consequential and IO-based Life Cycle Assessment"

Nina Krempf

Tomas Bata University in Zlín, Czech Republic, 09.2022

Nina Krempf visited the Tomáš-Bata-Universität in Zlín for discussions about new joint projects and common research topics. Cooperation in the field of plastics recycling

Christine Bandl

Tomas Bata University of Zlín, Czech Republic, 09.2022

Christine Bandl visited the Tomáš-Bata-Universität in Zlín for discussions about new joint projects and common research topics.



KOOPERATIONEN & PARTNER
COOPERATIONS & PARTNERS



Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL)

Zu den wichtigsten außeruniversitären Kooperationspartnern des Departments zählt die Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL). Seit dem Start dieses COMET-K1-Zentrums im Jahr 2002 hat sich das PCCL mit rund 120 Mitarbeiter*innen zum führenden österreichischen Zentrum für kooperative Forschung im Bereich Kunststofftechnik und Polymerwissenschaften entwickelt.

Erklärtes Ziel für die laufende COMET-K1 Förderperiode 2021–2024 ist die Weiterentwicklung des PCCL zu einem „internationally recognized player“ mit hoher Sichtbarkeit in ausgewählten Fachbereichen. Aufbauend auf der Kompetenz von 120 Mitarbeiter*innen, mehreren wissenschaftlichen Partnern sowie der Technologie- und Marktkennntnis von 43 Unternehmenspartnern verbindet das PCCL die hohe Nachfrage der Kunststoffwirtschaft nach vorwettbewerblicher Forschung mit dem wissenschaftlichen Anspruch eines international anerkannten Forschungsprogramms. PCCL-K1 wird durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sowie die beteiligten Bundesländer (Steiermark, Oberösterreich, Niederösterreich) gefördert. Im Forschungsprogramm haben um-

weltverträgliche Polymere, das Rezyklieren von Kunststoffen und Anwendungen von Polymeren in den Bereichen Elektronik, Mobilität und Energiegewinnung eine erhöhte Bedeutung erlangt, und einschlägige Themen spielen in zahlreichen Projekten des PCCL eine wichtige Rolle. Hierzu zählen nicht nur die Anwendung von Biopolymeren in Industrieprodukten, sondern auch die Verwendung von rezyklierten thermoplastischen Polymeren in Struktur-Anwendungen. Ein weiteres Beispiel ist die Sortierung von rezyklierten Polymeren mittels optischer und spektroskopischer Verfahren, wobei Artificial Intelligence (AI) zum Einsatz kommt. Hiermit leistet PCCL einen wesentlichen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Auch Projekte zu Photovoltaikmodulen und zur Verwendung von Kunststoffen in der Energiespeicherung tragen zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen (UN SDG) bei.

Im COMET-Modul „Chemitecture“ (2020 - 2023) wird eine Brücke zwischen der Chemie funktioneller Materialien - auf molekularer Ebene - und der Architektur additiv gefertigter Polymere - auf makroskopischer Ebene - gebildet. Das COMET - Modul „Polymers for Hydrogen“ (2020 - 2023) zielt auf das Design von Polymerwerkstoffen und

Dichtungslösungen für den Einsatz unter hohen Drücken (bis zu 900 bar), um zukünftige Anwendungen der Wasserstofftechnologie realisieren zu können.

PCCL beschäftigt zahlreiche internationale Forscher*innen am Zentrum, und ist aktuell an mehreren Europäischen Projekten beteiligt. Ein Höhepunkt des Jahres 2022 war das 20-jährige Jubiläum des PCCL. Bei der Festveranstaltung am 14. September 2022 konnten 150 Gäste in Leoben begrüßt werden, darunter zahlreiche Spitzen der heimischen Politik, Universitätslandschaft und Industrie, sowie internationale Wissenschaftler.

The Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL) is one of the Department's most important non-university cooperation partners. Since the start as a COMET-K1 Center in 2002, the PCCL has developed into the leading Austrian center for cooperative research in the

Auf den folgenden sechs Gebieten und Schwerpunkten („Bereiche“) betreibt das PCCL vorwettbewerbliche Forschung und Entwicklung | PCCL conducts pre-competitive research and development in the following six areas and focus areas („Areas“):

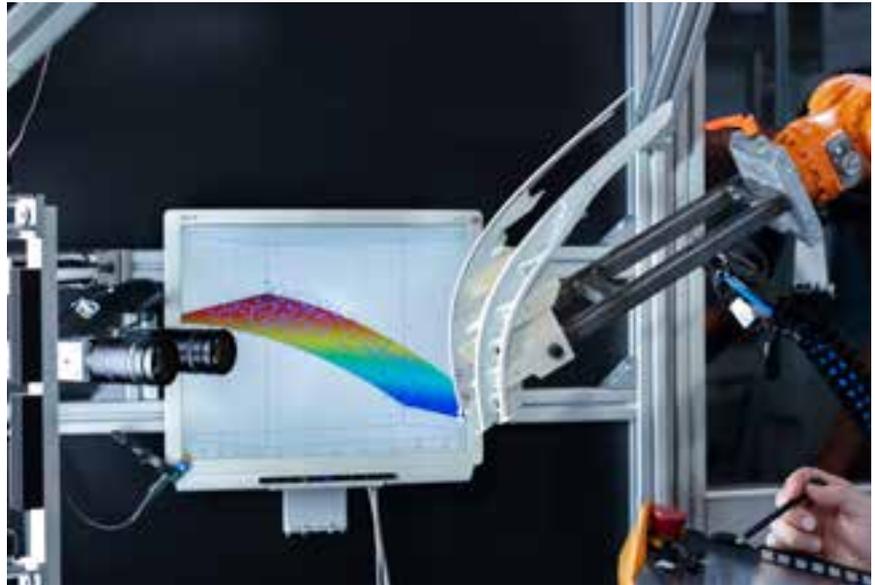
- Chemistry of Functional Polymers
- Simulation and Modeling
- Elastomer Technologies and Process Optimization
- Polymers and Composites for Structural Applications
- Sustainable Polymer Solutions
- Surface Testing, Robot Vision and Artificial Intelligence



field of polymer technology and science with a staff around 120.

