



## KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen



### Nachhaltige Kreislaufwirtschaft durch Künstliche Intelligenz

**In Europa werden rund 40 Prozent des Kunststoffbedarfs für Verpackungen verwendet. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wird nur ein geringer Teil dieser Kunststoffe als Sekundärrohstoff in den Wertstoffkreislauf zurückgeführt. Um das Ziel von mindestens 30 Prozent wiederverwerteter Kunststoffe (Rezyklate) für nachhaltigere Verpackungen zu erfüllen, müssen verschiedene Herausforderungen im gesamten Wertschöpfungskreislauf bewältigt werden. Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) bieten ein hohes Potenzial, die bestehenden komplexen Probleme zu lösen. Mit der Fördermaßnahme „KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen – nachhaltige Kreislaufwirtschaft durch Künstliche Intelligenz“ treibt das Bundesministerium für Bildung und Forschung die Anwendung von KI-Methoden für eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft im Bereich Kunststoffverpackungen in Deutschland voran.**

Der KI-Anwendungshub Kunststoffverpackungen besteht aus den beiden Innovationslaboren KIOptiPack (Design und Produktion) und K3I-Cycling (Kreislaufschließung). KIOptiPack konzentriert sich auf die Bereiche Material, Design und Produktion. K3I-Cycling betrachtet die Prozesse Sammlung, Logistik, Sortierung, Trennung und Aufbereitung. Damit bilden die beiden Innovationslabore zusammen den gesamten Wertschöpfungskreislauf von Kunststoffverpackungen ab.

Insgesamt arbeiten mehr als 50 Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft im KI-Anwendungshub eng zusammen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, den Wertschöpfungskreislauf von Kunststoffverpackungen so weit wie möglich zu schließen, die Rezyklatmengen und -qualitäten zu erhöhen und die Wiederverwertbarkeit des Materials sicherzustellen. Da die Nachhaltigkeit von Verpackungen von vielen Faktoren beeinflusst

wird, ist ein intensiver kreislaufübergreifender Informations- und Datenaustausch erforderlich. Dazu werden sowohl lokal als auch global KI-Methoden eingesetzt, die die Verarbeitung komplexer und inhomogener Daten ermöglichen. So können die notwendigen Informationen für eine zielgerichtete Optimierung des Wertschöpfungskreislaufs bereitgestellt werden.

Darüber hinaus bildet der KI-Anwendungshub ein Forum, um das interdisziplinäre Konsortium durch Publikationen, Veranstaltungen und weitere Maßnahmen mit allen Stakeholder des Kunststoffverpackungskreislaufs in einen intensiven Austausch zu bringen. Dabei sollen gemeinsame Ziele, beispielsweise in den Bereichen Standardisierung und Nachhaltigkeitsbewertung, definiert und konkret angegangen werden.

## KIOptiPack – Design und Produktion

**Ziel von KIOptiPack ist die Bereitstellung und Validierung praxisreifer und innovativer KI-gestützter Werkzeuge für das nachhaltige Produktdesign sowie die qualitätsgerechte Produktion von Kunststoffverpackungen mit hohem Rezyklatanteil. Damit verbunden ist der Aufbau einer zentralen Netzwerkplattform für das Wertschöpfungsengineering.**

### Vom Rezyklat zur Verpackung

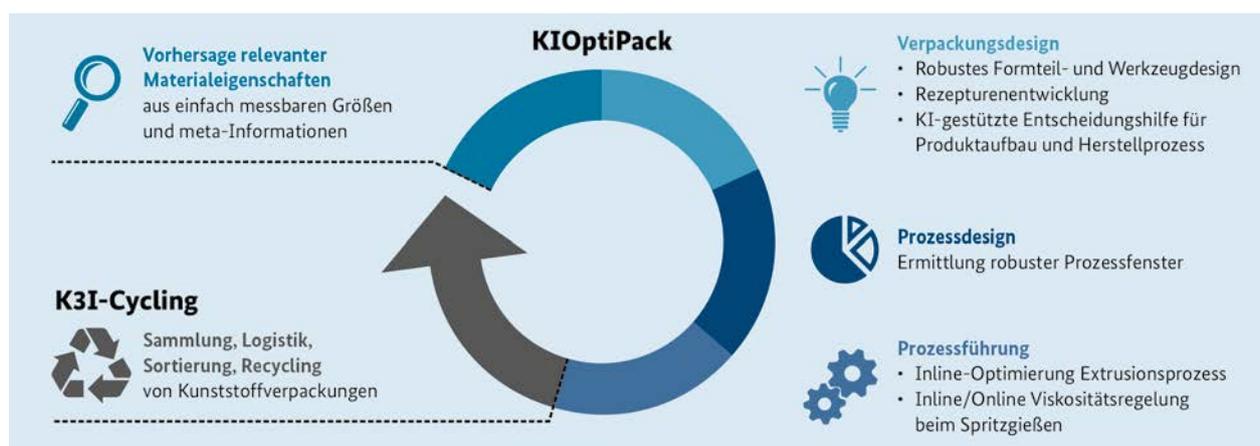
KIOptiPack treibt die Entwicklung von nachhaltigen und attraktiven Verpackungsanwendungen mit einem Rezyklatanteil von mindestens 30 Prozent voran. Dabei spielt die Schnittstelle zu K3I-Cycling von Anfang an eine entscheidende Rolle. Sowohl die Mengen und die Qualitäten der von K3I-Cycling aufbereiteten Rezyklate als auch die Sortiertechnologien haben einen wesentlichen Einfluss auf den Gestaltungsspielraum beim Design und in der Produktion von Kunststoffverpackungen.

