

Kurzbericht zur Stoffstromanalyse für Kunststoffverpackungen

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. Mai 2020
AutorIn/nen: Balint Simon, Lehrstuhl für Operations Management, RWTH Aachen;
Julia Schleier, 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: *Kurzbericht zur Stoffstromanalyse von Kunststoffverpackungen, Aachen*

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	3
1 Einleitung.....	4
2 Methodische Grundlagen.....	4
2.1 Methodik Stoffstromanalyse.....	4
2.2 Leitfragen und Zieldefinition.....	5
2.3 Betrachtungsrahmen und Systemgrenzen.....	5
2.4 Datensammlung und -aufbereitung.....	6
3 Ergebnisse der Stoffstromanalyse für NRW (2017).....	8
3.1 Kunststoffproduktion.....	9
3.2 Kunststoffverarbeitung.....	9
3.3 Kunststoffnutzung und Sammlung von Kunststoffabfällen.....	10
3.4 Abfallbehandlung.....	10
3.5 Sektorenübergreifende Nutzung, transnationaler und internationaler Handel.....	11
4 Zusammenfassung.....	12
Literaturverzeichnis.....	13
Anhang.....	15

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Abstraktion der Wertschöpfungskette von Kunststoffen **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Abbildung 2: Standorte der Produktion von Kunststoffen in NRW, Sortier- und Recyclinganlagen sowie Zementwerke und MVA **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Abbildung 3: Stoffstrommodell für Kunststoffe in NRW im Jahr 2017 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Abbildung 4: Anteile an den Sortierfraktionen der Sortieranlagen in NRW **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 1: Kunststoffspezifisches Produktionsvolumen in NRW im Jahr 2017 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 2: Absolute und anteilige Verarbeitung zu Verpackungsmaterialien **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 3: Anteilige Verarbeitung einzelner Kunststoffe in den Produktkategorien von LVP **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 4: Gewonnen Kunststoffe aus Sortierung und mechanisches Recycling in Sortieranlagen in NRW 2017 **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 5: Potential zur Substituierung weiterer Materialien **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

1 Einleitung

Das Ziel der vorliegenden Stoffstromanalyse ist die systematische Erfassung der Materialflüsse von Kunststoffen entlang ihrer Wertschöpfungskette sowie der mit Produktion und Verarbeitung der Kunststoffe sowie Sammlung, Sortierung und Aufbereitung der Kunststoffabfälle assoziierten Ressourcenbedarfe und Umweltwirkungen. Für die Analyse wurde der Fokus entsprechend dem Produkt „Factsheet: Auswahlkriterien“ auf Leichtverpackungen (LVP) aus Kunststoffen gelegt, deren Aufbereitung am Ende eines Nutzungszyklus durch die Dualen Systeme auch zum gegenwärtigen Zeitpunkt ohne investitionsintensive Implementierung neuer Sammlungssysteme gewährleistet werden könnte. Demgemäß soll die Analyse Aufschluss über das Potenzial aus gegenwärtigen Systemen geben.

Der vorliegende Kurzbericht stellt die Vorgehensweise bei der Erstellung der Stoffstromanalyse, die Ergebnisse und einen Ausblick auf folgende Untersuchungen dar.

2 Methodische Grundlagen

Die folgenden Abschnitte dienen auf der einen Seite einer knappen Einführung in die Methodik der Stoffstromanalyse. Dabei wird auch der Bezug zu anderen Forschungsarbeiten hergestellt. Auf der anderen Seite wird die Herkunft genutzter Daten und der Umgang damit umrissen.

2.1 Methodik Stoffstromanalyse

Die Stoffstromanalyse dient der systematischen Erfassung von Materialflüssen und -beständen innerhalb eines geographisch und zeitlich definierten Systems. Durch die Quantifizierung von Materialeinsatz und -ausbringungsmengen der Prozesse entlang einer Wertschöpfungskette werden die Zusammenhänge verketteter Prozesse und verbindender Stoffströme herausgestellt. Anhand des systemanalytischen Ansatzes können Handlungsempfehlungen und Maßnahmen für strategische Entscheidungen konsistent abgeleitet werden, z.B. kann die Stoffstromanalyse als Ausgangspunkt einer ökologischen HotSpot-Analyse dienen, um darauf aufbauend eine Priorisierung von Maßnahmenpaketen durchzuführen (Brunner und Rechberger 2016; Bringezu und Moriguchi 2018).

