

# Auswahl von Gütern und den entsprechenden Stoffströmen aus Kunststoffen

Factsheet

Ein Ergebnis des Themenfeldes 2 - Produkte und Wertschöpfungsketten - des Forschungsprojektes SCI4climate.NRW

**SCI4climate.NRW** ist ein vom Land Nordrhein-Westfalen unterstütztes Forschungsprojekt zur Entwicklung einer klimaneutralen und zukunftsfähigen Industrie im Jahr 2050. Das Projekt ist innerhalb der Initiative IN4climate.NRW verankert und repräsentiert die Seite der Wissenschaft. Das Projekt erforscht die technologischen, ökologischen, ökonomischen, institutionellen und (infra)-strukturellen Systemherausforderungen für produzierende Unternehmen in Nordrhein-Westfalen. Ein transdisziplinärer Prozess mit den Partnerinnen und Partnern aus der Industrie und Wissenschaft erarbeitet gemeinsam mögliche Pfade und deren Auswirkungen hin zu einer klimaneutralen Industrie.

### **Bibliographische Angaben**

Herausgeber: SCI4climate.NRW  
Veröffentlicht: 31.07.2019  
AutorIn/nen: Julia Schleier, Lehrstuhl für Operations Management, RWTH Aachen  
Balint Simon, Lehrstuhl für Operations Management, RWTH Aachen  
Grit Walther, Lehrstuhl für Operations Management, RWTH Aachen  
Kontakt: balint.simon@om-rwth-aachen.de  
Bitte zitieren als: SCI4climate.NRW 2020: *Auswahl von Gütern und den entsprechenden Stoffströmen aus Kunststoffen, Factsheet, Aachen*

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	3
1 Kunststoffe – Produkte der Grundstoffindustrie .....	4
1.1 Warum fokussieren wir uns zunächst auf Kunststoffe?.....	4
2 Anwendungsfelder .....	5
2.1 Wie werden Kunststoffe eingesetzt? Welche Güterbündel und Bedürfnisfelder sind zentral? Welche Marktentwicklungen sind identifizierbar? .....	5
2.1.1 Verpackungen.....	5
2.1.2 Bau.....	5
2.1.3 Automobil.....	6
3 Auswahlkriterien .....	6
3.1 Was sind die wesentlichen (nachfrageseitigen) Kriterien, um ökologisch und ökonomisch relevante Untersuchungsbereiche für Kunststoffe auszuwählen? .....	6
3.1.1 Mengenrelevante Kriterien .....	6
3.1.2 Ökologische Kriterien .....	6
3.1.3 Umsetzungsrelevante Kriterien.....	6
3.2 Wie können die Kriterien problemadäquat gewichtet werden? .....	7
4 Mengenrelevante Kriterien .....	7
4.1 Welche Kunststoffmengen sind entlang des Lebenszyklus der jeweiligen Güter(-bündel) relevant? 7	
4.1.1 Lebensdauer .....	7
4.1.2 Primärproduktionsmenge .....	7
4.1.3 Verarbeitungsmenge.....	8
4.1.4 Kunststoffverbrauch.....	9
4.1.5 Abfallaufkommen.....	9
4.1.6 Rezyklateinsatz .....	10
5 Ökologische Kriterien .....	10
6 Umsetzungsrelevante Kriterien.....	11
6.1 Relevanz für die verwertende Industrie.....	11
6.2 Relevanz für Praxispartner .....	11
6.3 Politische Rahmenbedingungen.....	11
7 Fazit .....	12
Literaturverzeichnis.....	14

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Anteile der Kunststofftypen an der Produktionsmenge in Deutschland 2017 [4].....	8
Abbildung 2: Anteile der Kunststoffarten nach Anwendungsfelder [4] .....	8
Abbildung 3: Anteile bestimmter Kunststoffe (KS) an der Gesamtverarbeitungsmenge aller Kunststoffe (VP + Rest) entsprechend ihrer Verarbeitung in Verpackungsanwendungen (VP) [4] .....	9
Abbildung 4: Primärkunststoffeinsatz, Rezyklateinsatz und Abfallaufkommen in Deutschland, 2017 (nach Conversio 2018) Ökologische Kriterien .....	10
Tabelle 1: Anteile der anwendungsspezifischen Verarbeitung von Kunststoffen .....	5
Tabelle 2: Klassifizierung der Nutzungsdauern .....	7
Tabelle 3: Kunststoffendverbrauch in Deutschland und Handelsbilanz 2017 [4] .....	9
Tabelle 4: Emissionen der Produktion (Nach Daten aus Ecoinvent 3.3) [8]; * Für die Einsatzmenge in Referenzjahr 2017 .....	10
Tabelle 5: Verwertungsanforderungen nach VerpackG .....	12

## 1 Kunststoffe – Produkte der Grundstoffindustrie

### 1.1 Warum fokussieren wir uns zunächst auf Kunststoffe?

Im Jahr 2017 beliefen sich die industriebedingten Treibhausgasemissionen in Nordrhein-Westfalen auf ca. 54,6 Mio. [t CO<sub>2</sub>-Äq.], was einem Anteil von ca. 20% der gesamten Treibhausgasemissionen in NRW entspricht. Zu diesen hohen industriebedingten Emissionen trugen insbesondere die Eisen und Stahl (21,9 Mio. t), Chemie Industrie (15,6 Mio. t) und Nichtmetallische Minerale (10,9 Mio. t) bei [1].

