



ZWEIJAHRESBERICHT BIENNIAL REPORT

2019 - 2020



**KUNSTSTOFF
TECHNIK
LEOBEN**

www.kunststofftechnik.at

INHALTSVERZEICHNIS

TABLE OF CONTENTS

KUNSTSTOFFTECHNIK LEOBEN 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
Spritzgießen von Kunststoffen (SGK) Injection Molding of Polymers	11
Verarbeitung von Verbundwerkstoffen (VV) Processing of Composites	12
Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe (WPK) Materials Science and Testing of Polymers	13
Fachkompetenz entlang des Material- & Produktkreislaufs Expertise along the material & product cycle	14
FORSCHUNG & PROJEKTE RESEARCH & PROJECTS	16
Forschungsschwerpunkt ELASTOMERE Research objective ELASTOMERS	18
Forschungsschwerpunkt ADDITIVE FERTIGUNG Research objective ADDITIVE MANUFACTURING	26
Forschungsschwerpunkt INTELLIGENTE PRODUKTION Research objective SMART PRODUCTION	34
Forschungsschwerpunkt LEICHTBAU Research objective LIGHTWEIGHT DESIGN	40
Forschungsschwerpunkt NACHHALTIGKEIT Research objective SUSTAINABILITY	46
LEHRE & AUSBILDUNG ACADEMIC TEACHING & EDUCATION.....	56
KOOPERATIONEN & PARTNER COOPERATIONS & PARTNERS.....	72
EHRUNGEN & PREISE HONORS & AWARDS	78
VERANSTALTUNGEN & SOCIAL ACTIVITIES EVENTS & SOCIAL ACTIVITIES	84



© Foto Jörgler

Departmentleitung

Univ.-Prof. Dr.
Walter Friesenbichler

Wir alle leben in einer sehr spannenden, durch COVID-19 geprägten, und so noch nie dagewesenen Zeit voller Veränderungen. Wir an der Montanuniversität Leoben konnten durch stete Sensibilität und strikte Verhaltensregeln die negativen Auswirkungen der Pandemie auf Forschung und Lehre und den Studienablauf für unsere Studierenden geringhalten. Allerdings blieben auch wir nicht ganz von der Pandemie verschont: Im akademischen Jahr 2019/20 wollte die Kunststofftechnik Leoben ihr 50-jähriges Bestehen würdig feiern und zu drei unserer fünf Zukunftsthemen die neuesten Aspekte im 29. Leobener Kunststoffkolloquium diskutieren. Pandemiebedingt wird dieses Fest am 15. und 16. September dieses Jahres in hybrider Form nachgeholt. Schon jetzt laden wir Sie sehr herzlich hierzu ein. Ein striktes COVID-19 Hygienekonzept wird für Ihre Sicherheit sorgen.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts haben sich die Polymere hervorragend entwickelt und eine bedeutende Position unter den Werkstoffen erobert. Zu Beginn dieses Jahrhunderts bezeichneten viele Expertinnen*en Polymere aufgrund ihres Leichtbaupotenzials und ihrer einstellbaren Eigenschaften als die „Werkstoffe des 21. Jahrhunderts“. Gerade die COVID-19 Pandemie hat uns allen die Unverzichtbarkeit von polymeren Werkstoffen drastisch vor Augen geführt. In unserer globalisierten Wohlstands-, Wissens-, Kommunikations- und Industriegesellschaft und in Medizintechnik und Gesundheitsversorgung würde ohne Polymere fast nichts mehr funktionieren. Heute stehen wir durch die Globalisierung und den Klimawandel aber auch vor enormen Herausforderungen. Kunststoffe werden heute als Umweltverschmutzer gebrandmarkt, und in vielen Ländern wird die Vermeidung von Kunststoffen propagiert. Es ist zweifellos richtig, dass die Polymerwissenschaft und -technik sowie die Industrie deutlich mehr Verantwortung für den nachhaltigen Einsatz von Kunststoffen übernehmen müssen. Wiederverwendbare Kunststoffprodukte, stoffliches und chemisches Recycling, End-of-Life-Szenarien von Kunststoffprodukten und Kreislaufwirtschaft müssen die bestimmenden Faktoren für den Einsatz von Kunststoffen als Werkstoff der Zukunft sein. Und daran arbeitet heute nahezu die gesamte kunststofftechnische Fachwelt intensiv. So auch die Montanuniversität und das Department Kunststofftechnik.

Das 2010 gegründete Department Kunststofftechnik umfasste mit Jahresende 2020 sechs Lehrstühle mit insgesamt 90 VZÄ an Beschäftigten (Stand Ende 2020). Kapitel 1 gibt hierzu eine kurze Einleitung und weitergehende Details. Unser Ziel ist es, die Wertschätzung für polymere Werkstoffe in der Gesellschaft wieder zu erhöhen, einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der Herausforderungen der Zukunft in Bezug auf Umweltschutz, Klimawandel und Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen zu leisten und junge Absolvent*innen auf ihrem Weg in Industrie und Wirtschaft mit einer forschungsbasierten Ausbildung zu unterstützen. Polymere Werkstoffe sollen in Zukunft nicht als Problem wahrgenommen werden. Wir sind überzeugt, dass sie schon heute Teil der Lösung sind und es in Zukunft noch mehr sein werden! In Kapitel zwei finden Sie zu den fünf Schwerpunktthemen Elastomere, Additive Fertigung, Intelligente Produktion, Leichtbau und Nachhaltigkeit ausgewählte Ergebnisse unserer Forschung aus den Jahren 2019 und 2020. In Lehre und Ausbildung sind wir bestrebt, unser Kunststofftechnik-Studienprogramm stetig weiterzuentwickeln, gemeinsame Studienprogramme mit Universitäten in anderen Ländern zu entwickeln und Schüler*innen mit großem Engagement durch vielseitige Programme und In-House Aktivitäten für die Kunststofftechnik zu motivieren. Stolz sind wir auf drei weitere Habilitationen, davon zwei am Department und eine von extern. Kapitel 3 liefert hier weitere Details und Highlights. Einen kurzen Überblick zu unseren Kooperationspartnern, innerhalb und außerhalb der Universität, liefert Kapitel 4 und verdeutlicht unsere ausgezeichnete Vernetzung. Die Bestätigung aus unserer Community in Form von Auszeichnungen und anderen Anerkennungen haben wir in Kapitel 5 aufbereitet. Das abschließende Kapitel fasst die wesentlichen Events und andere Aktivitäten zusammen, die wir (mit-) organisiert haben, um mit unserer Community im Kontakt zu sein.

Das hochmotivierte Team des Departments hat für Sie die wichtigsten und interessantesten Informationen zusammenzutragen, die Ihnen einen guten Überblick über die vergangenen zwei Jahre des Departments geben. Im Namen aller unserer Beschäftigten wünsche ich Ihnen eine angenehme Lektüre.

-

We are all living in a very exciting time full of changes, shaped by COVID-19 and never seen before. We at the Montanuniversität Leoben were able to minimize the negative impact of the pandemic on research and teaching and the course of studies for our students through constant sensitivity and strict rules of conduct. However, we were not completely spared from the pandemic: In the academic year 2019/20, Polymer Engineering and Science Leoben wanted to celebrate its 50th anniversary in a dignified way and discuss the latest aspects of three of our five future topics in the 29th Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science. Due to the pandemic, this celebration will be held in hybrid form on September 15 and 16 of this year. Already now we cordially invite you to this event. A strict COVID-19 hygiene concept will ensure your safety.

In the second half of the 20th century, polymers have developed excellently and gained a significant position among materials. At the beginning of this century, many experts referred to polymers as the "materials of the 21st century" due to their lightweight potential and adjustable properties. The COVID-19 pandemic in particular has drastically demonstrated to us all the indispensability of polymer materials. In our globalized society of prosperity, knowledge, communication and industry, and in our medical technology and health care, almost nothing would function without polymers. But today, we also face enormous challenges due to globalization and climate change. Polymers are now branded as polluters, and in many countries the avoidance of polymers is being propagated. It is undoubtedly true that polymer science and technology, as well as the plastics industry, must take much more responsibility for the sustainable use of polymers. Reusable polymeric products, material and chemical recycling, end-of-life scenarios of polymeric products and circular economy must be the determining factors for the use of polymers as a material of the future. And almost the entire plastics technology world is working intensively on this today. Also at the Montanuniversität Leoben and the Department of Polymer Engineering and Science, circular economy, the correct and economical use of materials and recycling have great dominance.

Founded in 2010, the Department of Polymer Engineering and Science com-

prised six chairs with a total of 90 FTEs of employees as of year-end 2020. Chapter 1 provides a brief introduction and further details on this. Our goal is to restore society's appreciation for polymer materials, to make a significant contribution to solving the challenges of the future with regard to environmental protection, climate change and the circular economy of polymers, and to support young graduates on their way into industry and business with a research-based education. Polymer materials should not be perceived as a problem in the future. We are convinced that they are already part of the solution today and will be even more so in the future! In chapter two, you will find selected results of our research from 2019 and 2020 on the five key topics elastomers, additive manufacturing, smart production, lightweight construction and sustainability. Our research aims to build methodological expertise and focus on industry-relevant issues. The general dissemination of the results developed in this context takes place in an ever-increasing number of peer-reviewed and conference publications as well as international lectures. In teaching and training, we strive to continuously develop our Polymer Engineering and Science study program, to develop joint study programs with universities in other countries, and to motivate students with great commitment to polymer engineering through versatile programs and in-house activities. We are proud of three more habilitations, two of them at the department and one from outside. Chapter 3 provides more details and highlights here. A brief overview of our cooperation partners, inside and outside the university, is provided in Chapter 4 and illustrates our excellent networking. We have prepared the confirmation from our community in the form of awards and other recognitions in chapter 5. The final chapter summarizes the major events and other activities we have organized to be in touch with our community.

The Department's highly motivated team has worked to compile the most important and interesting information that will give you a good overview of the Department's past two years. On behalf of all our employees, I wish you an enjoyable read.

Glück Auf!
Prof. Walter Friesenbichler



Vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt

From raw material to final component



Seit mittlerweile mehr als 50 Jahren ist die Kunststofftechnik Leoben international anerkannter Forschungs- und Ausbildungspartner für Betriebe aus Industrie, Wirtschaft und für Hochschulen.

Alles unter einem Dach

Das Department für Kunststofftechnik und seine sechs Lehrstühle sind der universelle Ansprechpartner für kunststofftechnische Fragestellungen: Projekte jeder Größenordnung befassen sich mit der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Kunststoffen, der Erforschung ihrer physikalischen, chemischen und technologischen Eigenschaften sowie mit Recycling und End-of-life-Szenarien. Das Ziel ist die Erschließung neuer Anwendungsgebiete für Kunststoffe, die Auswahl bzw. Entwicklung eines für eine bestimmte Anwendung am besten geeigneten Kunststoffs, technologische Optimierungen der Verarbeitungsprozesse, die werkstoffgerechte Auslegung von Bauteilen sowie die Entwicklung und Optimierung von Recycling- und Wiederverwertungs-Technologien.

Ausbildungspartner

Neben Forschungstätigkeiten ist die Kunststofftechnik Leoben auch ein wichtiges Ausbildungszentrum. Die wichtigsten kunststofftechnischen Fachbereiche im Produktkreislauf sind in das Studium integriert. Die fundierte Ausbildung, in Kombination mit dem sechsmonatigen Pflichtpraktikum, bereitet die Studierenden optimal auf das Berufsleben vor.

For more than 50 years now, the Department Polymer Engineering and Science has been an internationally recognized research partner for companies from industry as well as universities.

All under one roof

The Department of Polymer Engineering and Science consists of six chairs (professorships) which undertake high-quality research in all fields of polymer science. Projects of all sizes deal with the production, processing and application of polymers, research into their physical, chemical and technological properties, as well as recycling and end-of-life scenarios. The aim is to open up new areas of application for plastics, to select or develop a polymer best suited to a particular application, to technologically optimize processing procedures, to design components to suit the material, and to develop and optimize recycling and reuse technologies.

Excellent study program

In addition to research activities, the Department is also an important training center. The most important polymer technology specialist areas in the product cycle are integrated into the study program. The well-founded training, in combination with the six-month compulsory internship, optimally prepares students for professional life. ■



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 technicians
- Modern machinery and excellent infrastructure on over 6000 m²
- More than 260 written 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 befasst sich 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 Stereolithografie (3D- und 4D Druck). Die personelle Grundausstattung des Lehrstuhls umfasst zwei Universitätsprofessoren (W. Kern, T. Griesser), einen außerordentlichen Universitätsprofessor (N. Aust), einen Assistenzprofessor (G. Rieß), zwei Universitätsassistentinnen (Ch. Bandl, St. Müller) sowie drei allgemeine Bedienstete. Eine weitere wesentliche Säule sind drittmittelfinanzierte Forschungsprojekte und Untersuchungsaufträge aus der Industrie. Aus diesen Drittmitteln werden zusätzliche Mitarbeiter (8,4 VZÄ) beschäftigt (Stand 10/2020). Darüber hinaus tragen Mitarbeiter des PCCL, die ihre Forschungsarbeit am Lehrstuhl ausführen, entscheidend zu seinem Erfolg bei.

Ein besonderes Highlight war im Oktober 2019 die Verleihung der H.F. Mark Medaille an Prof. Wolfgang Kern sowie seine Wahl zum Österreicher des Jahres in der Kategorie „Forschung“. Ein großer Erfolg für Thomas Griesser war seine Ernennung zum Universitätsprofessor für das Fach „Lichtreaktive Polymersysteme“ im Dezember 2020 (s. S. 81 und S. 66).

Folgende Themen werden am Lehrstuhl behandelt:

- Photochemie an Polymeren (Synthese und Photostrukturierung UV-reaktiver

Polymeren, lichtinduzierte Polymerisation, optische Strukturen)

- 3D-Druck mit biokompatiblen und lichtreaktiven Harzsystemen
- Polymer-Composite und Nano-Composite (Herstellung und Charakterisierung)
- Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen und Textilgeweben
- Funktionalisierung von anorganischen Oberflächen (z.B. Metallen) und Partikeln mit organischen Gruppen
- antiadhäsive Beschichtungen für Formen und Werkzeuge
- Molekulare Charakterisierung von Polymeren (z.B. Größenausschluss-Chromatographie, FTIR und NMR Spektroskopie)
- Charakterisierung von Oberflächen (z.B. mit XPS-Spektroskopie)
- Erforschung neuer Materialsysteme für die „gedruckte Elektronik“

Regarding education and science, the Institute is active in the fields of macromolecular chemistry, physical chemistry of polymers, and molecular characterization of polymeric materials. Furthermore, special research areas are worked on, including the photochemistry of polymers, surface / interface chemistry, as well as reactive resins and monomers for stereolithography (3D, 4D printing). The basic staffing comprises two full professors (W. Kern, T. Griesser), an associate professor (N. Aust), an assistant professor (G. Rieß), two university assistants (Ch. Bandl, St. Müller) and three general staff members. Third-party funded research projects and research assignments from industry are another essential pillar.

Additional employees (8.4 FTE) are employed from these third-party funds (as of 10/2020). In addition, employees of the PCCL who carry out their research work at the institute make a decisive contribution to its success.

A special highlight in October 2019 was the H.F. Mark Medal to Prof. Wolfgang Kern and his election as Austrian of the Year in the category "research". A great success for Thomas Griesser was his appointment as university professor for the subject "Light-reactive polymer systems" in December 2020 (s. p. 81 and p. 66).

The following topics are currently being dealt with

- Photochemistry of polymers (synthesis and photo structuring of UV-reactive polymers, light-induced polymerization, optical structures)
- 3D printing with biocompatible and light-reactive resin systems
- Polymer composites and nano-composites (preparation and characterization)
- Surface modification of polymers and textile fabrics
- Functionalization of inorganic surfaces (e.g. metals) and particles with organic groups
- Anti-adhesive coatings for molds and tools in polymer processing
- Molecular characterization of polymers (e.g. size exclusion chromatography, FTIR and NMR spectroscopy)
- Characterization of surfaces (e.g. with XPS spectroscopy)
- Investigation of novel materials for printed electronics. ■

Lehrstuhlleitung | Head



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

Forschungsschwerpunkte

Der Lehrstuhl für Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen beschäftigt sich mit der 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.

Das übergeordnete Ziel ist dabei immer die Optimierung des Material- oder Bauteilverhaltens für einen bestimmten Zweck, wie z. B. bessere Steifigkeits-, Dämpfungs- oder Ermüdungseigenschaften. Die Simulation ist dazu ein optimales Werkzeug, um die komplexen Zusammenhänge zwischen Struktur und Material im Detail zu untersuchen und zu verstehen. So können schlussendlich bessere, langlebigere oder leichtere Bauteile und Produkte am Computer entwickelt werden.

Kolloquium 2019 & Schüler Award

Eines der wichtigsten Ereignisse in den letzten beiden Jahren war das 28. Leobener Kunststoff-Kolloquium 2019, das sich mit allen Aspekten der Simulation in der Kunststofftechnik beschäftigte und die gesamte Breite der Anwendungsmöglichkeiten, vom Material über den Prozess bis zum Bauteil, abdeckte. Unter anderem konnten auch hochkarätige Vortragende aus dem Ausland von so renommierten Institutionen wie dem NASA Langley Research Center, der Texas A&M University und der schweizerischen EMPA Sankt Gallen gewonnen werden.

Ein besonderes Highlight war jedoch die erstmalige Verleihung des POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD für die besten vorwissenschaftlichen Arbeiten im Bereich Kunststofftechnik. Der mit 1.500,- EUR dotierte erste Platz ging



dabei an ein Schülerinnen-Team des TGM in Wien für ihre Diplomarbeit zum Thema Optimierung kompostierfähiger Lebensmittelverpackungen.

Research Focus

The Institute for Designing Plastics and Composite Materials is generally concerned with modeling and simulation in the field of solid and structural mechanics specifically for issues related to polymer materials. The research projects range from micro-structural modeling 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 component simulations.

The overall goal in all cases is to optimize the material or component behavior for a specific purpose, such as better stiffness, damping or fatigue properties. Simulation is an optimal tool to investigate and understand the complex interactions between structure and material in detail. Based on this, it will be possible to develop better, more durable or lighter components on the computer in the future.

Colloquium 2019 & Student Award

One of the most important events in the last two years was the

28. Leoben-Conference on Polymer Engineering & Science 2019, which addressed all aspects of simulation in plastics technology and covered the entire range of possible applications, from material to process to component. Among others, distinguished international speakers from such renowned institutions as NASA Langley Research Center, Texas A&M University, and Switzerland's EMPA in Sankt Gallen could also be attracted.

A special highlight, however, was the award ceremony for the first-ever POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD for the best pre-scientific work in the field of plastics engineering. First place, endowed with 1.500,- EUR, was awarded to a team of students from the TGM in Vienna for their diploma thesis on the optimization of compostable food packaging. ■

Lehrstuhlleitung | Head



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 | Head



Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer

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

Spritzgießen von Kunststoffen (SGK)

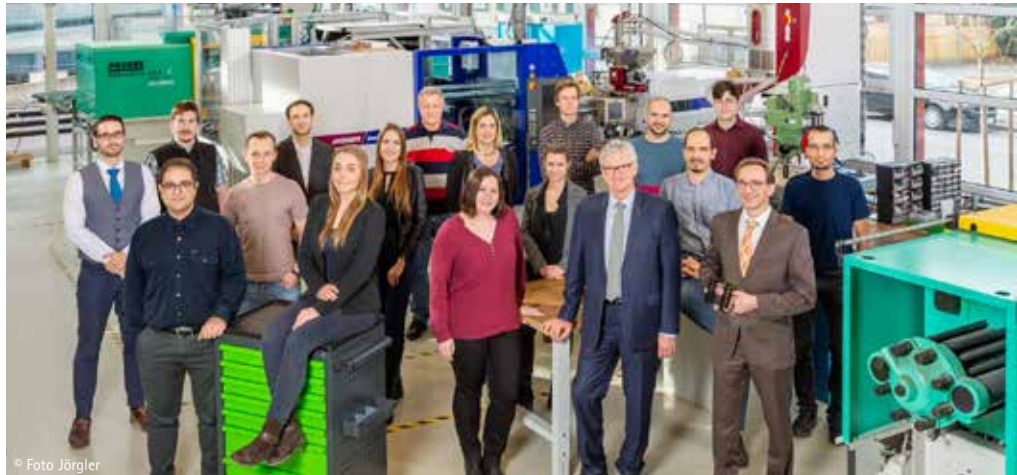
Injection Molding of Polymers

Wir am Lehrstuhl für Spritzgießen von Kunststoffen sehen unsere Aufgabe darin, diese Technologie hinsichtlich Simulation, Prozessführung und produkt-adaptiver Regelung (Industrie 4.0), Wirtschaftlichkeit und neuer Verfahren weiterzuentwickeln. International anerkannte Kompetenz haben wir in den Bereichen Kautschukspritzgießen, integrative Simulation und Materialdatenmessung mit Fokus auf Viskositätsmessungen von Kautschuk- und hochgefüllten Kunststoffcompounds auf Spritzgießmaschinen, dem Verschleiß von Kunststoff-Formenstählen sowie der viskoelastischen Modellierung von Schmelzeströmungen inklusive der hierbei notwendigen Adaptierung der Viskositätsmodelle für höher gefüllte Polymere. Dieses Arbeitsgebiet wird durch die fortschreitende Digitalisierung im Hinblick auf genauere Simulationsvorhersagen stark an Bedeutung gewinnen.

In der Lehre wollen wir den Studierenden neben dem spritzgießtechnischen Fachwissen vernetztes Denken und Problemlösungskompetenz vermitteln. In der Forschung ist für uns die Zusammenarbeit mit der Kunststoffindustrie und -wirtschaft von zentraler Bedeutung.

Schwerpunkte:

- Angewandte Rheometrie auf Maschinen für Thermoplaste und Kautschuke
- Spritzgussimulation für Thermoplaste und Elastomere
- Viskoelastische Materialmodelle und Strömungs-Simulation von Polymer-schmelzen
- Prozessoptimierung und robuste Prozessführung für Elastomere und Thermoplaste mit besonderem Fokus auf Machine Learning Methoden und KI-basierte Regelung der Bauteilqualität (in Kooperation mit dem PCCL)
- Kautschukspritzgießen (in Kooperation mit dem PCCL)
- Variothermes Spritzgießen für Thermoplaste und Elastomere
- Spritzgießcompoundieren als energieeffizientes Verfahren für die



Herstellung von Thermoplastbauteilen aus Regeneraten

- Oberflächenstrukturen und Erscheinungsbild von Spritzgießteilen (in Kooperation mit dem PCCL)
- Verschleiß an Kunststoff-Formstählen

We at the Institute of Injection Molding of Polymers see our task in further developing this technology with regard to simulation, process control and product-adaptive control (Industry 4.0), economic efficiency and new processes. We have internationally recognized expertise in the areas of rubber injection molding (IM), integrative simulation and material data measurement with a special focus on viscosity measurement of rubber and highly filled plastic compounds on injection molding machines, the wear on plastic mold steels as well as viscoelastic modeling of melt flows including the adaptation of viscoelastic models for highly filled polymers. This field of work will become increasingly important due to the advancing digitalization with regard to more accurate simulation predictions.

In academic and post-graduate education, we want to impart networked thinking and problem-solving skills to students in addition to injection molding expertise. In research, cooperation with the plastics industry and economy is of central importance to us.

Our main research topics are:

- Applied rheometry on IM machines for thermoplastics and rubbers
- IM simulation for thermoplastics and elastomers
- Viscoelastic material models and simulation of polymer melt flows
- Process optimization and robust process control for elastomers and thermoplastics with special focus on machine learning methods and AI-based control of part quality (in coop. w. the PCCL)
- Rubber IM (in coop. w. the PCCL)
- Variothermal IM for thermoplastics and elastomers
- IM compounding as an energy-efficient process for the production of thermoplastic components from reclaimed materials
- Characterization of surface topography and visual appearance of parts (in coop. w. the PCCL)
- Wear on plastic mold steels ■

Lehrstuhlleitung | Head



Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler
walter.friesenbichler@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2901

Verarbeitung von Verbundwerkstoffen (VV)

Processing of Composites



© Foto Freisinger

Im Oktober 2010 nahm der Lehrstuhl seine Arbeit auf. Mittlerweile zehn Jahre lieferten wertvolle Beiträge im Bereich Forschung und Entwicklung in verschiedenen Themenblöcken und tragen damit zur Stärkung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit in Österreich bei. Leichtbaulösungen in der ganzen Breite vom Mobilitäts- bis hin zum Gesundheitsbereich und Technologien für die sichere Energieversorgung stellen Beispiele für die sehr unterschiedlichen Anwendungsbereiche dar. Gleichzeitig ist die Umsetzung von Materialentwicklungen auf Basis nachwachsender Rohstoffe mit starker Fokussierung auf Fragestellungen zur Nachhaltigkeit notwendig. Der Lehrstuhl bearbeitet Forschungsthemen beginnend mit einem guten Verständnis für das Material und zielführend hin zu optimierten Verarbeitungsprozessen.

In den Jahren 2019 und 2020 wurden etablierte Arbeitsthemen (Legetechnik und Infiltrationsverfahren) kontinuierlich fortgeführt. Mit der robotergestützten Wickeltechnik und dem Thermoformen sind weitere dazu gekommen. Kooperative Verbundvorhaben dienen dabei als Brücke, um in Zusammenarbeit mit Industriepartnern anwendungsrelevante

Fragestellung zu bearbeiten und gleichzeitig wissenschaftliche Tiefe zu erreichen. Ergebnisse aus den Themenstellungen fließen in die Lehre mit ein und den Studierenden wird ergänzend die Gelegenheit geboten, praktische Erfahrungen durch Mitarbeit in den Projekten zu sammeln. Es wurden vier geförderte Vorhaben erfolgreich abgeschlossen, darunter auch das Christian Doppler Labor für Hocheffiziente Composite Verarbeitung (CD-Labor, s. S. 41) nach Ablauf der regulären siebenjährigen Laufzeit. Bereits 2019 wurde ein neues Projekt gestartet. Ein weiteres Projekt mit dreijähriger Laufzeit wurde Ende 2020 bewilligt. Aufgrund des auslaufenden CD-Labor war der Personalbestand leicht rückläufig. Mit insgesamt 20 Personen (14,2 VZÄ; Stand Dezember 2020), wurde ein konsolidiertes Niveau am Lehrstuhl erreicht.

October 2010 the Institute of Processing of Composites started to work. In the meantime, ten years delivered valuable contributions in the field of research and development and contributed in strengthening of industrial competitiveness in Austria in various

different thematic areas. Lightweight solutions in the whole range from the mobility to the health sector and technologies to ensure save energy supply do represent examples of very different application areas. At the same time material development based on renewable resources and focusing sustainability are required. The research group is elaborating research topics starting with a good understanding about the material and resulting in optimized manufacturing processes.

In 2019 and 2020 established research topics (placement and infiltration processes) were pursued continuously. Robot based winding and thermoforming started as new topics. Cooperative projects are building the bridge, enabling research work on application related topics together with industry on the one hand side and elaborating fundamental scientific results on the other hand side. Research results elaborated contributed in teaching and students do have possibility to be involved in projects and improve their practical experience. Four funded projects have been finished successfully, including the Christian Doppler Laboratory for Highly Efficient Composites Processing (CD-Lab, s. p. 41), which ended regularly after a duration of seven years. Already in 2019, a new project started and a further 3-years project received approval at the end of 2020. Due to termination of the CD-Lab, staff decreased slightly. In total 20 Persons (14.2 FTE) represent the consolidated staff of the group. ■

Lehrstuhlleitung | Head



Univ.-Prof. Dr. Ralf Schledjewski

ralf.schledjewski@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2700

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 Prüfmethoden, um dadurch einen Beitrag zu technologischem Fortschritt und nachhaltiger Entwicklung zu leisten. Dazu kooperieren wir mit zahlreichen Partnern aus Wissenschaft und Industrie aus der ganzen Welt und gehören zu den weltweit führenden Forschungsgruppen auf dem Gebiet des Verformungs- und Versagensverhaltens von Polymeren und Verbundwerkstoffen unter komplexer Belastung.

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** – Reliability of 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** – Reliability of 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 | Head



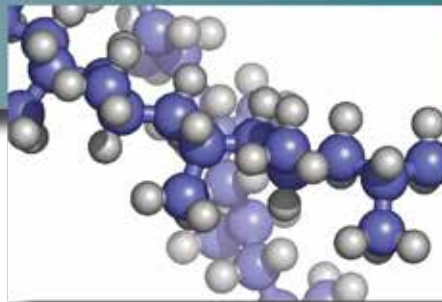
Univ.-Prof. Dr. Gerald Pinter
 gerald.pinter@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2101

Fachkompetenz entlang des Material- & Produktkreislaufs

Expertise along the material & product cycle

Vom Rohstoff

From the raw material



Nachhaltig

sustainable

Getreu dem Leitbild „vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt“ stellt 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 ility & 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. ■

Forschung an der Kunststofftechnik Leoben

Research at the Department of Polymer Engineering and Science Leoben

Polymere und polymerbasierte Verbundwerkstoffe sind perfekte Materialien, um sich gesellschaftlichen Herausforderungen in allen Bereichen zu stellen, z.B. Gesundheit, Lebensmittelsicherheit, saubere Energie, Verkehr usw., und das entlang des gesamten Material- & Produktkreislaufs. Das Department für Kunststofftechnik fokussiert sich daher auch in seiner Forschungstätigkeit gezielt darauf, Lösungen für diese Herausforderungen zu finden und damit auch die Industrie zu unterstützen. Ein Großteil der in diesem Bereich tätigen Industrie sind KMUs, und die Stimulierung von Innovationen durch den Transfer neuester Forschungsergebnisse von der Wissenschaft in die Industrie ist ein wichtiges Ziel. Dabei versuchen wir immer auch grundlegende Forschung mit anwendungsbezogenem Verständnis zu verknüpfen.

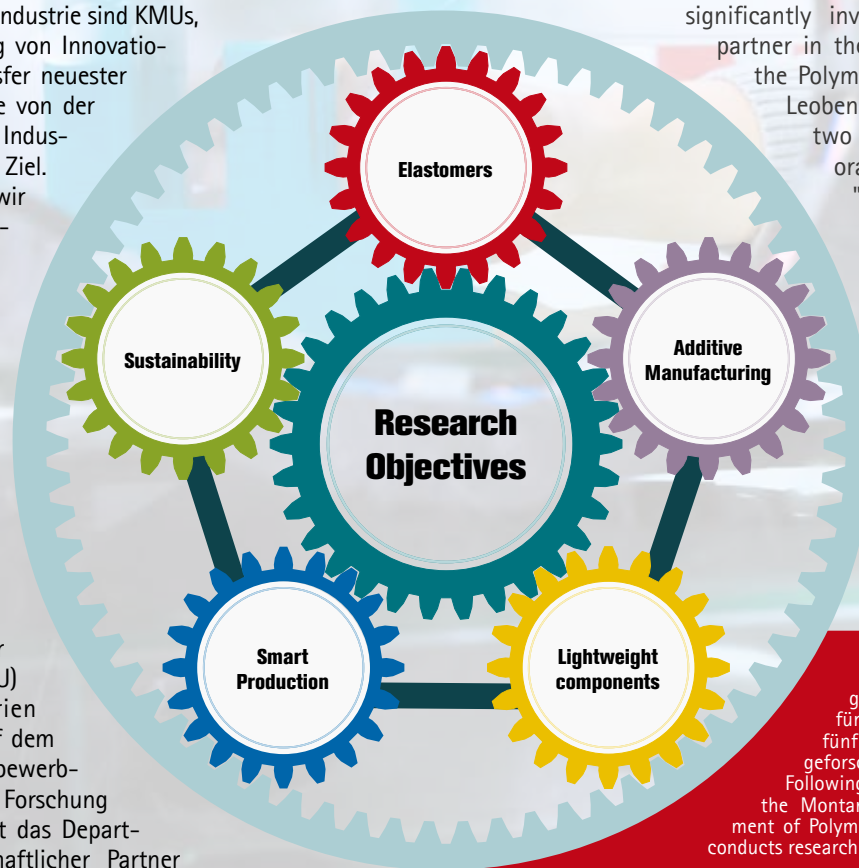
Die operative Umsetzung der Themen erfolgt größtenteils in geförderten Projekten, wobei unterschiedliche nationale oder internationale (EU) Förderinstrumentarien genutzt werden. Auf dem Gebiet der vorwettbewerblichen, kooperativen Forschung mit Unternehmen ist das Department als wissenschaftlicher Partner maßgeblich am Forschungsprogramm der Polymer Competence Center Leoben GmbH beteiligt. Zudem stärken das Forschungsprofil der Kunststofftechnik in Leoben zwei Christian Doppler Labore zu den Themen „Funktionelle Druckertinten auf Polymerbasis“ (Leiter: Univ.-Prof. Dr. Thomas Griesser) und „Hocheffiziente Composite Verarbeitung“ (Leiter: Univ.-Prof. Dr. Ralf Schledjewski).

Thematisch werden am ZKT fünf Forschungsschwerpunkte bearbeitet: Elastomere, Additive Fertigung,

Intelligente Produktion, Leichtbau und Nachhaltigkeit. Und genau diese Schwerpunktsetzung spiegelt sich auch in den Beiträgen auf den folgenden Seiten wieder: sie bieten einen Einblick in die breit aufgestellte Forschungstätigkeit der letzten beiden Jahre; in zahlreichen Einzelprojekten wurden zentrale Fragestellungen bearbeitet und innovative Lösungsansätze generiert.

innovations through the transfer of the latest research results from science to industry is an important goal. The aim is always to combine fundamental research with application-oriented understanding.

The operational implementation of the topics is mostly done in funded projects, using different national or international (EU) funding instruments. In the field of pre-competitive, cooperative research with companies, the department is significantly involved as a scientific partner in the research program of the Polymer Competence Center Leoben GmbH. In addition, two Christian Doppler Laboratories on the topics of "Functional and Polymer Based Inkjet Inks" (Head: Univ.-Prof. Dr. Thomas Griesser) and "Highly Efficient Composite Processing" (Head: Univ.-Prof. Dr. Ralf Schledjewski) strengthen the research profile of plastics engineering in Leoben.



Dem Leitprinzip der Montanuniversität folgend, wird am Department für Kunststofftechnik in fünf Schwerpunkt-Bereichen geforscht. -

Following the guiding principle of the Montanuniversität, the Department of Polymer Engineering & Science conducts research in five main areas.

Polymers and polymer-based composites are perfect materials to address societal challenges in all areas, e.g. health, food safety, clean energy, transport, etc. and along the entire material & product cycle. The Department of Polymer Engineering and Science therefore also focuses its research activities on finding targeted solutions to these challenges and thus also supporting industry. A large part of the industry active in this field are SMEs and the stimulation of

Thematically, the research focuses on five main areas: elastomers, additive manufacturing, smart production, lightweight construction and sustainability. And it is precisely this focus that is reflected in the articles on the following pages: they offer an insight into the broadly based research activities of the last two years; in numerous individual projects, central questions were addressed and innovative approaches to solutions were generated. ■



FORSCHUNG & PROJEKTE

RESEARCH & PROJECTS

2

Forschungsschwerpunkt ELASTOMERE

Research objective ELASTOMERS

Das stark interdisziplinäre Forschungsfeld Elastomertechnologie blickt in Leoben auf eine langjährige Erfolgsgeschichte zurück und befasst sich in zukunftsweisenden Forschungsarbeiten mit der Simulation, der Materialentwicklung, der Verarbeitung sowie der Charakterisierung von elastomeren Werkstoffen.

Das Hauptaugenmerk der Forschungsschwerpunkte im Bereich **Simulation und Charakterisierung** von Elastomeren liegt auf der Vorhersage der Zuverlässigkeit und der Lebensdauer elastomerer Werkstoffe unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen und komplexen Lastzuständen. Die Versagensmechanismen von Elastomeren und Elastomerkompositen werden unter anwendungsnahen Bedingungen im Detail untersucht, um wesentliche Grundlagen für die Entwicklung von „ausfallsicheren“ Fördergurten, Dichtungen oder Schläuchen zu erarbeiten.

Im Bereich **Elastomerchemie** werden Elastomere mit hoher elektrischer Leitfähigkeit entwickelt, die ihre elektrischen Eigenschaften auch in einem stark gedehnten Zustand beibehalten. Darüber hinaus werden adaptive Elastomere synthetisiert, die ihre chemische Struktur und Materialeigenschaften an Umgebungsbedingungen anpassen können. In Kombination mit der Designfreiheit von additiven Ferti-

gungsverfahren sind diese Werkstoffe Wegbereiter für maßgeschneiderte aktive Komponenten in Soft Robotik-, Biomedizin-, Sensorik- und (Mikro) Elektronik-Anwendungen.

Die Forschung im Bereich **Elastomerverarbeitung** beschäftigt sich mit der Prozesssimulation (u. a. Vorhersage der Bauteilqualität) sowie der Entwicklung neuer Konzepte für fehlerfreie Produktionsprozesse. Um Verarbeitungsprozesse für das digitale Zeitalter auszurüsten werden Regelungssysteme entwickelt, die in der Lage sind sich an Änderungen im Prozess und der Kautschukmischung anzupassen. Diese Arbeiten werden durch verbesserte Simulationsmodelle unterstützt, die durch die Einbeziehung viskoelastischer Materialdaten die Dosier- und die Einspritzphase mit einer höheren Genauigkeit beschreiben.

The highly interdisciplinary research topic elastomer technology is a long-standing success story in Leoben and focuses on forward-looking research activities on the simulation, material development, processing and characterization of elastomeric materials.

Research on simulation and characterization of elastomers is devoted to the reliability of elastomers under

demanding environments and complex loads. Failure mechanisms of elastomers and elastomer composites are studied under operational conditions, which are crucial for the development of the next generation of "fail-safe" conveyor belts, seals or hoses.

In the field of elastomer chemistry, elastomers with high electrical conductivity are developed, which retain their electrical properties even under high elongations. Moreover, adaptive elastomers are synthesized, which change their material characteristics in response to external stimuli. In combination with additive manufacturing techniques, these new materials are interesting candidates for the fabrication of customized soft actuators, soft robotics, sensors, biomedical or (micro)electronic devices.

