

# Recyclingherausforderung Schuhe – Die Realität



S. Dill  
Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V.

27. Juli 2022, InnoProKMU-Workshop, Pirmasens

## Schuhe im Kontext Recycling

Schuhe sind Produkte mit hoher Modell- und Materialvielfalt. Durch die Kombination der Fügetechnologien Nähen, Kleben und Direktbesohlen ergeben sich komplexe Mehrkomponentenbauteile, die nicht selten mehr als 15 verschiedene Einzelmaterialien vereinen. Im Bereich der Sicherheitsschuhe liegt der Fokus dieser Fügeverbindungen bislang vorrangig auf der preisgünstigen Herstellung ausreichend haltbarer Schuhe spezifischer Sicherheitsklassen. Eine Zerlegung in die Einzelmaterialien ist demnach zunächst nicht vorgesehen und ein systematisches Recycling ist nahezu nicht möglich.

Wird zudem die Lebenszeit eines Sicherheitsschuhs mit einbezogen, ergibt sich ein häufig stark verschmutztes und beanspruchtes bzw. gealtertes Produkt. Das Schuhinnere wird durch Schweiß und die Reibung zwischen den Textilien Socken und Schaffutter gefordert.

Die Sohle und der äußere Schaft sind allen möglichen Einflüssen ausgesetzt. Wetter und Sonne tragen ebenso wie Kraftstoffe oder Lösemittel, Streusalz und Feuchtigkeit zur Alterung einzelner Komponenten bei. Zudem führen stete Belastung sowie organische, metallische und mineralische Partikel zu mechanischer Beanspruchung und Schädigung.

Wie an dem getragenen Beispielschuh links gezeigt, bleibt vom ursprünglichen Zustand bei Kauf nicht immer viel übrig.



Aktuell werden Schuhe aller Art i. d. R. über den Restmüll entsorgt und der Verbrennung zugeführt. Dies bedeutet, dass allein in Deutschland seit 2014 jährlich fast 41 Mio. Paar Schuhe (davon im Mittel ca. 6 Mio. Paar Sicherheitsschuhe; [1]) hergestellt wurden, die früher oder später ohne kreislaufwirtschaftlichen Nutzen entsorgt werden.

## Schuhe als Rohstoffquelle

Um auch Schuhe in die Kreislaufwirtschaft zu bringen, lohnt ein Blick zu den verwendeten Werkstoffen. Sicherheitsschuhe lassen sich bspw. in die Baugruppen Sohle, Schaft und Sicherheitseinrichtungen aufteilen. Diese können sich wie folgt zusammensetzen.

Baugruppe	Materialien	Gewichtsanteil in %
Sohle	Polyurethane (PUR, TPU) Inkl. Anteil (Synthese-)Kautschuke	47,1
Schaft	Leder	14,5
	Polyester	14,3
	Andere Polymere und Organisches (Polyolefine, EVA, PTFE, NR, PVC, Naturfasern)	9,1
	Rest	0,5
Sicherheit und Ösen	Stahl und andere Metalle	14,5

Die Daten wurden aus 7 willkürlich gewählten, getragenen Sicherheitsschuhen mit mindestens Metallkappen aus einer hausinternen Sammlung des PFI erhoben. Diese wurden händisch zerlegt (s. u.) und die Zusammensetzung mittels ATR-FTIR-Spektroskopie bestimmt.



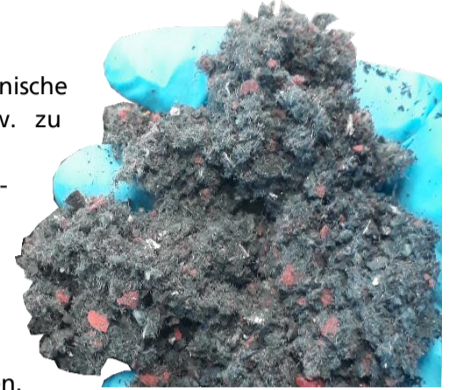
Die Auswertung zeigt, dass nicht nur aufgrund von Verschmutzungen und Materialzustand ein verlustfreies Recycling nicht möglich ist. Allein die Zusammensetzung aus Metallen, Leder, und verschiedenen teilweise vernetzten Kunststoffen macht eine direkte Wiederaufbereitung

unmöglich. Mindestens eine Zerteilung in die genannten Baugruppen ist notwendig und kann weiterführend eine Zuführung zu spezifischen Recyclingtechnologien ermöglichen.

