Querschnittsfrage „Abfallmärkte“ der BMBF-Fördermaßnahme „KuRT“

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

01.10.2026 I Transferkonferenz I Dechema, Frankfurt(Main)

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

© Pavel - stock.adobe.com

Abfallwirtschaft als Grundlage für fortschrittliche Recyclingtechnologien

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

Die Abfallwirtschaft bestimmt:

- verfügbare Mengen und Qualitäten von Kunststoffabfällen
- Kontaminationen und Aufbereitungsaufwand
- Logistik, Kosten und Marktpreise von Rezyklaten

Auch technisch ausgereifte Recyclingverfahren sind ohne geeignete Sammel-, Sortier- und Vorbehandlungsstrukturen nicht skalierbar.

Entlang der heutigen Verpackungsrecyclingkette entstehen erhebliche Materialverluste:

- ca. **30 Gew.-%** bei der Sammlung
- ca. **40 Gew.-%** bei der Sortierung
- ca. **40–50 Gew.-%** im Recyclingprozess

Viele Kunststoffabfälle außerhalb des Verpackungsbereichs werden weiterhin überwiegend energetisch verwertet.

Geplante Publikation im C.I.T. Sonderband zum Projektverbund KuRT

DECHEMA

KuRT-Forschungsprojekte

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

	Projekte	Ausgangssituation	Zielsetzung
Bestehende Recyclingströme	ReVise-UP	Leichtverpackungen werden bereits sortiert und teilweise recycelt	Qualität, Transparenz und Ausbeute verbessern
	SmellStop	PE-LD-Folien werden teilweise werkstofflich recycelt	Gerüche und VOCs reduzieren
	CircuTray-UP	PET-Schalen sind nur teilweise in bestehende Ströme integriert	Mono- und Mehrschichtschalen recyceln
Neue Recyclingströme	ProGeo-UP	Geokunststoffe werden überwiegend energetisch verwertet	Rücknahme, Wiederverwendung und Recycling etablieren
	HydroCycling	Gemischte Kunststofffraktionen werden zu SRF verarbeitet	Chemisches Recycling durch Hydrocracking
	pool-in-loop	Polyolefinreiche Abfälle gehen überwiegend in die Energieverwertung	Katalytische Spaltung zu hochwertigen Chemikalien

DECHEMA

ReVise-UP und SmellStop: Bestehende Recyclingströme durch bessere Qualität und Prozesskontrolle optimieren

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

RiVise-UP

- Untersuchung von NIR-, MIR- und RGB-Sensorik in Sortieranlagen für Leichtverpackungen.
- NIR-Daten + Machine Learning ermöglichen die Vorhersage der Zusammensetzung
- 161 Proben, >1.000 kg Material, mittlere Unsicherheit der Prognose: ca. 2,7 Gew.-%
- Adaptive Prozesssteuerung kann Materialausbeute und Sortierqualität verbessern.
- Delabelers erhöhte die Materialrückgewinnungsrate in Versuchen um etwa 10 Gew.-%.

SmellStop

- PE-LD-Folien enthalten u.a. Lebensmittelrückstände, Klebstoffe, Druckfarben, flüchtige organische Verbindungen (VOCs)
- Untersuchte Verfahren: Entgasung und Strippen / Zugabe von Trägermaterialien / Infrarotbehandlung / Heißluftlagerung
- Geeignete Dekontaminationsverfahren können VOCs und geruchsaktive Verbindungen deutlich reduzieren.

Erforderliche Änderungen

- qualitätsbasierte Leistungskennzahlen statt reiner Mengenorientierung
- längere Vertragslaufzeiten
- standardisierte Spezifikationen für Folienflakes und Granulate
- bessere und gleichmäßigere Vorwäsche
- Datenaustausch entlang der Wertschöpfungskette

DECHEMA

CircuTray-UP und ProGeo-UP: Stoffstromnischen effektiv im Kreislauf halten

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

CircuTray-UP

In Deutschland: **144.000 t/a** PET-Schalen
Mono- und Multilayer Verpackungen

Überwiegend energetisch verwertet, nur wenige Sortieranlagen erzeugen separate PET-Schalenfraktion. PPWR Vorgabe von 55% Recycling at scale in EU: Rezyklatlücke von 450 kt/a

Aufbereitungsanlagen im europäischen Ausland

Zentrale Hindernisse

fehlende flächendeckende Sortierinfrastruktur

volatile Preise für Neu- und Recycling-PET

unzureichende Marktsicherheit für rPET

Erforderliche Änderungen
Investition in Sortierung und Aufbereitung
Harmonisierung der BVT
Optimierte Abfallströme für effektive Prozesskaskaden

ProGeo-UP

Geokunststoffe für Straßenbau, Wasserbau, Deponiebau und Tunnelbau.
In D: **~1 Mrd. m²** / **290.000 t** Material in letzten 10a

Typische Polymerzusammensetzung:
ca. **66 Gew.-% PP** / ca. **26 Gew.-% PET** / ca. **7 Gew.-% HDPE**