Elastomer processing is dedicated to process simulation (e.g. prediction of part quality) and strategies towards zero-failure processing. To prepare elastomer processing for the digital age, a machine control system is developed, which is able to adapt to the respective conditions of the process and the rubber compound. These developments are supported by improved simulation models, which integrate material data on viscoelastic properties and thus, describe dosing and injection phase with higher accuracy. ■

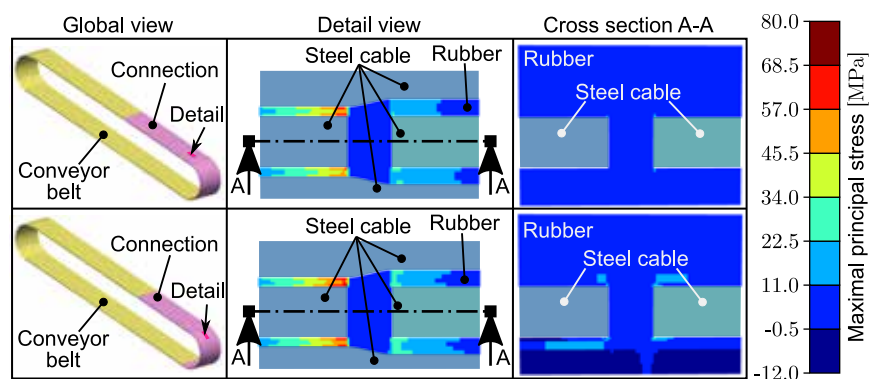
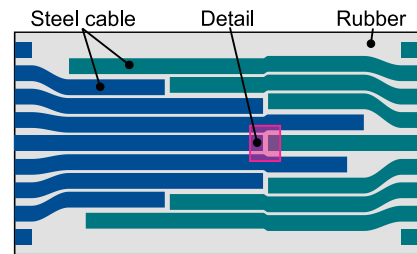
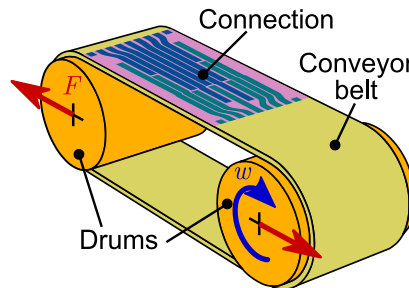


Elastomers

Mechanisches Verhalten von Fördergurten im Einsatz

Structural response of conveyor belts in use

Fördergurte können Schüttgut über weite Strecken transportieren und ertragen dabei große Lasten, weshalb Stahlseile zur Verstärkung eingesetzt werden. Die teils über einige Kilometer gehenden Gurte werden aus kürzeren Gurtabschnitten vor Ort zusammengesetzt und endlos verbunden. An den Verbindungsstellen werden die Stahlseile der beiden Gurtsegmente nach einem Legeschema zusammengelegt. In diesen Verbindungsstellen gibt es keine durchgehenden Stahlseile, weshalb auftretende Längskräfte über den Gummi übertragen werden. Deshalb stellen diese Verbindungen (mit einer Festigkeit von rund 50% des restlichen Gurts) die Schwachstelle eines Fördergurtes dar. Die Verbindungsfestigkeit wird auf einem Prüfstand ermittelt, bei dem der Gurt mit einer Gurtverbindung über zwei Trommeln läuft und dabei zyklisch auf Zug belastet wird.



Ein numerisches Modell dieses Gurtprüfstandes mit entsprechendem Detailgrad stellt einen sehr großen Modellierungs- und Rechenaufwand dar. Einmal entwickelt, können jedoch die Informationen aus einem solchen Modell das technische Verständnis von Fördergurten steigern und Impulse für Verbesserungen geben.

In diesem durch die FFG geförderten BRIDGE-Projekt mit Semperit Technische Produkte GmbH als Projektpartner wurde ein solches Finite Elemente Modell eines Gurtprüfstands entwickelt, bei dem der geometrische Aufbau des Gurtes samt Verbindungsstelle komplett modelliert wurde. Das Modell konnte auf einen Umlauf des Gurtes auf dem Prüfstand erweitert werden. Die Rechenzeit eines solch aufwendigen Modells beträgt zehn Tage (auf 56 Kernen gerechnet). Die Ergebnisse zeigen eine höhere und teilweise veränderte Belastungssituation im gekrümmten Bereich und werden in Folge dazu eingesetzt, das Versagen mit lokalen Modellen genauer zu untersuchen.

by steel cables. The conveyor belts, some of which extend over several kilometers, are assembled on site from shorter belt sections. For the splice, the steel cables of the two belt segments are laid together according to a laying scheme. There are no continuous steel cables in these splices, so any longitudinal forces are transmitted through the rubber. For this reason, these splices (with a strength of around 50% of the rest of the belt) represent the weak point of the conveyor belt. The splice strength is determined on a test rig in which the belt runs over two drums and is subjected to cyclic tensile loading.

A numerical model of this belt test rig with the appropriate level of detail represents a very large modeling and computational effort. Once developed, however, the information from such a model can increase the technical understanding of conveyor belts and provide ideas for improvements.

In this BRIDGE project, which is funded by the Austrian Research Promotion Agency (FFG) with Semperit Technische Produkte GmbH as project partner, such a finite element model has been developed. The model of the conveyor

belt test rig uses the full geometric buildup of the belt including the laying scheme. The model has been extended to a run of the belt on the test rig. The computation time of such a complex model is 10 days (computed on 56 cores). The results show a changed loading situation in the bend area and will subsequently be used to investigate the failure with local models in more detail. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG BRIDGE
Projektpartner: Semperit
Technische Produkte GmbH

Ansprechpartner



Siegfried Frankl, M.Eng.
siegfried.frankl@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2505

Conveyor belts can transport bulk materials over long distances and bear heavy loads, which is why they are reinforced

Polymere mit adaptiven Eigenschaften

Polymers with adaptable properties

Grundlagenorientierte Forschungsarbeiten am PCCL in Kooperation mit der MUL zielen auf einen wissenschaftlichen und technologischen Wandel im Bereich „aktiver“ digitalisierter Polymere. Gemeinsam wird an der Fertigung von intelligenten Produkten gearbeitet, die ihre Materialeigenschaften und Strukturen an äußere Reize (u.a. Strom, Temperatur, Licht) anpassen können.

4D-Druck von Polymeren

Der 4D-Druck bezeichnet die additive Fertigung von Bauteilen, deren Eigenschaften einer zeitlichen Kontrolle unterliegen. Im Rahmen der Forschungsarbeiten werden 3D druckbare Formgedächtnispolymere entwickelt, die über Temperatureinwirkung in der Lage sind, ihre Gestalt gezielt zu ändern. Die Materialentwicklung wird durch neue makroskopische Designkonzepte (u. a. mechanische Metamaterialien) unterstützt, die die Herstellung von aktiven Bauteilen mit geometrisch rekonfigurierbaren und mechanisch einstellbaren Eigenschaften ermöglicht (Abb. 1).

Zukünftige Anwendungen

Die neuen Materialien sind Wegbereiter für die personalisierte Fertigung von weichen aktiven Strukturen. Die 3D gedruckten Bauteile sind in der Lage eine

kontrollierte und aktive makroskopische Änderung der Gestalt durchzuführen („triple shape memory“). Durch geeignete Wahl der Monomere werden dehnbare Strukturen erhalten, die auch große Formänderungen von 3D gedruckten Bauteilen zulassen. Darüber hinaus sind die Materialien durch schnelle Ansprechzeiten gekennzeichnet. In Kombination mit der Designfreiheit des 3D-Druckes ermöglichen diese Werkstoffe die Fertigung von maßgeschneiderten aktiven Komponenten für Anwendungen in Soft Robotik, Biomedizin und (Mikro-) Elektronik (Abb. 2).

In basic oriented research projects, the PCCL in cooperation with MUL aims at a scientific and technological step-change in the additive manufacturing of "active" digitalized polymers. The joined research focuses on the development of important tools for the preparation of structurally and stimuli (e.g. electrical, thermal, optical) controllable 3D devices.

4D Printing of polymers

4D printing denotes the additive manufacturing of 3D objects with temporarily controllable (thermo)mechanical properties or shape change. Within several research projects, 3D printable shape memory polymers are currently developed, which change their shape as a function of the applied temperature. The chemical material development is supported by macroscopic design concepts (e.g. mechanical metamaterials), which enable the manufacture of active components with geometrically reconfigurable and mechanical adaptable properties (Fig. 1).

Future applications

3D printed soft active structures feature triple shape memory, as they are capable to undergo a controlled and active macroscopic deformation upon heating and programming. The mechanical properties of the 3D printed parts are conveniently tailored by the choice of monomers. Soft structures with adequate stretchability are realized, which is crucial for achieving large shape changes in 3D printed devices. The structures are further characterized by a fast response time, which – combined with the freedom in design – makes these materials interesting candidates for the fabrication of customized active materials for soft actuators, soft robotics, biomedicine and electronics (Fig. 2). ■

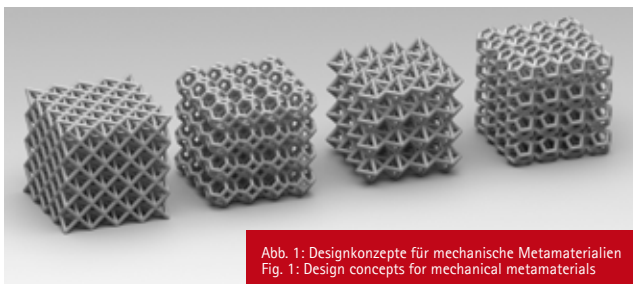


Abb. 1: Designkonzepte für mechanische Metamaterialien
Fig. 1: Design concepts for mechanical metamaterials

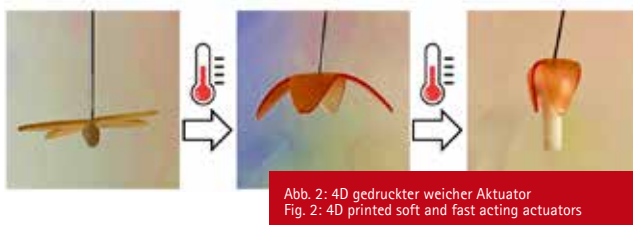


Abb. 2: 4D gedruckter weicher Aktuator
Fig. 2: 4D printed soft and fast acting actuators

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET, BMK, BMDW, Land Steiermark
Projektpartner: Polymer Competence Center Leoben GmbH

Ansprechpartner



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



Dipl.-Ing. Dr. Michael Berer
michael.berer@pccl.at
+43 3842 429 6223

Kupferbasierte leitfähige Elastomere für dehnbare Elektronik

Copper Based Conductive Elastomers for Stretchable Electronics

Die Entwicklung von dehnbaren, leitfähigen Materialien eröffnet die Möglichkeit der einfachen Integration multifunktionaler, elektronischer Systeme beispielsweise in Kleidung oder auf dreidimensionalen Oberflächen von Maschinen, menschlicher Haut, Kunststoff oder Leder.

Neben der einfachen und kostengünstigen Herstellung dieser elastischen Bauelemente, ist die Dehnbarkeit von elektrischen Verbindungen und Kontakten eine wesentliche funktionelle Voraussetzung. Die meisten Ansätze und Verfahren zur Herstellung intrinsisch dehnbarer Stromleiter basieren auf mit Silbernanostrukturen (z. B. Nanoplättchen) gefüllten Systemen. Der hohe Preis für Silber sowie die hohen Kosten für die Herstellung dieser nanoskalierten Füllstoffe stellen einen großen Nachteil für die Implementierung dieser Technologie in der industriellen Produktion dar.

Diese Tatsache erklärt die großen Forschungsanstrengungen der letzten Jahre hinsichtlich der Entwicklung von auf Kupfer basierenden Pasten-Systemen für den Druck von elektrischen Leiterbahnen. Kupfer ist im Vergleich zu Silber deutlich günstiger (Faktor ~90) bei einem ähnlich niedrigen spezifischen Widerstand. Die größte Herausforderung bei der Herstellung von auf Kupfer basierten Füllstoffen ist dessen hohe

Neigung zur Oxidation unter Bildung von nichtleitendem Kupferoxid, weshalb die Synthese solcher Nanopartikelsysteme unter Inertgas Atmosphäre durchgeführt wird.

Im Rahmen des Forschungsprojektes **CopperStretch** werden neue Methoden für die Herstellung dehnbarer Leiterbahnen auf Basis selbstreduzierender Kupferverbindungen erforscht. Die entwickelten Pasten können mittels Siebdruck aufgebracht und anschließend durch NIR (Near Infra Red)-Bestrahlung ohne den Bedarf an Inertgas zu leitfähigen Strukturen (siehe Abbildung 1) umgewandelt werden.

The development of stretchable, conductive materials paves the way towards an easy integration of multifunctional electronic arrays in clothing and three-dimensional surfaces of machines, human skin, polymeric materials or leather. The demand for a straightforward and cost-efficient fabrication process of elastomeric devices, as well as the stretchability of electric connections and contacts is a crucial functional prerequisite. There are already several approaches and processes for the fabrication of stretchable conductors/electrodes based on silver nanostructures (e.g. nanoplates) described.

The comparatively high price of silver, as well as the high cost of producing nano-scaled fillers, represents a major disadvantage for the implementation of these technologies in industrial-scale production. This fact explains the research efforts of the recent years regarding the development of copper-based pastes for printed electronics. Copper offers the advantage of a much lower price (factor ~90) compared to silver with a similarly low specific resistance. The biggest challenge in the production of copper-based fillers is its high tendency for oxidation under the formation of non-conductive copper oxide. For this reason, the synthesis of such nanoparticle systems must be carried out under an inert gas atmosphere.

In the course of the research project **CopperStretch**, novel methods for the production of stretchable conductors based on self-reducing copper compounds are being explored. The developed pastes can be applied by screen printing and are subsequently converted into conductive structures (see Figure 1) by NIR (Near Infra Red) irradiation without the demand of an inert gas atmosphere. ■

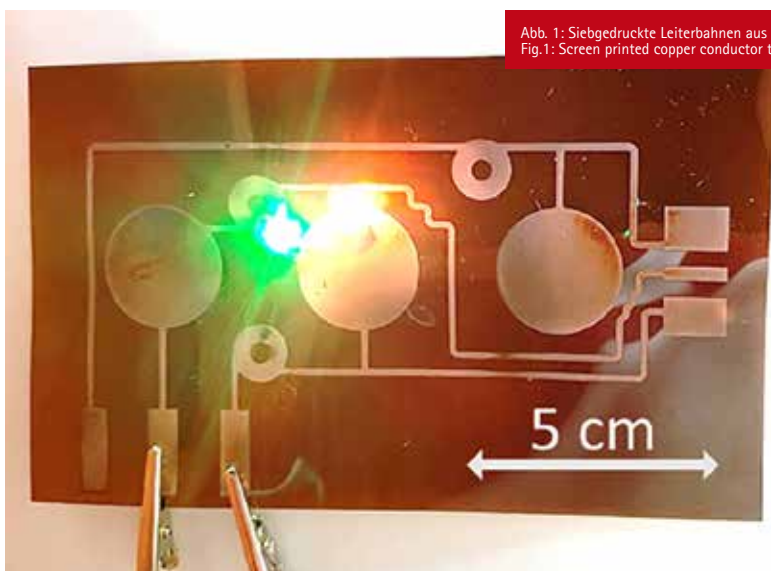


Abb. 1: Siebgedruckte Leiterbahnen aus Kupfer
Fig.1: Screen printed copper conductor tracks

Auf einen Blick

Förderung: FFG

Projektpartner: Adphos GmbH,
Wollsdorf Leder GmbH, Erich-
Schmid-Institut für Materialwissen-
schaften

Ansprechpartner



Univ.-Prof. Dr. Thomas Griesser

thomas.griesser@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2358

Viskoelastische Strömungsmodellierung

Viscoelastic fluid flow modelling

Die virtuelle Optimierung ist ein fester und wichtiger Bestandteil in verfahrenstechnischen Entwicklungsprozessen der Kunststoffindustrie. Nur durch den gezielten Einsatz von Strömungs- und Prozesssimulationen können aufwendige, experimentelle Versuchsreihen oder teure Nacharbeitsschleifen im Werkzeugbau vermieden werden. Eine Grundvoraussetzung ist dabei die korrekte mathematische Beschreibung des zu verarbeitenden Materials. Für Polymerschmelzen werden üblicherweise struktviskose Materialmodelle verwendet und das tatsächlich vorliegende, viskoelastische Materialverhalten vernachlässigt.

Am Lehrstuhl für Spritzgießen von Kunststoffen (SGK) wird deshalb in aktuellen Forschungsarbeiten die Eigenschaft des integralen, viskoelastischen

Kaye-Bernstein-Kearsley-Zapas (K-BKZ) Modells zur Beschreibung von Kautschuk(mischungen) und weiteren Polymersystemen untersucht. Diese rheologische Zustandsgleichung basiert auf einem temporären und deformationsabhängigen Verschlaufungsnetzwerk. Abbildung 1 illustriert exemplarisch die vom SGK entwickelte Modellierungsstrategie am Beispiel eines ungefüllten Acrylnitril-Butadien Kautschuks (NBR).

Der anschließende Vergleich zwischen Simulationsergebnissen und Messdaten (Abb. 2) zeigt, dass eine viskoelastische Materialmodellierung vor allem in der Kautschukverarbeitung zwingend erforderlich ist. Viskose Materialmodelle wie Cross oder Power-law unterschätzen hier den Druckverlust in dehnströmungsdominierten Geometrien (Abb. 2,

links) um bis zu 50%. Der Lehrstuhl hat sich gemeinsam mit zwei wissenschaftlichen Partnern das Ziel gesetzt, den Gültigkeitsbereich dieser integralen Zustandsgleichung durch entsprechende mathematische Modifikationen auf hochgefüllte Polymersysteme zu erweitern.

into account the viscoelastic nature of polymers. Instead, generalized Newtonian fluid (GNF) flow models are used to describe the relation between the stress and rate of deformation tensors. However, these models fail to predict empirically proven flow phenomena such as extrudate (die) swell and underestimate pressure drops in contraction flow areas.

Consequently, the Institute of Injection Molding of Polymers (IIMP) investigates the applicability of the viscoelastic Kaye-Bernstein-Kearsley-Zapas (K-BKZ) rheological model to rubbers and other polymer-based systems. This integral constitutive equation is based on a time and deformation-dependent entangled macromolecular network. Figure 1 displays an optimized fitting procedure, which was developed in a recent PhD-thesis, applied to an unfilled acrylonitrile-butadiene rubber (NBR) gum.

Comparing CFD simulation results to measured data (fig. 2) only a viscoelastic (K-BKZ) modeling approach ensures high pressure prediction accuracy. Viscous fluid flow models such as Cross or Power-law underestimate pressure drops up to 50%. In a future joint venture research project the IIMP aims to extend the applicability of the K-BKZ model to highly filled polymer systems by adapting its current mathematical formulation. ■

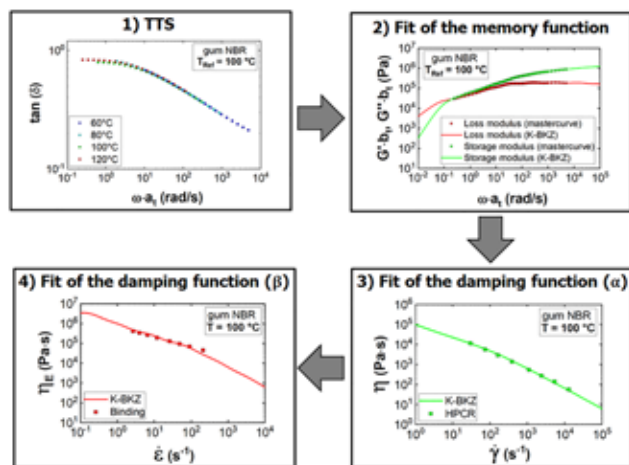


Abb. 1.: Am SGK entwickelte systematische Vorgehensweise zur Bestimmung der K-BKZ Modellkonstanten für einen ungefüllten NBR Kautschuk.
Fig. 1: Systematic fitting procedure to determine the material parameters of the K-BKZ model for an unfilled gum NBR.

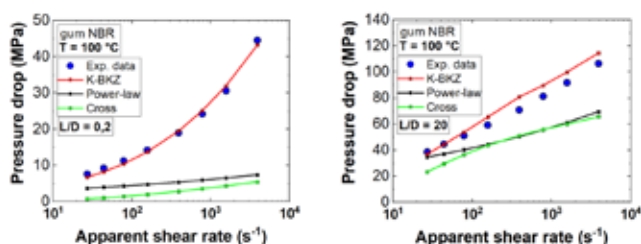


Abb. 2: Simulationsergebnisse bei viskoser (Cross, Power-law) und viskoelastischer (K-BKZ) Strömungsmodellierung im Vergleich mit gemessenen Druckdaten (Exp. data) am Hochdruckkapillarrheometer für eine dehn- (links) und scherströmungsdominierte (rechts) Geometrie.
Fig. 2: Measured pressure data (Exp. data) in a contraction (left) and shear flow (right) dominated geometry compared to CFD simulation results applying a GNF (Cross, Power-law) and viscoelastic (K-BKZ) modeling approach.

Auf einen Blick

Projektpartner: National Technical University of Athens, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.

Ansprechpartner



DI Dr. mont. Sebastian Stieger

sebastian.stieger@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2905

Prozesssimulation: Optimierte Vorhersage der Bauteilqualität

Process simulation: Optimized prediction of the part quality

Zielsetzung

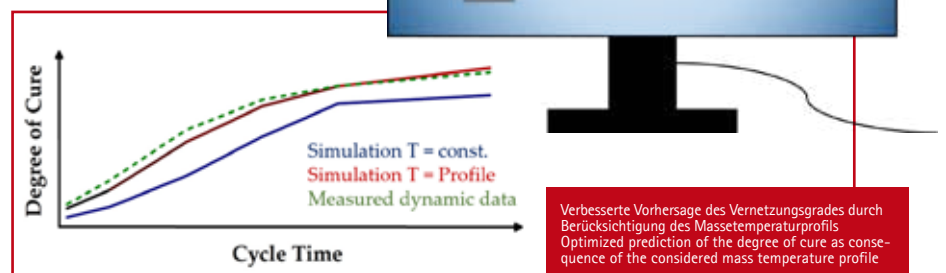
Die virtuelle Abbildung eines Spritzgießprozesses mittels Simulation ist wesentlicher Bestandteil der fortschreitenden Digitalisierung und erhält in der Industrie zunehmenden Zuspruch. Mit vergleichsweise wenig Aufwand erfolgt eine erste Abschätzung des Prozessfensters, wobei es zunächst unerheblich ist, ob Thermoplaste oder Elastomere verarbeitet werden. Bei näherer Betrachtung werden die Vorteile der Simulation speziell in der Kautschukverarbeitung jedoch dadurch verdeutlicht, dass mit vorangehender Berechnung des Arbeitspunktes Ressourcen eingespart und die Menge an nicht wiederverwertbaren Material reduziert werden können.

Umsetzung

Damit die Simulation den entsprechenden Nutzen mit sich bringt, ist neben der obligatorischen Materialcharakterisierung grundlegendes Verständnis über den Einfluss von Werkzeug, Spritzgießmaschine und Prozessführung Voraussetzung für eine verwertbare Vorhersage des optimalen Arbeitspunktes zur Erreichung einer definierten Formteilqualität, gleichbedeutend mit dem Vernetzungsgrad. Hierbei spielt die Berücksichtigung von scherinduzierter Wärme, wie sie während des Dosierens an der Maschine in Abhängigkeit der Schneckendrehzahl hervorgerufen wird, eine entscheidende Rolle. Mit der Entwicklung eines Dosier-Prüfstands durch Kerschbaumer^[1] wurde in einem Vorgängerprojekt die Möglichkeit geschaffen, das von der Schneckendrehzahl abhängige axiale Massetemperaturprofil zu bestimmen. Im Projekt VRIM wurden diese Temperaturprofile weiterverarbeitet und in der Prozesssimulation zur Anwendung gebracht. Durch Berücksichtigung der thermischen Historie des Materials konnte so eine signifikant verbesserte Vorhersage des Vernetzungsgrades erzielt und die Abbildung von Druck und Temperatur im Werkzeug näher an die Realität herangeführt werden.

Ambition

Visualizing the process of injection molding by means of simulation is a key component of advancing Industry 4.0 and increasingly attracts the interest



of industry. Comparably low effort is required in simulations to approach the operating point, whereas the material processed being either of thermoplastic or elastomeric nature is minor important at this stage. In a more detailed view, however, the benefits of simulations in the field of rubber injection molding are clarified as a high potential method to calculate the optimum process settings and simultaneously reduce the amount of non-recyclable material.

Implementation

In order for the simulation to provide the corresponding benefits, in addition to the obligatory material characterization, a fundamental understanding of the influence of mold, injection molding machine and process is mandatory for predicting the optimum operating point and for obtaining a defined part quality by means of degree of cure. This inevitably gives the shear-induced heat arising during the dosing cycle of the machine as a function of screw speed a decisive role.

With developing a unique dosing test stand by Kerschbaumer^[1] in a previous project, the opportunity was created to determine the axial mass temperature profile dependent on the screw speed. These data were further processed in the current VRIM project being applied

in the process simulation. Taking into account the thermal history of the material, we were able in significantly improving predictions of the degree of cure and we brought mapping of pressure and temperature in the mold a step closer to real measurements. ■

^[1] Kerschbaumer Roman: Prozessmodell zur Beschreibung des Dosiervorgangs von Kautschukspritzgießmaschinen. Dissertation an der Montanuniversität, Leoben, 2019

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET
Kompetenzzentrenprogramm (PCCL)
Projektpartner: PCCL, MAPLAN
GmbH, Semperit Technische
Produkte Gesellschaft m.b.H.,
PETA Formenbau GmbH, SIGMA
Engineering GmbH

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Martin Traintinger
martin.traintinger@pccl.at
+43 3842 42962 723

Projekt: Polyflame

Brandverhalten von Kunststoffen

Fire behavior of plastics

Brandkatastrophen wie der Hochhausbrand in Großbritannien von November 2017 zeigen, dass das Brandverhalten von Kunststoffen ein entscheidendes Kriterium zur Verhinderung von derartigen Unglücksfällen darstellt. Dieses wird von vielen unterschiedlichen Parametern im Bereich Materialtechnik und Brandprozess beeinflusst. Es handelt sich hierbei um naturwissenschaftliche (Chemie, Physik) und um ingenieurwissenschaftliche (Kunststofftechnik, Bauwesen, Eisbahnwesen, Elektrotechnik, ...) Fragestellungen.

Das Brandverhalten von Kunststoffen ist ein entscheidendes Kriterium zur Verhinderung von großen Brandkatastrophen.
The fire behavior of polymers is a decisive criterion for the prevention of major fire disasters.



Startveranstaltung des Qualifizierungsnetz im Mai 2019
Kick-off event of the qualification network in May 2019



Da bei Unternehmen nicht alle Kenntnisse dazu vorhanden sein können, wurden im Projekt Polyflame ausgewiesene Expertinnen und Experten der wissenschaftlichen Partner herangezogen, um eine Höherqualifizierung der industriellen Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu erzielen.

Im Qualifizierungsnetz „Brandeigenschaften von Kunststoffen“ wurden dabei auch zukunftsweisende Themen wie z.B. Additive Manufacturing oder Zero Halogen Polymers behandelt. Als Vermittlungsmethoden kamen neben Vorträgen auch praktische Versuche zur Anwendung der neu erworbenen Kenntnisse sowie Round-table-Diskussionen

zur Vertiefung des Wissens zum Einsatz. Zusätzlich fertigten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine Projektarbeit für ihr Unternehmen an, die eine Umsetzungsstrategie des neu erworbenen Wissens in Form einer Machbarkeitsstudie beinhaltet. Die Fortbildung eröffnete den Teilnehmenden die Möglichkeit, sich als Expertin bzw. Experte im Brandverhalten von Kunststoffen zertifizieren zu lassen. Die Umsetzung des Projektes in der Firma, mit Unterstützung durch geeignete Partner bzw. Expertinnen und

Experten aus den Schulungen, sollte zur Generierung von Innovationen und zur Entwicklung von neuen Produkten führen. Zusätzlich wurden Netzwerke gebildet, die auch nach Ende des Projektes

noch fortbestehen. Diese sollen auch dazu dienen, einen derartigen Kurs zum Thema Brandverhalten der Kunststoffe längerfristig zu etablieren.

Fire disasters such as the high-rise fire in Great Britain in November 2017 show that the fire behavior of plastics is a decisive criterion for preventing such accidents. This is influenced by many different parameters in the area of material technology and the fire process. These are scientific (chemistry, physics) and engineering (plastics technology, construction, ice rinking, electrical engineering, ...) issues. Since companies

cannot have all of the relevant knowledge, the Polyflame project brought in recognized experts from the scientific partners in order to achieve higher qualifications for the industrial participants. In the qualification network "Fire properties of plastics", future-oriented topics such as Additive Manufacturing or Zero Halogen Polymers.

In addition to lectures, practical experiments to apply the newly acquired knowledge and round-table discussions to deepen the knowledge were used as communication methods. In addition, the participants prepared a project work for their company that included an implementation strategy for the newly acquired knowledge in the form of a feasibility study. The training gave the participants the opportunity to be certified as experts in the fire behavior of plastics. The implementation of the project in the company, with the support of suitable partners or experts from the training courses, should lead to the generation of innovations and the development of new products. In addition, networks were formed that will continue to exist after the end of the project. These should also serve to establish such a course on the topic of fire behavior of plastics in the long term. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG Qualifizierungsnetz
Projektpartner: Department Kunststofftechnik (Projektleitung), TGM Wien, IBS Linz und 14 Firmenpartner

Ansprechpartner



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

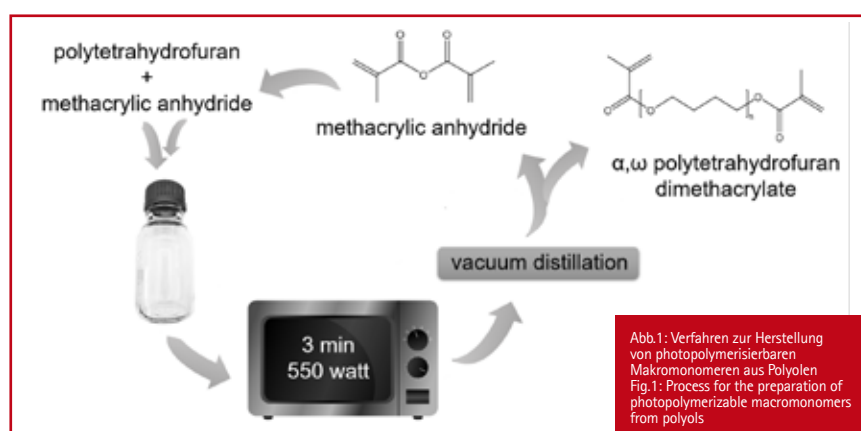
Frontale Photopolymerisation: Ressourcenschonende Harze

Frontal photopolymerization: Resource-efficient resins

Die lichtinduzierte Polymerisation bietet wesentliche Vorteile in Bezug auf Zeit, Ressourcen- und Energieeffizienz sowie räumliche Kontrolle der Initiierung. Dennoch schränkt die limitierte Eindringtiefe des Lichts, bedingt durch die abnehmende Intensität nach dem Beer-Lambert-Gesetz, das Anwendungspotenzial der Photopolymerisation stark ein.

Polytetrahydrofuranen etc. innerhalb kurzer Zeit photopolymerisierbare Harze (Resins), wobei das Verfahren ein direktes Recycling aller überschüssigen Komponenten erlaubt (Abb. 1). Zusätzlich eignen sich diese Formulierungen ideal für die Anwendung der Frontalen Photopolymerisation. Mehrere Zentimeter dicke Schichten dieser Harze polymerisieren einheitlich unter Einwir-

the Beer-Lambert law, severely limits the application potential of photopolymerization. Depending on the absorptivity of the formulation, the type of photoinitiator and the radiation source, layers of a few millimeters or less in thickness are usually polymerized. In addition, a steadily growing market for photopolymers requires environmentally friendly processes for the production of suitable monomers.



In response to these problems, a solvent- and catalyst-free method for the methacrylation of polyols has been successfully improved. As a result, photopolymerizable resins are produced from a wide variety of temperature-stable polyols such as castor oil, polytetrahydrofurans, etc. within short time, while the process allows direct recycling of all excess components (Figure 1). In addition, these formulations are ideal for frontal photopolymerization applications. Several centimeter-thick layers of the resins polymerize uniformly under the influence of UV radiation, allowing components to be produced using silicone or Teflon molds (Figure 2). The incorporation of different co-monomers specifically optimizes the material properties of the manufactured components. ■

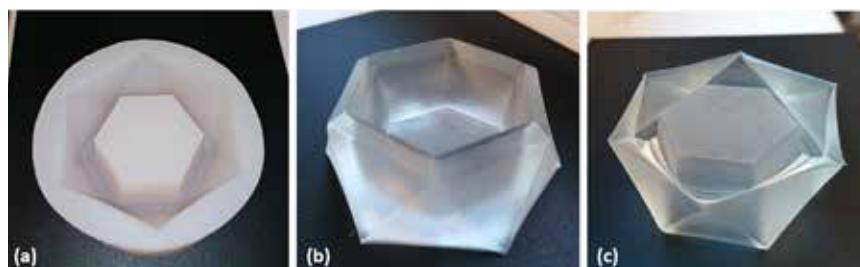


Abb. 2: (a) Silikonform (b-c) Durch Frontale Photopolymerisation hergestellte Bauteile
Fig. 2: (a) Silicone mold (b-c) Components produced by frontal photopolymerization

Abhängig von der Absorptionseigenschaft der Formulierung, dem Typ des Photoinitiators und der Strahlungsquelle werden üblicherweise Schichten von höchstens einigen Millimetern Dicke polymerisiert. Zusätzlich erfordert ein stetig wachsender Markt für Photopolymere umweltfreundliche Verfahren zur Herstellung von geeigneten Monomeren.

kung von UV-Strahlung, sodass Bauteile mit Hilfe von Silikon- oder Teflonformen hergestellt werden können (Abb. 2). Der Zusatz von unterschiedlichen Co-Monomeren optimiert die Materialeigenschaften der hergestellten Bauteile gezielt.

Um auf diese Problemstellungen zu reagieren, wurde eine lösungsmittel- und katalysatorfreie Methode zur Methacrylierung von Polyolen weiterentwickelt. Dadurch entstehen aus unterschiedlichsten Arten von temperaturstabilen Polyolen wie z. B. Rizinusöl,

Light-induced polymerization offers significant advantages in terms of time, resource and energy efficiency as well as spatial control of the initiation. Nevertheless, the limited penetration depth of light, due to the decreasing intensity according to

Auf einen Blick

Projektpartner: Montanuniversität Leoben (Lehrstühle für Chemie der Kunststoffe und Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe)

Ansprechpartner



Mag. rer. nat. Catharina Ebner
catharina.ebner@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2368

Forschungsschwerpunkt ADDITIVE FERTIGUNG

Research objective ADDITIVE MANUFACTURING

Die Additive Fertigung erlaubt die einfache und individuelle Herstellung komplexer 3D Strukturen und Bauteile durch ein schichtweises Aufbringen von Werkstoffen ohne den Bedarf von speziellen Werkzeugen oder Formen. Zusammen mit den „Subtraktiven Fertigungsverfahren“, wie Fräsen oder Drehen und den „Formativen Fertigungsverfahren“, wie Gießen oder Schmieden, stellen „Additive Fertigungsverfahren“ die dritte Säule der gesamten Fertigungstechnologie dar.

Im Jahre 1984 entwickelte Chuck Hull die Stereolithographie und damit das erste Additive Verfahren für Kunststoffe, welches einige Jahre später kommerzialisiert wurde. Daraufhin wurden weitere Techniken wie der 3D-Tintenstrahldruck, das Pulverschmelzverfahren sowie die Schmelzschichtung entwickelt, welche zunächst für die preiswerte Herstellung von Prototypen verwendet wurden.

Durch stetige Verbesserung der Maschinen und Materialien finden diese Verfahren vermehrt Einzug in industrielle Fertigungsprozesse für funktionelle Kunststoffbauteile. Jedoch gibt es bis dato noch Limitierungen hinsichtlich der Fertigungsgeschwindigkeiten und der Bauraumgrößen dieser Verfahren sowie der Oberflächengüte, Bio-

kompatibilität und der thermo-mechanischen Eigenschaften der gedruckten Kunststoffobjekte. Dies erklärt auch die Forschungsanstrengungen des Departments für Kunststofftechnik im Bereich der Additiven Fertigung. Im Rahmen zahlreicher kooperativer Projekte wird an verbesserten Verfahren und Materialien sowie an Charakterisierungsmethoden geforscht, die es erlauben neue Anwendungsgebiete für additiv gefertigte Kunststoffbauteile zu erschließen.

Die folgenden Seiten geben einen tiefgehenden Einblick in ausgewählte, aktuelle Arbeiten.

Additive Manufacturing allows the straightforward and customized production of complex 3D structures and components by a layerwise deposition of materials without the demand for special tools or molds. Along with subtractive manufacturing techniques such as milling or lathing and "formative manufacturing" such as casting or forging, "additive manufacturing" is considered as the third pillar of overall manufacturing technology.

In 1984, Chuck Hull developed stereolithography, the first additive process for polymers, which was commercial-

ized a few years later. Subsequently, other techniques such as 3D inkjet printing, powder melting and fused deposition modelling were developed, which were initially used for the low-cost production of prototypes.

Through continuous improvement of machines and materials, these processes are increasingly being applied in industrial manufacturing processes for functional polymeric components. However, there are still limitations with regard to the production speeds and the building sizes of these methods as well as the surface quality, biocompatibility and the thermo-mechanical properties of the printed polymeric objects

This explains the research efforts of the Department of Polymer Engineering and Science in the field of additive manufacturing. Numerous cooperative projects focus on the research on improved methods and materials as well as on characterization methods that pave the way towards new fields of application for additively manufactured polymeric components.

Selected projects are presented on the following pages. ■

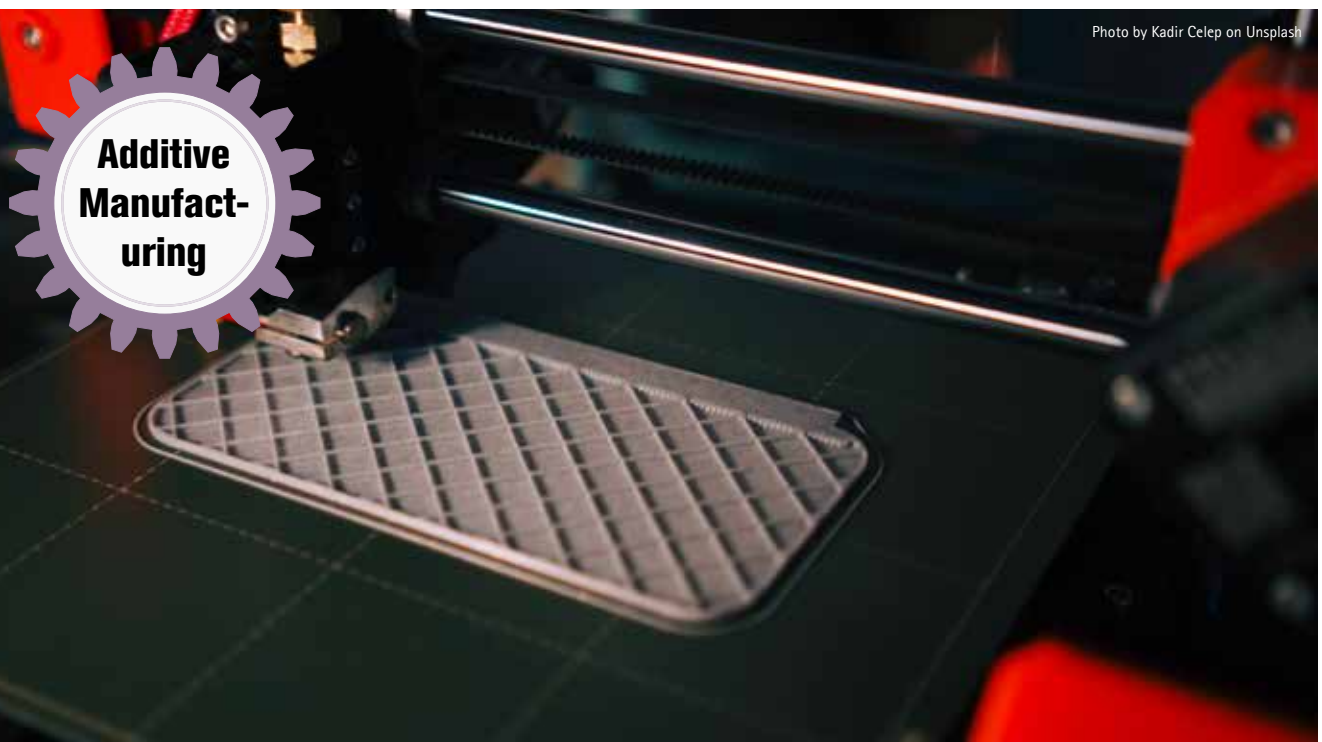


Photo by Kadir Celep on Unsplash

Projekt: CAMed

Personalisierte Implantate aus dem 3D-Drucker
Personalized Implants made by 3D-printing

In dem COMET K-Projekt CAMed (Clinical Additive Manufacturing for Medical applications) wird das ehrgeizige Ziel angestrebt, Implantate im 3D-Drucker zu produzieren. Dazu hat sich ein Konsortium aus Maschinenbauern, Werkstofftechnikern und Mediziner*innen aus Forschung und Industrie seit 2018 zusammengeschlossen. Im Zuge des Projektes soll eine Prozesskette entwickelt werden, um patienten-spezifische Implantate, Prothesen und Werkzeuge innerhalb der Klinik herzustellen. Dazu werden zwei unterschiedliche Technologien der additiven Fertigung mit Kunststoffen untersucht, wobei vor allem Fragen zu Toxizität, mechanische Festigkeit und Reproduzierbarkeit von Material und Prozess beantwortet werden sollen.