Im ersten Forschungsintervall wurde aus den genannten emissionsintensiven Industriezweigen zunächst die Chemieindustrie und hierbei insbesondere die Kunststoffindustrie ausgewählt, um in Themenfeld 2 Ansatzpunkte für CO<sub>2</sub>-Minderungen über den gesamten Lebenszyklus zu erarbeiten. Vor dem Hintergrund des anhaltenden Marktwachstums und der hohen internationalen Bedeutung kommt der CO<sub>2</sub>-Minderung und Ressourceneinsparung in der Kunststoffindustrie eine hohe Bedeutung zu.

Darüber hinaus weist die Kunststoffindustrie insbesondere bezüglich der Produktlebenszyklen und Wertschöpfungsketten Charakteristika auf, die Maßnahmen und Potenziale in Themenfeld 2 versprechen: Generell weisen Kunststoffe sowohl international als auch in NRW immer noch sehr geringe Recyclingquoten auf. Darüber hinaus weisen die Produkte (wie z.B. Verpackungen) häufig nur kurze Lebenszyklen auf, woraus eine hohe und hochfrequente Abfallerzeugung resultiert. Vor diesem Hintergrund bestehen wesentliche Potenziale zur Umsetzung Kreislauf schließender Maßnahmen in der Wertschöpfungskette bzw. im Lebenszyklus. Darüber hinaus verlangt die hohe Kohlenstoffbindung im Material bzw. im Produkt nach (Design-)Maßnahmen zur Verlängerung des Lebenszyklus und zur Kaskadennutzung.

Schätzungen zufolge wurden im Jahr 2017 weltweit 348 Millionen Tonnen Kunststoffe produziert. Das globale Marktwachstum liegt dabei zwischen 3,5 - 3,8% p.a. [2]. Eine relevante Menge zwischen 1,7-3,5 [t CO<sub>2</sub>-Äq.] THG je Tonne Kunststoff werden allein bei der Produktion freigesetzt. Darüber hinaus kann im Material gebundener Kohlenstoff zu einer verzögerten Freisetzung von THG-Emissionen von weiteren 1,4-3,5 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äq. pro Tonne Kunststoff am Ende des Lebenszyklus führen [3]. Das Aufkommen von Kunststoffabfällen wird weltweit auf dem gleichen Niveau wie die Produktion geschätzt. Damit weisen Kunststoffe ein sehr hohes Abfallpotenzial bei einer sehr kurzen Lebens- bzw. Nutzungsdauer auf.

Der deutsche Kunststoffproduktionsanteil belief sich auf 31% der gesamteuropäischen Produktion im Jahr 2017, während die kunststoffverarbeitende Industrie 14,4 Mio. Tonnen Granulate benötigte, darunter 1,8 Mio. Tonnen (12,3 Gew.-%) Recyclingmaterial [2, 4]. Der Rezyklateinsatz ist dabei bezeichnend niedrig.

Vor diesem Hintergrund sind Kunststoffe und daraus gefertigte Endprodukte wirtschaftliche Güter, die bezüglich ihrer Abfallintensität, ihres THG-Potentials und ihrer niedrigen Recyclingrate einen geeigneten Untersuchungsgegenstand für kreislaufwirtschaftliche Maßnahmen darstellen.

Für die Kunststoffindustrie erworbene Erfahrungen und entwickelte Modellansätze werden konsekutiv auf andere Güter, Industrien und Wechselwirkungen zwischen den Industrien angewandt.

## 2 Anwendungsfelder

### 2.1 Wie werden Kunststoffe eingesetzt? Welche Güterbündel und Bedürfnisfelder sind zentral? Welche Marktentwicklungen sind identifizierbar?

Die Einsatz- und Weiterverarbeitungsstruktur von Kunststoffen ist sehr vielfältig. Die Verarbeitung von Primärkunststoffen und Rezyklaten zu Kunststoffwaren kann in die Kategorien Halbfertigerzeugnisse (bspw. Platten und Profile), Verpackungsmittel (bspw. Flaschen und Säcke), Baubedarfsartikel (bspw. Bodenbeläge) und sonstige Kunststoffwaren (bspw. Spritzgussteile) eingeordnet werden. Trotz der großen Produktdiversifizierung lassen sich ca. 50% der Stoffströme von Kunststoffen in Deutschland durch eine anwendungsspezifische Betrachtung der Standardkunststoffe abbilden. Dabei gehören zu den mengenmäßig wichtigsten Anwendungsbereichen industrielle und konsumnahe Verpackung, Bau und Automobil. Die Einsatzstruktur in Deutschland deckt sich dabei weitestgehend mit der europäischen Struktur (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Anteile der anwendungsspezifischen Verarbeitung von Kunststoffen

	Europa [2] (in %)	Deutschland [4] (in %)
<b>Verpackung</b>	39,3	30,5
<b>Bau</b>	19,7	24,4
<b>Automobil</b>	10,0	11,2
<b>Elektronik/Elektro</b>	6,2	6,3
Rest	24,8	27,6

