

Projekt InnoProKMU – Gesamtkonzept Schuhrecycling



C. Schadewell, S. Dill
Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V.

27. Juli 2022, InnoProKMU-Workshop, Pirmasens

Gesamtkonzept und Projektgrenzen

Das Projekt InnoProKMU umfasst theoretische Betrachtungen, experimentelle Untersuchungen und reale Entwicklungen in unterschiedlichen Themenbereichen. Aus den resultierenden Erkenntnissen wurde ein mögliches Gesamtkonzept zum Recycling von Sicherheitsschuhen abgeleitet.

Wie dargestellt, wird das reguläre System Rohstofflieferant – Hersteller – Kunde durch die Recyclingvorbereitung und Durchführung im Projektrahmen sowie neue Elemente wie Verwerter, Energieerzeuger und andere Industriezweige, mit denen Synergien geschaffen werden können, erweitert. Das Projekt begrenzt sich dabei auf den Inhalt der blauen Strichelung und legt hierbei den praktischen Fokus auf die Zerlegung und Fraktionierung der Schuhe (grün) und spezifische Recyclingoptionen (orange). Die weiteren Inhalte werden vorwiegend theoretisch behandelt. Außenliegende Bereiche bieten entweder bereits geeignete technische Lösungen oder bedürfen spezieller Fachkompetenz. Auch das Erreichen kritischer Massenströme innerhalb der einzelnen Recyclingverfahren kann nur außerhalb der Systemgrenzen erfolgen. Ein Kreislaufverfahren nur mit Schuhwerkstoffen wäre weder technisch noch ökonomisch sinnvoll.

Vorgehen und Themenschwerpunkte

Das Recyclingkonzept wurden in Funktionsgruppen aufgeteilt, die zunächst systemisch und technologisch umgesetzt werden müssen. Die Themenfelder „Schuhspezifische Zerlegung und Fraktionierung“ sowie „Integriertes und spezifisches Recycling“ gelten dabei als besonders relevant und werden als Untersuchungs- und Entwicklungsschwerpunkte gesetzt. Beide Schwerpunkte wurden wechselwirkend verfolgt:

Voruntersuchungen zeigen, dass die durchschnittliche Materialzusammensetzung von Sicherheitsschuhen und aktuell mögliche Verwertungstechnologien ein Fraktioniersystem erfordern. Metalle und Kunststoffe können bspw. bei chemischen Recyclingmethoden nicht gemeinsam behandelt werden, die gezielte Entfernung von metallischen Komponenten ist somit notwendig. Zudem unterscheiden sich mögliche Verwertungswege für unterschiedliche Kunststoffgruppen. Ausgangspunkt für die konzeptionelle Aufstellung des Fraktioniersystems ist somit die Einteilung in drei werkstoffbezogene Baugruppen: Metallische Komponenten, Laufsohle und der Schaft. Feinere Fraktionierungen in z. B. Leder, bioabbaubare Polymere oder Polyurethanen sind ebenfalls denkbar.

Funktionsgruppen

Die **Vorbehandlung** beinhaltet, neben der Sammlung von Altschuhen und ggf. Produktions- und Ausschusswaren, auch die optionale Auslesung bzw. Erfassung von Material- und Produktdaten am Anlageneingang. Um notwendige Werkstoffdaten zu sammeln, bietet sich der Einsatz entsprechender Sensorik (Metalldetektoren, NIR-Analysetechnik, etc.) an. Zudem müssen Annahme- und Zwischenlagertechniken und die Grobreinigung bzw. Störstoffabscheidung berücksichtigt werden.

Zur **Fraktionierung** müssen zuerst die Identifikation und lagerichtige Positionierung der Schuhe zum Handling per Industrieroboter erfolgen. Eine Schwächung der Fügeverbindungen erfolgt vorzugsweise thermisch, für bioabbaubare Polymerwerkstoffe sind Aufschluss- bzw. Löseverfahren denkbar. Mittels Induktionsverfahren lassen sich Schuhe mit integrierter Stahleinlage ohne weitere herstellerseitige Eingriffe vorzerlegen, eine signifikante Schwächung metallisierter Nahtverbindungen ist ebenso umsetzbar.