Das von ARBURG GmbH + CO KG entwickelte additive Fertigungsverfahren ARBURG Kunststoff-freiformen (AKF) nutzt eine Plastifiziereinheit, ähnlich einer Spritzgussmaschine, um Kunststoff aufzuschmelzen. Im Gegensatz zu filamentbasierten additiven Fertigungsverfahren können so Kunststoffe direkt in Granulatform verwendet werden. Das Polymer wird über Temperatur und Scherung aufgeschmolzen und mittels einer piezo-elektrisch gesteuerten Verschlussdüse in Tropfenform aufgetragen. Diese wenige zehntel Millimeter großen Tröpfchen werden in weiterer Folge auf einer beweglichen Bauplattform abgelegt und so 3D-Geometrien Schicht für Schicht aufgebaut. Die Maschine selbst verfügt über einen beheizten Bauraum, der bis zu 120 °C erreichen kann.

Besonderes bei der Herstellung medizinischer Produkte, bietet die Verwendung von Granulaten den Vorteil, dass ein Prozessschritt weniger klassifiziert und zertifiziert werden muss. Ebenso ist die Qualität des Druckes nicht von den Durchmesser-Variationen des Filaments abhängig. Im Zuge des Projektes wurde,

um mögliche Verunreinigungen zu vermeiden, ein separater Raum für den ARBURG freeformer an der KV errichtet. In diesem konnten bereits einige potenzielle Polymere qualifiziert und getestet werden. Dazu wurde am Lehrstuhl ein Qualifizierungsprozess entwickelt, mit dem geeignete Prozessparameter für verschiedene Polymere eruiert werden können.



Separater Raum für den ARBURG freeformer am Lehrstuhl.
 Separate room for the ARBURG freeformer at the institute.



Modell eines 3D gedruckten Schädels mit Defekt im Knochen.
 Model of 3D printed skull with cranial defect.

Processing of pellets offers another advantage compared to filaments since the use of pellets do not have to be qualified and certified for medical applications. Furthermore, the quality of the print is not related to the deviations in the filament diameter. A separate room was built for the ARBURG Plastic Freeformer at KV to prevent external contamination. Several polymers have already been processed and tested. A qualification procedure was

developed by the Institute to obtain repeatable results and determine suitable processing parameters to maximize each polymer's mechanical performance. ■

In the COMET K-project CAMed (Clinical Additive Manufacturing for Medical Applications) the ambitious goal of 3D-printing of implants wants to be achieved. Thus, a consortium consisting of mechanical and materials engineers as well as medical professionals was established in 2018 to face the challenge. Within the project, a process chain is developed to produce patient-specific implants, prostheses and medical tools within a clinic. Therefore, two different additive manufacturing technologies for polymers are analyzed in terms of toxicity, mechanical stability and reproducibility.

The ARBURG Plastic Freeforming (APF) was developed by ARBURG GmbH + Co KG and 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 additive manufacturing methods. The polymer, 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.

Auf einen Blick

Förderung: FFG, SFG, COMET K-Projekt 871132

Projektpartner: 19 Partner aus Wissenschaft und Forschung

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Lukas Hentschel
lukas.hentschel@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 3506



Dipl.-Ing. Sandra Petersmann
sandra.petersmann@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2112

Projekt: 3DMulti-Mat

3D-gedruckte, funktionale Multi-Material-Komponenten aus Metall und Keramik 3D Printed Functional Multi-Material Components out of Metals and Ceramics

Die additive Fertigung oder der 3D-Druck bietet viele Vorteile im Vergleich zu traditionellen Fertigungsverfahren. Die schichtweise Fertigungsverfahren ermöglicht die Herstellung komplizierter Geometrien und die Kombination verschiedener Materialien, um neue Funktionalitäten in die produzierten dreidimensionalen Strukturen zu bringen. Die Materialextrusion (MEX), auch bekannt als Fused Filament Fabrication (FFF), eignet sich besonders gut für die Herstellung von dreidimensionalen Objekten aus mehreren Materialien. Ein Druckkopf mit zwei oder mehr Düsen kann unter-

Feedstock-Materialien können 3D-Objekte, die leitende und isolierende Abschnitte kombinieren, gedruckt, entbindert und gemeinsam gesintert werden, um so ein multifunktionales Bauteil aus Metall und Keramik zu erhalten. Zwei beispielhafte Produkte sind in diesem Projekt geplant: eine Zweikomponenten-Glühkerze, die elektrisch leitende und isolierende Komponenten enthält, sowie ein Positionssensor, der magnetische und nicht-magnetische Eigenschaften kombiniert.

Polymer Processing are developing new feedstock materials in the shape of filaments consisting of a thermoplastic matrix and metal or ceramic powders. Feedstocks containing metals are used to produce electrically conductive sections, while feedstocks with different ceramic particles are used to produce electrically insulating, or magnetic and non-magnetic sections. After producing the feedstock materials, 3D objects combining conductive and insulating sections or magnetic and non-magnetic sections can then be printed, debound and co-sintered to obtain a multi-functional component made out of metal and ceramic. Two exemplary products are planned in this project: a two-component glow

plug consisting of conductive and insulating properties, and a position sensor consisting of magnetic and non-magnetic sections.

3DMulti-Mat has received the financial support of the Austrian Research Promotion Agency (FFG) under project number 875650. ■

schiedliche Schmelzmaterialien in verschiedenen Bereichen des Objekts absetzen. MEX mit zwei unterschiedlichen Materialien kann als Stand der Technik angesehen werden. Die Herausforderung besteht darin, Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften wie z.B. magnetische und nicht-magnetische in einer einzigen Struktur zu kombinieren.

Das Projekt 3DMulti-Mat zielt darauf ab, ein nachhaltiges, stabiles und flexibles Herstellungsverfahren für komplexe Multi-Material (Metall-Keramik)-Bauteile zu entwickeln, die mittels extrusionsbasierter additiver Fertigung mit anschließender Binderentfernung und Sinterung geformt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, entwickeln die Forscher am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung neue Ausgangsmaterialien in Form von Filamenten, die aus einer thermoplastischen Matrix und Metall- oder Keramikpulvern bestehen. Aus metallhaltigen Feedstocks werden elektrisch leitfähige Abschnitte hergestellt, aus Keramikpartikel im Filament erzeugen elektrisch isolierende Bereiche sowie magnetische und nichtmagnetische Abschnitte. Nach der Herstellung der

Additive manufacturing or 3D printing offers many advantages compared to traditional manufacturing techniques. The layer-by-layer manufacturing technique allows the fabrication of complicated geometries and the combination of different materials to bring new functionalities to the produced three-dimensional structures. Material extrusion (MEX), also known as Fused Filament Fabrication (FFF) is particularly well suited for fabricating multi-material three-dimensional objects. A printhead with two or more nozzles can deposit different molten materials in different sections of the object. MEX with two different materials can be considered state-of-the-art, the challenge is to combine materials with opposite properties like magnetic and non-magnetic into a single structure.

The project 3DMulti-Mat aims to develop a sustainable, stable and flexible manufacturing process for complex multi-material (metal-ceramic) components shaped via extrusion-based additive manufacturing followed by binder removal and sintering. To achieve this goal, researchers at the Institute of



Auf einen Blick

Förderung: FFG, Produktion der Zukunft, 29. AS;
Laufzeit: 2020-2022
Projektpartner: RHP Technology GmbH, Chinese Academy of Science

Ansprechpartner



Dr. Joamin Gonzalez-Gutierrez, MSc.
joamin.gonzalez-gutierrez@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3541

Projekt: EcoPrint

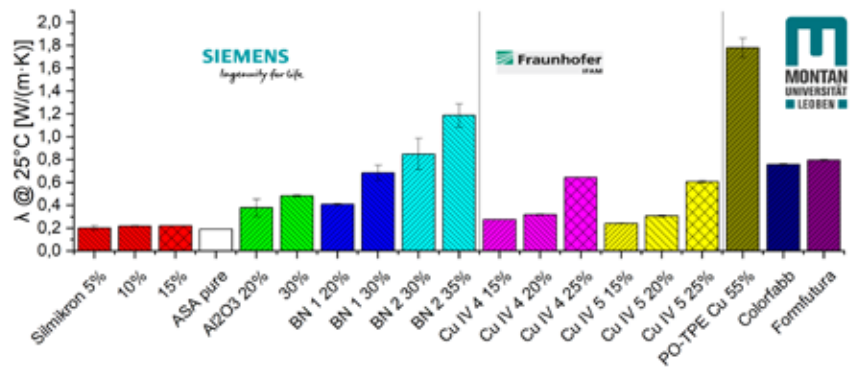
Neue Compounds für die Additive Fertigung New compounds for additive manufacturing

In diesem M-Era.Net Projekt unter der Leitung der Siemens AG – Corporate Technology Functional Polymers, sollen Kunststoffmischungen für elektronische Leistungsbauteile entwickelt werden, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit, aber gleichzeitig keine elektrische Leitfähigkeit haben sollen. Die angedachten Anwendungen sind Kühlkonzepte, welche direkt auf die Bauteile mittels additiver Fertigung aufgebracht werden sollen.

Dafür werden metallische Füllstoffe nasschemisch bei Siemens und der TU Freiberg oder per Plasmabehandlung bei Plasmatreut und am IFAM Bremen oberflächenbeschichtet, damit diese eine gute Anbindung an die Polymermatrix haben und außerdem eine elektrisch isolierende Wirkung aufzeigen. Die so behandelten Pulver werden in unterschiedlichen additiven Verfahren verwendet. Siemens und Cubicure arbeiten mit bad-basierter Photopolymerisation, während bei Evo-tech und bei uns am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung (KV) mit der Materialeextrusion gearbeitet wird.

Die Herausforderung liegt darin, eine hohe Pulverbeladung zu erhalten, sodass eine hohe Wärmeleitfähigkeit erreicht wird, aber die Verarbeitungsbedingungen nicht zu stark beeinträchtigt werden. Bei der Materialeextrusion, bei der die Compounds als Filamente vorliegen, muss die Sprödigkeit, welche durch die Pulverbeladung erzeugt wird, durch die Zugabe von elastischen Polymeren wieder verringert werden. An der KV wurden verschiedene Pulver in den unterschiedlichen Matrixpolymercompounds eingearbeitet und die gepressten Platten wurden bei Siemens auf die thermischen und elektrischen Eigenschaften untersucht. Das Ziel, eine Wärmeleitfähigkeit größer als 4 W/(m·K) zu erhalten, konnte am Lehrstuhl noch nicht ganz erreicht werden. Das Compound PO-TPE mit 55 vol.% Kupfer hat schon knappe 2 W/(m·K), aber die elektrischen Eigenschaften reichen nicht für den Einsatzzweck aus.

Dieses Projekt wird durch das Programm Produktion der Zukunft und dem BMVIT unter der Nummer 865880 sowie im M-Era.net Projekt gefördert.



Wärmeleitfähigkeit der einzelnen getesteten Pulver. Das Compound PO-TPE mit 55 vol.% Kupfer erwies sich als vielversprechend. Thermal conductivity of the individual powders tested. The compound PO-TPE with 55 vol.% copper proved to be promising.

In this M-Era.Net project, led by Siemens AG – Corporate Technology Functional Polymers, plastic compounds for electronic power components are to be developed which should have high thermal conductivity but at the same time no electrical conductivity. The intended applications are cooling concepts that are to be applied directly to the components using additive manufacturing.

For this purpose, metallic fillers are surface-coated by wet chemistry at Siemens and TU Freiberg or by plasma treatment at Plasmatreut and IFAM Bremen, so that they have a good bonding to the polymer matrix and also exhibit an electrically insulating effect. The powders treated in this way are used in various additive processes. Siemens and Cubicure work with bath-based photopolymerization, while Evo-tech and we at the Institute of Polymer Processing (KV) work with material extrusion.

The challenge is to obtain a high powder loading so that high thermal conductivity is achieved but processing conditions are not too compromised. In material extrusion, where the compounds are used as filaments, the brittleness created by the powder loading must be reduced again by adding elastic polymers.

Various powders were incorporated into the different matrix polymer compounds at the KV, and the pressed sheets were tested at Siemens for thermal and electrical properties.

The goal of achieving a thermal conductivity greater than 4 W/(m·K) has not yet been fully achieved. The compound PO-TPE with 55 vol.% copper already has just under 2 W/(m·K), but the electrical properties are not sufficient for the application. With platelet-shaped copper particles, values of 2.3 and sufficient electrical properties could be achieved.

This project is funded by the program Production of the Future and the BMVIT under the number 865880 and in the M-Era.net project. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG, BMVIT, M-Era.net. (Projektnr. 865880);

Projektpartner: Siemens AG, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Plasmatreut GmbH, Fraunhofer IFAM (Institute for Manufacturing Technology and Advances Materials) Cubicure GmbH, EVO-Tech

Ansprechpartner



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

Projekt: InP4

Inline-Prozessüberwachung und -steuerung für automatisiertes Tapelegen Inline process monitoring and control for Automated Tape Placement

Unter den verschiedenen Verfahren der Verarbeitung von Verbundwerkstoffen, bietet das automatisierte Tapelegen (Automated Tape Placement – ATP) die Möglichkeit der präzisen Fertigung großer Bauteile mit hohem Flächen-gewicht bei erhöhter Produktivität und minimalem Materialabfall. Derzeit wird ATP überwiegend für die Verarbeitung von Duromeren eingesetzt, allerdings wird das Verfahren aufgrund verschiedener Vorteile an die Verarbeitung von Thermoplasten angepasst. Neben chemischen und mechanischen Vor-

zu minimieren. Die Bandgeometrie, insbesondere die Breite, kann einfach inline überwacht werden. Die Steuerung der Kraft basierend auf der Materialvariabilität trägt zur Verbesserung der Prozesssicherheit bei. Ein Profilsensor, der mit Lasertriangulation arbeitet, erfasst die Kontur des Bandes vor und nach dem Platzieren. Der direkt über der Rolle angebrachte Kraftsensor misst die auf das Laminat ausgeübte Kraft. Darüber hinaus werden eine Infrarotkamera und zwei Pyrometer zur Temperaturüberwachung, Fehlererkennung und Steuerung eingesetzt. Die Forschungsarbeit setzt eine präzise steuerbare Wärmequelle namens humm3® ein. Diese erzeugt Ströme von energiereichen Blitzen, die in der Lage sind, gleichmäßige Wärme bereitzustellen.

Die finanzielle Unterstützung des Österreichischen Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) im Rahmen der FTI-Initiative „Produktion der Zukunft“, die von der Österreichischen Agentur für Forschungsförderung (FFG) verwaltet wird, wird dankend anerkannt.

and have a pronounced effect on the mechanical performance of the final laminate.

The project InP4 (In-line Process control for a reliable TP-Placement Process) aims at reducing this variability by employing various inline-monitoring techniques. Tape geometry, especially width can be monitored inline easily. Controlling force based on material variability will thus help in improving process reliability. Profile sensors operating on laser triangulation detect the contour of the tape before and after placement. Force sensor placed directly above the roll measures the force applied on the laminate. Moreover, infrared camera and pyrometers are used for temperature monitoring, defect recognition and control. The research work elaborated here employs highly controllable heat source, namely humm3®, which operates by generating streams of high-energy flashes that are capable of providing uniform heat.

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. ■

teilen gegenüber Duromeren, bieten Thermoplaste die Möglichkeit einer In-situ-Konsolidierung. Somit ist kein weiterer Prozessschritt erforderlich. Unidirektional verstärkte Tapes mit thermoplastischer Matrix weisen jedoch noch eine Vielzahl von Problemen auf: Bandgleichmäßigkeit (Kante, Breite, Dicke), Faservolumengehalt, Oberflächenrauheit, was zu einer Materialvariabilität auf Ebene des Spaltbandes führt. Dies wird durch zusätzliche Variabilität der Verarbeitungsbedingungen verschärft und hat einen ausgeprägten Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des endgültigen Laminats.

Das Projekt InP4 (Inline-Prozesssteuerung für einen zuverlässigen TP-Platzierungsprozess) zielt darauf ab, diese Variabilität durch den Einsatz verschiedener Inline-Überwachungstechniken

Among the various processes used for composite manufacturing, automated tape placement (ATP), offers the possibility of precise layout of large parts having high areal weights with increased productivity and reduced material wastage. Commonly used for thermosets, ATP has been continuously adapted for thermoplastics due to the various advantages they offer. Some of them being, more chemically and fatigue resistant, tougher and the possibility of in-situ consolidation, wherein, no post-processing is required such as autoclaving. However, the manufactured material still suffers from a variety of problems: tape uniformity (edge, width, thickness), fiber-volume content, surface roughness, which gives rise to material variability at the slit-tape level. This is aggravated by additional variability in layup conditions,

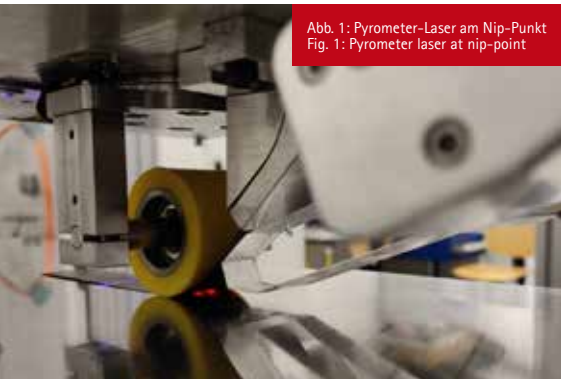


Abb. 1: Pyrometer-Laser am Nip-Punkt
Fig. 1: Pyrometer laser at nip-point

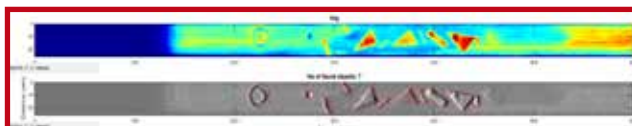


Abb. 2: Defekterkennung und Segmentierung mittels Thermografie
Fig. 2: Defect detection and segmentation using thermography

Auf einen Blick

Förderung: FFG, Produktion der Zukunft, 24. AS
Projektpartner: FACC Operation GmbH

Ansprechpartner



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

Faserverstärkte Bauteile aus dem 3D-Drucker

Fiber-reinforced components from the 3D printer

Hoch belastete industrielle Anwendungen sind derzeit noch ein schwieriges Pflaster für additive Fertigungsverfahren: die verwendeten bzw. verwendbaren Materialien erfüllen oftmals noch nicht die Anforderungen dafür bzw. sind auch die Zuverlässigkeit und Lebensdauer noch nicht abschätzbar. Durch den Einsatz von verstärkenden Füllstoffen wie beispielsweise Glas-, Carbon- oder Naturfasern können die Eigenschaften aber deutlich verbessert werden. Derartige Verstärkungsstoffe können und wurden auch bereits mit der FFF®-Methode („Fused Filament Fabrication“, erfolgreich verarbeitet. Die FFF-Methode ermöglicht dabei die Verarbeitung unterschiedlichster Fasern und Längen – von kurz bis endlos.

Neben den Herausforderungen in der Herstellung dieser Komponenten, gibt es auch diejenigen der Zuverlässigkeits- und Lebensdauer-Prüfung, vor allem bei der Qualität der Schweißnähte zwischen den abgelegten Strängen. Die Bauteilprüfung unter realen Bedingungen wäre zwar zielführend, ist aber gleichzeitig sehr aufwendig und kostenintensiv. Eine effizientere Möglichkeit ist die Prüfung von Probekörpern in Kombination mit Prozessdaten und Computersimulation. Hier gibt es für etablierte Produktionsprozesse bereits Routinen, so aber leider noch nicht für den 3D-Druck.

Das Ziel im Projekt eFAM4Ind ist es nun, Prüfungs-Routinen auf Basis von Probekörper-Tests und Finite Elemente (FE)-Berechnungen auch im 3D-Druck-Bereich zu schaffen. Da sowohl Prozesspfad und -geschichte beim FFF-Verfahren bekannt sind, können mittels FE-Modellen, die diese bekannten Rahmenbedingungen miteinbeziehen, mögliche Schwachstellen in Bauteilen berechnet und die Lebensdauer vorhergesagt werden. Die Forschungsbereiche am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe liegen dabei in der Prüfung der Materialien und der daraus hergestellten Filamente, der Prüfung von Prototypen sowie der Auswertung der Daten.

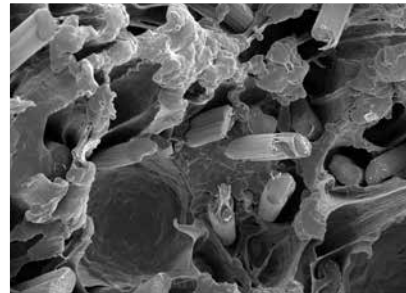
Highly stressed industrial components are currently still a difficult patch for additive manufacturing methods: the materials used or usable often do not yet meet the requirements, or their reliability and service life cannot be estimated correctly. By using reinforcing fillers such as glass, carbon or natural fibers the properties can be significantly improved. Aforementioned fibers can and have already been successfully processed using the FFF® method ("Fused Filament Fabrication"). The FFF method allows the processing of a wide variety of fibers and lengths – from short to endless.

In addition to the challenges in manufacturing these components, there are also those of reliability and durability testing, especially in the quality of the welds between the deposited strands. Although component testing under real conditions would be useful, it is at the same time very complex and cost-intensive. A more efficient possibility is the testing of specimens in combination with process data and computer simulation. Routines already exist for established production processes, but unfortunately not yet for 3D printing.

The goal of the eFAM4Ind project is to create inspection routines based on specimen tests and finite element (FEM) calculations also in the 3D printing area. Since both process path and history of the FFF process are known, possible weak spots in components can be calculated and the lifetime can be predicted by means of FE models that consider the known boundary conditions. The research areas at Institute of Materials Science and Testing of Polymers are the testing of the materials and the filaments produced from them, the testing of prototypes and the evaluation of mechanical data. ■



© Kompetenzzentrum Holz GmbH



Links: Bruchfläche eines faserverstärkten FFF-Materials
Left: Fracture surface of a fiber-reinforced FFF material

Auf einen Blick

Förderung: FFG, Produktion der Zukunft, 32. AS PdZ – Nationale Projekte 2019, Laufzeit 2020–2023.

Projektpartner: Head Sport GmbH, Kompetenzzentrum Holz GmbH, Polymer Competence Center Leoben GmbH, SinusPro

Ansprechpartner



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

Projekt: RASANT

Hochtemperaturstabile Photopolymere für den 3D-Druck von Spritzgusswerkzeugen High-temperature-stable Photopolymers for the 3D Printing of 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.

Metallische Werkzeuge, hergestellt durch Laserschmelzen bzw. Lasersintern, erlauben ähnlich hohe Stückzahlen

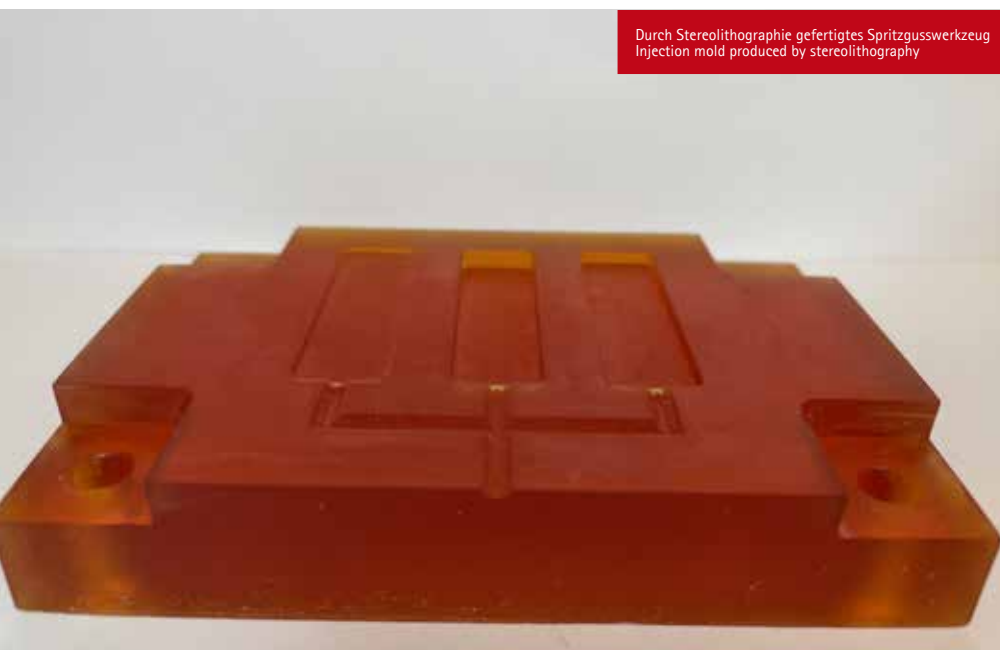
Jedoch weisen Werkzeuge aus Photopolymeren, aufgrund der geringen Wärmeformbeständigkeit und Sprödigkeit dieser Werkstoffe, eine stark eingeschränkte Standzeit auf.

Um das Ziel der kostengünstigen und zeiteffizienten Herstellung von robusten Spritzgusswerkzeugen zu realisieren, werden im Rahmen des Forschungsprojekts RASANT gemeinsam den österreichischen Unternehmen OK Partner und In-Vision neuartige Photopolymere erforscht. Die entwickelten Harzsysteme weisen eine hohe Wärmeformbeständigkeit und Zähigkeit im gehärteten Zustand auf und können weiters durch Stereolithographie einfach verarbeitet werden.

ber of parts provides rapid tooling in which injection molding tools for the production of plastic parts are produced by means of additive manufacturing technologies.

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 are being investigated within the research project RASANT together with the Austrian companies OK Partner GmbH and In-Vision. The developed resins exhibit high heat resistance and toughness in the cured state and can be processed by means of stereolithography. ■



Durch Stereolithographie gefertigtes Spritzgusswerkzeug
Injection mold produced by stereolithography

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.

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 num-

Auf einen Blick

Förderung: FFG

Projektpartner: In-Vision Digital Imaging Optics GmbH, OK Partner GmbH, MUL (KC, WPK)

Ansprechpartner



Univ.-Prof. Dr. Thomas Griesser

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

3D-Druck von selbstheilenden Polymeren

3D printing of self-healable polymers

Das COMET-MODUL Chemitecture schlägt eine wissenschaftliche Brücke zwischen der CHEMie funktionaler Materialien auf molekularer Ebene und der ArchiTEKTUR additiv gefertigter Polymere auf makroskopischer Ebene – mit dem Ziel eine neue Generation von Polymerwerkstoffen zu entwickeln, die für das digitale Zeitalter gerüstet sind.

Neue Funktionen

In Kooperation mit der MUL werden am PCCL Photopolymere mit dynamisch kovalenten Bindungen synthetisiert. Diese ermöglichen die Herstellung von Polymernetzwerken mit einzigartigen Funktionen wie Heilbarkeit und Recyklierbarkeit. Derzeit fokussiert die Forschung vor allem auf so genannte Vitrimere, die auf einer thermisch aktivierten Umesterung beruhen. Der Einsatz in 3D druckbaren Photopolymeren ist jedoch schwierig, da klassische Katalysatoren für diese Umesterung kaum löslich sind und die Härtung sowie die Topfzeit beeinträchtigen.

Neues Katalysatorsystem

Im Rahmen der Arbeiten wurden organische Phosphate als eine neue Katalysatorgruppe entdeckt, die einen erheblichen Fortschritt in der Entwicklung von photohärtenden Vitrimern darstellen. Diese Katalysatoren beeinflussen weder die Härtung noch die Stabilität von Photopolymeren und ermöglichen daher einen schnellen Druckprozess. Mittels „Digital Light Processing“ (DLP) 3D-Druckverfahren ist es gelungen Bauteile mit einer Strukturgröße von 50 µm zu fertigen (Abb. 1).

Auf Grund der thermisch katalysierten Umesterungen kommt es zu dynamischen Austauschreaktionen im Netzwerk, die eine thermische Heilung und Recyklierbarkeit der 3D gedruckten Bauteile ermöglichen (Abb. 2).

The COMET Module Chemitecture combines the CHEMistry of new functional materials on a molecular level with the macroscopic archiTECTURE of 3D-printed polymers to create the next generation of polymer-based objects that are well prepared for the digital age.

New functions

Photopolymers with dynamic covalent links are synthesized at the PCCL in close cooperation with MUL. The dynamic covalent links endow polymer networks with advanced functions such as self-healability and recyclability. Currently, the most attractive dynamic networks are vitrimers, which rely on thermo-activated transesterification reactions. However, the introduction of these dynamic covalent bonds into 3D printable photopolymers is challenging, as commonly used transesterification catalysts are poorly soluble and compromise on cure rate and pot life of photocurable resins.

New catalyst system

In the research work, organic phosphates have been discovered as a new type of catalysts, which overcome these limitations and provide a step-change in the design of photocurable vitrimers. The catalysts do not compromise on cure kinetics and stability of photopolymers enabling a fast printing process. 3D objects with feature sizes below 50 µm can be conveniently produced by „digital light processing“ (DLP) 3D printing (Fig. 1).

The dynamic nature of the bonds provides the 3D printed parts with additional functions such as thermal mendability and recyclability (Fig. 2). ■

Abb. 1: DLP 3D gedruckte Teststrukturen
Fig. 1: DLP 3D printed test structures.

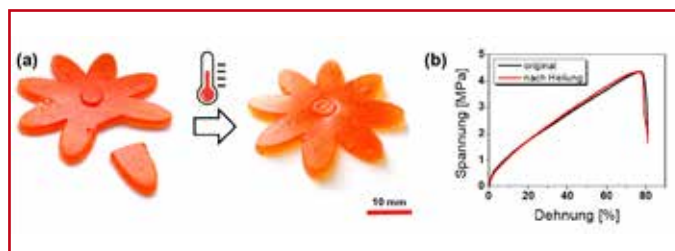
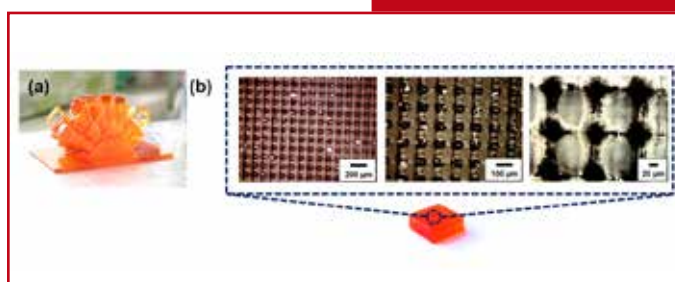


Abb. 2: Thermisch aktivierte Heilung eines 3D gedruckten Bauteils. (b) Spannungs-Dehnungskurven eines 3D gedruckten Bauteils vor und nach der Heilung.
Fig. 2: Thermally triggered healing of 3D printed test specimens. (b) Stress-strain curves of DLP printed test specimens prior to and after a thermal mending.

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET-Modul, BMK, BMDW, Land Steiermark.

Projektpartner: Polymer Competence Center Leoben GmbH, Montanuniversität Leoben (Lehrstühle für Chemie der Kunststoffe, Kunststoffverarbeitung, Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe)

Ansprechpartner



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

Forschungsschwerpunkt INTELLIGENTE PRODUKTION

Research objective SMART PRODUCTION

Unsere Vision am Department für Kunststofftechnik ist es, die Leistung industrieller Fertigungsprozesse von Kunststoffprodukten sowohl in der Produktqualität als auch in Prozessflexibilität, -effizienz und -zuverlässigkeit durch eine umfassende Prozessanalyse, modellierung, -regelung und -digitalisierung zu steigern.

Zahlreiche Projekte am Department für Kunststofftechnik beschäftigen sich mit diesen Fragestellungen: **Evolution#4** (siehe S. 36) entwickelte Strategien für die vierte industrielle Revolution in der Flugzeugindustrie und lieferte damit einen wichtigen Beitrag zur Deckung des zukünftigen Bedarfes an umweltfreundlichen, ressourcenschonenden und geräuscharmen Flugzeugen. In **InQCIM** (siehe S. 38) wird das Spritzgießwerkzeug zu einem Cyber-Physischen System (CPS). Als solches soll dieses intelligente Werkzeug den Spritzgießprozess mit Hilfe von datenbasierter Modellierung und künstlicher Intelligenz laufend überwachen und regeln. **SORIM** (siehe S. 39) erarbeitete trainierbare statistische Prozessüberwachungsmodelle, die auf Methoden des maschinellen Lernens basieren und kontinuierlich Maschinensignale analysieren und automatisch Schwankungen der Materialeigenschaf-

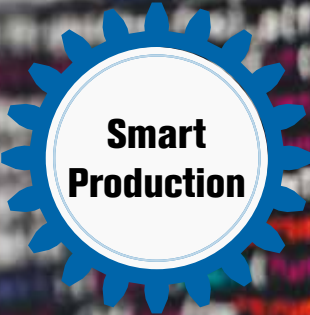
ten erkennen. Das Ziel von **Smart@Surface** (siehe S. 35) sind Folien, die auf Berührung und Druck reagieren und über haptische Feedbacks und optische Signale agieren können. Diese Folien werden anschließend mittels Hinterspritztechnik in Kunststoffbauteile integriert. **CARACOAT** (siehe S. 37) entwickelte eine anti-adhäsive Beschichtung auf Organosilan-Basis. Diese zeigte sich in Fallstudien bei den beteiligten Firmenpartnern als erfolgreiche Entformungshilfe. Man erreichte eine Reduktion der Entformungskräfte beim Spritzgießen um bis zu 90% bei gleichzeitiger Erhöhung der Standzeit der verwendeten Formgebungswerkzeuge.

Our vision is to improve the performance of industrial manufacturing processes of plastic products both in product quality and in process flexibility, efficiency and reliability through comprehensive process analysis, modeling, closed-loop control and digitization.

Numerous projects at the Department of Polymer Engineering and Science are addressing these issues: **Evolution#4** (see p. 36) developed strategies for

the fourth industrial revolution in the aircraft industry and thus made an important contribution to meet the future demand for environmentally friendly, resource-saving and low-noise aircraft. In **InQCIM** (see p. 38), the injection mold becomes a cyber-physical system (CPS). As such, this intelligent mold will continuously monitor and control the injection molding process using data-based modeling and artificial intelligence. **SORIM** (see p. 39) developed trainable statistical process monitoring models based on machine learning methods that continuously analyze machine signals and automatically detect variations in material properties. **Smart@Surface** (see p. 35) aims for foils that react to touch and pressure and can act via haptic feedback and optical signals. These foils are then integrated into plastic components using back injection molding technology. **CARACOAT** (see p. 37) succeeded in an anti-adhesive coating based on organosilanes. This proved to be a successful demolding aid in case studies at the participating company partners -reducing demolding forces during injection molding by up to 90% while increasing the service life of the molds used. ■

Photo by Markus Spiske on Unsplash



**Smart
Production**

Projekt: Smart@Surface

Simulation des Hinterspritzens von elektronischen Komponenten Simulation of film insert molding for electronic components

Der Übergang zwischen einem Gegenstand und seiner Umgebung ist seine Oberfläche (engl.: surface). Sie definiert nicht nur Form und Textur des Objekts, sondern schützt es auch gegen Umgebungseinflüsse und ist seine Schnittstelle zur Außenwelt: Intelligente (engl.: smart) Objekte interagieren durch sie mit dem Benutzer. In diesem interdisziplinären Projekt – **Smart@Surface** – werden Folien entwickelt, die auf Berührung und Druck agieren und mittels haptischen Feedbacks und optischen Signalen reagieren können. Sie bestehen aus mehreren Schichten, in denen Sensoren, Transistoren und LEDs

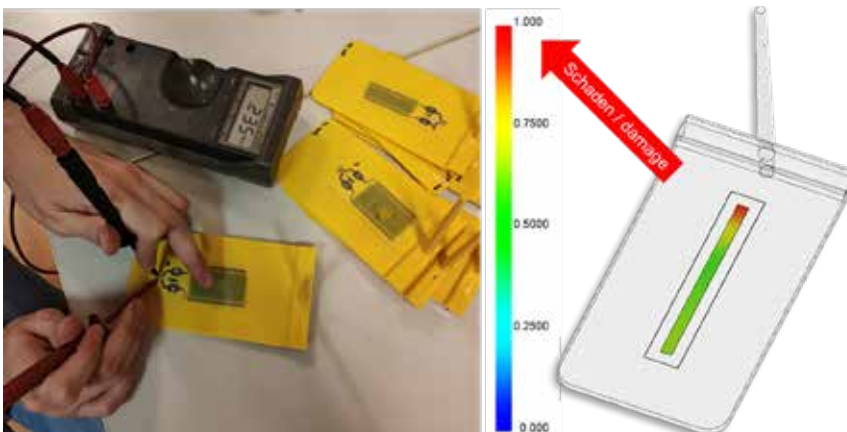
dem Spritzguss-Zyklus vorhersagen können. Außerdem sollen schon im Voraus Aussagen über die Scherkräfte, die auf die Folie bzw. deren integrierte elektronischen Komponenten wirken, gemacht werden können, um so die benötigten Fixierungs-Punkte besser ausmachen und dimensionieren zu können.

Schlussendlich sollen Design- und Prozess-Guidelines zu Verfügung stehen, die eine zuverlässige Herstellung dieser mit dem Menschen interagierenden Objekte ermöglicht.

can damage the (components of the) film. The injection molding simulation tools to be developed at the Institute of Polymer Processing should enable these to be detected and avoided at an early stage.

For example, they should help in the selection of the right plastic, provide assistance in setting the correct injection molding parameters – such as the holding pressure profile – and, if unavoidable, predict the loss of sensitivity of the installed (piezoelectric) transistors after the injection molding cycle. In addition, it should be possible to make predictions in advance about the shear forces acting on the film or its integrated electronic components, so that the required fixing points can be better identified and dimensioned.

Finally, design and process guidelines should be available to enable reliable production of these objects that interact with humans. ■



Vorhersage des Sensitivitäts-Verlusts eines piezoelektrischen Sensors aufgrund erhöhter Temperaturen beim Hinterspritzen.
Finally, design and process guidelines should be available to enable reliable production of these objects that interact with humans.

platziert sind. Durch das Hinterspritzen mit einem Kunststoff werden sie zu „3D“-Objekten.

Bei diesem Prozessschritt treten hohe Temperaturen und Drücke auf, die die (Komponenten der) Folie beschädigen können. Durch die am Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung zu entwickelnden Spritzguss-Simulations-Tools sollen diese schon frühzeitig entdeckt und vermieden werden können.

So sollen sie etwa bei der Auswahl des richtigen Kunststoffes helfen, Assistenz bei der Einstellung der richtigen Spritzgussparameter – wie dem Nachdruckprofil – bieten und, sofern nicht vermeidbar, den Sensitivitätsverlust der verbauten (piezoelektrischen) Transistoren nach

The transition between an object and its environment is its surface. It not only defines the shape and texture of the object, but also protects it against environmental influences and is its interface to the outside world: Intelligent (smart) objects interact with the user through it.

In this interdisciplinary project – **Smart@Surface** – foils are being developed that respond to touch and pressure and can react by means of haptic feedback and optical signals. They consist of several layers in which sensors, transistors and LEDs are placed. By overmolding them with a plastic, they become “3D” objects.