The declared goal for the current COMET-K1 funding period 2021 - 2024 is the further development of the PCCL into an "internationally recognized player" with high visibility in selected areas. With the competence of 120 employees, several Scientific Partners and the technology and market knowledge of 43 Company Partners, the PCCL combines the high demand of the industry for pre-competitive research with the scientific standards of an internationally recognized research program. PCCL-K1 is funded by the Austrian Research Promotion Agency (FFG) and the participating federal states (Styria, Upper Austria, Lower Austria).

In the research program, environmentally friendly polymers, recycling of plastics and applications of polymers in the fields of electronics, mobility and energy generation have gained increased importance, and relevant topics play an important role in numerous projects of the PCCL. This includes not only the application of biopolymers in industrial products, but also the use of recycled thermoplastic polymers in structural applications. Another example is the sort-



ing of recycled polymers using optical and spectroscopic methods supported by artificial intelligence (AI). In this way, PCCL makes a significant contribution to the circular economy. Projects on photovoltaic modules and the use of polymeric materials in energy storage also contribute to the achievement of sustainability goals (UN SDG).

In the COMET Module "Chemitecture" (2020 - 2023), a bridge is built between the chemistry of functional materials at the molecular level, and the architecture of additively manufactured polymers at the macroscopic level. The COMET Module "Polymers for Hydrogen" (2020 - 2023) aims at the design of polymeric materials and sealing solutions for use under high pressures (up to 900 bar) in order to realize future applications of hydrogen technology.

PCCL employs numerous international researchers, and is currently involved in several European Projects. A highlight of 2022 was the 20th anniversary of the PCCL. At the

ceremony on September 14, 2022, 150 guests were welcomed in Leoben, including leading persons from politics, universities and industry, as well as international scientists. ■

Auf einen Blick

- Gegründet: 2002
- Organisation: GmbH
- Mitarbeiter*innen: 120

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. Elisabeth Ladstätter

elisabeth.ladstaetter@pccl.at
+43 3842 42962 0



Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern

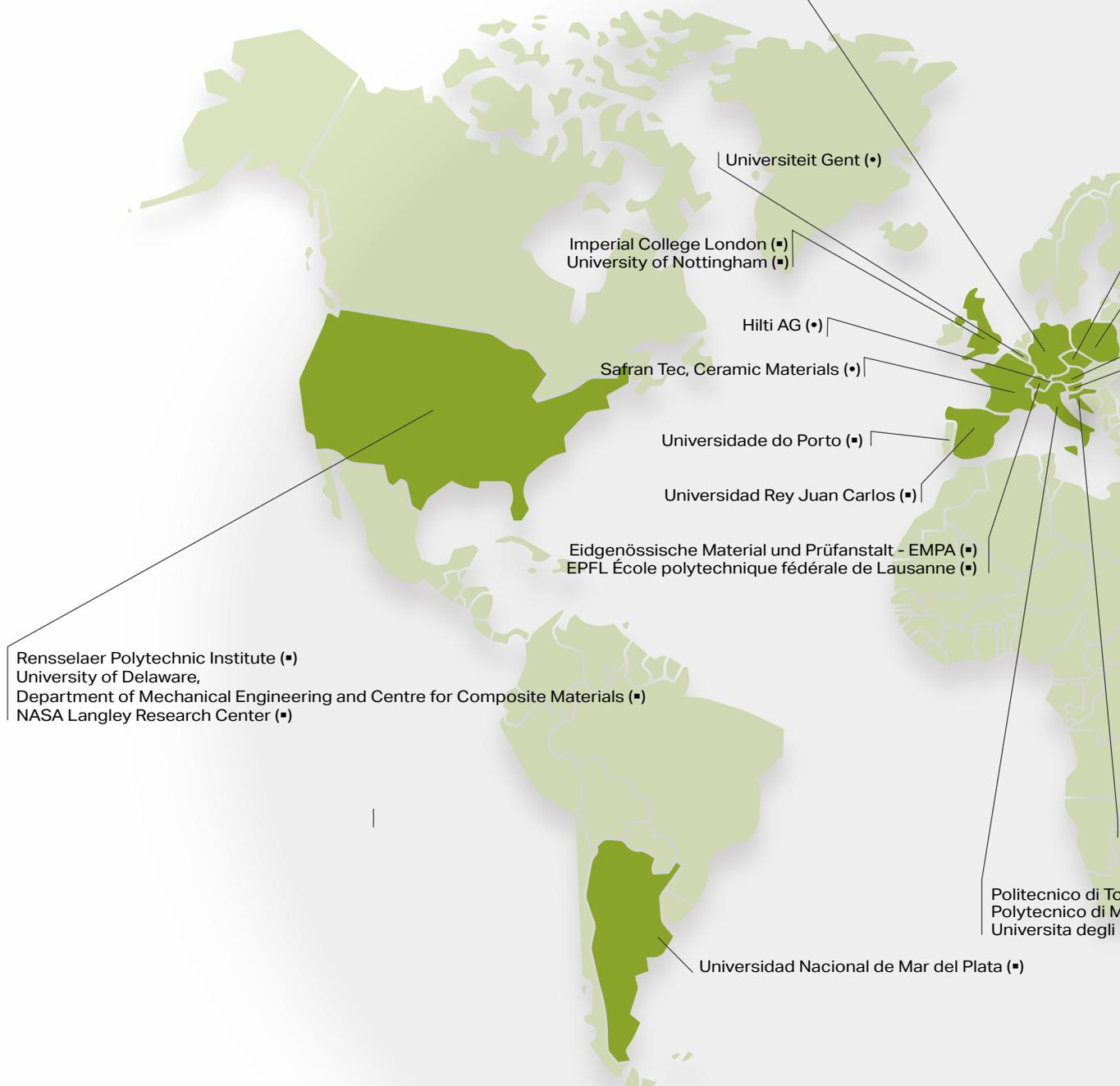
wolfgang.kern@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2350