Die Stoffstromanalyse hat sich als Methode zur Quantifizierung von Materialströmen in der ökonomisch-ökologischen Forschung, insbesondere im Forschungsbereich Industrial Ecology etabliert. Die Anwendungen unterscheiden sich dabei hinsichtlich der Systemgröße, der untersuchten Materialien und der Datengrundlage (Allesch und Brunner 2015). Es wird zwischen statischen und dynamischen Analyseansätzen unterschieden. Während in der statischen Stoffstromanalyse eine Momentaufnahme des Stoffstromsystems zu einem bestimmten Zeitpunkt dargestellt wird, berücksichtigt die dynamische Stoffstromanalyse Zeit parametrisch, um so Prognosen über das zukünftige Systemverhalten treffen zu können (van der Voet 2002). Obwohl im Vergleich zur Ökobilanzierung keine internationale Normierung hinsichtlich der Vorgehensweise besteht, folgen Ansätze zur Durchführung einer Stoffstromanalyse in der Regel den Schritten:

1. Zieldefinition der Stoffstromanalyse
2. Auswahl relevanter Systemgrenzen, Prozesse und Materialien
3. Quantitative Bestimmung der Stoffströme
4. Identifikation kritischer Stellen im System
5. Entwicklung und Bewertung von Szenarios, Ergebnisinterpretation

Im Folgenden dargestellte Stoffstromanalyse folgt dieses Vorgehen. Die Bestimmung der Stoffströme wurde mit der Software e-Sankey durchgeführt.

2.2 Leitfragen und Zieldefinition

Für Kunststoffe wurden neben globalen Bilanzierungen (Geyer et al. 2017) auch diverse länderspezifische Untersuchungen durchgeführt (vgl. Mutha et al. (2006), van Eygen et al. (2017)). Für den Betrachtungsraum Deutschland führen Patel et al. (1998) eine Analyse der Materialströme für Kunststoffe durch, um damit die Produktion, Nutzung und Verweilzeiten in der Volkswirtschaft sowie zukünftige Abfallmassen zu prognostizieren. Zum jetzigen Zeitpunkt mangelt es jedoch an regionalisierten Ansätzen, die Aufschluss über die Materialströme innerhalb kleinerer geographischer Einheiten (wie bspw. Bundesländern) sowie über deren Systemgrenzen hinausgeben können. Aus diesem Grund wurde die Stoffstromanalyse für Kunststoffe in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Die Ergebnisse der Stoffstromanalyse werden in einem Sankey Diagramm in Kapitel 0 zusammengefasst und visualisiert. Hierdurch wird insbesondere die relative Größe der Materialstoffströme zueinander verdeutlicht.

Als Leitfragen für die Durchführung der Stoffstromanalyse wurden die folgenden Fragen formuliert:

1. Zu welchen Anteilen werden einzelne Kunststoffe in unterschiedlichen Kategorien von Leichtverpackungen verarbeitet?
2. Wie kann das Potenzial von Leichtverpackungen am Ende des Lebenszyklus hinsichtlich der Gewinnung von Sekundärmaterialien (Kunststoffe, Ersatzbrennstoff) quantifiziert werden?
3. In welchem Verhältnis steht das Potenzial zur Gewinnung von Sekundärrohstoffen zur Primärproduktion von Kunststoffen?

2.3 Betrachtungsrahmen und Systemgrenzen

Die Beantwortung der Leitfragen im Rahmen einer Stoffstromanalyse erfordert die Definition zeitlicher und geographischer Systemgrenzen sowie die Auswahl der relevanten Prozesse und Stoffströme. Die zeitliche Systemgrenze dieser Betrachtung wird auf das Jahr 2017 gelegt, um anhand einer möglichst aktuellen und vollständigen statistischen Datengrundlage den aktuellen Status abbilden zu können. Da für Kunststoffverpackungen eine kurze Lebensdauer von weniger als einem Jahr angenommen wird (Geyer et al. 2017), wird für die Produktion und die Sammlung der entsprechenden Abfälle nach der Nutzung keine zeitliche Differenzierung vorgenommen. Die geographische Festsetzung des betrachteten Systemgrenze wird durch die Grenzen des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) definiert, um gemäß der Zielsetzung im Projekt SCI4climate.NRW regionale Stoffströme verstehen und bewerten zu können. Daher werden sämtliche in NRW produzierten und verarbeiteten Kunststoffe sowie alle später als Abfallstoffe anfallenden Produkte im Rahmen der Analyse erfasst.

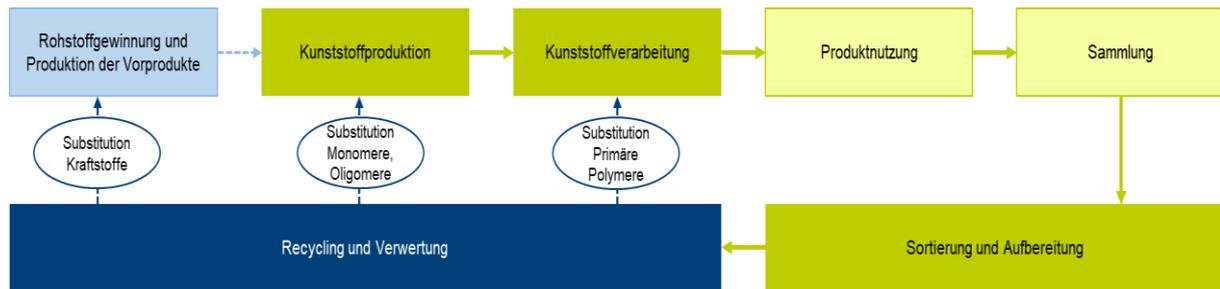


Abbildung 1: Abstraktion der Wertschöpfungskette von Kunststoffen (grün: innerhalb der Systemgrenzen, blau: außerhalb der Systemgrenzen der Stoffstromanalyse liegend)

