

Ergebnisse des Forschungsprojekts MaReK – Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffverpackungen

Prof. Dr.-Ing. Claus Lang-Koetz
Hochschule Pforzheim – Institut für Industrial Ecology (INEC)

HS PF 

Plastik in der Umwelt und Recycling

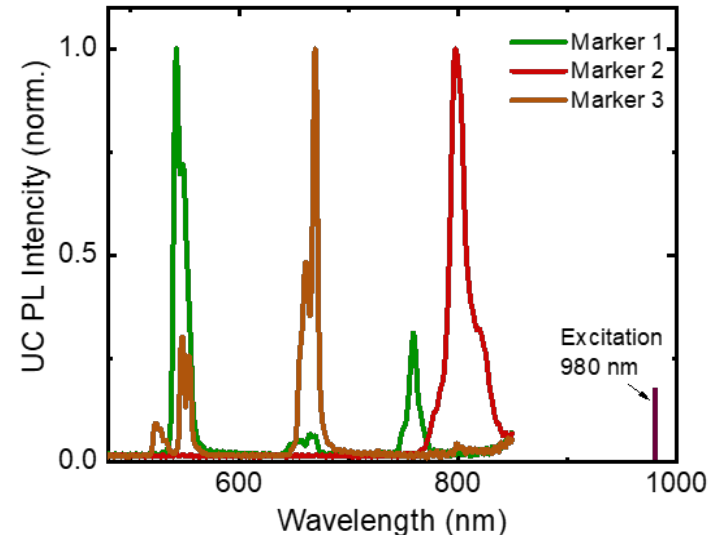
- Post-Consumer-Verpackungsabfälle: ein sehr heterogener Abfallstrom
- Sortierung als zentraler Prozess, basierend auf den Materialeigenschaften
- Sortierfraktionen an abfallwirtschaftlichen Parametern und Technologien orientiert, weniger an kunststofftechnischen Anforderungen
- allerdings können nur Hauptpolymere differenziert und viele relevanten Eigenschaften nicht identifiziert werden: Food vs. Nonfood, Multilayer vs. Monolayer, Unterklassen der Hauptmaterialien (z.B. PP-homo vs. PP-block, PE-Extrusion vs. PE-Spritzguss, unterschiedliche Alu-Legierungen, ...)
- Für ein verbessertes Kunststoffrecycling sind reine Vorsortierungen erforderlich, die nach den relevanten Spezifikationen differenziert sind (siehe oben)
- Neue Sortier-/Identifikationstechnologien werden für die Circular Economy benötigt



Foto: HS Pforzheim / Polysecure GmbH

Tracer-Based-Sorting (TBS)

- Technologie zur Material- und Artikel-Detektion
- fluoreszierender Tracer (kristalline Partikel, ~1-20 µm, thermisch u. chemisch stabil, AMES- u. Mikronukleus-Tests kürzlich bestanden)
- unabhängig von Eigenschaften des Materials
- kleine Mengen Tracer auf/im Etikett
- angepasst an den vorgesehenen Verwertungsweg
- entsprechende Detektionseinheit



Quelle: Woidasky et al. (2020b)



Foto: HS Pforzheim / Polysecure GmbH

Zielsetzung des Projekts

- Aufbau eines markerbasierten Sortier- und Recyclingsystems von der Verpackungsentwicklung über die Sortiertechnik bis hin zur hochwertigen werkstofflichen Verwertung
- Nachweis der Eignung von Fluoreszenz-Tracern für den abfallwirtschaftlichen Einsatz, insbesondere unter Nutzung der vom Projektpartner Polysecure entwickelten und patentierten TBS-Technologie
- Pilothaft Entwicklung und Überprüfung der TBS-Technologie für Kunststoff-Verpackungen
- Untersuchungen zu Innovations- und Nachhaltigkeitsaspekten der TBS-Technologie, einschließlich ökobilanzieller Betrachtungen des TBS-Einsatzes und der Entwicklung von Governance-Ansätzen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Forschungsprojekt "Markerbasiertes Sortier- und Recyclingsystem für Kunststoffrecycling" (MaReK)

