

Vom Abfall zur Ressource: Recyclingkreislauf für Post-Consumer-Kletterseile

Autoren: Laura Barbet, Melina Sachtleben Dahmann, Thomas Gries

Korrespondenzautor: Laura Barbet

Ort: Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA)

Abstract:

Kletterseile sind sicherheitsrelevante Produkte im Berg- und Sportklettern und werden aufgrund ihrer hohen mechanischen Anforderungen überwiegend aus Polyamid 6 hergestellt. Die Herstellung von virgin Polyamid 6 als Primärrohstoff trägt zu rund 50% zum ökologischen Fußabdruck von Kletterseilen bei. Vor diesem Hintergrund verfolgt das Forschungsprojekt RecyKlett das Ziel, ein neuartiges Verwertungskonzept für gebrauchte Kletterseile zu etablieren. Kern des Vorhabens ist die Erzeugung schmelzspinnfähiger PA-6-Regranulate aus gebrauchten Kletterseilen in ausreichender Menge, um deren wirtschaftlichen Einsatz in der Garnherstellung zu ermöglichen. Aufbauend darauf werden profilierte Filamentgarne im Schmelzspinnverfahren hergestellt, deren Querschnittsgeometrie gezielt darauf optimiert werden soll mögliche Eigenschaftsverluste des Recyclingmaterials zu kompensieren und mechanische Kennwerte wie Festigkeit und Abriebbeständigkeit zu optimieren. Diese Garne werden anschließend zu einem Kletterseil aus Recyclingmaterial weiterverarbeitet, das die produktspezifischen Anforderungen des Berg- und Sportkletterns – vertreten durch den Industriepartner EDELRID – erfüllt.

Einleitung:

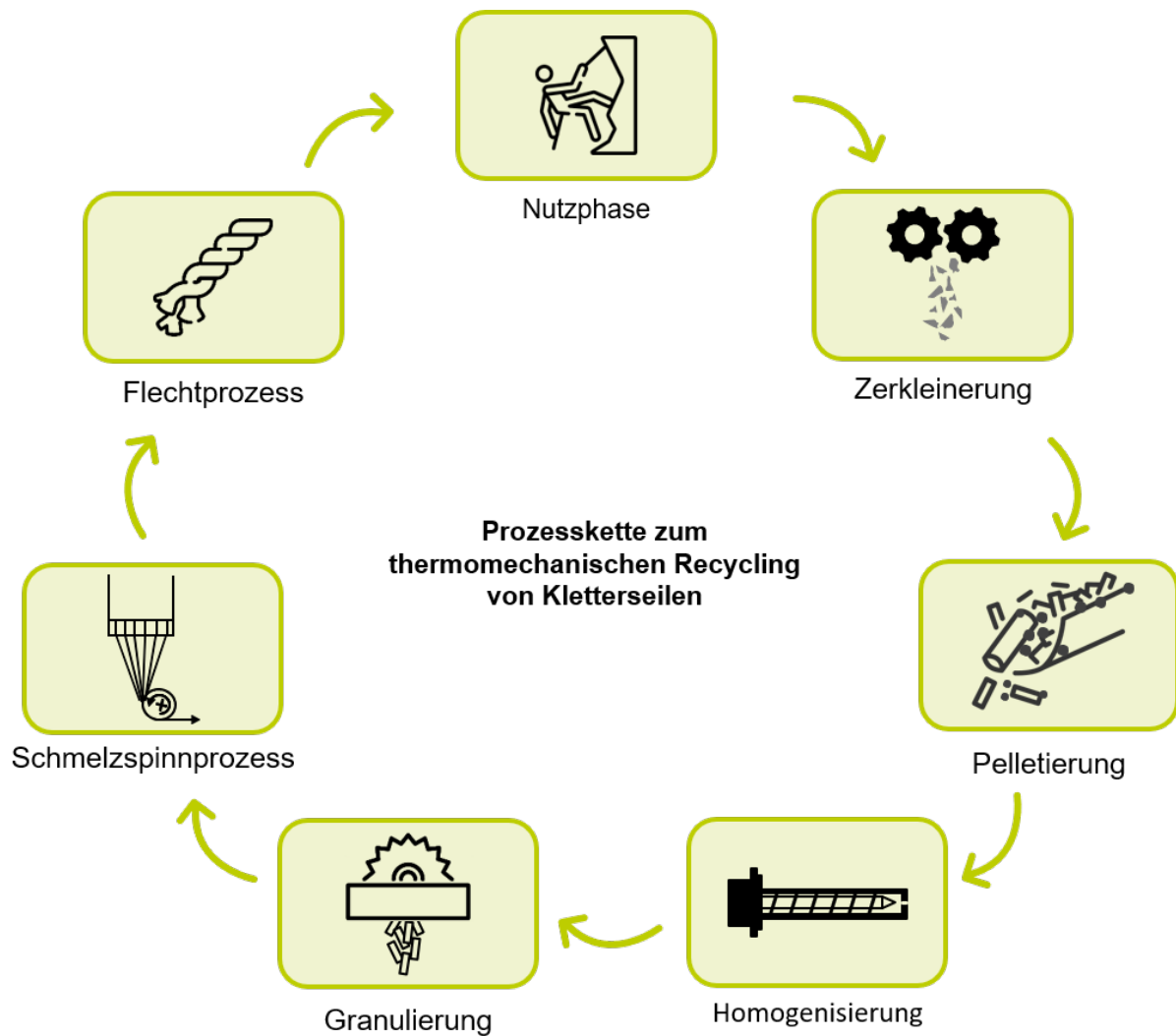
Kletterseile zählen zu den sicherheitskritischsten Ausrüstungsgegenständen im Bergsport und unterliegen strengen Regulierungen und müssen höchsten Sicherheitsstandards entsprechen, besonders hinsichtlich der dynamischen Leistung. [DIN EN 892] Zur Erfüllung dieser Anforderungen werden nahezu ausschließlich Seile aus Polyamid 6 (PA6) verwendet, da dieses Polymer aufgrund seiner molekularen Struktur Sturzenergie über große reversible Dehnungen aufnehmen und dissipieren kann und zugleich eine hohe Scheuerfestigkeit aufweist [McL06] Die industrielle Erzeugung von PA 6 aus fossilen Rohstoffen ist jedoch energieintensiv und mit einem hohen Ressourcenverbrauch sowie relevanten CO₂-Emissionen verbunden. Dadurch ist die Herstellung von PA 6 als primärem Rohstoff für ca. 50 % des Treibhauspotenzials eines Seilprodukts verantwortlich. [BRS21] Angesichts zunehmender regulatorischer und ökologischer Anforderungen rückt die Rückführung gebrauchter Seilprodukte in den Fokus. Konzepte zur stofflichen Wiederverwertung