Der Fraktioniervorgang folgt dem Grundablauf: Positionieren und Greifen - Kerbschnitt in Trennebene Schaft-Sohle - Erwärmung der Trennebene - Trennen des Schaft-Sohlenverbundes - Ausdrücken der Zehenschutzkappe

Die **Zuordnung** und Sortierung der Baugruppen und Komponenten erfolgt entsprechend der nachfolgenden Recyclingverfahren. Die Aufgabenstellung lässt sich mit handelsüblichen Systemen (NIR-Spektrometer, Pick&Place- oder Schikanensysteme) lösen.

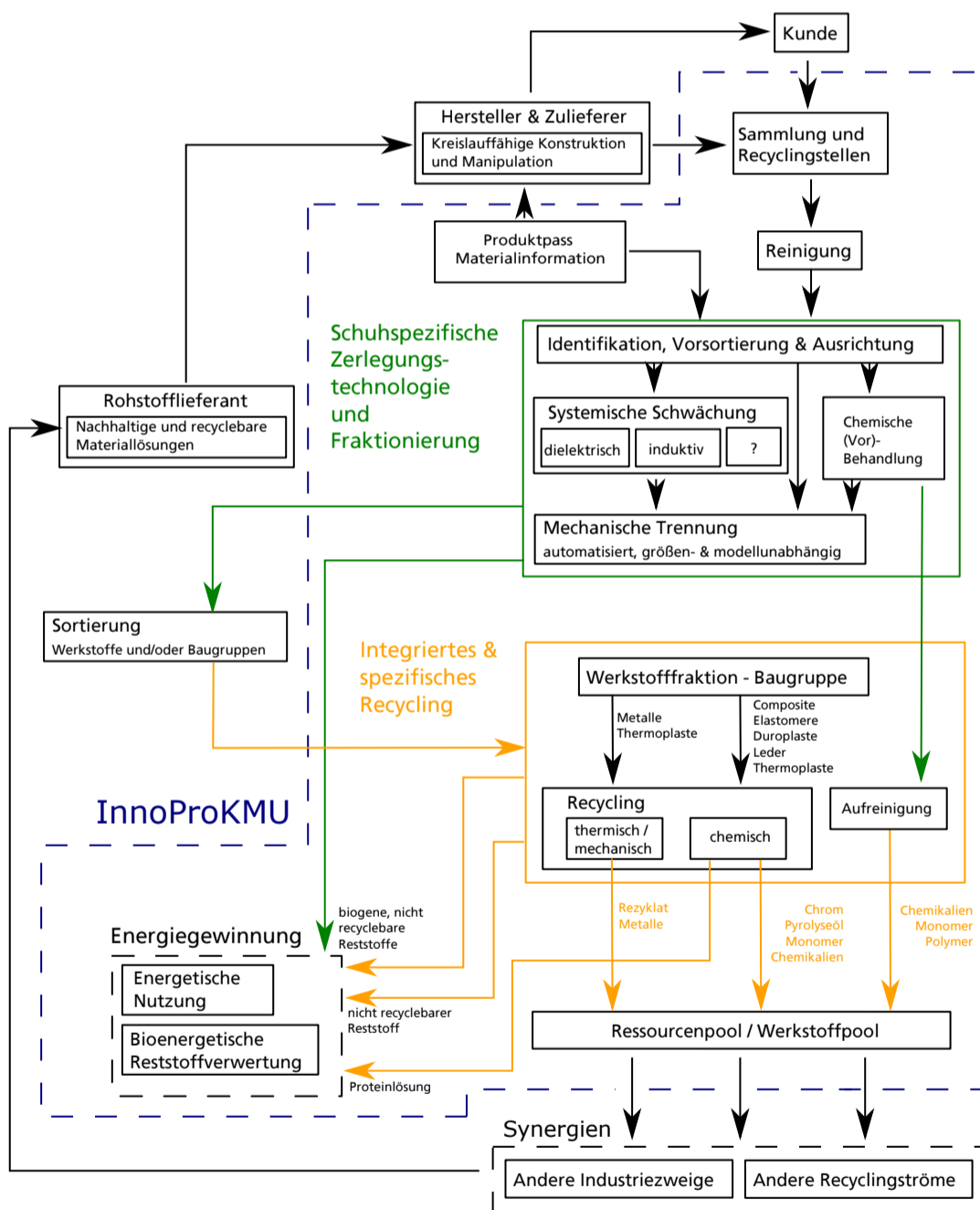
In der Funktionsgruppe **Verwertung** vereinen sich die spezifischen Recyclingtechnologien inkl. entsprechender Vor- und Aufbereitungsverfahren. Aufgrund der jeweiligen Anlagentechnik und notwendiger kritischer Materialströme, erfolgen diese Prozesse i. A. außerhalb der Systemgrenzen bei externen Recyclingunternehmen.