Projektlaufzeit: 01.07.2017 - 31.12.2020, gefördert vom BMBF (2,73 Mio. EUR), Förderkennzeichen: 033R195A-E

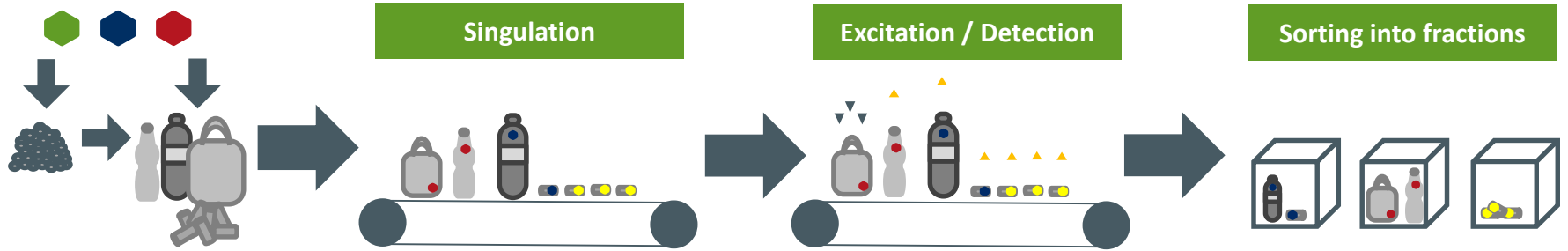


HS PF



Website: www.hs-pforzheim.de/marek

Ablauf Tracer-Based-Sorting



Tracer integration

for packaging, based on current technology status:
-> printable by routine flexo, offset, screen printing
-> average required area per pack: 2 cm^2
-> average required tracer per pack: $100 \mu\text{g}$

Detection

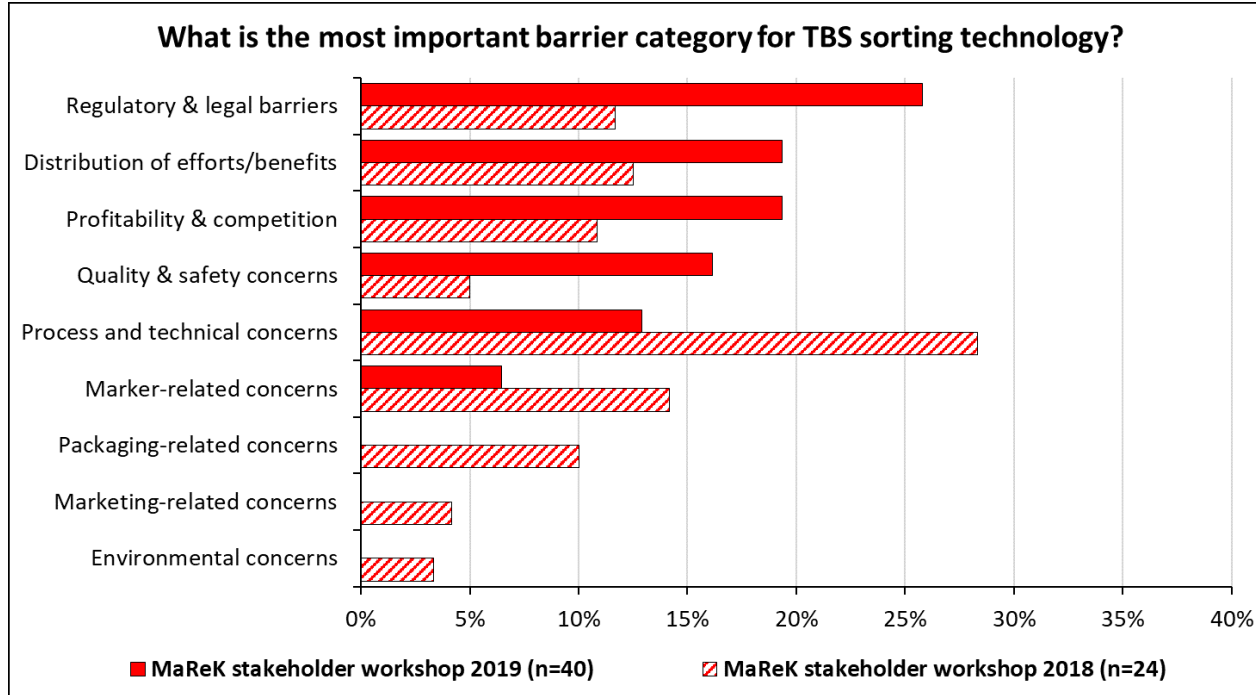
all coded fractions and colors are measured in one step, within one cost-efficient device