#### 2.1.1 Verpackungen

In Deutschland wurde im Jahr 2017 nahezu ein Drittel der Verarbeitungsmenge von Kunststoffen für die Herstellung von Verpackungen verwendet (siehe

Tabelle 1). Kunststoffe werden in allen Packmittelgruppen eingesetzt, während ein Großteil zur Herstellung von Verpackungsfolien mit anteilig 38% im Jahr 2018 eingesetzt wurde. [4] Die Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. prognostiziert für dasselbe Jahr einen Anstieg der Produktionsmenge um knapp 3%. [5] Damit repräsentiert der Markt für Kunststoffverpackungen einen der stärker wachsenden Einsatzbereiche für Kunststoffe. Dafür gibt es unterschiedliche Gründe. Zum einen erfüllen Kunststoffe im Bereich der Lebensmittelverpackung eine wichtige Konservierungsfunktion. Zum anderen führt die Zunahme des Onlinehandels und des Außer-Haus-Verzehrs von Lebensmitteln zu einer starken Zunahme der eingesetzten Massen und der Abfallmassen. Verpackungskunststoffe erreichen zudem aufgrund ihrer kurzen Nutzungsdauer von im Durchschnitt weniger als einem Jahr verhältnismäßig schnell das Ende des Produktlebenszyklus und treten in den Verwertungskreislauf ein.

#### 2.1.2 Bau

Zu den größten Einsatzfeldern für Kunststoffe im Baubereich zählen Klimatechnik, Rohre und Fenster. Im Jahr 2017 wurden ca. 25 % der Verarbeitungsmenge von Kunststoffen im Baubereich eingesetzt. Dieser verarbeitet gleichzeitig den größten Anteil an Rezyklaten (vgl. Abbildung 4). Der Kunststoffbedarf wird maßgeblich durch Standardkunststoffe, hauptsächlich durch Polyolefine (26%) und PVC (40%) gedeckt. [4]

### 2.1.3 Automobil

Die Einsatzstruktur im Automobilbereich gestaltet sich heterogen. So finden sich neben großen Kunststoffbauteilen, die zumeist aus wenigen Kunststoffsorten gefertigt werden, auch Kleinstbauteile, wie Ummantelungen von Elektronik oder in den Textilien der Sitzpolster verarbeitete Kunststofffasern. Insbesondere im Fahrzeugleichtbau nimmt die Bedeutung von Kunststoffen und Verbund-Kunststoffen als Werkstoff zu, um nicht ausgeschöpfte Gewichteinsparungspotentiale für das Ex- und Interieur erzielen zu können. Nach Abschätzungen durch PROGROS könnte sich der Kunststoffanteil in PKWs dadurch bis zum Jahr 2030 auf bis zu 30% verdoppeln. [6]

## 3 Auswahlkriterien

### 3.1 Was sind die wesentlichen (nachfrageseitigen) Kriterien, um ökologisch und ökonomisch relevante Untersuchungsbereiche für Kunststoffe auszuwählen?

Um die Potentiale kreislaufwirtschaftlicher Maßnahmen sowie deren ökologische und ökonomische Auswirkungen zu analysieren, zeigen die Ausprägungen folgender Kriterien für die Güter(-bündel) und deren Kunststoffströmen in den identifizierten Anwendungsfeldern Verpackungen, Bau und Automobil eine hohe Relevanz auf:

#### 3.1.1 Mengenrelevante Kriterien

Faktoren, welche das Potential von Kreislaufmaßnahmen hinsichtlich der, dem Verwertungskreislauf zuführbaren und aufnehmbaren Menge für einzelne Güter(-bündel) beeinflussen können.

- Primärproduktionsmenge
- Einsatzmenge in der verarbeitenden Industrie
- Kunststoffverbrauch und Abfallaufkommen
- Rezyklateinsatz
- Durchschnittliche Lebensdauer der Produkte

#### 3.1.2 Ökologische Kriterien

Faktoren, welche das Potential zur Reduktion von Umweltbelastungen von Kreislaufmaßnahmen entlang des Lebenszyklus hinsichtlich ihrer Lastausprägung für einzelne Güter(-bündel) beeinflussen können.

- Umweltbelastung (GWP)

#### 3.1.3 Umsetzungsrelevante Kriterien

Faktoren, welche das Potential der Implementierung hinsichtlich einer wirtschaftlichen Umsetzung von Kreislaufmaßnahmen für einzelne Güter(-bündel) beeinflussen können.

- Relevanz für Grundstoffindustrie
- Relevanz für Praxispartner (IN4climate.NRW)
- Politische Rahmenbedingungen

### 3.2 Wie können die Kriterien problemadäquat gewichtet werden?

Zur Identifikation von Hotspots entlang der Wertschöpfungskette werden in Themenfeld 2 die Stoffströme in NRW bestimmt, die das größte Potential zur Minderung der absoluten, erwarteten Umweltbelastungen (in Form des GWP) aufweisen und für die ökonomisch umsetzbare Kreislaufstrategien in Aussicht stehen. Das Potential wird hierbei in erster Linie bestimmt durch die von Transformationsprozessen beeinflussbaren Emissionsmengen. Bei der Auswahl fallen besonders die mengenrelevanten Kriterien ins Gewicht.

