

TEXTE

47/2024

Endbericht

Kunststoffabfälle aus Deutschland: Handlungsempfehlungen zu einer umweltgerechten Behandlung im In- und Ausland

von:

Johannes Betz, Hannah Bachmann, Isabelle Huber,
Tobias Schleicher, Lina-Sophie Achilles
Öko-Institut e. V., Freiburg

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 47/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 34 308 0

FB001254

Endbericht

Kunststoffabfälle aus Deutschland: Handlungsempfehlungen zu einer umweltgerechten Behandlung im In- und Ausland

von

Johannes Betz, Hannah Bachmann, Isabelle Huber,
Tobias Schleicher, Lina-Sophie Achilles
Öko-Institut e. V., Freiburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e. V.
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg

Abschlussdatum:

Juli 2023

Redaktion:

Fachgebiet III 1.5 Abfallwirtschaft, grenzüberschreitende Abfallverbringung
Juliane Koch-Jugl

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Kunststoffabfälle aus Deutschland: Handlungsempfehlungen zu einer umweltgerechten Behandlung im In- und Ausland

Kunststoffabfälle verursachen große Umweltschäden, wenn sie nicht richtig behandelt werden. Gleichzeitig können sie eine Ressource sein, wenn die Möglichkeit zum Recycling besteht. Somit wird die Produktion von neuem Kunststoff aus fossilen Rohstoffen vermieden. Diese Studie untersucht die Einflussfaktoren und Steuerungsinstrumente, die Deutschland hat, um den Anteil des Recyclings der im Land anfallenden Kunststoffabfälle zu erhöhen und die umweltgerechte Behandlung zu fördern bzw. zu gewährleisten. Dies ist besonders relevant, wenn der Kunststoffabfallstrom grenzüberschreitend verbracht wurde und somit Einfluss der nationalen Regelungen und Behörden nicht mehr gegeben ist. Hier greift der Einfluss des OECD-Ratsbeschlusses und das Basler Übereinkommen. Die Studie gibt einen Einblick in die Mengen und Arten der Kunststoffabfälle in Deutschland, ihren Verbleib und die rechtlichen Rahmenbedingungen des Kunststoffabfallhandels. Daraus werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, um Umweltschäden durch nicht adäquate Behandlung zu vermeiden und die Recyclingquoten zu erhöhen. Dabei wird nach der allgemeinen Schilderung der Problematik vertieft auf Kunststoffe in gemischten Gewerbeabfällen und aus Elektroaltgeräten eingegangen. Die Methodik besteht aus einer umfassenden Recherche und der Befragung verschiedener Akteursgruppen. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse in einem Fachgespräch mit Expert*innen verifiziert.

Abstract: Plastic waste from Germany: Recommendations for action on environmentally sound management in Germany and abroad

Plastics waste causes great environmental damage if it is not treated properly. At the same time, it can be a resource if there is the possibility for recycling. Thus, the production of new plastics from fossil raw materials is avoided. This study examines the influencing factors and control instruments Germany has to increase the share of recycling of plastics waste generated in the country and to promote and ensure an environmentally sound treatment. This is particularly relevant if the plastics waste stream has been sent across borders and thus the influence of national regulations and authorities is no longer given. This is where the influence of the OECD Council Decision and the Basel Convention comes into play. The study provides an insight into the quantities and types of plastic waste in Germany, their destinations and the legal framework of the plastic waste trade. From this, recommendations for taking measures are derived in order to avoid environmental damage due to inadequate treatment and to increase recycling rates. After a general description of the problem, plastics in mixed industrial waste and from waste electrical and electronic equipment are dealt with in more detail. The methodology consists of comprehensive research and interviews with various stakeholder groups. In addition, the results were verified in a workshop with experts.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	11
Summary.....	21
1 Einleitung.....	30
2 Methodik.....	31
3 Kunststoffabfälle in Deutschland.....	33
3.1 Übersicht über den Kunststoffmarkt in Deutschland.....	33
3.2 Übersicht über Kunststoffabfälle in Deutschland.....	35
3.2.1 Kunststoffabfall nach Branchen und Kunststoffarten.....	37
3.2.2 Preisstrukturen der Kunststoffabfälle.....	40
3.3 Technische Entsorgungsmöglichkeiten für Kunststoffabfälle.....	44
3.4 Rezyklatmarkt anhand von Beispielen.....	45
4 Handel mit Kunststoffabfällen.....	50
4.1 Erhebung von Daten.....	50
4.2 Exportmengen und Zielländer von Kunststoffabfällen aus Deutschland.....	52
4.3 Akteure des Kunststoffabfallhandels.....	56
4.4 Spezifikationen und Qualitätssicherung für Kunststoffabfälle.....	58
4.4.1 Spezifikationen für Kunststoffabfallfraktionen.....	58
4.4.2 Qualitätssicherung und Kontrolle.....	60
4.4.3 Entsorgungsfachbetriebe als Möglichkeit zur Nachverfolgung und Überprüfung.....	62
4.5 Push- und Pull-Faktoren für Exporte von Kunststoffabfällen.....	63
4.6 Gesetzliche Rahmenbedingungen des Kunststoffabfallhandels.....	64
4.7 Notifizierte Kunststoffabfallverbringungen.....	66
4.8 Rechtswidrige Verbringung und fehlende umweltgerechte Behandlung.....	67
5 Untersuchung ausgewählter Kunststoffabfallströme.....	71
5.1 Bewertungskriterien und Auswahl.....	71
5.2 Kunststoffe aus Gewerbeabfällen.....	71
5.2.1 Markt- und Exportstruktur.....	71
5.2.1.1 Sortierung gemischter Gewerbeabfälle.....	72
5.2.1.2 Vermarktung von Kunststoffabfällen in verschiedenen Sortierfraktionen.....	73
5.2.2 Handelswege bis zum Letztempfänger.....	74

5.2.3	Verwertungsart beim Letztempfänger	75
5.2.4	Hemmnisse für die umweltgerechte Verwertung	76
5.3	Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikgeräten	77
5.3.1	Marktstruktur	77
5.3.2	Erfassung, Entsorgung und Behandlung von Elektroaltgeräten	78
5.3.3	Handelswege bis zum Letztempfänger	79
5.3.4	Verwertungsart beim Letztempfänger	80
5.3.5	Hemmnisse für die umweltgerechte Verwertung	84
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	85
6.1	Politik & Behörden	85
6.2	Kunststoffhersteller und -verarbeiter	89
6.3	Abfallerzeuger	89
6.4	Entsorgungsunternehmen, Sortierer und Recycler	90
6.5	Händler und Logistikunternehmen	91
7	Quellenverzeichnis	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Kunststoffverarbeitung 2019.....	34
Abbildung 2:	Anteile einzelner Kunststoffarten 2019 am Kunststoffabfall ...	39
Abbildung 3:	Abfallhierarchie in Deutschland nach KrWG	44
Abbildung 4:	Einsatz von Rezyklaten nach Sektoren 2019	46
Abbildung 5:	Export- und Importzahlen 2008-2021	52
Abbildung 6:	Abnehmer deutscher Kunststoffabfallexporte 2017-2021	53
Abbildung 7:	Abnehmer deutscher Kunststoffabfallexporte 2017-2021: EU und OECD.....	55
Abbildung 8:	Kunststoffabfallexporte nach Polymerarten	56
Abbildung 9:	Akteure des Kunststoffabfallhandels	57
Abbildung 10:	Vereinfachte generische Entsorgungskette für Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG).....	78
Abbildung 11:	Typische gemischte Kunststofffraktion aus Elektro- und Elektronikaltgeräten (EAG).....	79
Abbildung 12:	Zerlegung, Schadstoffentfrachtung und Verwertung von Elektro- und Elektronikaltgeräten im Inland	81
Abbildung 13:	Kunststoffrecycling aus Elektro- und Elektronikaltgeräten....	82
Abbildung 14:	Zentrale Sortierungsschritte für Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikaltgeräten.....	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Struktur der Abfallschlüssel am Beispiel von Kunststoffverpackungen.....	35
Tabelle 2:	Kunststoffabfälle nach Anfallorten 2019.....	36
Tabelle 3:	Gegenüberstellung der Anteile im Kunststoffverbrauch vs. Post-Consumer-Abfallaufkommen in verschiedenen Einsatzfeldern 2019	37
Tabelle 4:	Struktur einer Warentarifnummer	50
Tabelle 5:	Übersicht der Kunststoffeinträge der VVA und des BÜ sowie daraus folgende Regelungen zur Abfallverbringung der VVA..	65

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer
ASA	Acrylnitril-Styrol-Acrylat-Copolymer
ATLAS	Automatisiertes Tarif- und Lokales Zoll-Abwicklungs-System
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
B2B	Business-to-Business (von Firma zu Firma)
BAG	Bundesamt für Güterverkehr
BFR	bromiated flame retardents (bromierte Flammhemmer)
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
C2B	Consumer-to-Business (Verbraucher zu Unternehmen)
Destatis	Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
DSD	Duales System Holding GmbH & Co. KG
EAG	Elektro- und Elektronikaltgeräte
EBS	Ersatzbrennstoff
Efb	Entsorgungsfachbetrieb
EfbV	Entsorgungsfachbetriebeverordnung
EFSA	European Food Safety Authority
EG	Europäische Gemeinschaft
EPR	Extended producer responsibility (erweiterte Herstellerverantwortung)
EPS	Expandiertes Polystyrol
EU	Europäische Union
EuCertPlast	European Certification of Plastics Recyclers (Europäische Zertifizierung von Kunststoffrecyclern)
GewAbfV	Gewerbeabfallverordnung
GSA	Gesamtstörstoffanteil
HDPE	High density polyethylen (Polyethylen hoher Dichte)
HIPS	High Impact Polystyrene (hochschlagfestes Polystyrol)
HS	Harmonisiertes System
IDEV	Internet Datenerhebung im Verbund
i. d. R.	in der Regel
KMU	kleinere und mittlere Unternehmen
KN	Kombinierte Nomenklatur
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LDPE	Low density polyethylen (Polyethylen niedriger Dichte)
LkSG	Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz
LLDPE	Linear low density polyethylen (Lineares Polyethylen niedriger Dichte)

LVP	Leichtverpackung
MD-PE	Medium density polyethylen (Polyethylen mittlerer Dichte)
MPO	Mixed polyolefin (gemischte Polyolefinartikel)
MVA	Müllverbrennungsanlage
NIR	Nahinfrarot
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
PCR	Post-Consumer-Rezyklat
PE	Polyethen, bzw. Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PIR	Post-Industrial-Rezyklat
PMMA	Polymethylmethacrylat
PO	Polyolefin
POP	Persistente organische Schadstoffe
PP	Polypropylen
PS	Polystyrol
PTFE	Polytetrafluorethylen
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
SAN	Styrol-Acrylnitril-Copolymer
Sonst.	Sonstige
u. a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt, Dessau
UNEP	Umweltprogramm der Vereinten Nationen
VerpackG	Verpackungsgesetz
VCI	Verband der Chemischen Industrie e. V.
VVA	Verordnung über die Verbringung von Abfällen
z. B.	Zum Beispiel
ZSVR	Zentrale Stelle Verpackungsregister

Zusammenfassung

Kunststoffabfälle verursachen große Umweltschäden, wenn sie nicht richtig behandelt werden. Gleichzeitig können sie eine Ressource sein, wenn die Möglichkeit zum Recycling besteht. Somit wird die Produktion von neuem Kunststoff aus fossilen Rohstoffen vermieden. Diese Studie untersucht die Einflussfaktoren und Steuerungsinstrumente, die Deutschland hat, um den Anteil des Recyclings der im Land anfallenden Kunststoffabfälle zu erhöhen und die umweltgerechte Behandlung zu fördern bzw. zu gewährleisten. Dies ist besonders relevant, wenn der Kunststoffabfallstrom grenzüberschreitend verbracht wurde und somit Einfluss der nationalen Regelungen und Behörden nicht mehr gegeben ist. Hier greift der Einfluss des OECD-Ratsbeschlusses und das Basler Übereinkommen. Die Studie gibt einen Einblick in die Mengen und Arten der Kunststoffabfälle in Deutschland, ihren Verbleib und die rechtlichen Rahmenbedingungen des Kunststoffabfallhandels. Daraus werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, um Umweltschäden durch nicht adäquate Behandlung zu vermeiden und die Recyclingquoten zu erhöhen. Dabei wird nach der allgemeinen Schilderung der Problematik vertieft auf Kunststoffe in gemischten Gewerbeabfällen und aus Elektroaltgeräten eingegangen. Die Methodik besteht aus einer umfassenden Recherche und der Befragung verschiedener Akteursgruppen. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse in einem Fachgespräch mit Expert*innen verifiziert.

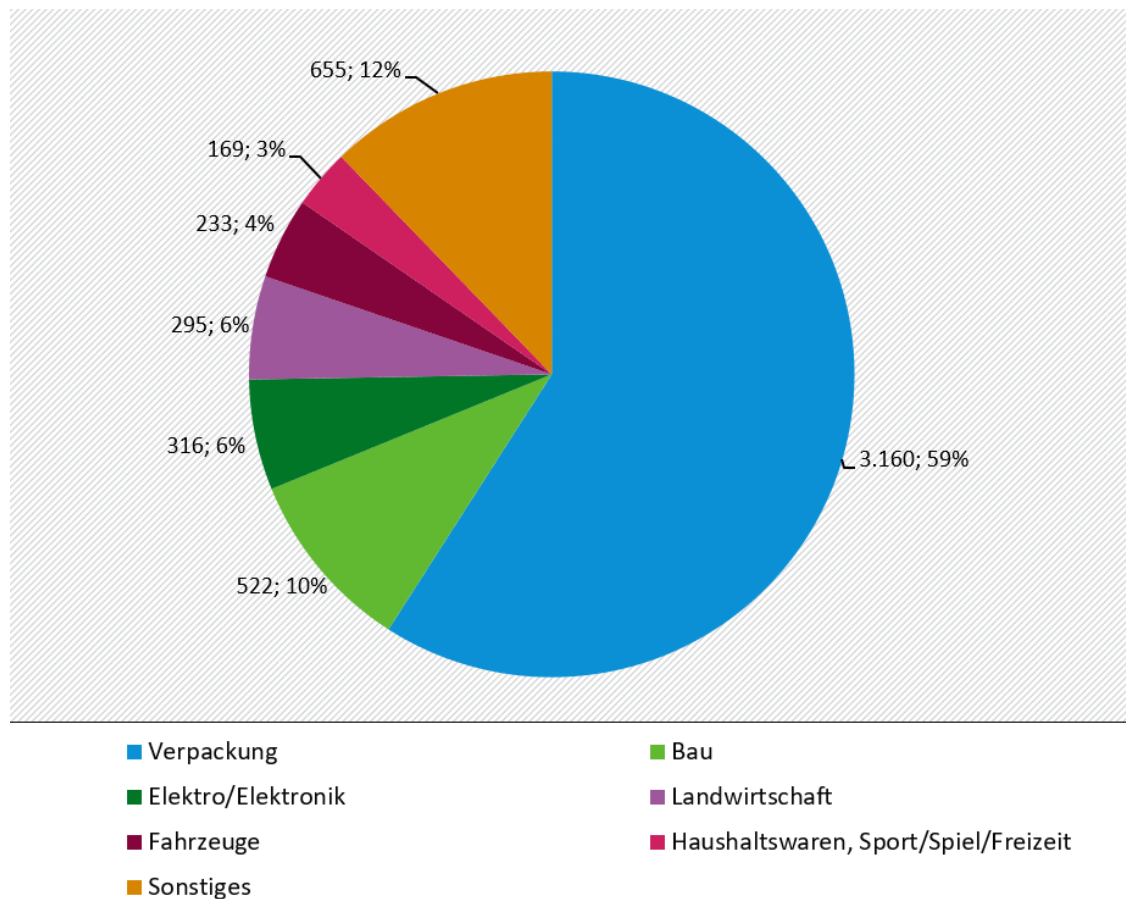
Kunststoffabfälle in Deutschland

Um die Behandlung von Kunststoffabfallströmen zu betrachten, ist zunächst ein Überblick über die in Deutschland verarbeiteten und eingesetzten Kunststoffe nötig. Dies gibt Aufschluss darüber, wie sich Kunststoffabfälle schlussendlich zusammensetzen, welche Ströme gehandelt werden und welche sich als problematisch erweisen können. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland 14.235 kt Kunststoffe für werkstoffliche Anwendungen verarbeitet. Der Rezyklatanteil betrug dabei 13,7 %, wobei der Anteil der Post-Consumer-Rezyklate (PCR) im Vergleich zu Post-Industrial-Rezyklaten (PIR) 53 % betrug. Durch einen Exportüberschuss für Kunststoffe in Höhe von 15 % wurden letztlich ca. 12.135 kt Kunststoffe in werkstofflichen Anwendungen in Deutschland verbraucht.

Kunststoffe werden in Deutschland hauptsächlich im Verpackungssektor (31 %), im Bau (25 %) und in der Fahrzeugbranche (11 %) genutzt. Im Elektro-/Elektronikbereich finden immerhin auch 6 % der Kunststoffe Verwendung. In den genannten Sektoren werden zum größten Anteil Polyolefine, also Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE), aber auch Polyvinylchlorid (PVC), Polyethylenterephthalat (PET), Polystyrol (PS) und Polyurethane (PUR) verarbeitet.

Wie in der folgenden Abbildung gezeigt überwiegen jedoch aufgrund der unterschiedlichen Lebensdauer der Kunststoffprodukte und des großen Wachstums in den letzten Jahren die Verpackungen mit fast 60 % aller Kunststoffabfälle deutlich. Diese bestehen nicht nur aus Leichtverpackungen, gesammelt im Rahmen der privaten Sammlung über den gelben Sack/die gelbe Tonne, sondern auch aus Gewerbeabfällen, gesammelt über die Gewerbeabfallsammlung.

Anteile des Post-Consumer-Abfallaufkommen in verschiedenen Einsatzfeldern 2019 in Deutschland



Quelle: Conversio 2020

Neben der Art der Abfälle ist eine Unterscheidung je nach Anfallstelle bedeutend, da sich durch diese der Vermischungsgrad mit anderen Abfällen sehr stark unterscheiden und damit auch die Sammelstrukturen unterschiedlich sind.

Von den im Jahr 2019 angefallenen Kunststoffabfällen in Deutschland wurden 47 % stofflich und 53 % energetisch verwertet. Großen Anteil an der Gesamtmenge der Kunststoffabfälle in Deutschland haben dabei PE mit 39 %, PP mit 17 % und Polyvinylchlorid (PVC) mit 11 %. Nur rund 0,36 % der Kunststoffabfälle werden einer Studie von Conversio nach innerhalb Deutschlands nicht ordnungsgemäß entsorgt. Die Studie betrachtet allerdings nicht den Export von Kunststoffabfällen und die Kunststoffe, die potenziell daraus resultierend in die Umwelt gelangen können.