Die *Herstellung von Kunststoffen* sowie die nachgelagerten Prozesse *Verarbeitung zu Verpackungsprodukten*, *Nutzung durch den Konsumenten*, *Sammlung der Abfallprodukte* und *Sortierung* werden durch die Stoffstromanalyse abgebildet. Eine schematische der betrachteten Wertschöpfungskette ist in Abbildung 1 aufgeführt. Die Klassifizierung der Stoffströme zwischen den Prozessen orientiert sich nach Möglichkeit an der Unterscheidung zwischen einzelnen Polymertypen. Die Differenzierung der Stoffströme wurde nach Möglichkeit für einzelne Kunststoffe vollzogen, die sich in ihren Material- und Verarbeitungseigenschaften unterscheiden.

2.4 Datensammlung und -aufbereitung

Als Grundlage der Stoffstrommodellierung wurden mehrere statistische Datenquellen ausgewertet und miteinander kombiniert. Während manche Untersuchungen Aufschluss über die Mengen bestimmter Kunststoffe oder Kunststoffprodukte geben, ist die jeweilige kunststoffspezifische Zusammensetzung in anderen Quellen gegeben. Eine Übersicht der Quellen ist dem Anhang (Tabelle A-1) zu entnehmen.

Die Detailgenauigkeit statistischer Daten auf Landesebene für alle relevanten Aktivitäten der Wertschöpfungskette von Kunststoffleichtverpackungen ist unterschiedlich. Daher wurden einzelne Auswertungsschritte vollzogen und statistische Werte für Gesamtdeutschland anteilmäßig auf das Land übertragen. Dabei wurde die Annahme zugrunde gelegt, dass Nordrhein-Westfalen aufgrund der demografischen Struktur, als hinreichend repräsentativ für Deutschland angenommen werden kann, so dass prozentuale Anteile aus nationalen Erhebungen übernommen wurden.

Die Produktionsmenge von Kunststoffen basiert auf Daten der Produktionsstatistik NRW, die über das Onlineportal des Statistischen Landesamtes NRW abgerufen werden können. Die zur Produktion eingesetzte Menge fossiler Ressourcen wurde anhand in der Datenbank Ecoinvent 3.4 (cutoff) hinterlegten Prozessdaten für die relevanten Herstellungsprozesse berechnet.

Als Grundlage der anteiligen Verarbeitung einzelner Kunststoffe in Leichtverpackungen wurden absolute Mengen ebenfalls der Produktionsstatistik entnommen. Die Mengen wurden entlang der vorgenommenen Einteilung in Produktkategorien gemäß der umgreifenden Studie für Stoffströme von Kunststoffen in Deutschland von Conversio (2018) und IK e.V. (2019) zusammengefasst. Der Statistik können stark aggregierte Daten, bezüglich der produzierten LVP-Sorten entnommen werden. Die Kunststoffanteile den produzierten LVP-Sorten wurden anhand den Studien von Hou et al. (2018) und McKinlay und Morrish (2016) ermittelt.

Im Rahmen der konsumentennahen Sammlung von Leichtverpackungen wurde die Menge der im gelben Sack gesammelten Leichtverpackungen anhand der Abfallstatistik NRW ermittelt. Neben Kunststoffen fallen hierbei andere Materialien, wie Metalle, Karton, Aluminium an. Um die Aufschlüsselung der Sortierfraktionen durch die beste verfügbare Technik (BVT) in Form modernster Sortieranlagen aus dem gelben Sack ermitteln zu können, wurden Werte unterschiedlicher Literaturquellen miteinander verglichen. Für möglichst aktuelle Werte orientiert sich die Analyse an Experteneinschätzungen nach dem Ist-Zustand (persönliche Information). Die Werte wurden mit Studien von Dehoust und Christiani (2012) und Dehoust et al. (2016) verglichen. Als BVT-Werte wurden von Günther und Vogt (2018) berichtete Werte der europaweit modernsten Sortiertechnologie von Lobbe berücksichtigt. Darauf aufbauend wurde der Materialanteil der Sortierfraktionen unter Bezugnahme auf die Reinheitsquote berechnet. Da diese nach dem aktuellen Stand der Sortier- und Verpackungstechnik (vgl. Verbundstoffe oder Etiketten) nicht sortenrein getrennt werden, stellen die aus der Sortierung extrahierbaren Anteile eine Mischung von Materialien zur Aufbereitung als Sekundärrohstoffe dar.

Die Kombination unterschiedlicher Datenquellen kann Unsicherheiten in der Erfassung der Stoffströme nicht vollständig ausschließen. Grundsätzlich sind die Unsicherheiten hinsichtlich der Datenlage für die Verarbeitung der Kunststoffe und der Nutzung am größten. Sie sind maßgeblich darin begründet, dass durch dezentrale Wertschöpfungsketten keine Kontrolle über die stoffliche Zusammensetzung importierter Produkte entsteht und gleichzeitig sowohl die Variantenvielfalt für einzelne Produkte als auch die Einsatzfelder selbst vielfältig sind. So ist ein geschlossener Kreislauf anhand der zur Verfügung stehenden Daten nur unter Heranziehung von Schätzwerten möglich.