Kooperationspartner (Auswahl)

Cooperation partners (selection)

- AdPhos Innovative Technologies GmbH (•)
- Arburg GmbH & Co KG (•)
- Bruno Bock GmbH (•)
- DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (▪)
- Evonik Resource Efficiency GmbH (•)
- FORESTADENT Bernhard Förster GmbH (•)
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologie
- Hochschule Pforzheim (▪)
- Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH (•)
- Leistritz Extrusionstechnik GmbH (•)
- Siemens AG(•)
- Universität Augsburg - Institute for Software a
- Universität Paderborn (▪)
- Würth Elektronik GmbH & Co. KG (•)



Angewandte Materialforschung IFAM (▪)
en und Systeme IKTS (▪)

nd Systems Engineering (▪)

Czech Academy of Sciences (▪)
Tomas Bata University (▪)

Wrocław University of Science and Technology (•)

FTPO Fakulteta za tehnologijo polimerov (▪)

National Metal and Materials Technology Center, (▪)

East China University of Science and Technology ECUST (▪)
Institute of Metal Research, Chinese Academy of Science (▪)

University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture FSB (▪)

orino (▪)
Milano (▪)
Studi di Brescia (▪)

4a engineering GmbH (•)
agru Kunststofftechnik Gesellschaft m.b.H (•)
Altran Austria GmbH (•)
Andritz AG (•)
Andritz Hydro GmbH (•)
ASFINAG (•)
AT & S Austria Technologie &
Systemtechnik Aktiengesellschaft (•)
Atomic Austria GmbH (•)
Borealis AG (•)
bto-epoxy GmbH (•)
Bundesministerium für Landesverteidigung (▪)
carbon-solutions Hintsteiner GmbH (•)
ecoplus.Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH –
Kunststoff-Cluster (•)
Engel Austria GmbH (•)
Erich Schmid Institut f. Materialwissenschaft (ESI) (▪)
EVO-tech GmbH (•)
Exel Composites GmbH (•)
FACC Operations GmbH (•)
Fachhochschule Kärnten (▪)
Fachhochschule Oberösterreich (▪)
Fachhochschule Wels (▪)
Fraunhofer Austria Research GmbH (▪)
Head Sport GmbH (•)
Huawei Technologies Austria GmbH (•)
HyCentA (Hydrogen Center Austria) (▪)
IN-VISION Technologies AG (•)
i-RED Infrarot Systeme GmbH (•)
Isovolta AG (•)
Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH (▪)
Johannes Kepler Universität Linz (▪)
Kästle GmbH (•)
Kompetenzzentrum Holz GmbH (▪)
Kufner GmbH (•)
Lenzing Plastics GmbH & Co.KG (•)
Luxinergy GmbH (•)
LUXNER ENGINEERING ZT GmbH (•)
MAGNA Energy Storage Systems (•)
MAGNA Powertrain, Engineering Center Steyr (•)
Materials Center Leoben GmbH (•)
Medizinische Universität Graz (▪)
Montanuniversität Leoben (▪)
ÖBB Infrastruktur AG (•)
OK Partner GmbH (•)
Österreichische Vereinigung für das
Gas- und Wasserfach (ÖVGW) (•)
PIPELIFE Austria GmbH & Co KG (•)
POLOPLAST GmbH & Co KG (•)
Polymer Competence Center Leoben GmbH (▪)
PreZero Polymers Austria GmbH (•)
PrimAs Tiefkühlprodukte GmbH (•)
Profactor GmbH (▪)
R&D Consulting GmbH & Co KG (•)
RHP Technology GmbH (•)
Semperit Technische Produkte GmbH (•)
SGL Technologies GmbH (•)
SKF Sealing Solutions Austria GmbH (•)
Technische Universität Graz (▪)
Technische Universität Wien (▪)
Universität Innsbruck (▪)
Treibacher Industrie AG (•)
Voestalpine Rail Technology GmbH (•)
Wollsdorf Leder Schmidt & Co. Ges.m.b.h. (•)
ZKW Lichtsysteme GmbH (•)



EHRUNGEN & PREISE

HONORS & AWARDS



02.2021

Leobner Kunststofftechniker wird Topic Editor bei renommiertem Journal



Dipl.-Ing. Dr.mont. Michael Feuchter, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe zählt ab sofort zu den Topic Editors von „Polymers“, einem peer-reviewed Open-Access Journal der Polymerwissenschaft. Das Journal wird von mehr als 300 Topic Editors unterstützt, die als Gastautoren Special Issues bzw. Sonderausgaben in ihren Forschungs-Fachbereichen entwickeln und die Redaktion beaufsichtigen. Michael Feuchter ist ab sofort einer dieser Topic Editors, sein Fachbereich sind das Recycling von Kunststoffen, „nachhaltige“ Polymere, die Morphologie von Polymeren und deren Struktur-Eigenschaftsbeziehungen.

Dipl.-Ing. Dr.mont. Michael Feuchter, research associate at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers is now one of the Topic Editors of "Polymers", a peer-reviewed open-access journal of polymer science. The journal is supported by more than 300 Topic Editors, who develop Special Issues in their research fields as guest authors and supervise the editorial work. Michael Feuchter is now one of these Topic Editors, his areas of expertise are the recycling of polymers, "sustainable" polymers, the morphology of polymers and their structure-property relationships. ■

02.2021

Mit Tabea Zirrig hat es nun drei Jahre in Folge eine Studentin der Studienrichtung Kunststofftechnik an der Montanuniversität Leoben geschafft, das begehrte Stipendium der Metal Injection Molding Association zu gewinnen. Supervisor von Zirrigs Bachelorarbeit war Priv.-Doz. HR Dipl.-Ing. Dr.mont. Christian Kukla (Außeninstitut) mit Unterstützung von Dr.mont. Santiago Cano Cano (Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung).