## Zerteilung und Zerlegung

Nach aktuellem Stand ergeben sich drei mechanische Möglichkeiten um Schuhe zu Zerkleinern bzw. zu Zerlegen.

Im mechanischen Recycling von Multimaterialprodukten oder vernetzten Kunststoffen ist bislang die Nutzung von Mühlen, Reißmaschinen oder Häckslern etabliert. Diese zerkleinern die Schuhe (exkl. Stahl-Sicherheitseinrichtung) in Flocken (s. r.), welche nachfolgend z. B. nach Kautschuk, Schaumstoff und Leder sortiert werden.



Ein Teil der resultierenden Fraktionen findet bspw. als Füllstoff in (Sport-)Bodenbelägen Einsatz [2] der Rest wird thermisch verwertet. Aufgrund der beschriebenen Beanspruchungen liegt ein qualitativ minderwertiges Material vor, dass sich zudem nicht wieder aufschmelzen lässt (Kautschuke, Schaumstoffe).

Alternativ werden (Sicherheits-)Schuhe auch manuell zerlegt [3]. Hierbei erfolgt nach einer ersten Sortierung nach Recyclingfähigkeit eine händische Zerlegung. In diesem Fall wird darauf hingewiesen, dass zum einen nicht alle Schuhe für die Zerlegung geeignet sind und zum anderen nicht alle Materialien in recyclingfähigen Qualitäten anfallen und weiterhin thermisch verwertet werden.



Angelehnt an die manuelle Zerlegung entwickelt das PFI eine Versuchsanlage zur automatischen Zerlegung von Sicherheitsschuhen. Die Anlage ermöglicht bislang die robotergestützte Zerlegung der Schuhe in die Baugruppen Sohle, Schaft und Sicherheitseinrichtungen, soweit der Durchtrittschutz aus Stahl besteht (s. l.). In weiteren Entwicklungsschritten sind zudem die Zerlegung metallfreier Schuhe geplant.

Werden die Schuhe langfristig recyclinggerecht konstruiert und mit einem maschinenauslesbaren Produktpass ausgestattet, wird eine vollautomatische Zuordnung, Zerlegung und Fraktionierung möglich sein. Diese soll zudem die weitere Auftrennung des Schafts in Leder und synthetische Fraktionen ermöglichen. Zudem könnte der direkte Kontakt der Werker mit den verunreinigten und unangenehm riechenden Schuhen vermieden werden.

## Geeignete Verwertungsoptionen

Liegen die Baugruppen bzw. feinere Fraktionen getrennt vor, können je nach Material verschiedene Verwertungswege eingeschlagen werden.

Werkstoffliches Recycling von Kunststoffen ist von Polymerbasis und Qualität abhängig:

- Vernetzte Kunststoffe (PUR, Kautschuke) sind generell nicht wieder einschmelzbar.
- Thermoplastische Polyurethane, Polyester, Polyamide und Polyolefine sind sortenrein und in guter Qualität wieder einschmelzbar. Gemischte (z. B. bei gemischten Textilfasern, Werkstoffverbunde etc.), sowie verschieden gefärbte und additierte Thermoplaste sind zur Aufbereitung nicht/bedingt geeignet.
- Qualitativ geeignete Materialien können durch Lösung und Fällung bestimmter Polymere recycelt werden.

Im Allgemeinen erfolgsversprechender ist das stoffliche Recycling mittels chemischer Methoden.

- Vernetzte oder qualitativ nicht ausreichende Polymere können spezifisch durch Solvolyse wieder zu Monomeren gespalten werden
- Durch Verölung, Pyrolyse und Vergasung können Kunststoffe zu Pyrolyseöl, Koks und/oder Synthesegasen konvertiert und zu Syntheserohstoffen weiterverarbeitet werden.

Metalle können der regulären Schrottsammlung zugeführt und eingeschmolzen werden.

[1] Schuhe + Lederwaren 2020 | 2021, HDL e. V.

[2] <https://eu-recycling.com/Archive/20594> (Abgerufen am 07.07.2022)

[3] <https://www.cfalliance.eu/en/faq/> (Abgerufen am 07.07.2022)