Der Marktwert für einen Kunststoffabfallstrom wurde als wichtigstes Kriterium identifiziert, um das Risiko einer nicht umweltgerechten Behandlung der gesamten Fraktion einzuschätzen. Allerdings ist mit einem positiven Marktwert und einer Verarbeitung zum Rezyklat noch nicht die umweltgerechte Verwertung der Aufbereitungsreste gesichert. Die Preise verschiedener Sortierfraktionen von Kunststoffabfällen werden bestimmt durch die Qualität und Variabilität sowie durch die Nachfrage nach Rezyklaten. Auch die Farbe der Kunststoffe und ein Interesse zur kundenorientierten Werbung mit dem Einsatz von Rezyklat haben Einfluss auf erzielbare Preise. Die Verwendung von Rezyklaten im Lebensmittelkontaktbereich stellt noch einen Sonderfall dar und ist bisher lediglich in Einzelfällen, wie z. B. für PET-Flaschen möglich. Die Rezyklatnachfrage hängt in der Verpackungsbranche nicht nur mit dem Preisunterschied gegenüber der Neuware zusammen, sondern auch mit den öffentlich wirksamen

Werbemöglichkeiten. In der Baubranche genießen Rezyklate jedoch noch immer einen schlechten Ruf, da in diesem Sektor Langlebigkeit oberste Priorität hat und Rezyklate mit schlechter Materialqualität verbunden werden, obwohl dies nicht korrekt ist. In der Baubranche entscheidet daher vor allem der Preisvergleich zu Neuware, der sehr stark mit dem Ölpreis korreliert.

Die zu erzielenden Preise für Rezyklate im Inland (und damit für die Abfälle) stehen in direkter Wechselwirkung zum Export von Abfällen. Wenn in einem anderen Land höhere Preise¹ für Kunststoffabfälle erzielt werden können, wird ein Export durchaus in Betracht gezogen.

Bei der Wahl der Entsorgungsmöglichkeit ist die durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vorgeschriebene fünfstufige Abfallhierarchie einzuhalten. Diese gibt, soweit technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar, die folgende Prioritätsreihenfolge vor:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung,
5. Beseitigung.

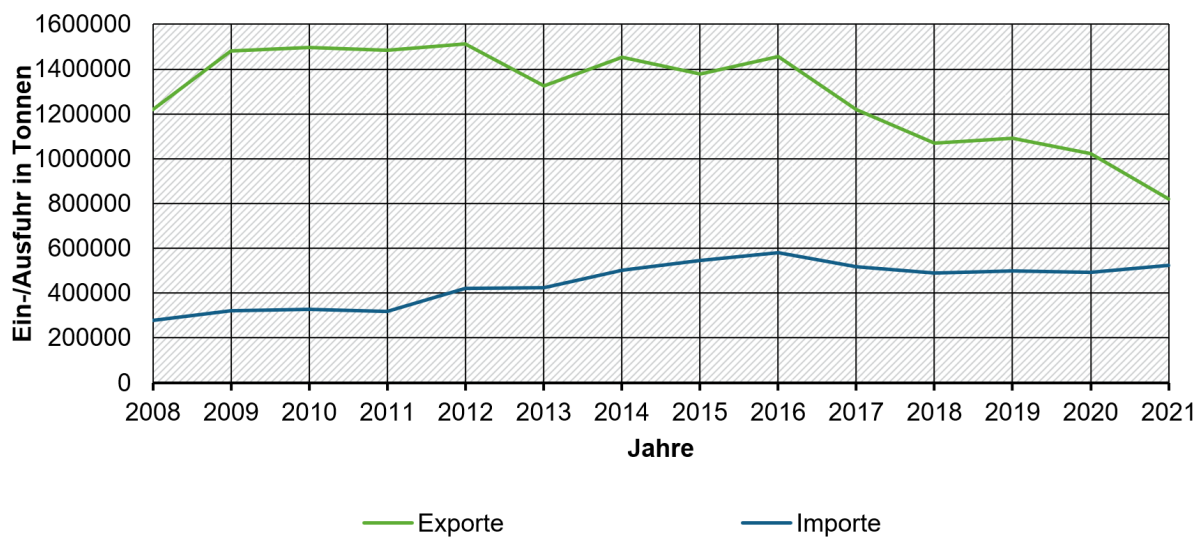
Beim Recycling wird zwischen der Materialrückgewinnung für ähnlich hochwertige Anwendungsbereiche und dem sogenannten „Downcycling“ unterschieden, bei welchem keine Kunststoffneuware, sondern andere Materialien, wie Holz oder Beton, ersetzt werden. Hier wird eine Kaskadennutzung angestrebt. Außerdem ist zwischen mechanischem bzw. werkstofflichen Recycling und dem chemischen Recycling zu unterscheiden. Beim chemischen Recycling werden die Polymerketten zumindest zum Teil aufgespalten, was energieintensiver ist und mit höheren Verlusten einhergeht. Für chemisches Recycling gibt es bisher allerdings keine rechtlich bindende Definition. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich bei der Sicherstellung einer Behandlung im Sinne der Abfallhierarchie im Ausland.

Kunststoffhandel

Daten zu Deutschlands Beteiligung am globalen Kunststoffhandel werden regelmäßig vom statistischen Bundesamt (Destatis) und der Zollverwaltung erfasst, ebenso wie durch die von der BKV GmbH in Auftrag gegebene Conversio Studie. Destatis veröffentlicht jährlich gebündelte Daten in einer Außenhandelsstatistik. Die Erhebung von Daten zur Verbringung notifiziertepflichtiger Kunststoffe erfolgt durch das Umweltbundesamt (UBA).

¹ Bzw. niedrigere Kosten

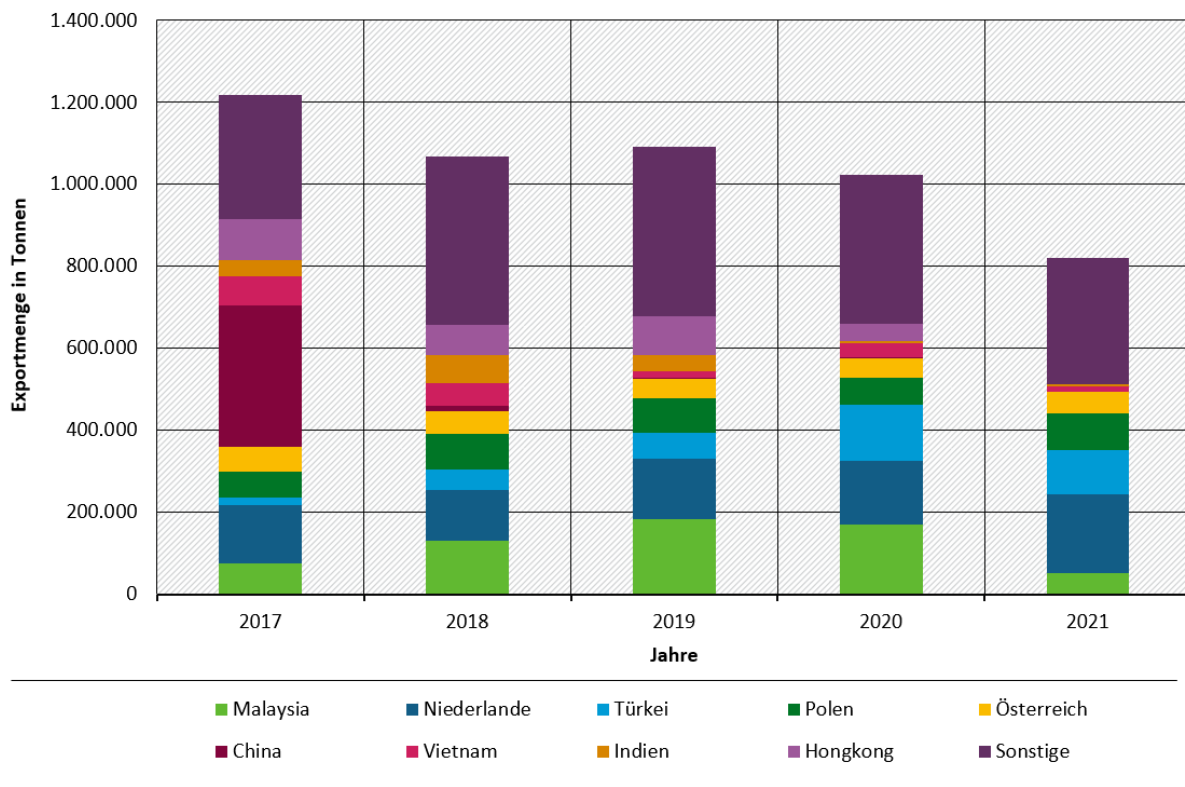
Deutsche Export- und Importzahlen für Kunststoffabfälle 2008-2021



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Destatis (2022a)

Die Exportmenge für Kunststoffabfälle aus Deutschland hat sich im Jahr 2021 im Vergleich zum Vorjahr um 20 % auf 820 kt reduziert. Angefallen sind in Deutschland im gleichen Jahr insgesamt 5.700 kt Kunststoffabfälle, ca. 86 % der Abfälle verblieben also im Land. Wenn die Zahlen von Destatis (2022a) zum Exportüberschuss mit den Zahlen der nach Conversio in Deutschland 2021 angefallenen Kunststoffabfälle ins Verhältnis gesetzt werden, beträgt der Anteil des Exportüberschusses 5,7 %. Dennoch ist aufgrund der geringen Dichte die verbleibende Menge an Kunststoffabfallexporten nicht zu vernachlässigen. Die vorherige Abbildung zeigt die Veränderung der deutschen Kunststoffexport- und -importmengen in den letzten Jahren: Seit 2010 sind die Exporte um 45 % gesunken, während die Importmenge um 60 % angestiegen ist. Demnach werden sehr viel mehr Kunststoffabfälle innerhalb Deutschlands einer Verwertung zugeführt. Diese Entwicklung ist im Zusammenhang mit einigen Faktoren zu sehen, die in den letzten Jahren die grenzüberschreitende Verbringung von Kunststoffabfällen beeinflusst haben: So wurde durch Restriktionen der Kunststoffabfallexport zunehmend erschwert. Auch die chinesischen Restriktionen seit 2017 und das seit Januar 2021 geltende chinesische Importverbot hat die globalen Kunststoffabfallströme deutlich beeinflusst. Zu den Hauptabnehmern deutscher Kunststoffabfälle gehörten im Jahr 2021 die Niederlande, Türkei, Polen und Malaysia. Wie die folgende Abbildung zeigt, sind die Exporte nach Südostasien in den letzten Jahren signifikant gesunken. Existierende Statistiken geben jedoch lediglich Auskunft über die ersten Empfangsländer für Kunststoffabfallexporte aus Deutschland, nicht aber über eine mögliche Weiterverbringung. Gerade bei den Niederlanden kann davon ausgegangen werden, dass ein signifikanter Anteil der Kunststoffe weiterverschifft wird.

Abnehmer deutscher Kunststoffabfallexporte 2017-2021



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Destatis (2022a)

Aus den Mengenstromnachweisen der in Deutschland agierenden dualen Systeme geht hervor, dass von den im Jahr 2020 angefallenen 1.200 kt Kunststoffsortierfraktionen 23 % ins Ausland verbracht wurden. Besonders hohe Anteile an dieser Exportmenge haben PET-Flaschen, Misch-PET und Folien. Mischkunststoffe verblieben dagegen zu 98 % in Deutschland. Diese Sortierfraktionen wurden 2020 außerhalb der EU in signifikanter Menge nur in die Türkei und die Schweiz exportiert. Demnach entstammen alle anderen Kunststoffexporte in andere Länder außerhalb der EU offiziell nicht diesem Abfallstrom.

Auch die Abfallkunststoffexportmengen aus der EU insgesamt haben sich seit 2017 halbiert. Ein Großteil dieser Exportmengen besteht aus PE und sonstigen Kunststoffen wie PET.

Kunststoffabfälle werden unter bestimmten Spezifikationen abhängig von Polymerart und Menge der Verunreinigung gehandelt. Häufig kommen die Produktspezifikationen der dualen Systeme zum Einsatz, vergleichbare Sortenbeschreibungen gibt es jedoch auch von anderen europäischen EPR-Systemen.

Ein in Deutschland etabliertes Kontrollsystem ist die stichpunktartige Abfallüberprüfung bei tatsächlicher Verbringung per LKW oder Container durch die zuständige Behörde. Dafür kann das sogenannte DSD²-Qualitätsprüfschema angewendet werden, welches Vorgaben zur Probenahme und Analyse beinhaltet. Tiefgehende Kontrollen der Frachten sind nur von Sachverständigen an dafür vorbereiteten Orten möglich. Einfache, oberflächliche Kontrollen können jederzeit und überall stattfinden. Durch den Einsatz von NIR-Handgeräten könnten diese noch erleichtert werden. Eine Überwachung der Kunststoffsortierfraktionsströme der dualen Systeme erfolgt außerdem durch Mengenstromnachweise, welche durch die Zentrale Stelle

Verpackungsregister geprüft werden. Dies stellt eine Besonderheit dar, die nicht einfach auf andere Abfallströme zu übertragen ist. Eine Zertifizierung als Entsorgungsfachbetrieb bietet jedoch darüber hinaus eine weitere Möglichkeit der Kontrolle.

Zu den identifizierten Push- und Pull-Faktoren für Exporte von Kunststoffabfällen zählen Kostenstrukturen, wie zum Beispiel höhere Preise im Ausland als Inland und die praktische bzw. ökonomisch bedingte Recyclingfähigkeit der Kunststofffraktionen. Weitere Faktoren sind das Hinsteuern zur Schließung von Materialkreisläufen, wobei effiziente Behandlungsanlagen über eine Mindestgröße und -auslastung verfügen müssen und das Vorhandensein von Anlageninfrastruktur und verarbeitender Industrie gegeben sein muss. Darüber hinaus sind die Möglichkeit der Vermarktung von Rezyklaten niedrigerer Qualität und der Gebrauchswert noch funktionierender Elektro- und Elektronikgeräte bedeutende Einflussfaktoren.

Ein weiterer Pull-Faktor sind fehlende Umweltstandards im Ausland bzw. der fehlende Vollzug bestehender Standards. Dadurch entfallen ebenfalls Kosten bei der Verwertung, z. B. von Sortierresten, was zu höheren Preisen für Kunststoffabfallfraktionen im Ausland führen kann.

Im Jahr 2021 wurden auf der Gelben Liste der EU Verordnung über die Verbringung von Abfällen (VVA) stehende Abfälle aus Deutschland hauptsächlich in westeuropäische Staaten verbracht. Insgesamt sind die Exportzahlen mit 40.000 t kunststoffhaltiger Abfälle im Jahr 2021 gering, importiert wurden jedoch notifizierungspflichtige Abfälle (mit Kunststoffanteil) in einer Gesamtmenge von 102.056 t.

Eine nicht umweltgerechte Behandlung hat laut Definition der VVA³ nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt. Zu möglichen Gründen für eine unsachgemäße Verbringung und anschließende nicht umweltgerechte Behandlung zählen vor allem ökonomische Interessen. Bei einer Falschdeklaration der Abfälle, die zu einer Einordnung in die Grüne Liste führt, entfällt z. B. das zeitlich und finanziell aufwändige Notifizierungsverfahren. Es muss angemerkt werden, dass auch bei einer Verbringung im Rahmen der Grenzwerte anschließend eine nicht umweltgerechte Behandlung, wie z. B. eine Deponierung in freier Natur, stattfinden kann. Jedoch ist das Risiko dafür nur gegeben, wenn auch, durch einen negativen Marktwert, ein finanzieller Anreiz dafür besteht. Nicht immer ist eine direkte Abhängigkeit zwischen der Maximalmenge an Verunreinigungen im Abfallstrom und der Recyclingfähigkeit bzw. einem positiven Marktwert des Abfalls vorhanden. Jedoch ist dies ein Kompromiss zwischen vermiedener Komplexität der Regulierung und Annäherung an die Wirklichkeit. Ein zentrales Problem stellt das Fehlen eines lückenlosen Systems für Abfallkontrollen auf Straßen und in Häfen dar, welches sehr ressourcenintensiv wäre. Kontrollen finden daher nur stichprobenartig und anlassbezogen statt.

Kunststoffe aus Gewerbeabfällen

Kunststoffen aus Gewerbeabfällen wird im Rahmen dieses Forschungsberichts besondere Bedeutung beigemessen. Zu ihnen zählen neben den „übrigen Abfällen, insbesondere aus Produktion und Gewerbe“, welche 2020 ca. 12 % des gesamten deutschen Abfallaufkommens ausmachten, auch ein Teil der als „Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle“ erfassten Abfallmenge. Die Gewerbeabfallverordnung sieht eine Getrenntsammlung von Kunststoffen vor, auf welche nur in begründeten Ausnahmefällen verzichtet werden darf. Greift ein solcher Ausnahmefall, ist jedoch zwingend eine Vorbehandlung der Abfälle erforderlich. Ein identifiziertes Problem besteht darin, dass Vorbehandlungsanlagen die vorgeschriebenen

³ Die VVA definiert eine umweltgerechte Behandlung so: „das Ergreifen aller praktisch durchführbaren Maßnahmen, die sicherstellen, dass Abfälle so behandelt werden, dass der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor den nachteiligen Auswirkungen, die solche Abfälle haben können, sichergestellt ist“. Dementsprechend hat eine nicht umweltgerechte Behandlung nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt.

Recyclingquoten nur selten erfüllen, eine Nichterfüllung jedoch keine Ordnungswidrigkeit darstellt. Dies hat zur Folge, dass nur Kunststofffraktionen abgetrennt werden, für die sich ein positiver Marktwert erzielen lässt bzw. die Kosten eines alternativen Entsorgungsweges höher wären.

Der Anteil von Kunststoffen an der Gesamtmenge der Gewerbeabfälle beträgt ca. 26 % bis 28 %. Davon sind potenziell 42 % bis 60 % stofflich verwertbar. Unter anderem auch wegen der zu geringen Nachfrage an Rezyklaten bestimmter Kunststoffe werden jedoch nur 7 % der Kunststoffe sortiert, der Rest wird entweder thermisch verwertet oder beseitigt. Wie zuvor dargestellt, könnte mehr sortiert werden, dies wird jedoch aufgrund fehlender finanzieller Anreize bzw. mangelndem ordnungsrechtlichem Zwang unterlassen. Zu den häufig sortierten Kunststofffraktionen zählen Folien, Hartkunststoffe und Polyolefine. Darüber hinaus steigert der Kunststoffanteil bei den restlichen Fraktionen, die als Ersatzbrennstoff genutzt werden, den Brennwert. Beim Export von Kunststoffen aus Gewerbeabfällen in Mischfraktionen wie Ersatzbrennstoffe (EBS) sind diese notifizierungspflichtig. Lediglich Kunststofffraktionen mit geringem Störstoffanteil (weniger als 2 % bzw. 6 %) können ohne Notifizierung verbracht werden. Da die Nachfrage nach Ersatzbrennstoffen in Deutschland in den letzten Jahren gestiegen ist, ist der Export der entsprechenden Fraktionen zurückgegangen. Kunststoffe aus gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen werden meist in Deutschland vorbehandelt und an kunststoffverarbeitende Anlagen, sowohl im Inland als auch Ausland, weitergegeben. Die aussortierte Folienfraktion wird meist Händlern zur Bündelung und Vermarktung übergeben, während Hartkunststoffe und Polyolefine häufiger direkt von den Sortieranlagen vermarktet werden. Sortierte Kunststofffraktionen aus Vorbehandlungsanlagen können in Recyclinganlagen weiter aufbereitet und als Rezyklate verkauft werden.

Mehrere Hemmnisse einer umweltgerechten Verwertung von Kunststoffen aus Gewerbeabfällen wurden identifiziert:

- ▶ Ein erschwertes Recycling durch fehlende Getrenntsammlung beim Abfallerzeuger und mangelnde Vorsortierung in den Sortieranlagen, ermöglicht durch den kaum vorhandenen Vollzug der Gewerbeabfallverordnung.
- ▶ Wirtschaftliche Zwänge von Unternehmen ausgelöst durch starke Veränderungen der Abfallpreise und Steigerung der Betriebskosten.
- ▶ Fehlende flächendeckende und zentralgesteuerte Überwachung und geringe Strafen für illegale Verbringungen
- ▶ Unsicherheit und Unwissenheit über richtige Deklaration, Verbringung und angemessene Verwertung sowie die Komplexität rechtlicher Vorgaben.

Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG)

Die vorliegende Studie untersucht insbesondere auch Kunststoffexporte aus Elektro- und Elektronikaltgeräte und leitet Handlungsempfehlungen zu einer umweltgerechten Behandlung im In- und Ausland ab. Dafür wird in einem ersten Schritt die Markt- und Exportstruktur von EGA untersucht. Hier ist hervorzuheben, dass ein Großteil der Kunststoffe aus EAG Deutschland in Form von unzerlegten Produkten verlässt. Es werden insbesondere die Handelswege- sowie die Verwertungsarten beim Letztempfänger untersucht. Während EAG im Inland in der Regel mechanisch vorbehandelt werden, so dass auch Kunststofffraktionen mit geringerem ökonomischem Wert sachgemäß verwertet werden können, stellt sich die Situation in vielen Ländern, insbesondere des globalen Südens, anders dar. Gründe dafür sind verzerrte Wettbewerbsbedingungen mit dem sogenannten informellen Sektor aufgrund von

regulatorischen Implementierungsdefiziten sowie eine unzureichende Finanzierung von nachhaltigem Recycling durch Finanzierungsmechanismen wie der erweiterten Herstellerverantwortung (EPR).

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Wenn Importe und Exporte verrechnet werden, verbleiben über 94 % der Kunststoffabfälle innerhalb Deutschlands. Die restlichen Exporte gehen zum überwiegenden Anteil in Mitgliedsländer der EU. Allerdings werden die in Deutschland verbleibenden Kunststoffabfälle zu mehr als der Hälfte energetisch verwertet. Zusätzlich verbleiben diverse Probleme bezüglich des Exports, u. a. aufgrund der Abfalleinstufung, da sich dadurch entscheidet, ob die betreffenden Abfälle außerhalb der EU verbracht werden dürfen und wenn ja, ob diese notifizierungspflichtig sind. Die aus der Studie folgenden Handlungsempfehlungen sind aufgeteilt nach Akteuren.

Handlungsempfehlungen an Politik und Behörden:

- ▶ Priorisierung der Vermeidung von Abfällen, unter anderem durch Schaffung gesetzlicher Grundlagen zur Wiederverwendbarkeit und Reparierbarkeit
- ▶ Gezielte ökonomische und steuernde Instrumente zur Stärkung der Recyclingfähigkeit und des Recyclings
- ▶ Stärkung des Rezyklatmarktes durch gezielte öffentliche Beschaffung und Rezyklateinsatzquoten
- ▶ Verstärkte Aufklärung von Abfallerzeugern über Verbleib von Abfällen und ordnungsgemäße Entsorgung
- ▶ Priorisierung der Abfallverbringung bei Kontrollen und dem Vollzug inklusive Aufstockung personeller Ressourcen
- ▶ Höhere Strafen für illegale Verbringungen
- ▶ Ausweitung der Systembeteiligungspflicht auf weitere Verpackungsarten
- ▶ Verpflichtende externe Audits von dritter anonymer und sachkundiger Stelle bezahlt aus einem allgemeinen Fonds
- ▶ Einsatz neuer Technologien wie Algorithmen zur Überprüfung von Abnormalitäten oder Nutzung von Geolokalisierungsdaten zur Transportüberwachung
- ▶ Detailliertere Kontrollen für Gewerbeabfälle und Vollzug der Gewerbeabfallverordnung
- ▶ Kundenorientierte Retourlogistik im Inland für EAG in privaten Haushalten am Ende des Lebenszyklus
- ▶ Schaffung einer übergeordneten Stelle zur Sammlung und dem Vergleich bzw. einer Plausibilisierung der Meldungen an die Umweltbehörden
- ▶ Förderung von nachhaltigem Kunststoffrecycling insbesondere für Abfälle aus Elektro- und Elektronikaltgeräten in Ländern des globalen Südens, indem schrittweise systematisch Finanzierungsmodelle eingeführt werden, etwa gemäß dem Prinzip der sogenannten erweiterten Herstellerverantwortung

- ▶ Unterstützung von Behörden in Zielländern, um die Regulierungslücke zu schließen
- ▶ Im Rahmen von (auch internationalen) Finanzierungsmechanismen nachhaltiges Recycling von Kunststoffen fördern
- ▶ Ein ausgewogenes Verhältnis von Schadstoffgrenzwerten in Primär- sowie Sekundärrohstoffen, um den Anforderungen an eine zunehmend schadstofffreie Umwelt sowie einer Kreislaufwirtschaft gerecht zu werden
- ▶ Setzen europaweiter Standards, siehe Novelle der VVA

Handlungsempfehlungen an Kunststoffhersteller und -Verarbeiter:

- ▶ Umsetzung von Design for Recycling Guidelines zur Verbesserung der Recyclingfähigkeit und Verminderung des Primärressourceneinsatzes
- ▶ Prüfung der Verwendungsmöglichkeit von Rezyklaten
- ▶ Stärkere Getrenntsammlung von Gewerbeabfällen
- ▶ Prozess- oder unternehmensinterne Verwertung von Ausschussware und Produktionsabfällen zur Abfallvermeidung
- ▶ Einhalten von Pflichten der erweiterten Herstellerverantwortung
- ▶ Aktive Beteiligung an Weiterentwicklung von gesetzlichen Rahmenbedingungen

Handlungsempfehlungen an Abfallerzeuger:

- ▶ Vermeidung von Abfällen, zum Beispiel durch Bevorzugung der Reparatur von Geräten im Vergleich zum Neukauf
- ▶ Wichtigkeit der Eigenverantwortung und des eigenen Einflusses bewusstmachen, besonders bei der Auswahl der Entsorgungsunternehmen und der Nachverfolgung der eigenen Abfälle
- ▶ Auf Abfalltrennung achten

Handlungsempfehlungen an Entsorgungsunternehmen, Sortierer und Recycler:

- ▶ Aufbau ausreichender Sortieranlagenkapazität
- ▶ Mehr Kooperation und Austausch untereinander
- ▶ Besinnung auf Eigenverantwortung und Verantwortung, die über eigenen Betrieb hinausgeht (siehe Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz)
- ▶ Zertifizierung als Entsorgungsfachbetrieb (Efb)
- ▶ Ausschöpfen von Sortierpotenzialen, z. B. mit Hilfe von NIR-Scannern
- ▶ Überfahren von Anlagen vermeiden
- ▶ Bei Kontrollen gewissenhaft vorgehen und bei Übergabe von Abfällen an Händler auf Nachweise über Verbleib bestehen

Handlungsempfehlungen an Händler und Logistikunternehmen:

- ▶ Informieren über bestehende Regulierungen

- ▶ Etablieren von Management und Prüfprozessen, Aufarbeitung in Praxishilfen durch Verbände
- ▶ Beschäftigung von Expert*innen zur Auditierung möglicher Geschäftspartner
- ▶ Nachweise ordnungsgemäßer Verwertung + Beschränkung auf Akteure und Länder mit gutem Abfallmanagement bzw. funktionierendem Vollzug
- ▶ Transparenz gegenüber anderen Akteuren
- ▶ Verwendung von Trackern zur Nachverfolgung über den eigenen Aktionsradius hinaus
- ▶ Gründliches Vorgehen bei Kontrollen des eigenen Betriebs bzw. der Abnehmer der Abfälle
- ▶ Zertifizierung als Efb
- ▶ Beteiligung an Retourlogistik für EAG

Summary

Plastics waste causes great environmental damage if it is not treated properly. At the same time, it can be a resource if there is the possibility for recycling. Thus, the production of new plastics from fossil raw materials is avoided. This study examines the influencing factors and control instruments Germany has to increase the share of recycling of plastics waste generated in the country and to promote and ensure an environmentally sound treatment. This is particularly relevant if the plastics waste stream has been sent across borders and thus the influence of national regulations and authorities is no longer given. This is where the influence of the OECD Council Decision and the Basel Convention comes into play. The study provides an insight into the quantities and types of plastic waste in Germany, their destinations and the legal framework of the plastic waste trade. From this, recommendations for taking measures are derived in order to avoid environmental damage due to inadequate treatment and to increase recycling rates. After a general description of the problem, plastics in mixed industrial waste and from waste electrical and electronic equipment are dealt with in more detail. The methodology consists of comprehensive research and interviews with various stakeholder groups. In addition, the results were verified in a workshop with experts.

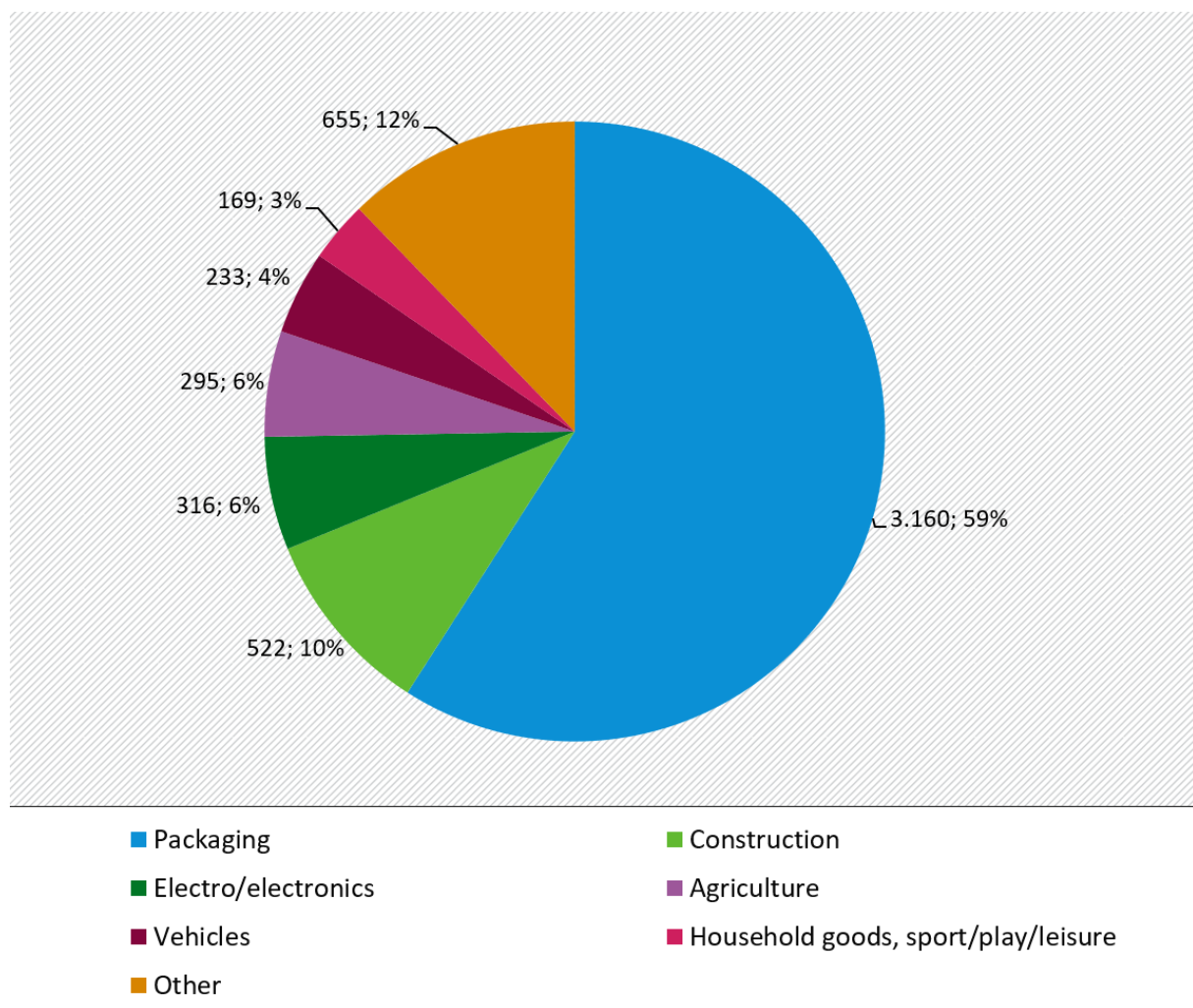
Plastics waste in Germany

In order to examine the treatment of plastic waste streams, it is first necessary to have an overview of the plastics processed and used in Germany. This provides information on how plastic waste is ultimately composed, which streams are traded, and which may turn out to be problematic. In 2019, 14,235 kt of plastics were processed for material applications in Germany. The recycle share of this was 13.7%, with post-consumer recyclates (PCR) accounting for 53% compared to post-industrial recyclates (PIR). Due to an export surplus for plastics of 15%, approx. 12,135 kt of plastics were ultimately consumed in material applications in Germany.

Plastics in Germany are mainly used in the packaging sector (31%), in construction (25%) and in the automotive sector (11%). The electrical/electronics sector still uses 6% of the plastics. The sectors mentioned above mainly use polyolefins, i.e., polypropylene (PP) and polyethylene (PE), but also polyvinyl chloride (PVC), polyethylene terephthalate (PET), polystyrene (PS) and polyurethanes (PUR).

However, as shown in the following figure, due to the different lifetimes of plastic products and the large growth in recent years, packaging clearly predominates with almost 60% of all plastic waste. This consists not only of light packaging, collected as part of private collection via the German participation system, but also of industrial waste, collected via the industrial waste collection.

Shares of post-consumer waste generation in various fields of application in Germany in 2019



Source: Conversio 2020

In addition to the type of waste, it is important to differentiate according to the point of generation, as the degree of mixing with other waste varies greatly and the collection structures therefore also differ.

Of the plastic waste generated in Germany in 2019, 47% was recycled and 53% energetically recovered. A large share of the total amount of plastic waste in Germany is accounted for by PE with 39%, PP with 17% and polyvinyl chloride (PVC) with 11%. According to a study by Conversio, only about 0.36% of plastic waste is not disposed properly within Germany. However, the study does not look at the export of plastic waste and the plastics that could potentially end up in the environment as a result.

The market value for a plastic waste stream was identified as the most important factor in assessing the risk of the entire fraction not being treated in an environmentally sound manner. However, a positive market value and processing into recyclate does not ensure environmentally sound recycling of the treatment residues. The prices of different sorting fractions of plastic waste are determined by the quality and variability as well as the demand for recyclates. The colour of the plastics and an interest in customer-oriented advertising with the use of recyclate also have an influence on achievable prices. The use of recyclates in the food contact sector is still a special case and is so far only possible in individual cases, such as for PET

bottles. In the packaging industry, the demand for recycled material is not only related to the price difference compared to virgin material, but also to the publicly effective advertising opportunities. In the construction industry, however, recyclates still have a bad reputation because in this sector durability is the top priority and recyclates are associated with poor material quality, although this is not correct. In the construction industry, therefore, the price comparison with virgin material is the decisive factor, which correlates very strongly with the price of oil.

The prices to be achieved for recyclates within the country (and thus for the waste) are in direct correlation with the export of waste. If higher prices⁴ can be obtained for plastic waste in another country, export is thoroughly considered.

When choosing a disposal option, the five-stage waste hierarchy prescribed by the KrWG (Kreislaufwirtschaftsgesetz – Law on Life-Cycle Management) must be observed. As far as technically possible and economically feasible, this gives the following order of priority:

1. avoidance,
2. preparation for re-use,
3. recycling,
4. other recovery,
5. disposal.

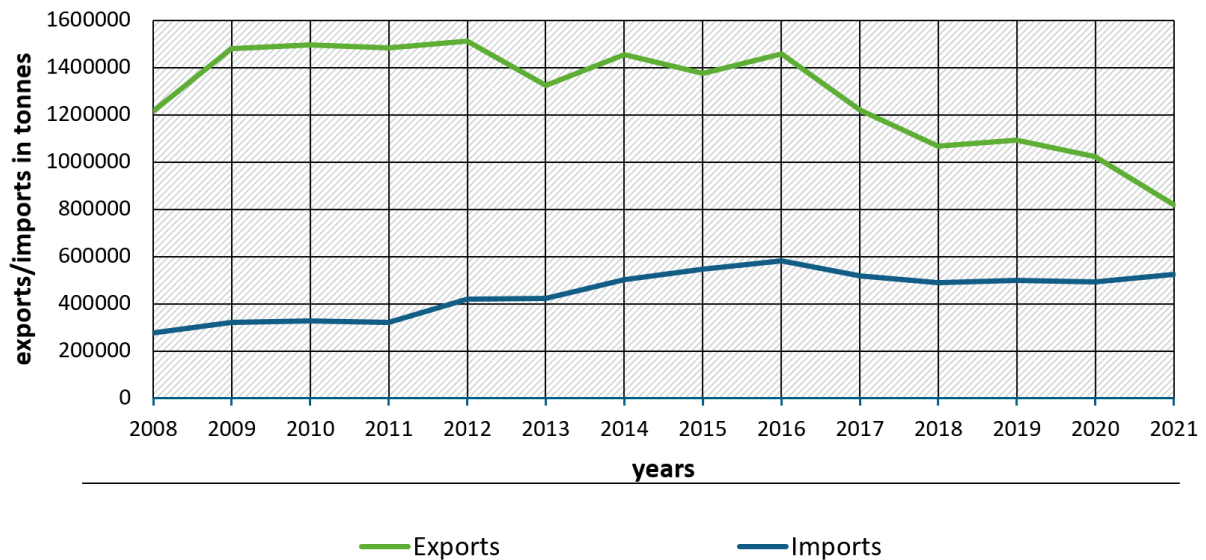
Recycling distinguishes between material recovery for similarly high-value areas of application and so-called "downcycling", in which no virgin plastics are replaced but other materials such as wood or concrete. The aim here is to achieve cascade use. A distinction must also be made between mechanical or material recycling and chemical recycling. In chemical recycling, the polymer chains are at least partially broken down, which is more energy-intensive and involves higher losses. However, so far there is no legally binding definition for chemical recycling. Particular difficulties arise in ensuring treatment in the sense of the waste hierarchy abroad.

Plastics trade

Data on Germany's participation in global plastics trade is regularly collected by the Federal Statistical Office (Destatis) and the customs administration, as well as by the Conversio study commissioned by BKV GmbH. Destatis publishes bundled data annually in export trade statistics. Data on the shipment of plastics subject to notification is collected by the Federal Environmental Agency (UBA).

