



Herausforderungen im Recycling von Sicherheitsschuhen

Workshop 2022 - Projektüberblick

Christian Schadewell



Vorwettbewerbliche Verbundforschung im Rahmen des
EFRE-Programms 2014-2020

<https://innoprokmu.de/>



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
WIRTSCHAFT, VERKEHR,
LANDWIRTSCHAFT
UND WEINBAU

Verfahrensentwicklung zum verstärkten Einsatz ressourcenoptimierter und innovativer Werkstoffkombinationen unter Einbeziehung biobasierter Materialien in Entwurf, Produktion und End-of-Life-Nutzung von mehrkomponentigen Gebrauchsgegenständen und Produkten von KMU's am Beispiel von Sicherheitsschuhen

Aufbau und Organisatorisches

1. Teilnehmerliste und Fragebogen
2. Hintergrund & Projektübersicht
3. Recycling- und Verwertungskonzepte für Biopolymere und Leder
- 4. Themenschwerpunkt I – Schuhfraktionierung**
 - > Vorstellung Systematiken und Aufbau
 - > Live-Demonstration
5. Kaffeepause und Poster-Ausstellung
6. Diskussionsrunde zum Themenschwerpunkt I - Schuhfraktionierung
7. Mittagessen
- 8. Themenschwerpunkt II – Recycling von polymeren Schuhwerkstoffen**
9. Diskussionsrunde zum Themenschwerpunkt II – Recycling und Werkstofftechnik
10. Veranstaltungsende



Hintergrund und Problemstellung

Hintergrund / Sicherheitsschuhindustrie

- 2018 Herstellung von ca. 7 Mio. Paar Sicherheitsschuhen in Deutschland
- Gewerbliche Lebenszeit: 1 Jahr – aktuell keine Recyclingwege + keine Recyclingfähigkeit im Sinne des KrWG
- Bis jetzt: Thermische Verwertung von mind. 7.000-10.000 t Stahl-Leder-Kunststoff-Mix /a nur Sicherheitsschuhe

Hintergrund / Regulatorik / Marktumfeld:

- Geplante strengere Vorgaben / Recyclingquoten seitens Gesetzgeber (auf nationaler und EU-Ebene)
- Steigende / stark schwankende Rohstoff- und Energiepreise (langfristige Kalkulationen schwierig)
- Steigende Transportkosten
- Unsichere Rohstoffverfügbarkeit – Einkalkulierung von höhere Kosten für Lagerhaltung oder kurzfristige Ausfälle – Möglichkeit der anteiligen Substitution von Neuware durch verfügbare Recyclingware
- Steigende Nachfrage nach recycelbaren und/oder nachhaltigen Werkstoffen seitens Kunden & Zulieferern

Hintergrund und Problemstellung

Herausforderungen Sicherheitsschuhindustrie

- Hohe Modellvielfalt / Kurze Modellwechselzyklen
- Verschiedene Fügeverbindungen (Kleben, Nähen, Direktanspritzen) mit beliebiger Kombinierbarkeit innerhalb eines Modelles
- Hohe Varianz in der Formgebung (Größen, Links/Rechts, Macharten, Schuhformen, Hersteller, etc.)
- Keine hochpreisigen Werkstoffe Im Einsatz

Am Produktlebensende:

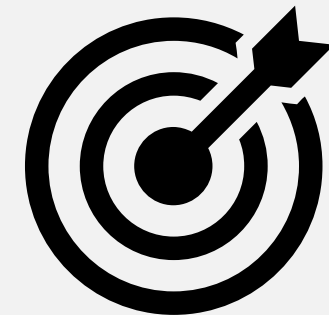
- Starke werkstoffliche Beanspruchung
- Starke Verunreinigung / Hoher Störstoffanteil
- Starke Materialalterung im Vergleich zur Lebenszeit



Hintergrund und Problemstellung

Projektziele

- Aufzeigen struktureller Grundlagen und Machbarkeit
- Entwicklung einer Plattform von Zerlege- / Fraktioniertechnologien
- Definition sinnvoller Stoffgruppen
- Aufzeigen möglicher Recyclingwege und Synergien
- Etablierung von Sammel- und Recyclingmöglichkeiten
- Kooperation von Material-, Schuhherstellern und Entsorgern/Recyclern
- Entwicklung von Vorschlägen für kreislauffähige Schuhdesigns