Sorting

all fractions are sorted into final bins
→ e.g. 15-40 fractions by 15-40 TBS sorting codes

Bild: Polysecure GmbH

Stakeholder-Input: Treiber, Barrieren, Anwendungsszenarien



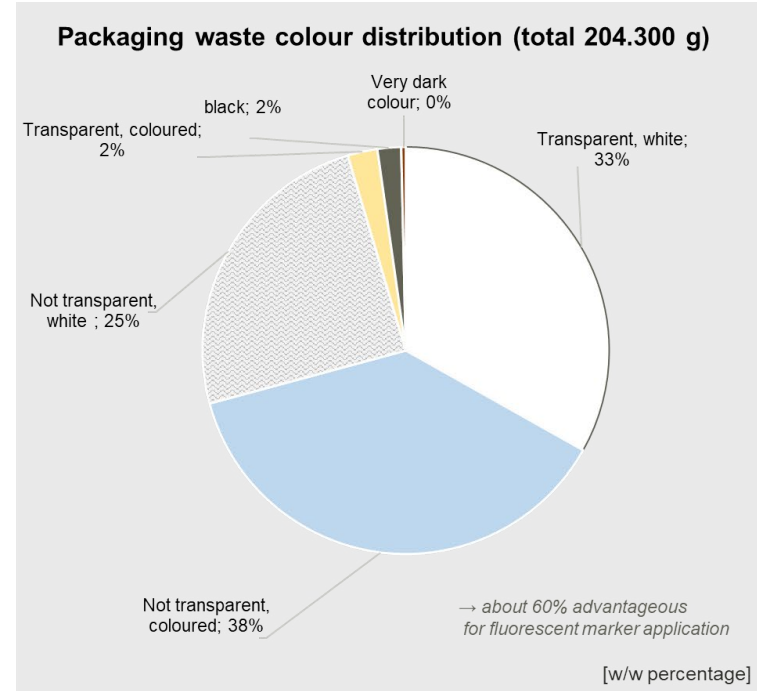
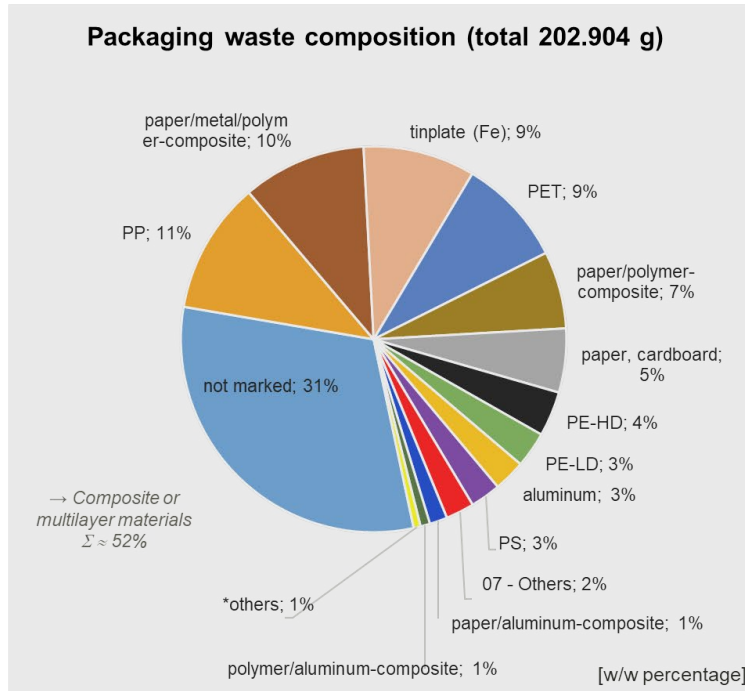
Quelle: Gasde, J.; Woidasky, J.; Moesslein, J.; Lang-Koetz, C. (2021)



