

# Beitrag Kunststoff zur Kreislaufführung Kohlenstoff

Ulrich Schlotter

BKV-Symposium 2023

am 8. November 2023

Landesvertretung Rheinland-Pfalz in Berlin

# Zielstellung

- Ziel: Treibhausgasneutrale Chemie in 2045
- Kooperationsprojekt VCI und VDI
- Fact-finding-Projekt der BKV zum Szenario 3 „Kreislaufwirtschaft und Biomasse“

[www.vci.de/themen/energie-klima/chemistry4climate/chemistry4climate.jsp](http://www.vci.de/themen/energie-klima/chemistry4climate/chemistry4climate.jsp)



**BKV** KUNSTSTOFF  
KONZEPTE  
VERWERTUNG



# Mögliche Kohlenstoffquellen

## Recycling

Chemieprodukte werden „zurückgeholt“ und wiederverwendet  
mechanisch recycelt (Kunststoff zu Kunststoff)  
chemisch recycelt (Kunststoff zu neuem Rohstoff über Verflüssigung oder Vergasung)

## Biomasseeinsatz

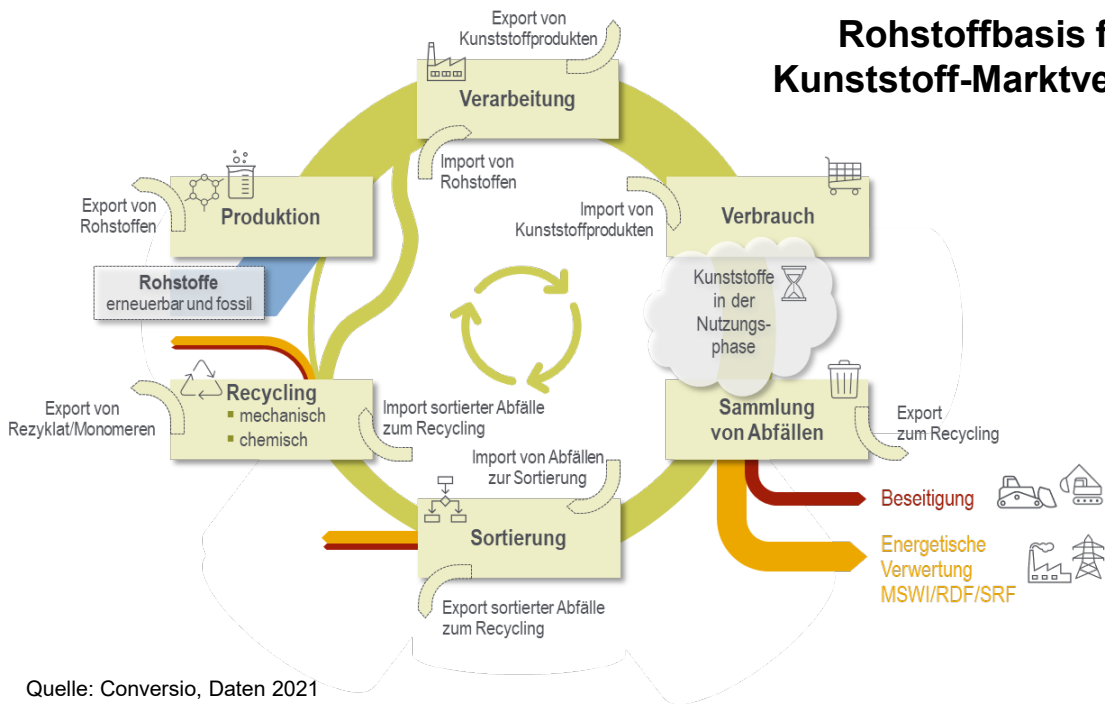
Nachwachsende Rohstoffe/Biomasse werden Direkt in Chemikalien umgewandelt  
Analog zum chemischen Recycling umgewandelt in flüssigen oder gasförmigen Rohstoff