⁴ Or lower costs

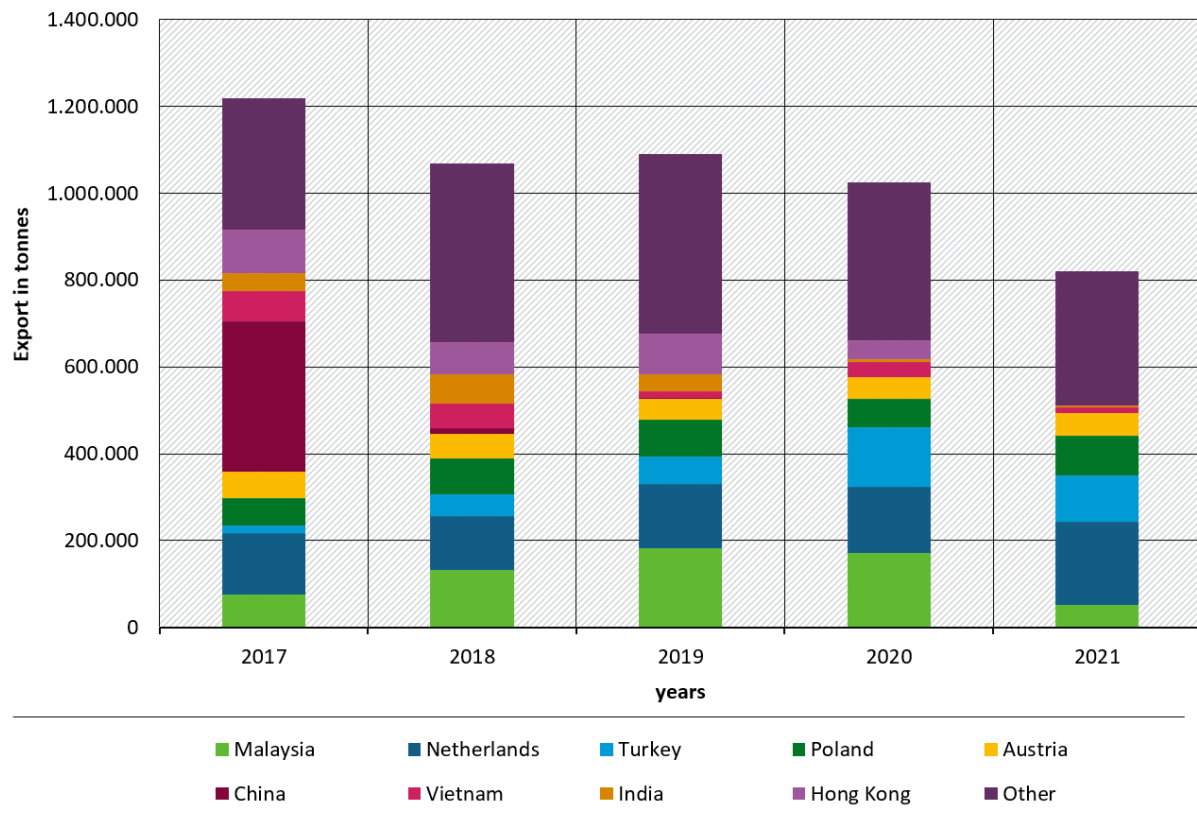
German export and import statistics for plastic waste 2008-2021



Source: Öko-Institut / data: Destatis (2022a)

In 2021, the export volume of plastic waste from Germany decreased by 20% to 820 kt compared to the previous year. In the same year, a total of 5,700 kt of plastic waste was produced in Germany, which means that approx. 86% of the waste remained in the country. If the data from Destatis (2022a) on the export surplus are compared with the data on the plastic waste generated in Germany in 2021 according to Conversio, the share of the export surplus is 5.7%. Nevertheless, due to the low density, the remaining amount of plastic waste exports is not negligible. The previous figure shows the change in German plastic export and import volumes in recent years: Since 2010, exports have decreased by 45%, while the import volume has increased by 60%. Accordingly, much more plastic waste is being recycled within Germany. This development should be seen in the context of several factors that have influenced the transboundary shipment of plastic waste in recent years: For instance, restrictions have made the export of plastic waste increasingly difficult. Also, the Chinese restrictions since 2017 and the Chinese import ban, which has been in effect since January 2021, has also had a significant impact on global plastic waste flows. The main purchasers of German plastic waste in 2021 included the Netherlands, Turkey, Poland, and Malaysia. As the following figure shows, exports to Southeast Asia have fallen significantly in recent years. However, existing statistics only provide information about the first receiving countries for plastic waste exports from Germany, but not about a possible onward shipment. In the case of the Netherlands in particular, it can be assumed that a significant proportion of the plastics are shipped onwards.

Purchasers of German plastic waste exports 2017-2021



Source: Öko-Institut / data: Destatis (2022a)

The volume flow records of the dual systems operating in Germany show that 23% of the 1,200 kt of plastic sorting fractions generated in 2020 were shipped abroad. PET bottles, mixed PET and foils account for a particularly high proportion of this export volume. In contrast, 98% of mixed plastics remained in Germany. In 2020, these sorting fractions were exported outside the EU in significant quantities only to Turkey and Switzerland. Accordingly, all other plastic exports to other countries outside the EU do not officially originate from this waste stream.

Waste plastic export volumes from the EU in total have also halved since 2017. A large part of these export volumes consists of PE and other plastics such as PET.

Plastic waste is traded under certain specifications depending on polymer type and amount of contamination. The product specifications of the dual systems are often used, but comparable grade descriptions are also available from other European extended producer responsibility (EPR) systems.

An established control system in Germany is the inspection of waste at random by the responsible authority when it is actually shipped by truck or container. For this purpose, the so-called DSD⁵ quality inspection scheme can be used, which contains specifications for sampling and analysis. In-depth inspections of the loads are only possible by experts at locations prepared for this purpose. Simple, superficial inspections can be carried out at anytime and anywhere. The use of hand-held NIR devices could make these even easier. Monitoring of the plastic sorting fraction flows of the dual systems is also carried out by means of volume flow certificates, which are checked by the Central Packaging Register Office. This is a unique feature that cannot simply

be transferred to other waste streams. However, certification as a certified waste management company offers a further possibility of control.

The identified push and pull factors for exports of plastic waste include price structures, such as higher prices abroad than in the domestic market, and the practical or economic recyclability of the plastic fractions. Other factors are the move towards closing material loops, whereby efficient treatment plants must have a minimum size and capacity utilization, and the existence of plant infrastructure and processing industry must be given. In addition, the possibility of marketing lower quality recyclates and the utility value of still functioning electrical and electronic equipment are significant influencing factors.

Another pull factor is the lack of environmental standards abroad or the lack of enforcement of existing standards. This also eliminates recycling costs, e.g., for sorting residues, which can lead to higher prices for plastic waste fractions abroad.

In 2021, yellow listed waste on the EU regulation on waste shipments was shipped from Germany mainly to Western European countries. Overall, the export figures are low at 40,000 t of waste containing plastics in 2021, but plastic containing waste subject to notification was imported in a total quantity of 102,056 t.

According to the definition of the EU regulation on waste shipments⁶, non-environmentally sound treatment has adverse effects on human health and/or the environment. Possible reasons for improper shipment and subsequent non-environmentally sound treatment include, above all, economic interests. In the case of a misdeclaration of waste leading to classification in the Green List, for example, the notification procedure, which is time-consuming and costly, is not required. It should be noted that even if a shipment is within the limits, it may subsequently be treated in a way that is not environmentally sound, e.g., by landfilling in the open countryside. However, the risk of this only exists if there is a financial incentive to do so due to a negative market value. There is not always a direct dependency between the maximum amount of contaminants in the waste stream and the recyclability or a positive market value of the waste. However, this is a trade-off between avoiding regulatory complexity and approximating reality. A central problem is the lack of a complete system of waste controls on roads and in ports, which would be very resource intensive. Checks are therefore only carried out randomly or as required.

Plastics from industrial waste

Plastics from industrial waste are given particular importance in the context of this research report. In addition to "other waste, especially from production and trade", which accounted for approx. 12 % of the total German waste volume in 2020, they also include part of the waste volume recorded as "household waste and commercial waste similar to household waste". The Commercial Waste Ordinance (Gewerbeabfallverordnung) provides for the separate collection of plastics, which may only be waived in justified exceptional cases. If such an exceptional case applies, however, pre-treatment of the waste is mandatory. One problem identified is that pre-treatment facilities rarely meet the prescribed recycling quotas, but failure to do so does not constitute an administrative offence. As a result, only plastic fractions for which a positive market value can be achieved, or the costs of an alternative disposal route would be higher are separated.

⁶ The regulation on waste shipments defines environmentally sound management as "taking all practicable steps to ensure that waste is managed in a manner that will protect human health and the environment against adverse effects which may result from such waste". Accordingly, non-environmentally sound management has adverse effects on human health and/or the environment.

The share of plastics in the total amount of industrial waste is approx. 26% to 28%. Of this, 42% to 60% can potentially be recycled. However, partly due to the insufficient demand for recyclates of certain plastics, only 7% of plastics are sorted, the rest is either incinerated or disposed of. As shown above, more could be sorted, but this is not done due to a lack of financial incentives or regulatory constraints. Frequently sorted plastic fractions include foils, rigid plastics and polyolefins. In addition, the plastic content increases the calorific value of the remaining fractions that are used as substitute fuel. When plastics from industrial waste are exported in mixed fractions such as substitute fuel, they are subject to notification. Only plastic fractions with a low proportion of impurities (less than 2% or 6%) can be shipped without notification. Since the demand for substitute fuels in Germany has increased in recent years, the export of the corresponding fractions has declined. Plastics from mixed industrial municipal waste are mostly pre-treated in Germany and passed on to plastics processing plants, both in Germany and abroad. The sorted foil fraction is mostly handed over to traders for bundling and marketing, while rigid plastics and polyolefins are more often marketed directly by the sorting plants. Sorted plastic fractions from pre-treatment plants can be further processed in recycling plants and sold as recyclates.

Several obstacles to environmentally sound recycling of plastics from industrial waste have been identified:

- ▶ Difficult recycling due to a lack of separate collection by the waste producer and insufficient pre-sorting in the sorting plants, made possible by the barely existing enforcement of the Commercial Waste Ordinance.
- ▶ Economic constraints of companies triggered by strong changes in waste prices and increase in operating costs.
- ▶ Lack of nationwide and centrally controlled monitoring and low penalties for illegal shipments.
- ▶ Uncertainty and ignorance about correct declaration, shipment and appropriate recovery, and the complexity of legal requirements.

Waste electrical and electronic equipment (WEEE)

The present study also examines in particular plastic exports from WEEE and derives recommendations for action for environmentally sound treatment at national and international level. In a first step, the market and export structure of WEEE is examined. It should be highlighted here that a substantial proportion of plastics from WEEE leave Germany in the form of undismantled products. In particular, the trade routes and the types of recycling at the final recipient are examined. While in Germany WEEE is usually mechanically pre-treated so that even plastic fractions with a lower economic value can be properly recycled, the situation is different in many countries, especially in the global South. The reasons for this are distorted competitive conditions with the so-called informal sector due to regulatory implementation deficits as well as insufficient financing of sustainable recycling through financing mechanisms such as extended producer responsibility (EPR).

Conclusions and recommendations

If imports and exports are taken into account, over 94% of plastic waste remains within Germany. Most of the remaining exports go to EU member states. However, more than half of the plastic waste remaining in Germany is energetically recovered. In addition, various problems remain regarding exports, among other things due to waste classification, as this determines whether the waste in question may be shipped outside the EU and, if so, whether it is subject to

notification. The recommendations for action that follow from the study are structured according to actors.

Recommendations for policy makers and authorities:

- ▶ Prioritisation of the avoidance of waste, including through the creation of legal frameworks for reusability and reparability.
- ▶ Specific economic and steering instruments to strengthen recyclability and recycling.
- ▶ Strengthening the recycle market through targeted public procurement and recycle usage quotas
- ▶ Increased education of waste producers on the whereabouts of waste and proper disposal
- ▶ Prioritisation of waste shipments in inspections and enforcement, including increased human resources
- ▶ Increased penalties for illegal shipments
- ▶ Extension of the system participation obligation to further types of packaging
- ▶ Compulsory external audits by an anonymous and expert third party, paid for from a general fund.
- ▶ Use of new technologies such as algorithms to check for abnormalities or use of geographical location data for transport monitoring
- ▶ More detailed controls for industrial waste and enforcement of the Commercial Waste Ordinance
- ▶ Customer-oriented domestic return logistics for WEEE in private households at the end of their life cycle
- ▶ Creation of a superordinate authority for the collection and comparison or plausibility check of the reports to the environmental authorities
- ▶ Promote sustainable plastic recycling, especially for waste from WEEE in countries of the Global South, by gradually introducing systematic financing models, for example in accordance with the principle of so-called extended producer responsibility (EPR)
- ▶ Supporting authorities in target countries to close the regulatory gap
- ▶ Promote sustainable recycling of plastics within the framework of (also international) financing mechanisms
- ▶ A balanced ratio of pollutant limits in primary as well as secondary raw materials in order to meet the requirements for an increasingly pollutant-free environment as well as a circular economy
- ▶ Setting Europe-wide standards, see amendment of the regulation on waste shipments

Recommendations for plastics manufacturers and converters:

- ▶ Implementation of Design for Recycling Guidelines to improve recyclability and reduce the use of primary resources.

- ▶ Examination of the possibility of using recycled materials
- ▶ Increased separate collection of industrial waste
- ▶ In-process or in-company recycling of rejects and production waste to prevent waste generation
- ▶ Compliance with the obligations of extended producer responsibility (EPR)
- ▶ Active participation in the further development of legal framework conditions

Recommendations for waste producers:

- ▶ Avoiding waste, for example by giving preference to repairing appliances over buying new ones.
- ▶ Raise awareness of the importance of personal responsibility and influence, especially in the selection of disposal companies and the tracking of one's own waste.
- ▶ Pay attention to waste separation

Recommendations for waste management companies, sorters and recyclers:

- ▶ Build up sufficient sorting plant capacity
- ▶ More cooperation and exchange among each other
- ▶ Reflection on personal responsibility and responsibility that goes beyond one's own operation (see the German Supply Chain Due Diligence Law)
- ▶ Certification as a certified waste management company
- ▶ Exploiting sorting potential, e.g., with the help of NIR scanners
- ▶ Avoid overrunning plants
- ▶ Proceed conscientiously during inspections and insist on proof of whereabouts when handing over waste to traders

Recommendations for traders and logistics companies:

- ▶ Inform about existing regulations
- ▶ Establishment of management and auditing processes, processing in practical aids by associations
- ▶ Employ experts to audit potential business partners.
- ▶ Proof of proper recycling + only work with actors and countries with good waste management or functioning enforcement
- ▶ Transparency towards other actors
- ▶ Use of trackers for tracking beyond own radius of action
- ▶ Thorough approach to inspections of own operations or waste recipients
- ▶ Certification as a certified waste management company
- ▶ Participation in return logistics for WEEE

1 Einleitung

Die Wertschöpfungskette von Kunststoffen und insbesondere ihre Behandlung am Ende ihres Lebenszyklus rücken zunehmend in den politischen Fokus. Die wachsende Menge und der unsachgemäße Umgang mit Kunststoffabfällen führen weltweit zu einer Umweltverschmutzung mit schwerwiegenden Folgen. Gleichzeitig sind Kunststoffe unverzichtbar und können sich aufgrund ihrer vielfältigen Eigenschaften, u. a. der oft geringeren Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) über die gesamte Lebensphase gegenüber anderen Materialien behaupten. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der Klimaziele ist es aber auch dringend geboten, den Einsatz von fossilen Primärrohstoffen in der Kunststoffproduktion zu reduzieren. Ziel sollte es daher sein, eine möglichst hohe Quote an Sekundärmaterialien zu erreichen. Kunststoffrecycling ist allerdings ein globaler Markt. Bei der Betrachtung der Kunststoffabfallexporte befindet man sich daher in einem Spannungsfeld, dass einerseits Kunststoffabfälle aus Deutschland in anderen Ländern Probleme verursachen können und andererseits eine Exportbeschränkung ein funktionierendes Recycling in anderen Ländern verhindern kann.

Die Politik ist dahingehend schon aktiv geworden. Im Mai 2019 wurde auf der 14. Vertragsstaatenkonferenz des Basler Übereinkommens über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung ein Beschluss⁷ zur Verbringung von Kunststoffabfällen gefasst. Dieser umfasst im Kern eine Differenzierung der Qualität von Kunststoffabfällen bei der Verbringung. Dieser Beschluss wurde in die Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen (VVA)⁸ umgesetzt. Das geänderte Recht gilt seit dem 1.1.2021 in der Europäischen Union.

Damit wurden neue komplexe Vorschriften für die Verbringung von Kunststoffabfällen gesetzt, die die Regelungen zur grenzüberschreitenden Verbringung mit qualitativen Ansprüchen an die Abfälle verknüpfen. Die Vorschriften zielen darauf ab, die Plastikverschmutzung in der Umwelt zu verringern, indem sie nur noch für weitgehend „saubere Kunststoffabfallfraktionen“ den Export ermöglichen, welche im Ausland dann recycelt werden können. Der Handel von sortenreinen, leicht zu recycelnden Kunststoffabfällen soll weitergeführt werden, da diese einen wertvollen Rohstoff darstellen. So gibt es bei diesen Abfällen keinen Anreiz für unsachgemäße Entsorgung in der Umwelt, da die Abfälle einen positiven Marktwert im Importland haben.

Der Zusammenhang zwischen den Vorgaben bzgl. einer Maximalgröße an Verunreinigungen und einer leichten Recyclingfähigkeit bzw. einem positiven Marktwert ist jedoch nicht immer gegeben. Weiterhin führen ohne konsequenten Vollzug auch strengere Regeln nicht immer zum Ziel. Darüber hinaus fallen auch bei sortenreinen Kunststoffabfällen große Mengen an Aufbereitungsresten während des Recyclings an, deren umweltgerechte Verwertung sichergestellt werden muss. Basierend auf diesen Beobachtungen wird aktuell auf EU-Ebene im Rahmen der Novellierung der VVA über ein allgemeines Exportverbot für Kunststoffabfälle aus der EU kontrovers diskutiert (Euwid 2023).

Dieser Bericht gibt einen Überblick über die Kunststoffexporte aus Deutschland. Es geht darum aufzuzeigen, welche Mengenströme existieren, welche Gründe hinter den Exporten von bestimmten Kunststoffabfallströmen stecken und wie ggf. illegalen Verbringungen sowie nicht umweltgerechter Verwertung im Importland stärker entgegengewirkt werden kann.

7 Basler Übereinkommen BC-14/12

8 Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom (14. Juni 2006) über die Verbringung von Abfällen, Abl. der EU L 190, 12.7.2006, S. 1.

2 Methodik

Die Grundlage dieses Berichts bildet eine umfassende Recherche vorhandener Daten, Erkenntnisse und Erfahrungen aus zahlreichen Studien und Praxisprojekten sowie zusätzlich recherchierten Literaturdaten aus der Praxis des Kunststoffmarkts und der Kunststoffabfallverbringung. Falls die Studien nicht vom Projektteam selbst durchgeführt wurden, folgte eine systematische Auswertung, um die Ergebnisse für diese Studie zu verwenden. Die Erkenntnisse aus der Recherche wurden darüber hinaus im Rahmen einer Befragung verschiedener Akteursgruppen komplementiert.