During this process step, high temperatures and pressures occur that

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET-Projekt

Projektpartner: Joanneum Research, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne – EPFL, Interuniversity Microelectronics Centre – imec, ADA Möbelwerke Holding, F/List GmbH, Isosport Verbundteile GmbH, kdg opticom GmbH, Niebling GmbH, Parador GmbH, Swarovski Optik, Wollsdorf Leder

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Martin Hubmann
martin.hubmann@unileoben.ac.at
+43 3842 402 3525

Projekt: Evolution#4

The 4th industrial revolution of airplane manufacturing

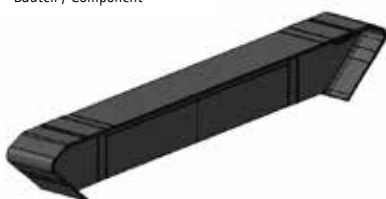
Die Zukunft der Luftfahrt

Steigendes Umweltbewusstsein, erhöhte gesellschaftliche Akzeptanz sowie zunehmende Ressourcenknappheit wird den zukünftigen Bedarf an umweltfreundlichen, ressourcenschonenden und geräuscharmen Flugzeugen bei allen global führenden Herstellern maßgeblich erhöhen.

Faserverstärkte polymere Verbundwerkstoffe spielen hier eine entscheidende Rolle, weil sie enormes Potenzial zur Treibstoffeinsparung bzw. Steigerung von Reichweite und Nutzlast bergen. Dabei stellen robuste Fertigungsprozesse im Sinne hoher Reproduzierbarkeit und Bauteilqualität den Schlüssel für die Produktion von Strukturbauteilen in großer Stückzahl dar. Die Vernetzung von Bauteildesign, Werkstoff, Werkzeugbau und automatisierter Fertigungstechnologie ist entscheidend dafür, die zukünftigen Bedarfe der Luftfahrtindustrie zu decken.



Bauteil / Component



Hochleistungsbiegeträger / High performance door structure
Quelle / Source: Alpex Technologies GmbH

Entwicklungen in der Fertigung

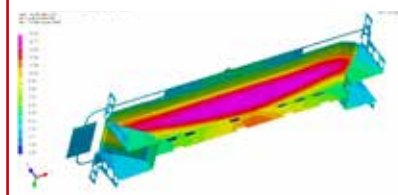
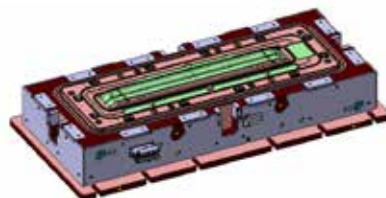
Im Rahmen des Projektes Evolution#4 wurden Strategien zur vierten industriellen Revolution in der Fertigung von Luftfahrt-Strukturbauteilen entwickelt. Automatisierte Fertigungsmöglichkeiten auf Basis von Resin Transfer Molding (RTM) mit integrierter Qualitätskontrolle sowie Konzepte des digitalen Zwillings wurden anhand der Fertigung einer Seitenleitwerksrippe sowie eines Hochleistungsbiegeträgers entwickelt und demonstriert.

The future of aviation

With growing environmental concerns, societal acceptance and limited availability of natural resources, the demand for resource-efficient, eco-friendly and silent airplanes is assumed to increase significantly by



Hochdruck-RTM-Formwerkzeug
High pressure RTM mold



Druckverteilung bei der Fertigungssimulation des Hochleistungsbiegeträgers / High performance door structure
Quelle / Source: aerospace & advanced composites GmbH

global airplane manufacturing companies.

Fiber reinforced polymer composites are of particular relevance for modern aircraft structures as they offer leading conditions in terms of fuel efficiency, range or payload. Manufacturing processes, robust in terms of high reproducibility and component quality are essential for the processing of structural components at high quantities. Hereby, holistic integration of design, materials, toolmaking and automated manufacturing are required to cover future demands of the aerospace industry.

The evolution of manufacturing

In the frame of the Evolution#4 project developed strategies for the fourth industrial revolution in the airplane manufacturing industry. Automated manufacturing based on the Resin Transfer Molding (RTM) with integrated quality assurance and digital transformation, the manufacturing of a vertical tail rib as well as a high performance door structure beam was developed and demonstrated. ■

Auf einen Blick

Förderung: bmvit FTI Initiative „Take Off“, administriert durch die FFG
Projektpartner: Alpex Technologies GmbH, aerospace & advanced composites GmbH, Fill GmbH, Brimatech Services GmbH, MUL

Ansprechpartner



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

Anti-adhäsive Beschichtung von Werkzeugen und Formen

Anti-adhesive coating for tools and molds

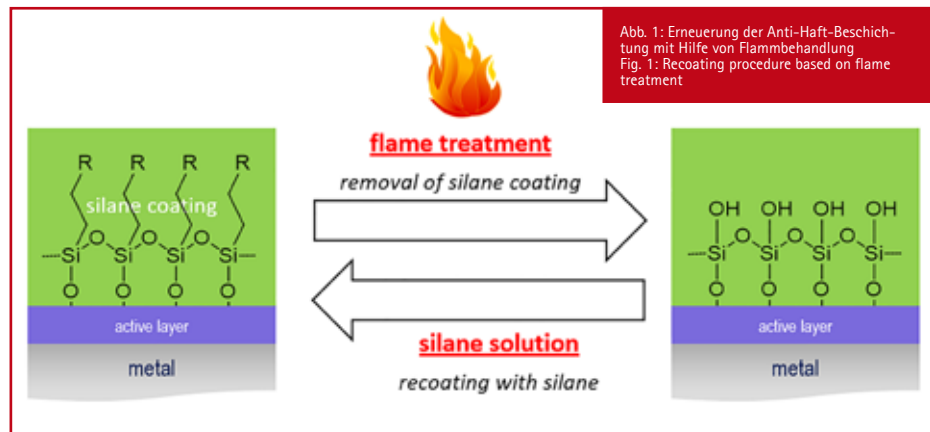
Im Cornet-Projekt CARACOAT wurde eine anti-adhäsive Beschichtung auf Organosilan-Basis entwickelt, welche bei der Produktion von Kunststoffteilen erfolgreich als Entformungshilfe eingesetzt wurde. Die reduzierten Entformungskräfte (bis zu -90%) und die kovalente Anbindung der Beschichtung an die Werkzeugoberfläche ermöglichten den Ersatz konventioneller Entformungshilfen und erhöhten die Standzeit der beschichteten Werkzeuge. Zusätzlich wurde eine Anwendung im Lebensmittelbereich (Herstellung von Backwaren) untersucht.

Die entwickelte Organosilan-Beschichtung kombiniert ein monopodales perfluoriertes Silan, welches die anti-adhäsiven Oberflächeneigenschaften bestimmt, mit einem dipodalen Silan, das zur Erhöhung der Stabilität und der Netzwerkichte des Systems beiträgt. Die Applikation der Antihaftbeschichtung erfolgt über einen Sol-Gel-Prozess, der zunächst die Hydrolyse (Bildung von Silanolen) und schließlich die Kondensation der Organosilane umfasst. Praktisch kann die Beschichtung durch Tauch- oder Sprühverfahren aufgebracht werden. Zusätzlich zu allein stehenden Organosilan-Schichten wurden auch Hybridschichten aus Nickel- bzw. Nickeloxid-Schichten und Organosilan untersucht.

Ein weiterer Erfolg des Projektes war die Entwicklung einer Methode zur einfachen und schnellen Erneuerung der Antihaftbeschichtung (siehe Abb.1). Dabei werden die organischen Bestandteile der Beschichtung durch Beflammung abgetragen, während die anorganischen Bestandteile in Form eines Si-O-Si-Netzwerks am Substrat zurückbleiben. Der „glasartige“ Rückstand trägt bereits Hydroxyl-Gruppen, welche für die Kopplung einer weiteren Organosilan-Beschichtung (recoating) zur Verfügung stehen.

In the project CARACOAT an anti-adhesive organosilane-based coating was developed and applied as a demolding aid in polymer processing. The reduced ejection forces (up to -90%) and the covalent attachment to the substrate allowed to replace conventional

substrate building a Si-O-Si network. The "glassy" residue inherently provides hydroxyl groups, which are available for the attachment of a secondary organosilane coating (recoating). ■



demolding aids and prolonged service life for tools. In addition, the applicability of the coating in selected fields of the food industry was investigated.

The designed organosilane coating combines a perfluorinated monopodal silane, which introduces the anti-adhesive surface properties, and a dipodal silane, providing stability and increased network densities. The coating is applied in a sol-gel process, involving hydrolysis (formation of silanols) and condensation reactions of the silanes. Different methods for the application of the anti-adhesive coating were developed, including immersion of the substrate (dip coating) and spray coating. In addition to single organosilane layers, hybrid coatings consisting of a nickel or nickel oxide underlayer and an organosilane topcoat were examined.

Another success of the project was the development of a simple and rapid method for the renewal of the organosilane coating. As demonstrated schematically in Fig. 1, flame treatment is used to remove the organic components of the coating, while the inorganic components remain on the

Auf einen Blick

Förderung: FFG, AiF
Projektpartner: 16 österreichische Industriepartner

Ansprechpartner



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



Dipl.-Ing. (FH) Nina Krempel
nina.krempel@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2903

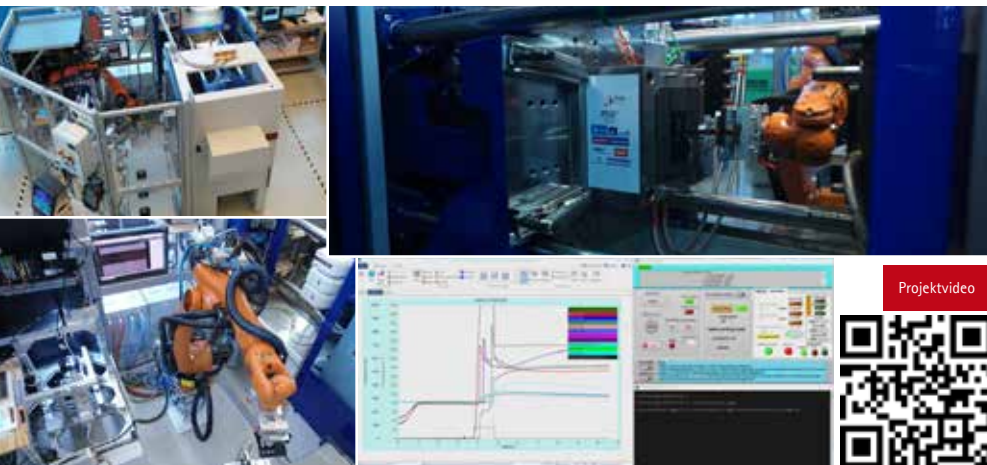
Projekt: InQCIM

Künstliche Intelligenz für die Qualitätsregelung des Spritzgießprozesses Artificial intelligence for quality control of the injection molding process

Unsere Vision ist es, die Leistung industrieller Fertigungsprozesse von Kunststoffprodukten sowohl in der Produktqualität als auch in Prozessflexibilität, -effizienz, -zuverlässigkeit und -leistung durch umfassende Prozessanalyse, modellierung, -regelung und -digitalisierung zu steigern. Ein intelligentes Spritzgießwerkzeug erachten wir dabei als unerlässlichen Baustein: Durch laufende Überwachung und Regelung der Prozesshistorie in der Kavität des Spritzgießwerkzeuges, d.h. des räumlichen und zeitlichen Temperatur-, Geschwindigkeits- und Druckfeldes des Kunststoffes, soll es gelingen, Störungen der Produktqualität frühzeitig

Trainingsphase kennt die KI die Zusammenhänge zwischen Prozesseinstellungen, Sensorsignalen und Bauteilqualität und nützt dieses Wissen, um möglichst viele innere und äußere Störungen zeitnah erkennen, bewerten und adaptiv darauf reagieren zu können. Die KI ist Teil eines integrierten Qualitätsregelungssystems das in einem geschlossenen Regelkreis die Einstellungen der Maschine und der Peripheriegeräte falls erforderlich anpasst. Dabei wird der Regler je nach Ausbaustufe einen Anlagenbediener bestätigen lassen oder automatisch entscheiden.

For this purpose, we are expanding the injection mold into a cyber-physical system. As such, the injection mold must have a unique "identity" (IPv6), be able to monitor its internal state, sense its environment via sensors, communicate bidirectionally with the other components of the manufacturing cell, and have the ability to condense, evaluate, and store incoming sensor signals using artificial intelligence (AI), with the sensor signals coming from the injection mold, injection molding machine, peripheral devices, and direct environment. In a training phase, the AI learns the interrelationships between process settings, sensor signals and component quality. Later, it uses this knowledge to detect and evaluate as many internal and external disturbances as possible in a timely manner and to react adaptively to them. The AI is part of an integrated quality control system that adjusts the settings of the machine and peripheral devices in a closed control loop if necessary. In the course of this, the controller will have a machine operator confirm or automatically decide, depending on the stage of expansion. ■



zu erkennen und situationsabhängig auszuregulieren. Damit können Ausschuss sowie Auslieferung schadhafter Spritzgießteile minimiert werden.

Dazu erweitern wir das Spritzgießwerkzeug zu einem cyber-physischen System. Als solches muss das Spritzgießwerkzeug über eine eindeutige „Identität“ (IPv6) verfügen, über Sensoren seinen inneren Zustand überwachen und seine Umgebung erfassen können, bidirektional mit den anderen Komponenten der Fertigungszelle kommunizieren können und die Fähigkeit haben, mittels künstlicher Intelligenz (KI) ankommende Sensorsignale verdichten, bewerten und abspeichern zu können. Die Sensorsignale kommen dabei aus Spritzgießwerkzeug- und maschine, Peripheriegeräten und der direkten Umgebung. Nach einer

Our vision is to increase the performance of industrial manufacturing processes of plastic products both in product quality and in process flexibility, efficiency, reliability and performance through comprehensive process analysis, modeling, control and digitization. We consider an intelligent injection mold to be an indispensable building block in this context: by continuously monitoring and controlling the process history in the cavity of the injection mold, i.e. the spatial and temporal temperature, velocity and pressure fields of the plastic, it will be possible to detect disruptions in product quality at an early stage and to compensate for them depending on the situation. In this way, rejects and the delivery of defective injection molded parts can be minimized.

Auf einen Blick

Förderung: Produktion der Zukunft
Projektpartner: SGK (Leitung), TU Wien (Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik), PCCL, Wittmann Battenfeld GmbH, Miraplast Kunststoffverarbeitungs GmbH, MAHLE Filtersysteme Austria GmbH, Julius Blum GmbH, EKB Elektro- u. Kunststofftechnik Gesellschaft m.b.H.

Ansprechpartner



asso.Prof. Dr. Gerald Berger-Weber
gerald.berger-weber@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2904

Machine Learning zur Qualitätsregelung

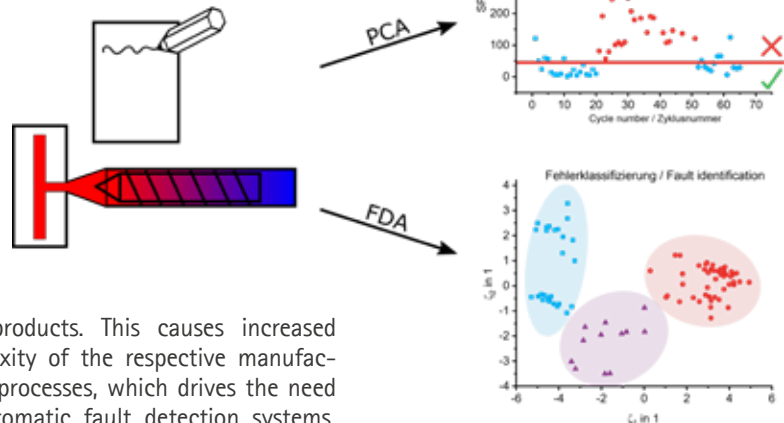
Machine learning for quality control

Industriebetriebe müssen, um im globalen Wettbewerb zu bestehen, die Qualität, die Funktionsintegration und die Kosteneffizienz ihrer Produkte kontinuierlich steigern. Die damit verbundene Zunahme der Komplexität der Herstellungsprozesse macht diese auch fehleranfälliger, wodurch Systeme für die automatische Prozessüberwachung zunehmend nachgefragt werden. Gleichzeitig führte der Automatisierungsboom der vergangenen Jahrzehnte zu einem rapiden Anstieg der verfügbaren Daten, da das in der Fertigung eingesetzte Equipment mit digitalen Regelungen und Sensoren ausgestattet wurde. Im Projekt SORIM wurden nun Methoden entwickelt, die den Kautschukspritzgießprozess auf Basis von Echtzeitdaten mit Hilfe von maschinellem Lernen überwachen können.

Beim Spritzgießen von Elastomerformteilen sind solche Methoden prädestiniert, da Kautschukmischungen reaktive chemische Systeme sind. Schon in der Herstellung und der Lagerung dieser Mischungen können physikalische und chemische Prozesse auftreten, welche die Qualität der Endprodukte maßgeblich beeinträchtigen. Weiters ist die Temperaturführung im Spritzgießprozess sehr kritisch, da geringe Schwankungen bereits zu großen Qualitätsabweichungen führen können.

Das im Projekt SORIM entwickelte Monitoring-System kann mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse bereits mit nur wenigen Gutteilen trainiert werden. Im Serienprozess erkennt es in Echtzeit, ob kritische Abweichungen im Material oder im Prozess aufgetreten sind. In weiterer Folge kann es durch lineare Diskriminantenanalyse auch die Ursache des Fehlers vorhersagen, zum Beispiel eine Abweichung des Fließverhaltens, der Werkzeugtemperatur oder der Dosierbedingungen. Dadurch ist es für den Hersteller leichter, unmittelbar die notwendigen Maßnahmen zu treffen, um den Prozess an die geänderten Bedingungen anzupassen und weiterhin Formteile in höchster Qualität zu produzieren.

To succeed in globalized competition, manufacturers have to increase the quality, the integration of functions and cost efficiency of



their products. This causes increased complexity of the respective manufacturing processes, which drives the need for automatic fault detection systems. Concurrently, the digitalization of shop floors increased the amount of available process data significantly, as the manufacturing equipment was fitted with digital control units and sensors. As a result, the SORIM project aimed to develop methods, which are able to monitor the rubber injection molding process by using real time processing data.

Process monitoring tools are especially important for rubber injection molding, as rubber compounds are reactive chemical systems. Thus, during compound mixing and storage, physical and chemical processes may take place, which effect the quality of products negatively. Furthermore, temperature conditions during processing are very important, as small fluctuations may alter curing kinetics significantly.

The process monitoring system developed in the SORIM project is able to detect critical disturbances caused by the material or the process in real time, solely by training on fault-free data and applying Principal Component Analysis. Consecutively, the cause of such disturbances, for example changes in the rubber flow behavior, the mold temperature or the dosing conditions, can be predicted by Linear Discriminant Analysis. As a result, this system enables manufacturers to take the right steps to adapt their process to changing conditions and predominantly yield optimal-quality parts. ■

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET
Kompetenzzentrenprogramm (PCCL)
Projektpartner: SKF Sealing Solutions Austria GmbH, ENGEL Austria GmbH, simcon kunststofftechnische Software GmbH

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Thomas Hutterer
thomas.hutterer@pccl.at
+43 3842 429 6229



assoz.Prof. Dr. Gerald Berger-Weber
gerald.berger-weber@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2904

Forschungsschwerpunkt LEICHTBAU

Research objective LIGHTWEIGHT COMPONENTS

Am 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 der Verarbeitung und Konstruktion konzentriert.

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

- die hocheffiziente Herstellung von hochwertigen Luftfahrtkomponenten,
- die numerische Modellierung von Rissinitiierung als auch Risswachstum in heterogenen Materialien,
- die akustische Optimierung von Polymerschäumen in Sandwich-Paneelen für Anwendungen in der Luftfahrt,

- die numerische Bestimmung des Ermüdungsverhaltens Faser-verstärkter, polymerer Verbundwerkstoffe sowie
- effiziente Prüfkonzepte zum Nachweis der mechanischen Langzeiteigenschaften von Bauteilen für die Bauindustrie.

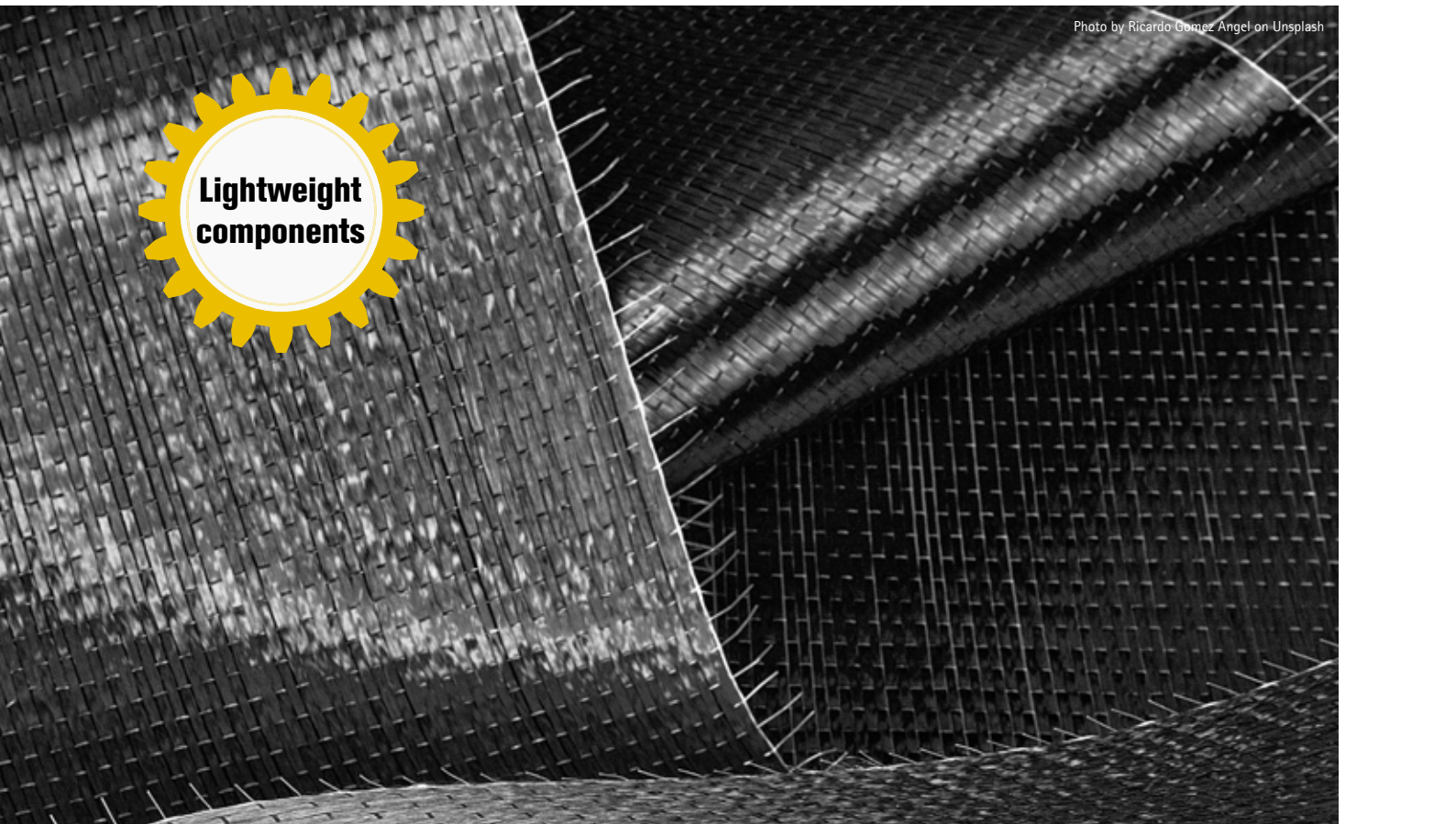
Die auf den nachfolgenden Seiten dieses Zweijahresberichtes dargestellten Projektbeispiele sollen einen Überblick über die vielschichtigen Aspekte der Forschungsaktivitäten am Department Kunststofftechnik zum Schwerpunkt Leichtbau geben.

At Montanuniversität Leoben, the Department of 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 focused on the huge variety of properties of polymer materials as well as aspects of processing and design.

Over the decades, research works 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:

- methods for highly efficient processing of high-quality structural aviation components,
- numerical modeling of crack initiation as well as crack propagation in heterogeneous materials,
- optimization of acoustic properties of polymer foams in sandwich panels for aerospace applications,
- calculation of fatigue performance of fiber-reinforced polymer composites as well as
- efficient test concepts for the proof of long-term mechanical properties of components in the civil engineering industry.

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. ■



**Lightweight
components**

Photo by Ricardo Gomez Angel on Unsplash

Christian Doppler Laboratory - Highly Efficient Composite Processing (CDL-HECP)

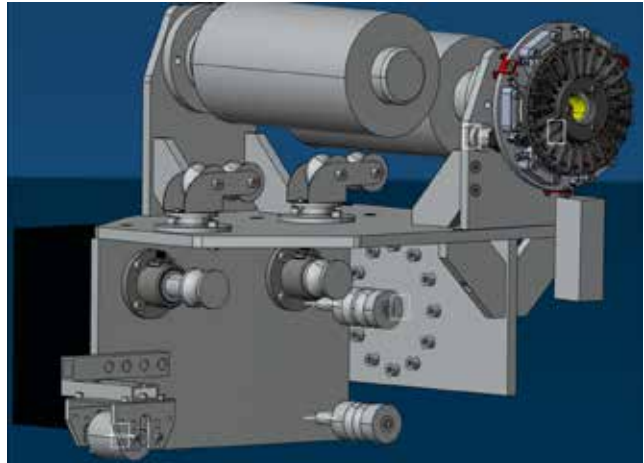
Die Entwicklung eines grundsätzlichen Verständnisses zur Verbesserung der Herstellung von hochwertigen Luftfahrtkomponenten war Gegenstand des Christian Doppler Labors. Nach der regulären Laufzeit von sieben Jahren wurde das CDL-HECP Ende März 2020 beendet. Zusammen mit der FACC Operations GmbH als Industriepartner wurde die Prozessentwicklung für unterschiedliche Verarbeitungsverfahren bearbeitet.

Mit einem besonderen Schwerpunkt auf der Bewertung von Sensortechniken konnten Konzepte für die inline-kontrollierte Prozessführung entwickelt werden. Die das Verarbeitungsverhalten bestimmenden Materialeigenschaften wurden untersucht und entsprechende Prüfverfahren intensiv analysiert. Um die klassische, den Autoklav nutzende Prozessroute zu umgehen, wurden alternativ die Verarbeitung von Trockenfasern zu Vorformlingen, Strategien zu deren Infiltration und das Harzaushärteverhalten betrachtet. Für die Herstellung der Vorformlinge wurden Lege- und Wickeltechniken eingesetzt. Die Charakterisierung der Infiltration erfolgte mittels optischer, kapazitiver und ultraschallbasierender Techniken. Durch Modellierung und Simulation wurden optimierte Tränkungsstrategien entwickelt und Informationen zu Out-of-Autoclave Verarbeitungsstrategien gewonnen. Für die

verbesserte Kostenvorhersage im frühen Entwicklungsprozess wurde ein neuer hybrider Modellierungsansatz entwickelt.

Auf die finanzielle Unterstützung durch das Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort sowie der FACC Operations GmbH als Industriepartner des CDL wird dankend hingewiesen. Dank gilt auch der Christian Doppler Forschungsgesellschaft für die administrative Betreuung.

ultrasonic based set-ups, and modeling and simulation, to result in optimized

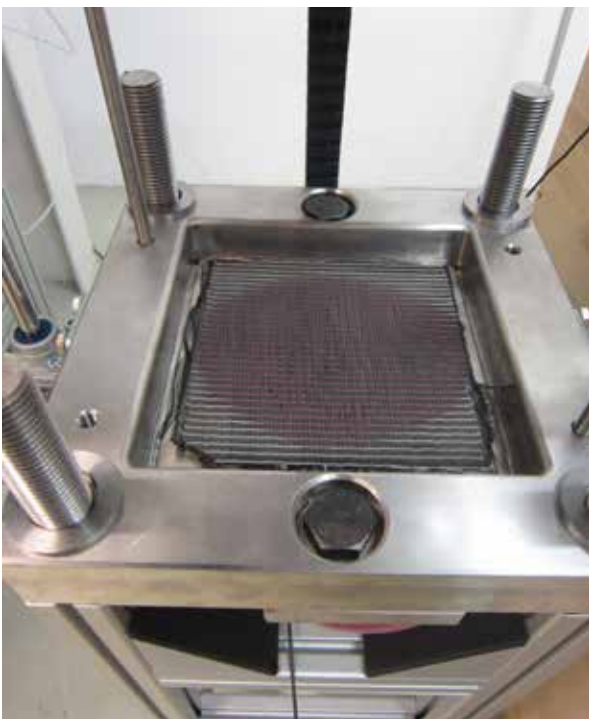


The Christian Doppler Laboratory aimed to develop fundamental understanding of advanced composite processes to manufacture high quality aerospace components. After seven years, the CDL-HECP finished regularly end of March 2020. Together with the industrial partner, FACC Operations GmbH, the CDL-HECP elaborated process development of various processing techniques.

A special focus on assessment of sensing techniques allowed development of concepts for inline control during processing. Processing behavior governing material characteristics were studied and according testing procedures were analyzed. Aiming alternative out-of-autoclave (OOA) processing procedures, dry fiber processing to build-up preforms, according infiltration strategies and curing performance were investigated. Preforming, using placement or winding techniques, infiltration characterization, using optical, capacitive based sensing techniques or

filling strategies, were used to deliver information about OOA processing strategies. Development of a new hybrid cost modeling tool allows to result in improved cost estimation already at an early development stage.

The financial support by the Austrian Federal Ministry for DIGITAL and ECONOMIC AFFAIRS and the industrial partner FACC Operations GmbH is gratefully acknowledged. Furthermore, administrative support by the Christian Doppler Research Association is kindly acknowledged. ■



Auf einen Blick

Förderung: BMDW
Betreuung: CDG
Projektpartner: FACC Operations GmbH

Ansprechpartner



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ralf Schledjewski
ralf.schledjewski@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2700

Rissverhalten: Modellierung von heterogenen Materialien

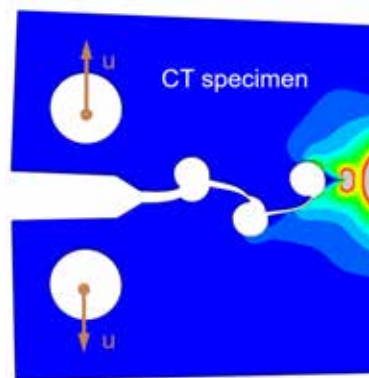
Crack behavior: Modeling of heterogeneous materials

Einige natürliche heterogene Materialien wie etwa Perlmutt (keramische Plättchen in einer Proteinmatrix) haben aufgrund ihres mikrostrukturellen Aufbaus eine deutlich höhere Zähigkeit als ihre Bestandteile. Dabei bleiben andere Eigenschaften wie die Härte und die Steifigkeit trotzdem erhalten. Die lokale geometrische Anordnung der Bestandteile mit unterschiedlicher Steifigkeit und plastischen Eigenschaften führt zu Rissablenkung, Rissstop und Delamination. Ein tiefgreifendes Verständnis dieser Mechanismen kann die Wirkungsweise solcher Materialien für technische Anwendungen nutzbar machen.

Dazu wurde ein Finite Elemente Modell erstellt, welches das Risswachstum und die Rissinitiierung beschreiben kann. Für die Rissinitiierung wird das Finite Fracture Mechanics (FFM) Konzept verwendet, demzufolge ein Riss initiiert, wenn sowohl die kritische Spannung σ_c als auch die kritische Energiefreisetzungsrate G_c für einen möglichen initiierten Riss überschritten wird. Die Ausbreitung von Rissen im Modell wird über die Energiefreisetzungsrate beurteilt. So kann in vielen kleinen Inkrementen die stückweise Rissausbreitung wie auch die weitere Rissinitiierung berechnet werden. Für einfache Probekörper wird damit der Einfluss von Löchern auf die Ausbreitung, die Ablenkung, den Stopp und die Neuinitiierung von Rissen vorhergesagt.

Das Modell wurde anhand einer Compact Tension (CT) Probe aus PMMA validiert, wobei der Risspfad und die zur Rissinitiierung nötige Belastung gut mit den Messergebnissen übereinstimmten. Es ist geplant, im Modell auch plastisches Materialverhalten zu implementieren, um solche Mechanismen auch bei anderen, duktileren Kunststoffen verstehen zu können.

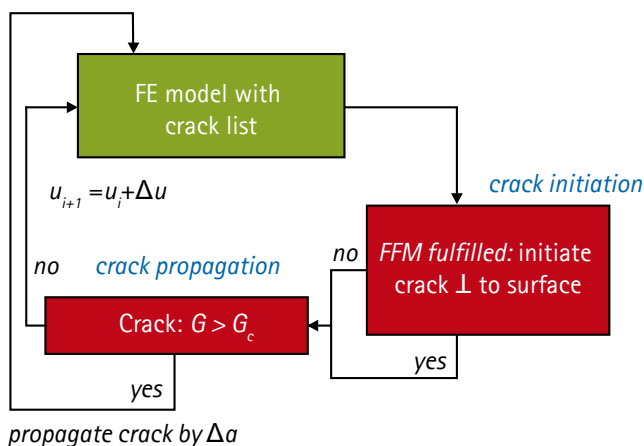
growth and crack initiation. For crack initiation, the finite fracture mechanics (FFM) concept is used, according to which a crack initiates when both the critical stress σ_c and the critical energy release rate G_c for a possible initiated crack are exceeded. The propagation of cracks in the model is assessed by the energy release rate. In the model, the piecewise crack propagation as well as the crack initiation can thus be computed in many small increments.



Some natural heterogeneous materials found in nature such as nacre (ceramic platelets in a protein matrix) have a significantly higher toughness than their components due to their microstructural composition. At the same time, other properties such as hardness and stiffness are preserved. The local geometric arrangement of constituents with different stiffness and plastic properties leads to crack deflection, crack arrest and delamination. A profound understanding of these mechanisms can make the toughening mechanisms of such materials useful for technical applications. For this purpose, a finite element model was created that can describe crack

For simple specimens, the influence of holes on crack propagation, deflection, arrest and reinitiation can be predicted.

The model was validated using a Compact Tension (CT) specimen made of PMMA, where the crack path and the load required for crack initiation corresponded well with the measurement results. It is planned to implement plastic material behavior in the model in order to understand such mechanisms in other, more ductile plastics. ■



Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Markus Tauscher
markus.tauscher@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2511

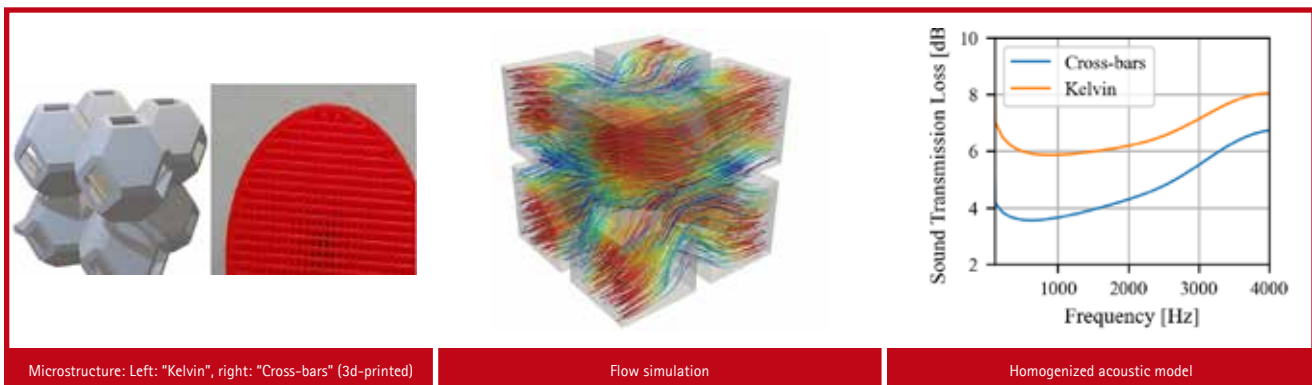
Zellstruktur und Eigenschaften von Polymerschäumen

Cell structure and properties of polymer foams

In der Luftfahrtindustrie spielt der Komfort der Passagiere eine große Rolle. Daher soll im Take Off-Projekt „Virtual ADAM“ gemeinsam mit Luxner Engineering, FACC und Getzner Werkstoffe erforscht werden, wie die akustischen Eigenschaften von Polymerschäumen für Sandwich Paneele optimiert werden können, sodass möglichst wenig Schall von den Turbinen des Flugzeugs in den Innenraum gelangt. Dadurch soll die Lärmbelastung für Passagiere deutlich reduziert werden.

durch eine Platte mit entsprechender Mikrostruktur vorhergesagt. Das poro-elastische Materialmodell kann neben dem Einfluss der Mikrostruktur auch die Auswirkung der Materialparameter des Polymers abbilden. Als Ziel des Projektes soll ein optimaler Schaum in Form von idealen Materialparametern als auch idealer Zellstruktur vorgeschlagen werden.

Institute of Designing Plastics and Composite Materials: A Python program can generate arbitrary cell structures based on given parameters. These cell structures are then subjected to flow simulations to obtain the parameters required for the homogenized material model mentioned above. These parameters are finally used to predict the transmission loss through a plate with a corresponding microstructure. In addition to the influence of the microstructure, the poroelastic



Um die Geräuschkulisse für Passagiere zu optimieren, wird zuerst die Mikrostruktur der Schäume – also die genaue Geometrie der Kunststoffstränge – untersucht. Mit Hilfe von neuartigen poro-elastischen Materialmodellen sowie Finite Elemente Modellen wird das akustische Verhalten aufgrund der Zellstruktur vorhergesagt. Die entscheidende Größe ist hierbei, wie stark der Schalldruck beim Durchdringen der Schaumschicht abfällt (Transmission Loss). Je größer der Transmission Loss, umso weniger Lärm nimmt der Passagier schlussendlich wahr.

Für diese Untersuchungen wurde am Lehrstuhl für Konstruieren in Kunst- und Verbundstoffen folgender Workflow umgesetzt: Ein Python-Programm kann parametergesteuert beliebige Zellstrukturen erzeugen. Diese Zellstrukturen werden dann Strömungssimulationen unterzogen, um die erforderlichen Parameter für das oben genannte homogenisierte Materialmodell zu erhalten. Mit diesen Parametern wird schließlich der Transmission Loss

Passenger comfort plays a major role in the aviation industry. Therefore, in the take-off project „Virtual ADAM“ research is conducted together with Luxner Engineering, FACC and Getzner Werkstoffe into how the acoustic properties of polymer foams for sandwich panels can be optimized in terms of sound transmission from the aircraft's turbines to the interior. Thereby, noise exposure of passengers should be reduced as much as possible.

In order to minimize passenger noise, the microstructure in foams – i.e. the precise geometry of the polymer strands – is first investigated. Advanced poro-elastic material models are used together with finite element models to predict the acoustic behavior based on the cell structure. The relevant parameter is how much the sound pressure drops when it penetrates the foam layer (Transmission Loss). The greater the Transmission Loss, the less noise the passenger perceives.