Fotos: HS Pforzheim

Verwertungsorientierte Charakterisierung von Leichtverpackungen

- Deutschlandweite Studie, Teilnehmer: ca. 250 Haushalte (Kooperation mit Projekt VerPlaPoS)
- insgesamt 27.000 Einzelteile identifiziert, charakterisiert und fotografiert



Analyse der Anwendungsmöglichkeiten von TBS

	Material efficiency (mass per package required)	Marker separation from waste in current disposal system	Marker recovery	Provide macro-sorting (total packaging sorting)	Provide micro-sorting (ground packaging sorting)	Technological feasibility
Venue of application						
In packaging material	-	-	-	+	+	+
On packaging mat. surface	+/-	+/-	+/-	+	+	-
In label	+	+/-	+	+/-	-	+
In label glue	+/-	+	+	-	-	+
In print	+	+	+	+/-	-	+

Quelle: Woldasky et al., (2020a)

+ = advantageous, - = less advantageous, +/- = neutral

→ Etikettenkennzeichnung: Marker ist so gut vom Werkstoff abtrennbar (keine Verschleppung)

Bedruckung von Etiketten

- Versuche gemeinsam mit Fa. Schäfer Etiketten (Wolfschlugen) auf Druckmaschine Gallus RCS 430
- Offsetdruck mit 70 m/min (im Vergleich zu Flexo- oder Siebdruck gegenüber größeren Partikeln empfindlichstes Verfahren)
- Ziel: Eignungsprüfung der Markerpartikel für Verfahren des Etikettendrucks
- Materialien: Selbstklebeetiketten
- Ergebnis: Markersubstanz kann sowohl im Flexodruck (Schichtdicke $7\mu\text{m}$) als auch im Offsetdruck ($2\mu\text{m}$) problemlos verdruckt werden. Druckqualität leidet nicht unter dem Zusatz der größeren Markerpartikel.
- Markerkonzentrationen von $10\text{-}200\ \mu\text{g}/\text{cm}^2$ sind sowohl problemlos herstellbar als auch anschließend identifizierbar.