3 Ergebnisse der Stoffstromanalyse für NRW (2017)

In Abbildung 2 sind die Produktionsstandorte für Kunststoffgranulate, die Sortier- und Recyclinganlagen für Kunststoffabfällen sowie die für die thermische Verwertung relevanten Zementwerke und Müllverbrennungsanlagen dargestellt. Der Karte zeigt zudem die Verteilung der getrennt erfassten LVP-Abfallmenge (durch die Dualen Systeme) in den Landkreisen gemäß Abfallbilanz NRW für Siedlungsabfälle 2017 (MULNV NRW 2018). Kunststoffproduzenten sind meist in Chemieparcs angesiedelt. Sortier- und Recyclingunternehmen folgen sowohl in Kapazität als auch in Standort dem sich aus der Bevölkerungsdichte ergebenden Abfallaufkommen. Verbrennungsanlagen sind in der Nähe der Brennstoffquelle (Abfallaufkommen) installiert. Die Standorte der Zementwerke sind durch Rohstoffvorkommen bedingt.

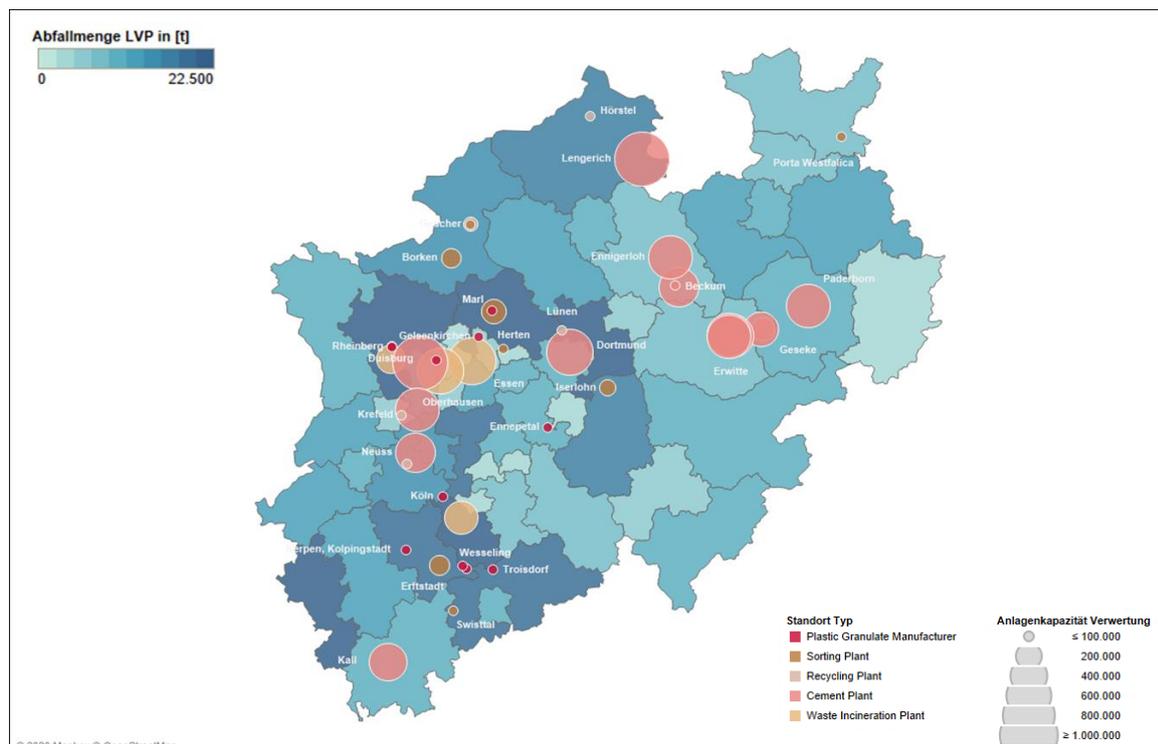


Abbildung 2: Standorte der Produktion von Kunststoffen in NRW, Sortier- und Recyclinganlagen sowie Zementwerke und MVA

Eine Zusammenfassung der Stoffströme für alle Kunststoffe ist in Abbildung 3 graphisch dargestellt. In dieser Abbildung werden die Stationen Produktion, Verarbeitung, Nutzung und Vorbereitung zum Recycling aufgezeichnet. Alle in NRW produzierten und als Verpackung verwendeten Kunststoffsorten sind erfasst, wobei acht Verpackungskategorien abgebildet werden. Prozesse, die auf das Lebensende der Verpackungskunststoffe entfallen, wurden außerdem berücksichtigt.