Die fraktionierten Baugruppen lassen bestimmten Hauptmaterialien erwarten: **Metallische Werkstoffe** können ohne weitere Aufbereitung direkt in bestehende Rücknahmesysteme gehen. Für übliche Sohlenmaterialien eignen sich chemische Verfahren. **Polyurethane** könnten über Solvolysen recycelt werden, allerdings ist dabei hohe Sorten-/Typenreinheit erforderlich und die Prüfung zur Integration in bestehende Verfahren aufwendig. **Kautschuke** können Pyrolyse- oder Verölungprozessen zugeführt werden. Auch für **Schäfte** mit hoher Materialvielfalt können thermochemischen Verfahren geeignet sein, wenn eine weitere Fraktionierung technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll ist. Sind die Anteile eines Kunststoffes ausreichend hoch, kann ein Solvolyseprozess ebenfalls geeignet sein. **Leder, bioabbaubare Polymere und Naturfasern** lassen sich gemeinsam biotechnologisch verwerten. Bei chromgegerbtem Leder ist eine Abtrennung des Chroms zwingend, dies und die Wiederverwendung für erneute Gerbung sind möglich.

Systemgrenzen in Bezug auf eine industrienaher Umsetzung

Die Systemgrenzen einer späteren Aufbereitungsanlage sind von gewünschten Schuhaufbauten, Aufstellbedingungen vor Ort und den Bedingungen der Werkstoffabnehmer abhängig. Im Rahmen der Systemgrenzen würden in jedem Fall die ersten beiden und vermutlich Teile der dritten Funktionsgruppe liegen.

Für die Umsetzung des Gesamtkonzeptes und Nachweis der Funktionsfähigkeit im TRL 7 (Technology Readiness Level) ist der Bau und Test einer Pilotanlage im industriellen Umfeld zu empfehlen. Optimalerweise würde diese mobil, z.B. als Containerlösung, ausgeführt, um den Einsatz an verschiedenen Standorten zu testen. Neben den wesentlich günstigeren Errichtungs- und Infrastrukturkosten wären bei einer nicht ortsfesten Anlage zudem eine Zulassung im Rahmen der Maschinenrichtlinie denkbar. Des Weiteren würde dieser modulare Ansatz, die Skalierbarkeit des Systems deutlich verbessern.



Legende

- Systemgrenzen Projekt InnoProKMU
- Systemgrenzen & Stoffströme Fraktionierung
- Systemgrenzen & Stoffströme Verwertung



Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V.
Marie-Curie-Str. 19
66953 Pirmasens | Germany
www.pfi-germany.de | www.innoprokmu.de

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) Christian Schadewell
Tel. 06331-2490-843
christian.schadewell@pfi-biotechnology.de



Das Projekt InnoProKMU (Fördernummer: 84003434) wird durch Mittel des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und durch das Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau (MWVLW) gefördert.

EUROPÄISCHER FONDS FÜR
REGIONALE ENTWICKLUNG