For these investigations, the following workflow was implemented at the

material model can also represent the effect of the material parameters of the polymer. The aim of the project is to propose an optimal foam in terms of ideal material parameters as well as ideal cell structure. ■

Auf einen Blick

Förderung: Take Off
Projektpartner: LUXNER Engineering ZT GmbH, FACC AG, Getzner Werkstoffe GmbH

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Christian Moser
 christian.moser@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2510

Ermüdungsverhalten von Verbundwerkstoffen

Fatigue behavior of composite materials

Endlosfaserverstärkte Polymere weisen in Faserrichtung eine sehr hohe Ermüdungsresistenz auf. Quer zur Faserrichtung ist jedoch Ermüdung und die damit einhergehende Schädigung, welche vor allem innerhalb der Matrix stattfindet, ein wichtiges Thema, das bei der Bauteilauslegung nicht vernachlässigt werden darf. Vor allem Matrixrisse treten oft schon relativ früh in der Lebensdauer auf und sind der Auslöser für weitere Schädigung.

Um das Potenzial von Verbundwerkstoffen besser auszunutzen wurde ein Ermüdungsmodell für unidirektional faserverstärkte Verbundwerkstoffe entwickelt. Es beinhaltet nicht nur die Berechnung der ertragbaren Lebensdauer, sondern auch die Evolution der Schädigung und den damit einhergehenden Verlust an Steifigkeit. Der Fokus des aus zwei Teilen bestehenden Modells liegt auf Matrixrissen und deren Auswirkungen auf den gesamten Laminataufbau. Der erste Teil beschreibt die Schädigungsevolution des Materials. Aus der Schädigung kann im zweiten Schritt die Steifigkeitsänderung mittels eines mikromechanischen Ansatzes berechnet werden.

Für die Kalibrierung des Modells ist es wichtig, den Schädigungszustand in Experimenten zu erfassen. Um die Matrixrisse automatisiert zu erkennen wurde ein Programm zur Rissdetektion entwickelt. Mittels dieser Rissdetektion kann das Modell direkt kalibriert werden, das den Schädigungszustand direkt mit der Steifigkeit in Abhängigkeit der Lebenszeit korreliert.

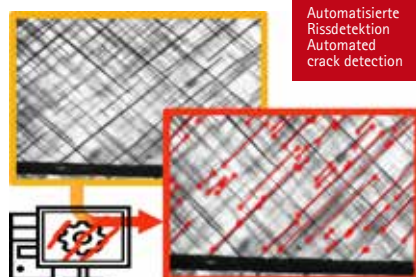
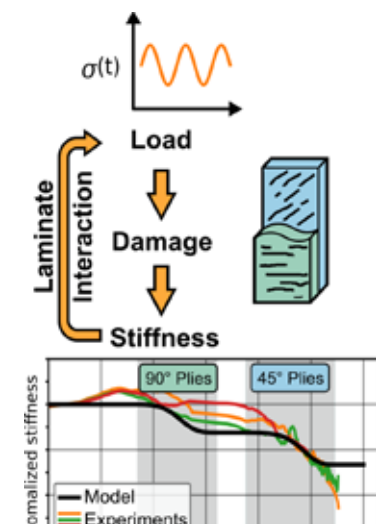
Durch das physikalisch basierte Ermüdungsmodell auf Schichtebene wird eine geschickte Reduktion auf wenige Materialparameter erreicht. Somit kann ein Teil der aufwendigen Ermüdungsexperimente reduziert und das Modell mit akzeptablem experimentellem Aufwand kalibriert werden. Dies legt den Grundstein für eine effiziente und breit anwendbare Methode für die Auslegung von zyklisch beanspruchten Laminatbauteilen.

Continuous fiber-reinforced polymers have a very high fatigue resistance in fiber direction. However, transverse to the fiber direction fatigue and the associated damage is an important issue that cannot be neglected in component design. In particular matrix cracks often occur at relatively early stages in the fatigue life and are the trigger for further damage.

For the calibration of the model, it is important to measure the damage state in experiments. In order to automatically recognize the matrix cracks, a program for crack detection was developed. The model, which correlates the state of damage directly to the stiffness as a function of lifetime, can be calibrated directly using this crack detection.

With this physically based fatigue model at ply level a smart reduction to a few material parameters is possible. Therefore, some of the costly fatigue experiments can be reduced and the model can be calibrated with acceptable experimental effort. This lays the foundation for an efficient and widely applicable method for the design of cyclically stressed laminate components. ■

Ermüdungsmodell für Schädigung und Steifigkeitsdegradation.
Fatigue model for damage and stiffness degradation



Automatisierte Rissdetektion
Automated crack detection

In order to better utilize the potential of composite materials, a fatigue model for unidirectional fiber-reinforced composite materials was developed. It not only includes the prediction of service life, but also the evolution of damage and the associated loss of stiffness. The two-part model focuses on matrix cracks and their effects on the entire laminate structure. The first part describes the damage evolution of the material. In the second part, the effect of this damage on laminate stiffness is computed using a micromechanical approach.

Auf einen Blick

Förderung: FFG COMET (project-no.: VI-3.04), BMK, BMDW
Projektpartner: Polymer Competence Center Leoben GmbH, MAGNA Powertrain Engineering Center Steyr GmbH & CO KG

Ansprechpartner



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



Dipl.-Ing. Christian Schneider
 christian.schneider@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 2103

SRCR - Effizientes Prüfkonzept zur Langzeitabsicherung

SRCR - Efficient testing concept for long-term protection

Wärmebrückenverluste im Wohnbau sind vor allem durch den Einsatz spezieller thermischer Entkopplungselemente auf Basis von Hochleistungsverbundkunststoffen substanziell zu reduzieren (s. Abb. 1). Für die Sicherstellung der Einsatztauglichkeit ist dabei vor allem die Langzeit-Festigkeit für vorgegebene Einsatzzeiten von 30, 50 oder gar 100 Jahren zu prüfen. Entsprechende Langzeitaussagen sind jedoch in der Regel nur mit zeitaufwendigen Prüfverfahren wie etwa in Kriechversuchen bei unterschiedlichen erhöhten Laststufen zu erhalten.

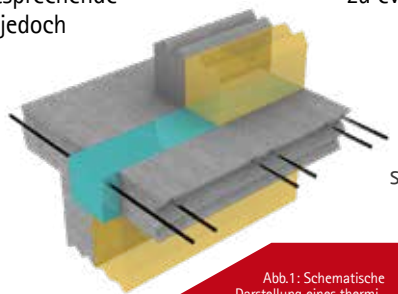


Abb. 1: Schematische Darstellung eines thermischen Entkopplungselementes für Fassadenanbauten
Fig. 1: Schematic representation of a thermal decoupling element for facade extensions N. Fleischhacker, 2016

Das SRCR Konzept

Sehr viel zeiteffizienter ist das Langzeitversagensverhalten mit einer neuartigen, am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe entwickelten Prüf- und Extrapolationsmethode bestimmbar. Kern dieses als SRCR (Stress Rate accelerated Creep Rupture) bezeichneten

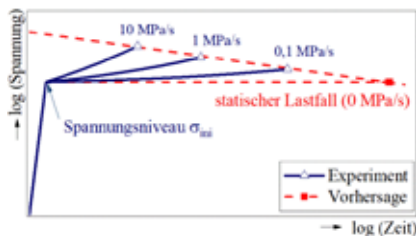


Abb. 3: Prüfschema der SRCR-Methode
Fig. 3: Testing scheme of the SRCR method
S. Gloggnitzer, P. Guttmann, and G. Pinter, 2018

Prüfkonzeptes ist die Aufbringung eines einsatzrelevanten Lastniveaus mit anschließender monotoner Steigerung der Last bis zum Bruch (s. Abb. 2). In einer Serie von Einzelversuchen bei schrittweiser Reduzierung der Belastungsgeschwindigkeit wird eine Folge von zunehmenden Versagenszeiten erhalten, die die Extrapolation auf die Versagenszeit für das zurunde liegende initiale Lastniveau ermöglicht (s. Schema in Abb. 3).

Anwendbarkeit

Während die prinzipiell gute Aussagekraft dieses Verfahrens bereits für Standardprüfkörper verschiedener glasfaser-

verstärkter Kunststoffe gezeigt werden konnte, ist es vorrangiges Ziel eines Forschungsprojektes am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe u. a. in Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck (TVFA) die Übertragbarkeit dieses Prüfverfahrens auf hybride Faserverbundkomponenten für Anwendungen im Baubereich zu evaluieren.

Thermal losses in the building and construction sector can be substantially reduced by using special thermal decoupling elements based on high-performance composite plastics (s. Fig. 1). In order to ensure suitability for use, the long-term strength for specified periods of use of 30, 50 or even 100 years must be proofed. However, corre-

sponding long-term predictions can usually only be obtained by the application of time-consuming test procedures such as creep tests at different increased load levels.

The SRCR concept

Long-term failure behavior can be determined much more time-efficiently with a new testing and extrapolation method developed at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers. The core of this testing concept, known as SRCR (Stress Rate accelerated Creep Rupture), is the application of a service relevant load level followed by a monotonous increase in the load until rupture (s. Fig. 2). In a series of individual tests with gradual reduction of the loading rate, a sequence of increasing failure times is obtained, which allows

the extrapolation to the failure time for the underlying initial load level (see scheme in Fig. 3).

Applicability

While the principle validity of this method has already been demonstrated for standard test specimens of various glass fiber reinforced polymers, the primary objective of a research project at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers in cooperation with the University of Innsbruck (TVFA), among others, is to evaluate the transferability of this test method to hybrid fiber composite components for applications in the construction sector. ■

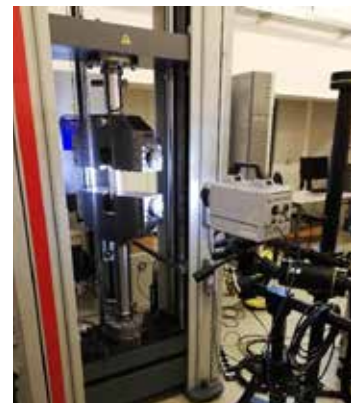


Abb. 2: Mechanische Prüfung von Hochleistungsverbundkunststoffen am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, Montanuniversität Leoben.
Fig. 2: Mechanical testing of high-performance composite plastics at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers, Montanuniversität Leoben.

Auf einen Blick

Förderung: FFG – Stadt der Zukunft
Projektpartner: FEN Sustain Systems GmbH, AVI Alpenländische Veredelungs-Industrie GmbH, Secar Technologie GmbH, Universität Innsbruck

Ansprechpartner



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

Forschungsschwerpunkt NACHHALTIGKEIT

Research objective SUSTAINABILITY

Kunststoffe als multifunktionale, innovative und ressourceneffiziente Werkstoffe leisten einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung unserer Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft (z. B. Reduktion von Treibstoffverbrauch, längere Haltbarkeit von Lebensmitteln, regenerative Energieerzeugung). Insbesondere aber vor dem Hintergrund der von der EU angestrebten Übergänge in eine biobasierte Industrie sowie in eine effiziente Kunststoffkreislaufwirtschaft besteht in den kommenden Jahren signifikanter werkstofflicher und technologischer Entwicklungsbedarf in der gesamten Kunststoffbranche. Die Basis dafür stellen intensive und interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im komplexen Beziehungsfeld von (biobasierten) Polymerbausteinen bzw. der Werkstoffarchitektur, polymer-physikalischer Leistungsfähigkeit, effizienter Verarbeitbarkeit und stofflicher Rezyklierbarkeit dar. Aktuelle Projekte am Department Kunststofftechnik adressieren daher die Entwicklung von

- kosteneffizienten (biobasierten) polymeren Werkstoffen mit gegenüber dem Stand der Technik verbesserten mechanischen und/oder Funktionseigenschaften,
- polymeren Werkstoffen aus regionalen und nachwachsenden Rohstoffen

ohne toxikologisch bedenkliche Einsatzstoffe bzw. kritische Hilfs- und Rohstoffe,

- intelligenten Werkstoffdesigns, die eine Reduktion des gesamten Materialeinsatzes und eine Wiederverwendung von bzw. ein ressourceneffizientes, sortenreines, stoffliches Recycling von Kunststoffen erlauben und
- innovativen Verarbeitungsprozessen, welche eine ressourceneffiziente Herstellung bzw. Wiederaufbereitung von Kunststoffen, Verbundwerkstoffen und Multifunktionswerkstoffen ermöglichen.

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 (e.g. reduced fuel consumption, increased shelf-life of food, regenerative energy). However, initiatives of the EU towards a resource efficient and sustainable low-carbon economy require the development of new materials and new consumer products from European biomass, avoiding the need for fossil-based inputs. This transition into bio-based industry while meeting the EU's plastics

circular economy directives involves significant technological changes in the whole plastics economy. The basis for this are interdisciplinary research initiatives covering complex interrelations of (bio-based) polymer building-blocks and material architecture, polymer-physical performance, efficient processability and recyclability. In this regard the research at the Department Polymer Engineering and Science is committed to the following key topics:

- cost-efficient, sustainable, (bio-based) polymeric materials with improved mechanical and/or functional properties compared to the state of the art,
- high-performance polymeric materials from regional and renewable raw materials including the substitution of hazardous input materials as well as minimizing the use of critical additives and catalysts,
- intelligent material design approaches for reducing the total material input and for enabling the reuse and resource-efficient material recycling and
- intelligent processing and preparation methods, which allow for resource-efficient production and reprocessing/recycling of polymeric materials. ■

Bild von Free-Photos auf Pixabay



Alternative Wickelfolien aus nachwachsenden Rohstoffen

Alternative winding films from renewable raw materials

Ressourceneffizienz spielt bei der Entwicklung, Produktion und Anwendung von Kunststoffen eine besonders große Rolle. Deswegen rücken Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe verstärkt in den Mittelpunkt und es wird intensiv an neuen biobasierten Kunststoffen geforscht; diese sind jedoch preislich noch nicht konkurrenzfähig. Im Projekt EFFIE – Effizientere, biobasierte und recyclebare Stretcholie wird daher am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe an verbesserten Strukturen gearbeitet. Mithilfe von biobasierten Kunststoffen soll es zu einer Materialeinsparung von 30% kommen.

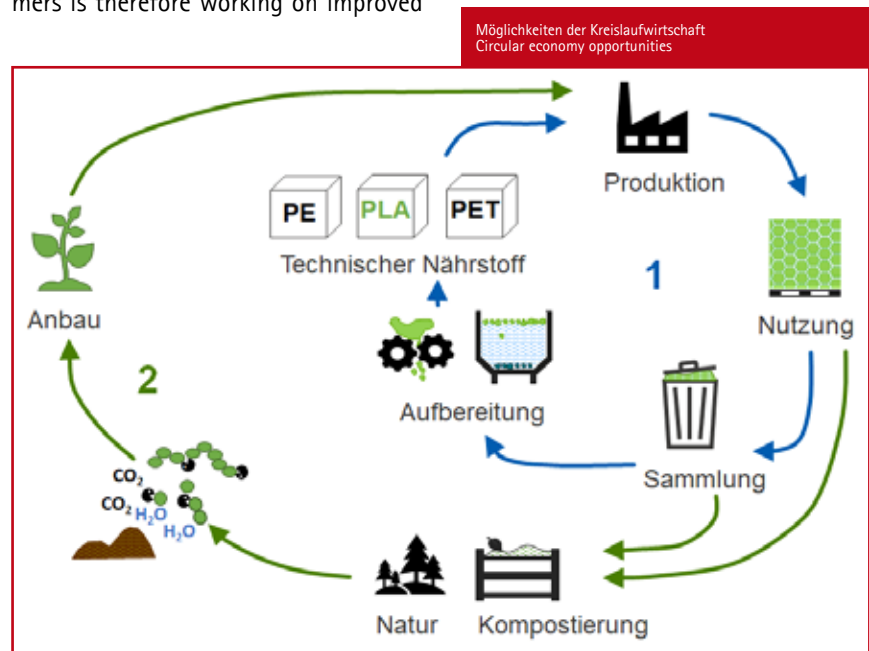
Zunächst werden die Bedingungen des Verpackungs- und Transportprozesses analysiert und die qualitativen und quantitativen Anforderungen an das Folienmaterial verifiziert. Anschließend werden die bereits verfügbaren biobasierten Materialien getestet, ob sie als Ersatzstoffe geeignet sind. An ausgewählten Referenzmaterialien erfolgt die Untersuchung der im Gebrauch auftretenden physikalischen Werkstoffbeanspruchung mittels morphologischer, thermischer, thermomechanischer, mechanischer und bruchmechanischer Untersuchungsmethoden. Anschließend wird eine Folie im Labormaßstab erzeugt. Mithilfe von mathematischen Modellierungen soll ein finales Produkt gefunden werden, das den spezifischen Eigenschaften entspricht.

In weiterer Folge soll auch ein adaptives Wickelkonzept (Prozess- und Anlagenkonzept) entstehen. Damit soll gewährleistet werden, dass immer nur genau so viel Folie wie nötig verwendet wird. Schlussendlich soll sichergestellt werden, dass eine sinnvolle Kosten-Nutzen-Rechnung sowohl für die Produktions- als auch für Transportindustrie gegeben ist.

Resource-efficiency plays a particularly important role in the development, production and application of polymers. For this reason, plastics based on rene-

wable raw materials are increasingly coming into focus and intensive work is being done on new bio-based polymers; but these are not yet competitive in terms of price. In the EFFIE project – More Efficient, Bio-based and Recyclable Stretch Film the Institute for Materials Science and Testing of Polymers is therefore working on improved

cept) will also be developed. This should ensure that only as much film as necessary is used. Finally, it should be ensured that a reasonable cost-benefit calculation is given for both the production and the transport industry. ■



structures. With the aid of biobased polymers, the aim is to achieve material savings of 30 %.

First, the conditions of the packaging and transport process are analyzed and the qualitative and quantitative requirements for the film material are verified. Subsequently, the already available biobased materials are tested to determine whether they are suitable as substitutes. On selected reference materials, the physical material stress occurring in use is investigated by means of morphological, thermal, thermomechanical, mechanical and fracture mechanics test methods. Subsequently, a film will be produced on a laboratory scale. Mathematical modeling will be used to find a final product that meets the specific properties.

Subsequently, an adaptive wrapping concept (process and equipment con-

Auf einen Blick

Förderung: FFG, BMK Produktion der Zukunft

Projektpartner: Fraunhofer Austria Research Gesellschaft, Pamminger Verpackungstechnik Ges.m.b.H., TU Wien, Lenzing Plastics GmbH & Co KG

Ansprechpartner



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

Projekt: Tex2Mat

Recycling von Textilabfällen

Recycling of textile waste

Die gesetzlichen Vorgaben der EU zur Kreislaufwirtschaft stellen die Textilbranche in Österreich vor große Herausforderungen: Textilien bestehen oft aus zwei oder mehr Materialien, was das Recycling sehr erschwert. Im Zuge des Projektes **Tex2Mat** wurde für Baumwoll-PET-Mischgewebe ein Trennverfahren basierend auf einem enzymatischen Prozess entwickelt. Das daraus gewonnene reine PET sollte so aufbereitet werden, dass es sich wieder für den Spinnpro-

Die Bauteile entsprachen in allen Punkten den Spezifikationen (Abb. 2).

Das Projekt wurde mit dem niederösterreichischen Clusterland Award 2019 (siehe auch S. 81) ausgezeichnet.

Das Projekt „TEX2MAT“ (865383) wurde im Rahmen der Förderschene „COIN“ der FFG vom BMWFW gefördert.

spinning differ significantly from those for injection molding, but nevertheless it was possible to demonstrate in trials that the material can be processed well. Furthermore, technical parts were manufactured from the recycle at the project partners and tested accordingly. The components met the specifications in all respects (Fig. 2.).

The project was awarded the Lower Austrian Cluster Land Award 2019 (see p. 81).



Abb. 1: Handtuch aus rezykliertem PET
Fig. 1: Towel made from recycled PET

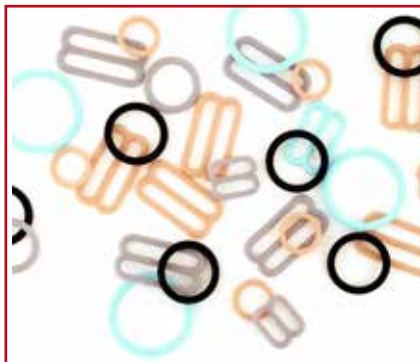


Abb. 2: Aus rezykliertem Polyamid hergestellte technische Bauteile
Fig. 2: Technical components made from recycled polyamide



The "TEX2MAT" project (865383) was funded by the BMWFW as part of the "COIN" funding scheme of the FFG. ■

zess verwenden und für den ursprünglichen Einsatzzweck wieder verwerten lässt. Dafür wurden die aufbereiteten PET-Fasern systematisch analysiert, um festzustellen, inwieweit sich die Materialeigenschaften durch die Verarbeitung und durch den Gebrauch im Vergleich zur Neuware verändert haben. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde das Material durch Rekondensation wieder auf ein Niveau gebracht, von dem aus es erneut versponnen und verwoben werden konnte (Abb. 1)

Weiters wurden Polyamid-Gemenge, die ursprünglich in industriellen Textilien im Einsatz waren, auf ihre Eignung als Material für technische Spritzgießbauteile geprüft. Die Anforderungen an die Materialeigenschaften für das Spinnen unterscheiden sich wesentlich von denen für das Spritzgießen, trotzdem konnte in Versuchen nachgewiesen werden, dass sich das Material gut verarbeiten lässt. Darüber hinaus wurden bei Projektpartnern technische Bauteile aus dem Rezyklat gefertigt und entsprechend geprüft.

The legal requirements of the EU for the circular economy pose great challenges for the textile industry in Austria, as textiles often consist of two or more materials, which makes recycling very difficult. In the course of the project **Tex2Mat**, a separation process based on an enzymatic process was developed for cotton-PET blended fabrics. The resulting pure PET was to be processed in such a way that it could be reused in the spinning process and recycled for its original purpose. To this end, the reprocessed PET fibers were systematically analyzed to determine the extent to which the material properties had changed as a result of processing and usage compared with virgin material. Based on these findings, the material was recondensed to a level from which it could be spun and woven again (Fig.1.).

Furthermore, polyamide blends originally used in industrial textiles were tested for their suitability as a material for technical injection molded parts. The material properties required for

Auf einen Blick

Förderung: FFG/BMWFW - COIN Programm

Projektpartner: ecoplus.Niederösterreichs Wirtschaftsagentur, Kunststoff-Cluster, TU Wien, BOKU Wien, DI Monika Daucher Engineering, Ing. Gerhard Fildan GmbH, Herka GmbH, Huyck.Wangner Austria GmbH, Multiplast Kunststoffverarbeitung GmbH, Starlinger & Co Gesellschaft m.b.H., Salesianer Miettex GmbH, Thermoplastkreislauf GmbH

Ansprechpartner



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

Projekt: C-PlaNeT

Ausbildungsnetzwerk für Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen Circular Plastics Network for Training

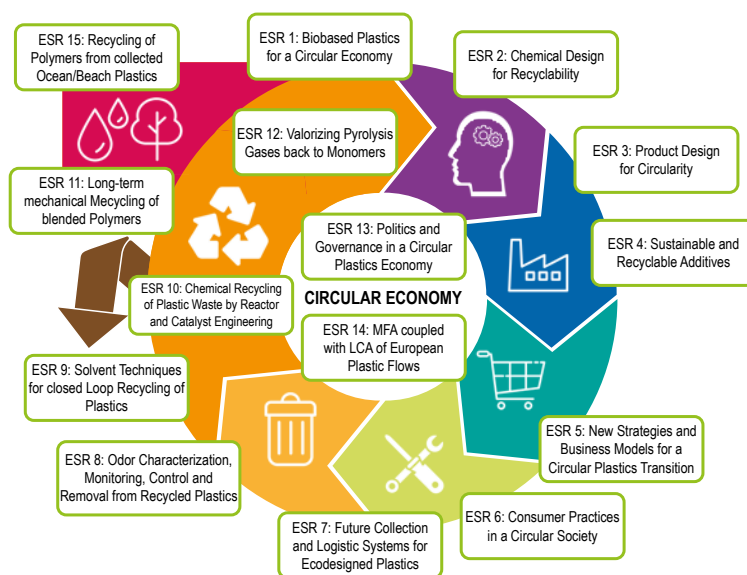
C-PlaNeT ist ein von der Europäischen Union im Rahmen der H2020 Marie Skłodowska Curie Actions – Innovative Training Networks (H2020 MSCA ITN) gefördertes Projekt mit einer Projektlaufzeit von 01/2020 bis 12/2023. C-PlaNeT ist ein Konsortium aus hochkarätigen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Belgien, Deutschland, den Niederlanden, Österreich (Montanuniversität Leoben MUL), Großbritannien, der Schweiz, Dänemark und Griechenland.

Kunststoffe in die Kreislaufwirtschaft zu bringen, ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit. C-PlaNeT legt den Grundstein für eine neue Kunststoffwirtschaft durch ein europäisches gemeinsames DoktorandInnenprogramm, das 15 Early Stage Researchers (ESRs) ausbildet, um Teil einer neuen Generation von WissenschaftlerInnen, IngenieurInnen und politischen EntscheidungsträgerInnen für die Kreislaufwirtschaft der EU zu werden, die das Design, die Verarbeitung, die Verwendung und die Wiederverwendung von Kunststoffen einschließen muss. Jeder ESR, der seine/ihre Forschungsfähigkeiten zusammen mit einem BetreuerIn und Co-Promotor entwickelt, ist ein Teil des Puzzles und profitiert gleichzeitig davon, Teil eines Projektteams mit 14 anderen ESRs und deren BetreuerInnen zu sein, die andere Bereiche des Lebenszyklus abdecken und sich gegenseitig in Bezug auf das Denken in Lebenszyklen und eine nachhaltigere Zukunft für Kunststoffe herausfordern.

An der MUL sind die Lehrstühle für Kunststoffverarbeitung (KV) sowie Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft (AVAW) beteiligt, die je einen ESR in Leoben betreuen. An der KV werden die Möglichkeiten des werkstofflichen Recyclings von Biopolymeren im Detail

untersucht, um das Material im Kreislauf zu halten, anstatt es nach der Nutzung abbauen zu lassen.

benefiting from being part of a project team with 14 other ESRs and their supervisors covering other parts of the lifecycle, challenging each other in terms of lifecycle thinking and a much more sustainable future for plastics.



At MUL, the Institutes of Polymer Processing as well as Waste Processing Technology and Waste Management are involved, hosting one ESR each. At the KV the mechanical recycling options for biopolymers will be investigated in detail in order to keep the material in the loop instead of degradation after use. ■

Projektwebsite:
www.c-planet.eu

C-PlaNeT is a project funded by the European Union in the framework of the H2020 Marie Skłodowska Curie Actions – Innovative Training Networks (H2020 MSCA ITN) with a project period from 01/2020 until 12/2023. C-PlaNeT is a consortium of high-profile universities, research institutions and companies located in Belgium, Germany, the Netherlands, Austria (Montanuniversität Leoben), United Kingdom, Switzerland, Denmark and Greece.

Bringing plastics into the circular economy is one of the great challenges of our age. C-PlaNeT lays the foundations for a New Plastics Economy through a European Joint Doctoral Program that trains 15 Early Stage Researchers (ESRs) to become part of a new generation of scientists, engineers and policy makers for the EU's circular economy, which must include the design, processing, use and reuse of plastics. Each ESR, developing his/her research skills together with a supervisor and co-promoter, represents a piece of the jigsaw, at the same time

Auf einen Blick

Förderung: EU H2020 Marie Skłodowska Curie Actions – Innovative Training Networks (H2020 MSCA ITN)

Projektpartner: Ghent University, KU Leuven, Technische Universiteit Eindhoven, Technical University of Denmark, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg, Technische Universität Berlin, Aristotle University of Thessaloniki, Montanuniversität Leoben (KV, AVAW)

Ansprechpartner



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

Projekt: RSBC

Entwicklung und Verarbeitung biobasierter Faser-Matrix-Verbundwerkstoffe Reliable and sustainable composite production for bio-based components

Bio-basierte Verbundwerkstoffe erfahren in den letzten Jahren ein wachsendes Interesse und etablieren sich verstärkt in Marktsegmenten wie der Automobil-, Möbel- und Konsumgüterindustrie. Die Kombination aus nachwachsender Verstärkungsfasern auf Pflanzenbasis und bio-basierten Polymeren erlaubt die Herstellung von ökologisch effizienten Verbundbauteilen. Das Eigenschaftsprofil der Faser-Kunststoff-Verbundmaterialien (FKV) lässt sich über weite Bereiche gezielt einstellen, was den Werkstoff für eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten interessant macht.

zuverlässigen Verarbeitung biobasierter FKV beizutragen, wurde mittels Nahinfrarot-Spektroskopie eine Möglichkeit zur Inline-Überwachung des Feuchtigkeitsgehalts und des Aushärtegrades realisiert.

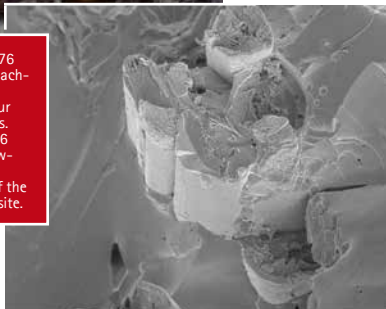
Die praktische Anwendbarkeit des entwickelten FKV wurde mit der Herstellung einer Verkleidungskomponente für Land- und Baumaschinen demonstriert. Der Vergleich der Prozess- und Bauteileigenschaften mit dem herkömmlichen FKV zeigt das Potenzial der eingesetzten biobasierten Materialien. Begleitend zu den Forschungsarbeiten erfolgte die Bewertung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten im Rahmen einer Ökoeffizienzanalyse.

component quality and to contribute to the reliable processing of bio-based FRP, a possibility for inline monitoring of the moisture content and the degree of curing was realized by means of near-infrared spectroscopy.

The practical implementation was carried out by manufacturing a trim part for construction machinery, which originally is made out of glass fiber reinforced polyester resin. The comparison of the processing and part properties showed the potential of the applied bio-based composite for this application. The research activities were accompanied by a Life Cycle Assessment regarding economical and ecological aspects of the materials and processing. ■



Oben: Projektdemonstrator Liebherr L576 Radlader-Heckklappe, hergestellt aus nachwachsenden Rohstoffen.
Rechts: Rasterelektronenmikroskopie zur Bruchfläche eines ELSO-CA-Composites.
Top: Project demonstrator Liebherr L576 wheel loader tailgate, made from renewable raw materials.
Right: Scanning electron microscopy of the fracture surface of an ELSO-CA composite.



Im Rahmen des FFG-Projektes

RSBC wurde die Harzsynthese auf Basis von Pflanzenölen untersucht. An der MUL wurde dabei unter anderem ein Harzsystem mit 100 % biobasiertem Kohlenstoffanteil auf Basis von epoxidisiertem Leinsamenöl (ELSO) und Zitronensäure (CA) entwickelt und charakterisiert. Da die Zitronensäure als Feststoff vorliegt, wurde eine passende Aufbereitungsroutine erarbeitet, um das Harzsystem im Flüssigprägnierprozess verarbeiten zu können. Im Flüssigprägnierprozess werden die Naturfaserverstärkung und der polymere Matrixwerkstoff in einem Prozessschritt in ein Verbundbauteil überführt. Um eine reproduzierbare Bauteilqualität sicher zu stellen und zur

Bio-based composites have attracted growing interest in recent years. They are establishing in more and more industrial sectors like the automotive, transport, furniture and consumer goods industry.

The combination of renewable plant-based fibers and bio-based polymers allow the manufacturing of environmentally efficient fiber reinforced polymer composites (FRP). The mechanical properties of these composite materials can be adjusted within a wide range, making them attractive

for an abundance of possible applications.

In the framework of the FFG project RSBC the synthesis of plant oil based thermoset resin systems is investigated. One focus at MUL was to develop and characterize a new resin system with 100% bio-based carbon, based on epoxidized linen-seed oil and citric acid. As citric acid is a solid a preparation routine was established to process the resin system in methods of Liquid Composite Manufacturing. In these processes the natural fiber reinforcement and the polymeric matrix material are transferred into a composite component in only one process step. To ensure the reproducible

Auf einen Blick

Förderung: bmvit - FTI-Programm: „Produktion der Zukunft“

Projektpartner: Jaksche Kunststofftechnik GmbH, Kompetenzzentrum Holz GmbH, bto-epoxy GmbH, R&D Consulting GmbH, Kästle GmbH

Ansprechpartner



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



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

Flexible Composites aus nachwachsenden Rohstoffen

Flexible composites based on renewable resources

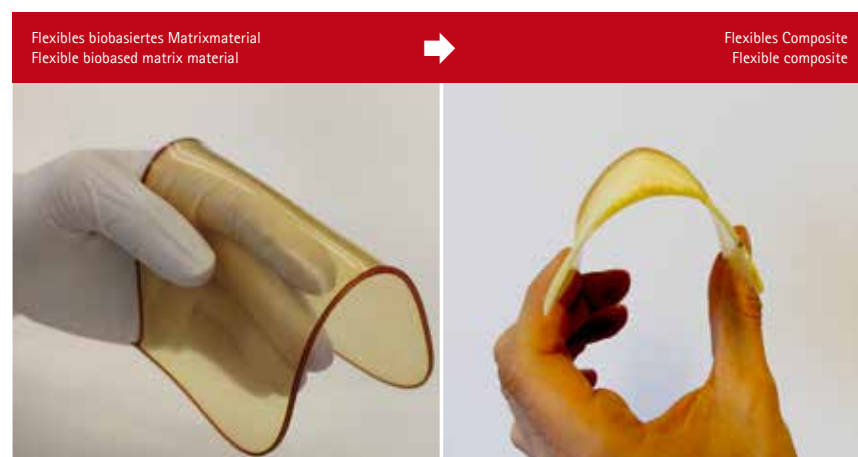
Das Projekt Nawaro-Flex zielt auf die Entwicklung, Herstellung und Erprobung flexibler Composites auf Basis nachwachsender Rohstoffe (bestehend aus einer Matrix aus vernetzenden biobasierten Polymeren und darin eingebetteten biobasierten Fasern als Verstärkungstoffen) ab, welche in Herstellung, Verarbeitung und Gebrauch biokompatibel sind.

Flexible Composites gibt es derzeit nicht, aufgrund strukturbedingt hervorragender Biegeeigenschaften bei gleichzeitiger Zugfestigkeit sind mit derartigen Materialien jedoch vielfältige technologische Innovationen bzw. Verbesserungen von bestehenden Technologien zu erwarten. Das potenzielle Anwendungsspektrum reicht von Bekleidungselementen, Möbeln und Sportartikeln über technisches Leder, technische Gewebe und Dämpfungselemente bis hin zu medizintechnischen Produkten.

Zentrale Forschungsgegenstände im Projekt sind die Entwicklung geeigneter Matrixmaterialien und textiler Halbzeuge, die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Faser und Matrix im Verarbeitungsprozess und im Verbundwerkstoff, sowie die Entwicklung geeigneter Verarbeitungsmöglichkeiten. Dabei wird gänzlich auf toxikologisch bzw. ökologisch bedenkliche Einsatz- bzw. Zusatzstoffe oder Technologien verzichtet sowie eine besonders energie- bzw. ressourceneffiziente Herstellung und Verarbeitung forciert. Durch das Ziel, die Material- und Verarbeitungseigenschaften flexibel anpassbar zu machen, sollen möglichst vielfältige Einsatzmöglichkeiten für die neuen Werkstoffe eröffnet werden. Im Rahmen einer Proof-of-concept Demonstration werden die Anwendungsmöglichkeiten für die entwickelten Materialien aufgezeigt und deren technologische und ökologische Leistungsfähigkeit gegenüber konventionellen natürlichen und synthetischen technischen Textilien gesamtthemenorientiert analysiert.

The project Nawaro-Flex aims at developing, producing and testing flexible composites based on renewable resources (matrix based on curable vegetable oils; bio-based fiber reinforcement) which are biocompatible in manufacturing, processing and use. Due to its unique technical proper-

and the product is cost-efficient. A proof-of-concept demonstration shall highlight the application spectrum and outline the material's technical and ecological competitiveness to conventional natural and synthetic technical textiles in detail. ■



ty profile this completely novel (not available on the market so far), highly resource-efficient and ecological material class offers a tremendous innovative capacity: it is applicable as functional technical textile. Potential applications cover apparel, furniture and sporting goods but also technical leather, technical canvas and damping elements. Moreover, medical goods with highest requirements regarding biocompatibility represent a possible field of application.

Major fields of research in the project are the development of appropriate resin matrix materials and textile structures, the investigation of interactions between the resin and the natural fibers during impregnation and processing and in the composite as well as the development of reliable and robust manufacturing processes. Specific focus is on green engineering, i.e. hazardous and critical/harmful components and technologies are not applied, the production and processing is energy- and resource-efficient, the (easy tailorable) properties enable a widespread application of the flexible composites

Auf einen Blick

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

Projektpartner: Montanuniversität Leoben (Lehrstühle für Chemie der Kunststoffe, Verarbeitung von Verbundwerkstoffen, Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe), Polymer Competence Center Leoben GmbH, bto-epoxy GmbH, Kobleder GmbH, Streifeneder ortho.production GmbH

Ansprechpartner



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

Projekt: BioForS

Bio-basierte Organobleche für Luftfahrtanwendungen

Bio-based Form Sheets for Aircraft Applications

Bio-basierte Materialien erleben seit Jahren eine immer größer werdende Nachfrage. Besonders in der Flugzeugindustrie ist eine Verbesserung des ökologischen Fußabdrucks von großer Bedeutung, um das Fliegen auch in Zukunft als eine attraktive Transportmöglichkeit verfügbar zu halten. Dies wird mitunter durch die Reduktion des Gewichtes einzelner Bauteile erreicht. Mit bio-basierten Verbundwerkstoffen können sowohl das Gewicht reduziert als auch die CO₂-Bilanz gesenkt werden, was zu einer Verbesserung des ökologischen Fußabdrucks führt.

Allerdings besitzen Naturfasern stark feuchtigkeitsabhängige Eigenschaften und haben eine niedrige Temperaturreistenz, wodurch sie oft die hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen der Luftfahrt nicht erreichen können.

Diese Herausforderungen gilt es im Projekt BioForS gemeinsam mit mehreren Projektpartnern zu meistern.

Ziel ist die Entwicklung eines neuartigen endlosfaserverstärkten, thermoplastischen Platten-Halbzeuges aus 100% bio-basierten Rohstoffen für die Auskleidung von Flugzeug-Innenräumen. Diese Halbzeuge, auch Organobleche genannt, sollen mit einer ebenfalls bio-basierten und brandgeschützten Dekorschicht ausgestattet werden, um sowohl die haptischen als auch die optischen Eigenschaften für Sichtbauteile erfüllen zu können. Schlussendlich sollen die Organobleche in einer kostengünstigen In-Mold-Umformung ohne aufwendige Vor- und Nachbearbeitung hergestellt werden können. Neben Naturfasern besteht der Werkstoffverbund aus einer 100% bio-basierten Matrix und die Dekorschicht aus Polyamid-Folien bzw. Holzurnieren.

Die finanzielle Unterstützung durch das bmvit, im Rahmen der FTI Initiative „Das österreichische Luftfahrtprogramm TAKE OFF“ und administrativ koordiniert durch die FFG, ist dankend angemerkt.

requirements of aviation. These challenges must be mastered together with several project partners in the project BioForS.

The goal is the development of a new type of continuous fiber-reinforced, thermoplastic semi-finished product made from 100% bio-based raw materials for lining aircraft interiors. These semi-finished products, also called organo-sheets, will be equipped with a bio-based and fire-protected decorative layer in order to be able to meet both the haptic and the optical properties for visible components. Ultimately, it should be possible to manufacture the organo-sheets in an inexpensive in-mold forming process without complex pre- and post-processing. In addition to natural fibers, the composite material consists of a 100% bio-based matrix and the decorative layer made of polyamide foils or wood veneers.