## 4 Mengenrelevante Kriterien

### 4.1 Welche Kunststoffmengen sind entlang des Lebenszyklus der jeweiligen Güter(-bündel) relevant?

#### 4.1.1 Lebensdauer

Die durchschnittliche Nutzungsdauer der Güter in denen Kunststoffe eingesetzt werden spielt eine zentrale Rolle. Es kann zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Lebensdauern unterschieden werden. Für die drei Hauptanwendungsbereiche kann die durchschnittliche Nutzungsdauer wie folgt klassifiziert werden. [7]

Tabelle 2: Klassifizierung der Nutzungsdauern

	Zeitraum	Beispiel
<b>Kurzfristig</b>	Bis 1 Jahr	Lebensmittelverpackungen
<b>Mittelfristig</b>	> 1 Jahr < 10 Jahre	Kunststoffe im Automobil
<b>Langfristig</b>	> 10 Jahre	Kunststoffe im Baubereich

Die Nutzungsdauer wirkt sich auf die Zusammensetzung der Abfallströme eines Jahres der jeweiligen Anwendungsfelder aus. So fallen Verpackungen aufgrund ihrer kurzen Nutzungsdauer im gleichen Jahr als Abfallstoff an. Damit lässt sich die materielle Zusammensetzung der Abfallströme für Kunststoffverpackungen verhältnismäßig sicher gegenüber Automobil- und Bauanwendungen von der Verbrauchsmenge ableiten.

#### 4.1.2 Primärproduktionsmenge

Gemäß der Aufteilung der Primärproduktionsmenge nach Kunststoff in Deutschland für das Jahr 2017 (vgl. Abbildung 1) dominieren die Standardkunststoffe Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC) die Produktionsstruktur mit einem kumulierten Anteil an der Gesamtmenge von etwa 62%. Die Produktion erfolgt weitestgehend großskalig und an wenigen Industriestandorten zentriert (vornehmlich in Anbindung an Chemieparcs). Wird die Substitution fossiler Rohstoffquellen bei der Produktion von Primärkunststoffen durch Rohstoffe aus nicht-fossilen Quellen beabsichtigt, gibt die Entwicklung der Produktionsmenge von Kunststoffen Hinweise über das direkte und indirekte Aufnahmepotential für Rohstoffe aus chemischen Recyclingverfahren (bspw. Monomerrecycling).

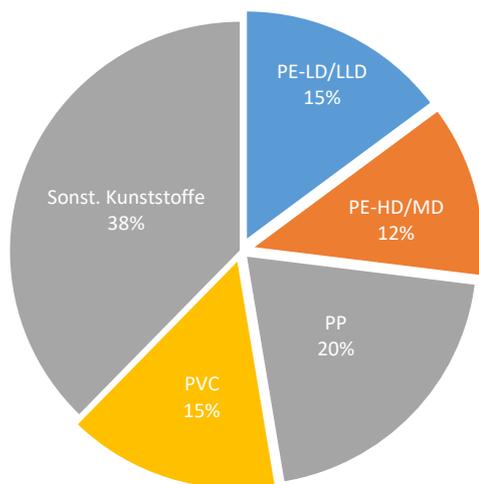


Abbildung 1: Anteile der Kunststofftypen an der Produktionsmenge in Deutschland 2017 [4]

#### 4.1.3 Verarbeitungsmenge

Kreislaufwirtschaftliche Maßnahmen werden mit dem Ziel angewendet, den Anteil aufbereiteter Abfallstoffe nach der Nutzungsphase bei der Herstellung neuer Produkte zu erhöhen. Sie stellen dadurch ein hohes Potential zur Ressourceneinsparung und Vermeidung von Umweltwirkungen mittels Substitution von primären Rohstoffen dar. Für eine weitreichende Realisierung möglichst hochwertiger Kreislaufschlüsse ist das Aufnahmepotential für Rezyklate in den einzelnen Verarbeitungszweigen ausschlaggebend. Abbildung 2 zeigt auf, dass in den Anwendungsfeldern Verpackung, Bau und Automobil in großen Teilen Polyolefine, PET und PVC weiterverarbeitet werden könnten.

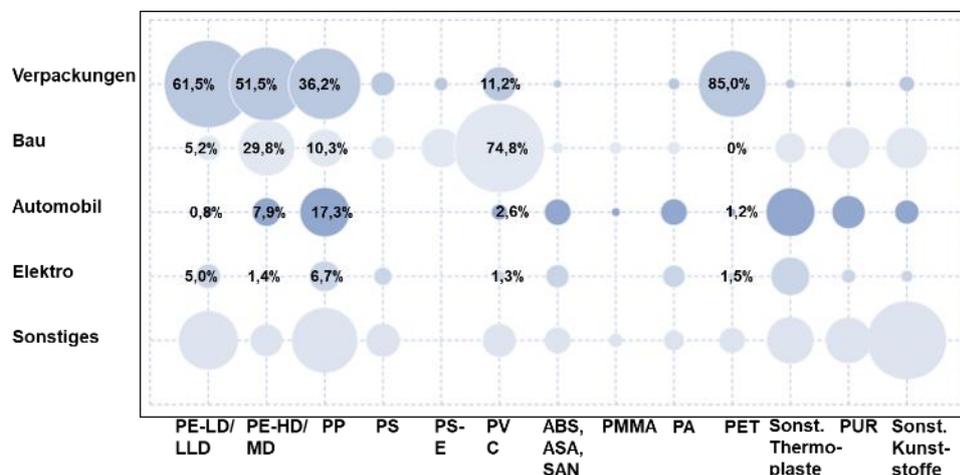


Abbildung 2: Anteile der Kunststoffarten nach Anwendungsfelder [4]

