

Selbtheilende Polymerwerkstoffe „OSIRIS“

Konsortialführer

Fraunhofer UMSICHT
Geschäftsfeld „Werkstoffe und Interaktion“
Dr. Anke Nellesen
Osterfelder Strasse 3

46047 Oberhausen
anke.nellesen@umsicht.fraunhofer.de
fon: 0208 / 8598 - 1147

Projektpartner

Plant Biomechanics Group Freiburg
Freiburger Materialforschungszentrum
IWF Ingenieurbüro Uwe Großmann
GKT Gummi- und Kunststofftechnik
Fürstenwalde GmbH

Das Projekt

Polymerwerkstoffe werden heute vielfach in Anwendungen mit hoher mechanischer Beanspruchung eingesetzt. Es ist bekannt, dass dabei Bauteile auch unterhalb der standardmäßig gemessenen Belastungsgrenze spontan versagen. Als Ursache für diesen als Ermüdungsbruch bezeichneten Versagensfall wurden Mikrorisse identifiziert, die bei zyklischer Belastung langsam zu überkritischen Längen anwachsen, instabil werden und dann schlagartig zum katastrophalen Bruch führen. Diese Tatsache legt es nahe, durch Ausheilung oder Verfestigung des Risses bzw. der Rissspitze das Risswachstum zu unterbinden oder zumindest deutlich zu verlangsamen. Selbstheilung, die ohne einen Eingriff von außen auskommt, wäre dabei ein eleganter Lösungsweg.

Im Verbundvorhaben OSIRIS werden selbstreparierende Elastomere entwickelt, aus denen GKT (Gummi- und Kunststofftechnik Fürstenwalde GmbH) langlebige Auspuffaufhängungen als Demonstratoren herstellt. Vorbild für diese selbstreparierenden Gummiwerkstoffe sind Selbstheilungsprozesse bei milchsafführenden Pflanzen, wie z. B. der Birkenfeige (Bild 1). Die Mechanismen der botanischen Selbstheilung werden durch die Plant Biomechanics Group Freiburg eingehend analysiert und bei den materialwissenschaftlichen Partnern (Fraunhofer UMSICHT, Freiburger Materialforschungszentrum) in technische Lösungen überführt.

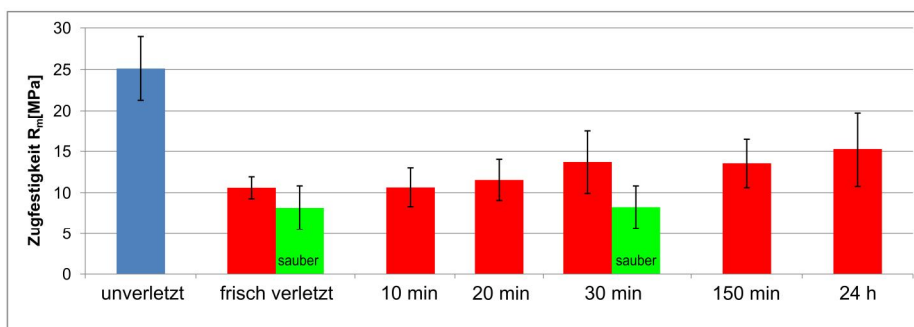


Bild 1: Wiederhergestellte Zugfestigkeit der Birkenfeigenrinde nach verschiedenen Ausheilzeiten (sauber: Milchsaft wurde direkt nach Verletzung entfernt).
Quelle: Plant Biomechanics Group Freiburg

Die innovativen Materialien sind in der Lage, Mikrorisse auszuheilen und erreichen nach einem makroskopischen Schnitt und anschließender Reparatur nahezu ihre ursprünglichen mechanischen Kennwerte (siehe Bild 2). Bislang konnten die technischen Elastomere EPDM (Ethylene-Propylene-Dien-Kautschuk Typ M) und NBR (Nitril-Butadien-Kautschuk) sowie ein thermoplastisches Elastomer (TPE) mit einer Selbstheilungsfunktion ausgestattet werden.