The financial support provided by the Austrian Ministry for Transport, Innovation and Technology (bmvit), within the FTI initiative "The Austrian aviation program TAKE OFF" and administrated by the Austrian Research Promotion Agency (FFG), is kindly acknowledged. ■

Die bio-basierten Organobleche werden in einem voll automatisierten In-Mold-Thermoformprozess in ihre endgültige Form gebracht.
The bio-based organo sheets are formed into their final shape in a fully automated in-mold thermoforming process



Bio-based materials have been in increasing demand for years. In the aircraft industry in particular, improving the ecological footprint is of great importance in order to keep flying available as an attractive means of transport in the future. This is achieved by reducing the weight of individual components. Bio-based composite materials can reduce the weight and thus lower CO₂ emissions as well as improve the ecological footprint.

Natural fibers have highly moisture-dependent properties and have a low temperature resistance, which means that they often do not meet the high quality and safety

Auf einen Blick

Förderung: FFG, TAKE OFF, Ausschreibung 2016

Projektpartner: Kompetenzzentrum Holz GmbH, Alba tooling and engineering GmbH, F.LIST GMBH, Polymer Competence Center Leoben GmbH, Siedru Druck GmbH

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Alexander Legenstein

alexander.legenstein@unileoben.ac.at

+43 3842 402-2706

Funktionalisierung von PET Geweben

Functionalization of PET Fabrics

Zur Funktionalisierung von Kunststoffoberflächen mit reaktiven Molekülen (z. B. Farbstoffen) stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die im allgemeinen eine Aktivierung der Oberfläche und die nachfolgende Kopplung der gewählten Moleküle über ionische oder kovalente Bindungen umfassen. Die Funktionalisierung des wenig reaktiven Kunststoffes Polyethylenterephthalat (PET) ist in vielerlei Hinsicht herausfordernd.

In diesen Projekten wurde die Kopplung von Porphyrinfarbstoffen an aktivierte PET-Gewebe untersucht. Der anwendungstechnische Hintergrund ist die Generierung von Singulett-Sauerstoff zur photodynamischen Desinfektion, wobei Porphyrine unter UV-Bestrahlung als Sensitizer fungieren. Die Carboxylgruppe des Farbstoffes wurde dazu mittels Carbonyldiimidazol unter Ausbildung eines Acylimidazolderivats aktiviert, welches im folgenden Reaktionsschritt mit den freien Hydroxylgruppen eines alkalisch vorbehandelten PET-Gewebes verestert wurde. Nach Optimierung der Reaktionsbedingungen wurden mit Porphyrin kovalent funktionalisierte PET-Gewebe erzeugt, die sich durch eine effektive Singulett-Sauerstoff Generierung und durch sehr gute Farbechtheit (kein Ausbluten des

Farbstoffes) auszeichnen. Auch eine Corona-Aktivierung des PET-Gewebes schafft genügend freie Hydroxylgruppen an der Oberfläche, um eine kovalente Bindung des Farbstoffes über Esterbindungen zu erreichen.

Zusätzlich wurde untersucht, inwieweit Porphyrinderivate auf Baumwolle gekoppelt werden können. Die hohe Konzentration an Hydroxylgruppen an der Oberfläche erfordert jedoch andere Verfahren zur Immobilisierung von Farbstoffen. Kopplungsstrategien, die auf klassischen Reaktiv-Färbeverfahren beruhen, sind hier am besten geeignet, um eine kovalente Verankerung der Porphyrin-Sensitizer zu erreichen.

Various methods are available for functionalizing polymer surfaces with reactive molecules (e.g. dyes), which generally include activation of the surface and the subsequent coupling of the selected molecules via ionic or covalent bonds. The functionalization of the less reactive polymer polyethylene terephthalate (PET) is challenging in many ways.

functionalized PET fabrics bearing porphyrin moieties were obtained, which are characterized by effective singlet oxygen generation and very good color fastness (no bleeding of the dye). Corona activation of the PET fabric is an alternative route to create free hydroxyl groups on the surface to achieve a covalent binding of the dye via ester bonds.

In addition, it was examined to what extent porphyrin derivatives can be coupled to cotton. However, the high concentration of hydroxyl groups on the surface requires other methods of immobilizing dyes. Coupling strategies that are based on classic reactive staining processes are best suited to achieve covalent anchoring of the porphyrin sensitizers. ■

Kontaktwinkelprüfung auf gefärbtem Gewebe
Contact angle testing on a dyed fabric



Solvatochromie eines Porphyrinfarbstoffes in Tetrahydrofuran und Hexafluorisopropanol
Solvatochromic behavior of a porphyrine dye in tetrahydrofuran and hexafluoroisopropanol

In these projects the coupling of porphyrin dyes to activated PET fabric was investigated. The application technology background is the generation of singlet oxygen for photodynamic disinfection, with porphyrins acting as sensitizers under UV radiation. For this purpose, the carboxyl group of the dye was activated by means of carbonyldiimidazole to form an acylimidazole derivative. This was esterified in the following reaction step with the free hydroxyl groups of an alkaline-pretreated PET fabric. After optimizing the reaction conditions, covalently

Auf einen Blick

Projekt mit Fa. ORTNER Reinraumtechnik GmbH (Fördergeber: FFG) / INTERREG Projekt Retina (Fördergeber: EFRE Europäischer Fonds für regionale Entwicklung)

Ansprechpartner



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

Nachhaltige Produktion durch Verschleißreduktion

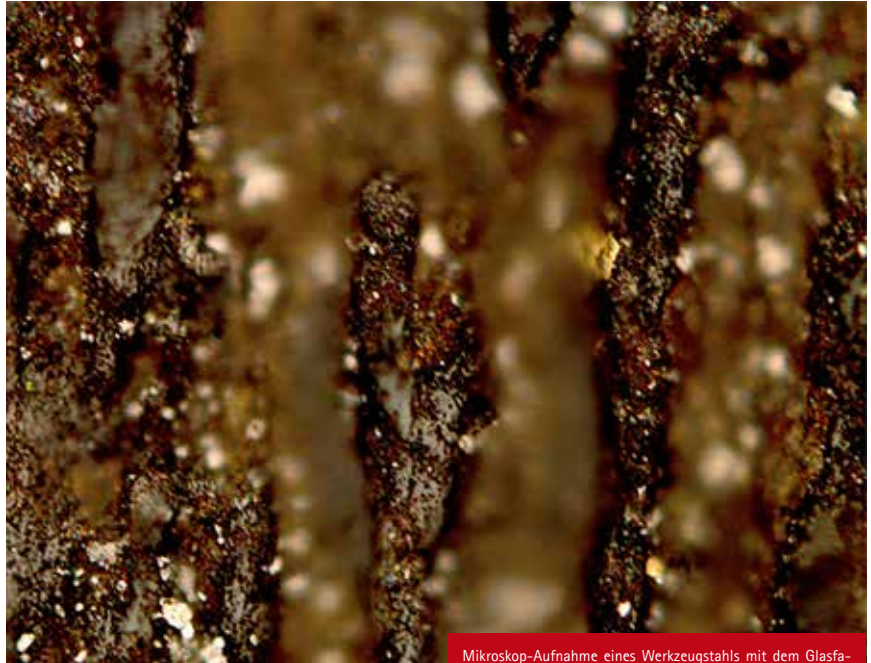
Sustainable production by reducing wear

Im Fahrzeugbau wiegen Kunststoffkomponenten nur die Hälfte vergleichbarer Komponenten aus anderen Materialien. Das verbessert die Treibstoffeffizienz um 25-35%.^[1] Etwa 20-30% dieser Komponenten werden aus faserverstärkten Kunststoffen hergestellt.^[2] Die Verarbeitung von faserverstärkten Kunststoffen führt allerdings zu verstärktem Verschleiß an Maschinen und Anlagen, was fehlerhafte Produkte oder sogar komplette Anlagenausfälle bewirken kann. Der Lehrstuhl für Spritzgießen von Kunststoffen (SGK) hat es sich im FFG Bridge1 Projekt „KUFO-Verschleiß: Einfluss der Dissipation auf den abrasiven Verschleiß an Formenstählen – Simulation und experimentelle Validierung“ nun zur Aufgabe gemacht, sich gemeinsam mit renommierten Forschungs- und Firmenpartnern diesem Problem zu stellen.

Step by step soll im Projekt der Mechanismus des durch Dissipation ausgelösten Härteabfall von Kunststoffformenstählen verstanden und mittels Simulation prognostizierbar werden. Weiters wird ein neues Zerspanungsmodell entwickelt und mit einer neuen Verschleißmesstechnik verifiziert. Schlussendlich sollen all die gewonnen Erkenntnisse in neuen höchstverschleißfesten Legierungskonzepten überführt werden. Dadurch sollen Standzeiten verlängern und somit die Produktion effizienter gemacht werden.

Tatsächliche Nachhaltigkeit kann nur funktionieren, wenn man auch wirklich am Anfang des Produktzyklus damit beginnt, möglichst ressourcenschonend zu entwickeln, zu bauen und schlussendlich auch zu produzieren und dieses Gesamtsystem ökonomisch realisierbar ist.

In vehicle construction, plastic components only weigh half of comparable components made from other materials. This improves fuel efficiency by 25-35%.^[1] About 20-30% of these components are made from fiber-reinforced plastics.^[2]



Mikroskop-Aufnahme eines Werkzeugstahls mit dem Glasfaser-verstärkter Kunststoff verarbeitet wurde. Der Verschleiß ist deutlich sichtbar.
Microscope image of a tool steel with which glass fiber-reinforced polymer has been processed. The wear is clearly visible.

The processing of fiber-reinforced plastics in particular faces the problem of wear on machines and systems, which can lead to faulty products or even complete system failures. In the FFG Bridge1 project "KUFO-Verschleiß: Einfluss der Dissipation auf den abrasiven Verschleiß an Formenstählen – Simulation und experimentelle Validierung", the Institute of Injection Molding has set itself the task of facing this problem together with renowned research and company partners.

Step by step, the project aims to understand the mechanism of the drop in hardness in plastic mold steels caused by dissipation and to be able to predict it using simulation. Furthermore, a new machining model is being developed and verified with a new wear measurement technology. Ultimately, all the knowledge gained should lead to new, highly wear-resistant alloy concepts. This should extend downtimes and thus make production more efficient.

Actual sustainability can only work if you really start at the beginning of the product cycle to develop, build and ultimately produce in the most resource-conserving way possible and if this overall system is economically feasible. ■

- ^[1] <https://www.plasticseurope.org/de/about-plastics/transportation>
^[2] <https://www.plastverarbeiter.de/33892/technische-teile-fuers-auto/>

Auf einen Blick

Förderung: FFG, Bridge
Laufzeit: 01.10.2019 – 30.09.2022
Projektpartner: MUL (Lehrstuhl für Stahl design), TU Wien (Institute of Fluid Mechanics and Heat Transfer), 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: POLYDRAIN

Optimierte Rohrwerkstoffe für Tunnel drainagesysteme Optimized pipe materials for tunnel drainage systems

Drainagerohre dienen in druckentlasteten Tunnelbauwerken zur konzentrierten Ableitung des anfallenden Bergwassers. Üblicherweise wird das anfallende Bergwasser zwischen der Innen- und Außenschale des Tunnels abgeleitet und fließt über eine Filterschicht in die Drainageleitungen. Durch chemisch-physikalische Prozesse kann es in Drainagen zu Ausfällungen kommen, die in regelmäßigen Abständen entfernt werden müssen. Um Reinigungsarbeiten zur Aufrechterhaltung der Drainagewirkung der Rohre zu minimieren, wurden im Projekt PolyDrain Kunststoffe mit verschiedenen Additiven modifiziert, die die Versinterungsneigung an der Rohroberfläche reduzieren sollen.

Im Laufe des Projekts wurden sieben unterschiedliche Rezepturen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zur Verringerung der karbonatischen Versinterungen untersucht. Die hergestellten Compounds aus Matrix-Kunststoff, einem kommerziell verfügbaren Polyethylen-Rohr Typ und dem jeweiligen Wirkstoff sind zu Prüfkörpern verarbeitet und sowohl in Labor- als auch in Feldversuchen in realen Tunnelbauwerken ausgelagert worden. Anschließend fand die Beurteilung der Probekörper hinsichtlich der aufgewachsenen Versinterungen mittels chemischem Säureaufschluss, sowie optischen Analyseverfahren statt. Zusätzlich wurde ein Augenmerk auf die Möglichkeit zur großindustriellen Umsetzung geachtet.

In Hinblick auf die Verringerung der Versinterung zeigte die Zugabe von Polyethylen-Glykol Copolymer, sowie Zeolith die beste Wirksamkeit ^[1,2]. Nach Abschluss des eigentlichen Forschungsprojekts wird derzeit gerade mit einem österreichischen Rohrhersteller, sowie den Auftraggebern ÖBB Infrastruktur AG und ASFINAG an der Herstellung von Rohren im Originalmaßstab zur Validierung der Forschungsergebnisse gearbeitet.

Drainage pipes are used in pressure-relieved tunnel structures for the management of mountain water. Usually, the fluid is channeled



Drainage-Reinigung mittels Hochdruckspülung und unterschiedliche Ablagerungen aus Tunnel drainagen [2]
Drainage cleaning by means of high-pressure flushing and different deposits from tunnel drainage [2].

between the inner and outer shell of the tunnel and flows through a filter layer into the drainage pipes. Chemical-physical processes can cause precipitation in drainage pipes, which must be removed at regular intervals. In order to minimize cleaning work to maintain the drainage effect of the pipes, plastics were modified with various additives in the project at hand, which are intended to reduce the tendency for scale formation on the pipe surface.

During the course of the project, seven different formulations were investigated for their effectiveness in reducing carbonate sintering. The compounds prepared from a matrix plastic, a commercially available polyethylene pipe type, and the respective active ingredient have been processed into test specimens and tested in both laboratory and field tests in actual tunnel structures. Subsequently, the evaluation of the test specimens with respect to the scaling behavior took place by means of chemical acid digestion, as well as optical analysis. In addition, attention was paid to the possibility of large-scale industrial implementation.

With regard to the reduction of scale formation, the addition of polyethylene-glycol copolymer, as well as zeolite showed the best effectiveness ^[1,2]. After completion of the actual research project, work is currently underway with an Austrian pipe manufacturer, as well as ÖBB Infrastruktur AG and ASFINAG,

on the production of full-scale pipes to validate the research results. ■

^[1] Arbeiter, F., Eichinger, S., Rieß, G. et al. Optimierte Polymer-Rohrwerkstoffe für effiziente Drainagesysteme in Tunnelbauwerken – PolyDrain. Berg Huettenmaenn Monatsh 164, 545–551 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00501-019-00918-6>

^[2] Arbeiter, F., Eichinger, S., Rieß, G. et al. Optimierte Polymer-Rohrwerkstoffe für effiziente Drainagesysteme in Tunnelbauwerken – PolyDrain Teil 2. Berg Huettenmaenn Monatsh (under review)

Auf einen Blick

Förderung: VIF2016, BMK, ÖBB Infrastruktur AG und ASFINAG

Projektpartner: MUL (KC, WPK, Lehrstuhl für Subsurface Engineering TU Graz (Institut für angewandte Geowissenschaften) BOKU Wien (Institut für angewandte Geologie) Polymer Competence Center Leoben GmbH, Ingenieurbüro Strobl

Ansprechpartner



Dipl.-Ing. Dr. mont. Florian Arbeiter

florian.arbeiter@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2122

Kunststofftechnik - Teil der Lösung werden

Polymer Engineering and Science - being part of the solution

Unsere moderne Welt ist ohne Kunststoff undenkbar, und das haben wir in den vergangenen eineinhalb Jahren besonders zu spüren bekommen. Anfang 2020, mit Beginn der COVID-19 Pandemie stieg die Nachfrage nach Hygiene- und Medizin-Produkten schlagartig, aber auch unsere Smartphones und Notebooks liefen auf Hochtouren. Infektionsschutz und Behandlung von Kranken, Arbeit im Home Office, all das wäre ohne Produkte und Komponenten in unseren Geräten aus und mit Kunststoff nicht möglich. 2020 hat also gezeigt, dass das verteilte Plastik doch noch nicht ganz auf der Abschussliste stehen sollte. Die mediale Öffentlichkeit beschäftigte sich kurzzeitig mit anderen Themen als dem Klimakiller Kunststoff, da man ihn gerade jetzt so dringend brauchte. Aber auch genau deshalb braucht es mehr denn je gut ausgebildete Kunststofftechniker*innen, um brandaktuelle Probleme zu lösen.

Allrounder für die Kreislaufwirtschaft

Die negative mediale Berichterstattung der vergangenen Jahre hinterließ Narben, nicht nur am Image des Werkstoffs, sondern auch an den Studierendenzahlen, so ehrlich muss man sein. Aber sie eröffnet gleichzeitig auch neue Wege und Möglichkeiten und ein Umdenken in der gesamten „Plastik“-Industrie wurde ausgelöst: Jeder muss mitanpacken, um Nutzen und Wirkung noch mehr als bisher in Einklang zu bringen – und das gilt natürlich auch für die Ausbildung. Die Kunststofftechnik Leoben hat in den vergangenen Jahren großen Aufwand betrieben, Forschung und vor allem das Studium verstärkt an der Idee der nachhaltigen und flexiblen Kreislaufwirtschaft auszurichten. Arbeitsbereiche wie nachhaltiges Design und Produktion, Entsorgung, Recycling und ökologische Betrachtung des gesamten Lebenszyklus von Kunststoffen werden daher immer wichtiger und in die Lehrpläne eingebaut.

Und nicht nur fachlich brachten die vergangenen Jahre einiges Neues, auch technisch zwang die COVID-19 Pandemie zur Beschreitung neuer Wege:

Innerhalb kürzester Zeit musste der Unterricht auf Distance Learning umgestellt werden. Lehrveranstaltungen wurden virtuell über Zoom oder Webex abgehalten und digitale Tools wie Moodle, Slack oder Kahoot fanden verstärkt Eingang in die Lehre. Laborpraktika fanden in kleinerem Rahmen als sonst und mit besonderen Hygiene- und Sicherheitsmaßnahmen statt. Prüfungen, von der kleinen Lehrveranstaltungsprüfung bis zur Master- oder Doktor-Prüfung wurden online abgehalten. Auch die Pflichtpraktika litten nicht unter der Pandemie (siehe S. 63). So entstanden für die Studierenden keine größeren Nachteile durch die Pandemie und die hohe Qualität der Ausbildung an der MUL konnte aufrecht erhalten werden.

Die Ereignisse des vergangenen Jahres zeigten deutlich, dass die Kunststofftechnik Leoben nicht nur an seiner mehr als 50-jährigen Erfahrung gemessen werden sollte, sondern auch am Engagement und der Flexibilität ihrer Mitarbeiter*innen und Studenten*innen.

Our modern world is inconceivable without polymers, and we have felt this particularly keenly over the past year and a half. At the beginning of 2020, with the onset of the COVID-19 pandemic, demand for hygiene and medical products increased abruptly, but our smartphones and notebooks also ran at full speed. Protection against infection and treatment of the sick, work in the home office, none of this would be possible without products and components in our devices made of and with polymers. 2020 has thus shown that we should not completely renounce the demonized plastic after all, and the public media was briefly occupied with other topics than the climate killer plastic, since it and products made from it were so urgently needed right now. But this is also precisely why well-trained plastics engineers are needed more than ever to solve the current problems.

All-rounders for the circular economy

The negative media coverage of recent years has left scars, not only on the image of the material but also on student numbers. But at the same time, it also opened up new avenues and opportunities, and a rethinking was triggered in the entire "plastics" industry: everyone must pitch in to reconcile benefits and effects even more than before – of course, this also applies to training. In the past few years, Polymer Engineering and Science Leoben has made a great effort to align research and, above all, study programs more closely with the idea of a sustainable and flexible circular economy. Work areas such as sustainable design and production, disposal, recycling and ecological consideration of the entire life cycle of polymers are therefore becoming increasingly important and are emphasized more in the curricula.

And it is not only in research and teaching that the past few years have brought some new developments. The COVID-19 pandemic also required new approaches to technology and infrastructure: Within a very short time, teaching had to be converted to distance learning. Courses were held virtually via Zoom or Webex and digital tools such as Moodle, Slack or Kahoot were increasingly used in teaching. Laboratory practicals took place on a smaller scale than usual and with special hygiene and safety measures. Exams, from small course exams to master's or doctoral exams, were held online. Compulsory internships also did not suffer major disadvantages from the pandemic (see p. 63). Thus, students did not suffer any disadvantages due to the pandemic and the high quality of education at MUL could be maintained.

The events of the past year clearly showed that Kunststofftechnik Leoben should not only be measured by its more than 50 years of experience, but also by the commitment and flexibility of its employees and students. ➔



LEHRE & AUSBILDUNG

ACADEMIC TEACHING & EDUCATION

Von Anfang bis zum Ende: Zukunft mitgestalten

From start to finish: Shaping the future

Unsere Studierenden beschäftigen sich während der Ausbildung theoretisch und praktisch mit allen Bereichen entlang des Material- & Produktkreislaufs: von der Entwicklung bis hin zur Wiederverwertung von Polymerwerkstoffen sowie Bauteilen und Produkten daraus. Diese ganzheitliche Ausbildung stützt sich auf vier stabile Säulen: Organische Chemie und Kunststoffchemie, Physik, Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe, Kunststoff- und Verbundwerkstoffverarbeitung, Bauteil-Design und Entwicklung - immer auch mit Blick auf Ökodesign und Recycling. Sie deckt so alle wichtigen Facetten der Polymerwissenschaften ab und bezieht auch sich ständig verändernde und neue Einsatzgebiete mit ein.

Der Mix macht's aus

Im Vordergrund steht dabei immer die Kombination von Theorie und Anwendung: Mit der soliden theoretischen Grundausbildung in Physik, Mathematik, Chemie und Mechanik sind unsere Studierenden bestens für die folgenden praktischen Laborübungen im Zentrum für Kunststofftechnik und Praktika in kunststofftechnischen Betrieben gerüstet. Im Bachelor geht es dabei hauptsächlich darum, eine solide naturwissenschaftlich-technische Basis zu schaffen, die dann im Masterstudium gefestigt wird. Das Fachwissen wird im Master außerdem in den Bereichen Entwicklung und Charakterisierung, Produktionstechnik und Bauteilauslegung oder Leichtbau vertieft. Unsere Studierenden kennen sich also mit der Entwicklung, Konstruktion, Verarbeitung, Anwendung und dem Recycling von Polymerwerkstoffen und -produkten aus.

Und nicht nur fachlich kann man seine Fühler in unterschiedlichste Richtungen ausstrecken, auch geografisch erweitern viele Studierende der Kunststofftechnik ihren Horizont: Viele nutzen die Unterstützung des MIRO (Montanuniversität

International Relations Office) und das breite Angebot diverser Austauschprogramme wie Erasmus+ oder IASTE, um ein Semester im Ausland an einer der zahlreichen Partnerunis der Montanuniversität zu studieren (Südkorea, Schweden, USA uvm.) oder bei einem Unternehmen im Ausland ein Praktikum zu machen.

Mit dieser breiten Ausbildung, bieten sich viele Jobmöglichkeiten: Neben den klassischen Betrieben der Kunststoffindustrie können unsere Absolvent*innen praktisch in jedem Industriezweig arbeiten, denn beinahe überall kommen Kunststoffe zum Einsatz. Also zum Beispiel in der Medizintechnik, im Maschinenbau, der Verpackungsindustrie, der Sportartikelindustrie oder auch in Recyclingbetrieben und noch viele mehr. Die möglichen Tätigkeiten sind dabei ebenso vielseitig und reichen von der ersten Idee bis zur Wiederverwertung eines neuen Werkstoffs oder Produkts aus und mit Kunststoffen.

During their education, our students deal theoretically and practically with all areas along the material & product cycle: from development to recycling of polymer materials as well as components and products made from them. This holistic education is based on four stable pillars: organic chemistry and polymer chemistry, physics, materials science and testing of polymers, polymer and composites processing, component design and development - always with a view to eco-design and recycling. It thus covers all important facets of polymer science and also incorporates constantly changing and new areas of application.

The mix makes the difference

The focus is always on combining theory and application: With the fun-

damental training in physics, mathematics, chemistry and mechanics, our students are ideally equipped for the following practical laboratory exercises in the Center for Polymer Engineering and Science and internships in plastics technology companies. In the bachelor's program, the main aim is to create a solid scientific and technical basis, which is then consolidated in the master's program where specialist knowledge is further deepened in the areas of development and characterization, production technology and component design, or lightweight construction. Our students are therefore familiar with the development, design, processing, application and recycling of polymer materials and products.

And it's not just in technical fields that our students can gain experience in a wide variety of directions; many polymer engineering students are also expanding their horizons geographically: Many take advantage of the support of MIRO (Montanuniversität International Relations Office) and the wide range of various exchange programs such as Erasmus+ or IASTE to study abroad for a semester at one of the numerous partner universities of Montanuniversität (South Korea, Sweden, USA, and many more) or to do an internship at a company abroad.

With this broad education, there are many job opportunities: In addition to the classic companies in the plastics industry, our graduates can work in practically any branch of industry, because polymers are used almost everywhere. For example, in medical technology, mechanical engineering, the packaging industry, the sporting goods industry or in recycling companies and many more. The possible activities are just as varied and range from the initial idea to the recycling of a new material or product made of and with polymers. ■



Gemeinsames Studienprogramm mit ECUST Shanghai

Joint study program with ECUST Shanghai

Bereits Mitte 2017 startete das gemeinsame Studienprogramm des Departments für Kunststofftechnik mit der East China University of Science and Technology (ECUST) in Shanghai, das gemeinsam mit dem MIRO – das Montanuniversität International Relations Office koordiniert wird. 2019 startete das Programm mit dem ersten Jahrgang.

Im Rahmen des Austauschprogramms verbringen die teilnehmenden Studierenden des Sino-German College of Technology der ECUST insgesamt drei Semester ihres Bachelorstudiums in Leoben. Sie erhalten hier einerseits intensiven Deutsch-Unterricht durch das ZSBK – das Zentrum für Sprachen, Bildung & Kultur an der MUL und andererseits eine vertiefte fachspezifische Ausbildung an den Lehrstühlen der Kunststofftechnik Leoben.

Die SUMMER SCHOOL bildet dabei den Beginn des Programms – es soll die Studierenden auf ihre Zeit in Leoben vorbereiten. In den vier Wochen erhalten die Studierenden nicht nur einen Einblick in das Studium der Kunststofftechnik in Leoben, sondern haben auch Deutsch-Kurse. Den Abschluss bilden mündliche und schriftliche Prüfungen. Die SUMMER SCHOOL findet normalerweise an der Montanuniversität in Leoben statt, so wie beim ersten Jahrgang im Jahr 2019. Neben dem Unterricht wurden auch noch zahlreiche österreichische Sehenswürdigkeiten wie den Uhrturm in Graz oder die Altstadt von Hallstatt besucht.

Die SUMMER SCHOOL 2020 musste – Corona bedingt – virtuell abgehalten werden.

Im Frühsommer 2021 sollen die Studierenden des ersten Jahrgangs, die bereits im Sommer 2019 in Leoben die SUMMER SCHOOL absolvierten, wieder nach Leoben kommen und für drei Semester Kunststofftechnik an der Montanuniversität studieren.

The joint study program of the Department of Polymer Engineering and Science with the East China University of Science and Technology (ECUST) in Shanghai, which is coordinated together with the MIRO – the Montanuniversität International Relations Office, started in mid-2017. In 2019, the program started with its first class.

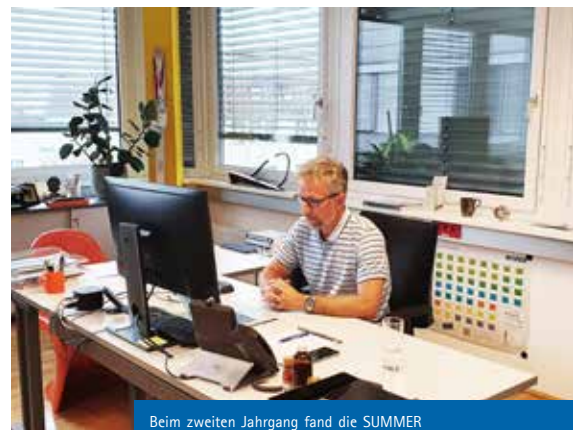
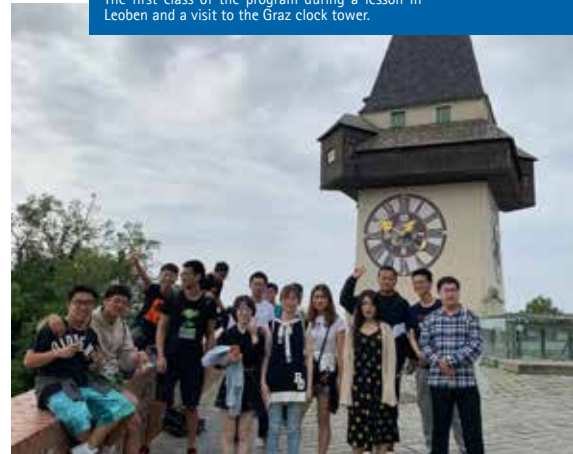
Within the framework of the exchange program, the participating students of the Sino-German College of Technology of ECUST spend a total of three semesters of their bachelor studies in Leoben. On the one hand, they receive intensive German lessons from the ZSBK – the Center for Languages, Education & Culture at the MUL, and on the other hand, they get in-depth subject-specific training at the institutes of Polymer Engineering and Science Leoben.

The SUMMER SCHOOL marks the beginning of the program – it is designed to prepare students for their time in Leoben. During the four weeks, the students not only get an insight into the study program of Polymer Engineering and Science in Leoben, but also intensive German lessons. The program concludes with oral and written examinations. The SUMMER SCHOOL normally takes place at the Montanuniversität in Leoben, as it did for the first cohort in 2019. In addition to the lessons, the students also visited numerous Austrian sights such as the clock tower in Graz or the old town of Hallstatt. The SUMMER SCHOOL 2020 had to be held virtually – corona conditioned.

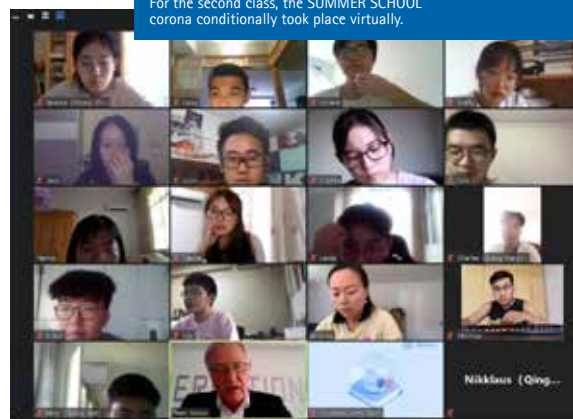
In the early summer 2021, the students of the first cohort, who already completed the SUMMER SCHOOL in Leoben in summer 2019, are to come back to Leoben and study plastics engineering at the Montanuniversität Leoben for three semesters. ■



Der erste Jahrgang des Programms beim Unterricht in Leoben und beim Besuch des Grazer Uhrturms.
The first class of the program during a lesson in Leoben and a visit to the Graz clock tower.



Beim zweiten Jahrgang fand die SUMMER SCHOOL corona bedingt virtuell statt.
For the second class, the SUMMER SCHOOL corona conditionally took place virtually.



Die Studienvertretung Kunststofftechnik (STV KT)

The Student representatives „Polymer Engineering and Science“

Aus dem ganzen Land strömen Anfang Oktober Hunderte von jungen Menschen nach Leoben, um eine spannende Reise zu beginnen. Nur wenige der neuen Studierende kommen direkt aus Leoben. Die meisten kommen von weit her; erste eigene Wohnung, das erste Mal alleine leben. Der Beginn dieses neuen Lebensabschnitts ist aufregend, aber auch beängstigend. Aber das haben sie alle gemeinsam – jeder ist neu. Schon von Beginn steht die Studienvertretung ihren 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 Studierendenschaft gegenüber den Professoren und dem universitären Mittelbau in diversen Anliegen und ist 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 VLK (Verband Leobener Kunststofftechniker, siehe S. 61) regelmäßig Events. Dazu gehören die alljährliche Weihnachtsfeier und das KomeTogether sowie das Sommerfest – das Spanferkelgrillen. Als neuestes Highlight wird jedes Jahr eine Party organisiert, mit deren Gewinn die Hauptexkursion gesponsert wird. Darüber hinaus gibt es auch regelmäßig Stammtische, bei denen sich kunststofftechnische Firmen vorstellen.



Die Studienvertretung Kunststofftechnik Studienjahr 2019/2020 v. l. n. r. / The Student representatives „Polymer Engineering and Science“ academic year 2019/2020: f. l. t. r.: Maximilian Ekam (2. stellv. Vorsitzender / 2nd vice chairman), Rita Höller (Vorsitzende / Chairwoman), Carina Maurer (2. stellv. Vorsitzender / 1st vice chairman)

of this new stage of life is exciting, but also scary. But they all have that in common – everyone is new. Right from the start, the Student Representatives are there to help and advise their students.

The Student Representatives are a link between students and teachers and support them in all problems and questions that arise during their studies. It represents the student body towards the professors and the university staff in various matters and is part of the curriculum commission, thus ensuring that the study program of Polymer Engineering and Science continues to be studyable. In addition, the STV supports the students with grants and subsidies.



Firmenpräsentation mit dem Unternehmen Constantia Flexibles
Company presentation with the company Constantia Flexibles

61). These include the annual Christmas party and KomeTogether as well as the summer party – the suckling pig barbecue. As the latest highlight, a party is organized every year, the profits of which are used to sponsor the main excursion. In addition, there are also regulars' tables, where companies from the branch present themselves. ■

From all over the country, hundreds of young people flock to Leoben in early October to begin an exciting journey. Only a few of the new students come directly from Leoben. Most come from far away; first own apartment, first time living alone. The beginning

Another goal of the STV is to bring students and teachers together and to care for the Leoben network. Therefore, the STV organizes regular events together with the VLK (Association of Polymer Engineering and Science Leoben, see p.

Kontakt / contact:
stv-k@oeh.unileoben.ac.at
f Studienvertretung
Kunststofftechnik

VLK- Neuer Vorstand, neue Vision

VLK- new board, new vision

In einer schweren Phase, da persönliche Treffen der Mitglieder beinahe unmöglich sind, hat der **Verband Leobener Kunststofftechniker VLK** es dennoch geschafft sich neu zu erfinden.

Der Grundstein dazu wurde bereits 2018 gelegt, als entschieden wurde das Amt des VLK Präsidenten mit Prof. Clemens Holzer zu besetzen und auch zukünftig an der Kunststofftechnik Leoben zu halten. In den regelmäßig stattfindenden Vorstandssitzungen wurde schnell klar, dass eine aktive Geschäftsführung gebraucht wird, um den VLK tatsächlich von Grund auf zu erneuern. Das schlummernde Potenzial erkennend, nahm David Zidar diese Herausforderung 2019 an. Das Credo hieß und heißt: Bestehen-des stärken und Mehrwert schaffen!

Die ersten Schritte waren die Neuaufstellung des VLK-Students Teams, neue Veranstaltungen und Newsletter sowie Ordnung in der Mitgliederdatenbank zu schaffen. Mit Michaela Hornbachner konnte eine langfristige Nachfolgerin für Julia Roitner im VLK-Students Vorsitz gefunden werden. Die KT-Leoben News als neues Medium haben sich inzwischen etabliert und das neue Veranstaltungskonzept startete gut und wird sobald als möglich wieder aufgenommen. Die Mitgliederverwaltung stellte sich als größte Herausforderung heraus. Hier wurde die Not zur Tugend gemacht und ein Projekt begonnen, das nachhaltig gewährleisten soll, dass wir ein einfaches und erhaltbares System schaffen. Vorläufig abgeschlossen soll dieses Projekt mit dem Start unserer neuen Homepage sein, in welcher Daten selbstständig verwaltet und auch mit anderen Mitgliedern geteilt werden können. Neben der Unterstützung und Förderung der Studierenden soll sich der VLK klar zu einer Netzwerkplattform weiterentwickeln, die alle Mitglieder zu ihren Gunsten nutzen können.

Die ersten Schritte sind getan, es wartet aber noch viel Arbeit auf uns!

In a difficult phase, since personal meetings of the members are almost impossible, the **Verband Leobener Kunststofftechniker VLK** has nevertheless managed to reinvent itself.

The foundation for this transformation was laid in 2018, when it was decided to fill the position of VLK President with Prof. Clemens Holzer and to keep it at the Department Polymer Engineering

concept started well and will be resumed as soon as possible. Member management turned out to be the greatest challenge. Here necessity was made a virtue, and a project was started that should ensure that we create a simple and sustainable system. For the time being, this project should be completed with the start of our new homepage, in which data can be managed independently and shared with other members. In addition



Clemens Holzer
Präsident



David Zidar
Geschäftsführer



Michalea Hornbachner
Vorsitzende VLK Students

and Science in the future. In the regular board meetings the need of an active management was pointed out to renew the VLK from the ground up. Recognizing the dormant potential, David Zidar accepted this challenge in 2019. The motto was and is, to strengthen what exists and create more!

The first steps were the realignment of the VLK students team, new events and a newsletter as well as creating order in the member database. With Michaela Hornbachner an long term successor to Ms. Julia Roitner in the VLK Students chair was found. The KT-Leoben News as a new medium has now established itself and the new event

to supporting and promoting students, the VLK should clearly develop into a network platform that all members can use for their benefit.

The first steps have been taken, but there is still a lot of work waiting for us! ■



Oben / above: Neue Veranstaltungsreihe der Studienvertretung: „Im Gespräch mit...“
/ New event series of the Student Council: „In conversation with...“
Unten / below: VLK Reunion am Ball der Montanuniversität Leoben im Jänner 2020.
/ VLK Reunion at the Ball of the Montanuniversität Leoben in January 2020.



Hauptexkursion 2019/20

Main excursion 2019/20

Am 14. Oktober 2019 brachen 13 Studierende und zwei Begleiter (Assoz.Prof. Gerald Berger-Weber und DI David Zidar, beide vom Lehrstuhl für Spritzgießen von Kunststoffen) zur Hauptexkursion auf. Der Fokus lag auf Kunststofftechnik in der Automobilbranche, aber natürlich nutzte man auch die Chance, die K2019 zu besuchen und dort einen geballten Querschnitt über die gesamte Kunststoffindustrie zu erleben.

Die erste Station war die Technologie-, Werkstoff- und Verfahrensanalytik bei BMW in München. Danach führte der Weg über Karosseriebau, Leichtbauzentrum und Endfertigung bei Audi in Neckarsulm hin zu Mann+Hummel in Ludwigsburg, einem wichtigen Hersteller von Filtersystemen. Zwei Messtage auf der K2019 rundeten das Programm ab: Wittmann Battenfeld, Engel, Leistritz, Elmet Elastomers, Gabriel Chemie und Lanxess empfingen die Reisenden sehr herzlich. Daneben blieb noch genügend Zeit, eigenständig die Messe zu erkunden. Dank genügend Karten nutzten noch viele den Samstag – an dieser Stelle bedanken sich das Organisationsteam und die Teilnehmenden noch einmal bei all unseren Sponsoren.

So wurde es den Studierenden ermöglicht, einen umfassenden Einblick in die neuesten technologischen Entwicklungen zu erhalten, aber auch einen Blick in die Zukunft zu werfen, um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie sie später als Absolvent*innen Teil dieser Zukunft werden können. Natürlich kam auch die soziale Komponente nicht zu kurz. Gerade in Zeiten, in denen sich ein immer größerer Anteil der Kommunikation in den virtuellen Raum verlagert, wurde den Studierenden durch diese Erfahrungen vermittelt, wie wichtig und wertvoll der persönliche Kontakt zu Vertretern der Wirtschaft aber auch untereinander ist und welche Stärke das „Netzwerk Montanuniversität“ hat.