For three years in a row, Tabea Zirrig, a student of polymer engineering at the Montanuniversität Leoben, has managed to win the coveted scholarship of the Metal Injection Molding Association. Supervisor of Zirrig's bachelor thesis was Priv.-Doz. HR Dipl.-Ing. Dr.mont. Christian Kukla (Industrial Liaison Department) with the support of Dr.mont. Santiago Cano Cano (Institute for Polymer Processing). ■

Studentin gewinnt Stipendium für die MIM2021



02.2021

ÖWGP Doktorandenpreis 3. Platz für Maximilian Tonejc



Mit seinem Vortrag „Chancen und Herausforderungen beidseitiger Textilien in der Faserkunststoffverbund-Verarbeitung“ konnte Dr.mont. Dipl.-Ing. Maximilian Tonejc, Absolvent der Kunststofftechnik, den dritten mit EUR 1.000 dotierten Preis gewinnen. Tonejc arbeitete im Rahmen seines Doktoratsstudiums als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verarbeitung von Verbundwerkstoffen, seit Mai 2019 ist er als Process Engineer bei Heliovis in Wiener Neudorf tätig. Sein Doktoratsstudium schloss er erfolgreich im Frühjahr 2020 ab. Die diesjährige Verleihung des ÖWGP Doktorandenpreises fand wieder im Rahmen der ÖWGP-Frühjahrstagung mit Doktoratskolloquium statt.

Dr.mont. Dipl.-Ing. Maximilian Tonejc, graduate of Polymer Engineering and Science, won the third prize endowed with EUR 1,000. Tonejc worked as a research assistant at the Institute of Processing of Composites Group during his doctoral studies, and since May 2019 he has been working as a Process Engineer at Heliovis in Wiener Neudorf. He successfully completed his doctoral studies in spring 2020. This year's award ceremony of the ÖWGP Doctoral Award took place again during the ÖWGP Spring Meeting with Doctoral Colloquium. ■

06.2021

Neues Recyclingverfahren für Reststoffe aus der Papierherstellung: Das Gemeinschaftsprojekt „LignoBatt“ wurde am 23. Juni 2021 mit dem Landespreis **Energy Globe STYRIA AWARD 2021** in der Rubrik Forschung ausgezeichnet. Im Projekt beschäftigt sich der Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe (Projektleitung Prof. Wolfgang Kern) an der Montanuniversität Leoben als Projektpartner gemeinsam mit dem Institut für Biobasierte Produkte und Papiertechnik der Technischen Universität Graz (Projektleitung Prof. Stefan Spirk) mit dem innovativen Design von umweltfreundlichen Stromspeichern aus Abfallprodukten.

New recycling process for residual materials from paper production: The joint project “LignoBatt” was awarded the provincial **Energy Globe STYRIA AWARD 2021** in the category Research on June 23, 2021. In the project, the Institute of Chemistry of Polymeric Materials (Project leader: Prof. Wolfgang Kern) at the Montanuniversität Leoben as project partner together with the Institute for Biobased Products and Paper Technology at the Graz University of Technology (project leader: Prof. Stefan Spirk) deals with the innovative design of environmentally friendly electricity storage systems from waste products. ■

Energy Globe STYRIA AWARD 2021 für Projekt



Die glücklichen Gewinner: Prof. Wolfgang Kern (MUL links) und Prof. Stefan Spirk (TU Graz, Projektleiter, rechts)
© Energieagentur Steiermark/Werner Krug, 2021



06. & 12.2021

Stefanie Mörth, Absolventin des Leobener Europagymnasiums, erhielt für ihre vorwissenschaftliche Arbeit zum Thema „Green-Packaging – abbaubare Polymersysteme“ gleich zwei hochkarätige Auszeichnungen: Den **Young Science Inspiration Award 2021** und den **VCÖ-Sonderpreis der GÖCH** für die österreichweit beste umweltchemische Arbeit. Die vorwissenschaftliche Arbeit der Schülerin war basierend auf einem Praktikum zur Abbaubarkeit von Biokunststoffen an der Montanuniversität Leoben am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und -prüfung der Kunststoffe entstanden. Die praktischen Betreuer Dipl.-Ing. Nadine Wild und Dipl.-Ing. Dr. mont. Michael Feuchter, sowie die schulische Betreuerin Sigrid Diethart freuten sich mit der Schülerin über die hohen Auszeichnungen.

Stefanie Mörth, a graduate of the European High School in Leoben, received two prestigious awards for her pre-scientific work on the topic of “Green Packaging – Degradable Polymer Systems”: The **Young Science Inspiration Award 2021** and the **VCÖ Special Award of GÖCH** for the best environmental chemistry paper in Austria. The student’s pre-scientific work was based on a intern on the degradability of biopolymers at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers at the Montanuniversität Leoben. The practical supervisors Dipl.-Ing. Nadine Wild and Dipl.-Ing. Dr. mont. Michael Feuchter, as well as the school supervisor Sigrid Diethart were pleased with the student about the high awards. ■

Praktikantin der Kunststofftechnik doppelt ausgezeichnet





09.2021

POLYMER SCIENCE SCHOool AWARD zum 2. Mal vergeben

Im Rahmen des 29. Leobener Kunststoff-Kolloquiums vergaben das Department Kunststofftechnik und das PCCL zum 2. Mal den **POLYMER SCIENCE SCHOool AWARD** für gestaltete Videos zum Thema „Wie würdet ihr unsere Gewässer und damit unsere Umwelt vor Kunststoff-Abfällen und deren Auswirkungen schützen?“. Den mit EUR 2.500 dotierten 1. Preis gewann das Team „Plastics4Future“ der TGM Wien, der 2. Preis mit EUR 2.000 ging an das Team „3AHKT“ der HTBL Kapfenberg und das Team der HTBLA Fulpmes „Team Fulpmes 2.0“ bekam den 3. Preis mit EUR 1.500.