Die Befragungen zielten darauf ab, die Ansichten sowie relevante und belastbare Informationen und Daten für bestimmte Aspekte und Fragestellungen des Projekts zu erfassen. Ziel der Befragung war es, sicherzustellen, dass die Ansichten und Informationen der relevanten Interessengruppen zu allen wichtigen Fragen im Bericht widerspiegelt werden können. Für die Konsultation der verschiedenen Stakeholder wurden unterschiedliche Instrumente eingesetzt. Im Zentrum standen leitfadensbasierte Interviews, weil die Erfahrungen vergleichbarer Projekte gezeigt haben, dass mit diesen die besten Ergebnisse erzielt werden können. Start war eine Entwicklung eines Fragekatalogs, der in ersten explorativen Interviews getestet wurde, um ihn anschließend anzupassen. Dieser war sehr breit angelegt, um die Meinung von verschiedenen Akteuren zur allgemeinen Thematik einzuholen und diente daher vor allem für die Grundlagen, aber auch für die Lösungsvorschläge des Berichts. Zur Dokumentation der Interviews wurden interne Protokolle angefertigt und den Interviewpartner*innen zur Kontrolle vorgelegt, um die Inhalte von diesen zu bestätigen.

Für die genauere Untersuchung ausgewählter Kunststoffabfallströme wurde in einem zweiten Schritt gezielt nach den Gegebenheiten (z. B. genaue Exportrouten und Preise, soweit bekannt) aus den ausgewählten Branchen gefragt. Dabei wurde auf den ursprünglichen Fragebogen verzichtet bzw. dieser stark verkürzt.

Die Auswahl der Interviewpartner*innen wurde zu Beginn im Projektteam abgestimmt, um eine große Abdeckung von verschiedenen Akteursgruppen zu ermöglichen und im Nachhinein angepasst bzw. erweitert. Folgende Akteursgruppen wurden für dieses Projekt direkt oder über Verbandsvertreter*innen befragt:

- ▶ Erfasser⁹
- ▶ Sortierer
- ▶ Händler
- ▶ Recycler
- ▶ Behörden
- ▶ Nichtregierungsorganisationen
- ▶ Zertifizierer bzw. Sachverständige

Darüber hinaus wurden die Erkenntnisse aus protokollierten Interviews von anderen aktuellen oder kürzlich vergangenen Projekten des Projektteams für dieses Projekt genutzt. In diesen

⁹ Die Begriffe der Akteure werden im Folgenden nicht gegendert, da das Forschungsteam den Begriff nicht im Sinne einer Einzelperson verwendet, sondern für das jeweilige Unternehmen als Kollektiv

Projekten wurden zusätzlich noch folgende Akteursgruppen direkt oder über Verbandsvertreter*innen befragt:

- ▶ Abfallerzeuger
- ▶ Kunststoffverarbeiter
- ▶ Kunststoffhersteller

Für die beiden ausgewählten Kunststoffabfallströme wurden zusätzlich weitere Akteure befragt, die in diesen Bereichen tätig sind.

Die Interviews wurden unter der Chatham House Rule durchgeführt, um in einer offenen Gesprächsatmosphäre möglichst konkrete Erkenntnisse zu erlangen. Somit findet in diesem Bericht keine Zuordnung der Beteiligten zu den jeweiligen Statements statt. Dem Umweltbundesamt liegen die Protokolle der Interviews vor, solange die interviewten Expert*innen der Übermittlung zugestimmt haben.

Zusätzlich zu Befragungen, Studien und anderen Berichten wurden auch Daten von Destatis und der Euwid bzgl. der verbrachten Kunststoffabfallmengen und den zu erzielenden Preisen für Kunststoffabfälle ausgewertet.

Die Ergebnisse aus den ersten vier Kapiteln wurden in einem Fachgespräch am 20.10.2022 mit Vertreter*innen aus den zuvor genannten Bereichen diskutiert und damit verifiziert.

3 Kunststoffabfälle in Deutschland

3.1 Übersicht über den Kunststoffmarkt in Deutschland

Ein Überblick zum Einsatz der unterschiedlichen Kunststoffe in den verschiedenen Anwendungsbereichen dient der Näherung an eine Information darüber, wie sich Kunststoffabfälle schlussendlich zusammensetzen und aus welchen Branchen sie stammen. Anwendungsbereiche definieren letztlich die Lebenszeit der Kunststoffprodukte und anschließende Kunststoffsammelstellen. Auch was den Einsatz und damit die Abnahme von Rezyklaten angeht, sind die Anforderungen je nach Anwendungsbereich unterschiedlich, wie in Kapitel 3.4 dargestellt ist. Darüber hinaus soll ein Verständnis für die Größe der Mengenströme geschaffen werden, um den Gesamtkontext besser zu verstehen.

Nach Conversio wurden 2019 in Deutschland insgesamt 14.235 kt Kunststoffe verarbeitet. Dabei sind nur werkstoffliche Anwendungen berücksichtigt und andere Einsatzgebiete, wie Kleber, Fasern und Lacke, außenvorge lassen. Es handelte sich bei der Menge an Kunststoffen sowohl um Neuware als auch um Rezyklate, die jeweils im Inland produziert oder die importiert wurden, um sie hier zu verarbeiten. Der Rezyklatanteil lag 2019 bei etwa 13,7 % und ist damit im Vergleich zu 2017 leicht gestiegen. Gleichzeitig wurden Kunststoffe zur Verarbeitung auch exportiert. Nach Conversio gab es im Jahr 2019 einen Exportüberschuss von 15 %, das heißt, es wurden insgesamt 2.100 kt mehr exportiert, als importiert, was auf einen Verbrauch an Kunststoffen in Deutschland 2019 von rund 12.135 kt schließen lässt (Conversio 2020).

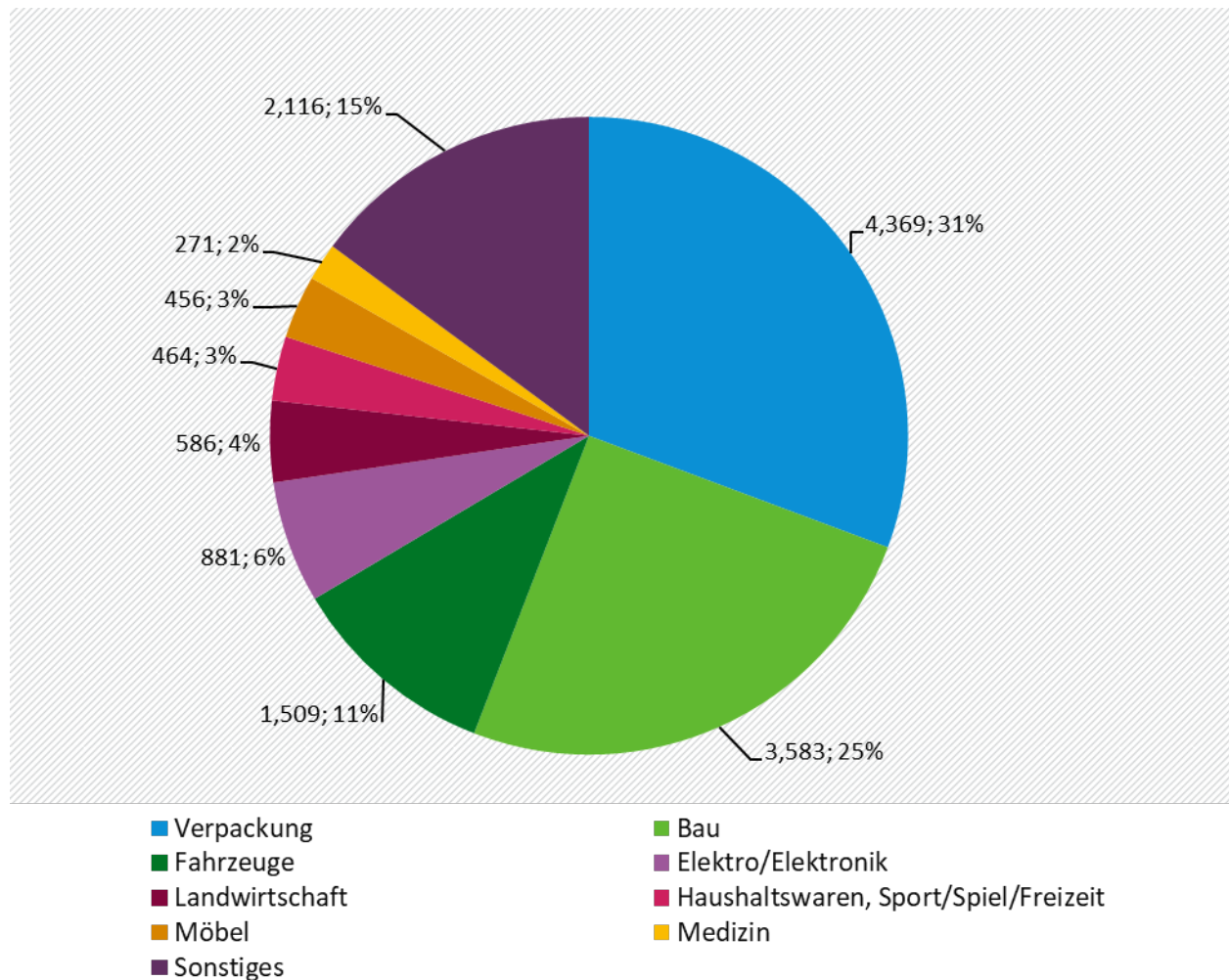
Dabei wurden mit einem Anteil von 67 % die meisten Kunststoffe in der Verpackungs-, Bau- und Fahrzeugbranche verarbeitet (s. Abbildung 1) (Conversio 2020). In der Baubranche werden Kunststoffe v. a. für Profile, Rohre und Dämmung/Isolierung benötigt, im Fahrzeugsektor v. a. für Innenteile wie Armaturentafeln und Verkleidungen von Automobilen, um ein paar Einsatzbeispiele für Kunststoffe in diesen Bereichen zu nennen (Conversio 2020).

Polyolefine, also Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE), waren mit knapp 45 % die am meisten verarbeiteten Kunststoffarten. Diese sind auch, neben Polyethylenterephthalat (PET), die gewöhnlich überwiegend eingesetzten Kunststoffe in der Verpackungsbranche. In der Baubranche wurde überwiegend Polyvinylchlorid (PVC) eingesetzt. Im Fahrzeug- und Elektro-/Elektronikbereich werden verschiedenste Kunststoffe eingesetzt, die vor allem den technischen Kunststoffen zugeordnet werden.¹⁰ Die verschiedenen Kunststoffarten haben starken Einfluss auf die Möglichkeit der Kunststoffabfallverbringung (geschildert in Kapitel 4.4 und 4.6) und die Recyclingfähigkeit der entstehenden Kunststoffabfallströme, was in den folgenden Kapiteln weiter erläutert wird.

¹⁰ Für mehr Details, siehe Conversio (2020)

Abbildung 1: Kunststoffverarbeitung 2019

Verarbeitung von 14.235 kt Kunststoffen (Neuware und Rezyklat), in kt



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Conversio 2020

Der Großteil der dargestellten Kunststoffströme besteht aus dafür produzierter Neuware. Dennoch werden besonders in Sektoren, in denen die Anforderungen in Bezug auf Farbe, mechanische Eigenschaften und Hygiene im Durchschnitt eher niedrig sind, auch Rezyklate eingesetzt. Für die Vermarktung und den Export von Kunststoffabfällen ist es sehr entscheidend, inwiefern Rezyklate aus ihnen einen Markt finden. Insgesamt betrug der Rezyklateinsatz in Deutschland 2019 in etwa 1.944 kt und damit etwas mehr als 13 %, (Conversio 2020). Dabei muss zusätzlich noch beachtet werden, dass Post-Consumer-Rezyklate¹¹ (PCR) davon nur knapp 53 % ausmachten. Der Rest der Rezyklate bestand aus Post-Industrial-Rezyklat¹² (PIR) (Conversio 2020). Aufgrund der guten Qualität und damit hohen Recyclingfähigkeit, der geringeren Mengen und der erzielbaren Preise spielt die Betrachtung der Kunststoffabfälle aus Industrieprozessen im Vergleich zum Post-Consumer-Bereich nur eine untergeordnete Rolle, da PIR oftmals gut recycelt werden können und aufgrund der Marktzugänglichkeit ein geringeres

11 In der DIN EN ISO 14021:2016-07 wird post-consumer-material (Abfall nach Gebrauch) definiert. Dementsprechend sind PCR Materialien, die aus Abfällen nach dem Gebrauch von Erzeugnissen gewonnen werden

12 In der DIN EN ISO 14021:2016-07 wird pre-consumer-material (Abfall vor Gebrauch) definiert. Pre-consumer kann in diesem Fall mit post-industrial gleichgesetzt werden. Dementsprechend sind PIR Materialien, die durch Recycling von Abfällen aus Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren entstehen

Risiko einer illegalen Verbringung besteht (wie in Kapitel 3.2 dargelegt ist). Dennoch werden sie in diesem Projekt mitbetrachtet, da auch dort das Recycling im Ausland stattfinden kann. Darüber hinaus sind sie in bestimmten Fällen nicht recyclingfähig bzw. können in jedem Fall auch dort Aufbereitungsreste anfallen, wenn auch in den meisten Fällen nur zu einem sehr geringen Anteil (Betz et al. 2022).

3.2 Übersicht über Kunststoffabfälle in Deutschland

Um die entstehenden Kunststoffabfälle und deren Export beschreiben zu können, bedarf es zunächst eindeutiger Definitionen und eine Darstellung der anfallenden Mengen in den verschiedenen Branchen. Im darauffolgenden Unterkapitel werden die Preisstrukturen der Kunststoffabfälle dargestellt, da diese direkt mit der Verwertbarkeit und dem Risiko einer illegalen Entsorgung zusammenhängen.

In Deutschland werden Abfälle über den sechsstelligen Abfallschlüssel der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) definiert. Die AVV setzt die Entscheidung der EU-Kommission über ein Abfallverzeichnis und die hierfür relevanten Teile der Abfallrahmenrichtlinie in nationales Recht um. Dabei wird jeder Abfallart ein sechsstelliger Abfallschlüssel zugeordnet: Die ersten beiden Ziffern bezeichnen das Kapitel, in welchem der Abfall verordnet wird. Die nächsten zwei Ziffern beschreiben die Abfallgruppe und die letzten beiden Ziffern die Abfallart innerhalb der Abfallgruppe. Ein „*“ am Ende des Abfallschlüssels bedeutet, dass diese Abfallart den gefährlichen Abfällen zugeordnet wird. Die Abfallschlüssel sind auch für den Export von Abfällen über die Grüne und die Gelbe Liste von Bedeutung (s. Kapitel 4.6 und 4.7). Die Struktur der Abfallschlüssel ist beispielhaft für Verpackungen aus Kunststoff in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Struktur der Abfallschlüssel am Beispiel von Kunststoffverpackungen

Positionen	Abfallschlüssel	Abfallbezeichnung
Kapitel	15	Verpackungsabfall, Aufsaugmassen, Wischtücher, Filtermaterialien und Schutzkleidung (a. n. g.)
Abfallgruppe	15 01	Verpackungen (einschließlich getrennt gesammelter kommunaler Verpackungsabfälle)
Abfallart	15 01 02	Verpackungen aus Kunststoff

Kunststoffabfälle fallen in verschiedenen Bereichen an. Die Anfallstellen lassen sich unterscheiden in Post-Consumer-Abfälle (private Haushalte und gewerbliche Endverbraucher) und Post-Industrial-Abfälle (Kunststoffproduzenten und Kunststoffverarbeiter) (s. Kapitel 3.1). Bei diesen werden verschiedene Abfallströme erfasst, entweder als gemischte Abfälle oder als getrennt gesammelte Kunststoffabfälle. Tabelle 2 stellt die Menge an erfassten Abfällen je Abfallstrom im Jahr 2019 dar sowie die Menge der in den Abfallströmen enthaltenen Kunststoffe und deren Behandlung. Dabei beinhaltet die stoffliche Verwertung auch rohstoffliches Recycling, allerdings mit einem sehr geringen Anteil von weniger als 0,5 % (Conversio 2020).

Tabelle 2: Kunststoffabfälle nach Anfallorten 2019

Abfallströme	Anfallstelle	Abfallmenge insgesamt in diesem Abfallstrom in kt	Menge an erfassten Kunststoffen in kt	Stoffliche Verwertung in kt	Energetische Verwertung in kt	Beseitigung in kt
Haushaltsrestmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	Private Haushalte	17.500	1.045	0	1.033	12
LVP-Sammlung	Private Haushalte	2.750	1.175	514	661	0
PET-Flaschensammlung	Private Haushalte	460	440	425	15	0
WEEE-Sammlung	Private Haushalte	780	205	50	155	0
Sperrmüll und Wertstoffsammlung	Private Haushalte	2.750	290	45	243	2
Gewerbeabfälle über private Entsorger (Primärabfälle ohne Mineralik)	Gewerbliche Endverbraucher	56.000	1.210	244	955	11
Altfahrzeuge	Gemischt	550	85	20	61	4
Sammlungssysteme für gewerbliche Verpackungen	Gewerbliche Endverbraucher	900	780	650	125	5
Sonstige Sammel- und Verwertungssysteme	Gewerbliche Endverbraucher	200	120	115	5	0
Kunststoffproduzenten	Kunststoffproduzenten	-	56	46	9	1
Kunststoffverarbeiter	Kunststoffverarbeiter	-	871	819	50	2

Quelle: Conversio (2020)

Hervorzuheben ist bei diesen Daten die hohe Menge an Gewerbeabfällen über private Entsorger, welche nur 2 % Kunststoffe enthalten, wobei dieser Kunststoffabfallstrom dennoch in dieser Unterteilung der mengenmäßig größte ist.

