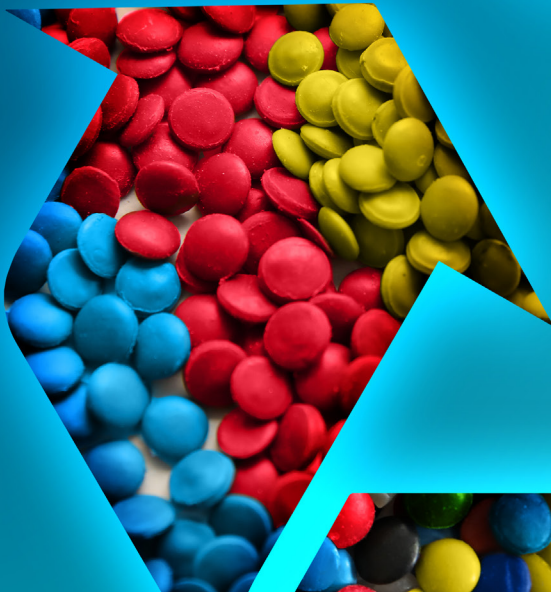




Fraunhofer-Leitprojekt »Waste4Future«

Vom Abfall zum Rohstoff –
grüne Moleküle für die Chemie



Motivation

Kunststoffverbrauch: 12 Millionen Tonnen. In Deutschland. Pro Jahr.

Kunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) oder Polystyrol (PS) gehören zu den weltweit wichtigsten Werkstoffen. Viele Alltagsprodukte und moderne Technologien wären ohne ihren Einsatz undenkbar. Allein in Deutschland werden deshalb jährlich rund 12 Mio. Tonnen Kunststoffe verbraucht. Fast immer werden sie aus fossilen Rohstoffen hergestellt, die direkten CO₂-Emissionen bei der Kunststoffproduktion betragen in Deutschland pro Jahr etwa 33 Mio. Tonnen.* Zugleich fallen hierzulande jährlich rund 6,3 Mio. Tonnen kunststoffhaltiger Abfälle an, die zu 53 Prozent thermisch und zu 47 Prozent werkstofflich verwertet werden.

* aus einer Schätzung basierend auf internen Daten

Die Vision: Mehr Kunststoff im Kreislauf halten

Der im Kunststoff enthaltene Kohlenstoff ist dabei eine wichtige Ressource für die chemische Industrie. Aktuell wird nur etwa ein Viertel der Kohlenstoffe und Kohlenstoffverbindungen im Kreislauf gehalten. Wenn es gelingt, die kohlenstoffhaltigen Bestandteile im Abfall besser zu erkennen, besser zu verwerten und daraus wieder hochwertige Ausgangsmaterialien für die Industrie herzustellen, kann dieser Wert deutlich gesteigert werden. Das reduziert nicht nur den Bedarf an fossilen

Ressourcen und CO₂-Emissionen, sondern auch die Umweltverschmutzung mit Plastikmüll, der in Form von Mikroplastik bis in die Nahrungskette gelangen kann und durch steigende Preise (CO₂-Zertifikate, Importstopp bisheriger Abnehmerländer) auch für Unternehmen eine immer größere Belastung wird. Zugleich verbessert sich die Versorgungssicherheit der Industrie, weil eine zusätzliche Kohlenstoffquelle erschlossen wird.

Die Chance: Zukunftsperspektive für Regionen im Strukturwandel

Von den im Leitprojekt »Waste4Future« angestrebten Lösungen können neben der chemischen Industrie und Kunststoffverarbeitung auch Unternehmen aus Abfallwirtschaft, Recycling-Anlagenbau und Recycling-Anlagenbetrieb profitieren. Insbesondere die deutschen Strukturwandelregionen können durch innovative Transformationspfade neue Zukunftsperspektiven für die Bevölkerung entwickeln.

Die Projektziele tragen zu einer erheblichen CO₂-Minderung im Vergleich zur energetischen Verwertung bei, ermöglichen eine weitestgehende Kreislaufführung von kohlenstoffhaltigen Abfällen und eröffnen einen Weg zur Erzeugung nachhaltiger Plattformchemikalien als grüner Feedstock für die chemische Industrie (grüne Moleküle).

Lösungsansatz: Der Abfall von heute wird zur Ressource von morgen

Im »Waste4Future«-Konsortium bündeln sieben Fraunhofer-Institute ihre Kompetenzen. Sie entwickeln innerhalb von drei Teilprojekten Lösungen, die sich bis in den Pilotmaßstab skalieren lassen.

Kreislaufwirtschaft statt thermischer Verwertung

Bei der thermischen Verwertung von Kunststoff gehen die darin enthaltenen Kohlenstoffe als CO₂ in die Atmosphäre. Die Vision von »Waste4Future« ist das umfassende Recycling von kunststoffhaltigen Abfällen ohne Verlust von Kohlenstoff durch ineinandergreifende, vernetzte Prozesse unter maximalem Erhalt existierender chemischer Strukturen. Damit sollen Recyclingtechnologien für komplexe Abfälle bereitgestellt werden, mit denen sich hochwertige Rezyklate gewinnen lassen.