During the 29th Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science, the Department of Polymer Science and the PCCL awarded the **POLYMER SCIENCE SCHOool AWARD** for the 2nd time for a designed videos on the subject of "How would you protect our waters and thus our environment from plastic waste and its effects?". The 1st prize of EUR 2,500 was won by the team "Plastics4Future" from TGM Vienna, the 2nd prize of EUR 2,000 went to the team "3AHKT" from HTBL Kapfenberg and the team from HTBLA Fulpmes "Team Fulpmes 2.0" received the 3rd prize of EUR 1,500. ■

10.2021

Auszeichnung des Projekts **TEX2MAT** mit dem Österreichischen Staatspreis für Umwelt- und Energietechnologien



Damit das Leben von Alttextilien in Zukunft nicht wie derzeit auf Deponien oder im Verbrennungsofen endet, entwickelte das Department Kunststofftechnik gemeinsam mit zwölf Partnern neue Aufbereitungsmethoden und Prozesse zum Recycling von Textilabfällen. Das Projekt unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. mont. Clemens Holzer wurde am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung von Dipl.-Ing. Uta Jenull betreut. Das vom Kunststoff-Cluster und ecoplus initiierte Projekt „TEX2MAT“ wurde am 20. Oktober 2021 mit dem **Österreichischen Staatspreis für Umwelt- und Energietechnologien** in der Kategorie „Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz“ ausgezeichnet.

To ensure that the life of used textiles does not end in landfills or incinerators in the future, as is currently the case, the Department of Polymer Engineering and Science, together with 12 partners, developed new treatment methods and processes for recycling textile waste. The project, headed by Univ.-Prof. Dr. mont. Clemens Holzer, was supervised by Dipl.-Ing. Uta Jenull at the Institute of Polymer Processing. The project "TEX2MAT", initiated by Kunststoff-Cluster and ecoplus, was awarded the **Austrian State Prize for Environmental and Energy Technologies** in the category "Circular Economy and Resource Efficiency" on 20.10.2021. ■

11. / 12. 2021

Im Rahmen ihrer Dissertation konnte Dipl.-Ing. Dr.mont. Anja Gosch auf experimentellen Ergebnissen, Richtlinien für präzisere bruchmechanische Vorhersagen abgeleitet. Für die Arbeit, die durch Univ.-Prof. Dr.mont. Gerald Pinter, Priv.-Doz. Dr.mont. Florian Arbeiter (beide WPK) und Dr.mont. Michael Berer (PCCL) betreut wurde, erhielt Anja Gosch gleich zwei Auszeichnungen: Den mit EUR 5.000 dotierten **Wilfried-Ensinger Preis**, der vom Wissenschaftlichen Arbeitskreis der Universitäts-Professoren der Kunststofftechnik WAK für die Entwicklung und Beschreibung technischer Kunststoffe für innovative Anwendungen vergeben wird, sowie den mit EUR 1.000 dotierten 3. Platz des **ZwickRoell Science Award**. Dieser Preis wird weltweit ausgeschrieben und von der Firma ZwickRoell für ausgezeichnete Veröffentlichungen im Bereich der Werkstoffprüfung vergeben.

Within the scope of her dissertation, Dipl.-Ing. Dr.mont. Anja Gosch was able to derive guidelines for more precise fracture mechanics predictions based on experimental results. For the work, which was supervised by Univ.-Prof. Dr.mont. Gerald Pinter, Priv.-Doz. Dr.mont. Florian Arbeiter (both WPK) and Dr.mont. Michael Berer (PCCL), Anja Gosch received two awards: The EUR 5,000 Wilfried-Ensinger Prize, awarded by the Wissenschaftlichen Arbeitskreis der Universitäts-Professoren der Kunststofftechnik WAK for the development and description of engineering polymers for innovative applications, and the EUR 1,000 3rd place ZwickRoell Science Award. This prize is offered worldwide and awarded by the ZwickRoell company for excellent publications in the field of materials testing. ■

Leobener Absolventin gleich mehrfach ausgezeichnet



v.l.: Prof. Ernst M. Schmachtenberg (für Ensinger), Steven Höll, Dr. Anja Gosch, Prof. Alois K. Schlarb (WAK) – (Bild: Katharina Eusterbrock).



11.2021

TÜV Austria Wissenschaftspreis für Matthias Katschnig



Der TÜV AUSTRIA Wissenschaftspreis 2021 erging an DI DI Dr.mont. Matthias Katschnig mit seiner Dissertation "Biofunktionelle Kunststoffimplantate durch additive Fertigung für die kranio-maxillofaziale Chirurgie", die er am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.mont. Clemens Holzer abschloss. Konkretes Ziel der Arbeit war die erfolgreiche Werkstoffextrusion auf Filamentbasis von medizinisch einsetzbaren Implantaten. Die dahinterstehende Vision war die klinikinterne und operationsbegleitende Anwendung.

The TÜV AUSTRIA Science Award 2021 went to DI DI Dr. Matthias Katschnig with his dissertation "Additive Manufacturing of Biofunctional Implants for Craniomaxillo-facial Surgery", which he completed at the Institute of Polymer Processing under the supervision of Univ.-Prof. Dr.mont. Clemens Holzer. The specific goal of the thesis was the successful filament-based material extrusion of medically applicable implants. The vision behind this was the application within the clinic and during surgery. ■

05.2022

Josef Krainer Preis für Elisabeth Rossegger



Im Zuge ihrer Dissertation mit dem Titel „Synthesis and Characterization of Functional Photopolymers for Advanced Applications“ beschäftigte sich Dipl.-Ing. Dr.mont. Elisabeth Rossegger (PCCL) mit der Herstellung und Charakterisierung von schaltbaren Polymersystemen. Dabei handelt es sich um Kunststoffe, die unter Einwirkung eines externen Reizes ihre Eigenschaften bzw. Funktionen ändern können, was vor allem mit Blick auf die Recyclingfähigkeit mancher Werkstoffe wertvoll ist. In Kombination mit personalisierbaren Verarbeitungsverfahren ermöglichen diese neuartigen Polymere ein breiteres Anwendungsspektrum. Für ihre Forschungsleistung wurde sie mit dem Josef Krainer Preis ausgezeichnet. Die Aktualität der Arbeit lässt sich auch daran erkennen, dass drei der Veröffentlichungen von Elisabeth Rossegger es auf das Titelbild des RSC Journals Polymer Chemistry schafften und zwei Artikel von der „Royal Society of Chemistry“ als „beste Artikel des Monats“ ausgezeichnet wurden.