## CO<sub>2</sub> als Rohstoff (+ Wasserstoff)

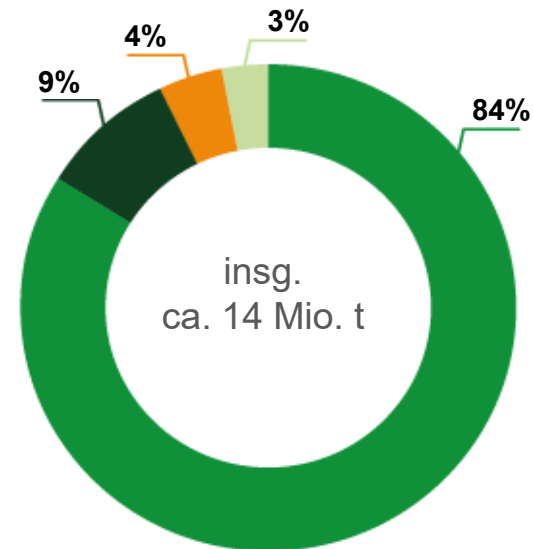
Kohlendioxid selbst wird Mit Wasserstoff zu Methanol (Ausgangsstoff für weitere Chemikalien) umgewandelt (MTO/MTA)  
Mit Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffen umgewandelt die als Öl-Ersatz dienen (Fischer-Tropsch) zum Einsatz im Cracker

# Kunststoff-Lebensweg

## Rohstoffbasis für die Kunststoff-Marktversorgung



Quelle: Conversio, Daten 2021



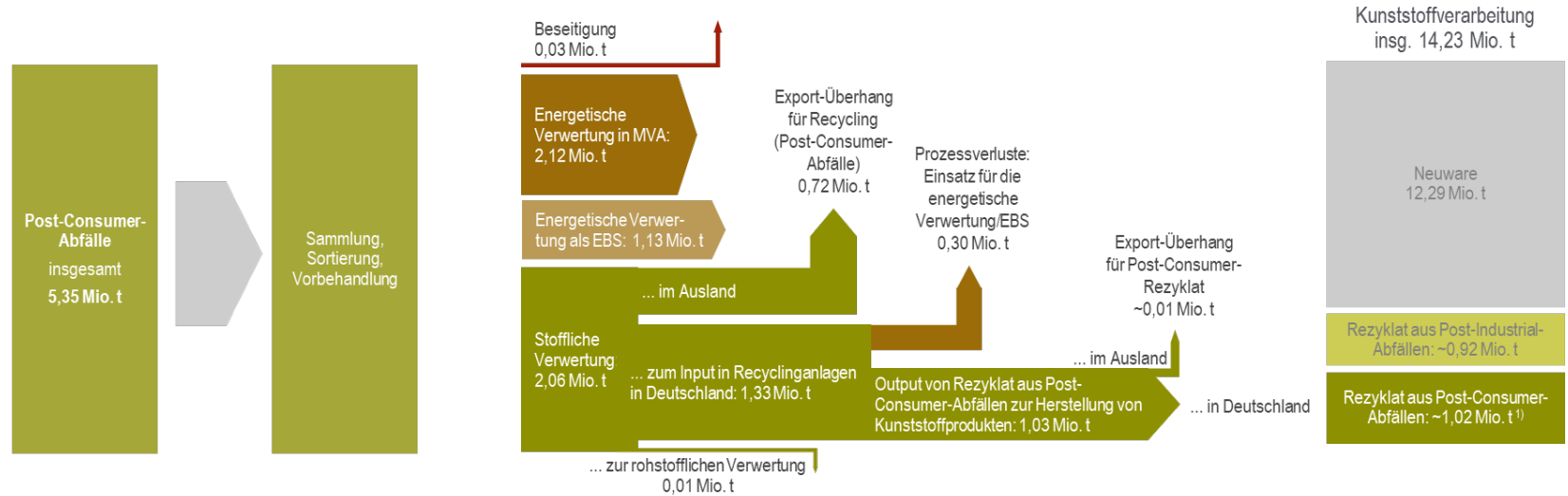
- Kunststoffe aus primärer Rohstoffbasis
- Rezyklate aus PC-Abfällen
- Nebenprodukte
- Rezyklate aus PI-Abfällen

# Post-Consumer-Kunststoffabfälle Deutschland 2019

Post-Consumer-  
Abfälle

Sammlung, Sortierung, Vorbehandlung und Verwertung  
von Post-Consumer-Abfällen

Einsatz von Kunststoffen  
in der Kunststoffverarbeitung



(Werte für Darstellung gerundet)

<sup>1)</sup> Inklusive ca. 0,15 Mio. t Rezyklat bei Recycleem mit eigener Produktherstellung

# Einsatz von Kunststoffrecycling

Ergänzung/Substitution von  
**Neuware** (Virgin Material) durch  
den **Einsatz von Rezyklat**

**Ca. 1,36 Mio. t  
Kunststoffrezyklat**  
(davon ~0,43 Mio.t  
aus Post-Consumer-Abfällen)

Substitution von Werkstoffen  
wie **Beton, Holz und Stahl**  
durch den **Einsatz von  
Rezyklat**