Kurzfristig rückgewinnbare Menge: etwa **10.000–15.000 t/a**

Aktuelle Situation

energetische Verwertung / keine Rücknahme o. Sammelsysteme

fehlende Aufbereitungskonzepte und Geschäftsmodelle

teilweise hohe Boden- und Mineralstoffanhaftungen

Erforderliche Voraussetzungen
Hersteller- oder Branchenverantwortung für Rücknahme
Bündelung dezentraler Materialströme m. Rezyklatspezifikationen
Design for Recycling und Design for Reuse
Abfallklassifizierung (Boden-Kunststoff)

DECHEMA

HydroCycling und pool-in-loop: Abfälle als Rohstoff für chemisches Recycling

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

HydroCycling – Hydrocracking

- Potenzielle Feedstocks: MK350/352 (LVP), Shredderleichtfraktionen aus ELV und EAG aufbereitete Reststoffe und SRF
- Aufkommen in Deutschland: etwa 500.000 t/a
- Erforderliche Vorbehandlung:
  Entfernung von Metallen, Homogenisierung, Pelletierung oder Agglomerierung
- Bestehende SRF-Infrastruktur kann grundsätzlich angepasst werden, Unsicherheiten bestehen bei zukünftiger Zusammensetzung, Menge und Preis.

pool-in-loop – Katalytische Spaltung

Zielprodukte: Ethylen / Propylen / Butene / Aromaten

Untersuchte Feedstocks: SRF, gemischte Polyolefinabfälle, Folien-Sortierreste, postindustrielle Kunststoffabfälle

Einfluss von Störstoffen:

PA deaktiviert den Katalysator / PET und PVC erhöhen die Koksbildung

Biomasse und sauerstoffhaltige Polymere erhöhen CO- und CO_2-Bildung

Bei einem Standardmaterial mit ca. 55 Gew.-% Polyolefinen wurden HVC-Ausbeuten von etwa 70 % bezogen auf den Polyolefinanteil erreicht.

Gemeinsame Herausforderung
Erforderlich sind verlässlich charakterisierte, gebündelte und recyclinggerecht voraufbereitete Abfallströme.

DECHEMA

Übergreifende Handlungsfelder / regulatorische Anforderungen

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

Übergreifende Handlungsfelder

- Materialflusstransparenz
  - Erfassung von Polymerarten, Kunststoffanteilen und Kontaminanten
  - Verbesserung von Abfallstatistiken und Abfallschlüsseln
- Qualitätsmanagement
  - harmonisierte Spezifikationen für Flakes, Granulate, SRF und Rezyklate
  - kontinuierliche sensorbasierte Qualitätskontrolle
- Logistik
  - Rücknahme- und Sammelsysteme für neue Abfallfraktionen
  - Bündelung dezentraler Materialströme
  - mobile und dezentrale Vorbehandlung
- Wirtschaftliche Anreize
  - längerfristige Verträge
  - Vergütung von Qualität statt ausschließlich von Menge
  - Berücksichtigung der Kosten energetischer Verwertung

Regulatorische Anforderungen

- verbindliche Ecodesign- und Design-for-Recycling-Vorgaben
- Einschränkung schwer recycelbarer Verbund- und Barrierematerialien
- harmonisierte Anforderungen an die Abfallcharakterisierung
- klare End-of-Waste-Kriterien für neue Rezyklate
- Qualitätsstandards für mechanische und chemische Recyclingprodukte
- Einbeziehung der thermischen Abfallverwertung in den EU-Emissionshandel ab 2028

Systemischer Zielkonflikt

- In Deutschland werden derzeit ~ 61 % der Kunststoffabfälle energetisch verwertet.
- Etablierte Strukturen und Gate Fees erschweren den Übergang zum werkstofflichen und chemischen Recycling.

DECHEMA

Schlussfolgerungen und Ausblick

KuRT
Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Kunststoffrecyclingtechnologien

Bereits bestehende Recyclingströme

- bessere Qualitätskontrolle
- adaptive Prozessführung
- Bessere Sortierströme
- harmonisierte Spezifikationen
- verlässliche Absatzmärkte

Bislang nicht recycelte Abfallfraktionen

- Sammlung und Rücknahme
- Logistik und Zwischenlagerung
- Vorbehandlung
- Geschäftsmodelle
- regulatorische Sicherheit

Ausblick

- Die PPWR schafft Nachfrage nach Rezyklaten.
- Diese Nachfrage kann nur erfüllt werden, wenn ausreichende Abfall- und Sortiermengen in geeigneter Qualität verfügbar werden.
- Der Dialog zwischen Technologieentwicklung, Abfallwirtschaft und Politik muss bereits in frühen Entwicklungsphasen beginnen.

Fortschrittliche Recyclingtechnologien können nur dann großtechnisch und nachhaltig umgesetzt werden, wenn Sammlung, Sortierung, Logistik, Qualitätsmanagement, Märkte und Regulierung gemeinsam weiterentwickelt werden.

DECHEMA

Vielen Dank!

© Pavel - stock.adobe.com