Recyclingkette wird neu organisiert

Geplant ist die Entwicklung eines ganzheitlichen, entropiebasierenden Bewertungsmodells (Entropie = Maß für die Unordnung eines Systems), das die bis dato prozessgeführte Recyclingkette zu einer stoffgeführten Kette reorganisiert. Mittels multimodaler Sensorik (und KI-gestützter Datenverarbeitung) wird erkannt, welche Materialien und insbesondere welche Kunststofffraktionen im Abfall enthalten sind. Passend dazu entscheidet eine neuartige Sortiertechnik, welcher Weg des Recyclings für diese spezifische Abfallmenge der technisch, ökologisch und ökonomisch sinnvollste ist.

Teilströme statt Unordnung für maximalen Kohlenstoff-Erhalt

Die Systemoptimierung liegt nicht mehr in der Optimierung des Einzelprozesses, sondern der entropieoptimierten Trennung des Gesamtstromes und der zielgerichteten Zuordnung in die energetisch optimierten Verwertungsverfahren. Ein Stoffstrom wird in seine Teilströme zerlegt, die dann anhand einer Technologiehierarchie verschiedenen Aufbereitungsrouten zugeordnet werden. Was mittels werkstofflichen Recyclings (mechanisches Recycling, lösungsmittelbasierte Aufreinigung und Fraktionierung) nicht weitergenutzt werden kann, steht für chemisches Recycling (Solvolyse, Pyrolyse und Gasifizierung) zur

Verfügung, stets mit dem Ziel des maximal möglichen Erhalts von Kohlenstoffverbindungen. Die thermische Verwertung am Ende der Kette ist damit eliminiert.

Blick auf Wirtschaftlichkeit und Regulierung

Die Projektpartner nehmen auch die ökonomische Bewertung einer neuen Recyclingprozesskette, beispielsweise Preise für CO₂-Zertifikate oder regulatorische Vorgaben, in den Blick. Für die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle werden dabei in einer ganzheitlichen Perspektive sowohl Prozesse in der Abfallwirtschaft als auch in der Chemieindustrie betrachtet und mit den heute etablierten Recyclingtechnologien kombiniert. Das Projektkonsortium wird zudem umfassende Ökobilanzstudien (LCA) für die einzelnen Recyclingtechnologien durchführen.

Beteiligte Institute und Einrichtungen

- Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS
- Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP
- Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS
- Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
- Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV

Kooperationen

Sie interessieren sich für eine Zusammenarbeit?

Während des gesamten Projekts werden die relevanten Branchen wie Abfallwirtschaft, Recyclinganlagenbau und -betrieb, chemische Industrie oder Kunststoffverarbeitung eng einbezogen, ebenso Verbände und Politik, beispielsweise im Rahmen eines Industriebeirats und von gemeinsamen Veranstaltungen. Ziel ist die zielgerichtete Erarbeitung von Geschäftsmodellen für Gesamt- und Teilergebnisse des Leitprojekts.



Schwerpunkte der Technologieentwicklung

- **Bewertungsmodell** auf Basis ökologischer, ökonomischer und technischer Kriterien
- **Sensorierung** durch materialsensitive Multisensordatenfusion, einschließlich Bewertung von Materialeigenschaften (u.a. Alterung, innere Struktur) und Eignung für schwarze Kunststoffe
- **Sortiertechnik** anhand gewähltem Kriterium (ökologisch, ökonomisch und technisch) mit Digitalem Zwilling als informationelles Rückgrat
- **Werkstoffliches Recycling** mit verbesserter Sortierqualität, Messung des Alterungszustands sowie Re-Additivierung
- **Chemisches Recycling** durch Pyrolyse und Gasifizierung
- **Formulierungsentwicklung** mit verkürzten Entwicklungszeiten durch kombinatorische Methoden (High Throughput)

Wir freuen uns
auf den Austausch mit Ihnen!

www.waste4future.fraunhofer.de



Kontakt

Prof. Dr. Anke Weidenkaff
Gesamtprojektleitung
Tel. +49 6023 32039-817
anke.weidenkaff@iwks.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Peter Michel
Technische Projektleitung
Tel. +49 345 5589-203
peter.michel@imws.fraunhofer.de

Dr. Katharina Hendrich
Projektmanagement
Tel. +49 6023 32039-862
katharina.hendrich@iwks.fraunhofer.de

Dr. Gert Homm
Leiter Teilprojekt »Entropiebasiertes
Bewertungsmodell«
Tel. +49 6023 32039 867
gert.homm@iwks.fraunhofer.de

Dr. Jörg Kleeberg
Leiter Teilprojekt »Chemisches
Recycling«
Tel. +49 345 5589-8216
joerg.kleeberg@imws.fraunhofer.de

Dr. rer. nat. Elke Metzsch-Zilligen
Leiterin Teilprojekt »Werkstoffliches
Recycling«
Tel. +49 6151 705-8609
elke.metzsch-zilligen@lbf.fraunhofer.de