**Ca. 0,58 Mio. t Kunststoffrezyklat**  
(~100% aus Post-  
Consumer-Abfällen)

**Substitutionseffekte**  
durch Einsatz von  
Kunststoffrezyklat

(1,95 Mio. t, Rezyklat  
aus Post-Consumer-  
sowie Post-Industrial-  
Abfällen)

Substitution von  
Reduktionsmittel durch  
**rohstoffliches Recycling**

**Ca. 0,01 Mio. t  
Kunststoffabfälle**  
(Post-Consumer)

# Welche Abfallströme sind relevant für Kunststoffe



Vorläufiger Endbericht

## Kunststoffrelevante Abfallströme in Deutschland 2019

Erstellt für **BKV GmbH**

Mainzer Landstraße 55  
D-80329 Frankfurt am Main



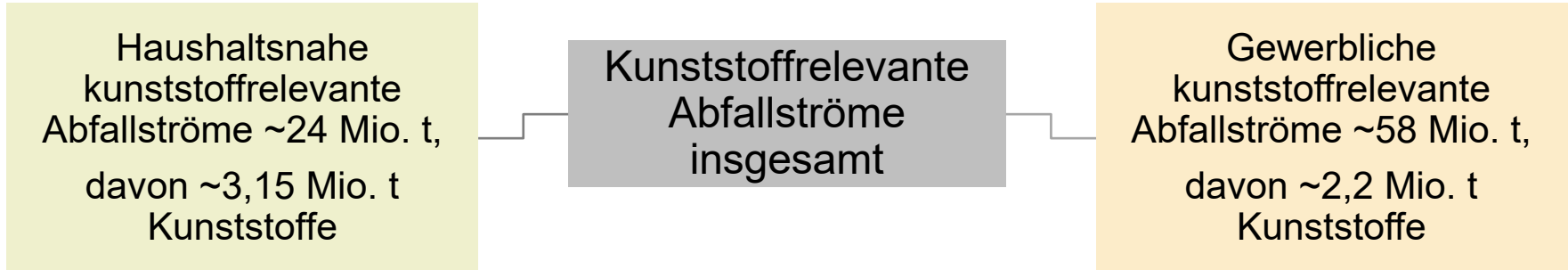
mit Unterstützung des **VDMA**  
Fachgemeinschaft Kunststoff- und Gummimaschinen

Lyoner Straße 18  
D-60528 Frankfurt a. Main



August 2020

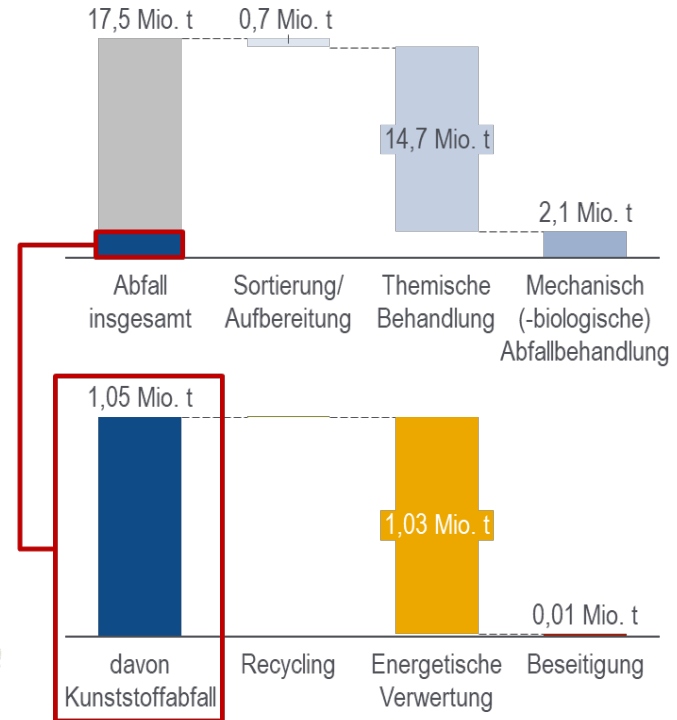
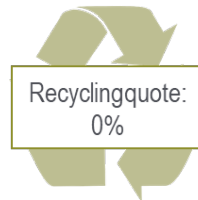
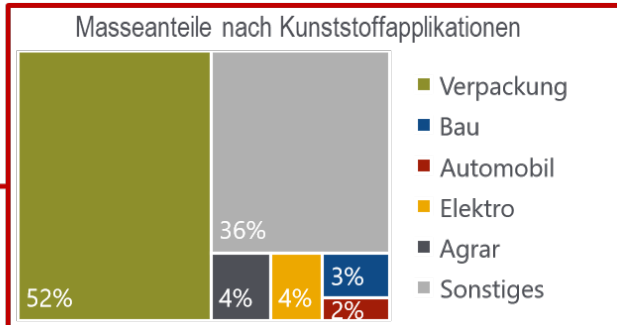
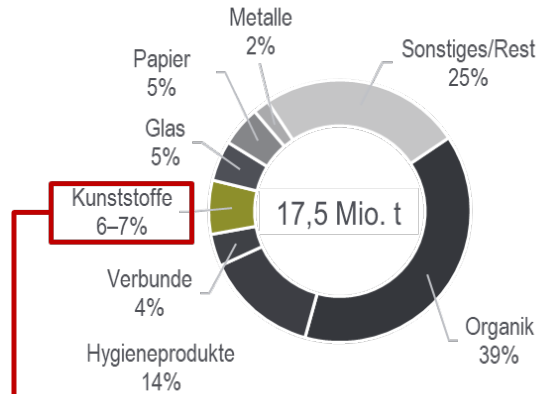
# Gesamtabfallaufkommen Endverbraucherabfälle sowie Kunststoffanteile 2019