Die Unterscheidung der Anfallstellen ist v. a. daher bedeutend, als dass sich die Art der Kunststoffabfälle und ihre Vermischung mit anderen Abfällen sehr stark unterscheiden und damit auch die Sammelstruktur eine andere ist. Darüber hinaus ist die Verwertbarkeit der Kunststoffabfälle essenziell für die Höhe des Risikos für eine illegale Entsorgung von Kunststoffabfällen, die eigentlich rechtlich recycelt werden müssten. Post-Industrial-Abfälle können je nach Betrieb getrennt und sortenrein gesammelt werden. Dadurch können sie

vergleichsweise leicht aufbereitet und erneut eingesetzt werden, was sich meist in einem gewissen Marktwert für die Abfälle niederschlägt. Post-Consumer-Abfälle fallen sehr häufig gemischt an und beinhalten oft Verunreinigungen. Weiterhin vergeht zwischen Inverkehrbringung und Anfall als Abfall, abgesehen vom Verpackungssektor, meist eine längere Nutzungsdauer, in der die Kunststoffe Alterungserscheinungen zeigen und sich auch gesetzliche Änderungen bzgl. zugelassener Inhaltsstoffe ergeben können. Dementsprechend ist der Aufwand zur Gewinnung sortenreiner Kunststoffabfälle bei Post-Consumer-Abfällen meist größer. Rezyklate dieser Materialien weisen daher meist unterschiedliche Qualitäten auf, wodurch auch die Preise unterschiedlich sind (s. Kapitel 3.2.2). Expert*innenbefragungen nach kann jedoch für PCR bei gleicher Qualität in vielen Fällen höhere Preise als PIR erzielt werden, wenn die Herkunft noch zusätzlich zertifiziert werden kann. Dies liegt an der gesteigerten Nachfrage, da sich der Einsatz von PCR von Unternehmen medienwirksam vermarkten lässt, zum Beispiel mit einem Zertifikat des Blauen Engels¹³. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass eine konstante Qualität bei PCR auch schwieriger zu erreichen ist und daher oft einer stärkeren Qualitätskontrolle des Input und Outputs bedarf. Auch sind die Nachweisführung und Zertifizierung mit zusätzlichem Aufwand und Kosten verbunden (Betz et al. 2022).

Die tatsächliche Länge der Nutzungsdauer je nach Sektor spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Deren Auswirkungen sind in den folgenden Kapiteln näher beschrieben. Nicht nur ist bei kurzlebigen Produkten das Verhältnis von Verbrauch und Abfall nahe eins und es fällt durch den wachsenden Einsatz von Kunststoffen im Vergleich zu längerlebigen Produkten heute noch sehr viel mehr Abfall an. Auch kommen für längerlebige Produkte zuvor genannte Faktoren, wie sich ändernde Gesetze und Alterung des Kunststoffs, als für das Recycling erschwerende Faktoren hinzu. Dies hat direkte Auswirkung auf die Erfassung, Verbringung und Verwertung von Kunststoffabfällen.

3.2.1 Kunststoffabfall nach Branchen und Kunststoffarten

Kunststoffabfälle fallen in verschiedenen Branchen an. In Tabelle 3 wurden die Anteile der Post-Consumer-Kunststoffabfälle den Anteilen des Verbrauchs in den jeweiligen Einsatzfeldern gegenübergestellt.

Der große Anteil von Verpackungen am Abfallaufkommen tritt besonders deutlich hervor. Dies liegt, wie im Kapitel zuvor beschrieben, an der Kurzlebigkeit dieser Produkte bei einem wachsenden Einsatz von Kunststoff im Vergleich zu anderen Materialien, wie z. B. Metall. Während kunststoffhaltige Produkte, die in der Bau- oder Fahrzeugindustrie eingesetzt werden, in der Regel erst nach mehreren Jahren bzw. Jahrzehnten als Abfall anfallen, kommen die meisten Verpackungen innerhalb eines Jahres als Abfall zurück (Conversio 2020).

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Anteile im Kunststoffverbrauch vs. Post-Consumer-Abfallaufkommen in verschiedenen Einsatzfeldern 2019

Einsatzfelder	Gegenüberstellung Anteil im Kunststoffverbrauch vs. Abfallaufkommen			
	Kunststoffverbrauch		Abfallaufkommen	
Verpackung	3.224 kt	26,6 %	3.160 kt	59,1 %
Bau	2.943 kt	24,3 %	522 kt	9,8 %
Fahrzeuge	1.099 kt	9,1 %	233 kt	4,4 %
Elektro / Elektronik	936 kt	7,7 %	316 kt	5,9 %

¹³ <https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/recyclingkunststoffe-z-b-abfallsaecke-muelltonnen-bueroartikel> (26.02.2023)

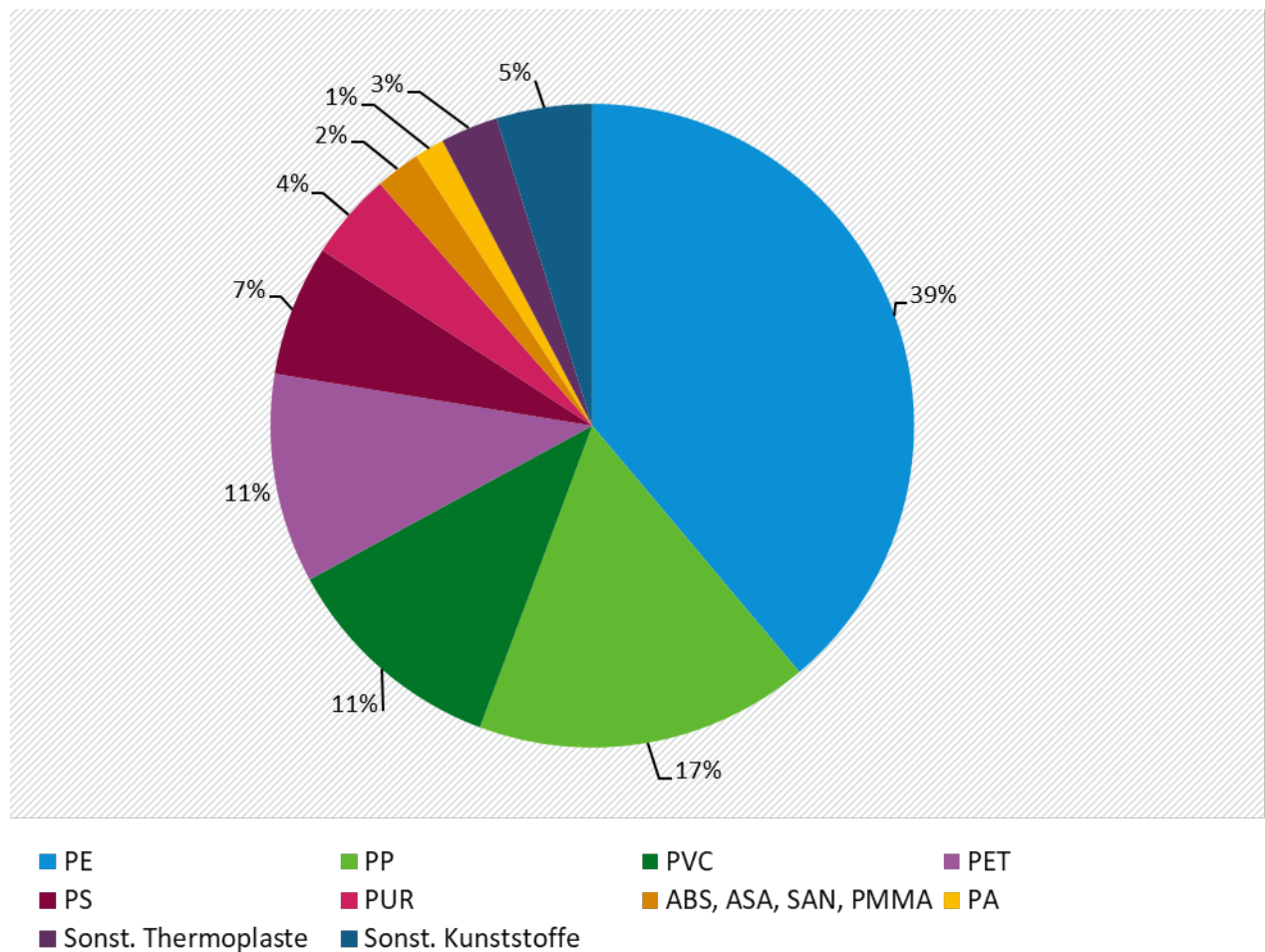
Einsatzfelder	Gegenüberstellung Anteil im Kunststoffverbrauch vs. Abfallaufkommen			
	Kunststoffverbrauch		Abfallaufkommen	
Haushaltswaren, Sport, Spiel, Freizeit	604 kt	5,0 %	169 kt	3,2 %
Landwirtschaft	641 kt	5,3 %	295 kt	5,5 %
Sonstiges	2.132 kt	17,6 %	655 kt	12,3 %
Gesamt	12.135 kt	100,0 %	5.350 kt	100,0 %

Quelle: Conversio 2020

Die Menge der Post-Industrial-Kunststoffabfälle in Deutschland 2019 ist mit etwa 930 kt deutlich kleiner und fiel zu 94 % bei Verarbeitern an (Conversio 2020).

Anfallende Kunststoffabfälle bestanden 2019 hauptsächlich aus PE (siehe Abbildung 2). Dabei überwiegt (L)LDPE (Lineares bzw. stark verzweigtes Polyethylen niedriger Dichte) mit 25,5 % am Gesamtkunststoffabfall im Vergleich zu MD-/HDPE (Polyethylen mittlerer bzw. hoher Dichte) mit anteilig 13,4 %. Durch große Mengen gleicher Kunststoffarten wird auch das Recycling dieser Ströme erleichtert. Wie in Kapitel 4.5 genauer beschrieben, ist es wichtig, dass sich die Mengen für eine Verwertung lohnen. Dies hängt direkt mit der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen zusammen, da diese oft in wenigen großen Anlagen gebündelt werden, um eine größere Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Eine einfache Sortierung in wenige sortenreine Ströme großer Menge erleichtert das anschließende Recycling. Allerdings müssen dabei auch die zuvor beschriebenen Anfallstellen, die Konzentration der Kunststoffe im Abfallstrom, deren Verunreinigung und die Form der Kunststoffe beachtet werden. All diese Faktoren beeinflussen die Sortierfähigkeit ebenfalls. Die Spezifikationen und Qualitätssicherung der verschiedenen Kunststoffabfallströme bzw. deren Sortierfraktionen wird in Kapitel 4.4 dargestellt.

Abbildung 2: Anteile einzelner Kunststoffarten 2019 am Kunststoffabfall



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Conversio 2020

2019 wurden entsprechend der Conversio-Studie die meisten Kunststoffabfälle aus Deutschland verwertet (99 %), wobei hier zwischen stofflicher und energetischer Verwertung zu unterscheiden ist. Von den 6.277 kt erfassten Kunststoffabfällen wurden 2019 rund 47 % stofflich und gut 53 % energetisch verwertet, der Anteil variiert je nach Abfallstrom teilweise erheblich.¹⁴ Die verschiedenen Formen der Verwertung sind in Kapitel 3.3 dargestellt.

Conversio hat in einer weiteren Studie anhand von verschiedenen Modellen den Eintrag von Kunststoffabfall in die Natur abgeschätzt. Ihren Aussagen nach wird nur ein geringer Anteil von 0,36 % des Kunststoffabfalls in Deutschland (ca. 19,2 kt) nicht ordnungsgemäß entsorgt und verbleibt in der Umwelt (Conversio 2021). Der Faktor basiert eigenen Aussagen nach auf Sekundärliteratur und Expertenaussagen. Die Studie betrachtet allerdings nicht den Export von Kunststoffabfällen und die Kunststoffe, die potenziell daraus resultierend in die Umwelt gelangen können.

Neben Makrokunststoffen (hier definiert als > 5 mm) gelangen auch Mikrokunststoffe (< 5 mm) in die Umwelt. Diese stammen aus Haushaltsabwasser, Komposten, Gärrückständen, Pelletverlusten entlang der Wertschöpfungskette, werden auf Baustellen und bei der

¹⁴ Für eine detailliertere Darstellung siehe Conversio 2020

Abfallentsorgung emittiert oder stammen aus dem Abrieb von Kunststoffprodukten (Conversio 2021).

2019 gelangten in Deutschland so dem Modell von Conversio nach über 16 kt Makro- und über 3,5 kt Mikrokunststoffe in die terrestrische und aquatische Umwelt. Sonstige Mikrokunststoffe, die nicht von den zuvor genannten Quellen stammen, wie Reifenabrieb (über 90 kt), wurden dabei jedoch nicht betrachtet (Conversio 2021). Dies sind alles Schätzungen, die auf verschiedenen Modellen basieren. Andere Einschätzungen kommen bei Reifenabrieb in Deutschland auf über 150 kt pro Jahr (Jepsen et al. 2020).

3.2.2 Preisstrukturen der Kunststoffabfälle

Der Handel und Export von Kunststoffabfällen ist unter anderem sehr stark abhängig von den erzielbaren Preisen bzw. den zu vermeidenden Kosten. Darüber hinaus ist ein direkter Zusammenhang zwischen dem Preis für Kunststoffabfälle und dem Risiko einer illegalen Entsorgung zu beobachten, welches in den Expert*innenbefragungen bestätigt wurde. Dies wird in Kapitel 4.8 näher erläutert.

Neben einigen anderen Einflüssen werden die Preise vor allem durch zwei Hauptfaktoren bestimmt:

- ▶ Qualität der Abfälle
- ▶ Nachfrage nach den Rezyklaten

Befragungen von Expert*innen nach geht es bei der Qualität der Abfälle sowohl darum, wie gut die Abfälle voneinander getrennt, als auch in welcher Qualität daraus Rezyklate hergestellt werden können. Wenn zum Beispiel durch eine starke Verschmutzung das Recycling erschwert wird, werden solche Abfälle zu geringeren Preisen verkauft. Des Weiteren spielt die Farbe der Kunststoffe eine Rolle. Weiße und transparente Abfälle können vielseitiger verwendet und besser eingefärbt werden, wohingegen gemischte bunte Kunststoffe nach Farben sortiert werden müssen oder ansonsten ein graues Rezyklat ergeben. Werden die Abfälle sortenrein erfasst, werden auch höhere Preise erzielt, da damit sehr viel höherwertige Produkte produziert bzw. höhere Rezyklatanteile ohne mehr Materialaufwand erzielt werden können.

Ein Sonderfall ist die Verwendung von Rezyklaten im Lebensmittelkontaktbereich. Dazu muss eine Zulassung der Europäischen Kommission nach einer vorhergehenden Bewertung der EFSA (European Food Safety Authority) vorliegen, die an sehr strenge Bedingungen gebunden ist. Einer dieser Fälle ist PET, für das unter bestimmten Umständen eine Genehmigung besteht. Eine Bedingung ist, dass nur maximal fünf Prozent des Abfalls als Input in das Recycling aus Bereichen außerhalb von Lebensmittelanwendungen kommt (EFSA 2011). Dies ist bisher nur bei einer getrennten Sammlung möglich, wie sie im Einwegpfandsystem für PET-Flaschen in Deutschland stattfindet. Diese PET-Getränkeflaschen sind allerdings sehr gefragt. Sie finden nicht nur Anwendung in neuen PET-Getränkeflaschen, sondern auch in Verpackungen der Kosmetik- und Reinigungsmittelbranche, der Textilbranche (z. B. für Regenjacken) und der Autoindustrie. Bei letzterer werden nicht nur Textilien, wie Fußmatten und Sitzbezüge daraus angefertigt, sondern auch andere Teile, teils in Gemischen mit anderen Kunststoffarten. Die hohe Nachfrage nach dem PET-Getränkeflaschenabfallstrom lässt sich auch damit erklären, dass dieser Strom eine sehr konstant hohe Qualität hat, welche bei Rezyklaten aus gemischten Abfällen nicht immer gegeben ist. Bei Letzteren muss mit sehr guter Sortier- und Aufbereitungstechnik der schwankenden Zusammensetzung entgegengewirkt werden, was zusätzlichen Aufwand, Kosten und ein gewisses Risiko beinhaltet.

Allgemein bestimmt die Nachfrage nach den Rezyklaten auch den Preis. Je mehr bestimmte Rezyklate nachgefragt werden und je geringer das Angebot, desto höhere Preise werden für die Abfälle erzielt, aus welchen die entsprechenden Rezyklate hergestellt werden können. Dabei spielen auch die Sortieranlagen- und Recyclingkapazitäten eine Rolle. Je beschränkter die Kapazitäten sind, desto weniger Rezyklate können hergestellt werden und bei entsprechender Nachfrage kann der Preis leichter frei bestimmt werden.

Des Weiteren kann auch das Land, in welches die Abfälle verbracht werden, den Preis bestimmen. So werden, wie Expert*inneninterviews ergaben, z. B. für Gewerbefolien teilweise im Ausland höhere Preise gezahlt als in Deutschland. Gründe für die niedrigeren Kosten können neben einem niedrigeren Stundenlohn der Angestellten, die z. B. eine händische Sortierung ermöglicht, geringere Umweltstandards, niedrigere Energiekosten und weniger Nachverfolgung, was die Entsorgung der Sortierreste und Rückstände angeht, sein. Dies unterscheidet sich jedoch sehr stark von Region zu Region und auch von Zeitraum zu Zeitraum und es lassen sich hier sehr schwer allgemeine Aussagen über bestimmte Länder treffen. Die verschiedenen Möglichkeiten von illegaler Entsorgung sind im folgenden Kapitel 3.3 dargestellt.

Ein weiterer entscheidender Faktor bzgl. der Preisstrukturen kann gerade im Verpackungssektor, aber auch in anderen Sektoren, sein, dass mit dem Einsatz von Rezyklaten in der Öffentlichkeit geworben werden kann. Dies gilt vor allem für Rezyklate, die in Produkten eingesetzt werden, die von privaten Endabnehmern konsumiert werden. Dort können teilweise Preise für Rezyklate realisiert werden, die mehr als doppelt so hoch sind wie von Neuware, also von Kunststoffen ohne Rezyklatanteil (Euwid 2022f). In den meisten anderen Bereichen ist die Konkurrenz zu Neuware sehr entscheidend. Gerade im Geschäft zwischen Industriepartnern (B2B-Bereich) spielt der Preis meist die entscheidendere Rolle (Betz et al. 2022).

Darüber hinaus haben Rezyklate in vielen Bereichen immer noch einen schlechten Ruf. Gerade in der Baubranche, in denen sehr lange Lebenszeiten realisiert werden müssen, wird der Rezyklatgehalt oft geheim gehalten. Dort werden Rezyklate eingesetzt, um einen preislichen Vorteil zu erlangen. Sobald günstige Neuware vorhanden ist, sinkt die Nachfrage nach Rezyklaten in diesen Bereichen sehr stark (Betz et al. 2022).

Als nächstes werden nun beispielhaft verschiedene Abfallströme und ihre preislichen Tendenzen dargestellt, um zu zeigen, wie sich Qualität und Nachfrage direkt auf die Preise der Abfallströme auswirken.

PET-Einwegflaschen

Über die Jahre 2015 bis 2022 konnte beobachtet werden, dass der Preis von transparenten PET-Einwegflaschen als Kunststoffabfallstrom konstant deutlich über Null lag, man also Geld für diese Abfälle erhalten hat. Die Preise für bunte und gemischte PET-Einwegflaschen lagen im Vergleich aufgrund der schlechteren Recyclingfähigkeit unter dem üblichen Marktwert, jedoch ebenfalls nicht im Zuzahlungsbereich. In den letzten Jahren gab es einen Anstieg der Preise, mit einer kurzen Phase der Preissenkung 2020 aufgrund von Auswirkungen der Corona-Pandemie (geringere Nachfrage nach PET-Rezyklaten). Anfang 2022 stieg der Preis für transparente PET-Einwegflaschen von etwa 500 €/t im Jahr zuvor auf über 700 €/t. Der hohe Preis liegt in diesem Fall, wie zuvor erläutert, in der guten Recyclingfähigkeit der Flaschen durch die sortenreine getrennte Sammlung und der starken Nachfrage der Rezyklate in mehreren Sektoren begründet (Euwid 2022f).