On October 14, 2019, 13 students and two companions (Associate Prof. Gerald Berger-Weber and DI David Zidar, both



Oben / above: Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei der Abreise. / The participants at the departure.

Unten / below: Die erste Station der Reise – BMW München. / Die Führung durch das Werk machte KT-Absolvent Harald Grössing. The first stop on the trip – BMW Munich. KT graduate Harald Grössing gave the guided tour of the plant.



from the Institute for Injection Molding) started the main excursion. The focus was on plastics technology in the automotive industry, but of course they also took the opportunity to visit K2019 and experience a concentrated cross-section of the entire plastics industry there.

The first stop was technology, materials and process analysis at BMW in Munich. After that, the route led through lightweight construction center and final production at Audi in Neckarsulm to Mann + Hummel in Ludwigsburg, an important manufacturer of filter systems. The program was rounded off by two days of the K2019: Wittmann Battenfeld, Engel, Leistritz, Elmet Elastomers, Gabriel Chemie and Lanxess welcomed us very warmly. Additionally to that there was also enough time to explore the fair on your own. Thanks to sufficient tickets, many still made use of the Saturday – at this point, the organization team and the participants

would like to thank all our sponsors once again.

This enabled the students to gain a comprehensive insight into the latest technological developments, but also to take a look into the future in order to get an idea of how they can later become part of this future as graduates. Of course, the social component was not neglected either. Especially in times when an ever-greater proportion of communication is shifting to the virtual space, these experiences conveyed to the students how important and valuable personal contact with representatives of the economy, but also among themselves, is and what strength the "Montanuniversität network" is. ■

Die Hauptexkursion 2020/2021 konnte Corona-bedingt nicht in der üblichen Form stattfinden. The main excursion 2020/2021 could not take place in the usual form due to Corona.

Habilitation von / Habilitation of

Priv.-Doz. Dr. mont. Christian Kukla

Christian Kukla hat an der Montanuniversität das Studium der Kunststofftechnik im Jahr 1987 und seine Dissertation im Jahr 1994 abgeschlossen. Danach leitete er die Anwendungstechnik der Battenfeld Kunststoffmaschinen GmbH in Kottingbrunn bis 1997 und beriet diese Firma bis 2005 im Themenbereich des Pulverspritzgießens. An der FH Wiener Neustadt war er Leiter der Arbeitsgruppe für Ultrapräzisionsfertigung, bevor er im Jahr 2000 an das Außeninstitut der Montanuniversität wechselte. Im Rahmen seiner Arbeit initiierte er viele Projekte und Kooperationen nicht nur im Gebiet der Kunststofftechnik, sondern auch im Bereich der Pulvermetallurgie. Hieraus folgt sein wissenschaftlicher Schwerpunkt, der sich mit der Verarbeitung von hochgefüllten Polymeren zur Herstellung von metallischen und/oder keramischen Bauteilen beschäftigt. 2019 wurde Christian Kukla die Lehrbefugnis für das Fach Kunststoffverarbeitung erteilt.

Die Habilitation mit dem Titel "Highly Filled Polymers in Production Technologies" beschäftigt sich mit dem Pulverspritzguss und der additiven Fertigung. Dabei wird ein Metall- oder Keramikpulver in einen Verbund unterschiedli-

cher polymerer Komponenten eingemischt. Zur Herstellung der Bauteile erfolgt die Formgebung über Spritzguss oder den 3D-Druck mit Filamenten. Danach wird der Kunststoff entfernt und das Pulver zu einem kompakten Bauteil gesintert. Inhalt der Arbeit sind die Entwicklung, Verarbeitung und Charakterisierung geeigneter Verbunde polymerer Komponenten für verschiedene Pulver (z.B. Stähle, Titan, Magnetwerkstoffe, Hartmetalle, Keramiken). Ein besonderer Schwerpunkt liegt in der Beschreibung der Fließfähigkeit der hochgefüllten Kunststoffe. Die Vorteile des 3D-Drucks mit Filamenten sind niedrige Anlagenkosten und die breite, verfügbare Werkstoffpalette.

Christian Kukla graduated in Polymer Engineering and Science at the Montanuniversität Leoben 1987 and finished his PhD in 1994. Afterwards he was Head of Application Engineering (until 1997) and consultant (until 2005) for Battenfeld Kunststoffmaschinen GmbH in Kottingbrunn/Austria. After heading the group of Ultraprecision Engineering at the Fotec/University of Applied Sciences in Wiener Neustadt/Austria he joined the Montanuniversität at the Industrial Liaison Department in 2000.

In his work, he initiated many projects and co-operations not only in the field of polymers but also in powder metallurgy, where he deals with the polymeric topics arising in some production routes of powder metallurgy. Thus, his main research fields are injection molding, powder injection molding and additive manufacturing with the focus on highly filled polymers. In May 2019 he received his *venia docendi* for the subject Polymer Processing by the Montanuniversität.

His habilitation with the title "Highly Filled Polymers in Production Technologies" deals with powder injection molding and additive manufacturing. Here, a metal or ceramic powder is compounded with a mixture of polymers. The shaping of the parts is done by either injection molding or filament printing. Later on, the polymers are removed and the final part is compacted by sintering. The development of highly filled polymers (so-called feedstocks) for the mentioned areas as well as their characterization, mainly rheological, are the core of the scientific work. Up to now, different powders as steels, titanium, hard metals, ceramics or magnetic materials have been processed. The advantages of 3D-printing with filaments are the low cost of equipment and the availability of a broad range of materials. ■



Christian Kukla beschäftigt sich in seiner Forschung hauptsächlich mit Pulverspritzguss und der additiven Fertigung mit Metall- oder Keramikpulvern.

Christian Kukla's research focuses mainly on powder injection molding and additive manufacturing with metal or ceramic powders.



Habilitation von / Habilitation of

FH-Prof. Priv.-Doz. Dr. mont. Gernot ZITZENBACHER

Gernot Zitzenbacher hat das Studium der Kunststofftechnik an der Montanuniversität Leoben 1998 abgeschlossen und war von 1999 bis 2005 am Institut für Kunststoffverarbeitung als Vertragsassistent tätig. Seine Dissertation behandelte das Thema „Modellierung der Transportvorgänge in Schubschneckenplastifiziereinheiten“. 2004 hat er das Doktoratsstudium an der Montanuniversität mit ausgezeichnetem Erfolg absolviert.

Seit 2005 ist er Professor für Kunststoffverarbeitung an der Fachhochschule Oberösterreich (FH OOE) in Wels, Österreich. Er hat eine Forschungsgruppe aufgebaut, leitet seit 2008 den Fachbereich Werkstofftechnik und ist seit 2016 Vize-dekan für Forschung und Entwicklung. 2009 bis 2017 war er Mitglied im Beirat des Kunststoff-Clusters und 2016 bis 2021 Mitglied des Fachhochschulkollegiums. Seit 2018 wirkt er als Lehrbeauftragter an der Montanuniversität für „Maschinen und Anlagen für das Extrudieren“ und seit 2020 für „Technologie des Blas- und Thermoformens“ mit.

In seiner Habilitationsschrift mit dem Thema „Interactions between Polymers and Surfaces in Extrusion Processes“ befasst er sich mit den tribologischen Vorgängen in der Feststoffförderzone von Extrudern, der Adhäsion von Polymerschmelzen an Oberflächen, dem Einfluss unterschiedlicher Oberflächen auf die Rheologie von Polymeren sowie Reibung und Verschleiß. Er ist Autor und Co-Autor von 26 referierten Fachartikeln und 61 weiteren Beiträgen in Zeitschriften und Tagungsbänden. Weiters war er 33 mal Vortragender bei nationalen und internationalen wissenschaftlichen Konferenzen. Im Juli 2020 erteilte die Montanuniversität Leoben

Gernot Zitzenbacher die Lehrbefugnis für das Fach „Kunststoffverarbeitung“.

Gernot Zitzenbacher graduated in Polymer Engineering and Science at the Montanuniversität Leoben in 1998 and worked as a research assistant at the Institute of Polymer Processing from 1999 to 2005. His doctoral thesis deals with the topic „Modelling of the Transport Phenomena in Reciprocating Screw Plasticating Units“. In 2004, he completed his doctoral studies at the Montanuniversität with distinction.

Since 2005, he holds the position as a professor for polymer processing at the University of Applied Sciences Upper Austria in Wels, Austria.

advisory board of the Plastics-Cluster and from 2016 to 2021, he was member of the senate of the FH OOE. Since 2018 he has been involved as a lecturer at the Montanuniversität Leoben in „Machines and plants for extrusion technology“ and since 2020 in „Technology of Blow Moulding and Thermoforming“.

In his habilitation thesis on „Interactions between Polymers and Surfaces in Extrusion Processes“, he studies tribological processes in the solids conveying zone of extruders, the adhesion of polymer melts to surfaces, the influence of different surfaces on the rheology of polymers, and friction and wear. He is author and co-author of 26 peer-reviewed papers and 61 other contributions to journals and conference proceedings.



Im Juli 2020 wurde Dr. Zitzenbacher die Lehrbefugnis für das Fach „Kunststoffverarbeitung“ verliehen. In July 2020, Dr. Zitzenbacher was awarded the habilitation for the subject „Polymer Processing“.

He has established a research group, has been head of the Department Materials Technology

since 2008 and vice-dean for research and development since 2016. From 2009 to 2017, he was member of the

Furthermore, he has been speaker 33 times at national and international scientific conferences. In July 2020, the Montanuniversität Leoben awarded Gernot Zitzenbacher the habilitation („venia docendi“) for the subject „Polymer Processing“. ■

Habilitation von / Habilitation of

Priv.-Doz. Dr. mont. Gernot Oreski

Gernot Oreski hat Kunststofftechnik an der Montanuniversität studiert und schloss das Studium im Jahr 2004 ab. Im Jahr 2008 promovierte Gernot Oreski an der Montanuniversität Leoben. Sowohl Diplomarbeit als auch Dissertation befassten sich mit den Einsatzmöglichkeiten von Kunststoffen in Solarenergieanwendungen. 2020 erfolgte die Habilitation im Fach „Physik der polymeren Werkstoffe“. Seine Habilitationsschrift "Polymers for photovoltaics: Applicability and long-term behavior" befasste sich mit dem Einfluss der eingesetzten Kunststoffe auf die Effizienz, Qualität und Lebensdauer von Photovoltaik-Modulen.

Seine berufliche Laufbahn begann er 2004 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am PCCL in Leoben. Ab 2008 fungierte er als Post-Doctoral Researcher, ab 2011 als Senior Researcher, und seit 2017 ist Gernot Oreski Leiter des Bereichs „Smart Material Testing“. Seit 2012 hält er als Lehrbeauftragter an der MUL (Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe) eine Vorlesung zum Thema Alterung von Kunststoffen ab. Im Jahr 2020 folgte ein Forschungsaufenthalt an der Case Western Reserve University (Cleveland, USA) am Solar Durability Lifetime Extension Center unter der Leitung von Prof. Roger French.

Gernot Oreski und sein Team beschäftigen sich am PCCL mit Fragestellungen rund um die Langzeitstabilität von Kunststoffen unter herausfordernden klimatischen Bedingungen. Einen Spezialfall stellen Polymere in Solarenergieanwendungen wie Photovoltaik dar, wo Lebensdauern von 25 und mehr Jahren garantiert werden. Die Schwerpunkte seiner Forschungsarbeiten liegen auf der Untersuchung der Langzeitstabilität und Versagensmechanismen der eingesetzten Kunststoffe, sowie der Entwicklung und Qualifizierung neuer Materialkandidaten entsprechend des Anforderungsprofiles.

Gernot Oreski studied Polymer Engineering and Science at the Montanuniversität Leoben and graduated in 2004. In 2008, Gernot Oreski completed his doctorate at Montanuniversität Leoben. Both the diploma thesis and the dissertation dealt with the possible uses of polymers in solar energy applications. In 2020, he was habilitated in the subject "Physics of Polymeric Materials".

not Oreski has continued as Head of the research group "Smart Material Testing". Since 2012, he has been lecturing Montanuniversität Leoben (Institute of Materials Science and Testing of Polymers) on the topic of aging of plastics. This was followed in 2020 by a research stay at Case Western Reserve University (Cleveland, USA) at the Solar Durability Lifetime Extension Center under the direction of Prof. Roger French.



Gernot Oreski beschäftigt sich in seiner Forschung mit Fragestellungen rund um die Langzeitstabilität von Kunststoffen unter herausfordernden klimatischen Bedingungen.
Gernot Oreski's research focuses on issues related to the long-term stability of polymers under challenging climatic conditions

His habilitation thesis "Polymers for photovoltaics: Applicability and long-term behavior" dealt with the influence of the plastics used on the efficiency, quality and lifetime of photovoltaic modules.

He began his professional career in 2004 as a research associate at the PCCL in Leoben. From 2008 he acted as Post-Doctoral Researcher, from 2011 as Senior Researcher, and since 2017 Ger-

Gernot Oreski and his team at the PCCL are working on issues relating to the long-term stability of polymers under challenging climatic conditions. One special case is polymers in solar energy applications such as photovoltaics, where lifetimes of 25 and more years are guaranteed. The focus of his research is on the investigation of the long-term stability and failure mechanisms of the plastics used, as well as the development and qualification of new material candidates according to the requirement profile. ■

Neuer Professor / New Professor

Univ.-Prof. Dr.techn. Thomas Griesser

Thomas Griesser absolvierte an der Technischen Universität Graz das Diplom- und anschließend das Doktoratsstudium der Technischen Chemie. Seit 2008 ist er ein wichtiger Mitarbeiter des Lehrstuhls für Chemie der Kunststoffe, wo er zunächst als Universitätsassistent und später als Assoziierter Professor beschäftigt war. 2014 erhielt er die Lehrbefugnis für das Fach „Makromolekulare Chemie“ und seit 1. Dezember 2020 ist Thomas Griesser Universitätsprofessor für das Fachgebiet Lichtreaktive Polymersysteme.

dieser Technologie in der produzierenden Industrie ist es jedoch notwendig, die Geschwindigkeit dieser Verfahren zu erhöhen bzw. die Eigenschaften der lichterhärtenden Reaktivsysteme weiter zu verbessern. Dies ist auch das Ziel aktueller Forschungsanstrengungen und Gegenstand mehrerer Forschungsprojekte.



Thomas Griesser forscht am Lehrstuhl für Chemie der Kunststoffe an lichtreaktiven Polymersystemen. Thomas Griesser conducts research on light-reactive polymer systems at the Institute of Chemistry of Polymeric Materials.

Forschungsschwerpunkte

Seine Arbeitsgruppe am Lehrstuhl befasst sich mit der Erforschung lichtreaktiver Polymersysteme vorwiegend für innovative Anwendungen im Bereich der Additiven Fertigung. Beispiele hierfür sind der 3D-Druck von polymeren Spritzgusswerkzeugen mit erhöhter Standzeit (siehe auch S. 32) oder von maßgeschneiderten Medizinprodukten mittels Stereolithographie. Für eine breite Anwendung

Ein weiteres interessantes Forschungsgebiet, auf das sich Grießer in Zukunft vermehrt konzentrieren möchte, ist die Verarbeitung von Composit-Materialien mittels Stereolithografie. Beispielsweise soll hierdurch der indirekte 3D-Druck metallischer Werkstoffe wie Kupfer ermöglicht werden, welche sich mit derzeitigen Pulverbettverfahren nicht oder nur schwierig verarbeiten lassen. Durch die Ausdehnung stereolithografischer Verfahren auf andere Werkstoffklassen ergeben sich auch spannende Möglichkeiten von Kooperationen mit anderen Lehrstühlen an der Montanuniversität. Durch eine bessere Abstimmung bzw. Bündelung der Forschungsanstrengungen, z.B. im Rahmen gemeinsamer Forschungsanträge und auch durch Nutzung gemeinsamer Infrastruktur können neue interessante Ideen verfolgt werden und dadurch wird auch die Sichtbarkeit der Forschungsaktivitäten in diesen hochinnovativen Bereich erhöht.



“Generell bin ich der Meinung, dass es sinnvoll ist die Forschungsaktivitäten im Bereich der Additiven Fertigung an der Montanuniversität Leoben stärker zu vernetzen.

In general, I am of the opinion that it makes sense to network the research activities in the field of additive manufacturing at the Montanuniversität Leoben more closely.

Lehre

Neben einer besseren Vernetzung der Forschung ist es für Grießer wichtig, auch die Aktivitäten im Bereich der Lehre abzustimmen. Seine Vision ist es die Additive Fertigung in der Lehre stärker zu verankern. Ein eigenes Masterstudium mit dem Ziel, Know-how in der Verarbeitung der wichtigsten Materialklassen zu vermitteln, wäre eine sehr reizvolle Vorstellung. Er ist davon überzeugt, dass dies durch die vorhandenen Expertisen an unserer Universität einfach und schnell realisiert werden kann.

Für die Durchführung der erwähnten Forschungsvorhaben benötigt es auch zusätzliche technische Infrastruktur. Erst kürzlich wurde gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Struktur- und Funktionskeramik ein 3D-Drucker erworben, der es ermöglicht Hybridmaterialien (z.B. Keramik - Polymer-Composite) durch Stereolithografie zu verarbeiten. Dies ist ein sehr gutes Beispiel für eine effiziente Nutzung von gemeinsamer Infrastruktur bzw. einer Vernetzung von Forschungsaktivitäten im Bereich der Additiven Fertigung.

Zusätzlich ist geplant, weitere Analysegeräte zur näheren Charakterisierung 3D gedruckter Bauteile anzuschaffen, darunter ein neues XPS Spektrometer für die Oberflächenanalytik.

Thomas Griesser graduated from the Graz University of Technology and subsequently completed his doctoral studies in technical chemistry. Since 2008, he has been an important member of the Institute of Chemistry of Polymeric Materials, where he was initially employed as an university assistant and later as an associate professor. In 2014 he received the *venia legendi* for „Macromolecular Chemistry“ and since December 01, 2020 Thomas Griesser is full professor for the subject Light-Reactive Polymer Systems.

Research focus

His research group at the institute deals with the investigation of light-reactive polymer systems mainly for innovative applications in the field of additive manufacturing. Examples include 3D printing of polymer injection molding tools with increased life-time (see also p. 32) or customized medical devices using stereolithography. For a broad application of this technology in the industry, however, it is necessary to increase the speed of these processes and to further improve the properties of the photopolymers. This is also the goal of current research efforts and the subject of several research projects.



Kieferorthopädische Zahnschienen aus dem Stereolithographie-Drucker
Orthodontic clear aligner produced by stereolithography

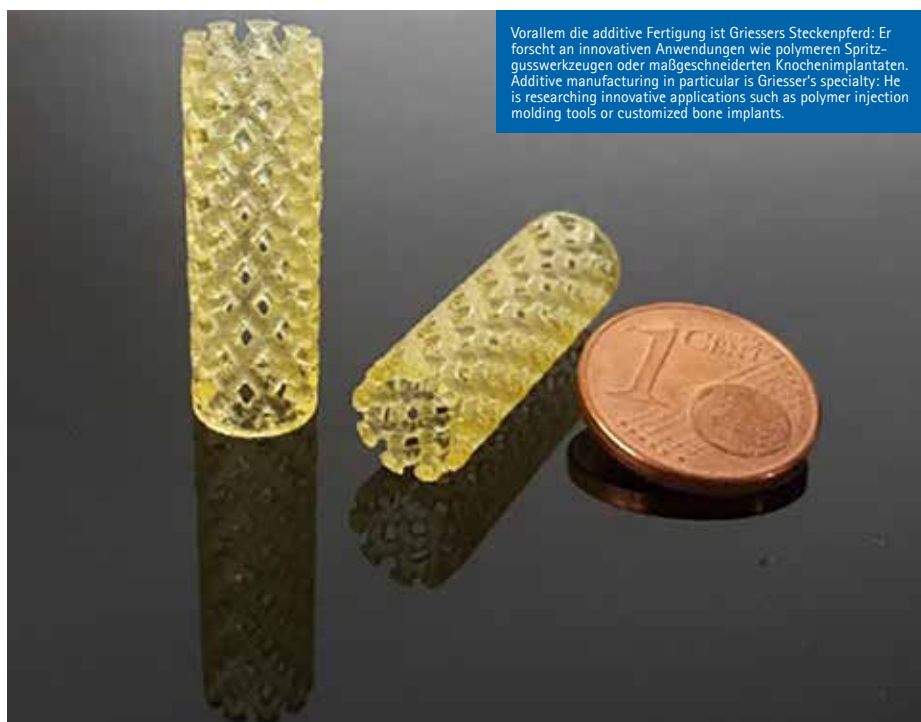
Another interesting area of research, on which Griesser would like to concentrate more in the future, is the processing of composite materials by means of stereolithography. For example, this should enable the indirect 3D printing of metallic materials such as copper, which are difficult or impossible to process using current powder bed processes and the extension of stereolithographic processes to other material classes also opens up exciting opportunities for cooperation with other chairs at the Montanuniversität Leoben.

Teaching

In addition to a better networking of research, it is also important for Griesser to coordinate activities in the area of teaching. His vision is to anchor additive manufacturing more firmly in teaching. A dedicated master's program with the aim of imparting know-how in the processing of the most important classes of materials would be a very appealing idea. He is convinced that this can be realized easily and quickly through the existing expertise at our university.

Additional technical infrastructure is also needed to carry out the research projects mentioned. Only recently, together with the Chair of Structural and Functional Ceramics, a 3D printer was acquired, which makes it possible to process hybrid materials (e.g. ceramics – polymer composites) by stereolithography. This is a very good example of an efficient use of shared infrastructure or a networking of research activities in the field of additive manufacturing.

In addition, it is planned to purchase further analytical equipment for the closer characterization of 3D printed components, including a new XPS spectrometer for surface analysis. ■



Vor allem die additive Fertigung ist Griessers Steckenpferd: Er forscht an innovativen Anwendungen wie polymeren Spritzgusswerkzeugen oder maßgeschneiderten Knochenimplantaten. Additive manufacturing in particular is Griesser's specialty. He is researching innovative applications such as polymer injection molding tools or customized bone implants.

Abschlussarbeiten

Theses

Dissertationen 2019 | Dissertations 2019

Winoj Naveen Balasooriya Arachchige
Aging and long-term performance of elastomers for utilization in harsh environments

Christine Bandl
Development of pressure sensitive adhesive tapes for temporary applications at high temperatures

Swaroop Gaddikere Nagaraja
On the formulation and numerical implementation of anisotropic elastoplasticity with application to fibre-reinforced composites

Anastasiia Galakhova
Polyols bearing azosulphonate units as novel additives for polyurethane foams

Stefan Gloggnitzer
Beschleunigte Prüfmethode zur Charakterisierung des langfristigen Materialverhaltens kontinuierlich glasfaserverstärkter Verbundwerkstoffe unter statischer Last

Matthias Haselmann
Detection of Local Anomalies on Patterned Surfaces

Patrick Hergan
Entwicklung einer modellbasierten Fertigungstechnik zur intrinsischen Herstellung von hybriden Verbundwerkstoffen

Christian Hueber
Holistic Concept for Efficient Composite Manufacturing

Anna Maria Kaltenegger-Uray
Oberflächenfunktionalisiertes Talkum zur Optimierung der Vernetzungsstruktur und der Schaummorphologie von Polyethylen

Matthias Katschnig
Biofunktionelle Kunststoffimplantate durch additive Fertigung für die kranio-maxillofaziale Chirurgie

Roman Christopher Kerschbaumer
Prozessmodell zur Beschreibung des Dosiervorgangs von Kautschukspritzgießmaschinen

Antonia Omazic
Weathering stability of polymeric materials developed for PV modules operating in harsh climatic conditions

Aleksandra Samusjew
Inkjet Printing: A Versatile Method for The Fabrication of Functional Patterns

Katharina Urdl
Self-Healing Approaches for Melamine-Based Surfaces

Matthias Walluch
Abschätzung der Schaumeigenschaften durch Messung der rheologischen Materialeigenschaften und gezielte Beeinflussung der Schaummorphologie durch Anpassung der Materialformulierungen und Düsengeometrie in der Schaumextrusion

Helena Marion Weingrill
Polymeric Phase-Change Materials: Applicability, Functionalization and Long-Term Stability

Wolfgang Heinrich Ziegler
Polyurethan-Nanocomposite als Werkstoffe zur Schwingungsisolierung

Dissertationen 2020 | Dissertations 2020

Marton Bredacs
Aging Mechanism and Material Ranking of PE Pipe Grades in Aqueous Chlorine Dioxide and Hypochlorite Solutions

Santiago Cano Cano
Development of Ceramic Feedstocks for Fused Filament Fabrication

Rita de Cássia Costa Dias
Pultrusion of thermoset based profiles-state of the art regarding materials, process set-ups, process modeling, and process simulation

Delara Gabriela Hartmann
Funktionelle Lack- und Harzsysteme zur additiven Fertigung von Medizinprodukten und gedruckten Leiterbahnen

Thomas Hutterer
Data-Driven Fault Detection and Identification in Rubber Injection Molding

Simon Johannes Kaiser
Design und Charakterisierung von Elastomeren mit dynamischen kovalenten Bindungen

Florian Röper
Structural Integrity and Durability of Adhesively Bonded Joints for Composite Repair in Aircraft Applications

Sebastian Stieger
Entwicklung des Exjection Verfahrens für Kautschuke unter Berücksichtigung des viskoelastischen Materialverhaltens

Maximilian Josef Walther Tonejc
Chancen und Herausforderungen beider Textilen in der Faserkunststoffverbund-Verarbeitung

Chao Wang
Investigation of fretting behaviors of sealing materials

2019Master's Thesis: 16 Habilitations: 1
Doctoral Thesis: 17**2020**Master's Thesis: 12 Habilitations: 2
Doctoral Thesis: 10**Masterarbeitern 2019 | Master's Thesis 2019****Lasse Friedrichsen**Charakterisierung alterungsbedingter
Verfärbungsmechanismen von PMMA-
Compounds im Automobil-Exterieur**Jutta Geier**Methods for automated crack length
detection in fracture mechanical fa-
tigue tests of unreinforced polymers**Lukas Hentschel**Development of feedstocks for extru-
sion based additive manufacturing for
catalytic debinding**Martin Hubmann**Systematic investigation of tight-
ness of connectors in the automotive
industry**Micha Humpel**Evaluation of the influence of material,
manufacturing and testing parameters
on the leakage of PTFE and PEEK based
sealing materials in reciprocating
compressors**Johanna Klobasa**An investigation on parameters
influencing the properties of machine
direction oriented polyethylene films**Matthias Krainer**Anwendung von Holz-Kunststoff-
Verbundwerkstoffen für die additive
Fertigung**Christian Maier**Untersuchung der Fließeigenschaften
von einem thermoplastischen Elasto-
mer unter praxisnahen Bedingungen**Julia Roitner**Prozessführung und -optimierung der
chemischen Schaumextrusion von PET
und anschließender Verarbeitung im
ISBM-Prozess**Christian Schipfer**Evaluierung mikromechanischer
Methoden hinsichtlich praktischer
Anwendbarkeit für faserverstärkte
Kunststoffe**Theresia Schrank**Residual stress measurement study on
injection molded Polyoxymethylene
specimens**Fabian Schuster**Effect of compatibilizers on blends of
immiscible polymers containing poly-
olefins**Markus Schwaiger**Experimental and numerical investi-
gation of special flow phenomena in
powder injection molding**Katharina Anna Sommer**Evaluierung von Thiol-Alkin-Methacry-
lat-Systemen für die Additive Fertigung
von keramischen Komposit-Strukturen**Bettina Strommer**Funktionalisierung polymerer Phasen-
wechselmaterialien**Martin Tockner**Development of abrasion-resistant
coatings for industrial pump systems**Masterarbeitern 2020 | Master's Thesis 2020****Maria Gfrerrer**Integration of Carbon Fiber Reinfor-
ced Plastic Components in a Car Body
Structure**Nikolaus Heindl**Development of a PAT-controlled
process for the production of phar-
maceutical polymers with low drug
concentration**Eric Helfer**Morphology and fracture mechanical
behavior of Polyoxymethylene platelets
produced by injection molding under
industrial-near processing conditions**Jessica Hinczica**Accelerated prediction of the long-
term strength behaviour of thermo-
plastic materials**Sebastian Huber**Process validation and optimization
of a two-step two-component direct
bonding between thermoplastic and
rubber**Jürgen Karall**Dynamic-mechanical Characterization
of Tailor-made Elastomers for Damping
Applications**Christian Moser**Implementation of a finite element
model to predict the impact behaviour
of 3D-printed PMMA specimens**Florian Österreicher**Bruchmechanische Untersuchungen an
additiv gefertigten Bimaterial-Struk-
turen**Matthias Rettl**Effiziente Vorhersage der Rissinitie-
rung in porösen Materialien mit einem
kombinierten Energie- und Spannungs-
kriterium**Stefan Steinschneider**Entwicklung und Optimierung eines
Konzepts für die Auslegung von
Schmelzrippen**Manuel Treitler**Experimentelle Validierung eines neu
entwickelten Verarbeitungsverfahrens
für Elastomere**Florian Wanghofer**Development of dismantable adhesives
and reversible bonding concepts for
photovoltaic applications

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. Es ist sehr erfreulich, dass diese Möglichkeit von Lehrenden und Studierenden vor allem im Rahmen des Erasmus+ Programmes der EU intensiv wahrgenommen wurde. Ein paar Beispiele:

The international exchange of teachers and students is an important opportunity to exchange valuable experiences, build networks and shape joint projects. It is very pleasing that this opportunity has been intensively realised by teachers and students, especially within the framework of the Erasmus+ programme of the EU. A few examples:

INCOMINGS

Alejandro Varez Alvares

Universidad Carlos III de Madrid, Spain, 5/2019

Erasmus staff exchange: He gave lectures to students and scientific staff regarding material development and processing of functional ceramics and ceramic injection molding. Participated in meetings with researchers at the Institute of Polymer Processing and Functional Ceramics.

Ana Pilipovic & Robert Surma

University of Zagreb, Croatia, 03/2019-04/2019

Exchange as a part of the EU project „INEX-ADAM“, where they worked on the material formulation for additive manufacturing in special for material extrusion. Apart from the compounding they made and tested the filaments on the material extrusion machines.

Ane Eguileor Larranaga

University of the Basque Country, Leioa, Biscay, Spanien, 07/2019-08/2019

Dynamic mechanical analysis (DMA) of polymer materials, which are various thermoplastic materials for 3D printing applications as well as recently developed vitrimers. Performing DMA measurements together with the corresponding data reduction, evaluation and accompanying literature review.

Anton Ivan Markovic

Croatia, 07/2019-08/2019

IAESTE Austria; Assistance and support in project work, test preparations and data evaluations.

Åste Brune TOMREN

Norwegian University of Science and Technology, Norway, 07/2019-08/2019

IAESTE student: She worked in the

project "Natural3D" on the formulations of bio-reinforced materials for material extrusion additive manufacturing and compared the results to carbon fiber reinforced materials.

Aydin Mehmet Resul

Karadeniz Technical University, Turkey, 03/2019-06/2019

Erasmus student: He wanted to write his master thesis in the project "CAMed" regarding materials for implants using material extrusion additive manufacturing. Due to problems with the Visa he couldn't finish it.

Damir Godec

University of Zagreb, Croatia, 11/2019

Erasmus staff exchange: Gave lectures as part of the course Additive Manufacturing with Polymers.

Elzbieta Krol

University of Ljubljana, Slovenia 06/2019-07/2019 & 08/2019-09/2019

Erasmus student researcher. During her research stay she prepared highly-filled polymeric compounds with spherical fillers having different chemical compositions and compression molded specimens with highly-filled polymeric compounds to investigate the effect of the chemical composition of fillers on the mechanical properties of the compounds.

Gábor Szebényi, Tamás Tábi &

Gergely Hegedüs

Budapest University of Technology and Economics, Hungary, 08/2019-09/2019

WTZ UngarnS&T Hungary 2018 (OEAD-GmbH, Centre for International Cooperation and Mobility (ICM)). In frame of the work fiber optical sensors where studied regarding their use to monitor liquid composite molding processes.

Hari Shankar GOVINDASAMY

Vilnius Gediminas technical university, Lithuania/India, 10/2019-11/2019 & 01/2020-09/2020

In the teaching project PM-Life he made an internship for additive manufacturing of sinterable metal-polymer compounds. Later he was employed. He improved our additive manufacturing machines and updated the software. He also took care of the printing of components with polymers and highly filled polymer compounds in basic research and industrial research projects.

Karol Wachtarczyk

Wrocław University of Science and Technology, Polen, 08/2020-11/2020

Doctoral program at the Wrocław University of Science and Technology. In frame of this cooperation an integrated process monitoring is aimed. Accordingly, appropriate sensors capable to be integrated in a component are identified and tested. The cooperation is still ongoing.

Lena Ammosova

University of Eastern Finland, Finland, 04/2019

Visiting Postdoctoral researcher. During her research stay she investigated the influence of the powder size in metal injection molding, especially for the forming of geometries with micrometric dimensions.

Liu Di & Meng Li

Shanghai University, China, 03/2019

Exchange as part of the project „Natural3D“ where they worked on the development of carbon particulate-filled composites for material extrusion additive manufacturing.

Mahrugh SADAF

*University of Rome Tor Vergata, Italy/
Pakistan, 02/2020–08/2020*

She came as an internship in the doctoral program and studied the processing of different sinterable polymer metal composites for material extrusion in additive manufacturing based on the properties and composition of the composites.

Tomáš Sedláček

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Czech Republic, 07/2019–08/2019

He visited the department as an Associated Professor. In his Erasmus stay he investigated the rheological behavior of foamable polymer melts with the online rheometer.

OUTGOINGS**Anja Gosch**

Università degli Studi di Brescia, Italy, 03/2020

During her exchange she developed fracture mechanical approaches for soft and ductile polymers.

Florian Arbeiter,

Czech Academy of Sciences, Czech Republic, 03/2020

In the exchange he researched fracture mechanical lifetime estimation via finite element calculations and performed nano-indentation tests on additively manufactured components.

Joamin Gonzalez-Gutierrez

University of Ljubljana, Slovenia, 01/2019

Gave two lectures to bachelor and master students on the topic of additive manufacturing.

Instituto Tecnológico Metalmecánico, Mueble, Madera, Embalaje y Afines, Spain 02/2019 & Brunel University of London, England, 03/2019

As part of the EU-Funded project „INEX-ADAM“ participated in lectures, project meetings and visited the facilities of the research center near Valencia and Design Institute in London.

Autonomous University of Baja California, Mexico, 09/2019

Gave a plenary lecture as part of an international conference, visited the laboratories of Aerospace Engineering and Material Testing, met students

and researchers to establish research collaborations. An Erasmus + program was established.

University of Ljubljana, Slovenia, 11/2019

Gave three lectures to bachelor and master students on the topic of additive manufacturing and material development.

University of Birmingham, England, 12/2019

As part of the EU-funded project „SUSMAGPRO“ participated in meetings and visited the facilities of the School of Metallurgy and Materials in Birmingham.

University of Udine, Italy, 01/2020–02/2020

Visited the additive manufacturing laboratory and give a lecture to graduate students from the Material Science Department. Visited a manufacturing company in the vicinity of Udine.

Mondragon University, Spain, 02/2020

As part of the EU-funded project „LowREEMotors“ participated in meetings and visited the facilities of the Institute of Electrical Machine in Mondragon near Bilbao, Spain.

University of Zagreb, Croatia, 02/2020

As part of the EU-funded Project „INEX-ADAM“ participated in a one-day workshop on the topic of additive manufacturing with polymers for the Croatian industry and university researchers from the area of Zagreb.

Julia Roitner

AJOU University, Korea, 03/2019–06/2019

To widen her expertise in polymer processing she took part in research at the Mechanical Engineering Department performing rheological measurements. As well she took courses in Korean language.

Lukas Haiden

Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology Empa, Schweiz 10/2020–11/2020

During his exchange he researched on the deposition of nanoparticles on carbon fiber using electrophoretic processes.

Neha Yadav

Wrocław University of Science and Technology, Polen, 05/2019 & 11/2019–12/2019

WTZ Polen (OEAD-GmbH, Centre for International Cooperation and Mobility (ICM)). In frame of this cooperation an integrated process monitoring is aimed. Accordingly, appropriate sensors capable to be integrated in a component are identified and tested. The cooperation is still ongoing.

Ralf Schledjewski

Wrocław University of Science and Technology, Polen, 05/2019

WTZ Polen (OEAD-GmbH, Centre for International Cooperation and Mobility (ICM)). In frame of this cooperation an integrated process monitoring is aimed. Accordingly, appropriate sensors capable to be integrated in a component are identified and tested. The cooperation is still ongoing.

Budapest University of Technology and Economics, Hungary, 05/2019 & 11/2019

WTZ UngarnS&T Hungary 2018 (OEAD-GmbH, Centre for International Cooperation and Mobility (ICM)). In frame of the work fiber optical sensors where studied regarding their use to monitor liquid composite molding processes.

Santiago Cano Cano

University of Zagreb, Croatia, 02/2020

As part of the EU-funded Project „INEX-ADAM“ participated in a one-day workshop on the topic of additive manufacturing with highly-filled polymers for the Croatian industry and university researchers from the area of Zagreb.

Thomas Lucyshyn

Faculty of Polymer Technology in Slovenj Gradec, Slovenia, 01/2019, 04/2019–06/2019, 01/2020 & 04/2020–06/2020

External lecturer.

Yannick Blöbl

Budapest University of Technology and Economics, Hungary, 05/2019 & 11/2019

WTZ UngarnS&T Hungary 2018 (OEAD-GmbH, Centre for International Cooperation and Mobility (ICM)). In frame of the work fiber optical sensors where studied regarding their use to monitor liquid composite molding processes.

Kunststofftechnik Leoben - der Kooperationspartner

Department of Polymer Engineering & Science - the cooperation partner



So vielfältig wie der Werkstoff, so ist es auch die Forschungs-, Produktions- und Ausbildungslandschaft in der Kunststofftechnik. Um an der Spitze der Fachwelt präsent sein zu können, ist es für das Department Kunststofftechnik wichtig, Partnerschaften auf nationaler und internationaler Ebene einzugehen.

Ausgangspunkt dieser Kooperationen ist das Department selbst – die Unterbringung der sechs kunststofftechnischen Lehrstühle in einem modernen Gebäude mit exellenter Infrastruktur und Ausrüstung und kurzen Kommunikationswegen fördern synergetisches und operatives Vorankommen.



Die Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Partnerinstituten im In- und Ausland ist eine weitere tragende Säule der Aktivitäten am Department. Zahlreiche Förderprogramme im Bereich der grundlagennahen und der anwendungsorientierten Forschung basieren auf unterschiedlichen Kooperationsmodellen, wie bspw. Europäische Forschungsinitiativen (z.B. Horizon 2020) oder länderübergreifende Fördermodelle (z.B. ERA-NET, Core-Net). Gleichwohl genießt die Kooperation mit universitären Partnern (z.B. Institute der TU Graz und der TU Wien) und außeruniversitären Forschungsinstitutionen (z.B. PCCL, Joanneum Research, AIT, ofi) einen hohen Stellenwert.

In der Kunststofftechnik wird auch – ihrer Bestimmung entsprechend – intensiv mit Firmenpartnern kooperiert. Diese Zusammenarbeit erfolgt häufig ebenfalls in geförderten Forschungsprojekten und zielt auf die Entwicklung von neuen Werkstoffen, Verarbeitungsprozessen und Charakterisierungsmethoden für Kunst- und Verbundstoffe, sowie auf die Auslegung von Werkstoffen und die Untersuchung des Verhaltens von Kunststoffen unter praxisrelevanten Bedingungen ab. Hinzu kommen zahlreiche bilaterale Kooperationen zwischen den Lehrstühlen und Firmenpartnern, sowie Auftragsuntersuchungen für Firmen, Branchenverbände und öffentliche Institutionen.