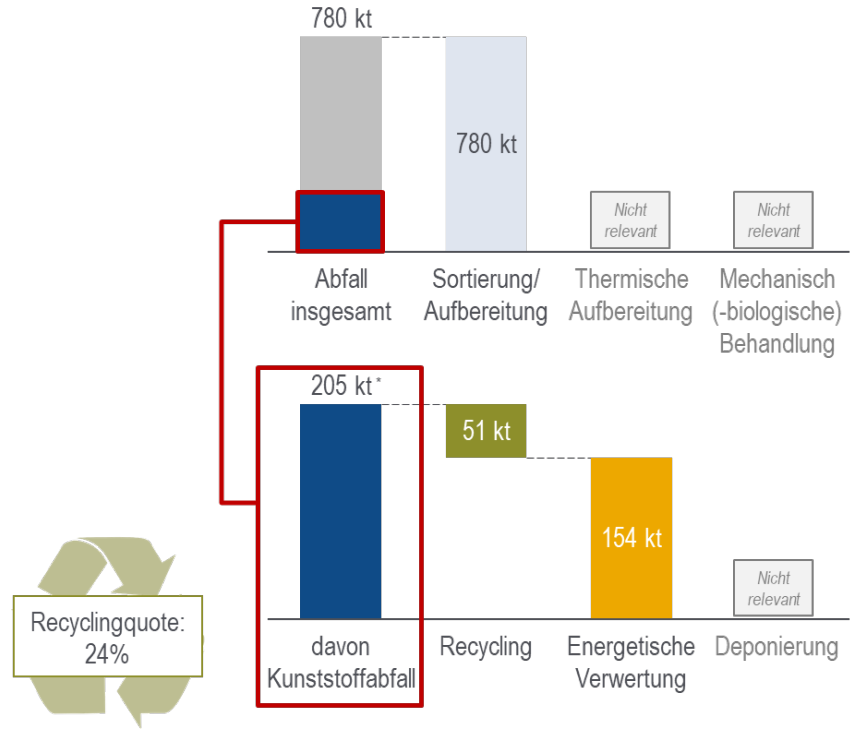
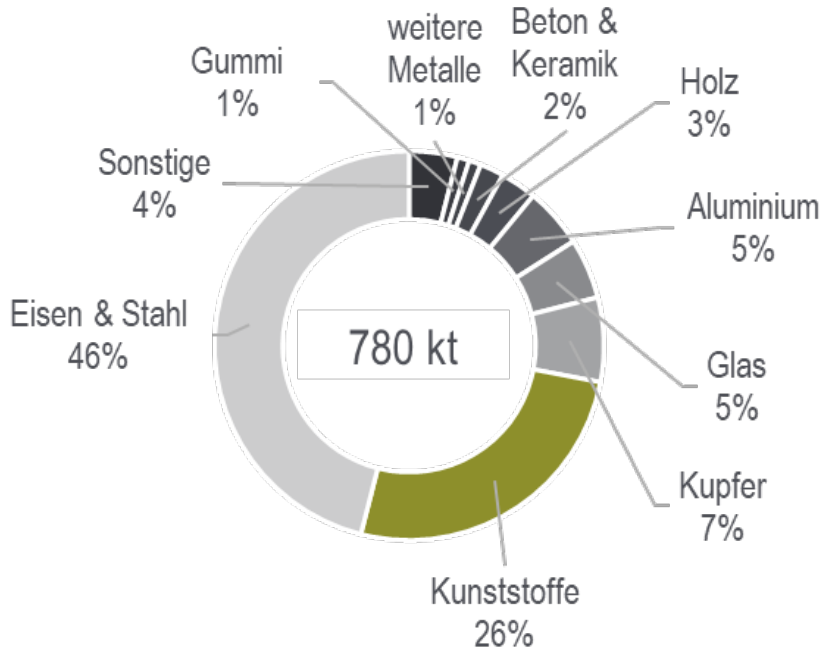
- In 82 Mio. t. Abfall sind ca. 5,4 Mio. t Kunststoff enthalten.  
Die Kunststoffkonzentration variiert, je nach Abfallstrom zwischen 2,6 % bis 96 %.
- Die Kunststofffracht variiert zwischen 0,085 bis 1,2 Mio. t.