LDPE-Schrumpfhauben

Ein weiteres Beispiel für die Abhängigkeit des Preises von der Qualität der Abfälle sind LDPE-Schrumpfhauben. Diese dienen dem Schutz von transportierten Waren, vor allem im

Gewerbebereich. Durch ihre Größe lassen sie sich vor Ort bei den Unternehmen leicht getrennt sammeln und der Verschmutzungsgrad ist gering. Daher lassen sie sich gut recyceln, die Preise bewegen sich auf einem hohen Niveau mit einem zeitweiligen Rückgang im Jahr 2020. Anfang 2022 lagen die Preise für Abfälle bestehend aus naturfarbenen Schrumpfhauben aus LDPE über 500 €/t, die Preise für bunte Schrumpfhauben waren etwas niedriger (Euwid 2022f).

LDPE-Agrarfolie

Auch bei Agrarfolien bestimmt die Qualität maßgeblich den Preis. Diese Abfälle lassen sich im Gegensatz zu den LDPE-Schrumpfhauben schwieriger recyceln, da sie einen hohen Verschmutzungsgrad aufweisen. Damit verknüpft ist auch der Importstopp von China (s. Kapitel 4.1), wohin vorher große Teile der Folien exportiert wurden. Durch die neuen Regelungen Chinas wurden insbesondere schlecht recycelbare Abfälle im Jahr 2017 erst weniger akzeptiert und später überhaupt nicht mehr importiert. Daher rutschten ab Ende 2017 die Agrarfolien in den Zuzahlungsbereich (bvse 2017, Euwid 2022f).

PE-Gewerbemischfolie

Gewerbemischfolien aus PE mit einem maximalen Anteil von 20 % bunten Folien (80/20) haben einen geringen Verschmutzungsgrad und lassen sich gut recyceln. Auch hier zeigt sich die Abhängigkeit des Preises von der Qualität: transparente Folien lassen sich besser recyceln und je höher der Anteil an transparenten Folien ist, desto höher ist der Preis. Zum Beispiel liegen PE-Gewerbemischfolien mit nur 10 % bunten Folien (90/10) meist mindestens 50 € über der (80/20) Mischung (Euwid 2022f). Jedoch zeigte auch hier der Importstopp von China Wirkung. Der zu beobachtende Preisanstieg für Gewerbemischfolien in den Jahren 2021 und 2022 ist vor allem in der stark gestiegenen Nachfrage nach Rezyklaten – bedingt durch den zwischenzeitlich hohen Ölpreis und Lieferengpässe bei Neuware aus Asien – begründet (Euwid 2022f).

Dünne PE-Folien (<70 µm)

Ebenso wie die Gewerbemischfolien zeigten dünne PE-Folien (<70 µm, post-user) 2017 zunächst einen Rückgang im Preis, welcher jedoch bis 2022 wieder anstieg. Solche Folien dienen zum Beispiel als Stabilisierung von Paletten (Stretchfolie). Farbige PE-Folienabfälle lagen bis Mitte 2020 teilweise im Zuzahlungsbereich. Die Gründe hierfür liegen, wie bei den Gewerbemischfolien, an der zunächst gesunkenen und wieder gestiegenen Nachfrage (Euwid 2022f).

HDPE-Kastenware und -Hohlkörper

Auch bei HDPE-Kastenware ist der Preis abhängig von der Qualität. Zum Beispiel kann Kastenware gut sortenrein sortiert und anschließend recycelt werden. In Gewerbeabfallsortieranlagen werden laut Expert*inneninterviews Eimer und Kanister aussortiert, welche nur aus PE oder PP bestehen. Daher erzielte diese Fraktion, ausgenommen durch einen kurzen Rückgang im Jahr 2020, kontinuierlich hohe Preise von 400 €/t bis 800 €/t für farbsortierte Ware (Euwid 2022f). Der Rückgang ist, wie bei anderen Strömen, verursacht durch die gesunkene Nachfrage infolge der Auswirkungen der Corona-Pandemie und dem niedrigen Ölpreis. Für HDPE-Hohlkörper zeigen die Preise zwei Tiefpunkte im Jahr 2017 (unter anderem Chinas Aktion „National Sword 2017“) und im Jahr 2020 (vor allem Öl-Preis und die Auswirkungen der Corona-Pandemie), bei denen nur knapp über 50 €/t erzielt werden konnten. Anfang 2021 stiegen die Preise jedoch aufgrund gesteigener Nachfrage und meist guter Recyclingfähigkeit wieder und lagen Anfang 2022 zwischen 250 und 350 €/t (bvse 2017, Euwid 2022f).

Ersatzbrennstoffe

Für Ersatzbrennstoffe (EBS) gibt es ebenfalls unterschiedliche Preissegmente. Die Preise dafür ändern sich ständig und sind auch abhängig von den Jahreszeiten, da z. B. im Winter, die aus EBS zu gewinnende Wärme sehr leicht zur Beheizung von Gebäuden verkauft werden kann. Im Juni 2022 waren für EBS nach Infos von Expert*inneninterviews Zuzahlungen zwischen 10 und 115 €/t fällig, wobei bei der Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) über 140 €/t zu zahlen waren. Die große Spannbreite der EBS-Preise erklärt sich Expert*innenbefragungen nach durch die unterschiedlichen Qualitäten, angefangen von EBS für Zementwerke, welches einen vergleichbaren Brennwert zu Steinkohle hat, bis zu EBS zur Mitverbrennung in Braunkohlekraftwerken, bei dem zuvor oft eine Vermischung mit Klärschlamm stattfindet, um eine hohe Schüttdichte zu erreichen.

Schlussfolgerungen

Wie zu Beginn dargelegt und durch die Beispiele illustriert, werden die Preise für Kunststoffabfälle sehr stark von der Qualität, deren Variabilität und der Nachfrage nach den Rezyklaten bestimmt. Letztere wird wiederum stark vom Ölpreis und den damit zusammenhängenden Preisen von Neuware beeinflusst. Hinzu kommt in bestimmten Bereichen die Möglichkeit, den Einsatz von Rezyklaten öffentlich wirksam bewerben zu können. Die dargestellten Zusammenhänge lassen sich auf weitere, hier nicht aufgeführte Kunststofffraktionen, übertragen.

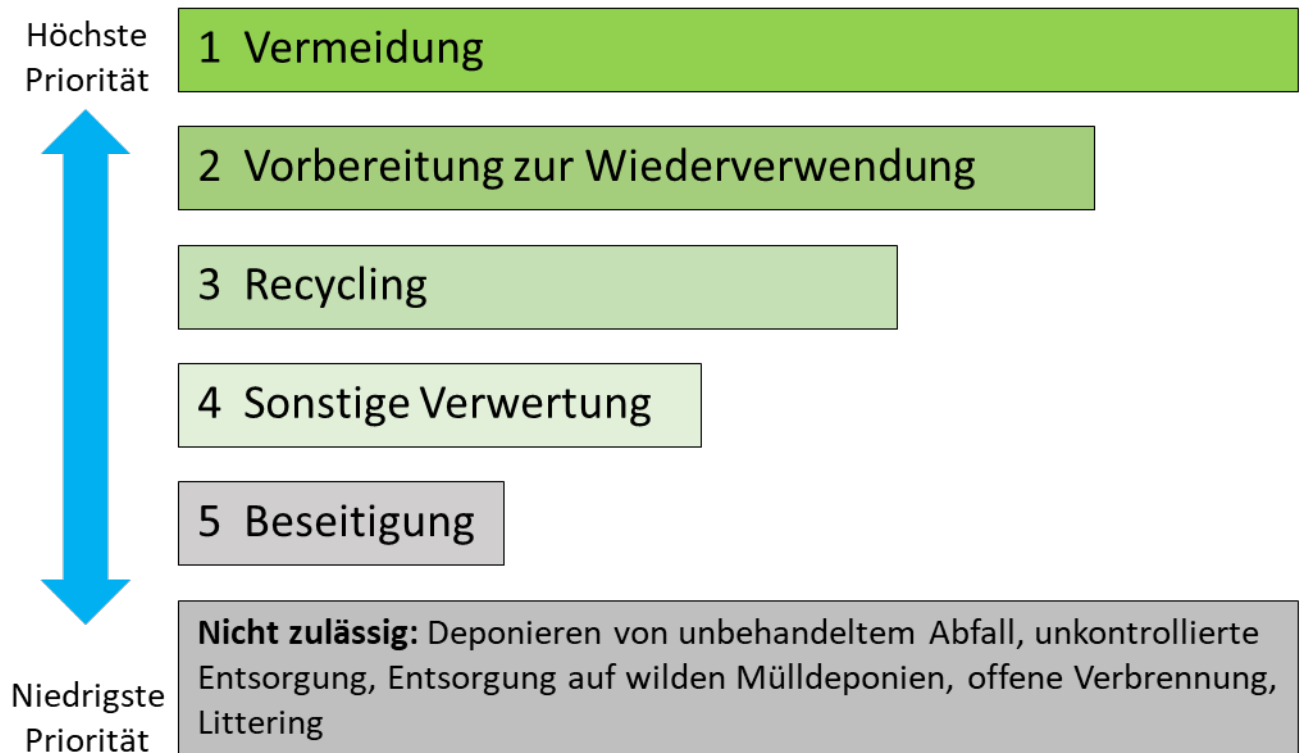
In den meisten Fällen besteht ein Zusammenhang zwischen Verunreinigung bzw. Sortenreinheit und den Preisen, die für eine Kunststoffabfallfraktion erzielt werden können. Allerdings stören nur bestimmte Stoffe (z. B. Silikonkartuschen), während andere erwartbar sind und gezielt aussortiert werden können (z. B. Etiketten und Verschlüsse bei PET-Flaschen). Fraktionen, wie PET-Schalen, sind hier nicht aufgeführt, da diese meist als EBS für die thermische oder rohstoffliche Verwertung gehandelt werden und nicht unter die zurzeit gängigen und recyclebaren Kunststofffraktionen fallen. PET-Schalen werden sehr selten recycelt, da es bisher kaum einen Markt für die daraus resultierenden Rezyklate gibt. Die Folge ist, dass für diese Fraktion auch eine händische Nachsortierung (beispielsweise bei einem PET-Flaschen-Schalengemisch) im Ausland nicht unbedingt zu einer Recyclingfähigkeit führt. Ohne funktionierenden Vollzug wird hier immer der günstigste Entsorgungsweg gewählt, so lange aufgrund von großen Zuzahlungen für diesen Abfallstrom Anreize zum Unterlaufen von Umweltvorschriften existieren.

Die Preise der Kunststoffabfälle stehen in einer engen Wechselwirkung zum Export der Abfälle. Niedrige Preise oder gar Zuzahlungen für die Verwertung im Inland können ein Anreiz zum Export sein, wenn im Ausland die Sortierung oder Verwertung z. B. durch geringere Löhne günstiger ist und dadurch die Gewinne für den Abfallbesitzer/Exporteur größer bzw. ggf. anfallende Kosten geringer sind (s. Kapitel 4.5). Dadurch können im Ausland höhere Preise bzw. geringere Zuzahlungen für die Abfälle realisiert werden. Hohe Preise hingegen weisen meist auf eine hohe Nachfrage hin. Steigt die Nachfrage im Inland, sinkt der Exportanteil bzw. der Import steigt. Hohe Preise sind zudem ein Anreiz für eine (hochwertige) Verwertung, sodass sich die Investition rentiert, indem hochwertige Rezyklate zur Verfügung stehen.

3.3 Technische Entsorgungsmöglichkeiten für Kunststoffabfälle

Die verschiedenen Entsorgungsmöglichkeiten von Kunststoffen sind eng mit den daraus resultierenden Umweltfolgen im In- und Ausland verbunden. In diesem Kapitel werden die verschiedenen technischen Möglichkeiten der Entsorgung dargestellt und definiert. Bevor allerdings Entsorgungsmöglichkeiten betrachtet werden, müssen immer die in der Hierarchie höherstehende Vermeidung und (Vorbereitung zur) Wiederverwendung in Betracht gezogen werden, sofern diese den Schutz von Mensch und Umwelt am besten gewährleisten (Abfallhierarchie nach dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)¹⁵).

Abbildung 3: Abfallhierarchie in Deutschland nach KrWG



Quelle: geändert nach: Öko-Institut 2022

Das Recycling ist zu unterscheiden in (i) Materialrückgewinnung für gleiche oder ähnliche, ebenso hochwertige Funktionen/Anwendungsbereiche und (ii) Materialrückgewinnung für minderwertigere Funktionen (Downcycling). Ersteres wird an sich präferiert, wobei der Ersatz von Kunststoffneuware entscheidend ist. Weiterhin ist zwischen werkstofflichem Recycling (auch mechanisches Recycling genannt) und chemischem Recycling zu differenzieren. Während beim werkstofflichen Recycling die Polymerketten im Großen und Ganzen erhalten bleiben, werden beim chemischen Recycling die Polymere aufgespalten, sodass Monomere oder andere Moleküle dabei entstehen. Recyclingprozesse, die die Kunststoffe nur lösen, die Polymerketten dabei aber erhalten bleiben, zählen zum mechanischen Recycling. Es gibt jedoch bislang noch keine einheitliche und rechtlich bindende Definition für chemisches Recycling (Vogel et al. 2020).

Verwertung im Sinne des KrWG ist „jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle [...] einem sinnvollen Zweck zugeführt werden“ (§ 3 (23) KrWG). Zur stofflichen Verwertung zählen

¹⁵ Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436, 3449) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/BJNR021210012.html> (16.02.2023)

alle Verwertungsverfahren mit Ausnahme der energetischen Verwertung und die Aufbereitung zu einem Ersatzbrennstoff (EBS). Explizit genannt werden im KrWG die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling und die Verfüllung (§ 3 (23a) KrWG). Dementsprechend sind in der Abfallhierarchie unter sonstiger Verwertung vor allem energetische Verwertung und Aufbereitung zu einem EBS zu verstehen. In Deutschland wurden Conversio nach 2019 von den 6,28 Mio. t Kunststoffabfällen insgesamt¹⁶ 2,93 Mio. t der stofflichen Verwertung (im In- und Ausland, 47 %), 2,15 Mio. t der energetischen Verwertung in MVA (34 %) und 1,16 Mio. t der energetischen Verwertung als EBS (18 %) zugeführt (Conversio 2020).

Bei der energetischen Verwertung durch Mitverwendung/-verbrennung können z. B. in Zementwerken Altkunststoffe fossile Brennstoffe ersetzen. Bei der energetischen Verwertung in Verbrennungsanlagen für feste Siedlungsabfälle werden die Kunststoffabfälle in modernen, dem Stand der Technik entsprechenden Anlagen, kontrolliert verbrannt. Die dabei entstehende Energie und Wärme können genutzt werden.

Sind Recycling und Verwertung von Abfällen technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar, müssen die Kunststoffabfälle in geordneten Deponien beseitigt werden. Kunststoffabfälle wurden jedoch in Deutschland 2019 nur zu 0,6 % deponiert oder beseitigt (Conversio 2020). Enthalten die Kunststoffabfälle in einem Gemisch biologisch abbaubare Bestandteile, müssen die Abfälle vorbehandelt werden (z. B. durch thermische oder mechanisch-biologische Behandlung mit dem Ziel der Mineralisierung der organischen Bestandteile). Das Deponieren von unbehandeltem Abfall ist in Deutschland seit dem 01.06.2005 nicht mehr zulässig.

Abfälle zum Recycling oder zu sonstigen Verwertungsverfahren müssen zudem getrennt gesammelt und behandelt werden, falls dies ansonsten die Verfahren beeinträchtigt.

Im Sinne einer umweltgerechten Behandlung von Kunststoffabfällen sollte sichergestellt werden, dass exportierte Abfälle und daraus entstehende Aufbereitungsreste im Ausland ebenfalls entsprechend der Abfallhierarchie behandelt werden. In den Bereichen, in denen jedoch auf nationaler Ebene keine verbindlichen Recyclingquoten vorgegeben sind bzw. diese für die Gesamtbilanz aufgrund des geringen Gewichtsanteils an Kunststoffen keine Rolle spielen, ist das nur über Beschränkungen des Exports möglich. Dies wird zum Beispiel durch die Verpflichtung zum Recycling beim Export über den Eintrag B3011 in Länder außerhalb der EU erreicht (s. Kapitel 4.6). Auf der 16. Vertragsstaatenkonferenz des BÜ im Mai 2023 wurden die Technischen Leitlinien zu Kunststoffabfällen verabschiedet (BMUV 2023). Diese sind zwar nicht rechtlich bindend, jedoch richtungsweisend und international anerkannt. Die Leitlinien enthalten umfassende Informationen zur umweltgerechten Behandlung von Kunststoffabfällen. Zudem wird aktuell mit der Novelle der Abfallverbringungsverordnung auf EU-Ebene ein generelles Exportverbot von Kunststoffabfällen in Länder außerhalb der EU diskutiert (Euwid 2023).