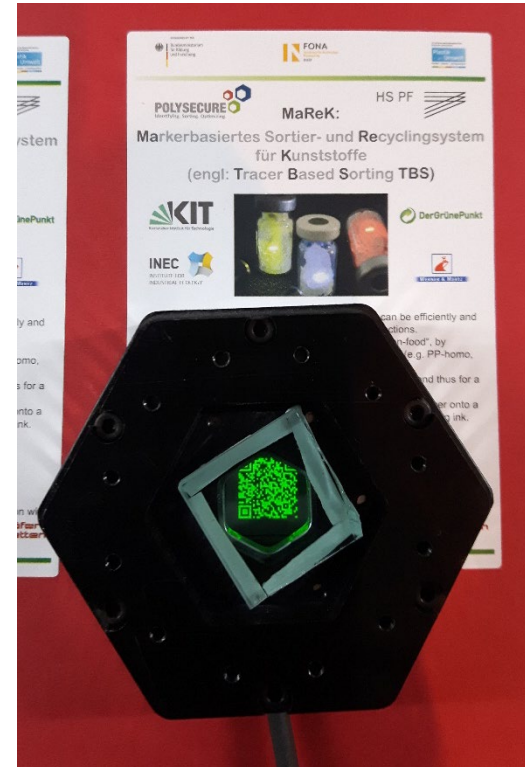
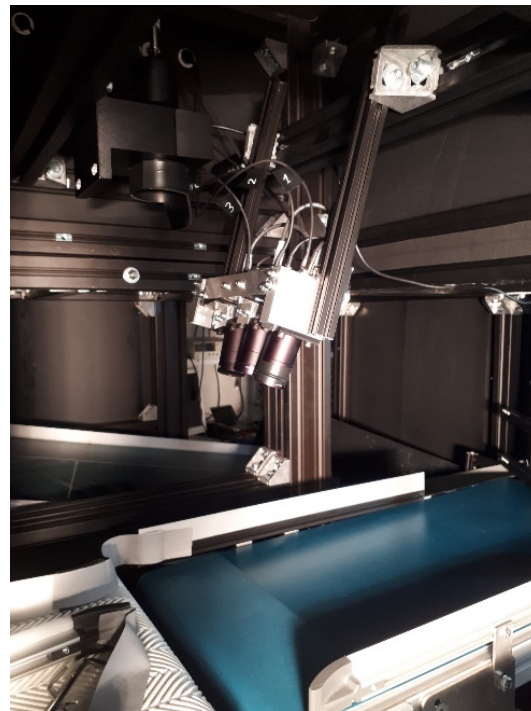
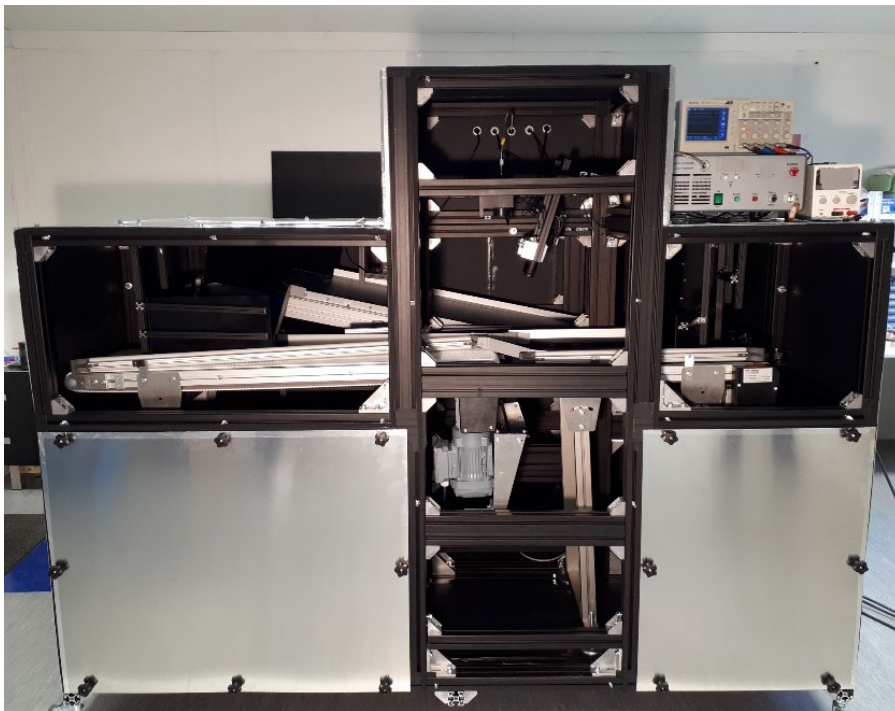