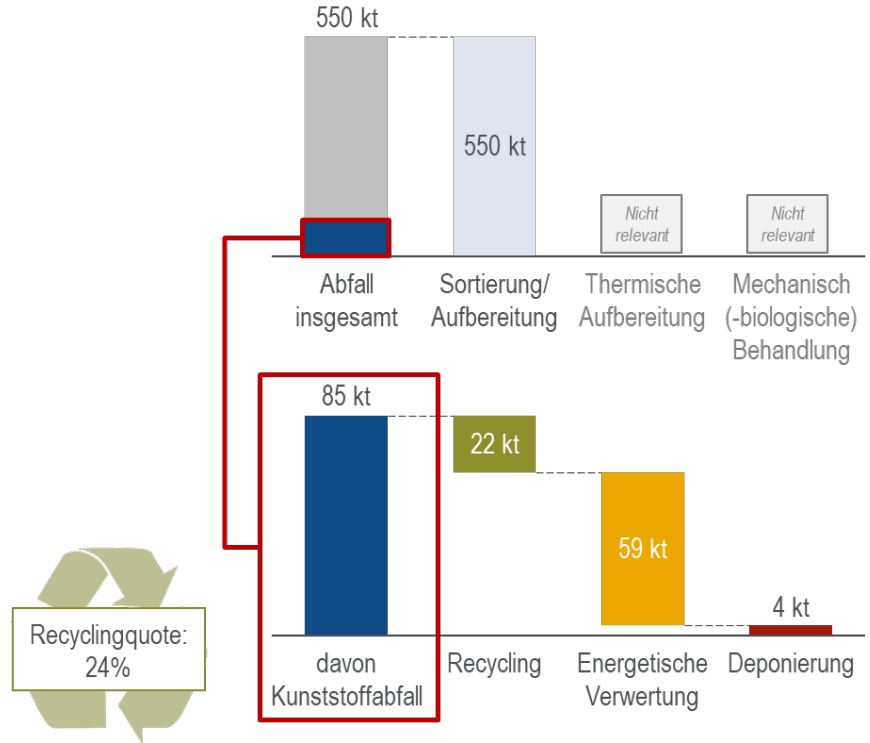
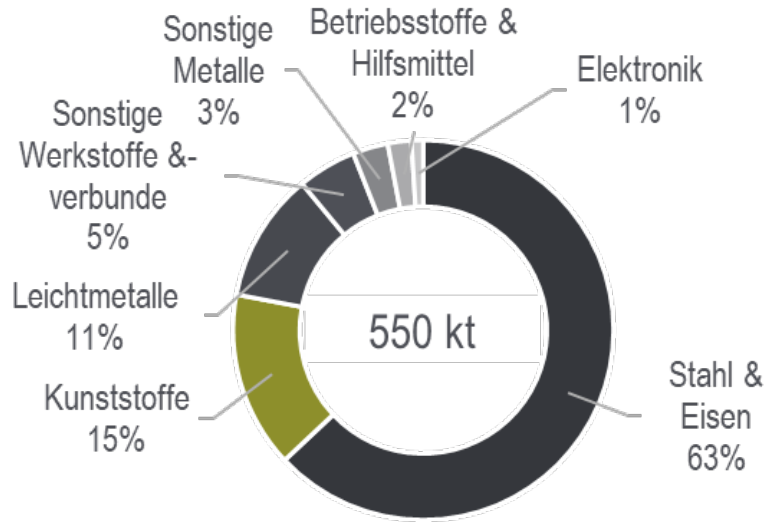
# Haushaltsnahe kunststoffrelevante Abfallströme