Für Kunststoffverpackungen werden mit etwa 94% fast ausschließlich die Standardkunststoffe PE, PP, PET und PVC verarbeitet (vgl. Abbildung 3). Für diese Kunststoffe - ausgenommen PVC - stellen Verpackungen gleichzeitig das mengenmäßig größte Einsatzgebiet dar. So werden respektive 61,5%, 36,2%, 85%, 11,2% der Gesamtverarbeitungsmenge von PE-LD/LLD, PE-HD/MD, PP, PET und PVC in Verpackungsanwendungen verarbeitet (siehe Abbildung 2). Durch die Fokussierung auf den Einsatzbereich Verpackungen im Betrachtungsraum Deutschland würden bereits 30,5% der nationalen,

kunststoffbasierten Stoffströme betrachtet werden können. Hierbei sind 94% durch Standardkunststoffe darstellbar, zu denen stoffstromrelevante Informationen vorhanden sind.

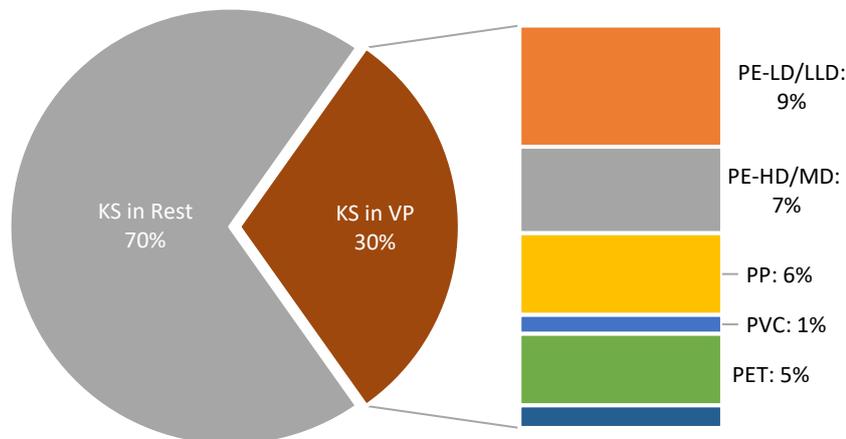


Abbildung 3: Anteile bestimmter Kunststoffe (KS) an der Gesamtverarbeitungsmenge aller Kunststoffe (VP + Rest) entsprechend ihrer Verarbeitung in Verpackungsanwendungen (VP) [4]

Abbildung 3 fasst die Anteile der einzelnen Kunststoffe an der Gesamtverarbeitungsmenge zusammen, die auf Verpackungsanwendungen entfallen. So waren beispielsweise 16% aller in Deutschland im Jahr 2017 verarbeiteten Kunststoffe Polyethylene mit Einsatz in Verpackungsanwendungen.

#### 4.1.4 Kunststoffverbrauch

Tabelle 3 weist aus, dass der Anteil der Kunststoffe in Verpackungsanwendungen ca. 27% des Kunststoffendverbrauchs in Deutschland im Jahr 2017 bildete. Dem Exportüberhang von (leeren) Kunststoffverpackungen entsprechend liegt der Anteil an der Gesamtverbrauchsmenge 4% unter dem Anteil an der Verarbeitungsmenge. Die Produkte der Anwendungsfelder Bau und Automobil weisen ebenfalls einen Exportüberschuss aus.

Tabelle 3: Kunststoffendverbrauch in Deutschland und Handelsbilanz 2017 [4]

	Kunststoffendverbrauch	Handelsbilanz
<b>Verpackung</b>	26,5%	- 28%
<b>Bau</b>	22,4%	- 25%
<b>Automobil</b>	9,3%	- 32%
<b>Elektro</b>	8%	
<b>Rest</b>	33,8%	

#### 4.1.5 Abfallaufkommen

Das Abfallaufkommen in Deutschland belief sich im Jahr 2017 für Verpackungskunststoffe auf mehr als das Sechsfache von Kunststoffen aus Bauabfällen und mehr als die dreizehnfache Menge von Abfallkunststoffen aus Fahrzeugen (siehe Abbildung 4). Dies zeigt einen erheblichen Unterschied in der Menge zu verwertender Kunststoffmassen, welche potenziell im Rahmen von Kreislaufmaßnahmen zur Verfügung stünden. Aus der kurzen Nutzungsdauer resultiert für Verpackungen innerhalb eines Jahres ein hohes Abfallaufkommen und dadurch große unmittelbare Umwelteinwirkungen (vgl. Tabelle 2).

#### 4.1.6 Rezyklateinsatz

Abbildung 4 lässt eine deutliche Diskrepanz zwischen dem geringen Anteil von Rezyklat an der Verarbeitungsmenge von Kunststoffen und dem hohen Abfallaufkommen erkennen. Lediglich 12,9% der in Verpackungsabfällen anfallenden Kunststoffe, werden direkt als Rezyklat in Verpackungsanwendungen weiterverarbeitet. Dies wird teilweise den hohen Qualitätsanforderungen an den Werkstoff zugeschrieben, insbesondere im Bereich der Lebensmittelverpackungen. Das Verhältnis weist auf ein Potential zur Steigerung der Materialeffizienz hin. Demgegenüber übersteigt der Rezyklateinsatz im Baubereich mengenmäßig das Abfallaufkommen um mehr als die Hälfte.

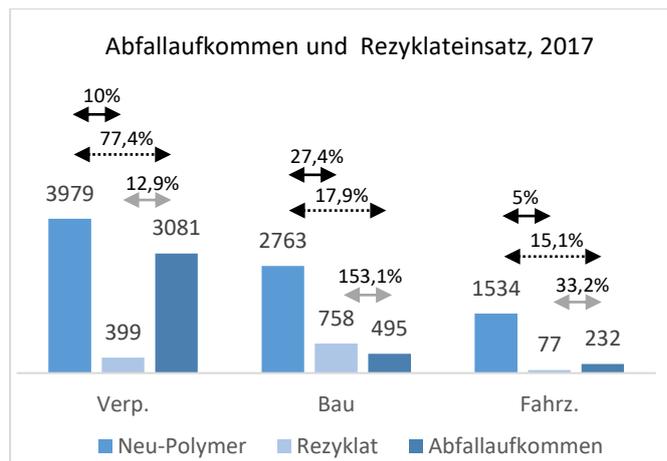


Abbildung 4: Primärkunststoffeinsatz, Rezyklateinsatz und Abfallaufkommen in Deutschland, 2017 (nach Converso 2018) Ökologische Kriterien

## 5 Ökologische Kriterien

Neben der mengenrelevanten Betrachtung von Kunststoffen, stellt das Global Warming Potential (GWP) ein relevantes Kriterium bei der Auswahl kritischer Stoffströme dar. Bei der Produktion, der in Verpackungsanwendungen maßgeblich eingesetzten Kunststoffe (siehe Abbildung 3) werden Treibhausgasemissionen zwischen 1.853 [kg CO<sub>2</sub>-Äq./t] und 2.955,1 [kg CO<sub>2</sub>-Äq./t] freigesetzt (siehe Tabelle 4). Damit stellt insbesondere PET, dessen Verarbeitungsmenge im Jahr 2017 zu 85% in Verpackungen eingesetzt wurde, den Kunststoff dar, der in der Produktion des Primärkunststoffes selbst mit dem höchsten Emissionswert in Verbindung gebracht wird. Als besonders emissionsintensiv stellt sich darüber hinaus Polyamid mit einer Menge von 8.655,95 [kg CO<sub>2</sub>-Äq./t] dar.

Tabelle 4: Emissionen der Produktion (Nach Daten aus Ecoinvent 3.3) [8]; \* Für die Einsatzmenge in Referenzjahr 2017

Kunststoff	THG [kg CO <sub>2</sub> -Äq./t]
PE-LLD*	1.853,9
PE-LD*	2.103,3
PE-HD*	1.948,6
PP*	1.982,8
PET*	2.955,1
PVC	2.211,5
PS	3.382,9
EPS	5.800
PA	8.655,95
PUR	2.653,2

Eine Abschätzung des GWP in [kt CO<sub>2</sub>-Äq.] weist für die deutsche Gesamtmenge der in Verpackungen im Referenzjahr 2017 eingesetzten Kunststoffe ein GWP von ca. 6.300 [kt CO<sub>2</sub>-Äq.] auf. Demgegenüber stehen 4.700 [kt CO<sub>2</sub>-Äq.] im Bau- und 2.800 [kt CO<sub>2</sub>-Äq.] im Automobilbereich.

## 6 Umsetzungsrelevante Kriterien

### 6.1 Relevanz für die verwertende Industrie

Abfallkunststoffe werden im Rahmen der energetischen Verwertung in der Zementindustrie als Ersatzbrennstoff und im Rahmen der rohstofflichen Verwertung in der Stahlindustrie als Reduktionsmittel eingesetzt. Bei einer vermehrt stofflichen Nutzung von Altkunststoffen im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) sind die Wechselwirkungen durch den Substitutionsbedarf zu diesen Industriebranchen zu berücksichtigen. In der Stahlindustrie werden vor allem Abfälle eingesetzt, die zum einen aus der separat erfassten Sammlung haushaltsnaher und kommerzieller Kunststoffverpackungen und zum anderen aus der Schredderleichtfraktion von Altfahrzeugen stammen. Als Ersatzbrennstoff in der Zementindustrie werden Kunststofffraktionen aus Industrie- und Gewerbeabfälle, aus Siedlungsabfällen und Altreifen eingesetzt. [9, 10]

### 6.2 Relevanz für Praxispartner

Für die an der Initiative IN4climate.NRW teilnehmenden Unternehmen der chemischen Industrie haben Überlegungen zur Kreislaufführung von Kunststoffen in einer Kreislaufwirtschaft besonderes strategisches Gewicht. Kunststoffe werden daher im Rahmen der Arbeitsgruppe *Circular Economy* hinsichtlich ihres Potentials als alternative Rohstoffquellen untersucht. Im Rahmen des chemischen Recyclings werden Kunststoffabfälle als Rohmaterial für Raffinerieprozesse der petrochemischen Industrie genutzt, hierbei erfolgt deren Umwandlung zu Endprodukten wie Brennstoffen, Basischemikalien und neuen Kunststoffen. Durch qualitativ hochwertige Endprodukte kann chemisches Recycling neue Absatzmöglichkeiten für bisher nicht rezyklierbare Kunststoffabfälle erschließen und damit das klassische, mechanische Recycling ergänzen. Im Rahmen einer technologischen Ausrichtung hin zu „Waste2Chemicals“, der Wiedergewinnung von Chemikalien aus Abfallstoffen, deutet sich an, dass die Abfallströme von Kunststoffverpackungen aufgrund ihrer kurzen Lebensdauer relevant sein könnten. Demgegenüber fallen Kunststoffabfälle aus den Einsatzfeldern Automobil und Bau aufgrund der branchenspezifischen Charakteristika nicht nur geographisch verschoben (~70% Exportanteil stillgelegte Kraftfahrzeuge) sondern im Bau teilweise heterogen, im Verbund oder verunreinigt an. Insbesondere in Bezug auf letzteres gilt es den Rückbau durch effiziente Sammlungs-, Sortier- und Rückführkonzepte zu stärken, um ein effizientes Kunststoffrecycling zu ermöglichen. [10]

### 6.3 Politische Rahmenbedingungen

Die Folgen der bisher linearen Nutzungsstruktur von Kunststoffen werden in der Europäischen Union bereits seit dem Vorlegen des Kreislaufwirtschaftspaketes und dem daraus resultierenden Aktionsplan der EU für eine Kreislaufwirtschaft seit 2015 eingehend thematisiert. [11]

Mit der Erarbeitung der Europäischen Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft hat die Europäische Kommission 2019 ihr Bestreben, die Herstellung und Verwendung von Kunststoffen nachhaltig zu gestalten und zeitgleich die assoziierte Wertschöpfung zu steigern, konkretisiert. Die Strategie formuliert das Ziel, alle Kunststoffverpackungen auf kostenwirksame Weise wiederverwendbar oder recyclingfähig zu gestalten, u.a. durch ein verändertes Produktdesign. Als Maßnahmen werden

außerdem der Ausbau einer leistungsfähigen Recyclinginfrastruktur, die Ermöglichung der Nachverfolgbarkeit der Materialflüssen und die Entwicklung gemeinsamer Standards bei der Sammlung und Sortierung von Kunststoffabfällen angeführt. [12]

Die Umsetzung in deutsches Recht wurde durch anwendungsspezifische Richtlinien wie das Verpackungsgesetz (VerpackG) vollzogen. Darin festgelegte Quoten für eine werkstoffliche Verwertung (Vorbereitung zur Wiederverwendung oder Recycling) von Kunststoffverpackungen sind in 5 aufgeführt. [13]

Tabelle 5: Verwertungsanforderungen nach VerpackG

	Vor 2019	Ab 2019	Ab 2022
<b>Kunststoffe</b> (werkstoffliche Verwertung)	36%	58,5%	63%

Zudem wurde mit dem von China 2018 verhängten Einfuhrverbot für Abfallkunststoffe die Möglichkeit eingeschränkt, Kunststoffabfälle dorthin zu exportieren. Betroffen sind davon maßgeblich Polymergruppen (Polyolefine und PET), die in Lebensmittelverpackungen eingesetzt werden, da 89% dieser bis 2018 nach China exportiert wurden. Dadurch rücken diese Fraktionen bei der Suche nach verbesserten die Verwertungsmaßnahmen in den Fokus. [14]

## 7 Fazit

Für die Bewertung der Kunststoffströme wurde für erste Forschungsarbeiten eine Priorisierung zu Gunsten des Einsatzfeldes Verpackungen gewählt, da mit dieser Fokussierung insgesamt 30,5% des Masseanteils aller in den Verkehr gebrachten Kunststoffe erfasst werden. Gleichzeitig besteht das anfallende Post-Consumer Abfallaufkommen von Kunststoffen zu etwa 60% aus Verpackungskunststoffen (vgl. Jahr 2017). [4]

Einfache Abschätzungen zeigen, dass bei einer Gesamtproduktionsmenge von 6,6 Millionen Tonnen Kunststoffen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2018 analog zum nationalen Verarbeitungsschlüssel 2,3 Mt Kunststoffe in Kunststoffverpackungen eingesetzt wurden. Mit der Produktion der darin verarbeiteten Primärkunststoffe werden Emissionen von etwa 2,3 [kg CO<sub>2</sub>-Äq./kg] assoziiert (vgl. Tab. 4). [8, 15] Zusätzlich sind im Durchschnitt 2,7 [kg CO<sub>2</sub>-Äq. /kg] durch den enthaltenen Kohlenstoff im Material gebunden, die bei der Verwertung der Kunststoffverpackungsabfälle (unmittelbar) freigesetzt werden. [16] Bei einer aktuellen Quote energetischer Verwertung von rund 50% würde dieser Verwertungsanteil die jährliche Emissionsbilanz weiterhin belasten. [4]