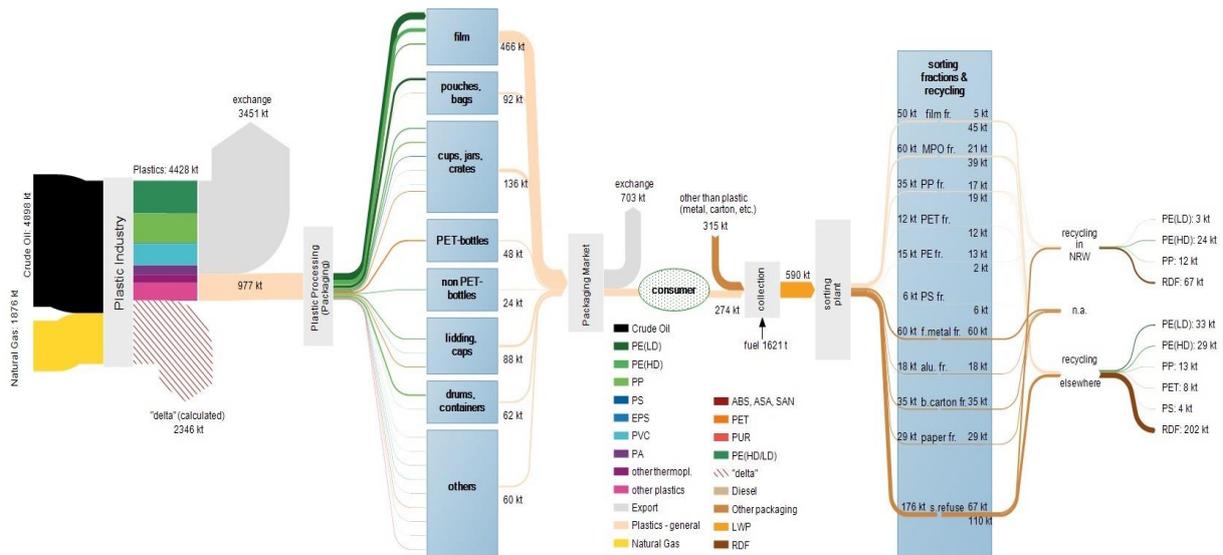


Abbildung 3: Stoffstrommodell für Kunststoffe in NRW im Jahr 2017

3.1 Kunststoffproduktion

Die Ergebnisse der Stoffstromanalyse zeigen, dass im Jahr 2017 4.400 kt Kunststoffe in Nordrhein-Westfalen hergestellt wurden. Dies entspricht einem Anteil von 40 M.-% der gesamtdeutschen Kunststoffproduktion. Bei der Herstellung der Kunststoffe wurden ca. 4.900 kt Rohöl, sowie 1.800 kt Erdgas eingesetzt.

Mehr als die Hälfte der Produktionsmenge in NRW entfällt dabei auf Polyolefine (PE und PP). Daneben weist die Produktion von PVC und PA einen beachtlichen Masseanteil auf (siehe Tabelle 1). Die Anteile am nationalen Produktionsvolumen liegen für die genannten Kunststoffe zwischen jeweils 41 und 51 %. Die Produktion anderer Kunststoffe ist vergleichsweise gering und wird daher als aggregierter Wert als „Thermoplaste“ bzw. „andere Kunststoffe“ ausgewiesen.

Tabelle 1 Kunststoffspezifisches Produktionsvolumen in NRW im Jahr 2017

Polymer	PE-LD/LLD PE-HD/MD	PP	PS	PVC	PA	Andere Thermo- plaste	Andere Kunst- stoffe	Σ
kt in NRW	1.210	1.100	20	79	34	310	650	4.430

3.2 Kunststoffverarbeitung

Die kunststoffverarbeitende Industrie in NRW verbrauchte im Jahr 2017 etwa 1.000 kt Kunststoffe zur Herstellung von Leichtverpackungen (siehe

Tabelle 2). Dabei werden die Produktkategorien *Folien, Taschen und Beutel, Becher und Kisten, PET-Flaschen, Verschlüsse und Deckel, Gebinde und Behälter* sowie *Andere* unterschieden.

Tabelle 2 Absolute und anteilige Verarbeitung zu Verpackungsmaterialien

	Folien	Taschen / Beutel	Becher / Kisten	PET-Fla- schen	Nicht PET-Fla- schen	Ver- schlüsse / Deckel	Gebinde / Behäl- ter	Andere	Σ
kt	465,8	92,2	136,4	47,5	23,7	23,7	88,5	62,5	977,0

Masse-%	47,70	9,42	13,92	4,93		9,01	6,35	6,14	
----------------	-------	------	-------	------	--	------	------	------	--

In den Produktkategorien wurden einzelne Kunststoffe zu unterschiedlichen Anteilen gemäß ihrer Materialeigenschaften verarbeitet. Die Verarbeitungsanteile können Tabelle 3 entnommen werden. Während zur Herstellung von Folien fast ausschließlich die Polyolefine Polyethylen und Polypropylen eingesetzt wurden, weisen Becher und Kisten den unterschiedlichen Einsatzzwecken entsprechend einen heterogenen Kunststoffmix auf.

Tabelle 3 Anteilige Verarbeitung einzelner Kunststoffe in den Produktkategorien von LVP

	Folien	Taschen / Beutel	Becher / Kisten	PET-Flaschen	Nicht PET-Flaschen	Ver-schlüsse / Deckel	Gebinde / Behälter	Andere
PE-LD/LLD	58,3%	96,3%						
PE-HD/MD	29,6%		32,5%		100,0%	24,4%		6,8%
PP	10,5%	3,7%	33,1%			34,6%	91,4%	7,7%
PS			12,9%					
PS-E			2,9%					10,2%
PVC			1,4%			11,9%	8,6%	19,6%
ABS, ASA; SAN								5,5%
PA	1,5%							
PET			17,2%	100,0%		29,1%		20,4%
Andere Thermo-plaste								7,2%
PUR								3,8%
Andere Kunststoffe								18,7%

3.3 Kunststoffnutzung und Sammlung von Kunststoffabfällen

Die vorliegende Analyse gilt der Ermittlung des Potenzials der Kreislaufführung von Verpackungskunststoffen aus dem gelben Sack. Die Nutzung von Kunststoffen wurde als Aktivität in die Analyse aufgenommen, um die Menge der das System durch den Handel verlassenden Kunststoffverpackungen sowie in der Sammlung anfallende andere Materialien berücksichtigen zu können. Eine Kumulation den Verpackungskunststoffen im anthropogenen Bestand wird aufgrund der durchschnittlichen Nutzungsdauer von weniger als einem Jahr als wenig bedeutsam angenommen. Bei der Kalkulation des Kraftstoffverbrauchs wurde das Gesamtgewicht der gesammelten LVP berücksichtigt. Leichtverpackungen bestehen neben Kunststoffen aus anderen Materialien wie Metall, Holz und Papier.

3.4 Abfallbehandlung

Im Jahr 2017 wurden bis zu 280 kt Kunststoffe aus Leichtverpackungen nach der Nutzung einer Sortierung zugeführt. Die sortierte Abfallfraktionen der in NRW ansässigen Sortieranlagen wird gemäß Abbildung 4 basierend auf den o.g. Literaturquellen abgeschätzt.

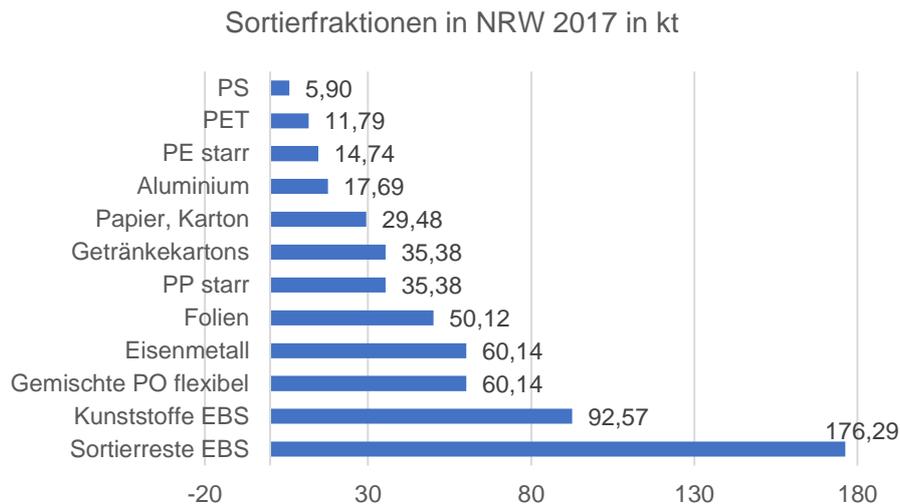


Abbildung 4: Anteile den Sortierfraktionen der Sortieranlagen in NRW

Aus der Sortierung der einzelnen Fraktionen können potenziell die Anteile einzelner Kunststoffe zur Weiterverarbeitung zu Sekundärkunststoffen gemäß Tabelle 4 gewonnen werden. Die Kapazitäten für mechanisches Recycling in NRW decken allerdings nicht die gesamte anfallende Menge der entsprechenden Sortierfraktionen ab. Dementsprechend muss ein gewisser Anteil außerhalb von NRW recycelt werden. Dies ist auf unterschiedliche Gründe zurückzuführen. PS fällt in NRW bspw. in so kleinen Mengen an, dass ein regionales Recycling nicht mehr wirtschaftlich wäre.

Tabelle 4 Gewonnene Kunststoffe aus Sortierung und mechanisches Recycling in Sortieranlagen in NRW 2017 (mit Recyclingverluste korrigiert)

Kunststoff	PE-LD	PE-HD	PP	PET	PS	EBS
In NRW [kt]	3,5	24,4	12,1	0	0	66,7
Anderswo	32,6	29,5	13,4	8,5	4,2	202,1

Außerdem wurden durch die Aufbereitung der Fraktionen *Kunststoffe EBS* und *Sortierreste EBS* Ersatzbrennstoffe zur Substitution fossiler Kraftstoffe im Umfang von 275 kt gewonnen. Das Potenzial berechnet sich gemäß den Anteilen der Fraktionen an der Zusammensetzung des gelben Sacks und dem aktuellen Einsatzzweck (EBS). Daneben werden im Rahmen der Sortierung und Aufbereitung kunststofffremde Materialien wiedergewonnen, welche die Materialien *niedriglegierter Stahl*, *Aluminium*, *Karton* und *Papier* ersetzen können (Tabelle 5).