In the course of her dissertation entitled "Synthesis and Characterization of Functional Photopolymers for Advanced Applications", Dipl.-Ing. Dr.mont. Elisabeth Rossegger (PCCL) dealt with the production and characterization of switchable polymer systems. These are polymers that can change their properties or functions under the influence of an external stimulus, which is particularly valuable with regard to the recyclability of some materials. In combination with customizable processing methods, these novel polymers enable a broader range of applications. She was awarded the Josef Krainer Prize for her research achievement. The relevance of the work can also be seen in the fact that three of Elisabeth Rossegger's publications made it onto the cover of the RSC journal Polymer Chemistry and two articles were honored by the "Royal Society of Chemistry" as "best articles of the month". ■

05.2022

Auf der ESBS (Electronics and Software Based Systems)-Jahreskonferenz im Oktober in Wien wurde Dipl.-Ing. Maike Sagerer für ihre Masterarbeit mit dem ESBS Young Academics Award mit dem 1. Platz ausgezeichnet. In diesem Jahr stand die Ausschreibung unter dem Motto „Digitalisierung als Lösung zu brennenden gesellschaftlichen Fragen“. Mit dem Award werden hervorragende Masterarbeiten in der Elektronikbranche ausgezeichnet, die in Kooperation mit der AT&S AG abgewickelt wurden. Der Titel der Arbeit lautet "Influence of cure-induced shrinkage of pre-impregnated woven glass fiber fabrics on the temperature- and direction-dependent deformation of composites measured by digital image correlation" und sie wurde am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe unter der Betreuung von Univ.-Prof. Dr.mont Gerald Pinter abgeschlossen.

At the ESBS (Electronics and Software Based Systems) annual conference in October in Vienna, Dipl.-Ing. Maike Sagerer was awarded 1st place for her master's thesis with the ESBS Young Academics Award. This year, the motto of the competition was "Digitization as a solution to burning social issues". The award honors outstanding master's theses in the electronics industry that were completed in cooperation with AT&S AG. The title of the thesis is "Influence of cure-induced shrinkage of pre-impregnated woven glass fiber fabrics on the temperature- and direction-dependent deformation of composites measured by digital image correlation" and it was completed at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers under the supervision of Univ.-Prof. Dr.mont Gerald Pinter. ■

Young Academics Award für Absolventin der Kunststofftechnik



05.2022

Der Borealis Student Innovation Award ging 2022 an Dipl.-Ing. Dr.mont Helena Weingrill, Absolventin der KT Leoben, für ihre Dissertation mit dem Titel "Polymeric phase-change materials: applicability, functionalization and long-term stability" verliehen. Weingrill hat die Dissertation am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe unter der Betreuung von Univ.-Prof. Dr.mont Gerald Pinter verfasst.

The 2022 Borealis Student Innovation Award was granted to Dipl.-Ing. Dr.mont Helena Weingrill, graduate of KT Leoben, for her dissertation entitled "Polymeric phase-change materials: applicability, functionalization and long-term stability". Weingrill wrote the dissertation at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers under the supervision of Univ.-Prof. Dr.mont Gerald Pinter. ■

Borealis Student Innovation Award für Helena Weingrill



Best Poster Award des 23. Symposiums Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde



Für ihr Poster "Recycling von GFK: Wie die ökologische Performance messen?" erhielt Ulricke Kirschnick den 2. Posterpreis im Rahmen des 23. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde der DGM vom 20. Bis 22. Juli 2022 in Leoben. Das Poster thematisiert verschiedene Bewertungsansätze zur Ökobilanzierung des BMK geförderten Projektes LightCycle, um zu bewerten, inwiefern Polypropylene- und Glasfaser-Recycling und ein einstufiger Spritzgießcompounding-Prozess zu ökologischen Zielen der Nachhaltigkeit beitragen können.

For her poster "Recycling of GFRP: How to measure the ecological performance?" Ulricke Kirschnick received the 2nd poster award at the 23rd Symposium on Composites and Composite Materials of the DGM in Leoben, July 20-22, 2022. The poster presents different options to assess the environmental impacts of the BMK funded project LightCycle via Life Cycle Assessment, in order to verify to what extent polypropylene and glass fiber recycling as well as a one-step injection molding compounding process can contribute to achieve environmental objectives under the sustainability paradigm. ■

07.2022

10.2022

Lilian Bruss, Absolventin des Europagymnasiums Leoben, wurde für ihre Vorwissenschaftliche Arbeit gleich mehrfach prämiert. Zunächst den Young Science Inspiration Award 2022: Prof. Clemens Holzer, Leiter des Lehrstuhles für Kunststoffverarbeitung an der Montanuniversität Leoben hatte die vorwissenschaftliche Arbeit „Polymere für die additive Fertigung in der Medizintechnik“ als inspirierend und innovativ befunden und für die Auszeichnung nominiert. Weiters wurde Lilian mit dem GÖCH Hauptpreis, mit den über EUR 500 dotierten Medizintechnik-Preis (2. Platz) des FH Campus Linz und den Hans-Riegel-Fachpreis (1. Preis) im Fachgebiet Chemie ausgezeichnet. VWA-Betreuerin war Sigrid Diethart vom Europagymnasium und Praktikumsbetreuer des Lehrstuhles für Kunststoffverarbeitung Dipl.-Ing. Stephan Schuschnigg