Um eine Reduktion der zuvor genannten Treibhausgaspotentiale herbeizuführen sind Maßnahmen notwendig, die sowohl das prozesseitige als auch das im Material gebundene Treibhausgaspotential mindern. Durch die Steigerung der Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien könnten auf der einen Seite die Emissionen der Primärproduktion um durchschnittlich 1,4 [kg CO<sub>2</sub>-Äq./kg] Kunststoff reduziert werden. [16] Auf der anderen Seite kann nur ein gesteigertes und qualitativ hochwertiges Recycling im Rahmen ökonomisch umsetzbarer Kreislaufführungsstrategien dazu führen, die Freisetzung indirekter, gebundener Emissionen zu reduzieren. Die Höhe der Entlastung bemisst sich weiterhin an der zukünftigen Ausweitung der unterschiedlichen Verwertungsoptionen. Ausgehend von der geforderten Steigerung der Quote durch werkstoffliche Verwertung auf 63% der Masse (siehe

Tabelle 5) und einem Abfallaufkommen von etwa 900 kt Kunststoffen im Jahr in NRW<sup>1</sup>, könnte bei hochwertigem Recycling eine Gesamteinsparung der Emissionen von 0,5 [Mt CO<sub>2</sub>-Äq.] erzielt werden. Werden weitere schon 10% einem chemischen Recycling zugeführt, könnten außerdem 0,4 [Mt CO<sub>2</sub>-Äq.] eingespart werden. [16]

Bei einer Bewertung des Nutzens der Einsparung können die Vermeidungskosten nach dem Durchschnitt der Kosten für Maßnahmen aus dem EEG mit 85 [€/t CO<sub>2</sub>] angesetzt werden.[17] Dem Nutzen der CO<sub>2</sub>-Einsparung stehen Kosten für Maßnahmen wie die Erforschung relevanter Recyclingtechnologien, die Planung und Gestaltung notwendiger Sortier- und Rückführsysteme, die Entwicklung gemeinsamer Standards und den Ausbau leistungsfähiger Recyclinginfrastrukturen gegenüber. Um die Wirksamkeit kreislaufwirtschaftlicher Maßnahmen zu steigern ist neben einem rückführungsgerechten Produktdesign der zu verwertenden Produkte, die Schaffung effizienter Märkte für Sekundärrohstoffe unerlässlich.

---

<sup>1</sup> Basierend auf vorläufigen Abschätzungen.

## Literaturverzeichnis

- LANUV (2019): Treibhausgas-Emissionsinventar Nordrhein-Westfalen 2017. [https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3\\_fachberichte/LANUV-Fachbericht\\_95\\_WEB.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/LANUV-Fachbericht_95_WEB.pdf)
- PlasticsEurope (2018): Plastics - The Facts 2017. An analysis of European plastics production, demand and waste data
- PlasticsEurope (2019): Eco-Profiles. <https://www.plasticseurope.org/en/resources/eco-profiles>. Zugegriffen: 12. November 2019
- Conversio Market & Strategy GmbH (2018): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017, Mainaschaff
- (2019): Forecast Produktion Kunststoffpackmittel und Verpackungsfolien in Deutschland 2018. <https://kunststoffverpackungen.de/marktdaten/produktion/>. Zugegriffen: 16. Oktober 2019
- Prognos AG (2018): Studie zur Verwertung von Altfahrzeugen. Management Summary. [https://www.tsr.eu/fileadmin/user\\_upload/tsr\\_2018/bilder/forschung\\_entwicklung/Management\\_summary\\_out\\_Prognos\\_4.pdf](https://www.tsr.eu/fileadmin/user_upload/tsr_2018/bilder/forschung_entwicklung/Management_summary_out_Prognos_4.pdf). Zugegriffen: 17. Oktober 2019
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL (2017): Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3(7). doi:10.1126/sciadv.1700782
- Wernet G; Steubing B; Reinhard J; Moreno-Ruiz E; Weidema B (2016): The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology 21(9), S 1218–1230. <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>
- PlasticsEurope: Plastics convert iron ore to steel. Feedstock recycling in blast furnaces. [https://www.plasticseurope.org/application/files/7315/1703/6618/2009SeptPlastics\\_convert\\_iron\\_ore\\_to\\_steel.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/7315/1703/6618/2009SeptPlastics_convert_iron_ore_to_steel.pdf). Zugegriffen: 16. Oktober 2019
- Umweltbundesamt (2019): Altfahrzeugverwertung und Fahrzeugverbleib. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altfahrzeugverwertung-fahrzeugverbleib#textpart-1>. Zugegriffen: 17. Oktober 2019
- Europäische Kommission (2015): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. COM/2015/0614 final
- Europäische Kommission (2018): Communication from the Commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee of the Regions A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. COM/2018/028 final
- Deutscher Bundestag (2017): Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz). VerpackG
- Brooks AL; Wang S; Jambeck JR (2018): The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Sci Adv* 4(6):eaat0131. doi:10.1126/sciadv.aat0131
- IT.NRW (2019): Industriebetriebe in NRW produzierten 2018 Kunststoffe und Kautschuk im Wert von über zehn Milliarden Euro, Düsseldorf
- Material Economics: The Circular Economy - A Powerful Force for Climate Mitigation

Rothgang M; Dehio J; Janßen-Timmen R (2017): Ökonomische Perspektiven des Kunststoffrecyclings:  
Die Rolle des dualen Systems, Bd 118. RWI Materialien