Tabelle 5 Potential zur Substituierung weiterer Materialien

Potenzielles Substitut	Stahl	Aluminium	Karton	Papier
kt	60,1	7,1	32,6	20,6

3.5 Sektorenübergreifende Nutzung, transnationaler und internationaler Handel

Die Differenz zwischen der in Nordrhein-Westfalen hergestellten Produktionsmenge an Kunststoffen und der durch die Verarbeitung zur Herstellung von Leichtverpackungen eingesetzten Menge von ca.

3,5 Mio t. lässt sich auf die Nutzung der Kunststoffe zur Herstellung anderer Verpackungsprodukte, die nicht als Leichtverpackungen im gelben Sack gesammelt werden, verpackungsfremder Kunststoffprodukte bspw. für den Automobilbereich oder die Baubranche, sowie durch den Handel der Kunststoffe mit nationalen, außerhalb von NRW ansässigen und internationalen Handelspartnern zurückzuführen.

Etwa 22 % der Masse werden in NRW zu Leichtverpackungen weiterverarbeitet. Hierbei ist zu beachten, dass es sich dabei nicht ausschließlich um Kunststoffe handelt, die in NRW hergestellt wurden. Die Möglichkeiten zur Einflussnahme auf die gesamte Wertschöpfungskette ist für bestimmte Kunststoffprodukte innerhalb der Landesgrenzen nur bedingt gegeben. So kann beispielsweise durch ein recyclinggerechtes Produktdesign nicht sichergestellt werden, dass das Produkt auch in den entsprechenden Systemen recycelt werden kann, wenn es durch Handelsströme in andere Systeme gelangt.

In der Nutzungsphase der Kunststoffe kommt es durch nationalen und internationalen Güterhandel zu Brüchen in der datenbasierten Bilanzierung der Materialflüsse. Der Lebensweg einzelner Kunststoffe ist daher rein auf Basis statistischer Daten nicht konsistent reproduzierbar, ohne die andere Bundesländer bzw. Exportländer in der Bilanzierung zu berücksichtigen.

4 Zusammenfassung

Dieser Kurzbericht dient der Dokumentation und Visualisierung der aktuellen Stoffströme von Verpackungskunststoffen für Nordrhein-Westfalen für das Referenzjahr 2017. Die Stoffströme werden durch einen MFA-Ansatz von der Produktion der Polymere, über deren Verarbeitung und Nutzung bis zur Sammlung und Sortierung der Kunststoffabfälle beschrieben. Die Analyse stellt die Datengrundlage für fortführende Analysen hinsichtlich der Ressourceneinsätze und Umweltwirkungen entlang der Wertschöpfungskette von Verpackungskunststoffen dar. Dies Erlaubt die Ableitung von Optimierungspotenziale.

Die Ergebnisse zeigen, dass für die Herstellung von Leichtverpackungen in NRW im Jahr 2017 977 kt Kunststoffe eingesetzt wurden. Im gleichen Jahr fielen in der Sammlung der Dualen Systemen etwa 300 kt Kunststoffabfälle aus Verpackungen an. Dies bedeutet, dass ein Teil in anderen (Bundes-)Ländern als auch außerhalb des Dualen System verwendet wurde. Die Stoffstromanalyse ermöglicht eine erste Einschätzung des Ressourcenpotentials am Ende eines Lebenszyklus von Kunststoffleichtverpackungen. Außerdem fundiert sie die Untersuchung der Umweltwirkungen entlang der Wertschöpfungskette. Darüber hinaus deckt sie Lücken in der Datengrundlage auf, deren Schließung mehr Belastbarkeit der Stoffstromanalyse noch stärken könnte.

Literaturverzeichnis

- Allesch, Astrid; Brunner, Paul H. (2015): Material Flow Analysis as a Decision Support Tool for Waste Management: A Literature Review. In: Journal of Industrial Ecology 19 (5), S. 753–764.
- Bringezu, Stefan; Moriguchi, Yuichi (2018): Material flow analysis. In: Peter Bartelmus und Eberhard K. Seifert (Hg.): Green Accounting: Routledge, S. 149–166.
- Brunner, Paul H.; Rechberger, Helmut (2016): Practical Handbook of Material Flow Analysis: For Environmental, Resource, and Waste Engineers: CRC Press, Taylor et Francis Group.
- Conversio (Hg.) (2018): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2017. Unter Mitarbeit von Christoph Lidner und Jan Schmitt. Mainaschaff.
- Dehoust, Günter; Christiani, Joachim (2012): Analyse und Fortentwicklung der Verwertungsquoten für Wertstoffe. Sammel- und Verwertungsquoten für Verpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen als Lenkungsinstrument zur Ressourcenschonung. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4342.pdf>.
- Dehoust, Günter; Möck, Alexandra; Merz, Cornelia; Gebhardt, Peter (2016): Umweltpotenziale der getrennten Erfassung und des Recyclings von Wertstoffen im Dualen System. Hg. v. Öko-Institut e.V. Berlin.
- Geyer, Roland; Jambeck, Jenna R.; Law, Kara Lavender (2017): Production, use, and fate of all plastics ever made. In: Science advances 3 (7), e1700782.
- Günther, Sabine; Vogt, Martin (2018): Europas modernste LVP-Sortieranlage. Düsseldorf (UmweltMagazin, Spezial Recycling), zuletzt geprüft am 29.05.2020.
- Hou, Ping; Xu, Yifan; Taiebat, Morteza; Lastoskie, Christian; Miller, Shelie A.; Xu, Ming (2018): Life cycle assessment of end-of-life treatments for plastic film waste. In: Journal of Cleaner Production 201, S. 1052–1060.
- IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. (2019): Nachhaltigkeitsbericht 2018. Unter Mitarbeit von Regine Gilles-Simon und Jürgen Bruder. Hg. v. IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. Bad Homburg. Online verfügbar unter <https://kunststoffverpackungen.de/wp-content/uploads/2019/07/ik-nachhaltigkeitsbericht-2018-2.pdf>.
- Institute cyclos-HTP (2019): Verification and examination of recyclability. Requirements and assessment catalogue of the Institute cyclos-HTP for EU-wide certification. 4. Aufl. Institute cyclos-HTP. Aachen.
- Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) (2019): Daten zur Abfallwirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2017. Online verfügbar unter <https://webshop.it.nrw.de/gratis/Q259%20201700.pdf>.
- McKinlay, Richard; Morrish, Liz (2016): REFLEX PROJECT. A summary report on the results and findings from the REFLEX project. Hg. v. Axionconsulting. Stockport, UK. Online verfügbar unter https://ceflex.eu/public_downloads/REFLEX-Summary-report-Final-report-November2016.pdf.

- MULNV NRW (2018): Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2017. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV NRW). Düsseldorf. Online verfügbar unter https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/abfallbilanz_2017.pdf.
- Mutha, Nitin H.; Patel, Martin; Premnath, V. (2006): Plastics materials flow analysis for India. In: Resources, conservation and recycling 47 (3), S. 222–244. DOI: 10.1016/j.resconrec.2005.09.003.
- Patel, Martin Kumar; Jochem, Eo; Radgen, Peter; Worrell, Ernst (1998): Plastics streams in Germany—an analysis of production, consumption and waste generation. In: Resources, conservation and recycling 24 (3-4), S. 191–215.
- Statistisches Landesamt NRW (2019): Landesdatenbank NRW. Online verfügbar unter <https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online/>.
- van der Voet, Ester (2002): Substance flow analysis methodology. In: A handbook of industrial ecology, S. 91–101.
- van Eygen, Emile; Feketitsch, Julia; Laner, David; Rechberger, Helmut; Fellner, Johann (2017): Comprehensive analysis and quantification of national plastic flows: The case of Austria. In: Resources, conservation and recycling 117, S. 183–194.
- Wernet, Gregor; Bauer, Christian; Steubing, Bernhard; Reinhard, Jürgen; Moreno-Ruiz, Emilia; Weidema, Bo (2016): The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. In: Int J Life Cycle Assess 21 (9), S. 1218–1230. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11367-016-1087-8.pdf>.

Anhang

A-1: Übersicht der Datenquellen für die Stoffstromanalyse

Aktivität	Daten	Quelle	Anmerkungen
Produktion Kunststoffe	Menge hergestellter Kunststoffe	Statistische Produktionserhebung (Statistisches Landesamt NRW 2019)	-
	Prozessdaten zum Rohstoffbedarf der Granulatherstellung	Ecoinvent 3.4 Datenbank (Wernet et al. 2016)	-
Produktion LVP	Menge hergestellter Kunststoffverpackungen	Statistische Produktionserhebung (Statistisches Landesamt NRW 2019)	-
	Kategorien und Anteilige Herstellung	Empirische Datenerhebung Deutschland (Conversio 2018)	Übertragung der Anteile von Bundes- auf Landesebene
	Anteile einzelner Kunststoffe in Verpackungskategorien	(McKinlay und Morrish 2016) (Hou et al. 2018) (IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. 2019)	Zusammenführung, Bildung von Mittelwerten
Sammlung Abfälle	Gesamtmenge LVP (Duale Systeme)	Statistische Erhebung der Abfallwirtschaft (Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) 2019)	
Sortierung Abfälle	Sortierfraktionen des gelben Sacks	(Dehoust et al. 2016) (Dehoust und Christiani 2012) (Institute cyclos-HTP 2019) (Günther und Vogt 2018)	Abgleich der Werte unter Berücksichtigung technologischer Entwicklungen