Bei Verpackungen für Lebensmittel oder Kosmetika handelt es sich beispielsweise um Materialien, die den höchsten Qualitätsanforderungen entsprechen müssen. Für die ressourceneffiziente und kreislauffähige Gestaltung dieser Verpackungen ist daher die Optimierung eines jeden Prozessschrittes im Wertschöpfungskreislauf notwendig. Dabei fokussiert

KIOptiPack die Fertigungsverfahren mit dem größten Materialumsatz: Compoundierung-Spritzgießen und Compoundierung-Extrusion-Thermoformen. Für jeden Prozessschritt werden KI-Methoden und Assistenzsysteme entwickelt, die eine effiziente und robuste Verarbeitung sowie ein zielgerichtetes Produktdesign unter Berücksichtigung von Materialeigenschaftsschwankungen und Kontaminationen der Rezyklate ermöglichen.

### Digitale Werkzeuge für den Wertschöpfungskreislauf

Neben Demonstratoren aus den neuartigen Kunststoffen entstehen vielfältige, modulare Werkzeuge für den gesamten Wertschöpfungskreislauf, darunter digitale Werkzeuge für ein effizientes Produktdesign nachhaltiger Verpackungen, Assistenzsysteme zur lokalen Prozessoptimierung und Werkzeuge zur globalen Nachhaltigkeitsbewertung.



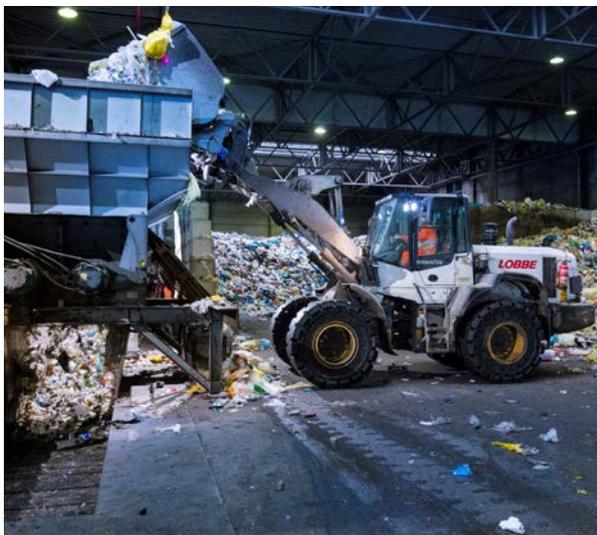
Themenschwerpunkte von KIOptiPack entlang des Kunststoffkreislaufes von Verpackungsanwendungen

## K3I-Cycling – KI-gestützte Optimierung der Kreislaufführung von Kunststoffverpackungen

Ziel von K3I-Cycling ist es, mit Hilfe künstlicher Intelligenz das werkstoffliche Recycling von Post-Consumer-Kunststoffverpackungsabfällen sowohl quantitativ als auch qualitativ signifikant zu verbessern und damit eine nachhaltige Nutzung von Kunststoffen sowohl im industriellen als auch im privaten Alltag zu ermöglichen. Damit einher geht die Erhöhung der Akzeptanz von Produkten aus Rezyklaten bei Herstellern und Verbrauchern.