Hintergrund und Problemstellung

Grundlagen / Annahmen

- Einheitliches werkstoffliches / stoffliches Recycling im Sinne des KrWG von aktuell am Markt verfügbaren Sicherheitsschuhen ohne Trennverfahren nicht möglich
- Stoffstrommengen innerhalb der dt. Sicherheitsschuhindustrie zu gering für interne Wiederverwertungssysteme – Integration in andere Recyclingströme notwendig
- Voraussetzungen für ein Recycling:
 - Definition von werkstoffbezogenen Baugruppen
 - Zerlegung des Schuhs in diese Baugruppen
 - Finden von Abnehmern / Anwendungen für die einzelnen Werkstoffgruppen
 - **Technologieoffene Beschreibung des Gesamtablaufes**



Ein Schuh als Plattform

Gesamtkonzept - Funktionsgruppen

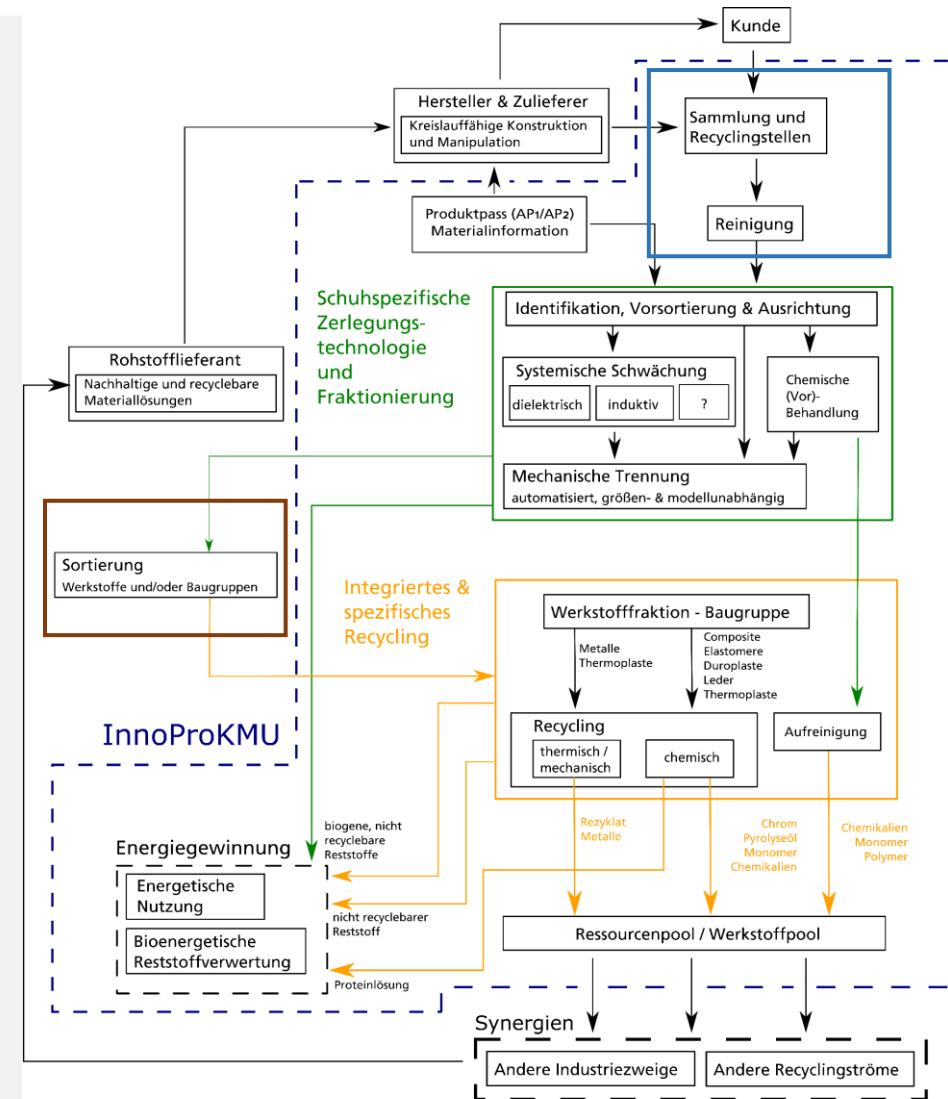
Einteilung des Gesamtablaufes in 4 Funktionsgruppen

Funktionsgruppe I – Vorbehandlung

Funktionsgruppe II – Fraktionierung

Funktionsgruppe III – Zuordnung

Funktionsgruppe IV – Verwertung & Recycling



Ein Schuh als Plattform

Gesamtkonzept - Grenzen

Unterscheidung zwischen Projekt- und Systemgrenzen

Projektgrenzen InnoProKMU:

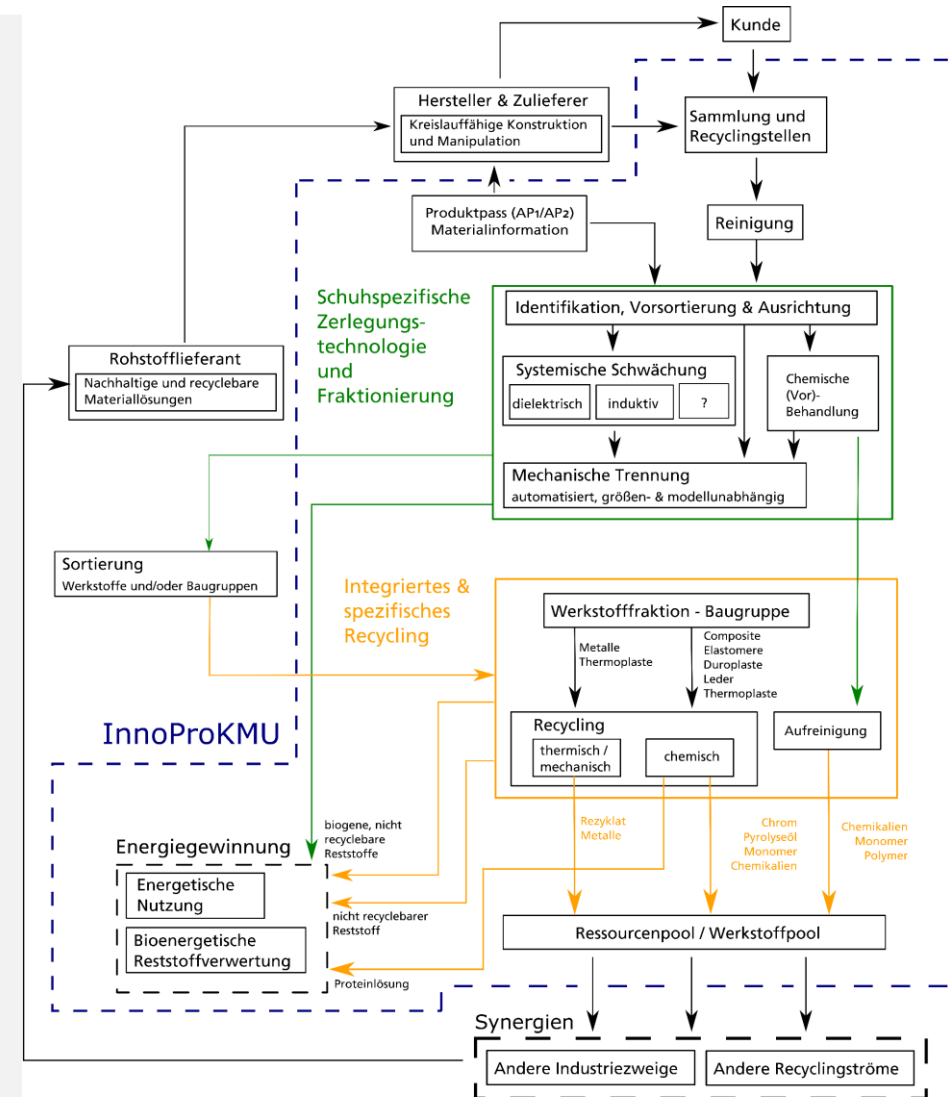
Bearbeitung / Betrachtung beider Schwerpunktthemen inkl. Randbedingungen und Stoffflussbedingungen zu vor- und nachgelagerten Systemen

Systemgrenzen einer Aufbereitungsanlage:

Abhängig von Betreibersituation und Werkstoffabnahme, grundsätzlich von Annahme/Reinigung bis Stoff

Themenschwerpunkt I – Fraktionierung

Themenschwerpunkt II – Verwertung & Recycling



Hintergrund und Problemstellung

Grundlagen / Annahmen

- Einheitliches werkstoffliches / stoffliches Recycling im Sinne des KrWG von aktuell am Markt verfügbaren Sicherheitsschuhen ohne Trennverfahren nicht möglich
- Stoffstrommengen innerhalb der dt. Sicherheitsschuhindustrie zu gering für interne Wiederverwertungssysteme – Integration in andere Recyclingströme notwendig
- Voraussetzungen für ein Recycling:
 - **Definition von werkstoffbezogenen Baugruppen**
 - Zerlegung des Schuhs in diese Baugruppen
 - Finden von Abnehmern / Anwendungen für die einzelnen Werkstoffgruppen
 - Technologieoffene Beschreibung des Gesamtablaufes



Definition von Baugruppen als Plattform

Schaft - Ausführungsbeispiele:

1. Reines PUR inkl. Innenfutter, Schaum, etc. (möglichst gleiche Type) - Alternativ: Integration anderer Werkstoffe nur mit modifizierten Nähten ohne Kleber -> *Verwertung in Polyolyse-Prozess möglich (bei passendem Typ)*
2. Mischfraktion aus Leder/PUR/Textilien (überwiegend aktuelle Machart), Ausführung ohne Metallteile – Alternativ: Metallteile demontierbar gestaltet -> *Verwertung über Pyrolyse-Prozess möglich (z.B. Fa. Carboliq)*
3. Reines Leder, Innenfutter, Schaum, etc. nur aus Naturfasern, PLA-Textil o.ä. – Alternativ: Integration anderer Werkstoffe nur mit modif. Nähten ohne Kleber -> *Biotechnologische Verwertung möglich*

Definition von Baugruppen als Plattform

Sohle - Ausführungsbeispiele:

1. Voll-Gummisohle, keine Textileinlage, Stahleinlage möglich, Kappenausführung egal
→ *Verwertung über Pyrolyse-Prozess denkbar (z.B. Fa. Pyrum oder Fa. Carboliq)*
2. Reine PUR-Sohle, keine Textileinlage, Stahleinlage möglich, Kappenausführung egal
→ *Verwertung in Polyolyse-Prozess möglich (bei passendem Typ)*
3. Mischlaufsohle, keine Textileinlage, Stahleinlage möglich, Kappenausführung egal
→ *Verwertung über Pyrolyse-Prozess möglich (z.B. Fa. Carboliq)*

Definition von Baugruppen als Plattform

Sicherheitsbauteile und Ösen - Ausführungsbeispiele :

1. Stahlkappe / Stahleinlegesohlen / Metallische Ösen und Verstärkungsteile
→ *Verwertung über herkömmliches metallisches Recycling*
2. Kunststoffkappen (Thermoplast)
→ *Verwertung über Wiedereinschmelzung grundsätzlich möglich*
3. Compositkappen
→ *Verwertung nach aktuellem Stand nicht möglich, ggf. über chemische Verfahren*

Entwicklung von Recyclingszenarien für Sicherheitsschuhe

Beispiel 1:

Schuhe Sicherheitsklasse S3 / Stahleinlegesohle, Kappe egal, Laufsohle PUR, Schaft und Innenfutter Textil-/Ledermischmaterial:

Verwertung: Metalle ->Recycling / Schaft->Pyrolyse (Verölung) / Sohle-> PUR-Recycl. Oder Pyrolyse (Verölung)

Beispiel 2 :

Schuhe, Sicherheitsklasse offen, mit hohem Polymeranteil, so wenig wie möglich Metall (Ausnahme Stahlsohle/Kappe), Laufsohle Gummi/PUR-Mischung:

Verwertung: Metalle ->Recycling / Schaft->Pyrolyse (Verölung) / Sohle & sonst. Polymere-> Pyrolyse (Verölung)

Beispiel 3 :

Schuhe Sicherheitsklasse S3 / Stahleinlegesohle, Kappe egal, Laufsohle Gummi, Schaft und Innenfutter Gemisch aus Leder/ Naturfaser / PLA-Gewebe:

Verwertung: Metalle ->Recycling / Laufsohle -> Pyrolyse Kautschuk oder Verölung / Schaft und Innenfutter -> Biotechnologische Verwertung, alternativ Abfallvergärung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. (FH) Christian Schadewell - Abt. Forschungsanlagen - christian.schadewell@pfi-biotechnology.de

Dr. Stefan Dröge - Leitung Abt. Biotechnologie - stefan.dröge@pfi-biotechnology.de

Dr. Svenja Dill - Abt. Forschungsanlagen - svenja.dill@pfi-germany.de

Dipl.-Ing. - Peter Schultheis - Leitung Abt. Technik - peter.schultheis@pfi-germany.de



EUROPÄISCHER FONDS FÜR
REGIONALE ENTWICKLUNG



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
WIRTSCHAFT, VERKEHR,
LANDWIRTSCHAFT
UND WEINBAU