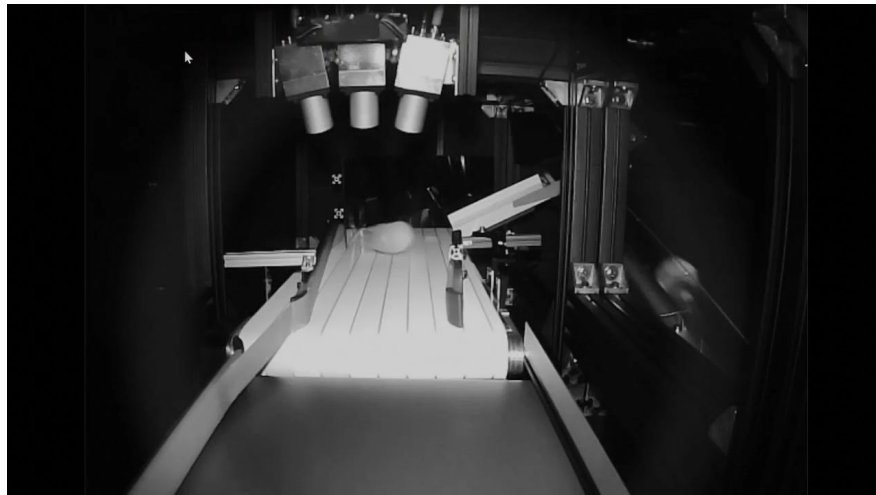
Foto: HS Pforzheim

Pilotanlage für Verpackungssortierung



Fotos: Polysecure GmbH

Pilotanlage für Verpackungssortierung



Quelle: Polysecure GmbH

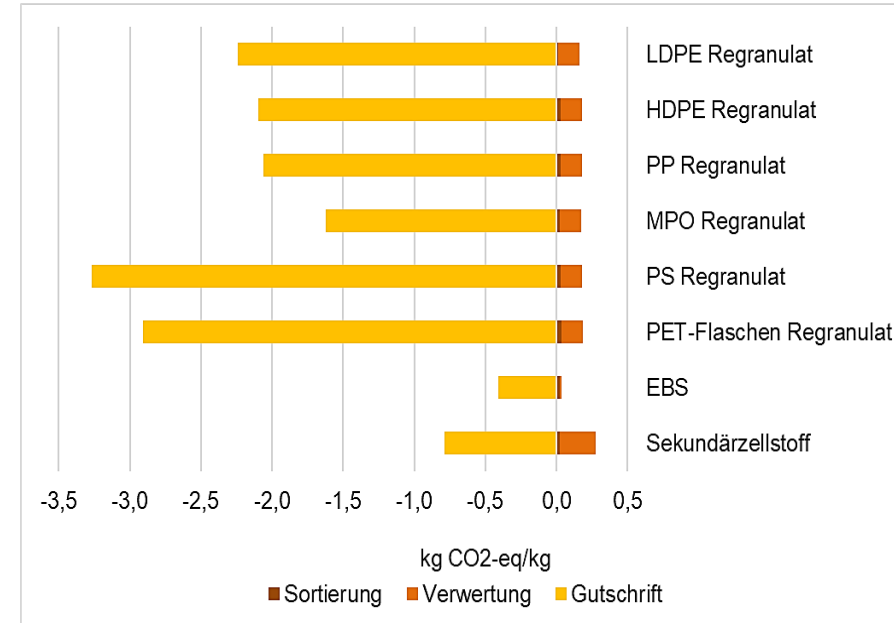
Life Cycle Assessment / Carbon Footprint

Ziel: Bewertung des Carbon Footprint eines konventionellen Sortier- und Recyclingsystems für Post-Consumer-Leicht-verpackungen (LWP) in Dtl.

Methodik nach ISO 14040, ISO 14044 u. ISO 14067:

- TBS-Prozess → Rezyklate, die ansonsten neu zu produzierende Rohstoffe ersetzen.
- Referenzsysteme wurden für alle Outputfraktionen des Recyclingprozesses erstellt
- Jedes Referenzsystem erhält eine Gutschrift, so dass diese Auswirkungen mit den Auswirkungen von Sortierung und Recycling verglichen werden können.

Einsatz von TBS: Einsparung von durchschnittlich 2,2kg CO₂-eq je kg Kunststoff ("TBS light")



Wirkungsabschätzung der Outputfraktionen mit "TBS light"

Quelle: Kusch, A.; Gasde, J.; Deregowski, C.; Woidasky, J.; Lang-Koetz, C.; Viere, T. (2021)