### Vom Gelben Sack zum Rezyklat

Während KIOptiPack den Lebensweg der Verpackung bis zum Vertrieb betrachtet, setzt K3I-Cycling beim Wegwerfen an: Die Stoffströme der Fallbeispiele Wertstofftonne und Gelber Sack werden analysiert und es werden Strategien und Konzepte zur Sortierung und Aufbereitung entwickelt. Dies umfasst einerseits die Entwicklung und Pilotierung spezifischer KI-Methoden, darunter die KI-basierte Detektion und Entfernung von Gefahr- und Störstoffen oder die Optimierung von Sortierprozessen sowie die Materialtrennung durch Roboter. Andererseits aber auch eine juristische und ethische Analyse zum Thema Datenschutz. Im Rahmen der Rezyklatproduktion erfolgt die Qualitätsbewertung und Aufbereitung des Verpackungsmaterials, die Weiterentwicklung und Implementierung der DIN SPEC 91446 sowie die Validierung der Ergebnisse über eine Marktplattform. Darüber hinaus werden im Projekt die Rahmenbedingungen der Kreislaufwirtschaft thematisiert, eine Nachhaltigkeitsbewertung der Verfahren durchgeführt und der Veränderungsbedarf bei kommunalen Entsorgern aus sozialwissenschaftlicher Sicht erhoben.



Der digitale Zwilling wird in einer solchen LVP-Sortieranlage getestet und optimiert.



In Europa werden circa 40 Prozent des Kunststoffbedarfs für Verpackungen verwendet.

### Vernetzung der Stakeholder durch den Artificial Neural Twin

Im Innovationslabor K3I-Cycling wird erstmals ein Artificial Neural Twin (ANT) entwickelt, der in einer realen Leichtverpackungs-Sortieranlage getestet und optimiert wird. Der ANT ist eine vollständig differenzierbare digitale Abbildung, die den realen Stoffkreislauf abstrakt beschreibt und in der Lage ist, sowohl einzelne Komponenten als auch das Gesamtsystem auf ein globales Gütemaß hin zu optimieren. Darüber hinaus wird eine neue, offene und standardisierbare KI-Schnittstelle (Ready4AI) zur Sammlung relevanter Informationen geschaffen. Diese ermöglicht die digitale Vernetzung aller Stakeholder entlang des Wertschöpfungskreislaufs von Leichtverpackungen. Auf Basis der gesammelten Daten erfolgt die KI-basierte Optimierung, also der Prozesse in den einzelnen Sektoren sowie des gesamten Wertschöpfungskreislaufs.

## Projektpartner

### KIOptiPack

- Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen
- quo data Gesellschaft für Qualitätsmanagement und Statistik mbH
- pacoon GmbH
- Hochschule Schmalkalden
- Evonik Operations GmbH
- Institut cyclos-HTP GmbH
- Reifenhäuser GmbH & Co. KG Maschinenfabrik
- Ehrenmüller GmbH
- Artificial Intelligence Center Hamburg (ARIC) e. V.
- HiPP GmbH & Co. Vertrieb KG
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
- Digimind GmbH
- SIMCON kunststofftechnische Software GmbH
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Universität des Saarlandes
- A. Schulman GmbH
- Palaimon GmbH
- dida Datenschmiede GmbH
- apheris AI GmbH
- Südpack Verpackungen GmbH & Co. KG
- Carbon Minds GmbH
- Hochschule Albstadt-Sigmaringen
- Hamburger Informatik Technologie-Center (HITeC) e. V.
- Peerox GmbH
- RKW SE
- Körber Pharma Packaging GmbH
- watttron GmbH
- Technische Universität Dresden
- FOBOHA (Germany) GmbH
- GreenDelta GmbH
- aiXtrusion GmbH
- Infosim GmbH & Co. KG
- REMONDIS Recycling GmbH & Co. KG

### K3I-Cycling

- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein
- Lobbe RSW GmbH
- Cirplus GmbH
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Technische Universität Darmstadt
- Hochschule Harz, Hochschule für angewandte Wissenschaften
- Universität des Saarlandes
- Knowtion GmbH
- RKF Recycelte Kunststoffe & Fasern KG
- WeSort.AI GmbH
- Gesellschaft für Informatik e. V.
- Wissenschaftsstadt Darmstadt
- Awesome Technologies Innovationslabor GmbH
- Deutsches Verpackungsinstitut e. V.
- Entsorgungstechnik BAVARIA GmbH
- Technische Universität München
- Siemens Aktiengesellschaft

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Ressourcen, Kreislaufwirtschaft; Geoforschung,  
53170 Bonn

### Stand

Juli 2023

### Redaktion und Gestaltung

Projekträger Jülich (PtJ), Forschungszentrum Jülich GmbH

### Bildnachweise

S. 1: Kay Herschelmann  
S. 2: KIOptiPack  
S. 3, oben: Fraunhofer IIS/Paul Pulkert  
S. 3, unten: Kay Herschelmann