technischer Textilien eröffnen die Möglichkeit, Materialströme zu schließen, Primärrohstoffe zu substituieren und die Umweltwirkungen über den gesamten Produktlebensweg hinweg zu reduzieren.

Das Recycling von gebrauchten Kletterseilen stellt besondere Anforderungen, da neben nutzungsbedingten Verunreinigungen auch material- und prozessbedingte Bestandteile aus der Herstellung berücksichtigt werden müssen. Dazu zählen unter anderem Farbstoffe und Beschichtungen, die im Zuge nachgelagerter Prozessschritte appliziert werden und im Recyclingprozess als Störstoffe auftreten können. Zusätzlich werden die Polymerketten der Kletterseile bei intensiver Nutzung im Outdoor-Bereich, insbesondere durch UV-Strahlung, geschädigt und teilweise abgebaut, was zu einer Materialdegradation führt. Um ein hochwertiges Regranulat zu erzeugen, ist eine umfassende Analyse des Materials daher essenziell. Mithilfe dieser Analysen werden vorhandene Verunreinigungen sowie der Zustand der Polymerketten untersucht. Auf dieser Grundlage können gezielte Maßnahmen zur Reinigung, Entfernung von Störstoffen und zur Wiederherstellung bzw. Verlängerung der Polymerketten eingeleitet werden.

Problemlösung:

Im Projekt RecyKlett wird ein Ansatz zur Wiederverwertung gebrauchter Kletterseile aus PA6 verfolgt. Ziel ist es, ausgediente Seile so aufzubereiten, dass sie erneut als Rohstoff für die Herstellung hochwertiger Garne eingesetzt und anschließend zu dynamischen Kletterseilen weiterverarbeitet werden können. Zu Beginn werden gebrauchte Kletterseile untersucht, um material- und prozessrelevante Veränderungen durch Nutzung und Alterung zu erfassen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse entwickelt Hoffmann und Voss geeignete Aufbereitungsverfahren zur Herstellung eines schmelzspinnfähigen Regranulats. Die gewonnenen Materialien werden anschließend am ITA zu technischen Filamentgarnen verarbeitet, wobei ein besonderer Fokus auf der Auslegung profilierter Filamente liegt, deren gezielt gestaltete Querschnittsgeometrie dazu dient, mögliche materialbedingte Eigenschaftsverluste auszugleichen und mechanische sowie tribologische Anforderungen für den Einsatz in Kletterseilen sicherzustellen. Parallel dazu werden bei EDELRID angepasste Seilkonstruktionen und Verarbeitungsstrategien untersucht, um profilierte und funktionalisierte Recyclinggarne schadungsfrei in komplexe dynamische Seilstrukturen zu integrieren und deren Leistungsfähigkeit im Gesamtsystem sicherzustellen. Die Projektübersicht ist in Abbildung 1 dargestellt.



Wir danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die Förderung des Forschungsprojektes RecyKlett im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM).

Literatur:

- [BRS21] Bradford, S.; Rupf, R.; Stucki, M.: Climbing ropes – Environmental hotspots in their life cycle and potentials for optimization. - Sustainability, 2021, Band 13, H. 2, S. 707

- [DIN EN 892] DIN EN 892: Bergsteigerausrüstung – Dynamische Bergseile – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren

- [McL06] McLaren, A. J.: Design and performance of ropes for climbing and sailing. - Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications, 2006, Band 220, H. 1, S. 1-12