Lilian Bruss, a graduate of the Europagymnasium Leoben, received several awards for her pre-scientific work. First, the Young Science Inspiration Award 2022: Prof. Clemens Holzer, Head of the Institute of Polymer Processing at the Montanuniversität Leoben, had found the pre-scientific work "Polymers for additive manufacturing in medical technology" inspiring and innovative and nominated it for the award. Furthermore, Lilian was awarded the GÖCH main prize, the medical technology prize (2nd place) of the FH Campus Linz, which is endowed with more than € 500, and the Hans-Riegel subject prize (1st prize) in the field of chemistry. VWA supervisor was Sigrid Diethart from the Europagymnasium and supervisor of the Institute of Polymer Processing Dipl.-Ing. Stephan Schuschnigg. ■

Mehrfache Auszeichnung Vorwissenschaftliche Arbeit







VERANSTALTUNGEN & SOCIAL ACTIVITIES

EVENTS & SOCIAL ACTIVITIES

2021

PPS Webinar - CAMed

Dieses erste Webinar, das von der Polymer Processing Society (PPS) am 15. Januar 2021 veranstaltet wurde, befasste sich mit der additiven Fertigung, einem aufstrebenden Forschungsgebiet, das weitreichende Auswirkungen auf die folgenden Bereiche hat, wie Materialentwicklung, Charakterisierung, Prozessmodellierung und -integration, Herstellung und vor allem Nischenanwendungen und die Wertschätzung der Verbraucher. Sechs renommierte Redner aus der Polymergemeinschaft stellten ihre Beiträge zur Forschung in diesem Bereich vor. Außerdem präsentierte Prof. Holzer (Leitung KV) den "Arburg Freeformer for Medical Applications" beim PSS Webinar vor. Mehr zum CAMed-Projekt auf Seite 34.

This first webinar, hosted by the Polymer Processing Society (PPS) on January 15, 2021, focused on additive manufacturing, an emerging area of research that has far-reaching implications in areas including materials development, characterization, process modeling and integration, manufacturing, and most importantly, niche applications and consumer appreciation. Six renowned speakers from the polymer community presented their contributions to research in this field. In addition, Prof. Holzer (Head of KV) presented the "Arburg Freeformer for Medical Applications" at the PSS webinar. More about the CAMed project on page 34.



Leichtbautag in Spielberg „Biobasierte Kunststoffe für den Leichtbau“

Am Dienstag, den 8. Juni 2021 war es endlich wieder so weit: Mit dem ACstyria Leichtbautag fand nach langer Zeit wieder eine Cluster-Veranstaltung live und vor Ort statt. Unter strengen Hygienerichtlinien und mit beschränkter Teilnehmer*innenzahl war es am Red Bull Ring wieder möglich, persönlich zu Netzwerken und Vorträgen zu lauschen. Auch eine Delegation der Kunststofftechnik Leoben war vertreten: Prof. Gerald Pinter (Leitung WPK), Dr. Andrea Todorovic und Dipl.-Ing. Maria Gfrerrer (beide WPK) präsentierten neueste Erkenntnisse zur Leichtbauforschung am Department. Todorovic hielt dabei sogar die Key-Note des Events und sprach über ihre Arbeiten zu Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen mit 100% biobasiertem Kohlenstoffanteil.

On Tuesday, June 8, 2021, the time had finally come again: With the ACstyria Leichtbautag, a cluster event took place live and on site again after a long time. Under strict hygiene guidelines and with a limited number of participants, it was once again possible to network in person and listen to presentations at the Red Bull Ring. A delegation of Kunststofftechnik Leoben was also represented: Prof. Gerald Pinter (Head of WPK), Dr. Andrea Todorovic and Dipl.-Ing. Maria Gfrerrer (both WPK) presented the latest findings on lightweight construction research at the Department. Todorovic even gave the key note of the event and spoke about her work on high-performance fiber composites with 100% bio-based carbon content.

Hauptexkursion 2020/21 - quer durch Österreich Main excursion 2020/21 - across Austria

Die Hauptexkursion 2020/2021, organisiert durch die KV, konnte trotz der herrschenden dramatischen Corona-Situation veranstaltet werden. Von 4.-8. Oktober 2020 wurden neun Unternehmen mit 20 Studierenden und zwei Begleitpersonen – Prof. Clemens Holzer und Dipl.-Ing. Lukas Hentschel – besucht. Mehr dazu auf Seite 84.

The main excursion 2020/2021, organized by KV, could be held despite the prevailing dramatic Corona situation. From October 4–8, 2020, nine companies were visited with 20 students and two accompanying persons – Prof. Clemens Holzer and Dipl.-Ing. Lukas Hentschel. Read more on page 84.



29th Conference on Polymer Engineering and Science - 50 Years of Polymer Engineering and Science in Leoben

Das Department feierte unter dem Motto „50 Years of Polymer Engineering and Science in Leoben“ sein goldenes Jubiläum und lud gemeinsam mit dem Polymer Competence Center Leoben am 15. und 16. September 2021, nach einer Verschiebung um ein Jahr, zum 29. Leobener Kunststoffkolloquium.

The department celebrated its golden jubilee under the motto „50 Years of Polymer Engineering and Science in Leoben“ and, together with the Polymer Competence Center Leoben, invited guests to the 29th Conference on Polymer Engineering and Science on September 15 and 16, 2021, after a postponement of one year.

2022

Spanferkelgrillen | Suckling pig barbecue

Unser traditionelles Spanferkelgrillen mit Studienvertretung und dem Verband Leobener Kunststofftechniker fand auch endlich wieder im Juni 2022 in der Spritzgusshalle statt.

Our traditional suckling pig barbecue with student representatives and the „Verband Leobener Kunststofftechniker“ took place again in June 2022 in the injection molding hall.



Leitungswechsel | Change of line

Nach drei Jahren übergab Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler im Juli 2022 die Departmentleitung an Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern.

After three years, Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler handed over the department management to Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern in July 2022.



30th Conference on Polymere Engineering and Science and Farewell Colloquium Walter Friesenbichler

Das Department Kunststofftechnik und das PCCL luden am 15. und 16.09.2022 sehr herzlich zum 30. Leobener Kunststoffkolloquium zum Thema „Additive Manufacturing“ und „Farewell Colloquium of Walter Friesenbichler“ ein.

The Department Polymer Processing and PCCL cordially invited to the 30th Leoben Polymer Colloquium on the topic of "Additive Manufacturing" and "Farewell Colloquium of Walter Friesenbichler" on September 15/16, 2022.

LE Lauevent 2022 | LE running event 2022

Das LE-Lauevent fand heuer zum 13. Mal am 17.09.2022 statt. Drei Teams des Department Kunststofftechnik nahmen am KAIF-3er Staffelbewerb teil. Gesponsert wurde die Teilnahmegebühr von der MUL-Aktiv, die T-Shirts vom Department Kunststofftechnik, Prof. Wolfgang Kern. Die drei Teams erreichten in der Gesamtstaffelwertung die ausgezeichneten Plätze 23, 27 und 40 von insgesamt 77 Teams. In der Mixed-Team-Wertung wurden die Plätze 12, 16 und 25 von 45 Teams erreicht.

The LE running event took place this year for the 13th time on 17.09.2022. Three teams of the Department of Polymer Engineering and Science participated in the KAIF-3 relay competition. The participation fee was sponsored by MUL-Aktiv, the T-shirts by the Department of Polymer Engineering and Science, Prof. Wolfgang Kern.



Hauptexkursion 2022/23 Ausflug ins Ländle Main excursion 2022/23 A trip to Austria's "Ländle"

Anfang Oktober 2022 hat wieder die jährliche kunststofftechnische Fachexkursion im Rahmen des Masterstudiums stattgefunden. Die fünftägige Reise wurde von Prof. Schuecker, Leitung KKV, organisiert und ermöglichte 28 Studierenden fünf Tage lang einen Einblick in sieben Firmen, die im Bereich der Kunststofftechnik tätig sind. Mehr dazu auf Seite 85.
At the beginning of October 2022, the annual materials engineering excursion took place again as part of the master's program. The five-day trip was organized by Prof. Schuecker, KKV, and gave 28 students five days of insight into seven companies active in the field of Polymer Engineering and Science. Read more on page 85.





Am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe wurde am 2. November 2022 das neue Labor: „Polymere in kleinen Dimensionen“ eröffnet.

At the Institute of Materials Science and Testing of Polymers, the new laboratory: "Polymers in Small Dimensions" was opened on November 2, 2022.



Rage in the Cage - Kunststoff gegen Metall: Bodega Party

Die Studienrichtungen Kunststofftechnik und Metallurgie luden zur Bodega Party am 10.11.2022 ein. The study program „Polymer Engineering“ and „Metallurgie“ invited students to the Bodega Party on Nov. 10, 2022.



Nach dem Ausfall 2020 und 2021 fanden endlich wieder Weihnachtsfeiern und das traditionelle KomeTogether statt. After the failure of 2020 and 2021 Christmas parties and the traditionally KomeTogether finally took place again



KT Eishockeyspiel | KT Ice hockey game

Am 12. Dezember 2022 fand die 2. Eishockey-Spaßpartie der Kunststofftechnik in der Eishalle Leoben statt. Die insgesamt 19 Teilnehmer*innen spielten in den Teams PCCL und KT/MUL und es gab mit viel Einsatz, Spaß und vor allem verletzungsfrei ein Unentschieden. Demnächst muss es noch ein Rematch geben, um das Gewinner-Team zu bestimmen.

On December 12, 2022, the 2nd Polymer Engineering and Science ice hockey fun game took place in the ice rink in Leoben. The total of 19 participants* played in the teams PCCL and KT/MUL and there was a draw with a lot of commitment, fun and above all injury-free. Soon there will have to be a rematch to determine the winning team.





BACHELOR



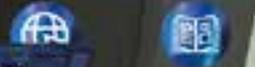
MASTER

KUNSTSTOFFTECHNIK



MASTER

INTERNATIONAL MASTER
IN SUSTAINABLE MATERIALS



Spritzgusshalle

Versuchslabor

Syntheselabor





HEREINSPAZIERT

**zum virtuellen Rundgang durch die
Montanuniversität Leoben**

IMPRESSUM

Für den Inhalt verantwortlich/
Responsible for the content:

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern

Layout und Redaktion

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

Bei einigen personenbezogenen Formulierungen wurde wegen der besseren Lesbarkeit des Textes auf das Nebeneinander von weiblicher und männlicher Form verzichtet. Natürlich gilt in jedem dieser Fälle genauso die weibliche Form.

Copyright Titelseite v.o.n.u. und l.n.r.: Foto Freisinger, Foto Freisinger, Montanuniversität Leoben, Kunststofftechnik Leoben.

Kontakt

Department Kunststofftechnik
an der Montanuniversität Leoben
Otto Glöckel-Straße 2 | 8700 Leoben | Österreich
+43 3842 402 2101 | kunststofftechnik@unileoben.ac.at
www.kunststofftechnik.at

[instagram.com/kunststofftechnikleoben](https://www.instagram.com/kunststofftechnikleoben)

[facebook.com/kunststofftechnikleoben](https://www.facebook.com/kunststofftechnikleoben)

www.youtube.com/@ktatmul

Contact

Department Polymer Engineering and Science
at Montanuniversität Leoben
Otto Glöckel-Straße 2 | 8700 Leoben | Austria
+43 3842 402 2101 | kunststofftechnik@unileoben.ac.at
www.kunststofftechnik.at