Tracer-Based-Sorting (TBS) - Fazit und Ausblick

- Anorganische, fluoreszierende Tracer-Materialien sind gegenüber Umwelteinflüssen stabil (z. B. mehrfaches Recycling in Polymeren)
- Sie können als Packstoff-unabhängiges Trennmerkmal bei der Verpackungsverwertung eingesetzt werden
- TBS ermöglicht genaues Erkennen von Produkten, etwa von Kunststoffverpackungen für spezifische Verarbeitungsverfahren oder von Verpackungen für Lebensmittel, Nicht-Lebensmittel oder Gefahrstoffe.
- Durch TBS können hochwertige Rezyklate hergestellt werden, die sich für den erneuten Einsatz in Verpackungen eignen.
- ~20 € pro Tonne Verpackungsmaterial, Gesamtsortierkosten TBS complete: ~ 200 € pro Tonne LVP-Durchsatz (bei wesentlich mehr, besser spezifizierten und sortenreineren Sortierfraktionen als heute)
- Die Ergebnisse des Vorhabens wurden umfangreich transferiert
- Eine Open-Innovation-Plattform wurde zur Erschließung neuer Anwendungsfelder erprobt.
- Durch eine entwicklungsbegleitende Umweltbewertung konnte TBS als wegweisendes neuartiges Recyclingverfahren erfolgreich auf dem Weg zu einer kommerziellen Umsetzung unterstützt werden.

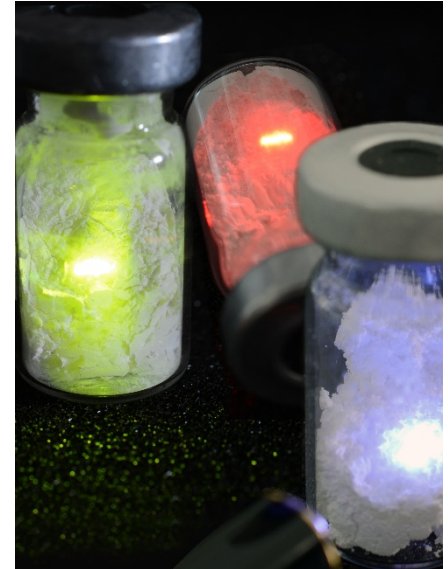


Foto: Polysecure GmbH

Vielen Dank...

- an alle Kolleg*innen und Projektpartner für die gute Zusammenarbeit
- an das Parallelvorhaben „VerPlaPoS“ für die ausgezeichnete Kooperation
- an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung - als Teil des Rahmenprogramms "Forschung für nachhaltige Entwicklungen" (FONA3)
- „Plastik in der Umwelt"
- an den Projektträger Jülich (PTJ) für die gute Betreuung

**und an Sie für Ihre
Aufmerksamkeit!**



Foto: HS Pforzheim

Literatur (Auswahl)

Gasde, J.; Woidasky, J.; Moesslein, J.; Lang-Koetz, C. (2021): [Plastics Recycling with Tracer-Based-Sorting: Challenges of a Potential Radical Technology](#). Sustainability 2021, **13**, 258.

Gasde, J.; Preiss, P.; Lang-Koetz, C. (2020): [Integrated Innovation and Sustainability Analysis for New Technologies: An approach for collaborative R&D projects](#). Technology Innovation Management Review, 10 (2), 37-50.

Kusch, A; Gasde, J.; Deregowski, C.; Woidasky, J.; Lang-Koetz, C.; Viere, T. (2021): Sorting and recycling of lightweight packaging in Germany - climate impacts and options for increasing circularity using tracer-based-sorting (*submitted to Journal "Materials Circular Economy" in Feb. 2021, under review*)

Woidasky, J.; Moesslein, J.; Wendler, P.; Kirchenbauer, D.; Wacker, D.; Gao, G.; Lang-Koetz, C. (2020): [Kunststoff-Identifikation und Sortierung in der „Circular Economy“ durch Fluoreszenzmarker](#). In: Chemie-Ingenieur-Technik CIT (Zeitschrift) 92 (2020), Nr. 4., S. 441-451

Woidasky, J.; Sander, I.; Schau, A.; Moesslein, J.; Wendler, P.; Wacker, D.; Gao, G.; Kirchenbauer, D.; Kumar, V.; Busko, D.; Howard, I. A.; Richards, B. S.; Turshatov, A.; Wiethoff, S.; Lang-Koetz, C. (2020): [Inorganic fluorescent marker materials for identification of post-consumer plastic packaging](#). In: Resources, Conservation and Recycling, 161 (2020); doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104976