As diverse as the material is the research, production and training landscape in plastics technology. In order to be present at the forefront of the professional world, it is important for the Department of Polymer Engineering and Science to enter into partnerships on a national and international level.

The starting point of these cooperations is the Department itself – the placement of the six plastic technical institutes in a modern building with excellent infrastructure and equipment as well as short communication channels encourage synergistic and operative progress.

The collaboration with scientific and technical institutions, both on a national and international level, is a cornerstone of the activities important to the Department of Polymer Engineering and Science. Several funding programmes for fundamental and applied research are based on cooperation models, and both European research programmes (e.g. Horizon 2020) as well as transnational programmes (e.g. ERA-NET and Core-Net) may serve as examples. At the same time, the fruitful cooperation with national academic institutions (e.g. TU Graz, and TU Vienna) and non-university research organizations (e.g. PCCL, Joanneum Research, AIT and ofi) is of great importance.

The intense cooperation with partner companies is another cornerstone regarding the R&D activities of the department. In many cases such cooperative projects aim at the development of new materials, processing techniques and characterization methods, at the design of composites and at the behaviour of polymeric materials under application-relevant conditions.

Summing up, the continuous cooperation with scientific partners and company partners is a factor of success for Leoben's Department of Polymer Engineering and Science. It has proven to be an essential aspect regarding the positioning of the department, both on a national and an international level. ■

KOOPERATIONEN & PARTNER
COOPERATIONS & PARTNERS



Kompetenzverbund Kunststoffbauteil Leoben

Alliance of Competence in Plastic Parts Leoben

Die Entwicklung von Kunststoffbauteilen erfordert umfangreiches Know-how über den Werkstoff, dessen Verarbeitung und Anwendung sowie über das Recycling. Durch diese umfangreiche Aufgabenstellung ergibt sich das Problem, dass dieses Know-how üblicherweise nur in verschiedenen Einrichtungen zu finden ist.

Mit dem Kompetenzverbund Kunststoffbauteil Leoben (KVKL) gehören diese Probleme nun der Vergangenheit an. Der KVKL ist eine Plattform, die die umfangreiche Kompetenz der Montanuniversität bündelt und einen unkomplizierten Zugang zu Forschung und Entwicklung von Kunststoffbauteilen

Vom Werkstoff zum Bauteil

- Lösung fachübergreifender Problemstellungen
- Methodenkompetenz für systematische Bauteilentwicklung
- Entwicklung von Simulationen und -modellen
- Entwicklung und Optimierung von Verarbeitungsprozessen
- Optimierung von formgebenden Werkzeugen

Unterstützung

- Nationale und internationale Forschungsanträge

the homepage www.kunststoffbauteil.at was established.

Material

- Preselection
- Development
- Characterization
- Modeling

Components

- Material specific design and optimization
- Fatigue endurance analysis and life time predictions
- Surface quality and functional surfaces
- Component testing

From material to component

- Solving of interdisciplinary problem definitions
- Competence in methods for systematic component development
- Development of simulation methods and models
- Development and optimization of processing routes
- Optimization of molding tools

Assistance

- National and international research proposals ■



bietet. In diesem Rahmen finden auch spezielle Veranstaltungen statt, die Themen rund um das Kunststoffbauteil detailliert beleuchten. Um den richtigen Ansprechpartner rasch und einfach zu finden, wurde außerdem die Homepage www.kunststoffbauteil.at eingerichtet.

Werkstoff

- Vorauswahl
- Entwicklung
- Charakterisierung
- Modellierung

Bauteil

- Werkstoffgerechte Auslegung und Optimierung
- Betriebsfestigkeitsanalysen und Lebensdauerberechnungen
- Oberflächenqualität und funktionelle Oberflächen
- Bauteilprüfung

The development of plastic components requires comprehensive know-how about the material, its processing and applications as well as its recycling. These comprehensive requirements create the problem that the necessary know-how is typically distributed over a number of different institutions.

With the creation of the "Kompetenzverbund Kunststoffbauteil Leoben" (KVKL), these problems are a thing of the past. The KVKL is an interest group which bundles the comprehensive expertise of the Montanuniversität Leoben. Thereby, a straightforward access to research and development of plastic components is provided. Under this frame special workshops and seminars are offered to get detailed information on topics related to plastic components. In order to provide easy access to the right contact person

Auf einen Blick

Schwerpunkte:

- Werkstoff
- Bauteil
- Vom Werkstoff zum Bauteil
- Unterstützung bei Anträgen

Ansprechpartner



Priv.-Doz. Dr. mont. Christian Kukla
christian.kukla@unileoben.ac.at
 +43 3842 402 8403

Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL)

Zu den wichtigsten außeruniversitären Kooperationspartnern des Departments zählt die Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL).

Seit dem Start des K1-Zentrums hat sich das PCCL mit mittlerweile rund 135 Mitarbeiter*innen zum führenden österreichischen Zentrum für kooperative Forschung im Bereich Kunststofftechnik und Polymerwissenschaften entwickelt. Auftrag des PCCL ist es, herausragende Forschung auf internationalem Niveau durchzuführen und die Innovationsfähigkeit der Industrie zu erhöhen („From Research to Industry“). Das COMET-K1 Programm des PCCL 2021-2024 umfasst mehr als 30 Projekte, die sich in drei Areas (Functional and Reactive Polymers; Polymer Processing and Automated Inspection; Performance & Reliability of Polymers and their Composites) gliedern. Auf Basis einer eingehenden Evaluierung durch ein Gutachtergremium der FFG wurden die bisherigen Leistungen bestätigt, und die nächste vierjährige Förderperiode (2021-2024) mit einem Gesamtvolumen von ca. € 23 Mio. genehmigt.

Als international gefragter Forschungspartner stellt sich das PCCL in den nächsten Jahren der großen globalen Herausforderung der Kreislaufwirtschaft (circular economy) von Kunststoffen. Dies spiegelt sich in Projekten wieder, die sich z.B. mit der Vermeidung von Mikroplastik durch den Einsatz von biologisch abbaubaren Polymeren, der Sortierung von rezyklierten Polymeren,

der Verwendung von Rezyklaten in technischen Produkten sowie mit energieeffizienten und abfallfreien Produktionstechniken befassen und damit zu den Nachhaltigkeitszielen beitragen. Zu den weiteren Zielen zählen unter anderem das Design und die Strukturierung von Formgedächtnispolymeren, die virtuelle Prozessoptimierung durch digitale Simulation und die Oberflächenprüfung durch künstliche Intelligenz.

The Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL) is one of the most important non-university cooperation partners of the Department.

Since the start of the K1 center, the PCCL has developed into Austria's leading center for cooperative research in the field of polymer engineering and science, with a staff of around 135. The mission of the PCCL is to perform excellent research at an international level and to increase the innovation capability of industry („From Research to Industry“). The COMET-K1 program of the PCCL 2021-2024 includes more than 30 projects, which are structured in three areas (Functional and Reactive Polymers; Polymer Processing and Automated Inspection; Performance & Reliability of Polymers and their Composites). Based on an evaluation by a committee of experts of the Austrian Research Promotion Agency (FFG), the previous achievements were confirmed and the next four-year funding period (2021-2024) with a total volume of approximately € 23 million was approved. As an internationally renowned research partner, PCCL will be facing up to the major global challenge of the



circular economy of polymers in the coming years. This will be reflected in projects focusing, for example, on the prevention of microplastics through the use of biodegradable polymers, the sorting of recycled polymers, the use of recyclates in technical products and energy-efficient and waste-free production technologies, all contributing to sustainability targets.

Other goals include the design and patterning of shape memory polymers, virtual process optimization enabled by numerical simulation and surface testing and robot vision supported by artificial intelligence. ■

Auf einen Blick

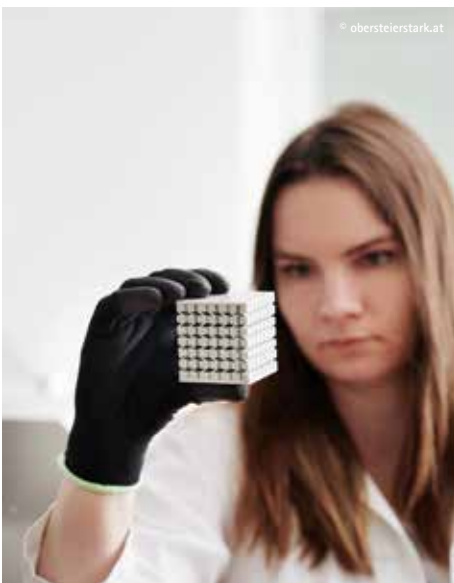
- Gegründet: 2002
- Organisation: GmbH
- Mitarbeiter*innen: 135

Ansprechpartner



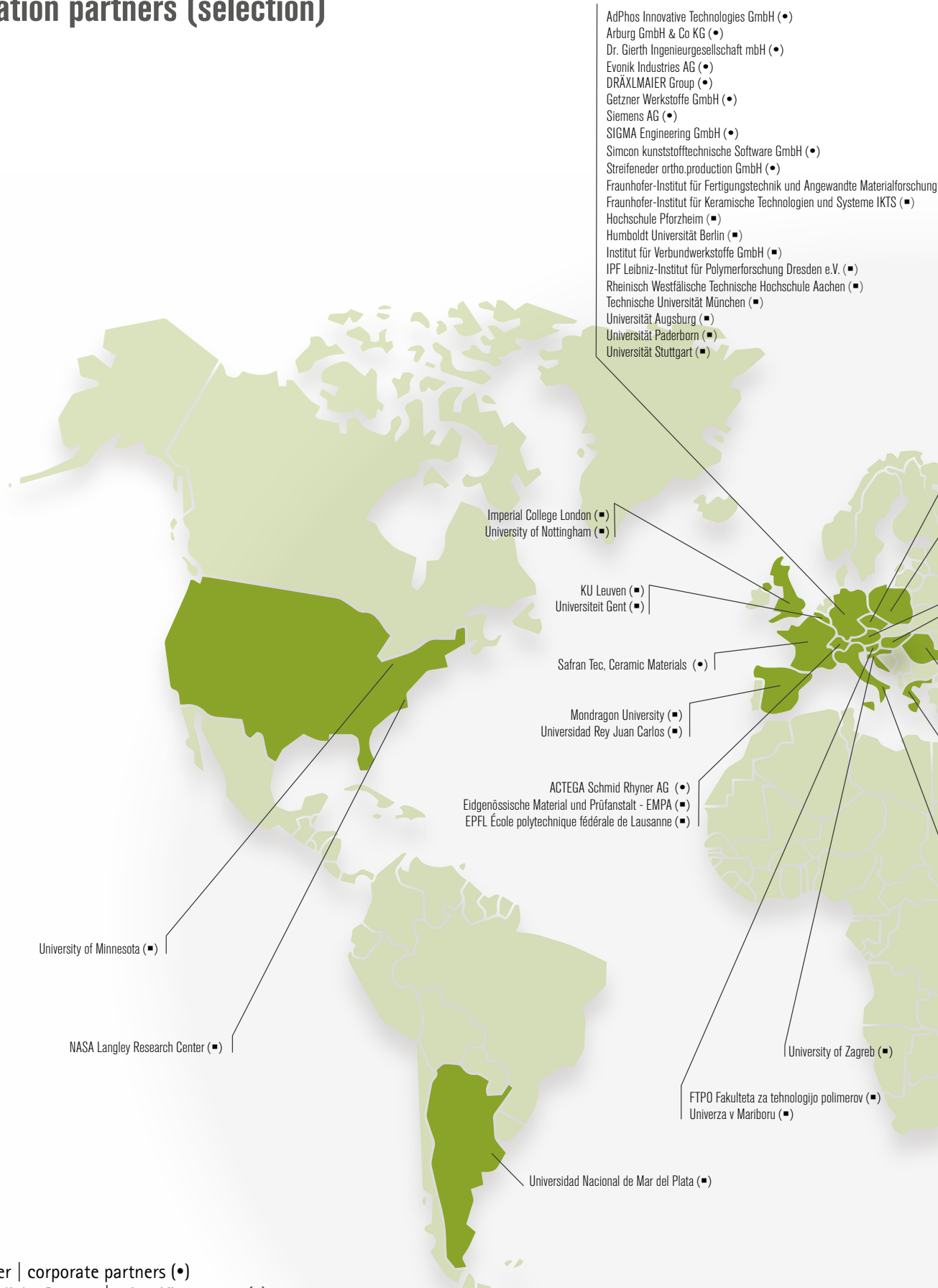
Dipl.-Ing. Dr. Elisabeth Ladstätter

office@pccl.at
+43 3842 42962 0



Kooperationspartner (Auswahl)

Cooperation partners (selection)



Firmenpartner | corporate partners (•)

Wissenschaftliche Partner | scientific partner (■)

IFAM (■)

Academy of Sciences Brno (■)
Tomas Bata University (■)

Wroclaw University of Science and Technology (●)

Budapest University of Technology and Economics (■)

AJOU University (■)

Chinese Academy of Science (■)
East China University of Science and Technology ECUST (■)

Universitatea Politehnica din București (■)

National Technical University of Athens (■)

Politecnico di Torino (■)
Polytecnico di Milano (■)
University degli Studi di Brescia (■)

4a engineering GmbH (●)
Aerospace and Advanced Composites GmbH (●)
ALPEX Technologies GmbH (●)
Andritz AG (●)
AT & S Austria Technologie & Systemtechnik Aktiengesellschaft (●)
Berndorf Band GmbH (●)
BRIMATECH Services GmbH (●)
bto-epoxy GmbH (●)
Cubicure GmbH (●)
ecoplus.Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH – Kunststoff-Cluster (●)
Elmet Elastomere Produktions- und Dienstleistungs-GmbH (●)
Engel Austria GmbH (●)
EVO-tech GmbH (●)
FACC Operations GmbH (●)
faigle Kunststoffe GmbH (●)
Glanzstoff Austria (●)
Hasco Austria GmbH (●)
Head Sport GmbH (●)
IB Steiner (●)
In-Vision GmbH (●)
i-RED Infrarot Systeme GmbH (●)
Isovolta AG (●)
JAKSCHE Kunststofftechnik GmbH (●)
Julius Blum GmbH (●)
Kästle GmbH (●)
Kobleder GmbH (●)
Lenzing Plastics GmbH & Co.KG (●)
Lithoz GmbH (●)
Luxenergy GmbH (●)
LUXNER ENGINEERING ZT GmbH (●)
MAGNA Energy Storage Systems (●)
MAGNA Powertrain, Engineering Center Steyr (●)
Mahle Filtersysteme Austria GmbH (●)
Maplan GmbH (●)
Miraplast Kunststoffverarbeitungs GmbH (●)
ÖBB Infrastruktur AG (●)
Oberhumer Klaus und Partner GmbH (●)
Ortner Reinraumtechnik GmbH (●)
POLOPLAST GmbH & Co KG (●)
PreZero Polymers Austria GmbH (●)
PrimAs Tiefkühlprodukte GmbH (●)
R&D Consulting GmbH & Co KG (●)
RHP Technology GmbH (●)
Semperit Technische Produkte GmbH (●)
SKF Sealing Solutions Austria GmbH (●)
Thermoplastkreislauf GmbH (●)
TIGER Coatings GmbH & Co. KG (●)
Treibacher Industrie AG (●)
voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG (●)
Wittmann Battenfeld GmbH (●)
Wollsdorf Leder Schmidt & Co. Ges.m.b.h. (●)
AC2T research GmbH (■)
FH Oberösterreich (■)
FH Wiener Neustadt (■)
Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH (■)
Johannes Kepler Universität Linz (■)
Kompetenzzentrum Holz GmbH (■)
Medizinische Universität Graz (■)
Montanuniversität Leoben (■)
Polymer Competence Center Leoben GmbH (■)
Profactor GmbH (■)
Technische Universität Graz (■)
Technische Universität Wien (■)
Universität Innsbruck (■)



EHRUNGEN & PREISE

HONORS & AWARDS



03.2019

Für ihre Leistung im Bereich Kunststoffe zur Steigerung der Ressourceneffizienz wurde assoz.Prof. Dr. Katharina Resch-Fauster mit dem Josef Krainer-Würdigungspreis ausgezeichnet. Gemeinsam mit ihrem Team arbeitet sie an der Entwicklung polymerer Werkstoffe zur Energieerzeugung, -einsparung und -speicherung, an der Steigerung der Ressourceneffizienz von polymeren Werkstoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Biokunststoffe) sowie am Recycling von Kunst- und Verbundwerkstoffen.

assoz.Prof. Dr. Katharina Resch-Fauster was awarded the Josef Krainer Prize for her achievements in the field of polymers to increase resource efficiency. Together with her team, she is working on the development of polymer materials for energy generation, saving and storage, on increasing the resource efficiency of polymer materials based on renewable raw materials (bioplastics) and on the recycling of plastics and composites. ■

Katharina Resch-Fauster
mit Josef Krainer-Würdi-
gungspreis geehrt



© Foto Fischer



Kunststofftechnik Leoben
vergift erstmals
Schüler-Award

04.2019

Im Rahmen des 28. Leobener Kunststoff-Kolloquiums vergaben das Department für Kunststofftechnik und das PCCL erstmals den POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD an Schüler*innen für innovative Vorwissenschaftliche Arbeiten und Diplomarbeiten, die sich mit kunststofftechnischen Themen befassten. Den mit EUR 1.500,- dotierten ersten Preis konnten sich Anna-Maria Monks und Judith Nachbagauer (TGM Wien) mit ihrer Arbeit zur Optimierung kompostierfähiger Lebensmittelverpackungen sichern.

As part of the 28. Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science, the Department of Polymer Engineering and Science and the PCCL awarded for the first time the POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD to students for innovative Pre-scientific and Diploma thesis dealing with polymer technology topics. The first prize of EUR 1,500 was awarded to Anna-Maria Monks and Judith Nachbagauer (TGM Vienna) for their work on optimizing compostable food packaging. ■



© PCCL



10.2019

Maria Unterreiter erhielt für ihre Vorwissenschaftliche Arbeit zum Thema „Reaktionskinetik funktionalisierter Pflanzenöle – Einfluss des Härtertyps auf Umsatz- und Reaktionsgeschwindigkeit von Epoxidharzen“ den Ehrenpreis der GÖCH (Gesellschaft Österreichischer Chemiker). Die Arbeit entstand im Rahmen eines Praktikums bei uns am Department, genauer am Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe.

Maria Unterreiter received the honorary award of the GÖCH (Society of Austrian Chemists) – for her Pre-scientific thesis on "Reaction kinetics of functionalized vegetable oils – influence of hardener type on turnover and reaction rate of epoxy resins". The thesis was written during an internship at our department, more precisely at the Institute of Materials Science and Testing of Polymers. ■

Kunststofftechnik-
Praktikantin erhält
Ehrenpreis der GÖCH



10.2019

Wolfgang Kern mit H.F. MARK MEDAILLE ausgezeichnet und zum ÖSTERREICHER DES JAHRES gewählt



© Michael Pyerin

oben: Verleihung der H.F. Mark Medaille / unten: Verleihung „Österreicher des Jahres“
 above: Presentation of the H.F. Mark Medal / below: Austrian of the Year Award



© Die Presse

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern, Leiter des Lehrstuhls für Chemie der Kunststoffe und Wissenschaftlicher Geschäftsführer des PCCL, wurde im Oktober 2019 gleich zwei Mal ausgezeichnet: Zunächst wurde er vom Österreichischen Forschungsinstitut für Chemie und Technik OFI mit der H.F. Mark Medaille prämiert und kurz darauf von einer Fachjury zum „Österreicher des Jahres 2019“ im Bereich Forschung gewählt.

Ausschlaggebend für beide Preise waren Kerns besonderen Verdienste im Bereich der Polymerwissenschaften. Seine wissenschaftlichen Arbeiten zu funktionellen Polymeren, insbesondere zu lichtreaktiven Polymeren, sowie zur Chemie an Grenzflächen zwischen organischen und anorganischen Materialien haben in den letzten Jahren wesentlich zur Weiterentwicklung von Kunststoffen beigetragen. Mehrfach konnten wissenschaftliche Forschungsergebnisse auch in die industrielle Praxis übergeführt werden, darunter ein neues Verfahren zur Herstellung von allergiefreien Operationshandschuhen, das auf der Verwendung von UV-Licht zur Vulkani-sation beruht.

Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Kern, Head of the Institute of Chemistry of Polymeric Materials and Scientific Director of the PCCL, received two awards in October 2019: First, he was awarded the H.F. Mark Medal by the Austrian Research Institute for Chemistry and Technology OFI, and then he was chosen by an expert jury as "Austrian of the Year 2019" in the field of research.

The decisive factor for both awards was Kern's special merits in the field of polymer sciences. His scientific work on functional polymers, in particular on light-reactive polymers, as well as on the chemistry at interfaces between organic and inorganic materials has contributed significantly to the further development of polymers in recent years. On several occasions, scientific research results have also been transferred to industrial practice, including a new process for the production of allergy-free surgical gloves based on the use of UV light for vulcanization. ■

11.2019

Das Kooperationsprojekt TEX2MAT (siehe auch S. 48) konnte sich gegen zehn weitere nominierte Projekte durchsetzen und wurde mit dem mit EUR 5.000,- dotierten Clusterland Award 2019 ausgezeichnet. In einem dreiminütigen Live-Pitch präsentierte eine Delegation des Projektteams ihren völlig neuen Ansatz, um Alttextilien zu recyceln und so einen geschlossenen Material-Kreislauf zu schaffen. Per Live-Publikums-Voting wurde das Projekt dann zum Sieger gekürt.

The cooperation project TEX2MAT (see p. 48) was able to prevail against ten other nominated projects and was awarded the Clusterland Award 2019, which is endowed with EUR 5,000. In a three-minute live pitch, a delegation of the project team presented their completely new approach to recycle used textiles and thus create a closed material cycle. The project was then chosen as the winner via live audience voting. ■

Clusterland Award 2019 für Recycling-Projekt mit Leobener Beteiligung

© Martin Hörmandinger



11.2019

Leobener Absolvent mit ÖWGP-Doktoratspreis ausgezeichnet



Der **ÖWGP-Doktoratspreis** wurde im Rahmen der ÖWGP-Tagung im November 2019 an der TU Wien bereits zum zweiten Mal vergeben. Ziel des hochdotierten Preises ist es, Forschungsleistungen des wissenschaftlichen Nachwuchses zu fördern und einer breiteren Öffentlichkeit zu präsentieren. Mit **Dr. mont. Martin Spörk** (Thema seiner Dissertation: Optimisation of the Mechanical Properties and Processing of Polypropylene and Poly(Lactic Acid) Parts Produced by Extrusion-Based Additive Manufacturing; Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer) konnte ein Leobener Absolvent das Komitee überzeugen und sich den zweiten Preis (dotiert mit EUR 1.500,-) sichern.

The **ÖWGP Doctoral Award** was presented for the second time at the ÖWGP meeting in November 2019 at TU Wien. The aim of the highly endowed prize is to promote research achievements of young scientists and to present them to a broader public. **Dr. mont. Martin Spörk** (topic of his dissertation: Optimization of the Mechanical Properties and Processing of Polypropylene and Poly(Lactic Acid) Parts Produced by Extrusion-Based Additive Manufacturing; supervisor: Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer), a graduate of Leoben, convinced the committee and won the second prize (endowed with EUR 1,500). ■

12.2019

Dipl.-Ing. Jutta Geier, Absolventin der Kunststofftechnik Leoben wurde für ihre Masterarbeit mit dem **WKO Forschungsstipendium** (dotiert mit EUR 2.100,- für die Stipendiatin und EUR 500,- für das WPK als betreuendes Institut) prämiert. Von den insgesamt 19 im Jahr 2019 vergebenen Stipendien gingen drei an die Montanuniversität Leoben, eines davon an Geier für ihre Arbeit mit dem Thema "Possibilities for Crack Length Detection in Unreinforced Polymers" (Betreuersteam Univ.-Prof. Dr. Gerhard Pinter, Dipl.-Ing. Anja Gosch).

Dipl.-Ing. Jutta Geier, graduate of Polymer Engineering Leoben, was awarded the **WKO Research Scholarship** (endowed with EUR 2,100 for the scholarship holder and EUR 500 for the WPK as supervising institute) for her master thesis. Of the 19 scholarships awarded in 2019, three went to the Montanuniversität Leoben, one of them to Geier for her thesis on "Possibilities for Crack Length Detection in Unreinforced Polymers" (supervisor team Univ.-Prof. Dr. Gerhard Pinter, Dipl.-Ing. Anja Gosch). ■

WKO Forschungsstipendium an Kunststofftechnik- Absolventin



© Foto Fischer

01.2020

Clemens Holzer zu stell- vertretenden Sprecher des WAK gewählt



Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer, Leiter des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung wurde, neben Prof. Dr.-Ing. Michael Gehde, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe, TU Chemnitz, zum **stellvertretenden Sprecher des Wissenschaftliche Arbeitskreis der Universitätsprofessoren der Kunststofftechnik (WAK)** ernannt. Zweck des WAK ist die wissenschaftliche und fachliche Förderung der Kunststofftechnik. Er betreibt den Erfahrungsaustausch mit Personen, Institutionen und Forschungsverbänden, die auf dem Gebiet der Kunststofftechnik tätig sind, koordiniert die universitären Forschungsinteressen durch Abstimmung mit anderen Arbeitskreisen.

Univ.-Prof. Dr. Clemens Holzer, Head of the Institute of Polymer Processing, has been appointed **Deputy Speaker of the Scientific Working Group of University Professors of Polymer Processing (WAK)**, alongside Prof. Dr.-Ing. Michael Gehde, Institute of Materials Handling and Plastics, Chemnitz University of Technology. The purpose of the WAK is the scientific and professional promotion of plastics technology. It conducts the exchange of experience with persons, institutions and research associations active in the field of plastics technology, coordinates university research interests by coordinating with other working groups. ■

2019+2020

2019 und 2020 gewannen Studierende der Leobener Kunststofftechnik die begehrten **Travelgrants der Metal Injection Molding Association**. Das Stipendium beinhaltet einen Zuschuss für die Registrierungs-, Reise-, Unterbringungs-, sowie Verpflegungskosten zur und auf der MIM – International Conference on Injection Molding of Metals, Ceramics and Carbides sowie einen Vortragslot auf der Konferenz. 2019 überzeugte **Dr.mont. Santiago Cano Cano** das Komitee mit seiner Bachelorarbeit über „Key aspects in the development of feedstocks for FFF and solvent debinding“; 2020 sicherten sich **David Handl, BSc.** und **Philipp Huber, BSc.** den Grant mit ihren Arbeiten zu „Profile extrusion of highly filled polymers for sintering“ und „Influence of the infill orientation and the powder content on the properties of zirconia parts produced by Fused Filament Fabrication“.

In 2019 and 2020, students of Polymer Engineering and Science Leoben won the coveted **Travelgrants of the Metal Injection Molding Association**. The scholarship includes a grant for registration, travel, lodging, and meal expenses to and at the MIM – International Conference on Injection Molding of Metals, Ceramics and Carbides, as well as a speaking slot at the conference. In 2019, **Dr.mont. Santiago Cano Cano** convinced the committee with his bachelor thesis on "Key aspects in the development of feedstocks for FFF and solvent debinding"; in 2020, **David Handl, BSc.** and **Philipp Huber BSc.** secured the grant with their work on "Profile extrusion of highly filled polymers for sintering" and "Influence of the infill orientation and the powder content on the properties of zirconia parts produced by Fused Filament Fabrication". ■

MIM Travelgrants für KT-Studierende



oben: Santiago Cano Cano bei seinem Vortrag
unten: David Handl und Philipp Huber vor dem Eingang zur Konferenz
above: Santiago Cano Cano during his lecture
below: David Handl and Philipp Huber in front of the entrance to the conference



Ausgezeichnete Wissenschaftskommunikation

Image by PublicDomainPictures from Pixabay



Insgesamt sechs wissenschaftliche Online-Artikel der Leobener Kunststoff-Community zählten im Zeitraum von Anfang 2018 bis Ende 2019 zu den **Top 10 %** der am häufigsten heruntergeladenen Online-Publikationen des Verlags John Wiley & Sons, Inc.

A total of six scientific online articles from the Leoben polymer community were among the **top 10%** of most downloaded online publications from the publisher John Wiley & Sons, Inc. in the period from the beginning of 2018 to the end of 2019. ■



05.2020

07.2020

Das Forschungsprojekt **REProMag** wurde 2020 in das **EU Innovation Radar** aufgenommen! Das Innovation Radar ist eine Initiative der Europäischen Kommission zur Sichtbarmachung von Neuerungen und Umdenkern mit hohem Potenzial in EU-finanzierten Forschungs- und Innovationsrahmenprogrammen. Im Projekt hat man an der Entwicklung von ressourceneffizienten Herstellungswegen für Seltenerd-magnete mit einer 100 % abfallfreien Prozesskette geforscht. Der Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung hat sich dabei mit der Herstellung von Filamenten aus Kunststoffen und recycelten Magnet-Pulvern beschäftigt.

The research project **REProMag** was included in the **EU Innovation Radar** in 2020! The Innovation Radar is an initiative of the European Commission to visualize innovations and rethinkers with high potential in EU-funded research and innovation framework programs. In the project, research has been conducted on the development of resource efficient manufacturing routes for rare earth magnets with a 100% waste-free process chain. The Institute of Polymer Processing has been working on the production of filaments from polymers and recycled magnet powders. ■

Montanuniversität Leoben als Key Innovator am Innovation Radar der EU

Bild von Wikimedia auf Pixabay





KUNSTSTOFF
TECHNIK
LEOBEN

www.kunststofftechnik.at



Polymer Competition

3. PREIS
€ 500

1. PREIS
€ 1.500



VERANSTALTUNGEN & SOCIAL ACTIVITIES

EVENTS & SOCIAL ACTIVITIES



2019



© Andy Joe

Ausstellung | Exhibition „ROHSTOFFE SIND ZUKUNFT“

Von Jänner bis März 2019 konnte man im Kapfenberger Kulturzentrum die Ausstellung „Rohstoffe sind Zukunft“ besuchen. Spannende Exponate und interaktive Stationen boten einen Einblick in den Wertstoffkreislauf vom Rohstoff zum fertigen Produkt und wieder retour. Auch die Kunststofftechnik Leoben beteiligte sich mit Exponaten.

From January to March 2019, visitors were able to visit the exhibition „Raw Materials Are Future“ at the Kulturzentrum Kapfenberg. Exciting exhibits and interactive stations offered an insight into the resource cycle from raw material to finished product and back again. The Department of Polymer Engineering and Science also participated with exhibits. ■

ESIS TC4 Meeting in Leoben

Vom 10. bis 12. April trafen sich Mitglieder des Technical Committees 4 „Polymers, Adhesives and Composites“ der European Structural Integrity Society – ESIS in Leoben. Ausgerichtet wurde das Meeting vom WPK, Univ.-Prof. Dr. Pinter, Leitung WPK, und seine Arbeitsgruppe engagieren sich schon seit Jahren für die Society. Auf der Tagesordnung standen Themen wie bruchmechanische Methoden für Polymere, Klebstoffe und Composite. Rund 30 Spezialisten*innen kamen hierfür in Leoben zusammen.

From April 10 to 12, members of the Technical Committee 4 „Polymers, Adhesives and Composites“ of the European Structural Integrity Society – ESIS met in Leoben. The meeting was organized by the Institute of Materials Science and Testing of Polymers, Univ.-Prof. Dr. Pinter and his group have been involved with the Society for many years. The agenda included topics such as fracture mechanics methods for polymers, adhesives and composites. About 30 specialists met in Leoben for this purpose. ■



28. Leobener Kunststoff-Kolloquium & SCHOOL AWARD | 28. Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science & SCHOOL AWARD

Die 28. Auflage des Leobener Kunststoff-Kolloquiums am 25. und 26. April 2019 beschäftigte sich mit Themen rund um Simulation in der Kunststofftechnik. Besonderes Highlight: Neben zahlreichen nationalen und internationalen Vorträgen, wurde heuer erstmals der POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD an ambitionierte Schüler*innen verliehen (siehe auch S. 80).

The 28. edition of the Leoben-Conference on Polymer Engineering and Science on April 25 and 26, 2019, focused on topics related to Simulation in Polymer Engineering. Special highlight: In addition to numerous national and international lectures, the POLYMER SCIENCE SCHOOL AWARD was awarded to ambitious students for the first time this year (see also p. 80). ■

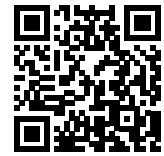


© PCCL

SCHOOL@MUL Projekttage

Nach dem großen Erfolg des ursprünglichen Projekts und auf vielfachen Wunsch der Schulen, veranstaltete die Montanuniversität Leoben auch 2019 wieder Projekttage. Von 29. April bis 2. Mai besuchten insgesamt ca. 700 Schüler*innen aus zehn Schulen die Labore und Werkstätten der MUL. Am Zentrum für Kunststofftechnik lernten sie unter anderem wie Kunststoffe hergestellt und verarbeitet werden.

Following the great success of the original project and by popular request of the schools, the Montanuniversität Leoben organized project days again in 2019. From April 29 to May 2, a total of about 700 students from ten schools visited the laboratories and workshops of MUL. At the Center for Polymer Engineering and Science they learned, among other things, how polymers are manufactured and processed. ■



Sparkassen Businesslauf 2019

Beim Sparkassen Businesslauf 2019 am Spielberger Red Bull Ring waren unsere Kunststofftechniker*innen vorne mit dabei! Die Mädels liefen auf den 7. Platz (von 36) in der Teamwertung, die Burschen auf Platz 37 (von 102)!

At the Sparkassen Business Run 2019 at the Red Bull Ring in Spielberg, our polymer engineers were among the front runners! The girls ran to 7th place (out of 36) in the team ranking, the boys to 37th place (out of 102)! ■



© Foto Jörgler

Leitungswechsel | Change of line

Nach drei Jahren als Departmentleiter in der Otto Glöckel-Straße, übergab Univ.-Prof. Dr. Ralf Schledjewski im Juli 2019 an Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler. Unter seiner Leitung soll die Zusammenarbeit der kunststofftechnischen Lehrstühle entlang des Wertschöpfungskreislaufes noch weiter optimiert werden, um dadurch auf aktuelle Fragen des öffentlichen Interesses zu reagieren und Zeichen zu setzen.

After three years as head of department in Otto Glöckel-Straße, Univ.-Prof. Dr. Ralf Schledjewski handed over to Univ.-Prof. Dr. Walter Friesenbichler in July 2019. Under his leadership, the cooperation of the polymer engineering institutes along the value-added cycle is to be further optimized in order to respond to current issues of public interest and to set an example. ■





CU-Forum am Red Bull Ring | CU Forum at the Red Bull Ring

Der CC Austria - Regionalabteilung von Composites United - lud am 12. November 2019 nach Spielberg zum „CU-Forum: CARBON COMPOSITES AUSTRIA“. Im dritten Stock des Red Bull Wings wurde den rund 100 Teilnehmer*innen ein vielfältiges Vortragsprogramm sowie eine umfangreiche Poster-Expo geboten. Das WPK war federführend an der Organisation beteiligt. Besonderes Highlight: Rasante Side Events.

CC Austria - regional division of Composites United - invited to Spielberg on November 12, 2019 to the „CU-Forum: CARBON COMPOSITES AUSTRIA“. On the third floor of the Red Bull Wing, the approximately 100 participants were offered a diverse lecture program as well as an extensive poster expo. The Institute of Materials Science and Testing of Polymers played a leading role in the organization. A special highlight: fast-paced side events. ■



Department Weihnachtsfeier 2019 Department Christmas Party 2019 ■

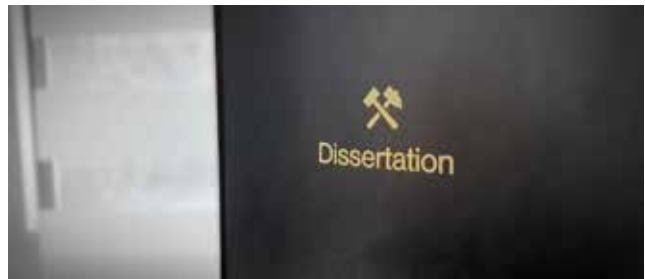


KT Eishockeyspiel | KT Ice hockey game

Univ.-Prof. Dr. Clara Schuecker, Leitung KKV und passionierte Eishockeyspieler, lud im Februar 2020 zum ersten gemeinsamen Puck-Jagen. 18 motivierte Kunststofftechniker*innen, vom Anfänger bis zum Semi- und Total-Profi, gut geschützt von professionellem Equipment und getragen von der begeisterten Unterstützung der recht zahlreich erschienenen Fans, folgten der Einladung.

Univ.-Prof. Dr. Clara Schuecker, head of KKV and passionate ice hockey player, invited to the first joint puck chase in February 2020. 18 motivated polymer engineers, from beginners to semi- and total professionals, well protected by professional equipment and carried by the enthusiastic support of the quite numerous fans, accepted the invitation. ■

2020



Erstes Online-Rigorosum | First online doctoral exam

Ohne nennenswerte technische Komplikationen ging am 8. April 2020 die erste Online-Prüfung an der Kunststofftechnik Leoben über die Bühne: Rita de Cassia Costa Dias trat zum Rigorosum an.

The first online examination at the Department for Polymer Engineering and Science took place on April 8, 2020 without any significant technical complications: Rita de Cassia Costa Dias took the final doctoral exam. ■



Zehn Jahre ZKT | 10 years of Center of Polymer Engineering and Science

Am 27. April 2020 feierte das Zentrum für Kunststofftechnik (ZKT) – Sitz der kunststofftechnischen Lehrstühle – sein zehnjähriges Bestehen.

On April 27, 2020, the Center for Polymer Engineering and Science – home of the polymer engineering institutes – celebrated its tenth anniversary. ■



Erster Online Info-Tag | First Virtual Info-Day

Am 8. Mai 2020 fand der erste virtuelle Info-Tag an der Montanuni Leoben statt. In 25-minütigen Online-Sessions wurden die Studienrichtungen vorgestellt und Fragen beantwortet. Für alle, die nicht live dabei sein konnten, war der Vortrag noch zwei Wochen auf You Tube verfügbar.

On May 8, 2020, the first Virtual Info-Day took place at Montanuni Leoben. In 25-minute online sessions, the study programs were presented and questions were answered. For all those who could not attend live, the presentation was still available on You Tube for two weeks. ■



Lange Nacht der Forschung | Long night of research

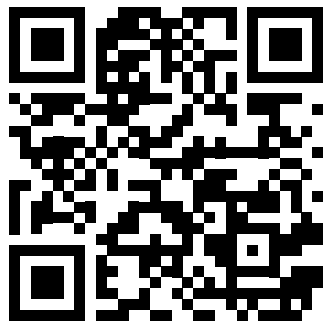
Auch die #LNdF musste 2020 in den virtuellen Raum verlegt werden, von Oktober bis Dezember waren insgesamt 617 Beiträge online. Unter dem Titel: „AUS ALT MACH NEU, UND NEU MACH BESSER: NACHHALTIGE KUNSTSTOFF-TECHNIK“ beteiligten sich auch das Department Kunststofftechnik und das PCCL mit einem Videobeitrag.

The #LNdF also had to be moved into virtual space in 2020, with a total of 617 contributions online from October to December. Under the title: „SUSTAINABLE POLYMER ENGINEERING“, the Department of Polymer Engineering and the PCCL also participated with a video contribution. ■



HEREINSPAZIERT

zum Virtuellen Rundgang
durch die Montanuniversität



IMPRESSUM

Für den Inhalt verantwortlich/
Responsible for the content:

Univ.-Prof. Walter Friesenbichler

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.



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

 [kunststofftechnikleoben](https://www.facebook.com/kunststofftechnikleoben)

 [kunststofftech](https://www.instagram.com/kunststofftech)

 [kunststofftechnikleoben](https://www.twitter.com/kunststofftechnikleoben)

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