# WEEE - Sammlung



# Altfahrzeuge

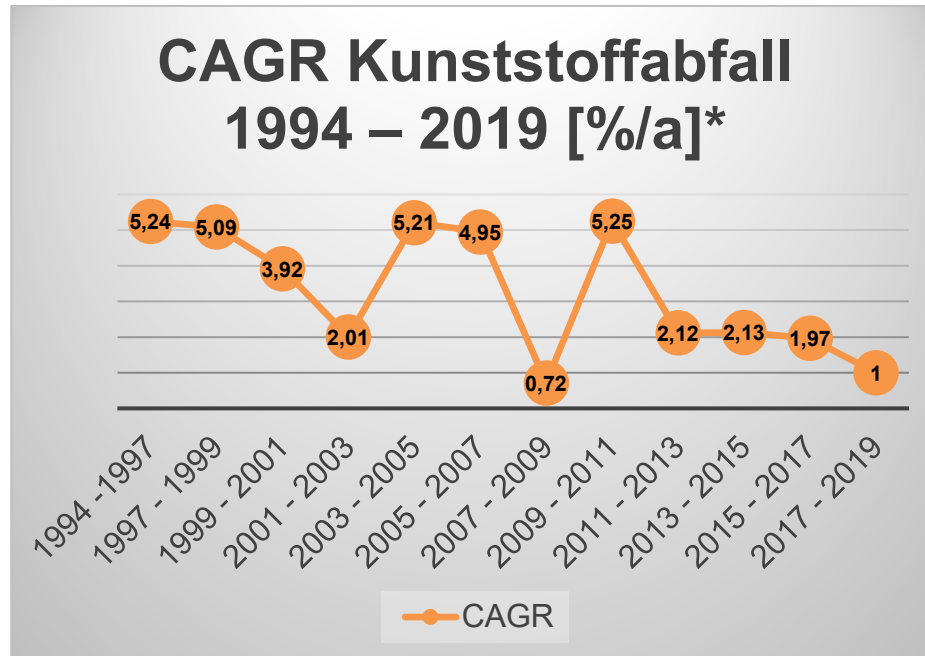


# Post-Consumer-Kunststoffabfälle Deutschland 2019

Haushaltsnahe kunststoffrelevante Abfallströme	Menge insgesamt	Anteil Kunststoff	Menge Kunststoff
Haushaltsrestmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	17.500 kt	6%	1.045 kt
LVP-Sammlung	2.750 kt	43%	1.175 kt
PET-Flaschensammlung (DPG / Petcycle)	460 kt	96%	440 kt
WEEE Sammlung	780 kt		
Spermüll und Wertstoffsammlung	2.750 kt		
<b>Insgesamt</b>	<b>24.240 kt</b>		

Gewerbliche kunststoffrelevante Abfallströme	Menge insgesamt	Anteil Kunststoff	Menge Kunststoff
Gewerbeabfälle über private Entsorger (Primärabfälle ohne Mineralik)	56.000 kt	2,16%	1.210 kt
Altfahrzeuge*	550 kt	15%	85 kt
Sammlungssysteme für gewerbliche Kunststoffverpackungen	900 kt	87%	780 kt
Sonstige Sammel- und Verwertungssysteme	200 kt	60%	120 kt
<b>Insgesamt</b>	<b>57.650 kt</b>	<b>4%</b>	<b>2.195 kt</b>

# Bewertung der Verfügbarkeit für das chemische Recycling- Abschätzung 2045



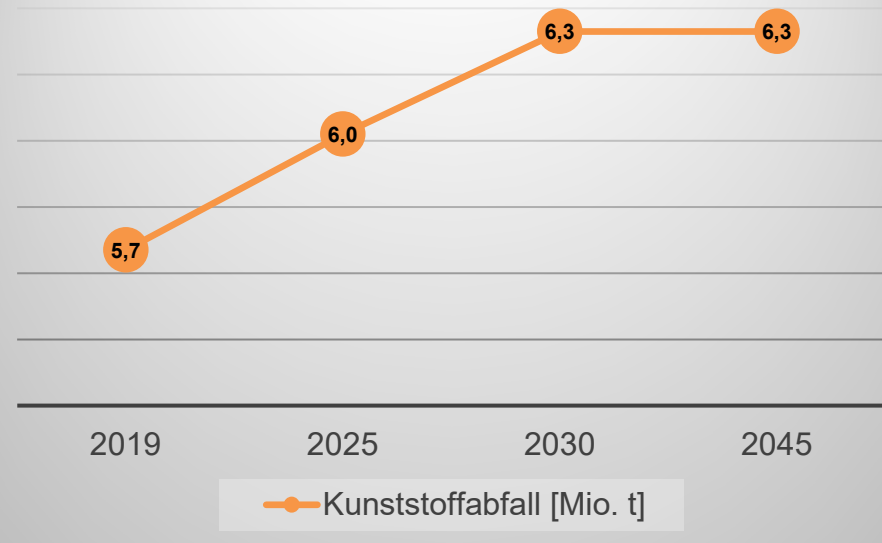
\* Quelle: Stoffstrombild Kunststoffe Deutschland, 2019

Das Aufkommen an Kunststoffabfall stieg bis 2011 mit Wachstumsraten von größer 5 % an. Seit 2011 flacht das Wachstum deutlich ab. Im Zeitraum von 2017 bis 2019 betrug das Wachstum der Abfallmenge nur noch 1 %. Auch in der Zeit vor Ausbruch der Pandemie betrug das Abfallwachstum nur ca. 2 % p. a. Vor diesem Hintergrund gehen wir von einem Abfallwachstum von ca. 1 % p.a. bis 2030 aus.

Nach 2030 sehen wir das Wachstum an Kunststoffabfällen in Deutschland bei 0 %.

# Bewertung der Verfügbarkeit für das chemische Recycling- Abschätzung 2045

## Kunststoffabfall 2019 - 2045



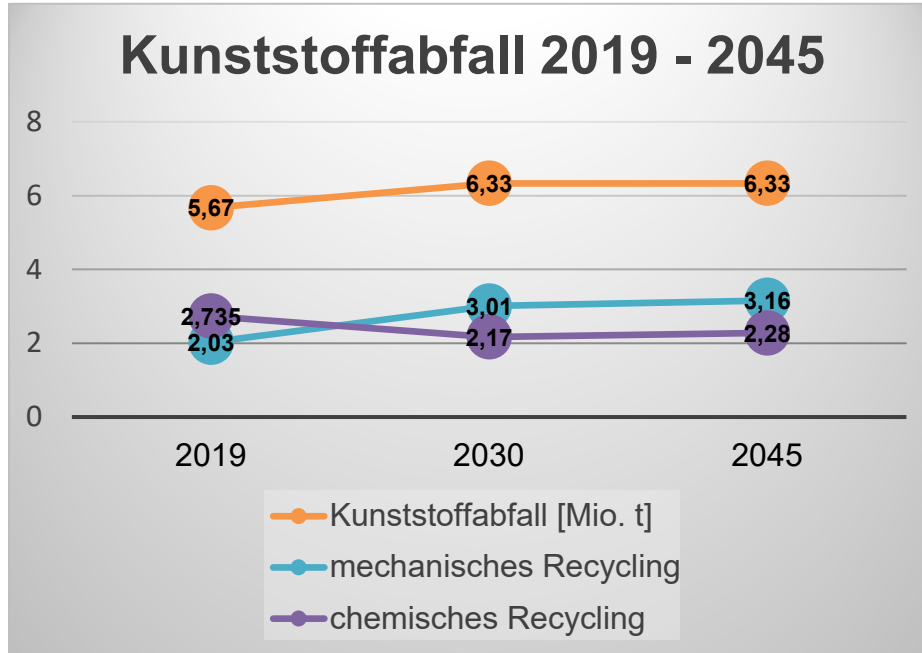
\* Quelle: Stoffstrombild Kunststoffe Deutschland, 2019

Absolut steigt das Aufkommen an Kunststoffabfällen von 2019 bis 2030 auf 6,3 Mio. t/a und verharrt auf dieser Menge bis 2045.

Unterschiedliche Treiber werden dazu führen, dass die Menge an mechanischem Recycling ebenfalls wächst:

1. Einführung von Rezyklateinsatzquoten
2. Einsatz verbesserter Aufbereitungstechnologien
3. Strukturelle Änderungen im Bereich des Kunststoffrecyclings

# Bewertung der Verfügbarkeit für das Recycling Abschätzung bis 2045



\* Quelle: Stoffstrombild Kunststoffe Deutschland, 2019

- Das mechanische Recycling wird sich auf nahezu 50 % der Kunststoffabfallmenge erhöhen.
- Dementsprechend sinkt das Potential für das chemische Recycling auf ca. 2,3 Mio. t/a.

Potential:

1. Polyolefine haben einen C-Gehalt von ~ 80 % wt.
2. Alle anderen Kunststoffe haben im Mittel einen C-Gehalt von ~ 53 % wt.
3. Polyolefine machen ~ 60 % der in den Abfallströmen enthaltenen Kunststoffen aus, andere Kunststoffe ca. 40 %.
4. Insgesamt könnten bei vollständiger Nutzung des Potentials für das chemische Recycling ~ 1,6 Mio. t C für die weitere stoffliche Nutzung bereitgestellt werden.


# Bewertung der Machbarkeit für das chemische Recycling; Grundlagen






# „Chemisches Recycling“: Potential für heterogene Mischabfälle

- Einordnung der unterschiedlichen technologischen Verfahren
- Untersuchungen: Technologie, Einbindung in Vor-/Nachbereitung, verschiedene heterogene Abfallströme, Stoffstrombilanzen, Kosten





**Study**  
“Thermal Processes for Feedstock  
Recycling of Plastics Waste”

Conducted by

KIT Karlsruher Institut für Technologie  
Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe

Conversio Market & Strategy GmbH  
Herderplatz 9  
55124 Mainz

Technologie	Vorbehandlung Einsatzstoff	Konversion	Produkt- aufbereitung	Produkt- verwendung
Vergasung	9	8	7	Methanol- Synthese
Pyrolyse	9	5 - 6	3	Steamcracker

- TRL 3: Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie
- TRL 5: Versuchsaufbau in Einsatzumgebung
- TRL 6: Prototyp in Einsatzumgebung
- TRL 7: Prototypsystem im Einsatz
- TRL 8: Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich
- TRL 9: Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes

- Ergebnis: Die betrachteten Technologien können ggü. energetischer Verwertung wettbewerbsfähig sein.

# „Chemisches Recycling“: Potential für heterogene Mischabfälle



Ausblick:

Wertschöpfungsketten für das klimaneutrale chemische Recycling von Mischkunststoffabfällen mittels skalierbarer Pyrolysetechnologie

Partner im Rahmen des Verbundvorhabens:



# Bewertung der Verfügbarkeit für das chemische Recycling, 2045

Ergebnis Chemistry4Climate:

1 t recycelter Kunststoff spart rund 14 MWh Strom und rund 0,5 t Wasserstoff

Entscheidend für die Einsparung ist dabei, dass durch das Recycling Chemierohstoffe oder Kunststoff ersetzt wird. Die Substitution von Holz, Beton oder anderer Werkstoffe trägt nicht zu der Einsparung bei.

Recycling von 5,44 Mio. t Kunststoff spart 76.160.000 MWh Strom.

1,05 Mio. t Kunststoffabfälle sind derzeit im Hausmüll und mit dem Hausmüll entsorgten Gewerbeabfällen enthalten und werden allein energetisch in Müllverbrennungsanlagen genutzt.

14.700.000 MWh Strom könnten zusätzlich eingespart werden, wenn diese mechanisch oder chemisch verwertet würden.

# Quellen

- “Thermal Processes for Feedstock Recycling of Plastics Waste“, KIT Karlsruher Institut für Technologie und Conversio Market & Strategy GmbH, 2018
- “KUBA – Nachhaltige Kunststoff-Wertschöpfungskette: Pilotfall Kunststoffe in Bauwirtschaft und Gebäuden“, DECHEMA, 2020
- “Bewertungsgrundlagen der Pyrolyse von gemischten Kunststoffabfällen“, KIT, 2021
- Forschungspolitische Empfehlungen – neue Verfahren und Konzepte, BKV / DECHEMA / PED / VCI, Frankfurt, 2021
- Stoffstrombild Deutschland 2019, Conversio, 2020 und Stoffstrombild Deutschland 2021, Conversio, 2022
- Beitrag von Kunststoffabfällen zur C-Versorgung der Chemie im Rahmen der VCI/VDI-Studie Cemistry4Climate
- Kunststoffsrelevante Abfallströme in Deutschland 2019



# Vielen Dank für Ihr Interesse !

BKV Newsletter:

<https://www.bkv-gmbh.de/bkv-newsletter.html>

Newsletter „Marine Litter“:

<https://www.bkv-gmbh.de/marine-litter-news.html>

Studien:

<https://www.bkv-gmbh.de/studien.html>

Follow us on  
**LinkedIn**®