Bionischer Ansatz

Das vorgeschlagene Projekt verfolgt im Sinne der bionischen Arbeitsweise einen Top-Down-Ansatz. Ausgehend von einer technischen Problemstellung (Ermüdungsbrüche an Dichtungen und Schwingungsdämpfern), werden geeignete biologische Vorbilder gewählt und ihre Funktionsweise in technische Anwendungen übertragen. Von besonderer Bedeutung ist dabei eine interdisziplinäre Arbeitsweise. Hierzu haben im Projektverlauf bereits mehrere gegenseitige, mehrwöchige Aufenthalte von Projektmitarbeitern aus Forschung und Industrie stattgefunden. Durch dieses Vorgehen wurden und werden neue Sichtweisen gewonnen, eine umfangreiche Wissensbasis erarbeitet und ein gemeinsames Vokabular erstellt.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Umweltentlastender Effekt und Nachhaltigkeit

Emissionen aus Leckagen sind nur schwer zu kontrollieren und können geeigneten Reinigungsanlagen nicht zugeführt werden. Neben den Emissionen sind auch Leckageverluste bei der Verwendung toxischer Flüssigkeiten ein großes Problem. Effiziente selbstheilende Dichtungssysteme könnten Leckageverluste deutlich reduzieren.

Neben den Flüssigkeits- und Gasverlusten kommen Dichtungen und Schwingungsdämpfern auch eine zentrale Bedeutung in der Absicherung von Baugruppen oder ganzen Anlagen zu. Ungedämpfte Schwingungen schädigen Bauteile oft irreversibel. Die Verlängerung der Lebensdauer kritischer Bauteile wird zukünftig einer der wichtigsten Antriebskräfte zur Steigerung der Werkstoffeffizienz sein.

Im Beispiel "Selbstheilender Dichtungsring" spielen u. A. folgende Aspekte eine Rolle:

- längere Nutzungsdauer (Materialeffizienz),
- geringere Instandhaltungskosten für Gas- und Wasserversorgung,
- Verminderung schädlicher Emissionen und
- erhöhte Sicherheit von Anlagen und Rohrsystemen.

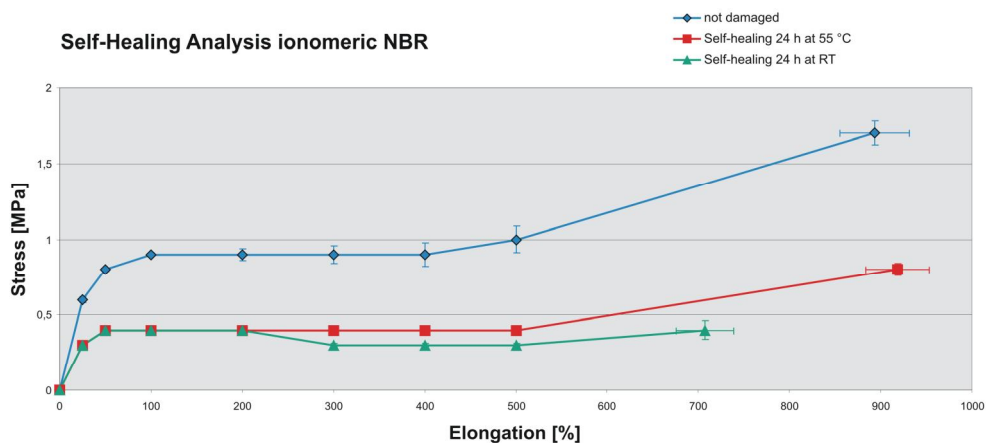


Bild 2: Zugdehnungskurven von ionischem, unvulkanisiertem NBR in ursprünglichem Zustand (Referenz) sowie nach makroskopischem Schnitt und anschließender Heildauer von 24 h bei Raumtemperatur.

Anwendungspotenzial und Wirtschaftlichkeit

Als Demonstrator wird eine selbstreparierende Auspuffhangung hergestellt. Ein dreidimensionales Computer-Modell findet sich in Abbildung 3.



Bild 3: Dreidimensionales Computermodell der geplanten, selbstreparierenden Auspuffaushangung. Quelle: IWF Ingenieurburo Uwe Großmann, Hirschthal und GKT Gummi- und Kunststofftechnik Fürstenwalde GmbH

Es sind zahlreiche weitere Anwendungen denkbar: prinzipiell interessant sind alle Komponenten, die hauptsächlich aus Elastomeren bestehen und die unter dynamischer Belastung stehen. Da die Selbstreparatur nur unter engem Kontakt der Bruchflächen stattfindet, stehen vor allem Anwendungen im Vordergrund, bei denen die Gummikomponente nicht ständig unter Zug- oder Dehnungsbelastung steht, sondern nur zeitweise. Neben der Auspuffaushangung eignen sich die neuen Materialien beispielsweise für Faltenbälge oder Schwingungsdämpfer. Des Weiteren sind Komponenten denkbar, die unter statischen Bedingungen eingesetzt werden, wie z. B. Dichtungsringe.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung