

Repairecture

Innovative repair concepts for polymer-based materials and components along their lifetime

| | | | |
|---------------------------------|--|------------------------|------------|
| Programm / Ausschreibung | Kooperationsstrukturen, Kooperationsstrukturen, COMET Module Ausschreibung 2022 | Status | laufend |
| Projektstart | 01.01.2024 | Projektende | 31.12.2027 |
| Zeitraum | 2024 - 2027 | Projektlaufzeit | 48 Monate |
| Keywords | repair concepts; polymer-based materials; dynamic polymer networks; metamaterials; debonding on-demand | | |

Projektbeschreibung

Das COMET-Modul Repairecture fokussiert auf innovative Simulationsansätze, neue Materialien sowie Design- und Verbindungskonzepte zur Schaffung einer Kreislaufwirtschaft für polymerbasierte Produkte und Verbundmaterialien, die ihre Funktion, Eigenschaften und Attraktivität über eine verlängerte Lebenszeit beibehalten. Aus thermodynamischer und energetischer Sicht stellen Reparaturkonzepte eine wesentliche Triebkraft für die angestrebte europäische Klimaneutralität bis 2050 dar, da sie einen geringen Energie- und Materialeinsatz benötigen. Obwohl Reparatur den geschlossenen Produktkreislauf mit dem höchsten Umweltnutzen (durch langjährigen Gebrauch von polymerbasierten Produkten) darstellt, hat sich Recycling in der Praxis weitaus stärker etabliert. Neben fehlender Produktgarantien beschränken hohe Kosten und der Verlust der Funktionalität und der Attraktivität (aus modischen Gründen) den Durchbruch von Reparaturkonzepten als bevorzugte Abfallvermeidungsstrategie, v.a. für leistungsstarke Produkte. Daher besteht eine große Nachfrage nach leistbaren, einfachen und hoch qualitativen Reparaturstrategien für polymerbasierte Komponenten, da Polymere oft das schwächste Glied in Produkten darstellen oder als Verbindungsmaterial (strukturelle Klebstoffe) für Bauteile aus unterschiedlichen Werkstoffen eingesetzt werden. Darüber hinaus werden neue Konzepte benötigt, welche die Barriere im Konsumverhalten hinsichtlich der Langzeitnutzung von Produkten überwinden (z.B. Möglichkeiten zum modularen Austausch von Mikroelektronik- oder Optikauteilen). Repairecture verfolgt ein ambitioniertes und hoch interdisziplinäres Forschungsprogramm, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Insbesondere erfolgt die Entwicklung neuer vernetzter Polymere (u.a. Duromere und Elastomere), die in der Lage sind (i) Schäden auf molekulare Ebene zu reparieren, (ii) viskoelastische Eigenschaften reversibel anzupassen (für die Reparatur makroskopischer Schäden), sowie (iii) Adhäsionseigenschaften kontrolliert zu ändern (Reparatur und Wiederaufarbeitung von geklebten Multi-Materialstrukturen). Die in Repairecture entwickelten Lösungsansätze legen den Grundstein für (i) innovative Installations- und einfache Demontagestrategien, (ii) neue modulare Designrichtlinien, (iii) einfach handhabbare Reparatur/Überholungsprozesse für strukturelle und funktionelle polymerbasierte Produkte, sowie (iv) geringe Kosten. Die „out-of-the-box“ Ansätze in Repairecture umfassen die gesamte Wertschöpfungskette und den Lebenszyklus von Polymerprodukten, die in etablierten und/oder zukünftigen Industriezweigen eingesetzt werden. Diese Strategie spiegelt sich auch in der Struktur des Konsortiums wieder, das die komplementäre Expertise von 8 wissenschaftlichen Partnern und 11 Unternehmenspartnern vereint. Das Konsortium beinhaltet internationale renommierte Universitäten (u.a. UNSW Sydney, Universität Maastricht)

und verfolgt das Ziel, eine international angesehene Führungsposition in einem neu entstehenden Forschungsfeld einzunehmen. Repairecture geht über etablierte Recyclingstrategien für Polymerprodukte hinaus und will einen grundlegenden wissenschaftlichen und technologischen Wandel im Bereich reparaturfähiger und überholbarer Polymerkomponenten einleiten. Durch die einzigartige Kombination von schaltbaren molekularen Funktionen mit Zuverlässigkeit und modularer makroskopischer Architektur wird eine Verbindung von Umweltverträglichkeit und wirtschaftlicher Effizienz mit Reparatur- und Wiederaufbereitungsprozessen angestrebt. Ausgewählte Beispiele von hochfunktionalen und reparierfähigen Produkten in zukünftigen Anwendungsgebieten sind (i) mehrkomponentige Lichtsysteme (z.B. Automobilbereich), (ii) personalisierte Heilbehelfe (z.B. Orthesen), (iii) verklebte Strukturbauteile in Automobil- und Luftfahrttechnik, (iv) „ready-to-repair“ Elektronikbauteile, und (v) strukturelle Kleber für kontrollierte Demontageprozesse.

Abstract

The COMET Module Repairecture focuses on innovative simulation, material, design and bonding concepts for a circular economy of polymer-based products and composite structures which retain their functionality, performance and appeal over an extended lifetime. From a thermodynamic and energy viewpoint, repair concepts are an important driver for Europe's climate neutrality by 2050, as they require a low input of energy and raw materials. Although repair is the 'closed loop design' with the greatest environmental benefit for managing long-term fates of polymer-based products, recycling is far more applied in practice nowadays. Along with a lack of product lifetime liability, the breakthrough of repair concepts as the preferred waste avoidance strategy (for high-performance products) is mainly limited by high costs and a loss of the product's functionality and appeal due to fashion reasons. Consequently, there is a huge demand for affordable, straightforward and high-quality repair strategies for polymer-based components, as polymers are often damageable constituents, or are applied as bonding material (e.g., structural adhesive) for components made from different material classes. In addition, to overcome the barrier of consumer behavior towards long-term use of products, new concepts are required which ensure a high attractiveness of products over their lifetime (e.g., possibility for a modular exchange of microelectronic or optic components). By following an ambitious and highly interdisciplinary research program, Repairecture aims at overcoming these limitations by developing new crosslinked polymers (e.g., thermosets) which have the ability (i) to repair damages on a molecular level, (ii) reversibly adapt their viscoelastic properties (for repairing macroscopic damages), and (iii) change their adhesion performance on demand in order to repair and refurbish bonded multi-material structures. The strategies pursued within Repairecture lay the foundation for (i) innovative mounting and straightforward disassembling strategies, (ii) new modular design guidelines, (iii) convenient repair/remanufacture processes for structural and functional polymer-based products, and (iv) reduced costs. With these out-of-the-box approaches, Repairecture addresses the whole value chain and life cycle of polymer products applied in established and/or future industrial fields. This strategy is also reflected by the consortium which pools the complementary expertise of 8 scientific partners from 6 universities and the knowhow of 11 company partners. The consortium includes international experts from renowned universities (e.g., UNSW Sydney, Maastricht University) and aims to become an internationally recognized player in a research topic which is at the forefront of materials science. Repairecture's research program will go beyond established recycling routines for polymer products and will induce a scientific and technological step-change in repairable and refurbishable polymer components. The unprecedented combination of stimuli-triggered molecular functions with reliable properties and modular architectures is expected to bridge environmental sustainability and economic efficiency with advanced repair/remanufacture processes. Selected examples of highly functional and repairable products in future applications comprise (i) multi-component lighting systems (e.g., automotive), (ii) personalized healthcare products (e.g.,

orthoses), (iii) bonded structural polymeric composites (aircraft/automotive industry), (iv) ready-to-repair consumer electronics, as well as (v) structural adhesives for debonding on-demand processes.

Projektkoordinator

- Polymer Competence Center Leoben GmbH

Projektpartner

- SCIOFLEX Hydrogen GmbH
- Andritz AG
- Academy of Sciences of the Czech Republic Institute of Physics of Materials (IPM)
- Universität Linz
- Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe GmbH
- ZKW Lichtsysteme GmbH
- Brose Fahrzeugteile SE & Co. Kommanditgesellschaft, Bamberg
- eologix sensor technology flexco
- University of New South Wales School of Chemical Engineering
- Borealis GmbH
- Technische Universität Graz
- Mitsui Chemicals Europe GmbH
- ROARTIS
- Montanuniversität Leoben
- Maastricht University Aachen-Maastricht Institute for Biobased Materials (AMIBM)
- FACC Operations GmbH
- A. Raymond GmbH & Co. KG