3.4 Rezyklatmarkt anhand von Beispielen

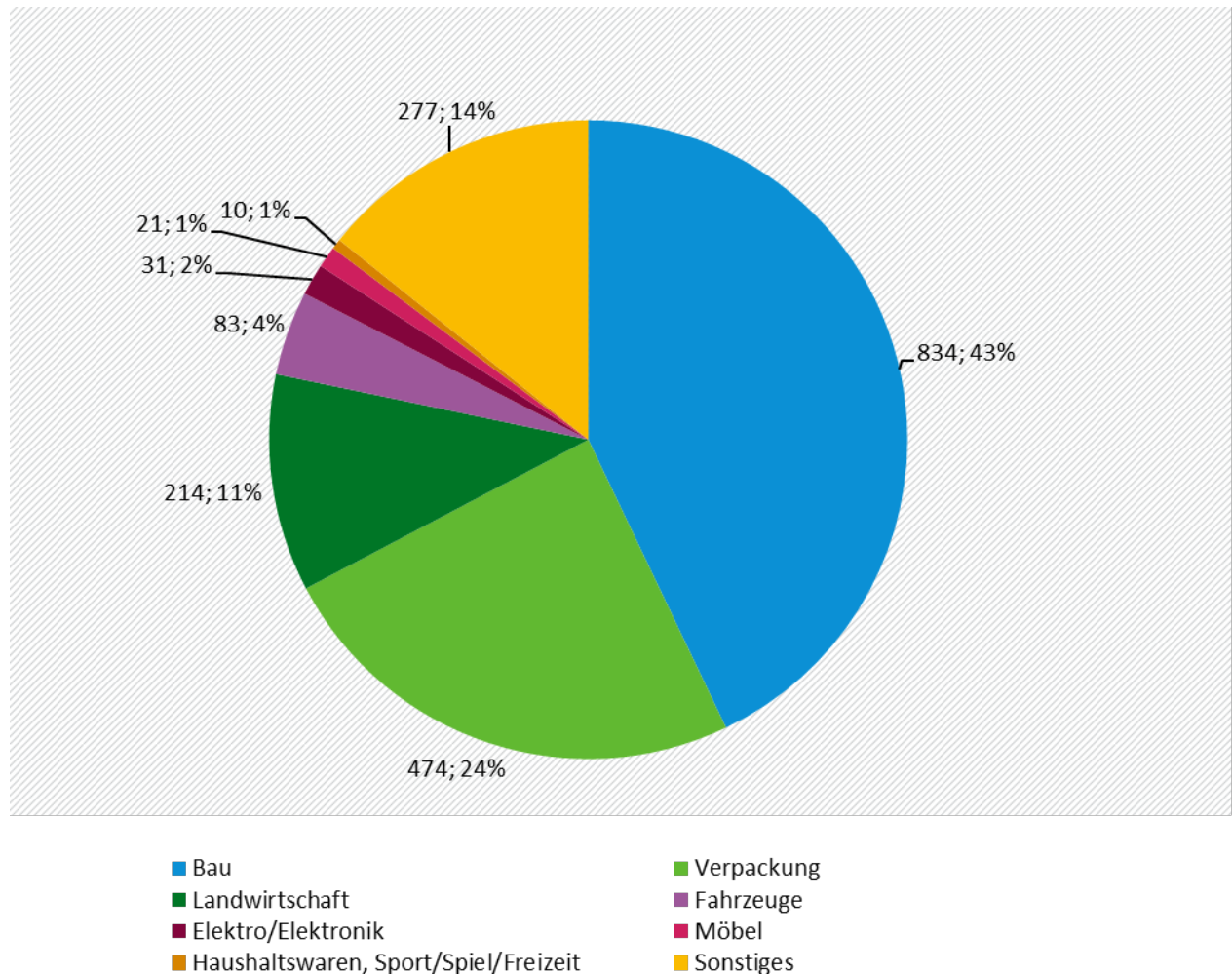
Wie zuvor geschildert ist es für den Markt von Kunststoffabfällen im In- und Ausland essenziell, dass die daraus zu produzierenden Rezyklate zu einem guten Preis verkauft werden können. Daher werden im Folgenden die Einsatzmöglichkeiten von Kunststoffrezyklaten dargestellt. Diese wurden in Deutschland 2019 überwiegend in der Baubranche (43 % der Rezyklate), im Verpackungssektor (24 %) und der Landwirtschaft (11 %) verarbeitet (s. Abbildung 4)

¹⁶ In der Conversio-Studie 2020 wurden zum Teil Nebenprodukte, die während der Kunststoffproduktion angefallen sind, fälschlicherweise ebenfalls als Abfälle gewertet. (Conversio 2022)

(Conversio 2020). In diesen Sektoren liegt der Rezyklatanteil bei der Kunststoffverarbeitung jeweils über 10 %.

Abbildung 4: Einsatz von Rezyklaten nach Sektoren 2019

Verarbeitung von 1.944 kt Rezyklaten, in kt



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Conversio 2020

Allgemein kann konstatiert werden, dass der Markt für Post-Consumer-Rezyklat (PCR) für Sekundäranwendungen (also Rezyklat außerhalb des originären Anwendungsbereiches) zum großen Teil über den Preis für Kunststoffgranulat aus fossilen Quellen (Primärkunststoffe) und zum Teil indirekt über die Kosten für die Entsorgung von hochkalorischen Abfällen gelenkt wird. Sobald der Preis für PCR mit ausreichender Qualität niedriger ist als der von Primärkunststoff, ist die Nachfrage danach vorhanden. (Betz et al. 2022) Allerdings können auch Zuzahlungen für das Recycling von Abfällen, die unterhalb der Kosten für alternative Entsorgungsmöglichkeiten liegen, noch zu Marktgängigkeit von Rezyklaten führen. Der Verkauf der Rezyklate deckt dabei nicht unbedingt die Herstellungskosten ab, der finanzielle Vorteil resultiert aus der zusätzlichen Zuzahlung für das Verwerten der Kunststoffabfälle. Dafür ist es zunächst irrelevant, inwiefern dies im In- oder Ausland stattfindet, allerdings sind die alternativen Entsorgungsmöglichkeiten im Ausland oft mit geringeren Kosten verbunden. Eine Rolle spielt dabei auch die Recyclingquote, die für systembeteiligungspflichtige Verpackungsabfälle erreicht werden muss. Diese kann zu höheren Zuzahlungen für den Abnehmer führen, wenn dieser ein Recycling mit

hohen Quoten nachweist. Ein gutes Beispiel dafür sind Folienabfälle. Aufgrund des schwierigen Absatzmarkts und des hohen Aufwands bei der Aufbereitung und des Recyclings deckt der Verkauf allein nicht die Kosten. Dafür kann die Zuzahlung bei Abnahme des Abfalls (inkl. Nachweis des Recyclings, falls nötig) dazu führen, dass sich der Aufwand dennoch lohnt. Die Preisstrukturen für die unterschiedlichen Qualitäten der Folienabfälle ist zuvor in Kapitel 3.2.2 geschildert. Allgemein wird von Unternehmen, die in der Produktion von PCR tätig sind, berichtet, dass der Absatz von PCR aufgrund der sich ständig ändernden Preise sehr stark schwankt (Betz et al. 2022). Damit erhöht sich auch das Risiko für Investitionen in Anlagen zur Sortierung und dem Recycling von Kunststoffen bzw. Anlagen. Gerade die niedrigen Ölpreise während der Corona-Pandemie haben gezeigt, wie anfällig die Kunststoffrecyclingindustrie innerhalb Deutschlands ist (Betz et al. 2022). Eine funktionierende Recyclingindustrie in Deutschland sorgt dafür, dass die Kunststoffabfälle weniger ins Ausland exportiert werden, daher muss dies politisch unterstützt werden.

Es sind derzeit unterschiedliche Initiativen sichtbar (darunter auch freiwillige Branchenziele, wie z. B. im Rahmen der Circular Plastic Alliance), um die Abnahme der PCR zu auskömmlichen Preisen sicherzustellen. Ein Ansatz besteht in der Steigerung des Rezyklateinsatzes in Verpackungsanwendungen, bei welchen die Nachfrage aufgrund von Marketingmöglichkeiten bzw. Selbstverpflichtungen das Angebot deutlich übersteigt, und demzufolge Rezyklatpreise auch über Preise für Neuware realisierbar sind. Größte Hürden hier sind die qualitativen Anforderungen an Rezyklate für den Einsatz in Verpackungsanwendungen. Ohne weitreichende Verbesserungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette kann diesen Anforderungen meist nicht entsprochen werden. Solche Anforderungen werden meist von Kunststoffverarbeitern mit Recyclern direkt verhandelt, obwohl darüber hinaus auch schon allgemeine Anforderungskriterien, z. B. für Kosmetikverpackungen¹⁷, existieren.

Nach der Conversio Studie wurden im Jahr 2019 in Deutschland nur etwa 430 kt PCR zum Ersatz von Primärkunststoffen eingesetzt (Conversio 2020). Hinzu kommen ca. 580 kt PCR, die zur Substitution von Beton, Holz und Stahl eingesetzt wurden sowie etwa 920 kt Kunststoffe produziert aus Produktions- und Verarbeitungsresten, die ausschließlich Primärkunststoffe ersetzen (Conversio 2020). Politisches Ziel ist eine Förderung des hochwertigen Recyclings, wobei es um Ersatz von Neuware geht. Wie dargestellt, wird zurzeit noch immer ein größerer Teil der PCR nicht zum Ersatz von Kunststoffneuware eingesetzt. Viele Kunststoffabfälle werden nicht zu hoher Qualität aufbereitet, sodass sie sich nur in Anwendungen einsetzen lassen, in denen sie z. B. Holz oder Beton ersetzen. Dennoch werden die Kunststoffabfälle in Deutschland verarbeitet und demnach nicht exportiert.

Für die Förderung des Verbleibs von Kunststoffabfällen in Deutschland muss verstanden werden, in welchen Branchen und Produkten die Rezyklate daraus eingesetzt werden. Im Bereich Verpackungen sind das zum Beispiel:

- ▶ PET-Getränkeflaschen,
- ▶ Verpackungen in Form von Eimern, Fässern, Kanistern oder Hohlkörpern,
- ▶ Folien für Nicht-Lebensmittelverpackungen,
- ▶ Paletten und Transportkisten,
- ▶ Verpackungen für Kosmetikprodukte und

¹⁷ <https://www.beiersdorf.de/presse/pressemitteilungen/alle-pressemitteilungen/2020/07/09-beiersdorf-und-werner-und-mertz-gehen-kooperation-ein> (12.09.2022)

- ▶ Verpackungen für Wasch- und Reinigungsmittel.

Je nach Bereich ist der Einsatz von Rezyklaten sehr schwierig. Wie schon zuvor (Kapitel 3.2.2) geschildert, ist gerade im Lebensmittelkontaktbereich der Einsatz von Rezyklaten aus dem werkstofflichen Recycling mit sehr hohen rechtlichen Hürden und nur unter sehr speziellen Bedingungen möglich. Daher finden zum Beispiel Rezyklate aus PET-Schalen keinen Markt, da ihnen der Lebensmittelkontaktbereich bisher verschlossen ist. Jedoch sind auch andere Bereiche, wie die Verpackung von Gefahrstoffen oder Kosmetikprodukten, auf hochwertige Rezyklate angewiesen. Paletten und Transportkisten haben, abgesehen von den mechanischen Voraussetzungen bzw. vom Hygienebereich, weniger Vorgaben.

Ein großer Teil der Kunststoffabfälle wird für Rezyklate im Baubereich eingesetzt (s. Abbildung 4). 2019 waren es in Deutschland 43 % (Conversio 2020). Beispiele für den Einsatz sind

- ▶ Fenster und Türprofile,
- ▶ Kunststoffrohre,
- ▶ Folien im Baubereich oder
- ▶ Regenwassersammelbehälter.

Dort können je nachdem auch Rezyklate minderwertigerer Qualität zum Einsatz kommen, da Farben und Gerüche weniger eine Rolle spielen. Die mechanischen Qualitäten sind jedoch essenziell (Betz et al. 2022). Auch wenn im Bereich Landwirtschaft nur weniger Kunststoffe insgesamt eingesetzt werden, kommen dort prozentual besonders viele Rezyklate zum Einsatz. Beispiele sind

- ▶ Folien im Agrarbereich,
- ▶ Blumentöpfe oder
- ▶ Pflanztopftrays.

Insgesamt gesehen muss zwischen Produktgruppen unterschieden werden, bei denen die Kunststoffe im geschlossenen Kreislauf gefahren werden, wie z. B. Mülltonnen, und anderen Produktgruppen, die sich entweder bisher nur aus anderen Sektoren, wie dem Verpackungssektor bedienen (z. B. Kunststoffrohre) oder Sektoren, in denen kaum PCR-Rezyklate eingesetzt werden (z. B. Automobilbereich). Bei letzterem existiert in Deutschland keine Sammel- und Verwertungsstruktur, die ein hochwertiges Recycling von Kunststoffen im großen Stil ermöglicht. Darüber hinaus spielen dort die lange Lebenszeit, Additive, die mittlerweile als Schadstoffe klassifiziert sind, und der heterogene Abfallstrom eine Rolle. Aus diesen Gründen werden im Fahrzeugsektor Kunststoffabfälle meist unter Zuzahlung thermisch verwertet (Betz et al. 2022).

Auch im Elektro- und Elektronikbereich ist der Einsatz von Kunststoffrezyklaten bisher noch nicht sehr weit vorangeschritten. Dies liegt unter anderem an den Schwierigkeiten mit bromierten Flammschutzmitteln, für die sich die gesetzlichen Rahmenbedingungen in der Vergangenheit für den Einsatz in Neugeräten schon geändert haben. Das Thema ist in Kapitel 5.3 vertieft dargestellt.

Die Grundproblematik besteht also darin, dass aufgrund der hohen Anforderungen für Rezyklate in bestimmten Fällen bislang noch kein hinreichender Markt besteht. Teils können, wie zuvor beschrieben, Zuzahlungen bei der Verwertung der Abfälle noch zu einer Marktgängigkeit führen,

an anderen Stellen werden diese jedoch einfach thermisch verwertet. Ein Beispiel ist, wie zuvor genannt, PET-Schalen. Da sie nicht getrennt gesammelt werden, können sie anschließend nach europäischem Recht bisher nicht in Lebensmittelkontaktmaterial eingesetzt werden. Da es außerhalb davon kaum Anwendungen gibt, für die das daraus resultierende Rezyklat geeignet wäre, werden diese meist thermisch verwertet. Eine Verbringung dieser Ströme außerhalb Deutschlands kann als problematisch gewertet werden, da sich ein Recycling nicht lohnt, wenn für das Rezyklat keine Nachfrage besteht und damit ein Anreiz für eine kostenextensivere, nicht umweltgerechte Behandlung, gegeben ist (s. Kapitel 4.8).

4 Handel mit Kunststoffabfällen

4.1 Erhebung von Daten

Das statistische Bundesamt (Destatis) erfasst jährlich Daten zum Außenhandel und damit auch zum Export von Kunststoffabfällen. Grundlage der von Destatis veröffentlichten Daten zum Warenverkehr mit Abfällen bildet die Erfassung von Warentarif- bzw. Zolltarifnummern. Die beiden Bezeichnungen werden synonym verwendet. Diese Nummern werden anhand des Harmonisierten Systems (HS), welches durch das „Internationale Übereinkommen über das Harmonisierte System zur Bezeichnung und Codierung der Waren“ bestimmt wird, festgelegt. Für die Verwaltung und Anpassung des HS ist die Weltzollorganisation zuständig. Die weltweit einheitlichen HS-Codes definieren die ersten sechs Stellen der Warentarifnummern. Innerhalb der Europäischen Union werden die sechsstelligen HS-Codes durch die Kombinierte Nomenklatur (KN) um zwei Stellen erweitert. Daraus ergeben sich achtstellige KN-Codes. In Tabelle 4 findet sich ein Beispiel, welches die Struktur der Warentarifnummern anhand von Kunststoffabfällen darstellt. Wenn Positionen durch die KN nicht weiter differenziert werden, werden die siebte und achte Stelle durch „00“ ersetzt.

Tabelle 4: Struktur einer Warentarifnummer

Positionen	Nummer	Beschreibung
Kapitel des Harmonisierten Systems	39	Kunststoffe und Waren daraus
HS-Position	3915	Abfälle, Schnitzel und Bruch von Kunststoffen
HS-Unterposition	391590	von anderen Kunststoffen
KN-Unterposition	39159011	von Polymeren des Propylens

Zur Bestimmung der Kunststoffabfallexporte ist u. a. die Warengruppe 3915 „Abfälle, Schnitzel und Bruch von Kunststoffen“ maßgebend. Diese enthält zum überwiegenden Teil Abfälle aus Kunststoff, wobei diese durch andere Bestandteile verunreinigt sein können. Thermoplastische Kunststoffe, die in Primärformen vorliegen, werden nicht zu dieser Warengruppe gezählt. Primärformen sind dabei unter anderem definiert als Flüssigkeiten, Granulate, Flocken und weitere lose Formen. Konkret bedeutet dies, dass ein Kunststoffabfall, der so weit aufbereitet wurde, dass ohne weitere Behandlungsschritte Produkte daraus erzeugt werden können, nicht der Warengruppe 3915 zugeordnet wird. Duroplastische Kunststoffabfälle werden aufgrund ihrer schwierigeren Wiederverwertbarkeit auch in Primärform der Position 3915 zugeordnet. Demnach umfasst die Warengruppe 3915 Abfälle, Schnitzel und Bruch von u. a.

- ▶ Polyethylen,
- ▶ Polystyrol,
- ▶ Polyvinylchlorid und
- ▶ Polypropylen.

Daneben sind noch alle weiteren Kunststoffwerkstoffe enthalten. Explizit nicht enthalten ist Gummi, da dies nicht den Werkstoffen hinzugezählt wird.

Für die Erhebung der Daten des Intrahandels ist das Statistische Bundesamt und für die Daten des Extrahandels die Zollverwaltung zuständig (Destatis 2021). Intrahandel bezeichnet dabei

den Handel von Waren innerhalb der EU-Mitgliedsstaaten. Der Handel mit Drittstaaten außerhalb der EU wird als Extrahandel beschrieben. Für den Intrahandel gilt, dass in Deutschland jeder Unternehmer, der nach deutschem Umsatzsteuergesetz steuerpflichtig ist, zur Auskunft an das Statistische Bundesamt verpflichtet ist. Waren, die zum Transit durch Deutschland bestimmt sind, sind von der Meldepflicht ausgenommen. Dazu zählen jedoch keine Waren, die zwischengelagert werden. Weiterhin werden Unternehmen, deren Versendungen in EU-Staaten den Wert von 500.000 € für das Vorjahr unterschreiten, von der Meldepflicht befreit. Das Statistische Bundesamt kontrolliert den Eingang der Daten, prüft die Einzeldaten auf Plausibilität und kontrolliert die Auskunftspflicht durch einen Abgleich mit Daten der Finanzbehörden. Die Daten werden monatlich über das elektronische Meldesystem IDEV erfasst. Die Meldung des Warenverkehrs in Drittstaaten erfolgt anhand der Zollanmeldung entweder über das elektronische System ATLAS oder in Ausnahmefällen durch papierbasierte Zollmeldungen. Die erfassten Daten werden nach erfolgter Auswertung automatisch an das Statistische Bundesamt weitergeleitet.

Die mit diesen Daten veröffentlichte Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamt stellt eine Zusammenfassung der Intra- und Extrahandelsstatistik dar. Der Warenverkehr mit Abfällen wird grundsätzlich in die drei Kategorien „Handel mit werthaltigen Abfällen“, „Bearbeitung von werthaltigem Abfall“ und „Entsorgung von Abfall ohne Wert“ unterschieden.

Das UBA verwendet zur Angabe der Exportmengen nicht notifizierungspflichtiger Kunststoffabfälle die Daten der HS-Warennummer 3915 (Abfälle, Schnitzel und Bruch von Kunststoffen). Die bisher veröffentlichten Mengen beziehen sich auf die Jahre bis inklusive 2021. Die neuen Kunststoffeinträge des Basler Übereinkommens traten in der EU am 1.1.2021 in Kraft. Die Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 als Umsetzungshilfe wurde erst im Herbst 2021 veröffentlicht¹⁸ und allgemein herrschten 2021 noch einige Unsicherheiten zur Umsetzung der neuen Kunststoffeinträge in der Praxis. Daher sind die angegebenen Zahlen als Basis der neuen Regelungen nur bedingt aussagekräftig. So wurden vor der aktuellen Überarbeitung feste Kunststoffabfälle in einem Eintrag (B3010) zusammengefasst. Dabei gab es keine Unterscheidung zwischen gemischten und sortenreinen Fraktionen und keine Vorgaben über zulässige Verunreinigungen. Weiterhin veröffentlicht das UBA Statistiken bezüglich notifizierungspflichtiger Kunststoffabfälle. Dazu werden einerseits Abfallarten auf Basis der Abfallverzeichnisverordnung, die erfahrungsgemäß Kunststoffe in großen Mengenanteilen enthalten können (z. B. 191210, 191212), wie auch Klassifikationen nach der EG-Abfallstatistikverordnung genutzt.

18 Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 (deutsch) <https://ec.europa.eu/environment/system/files/2022-05/Anlaufstellen-Leitlinien%20Nr.%2012%20deutsch%203122021%20corr.pdf> (17.02.2023)

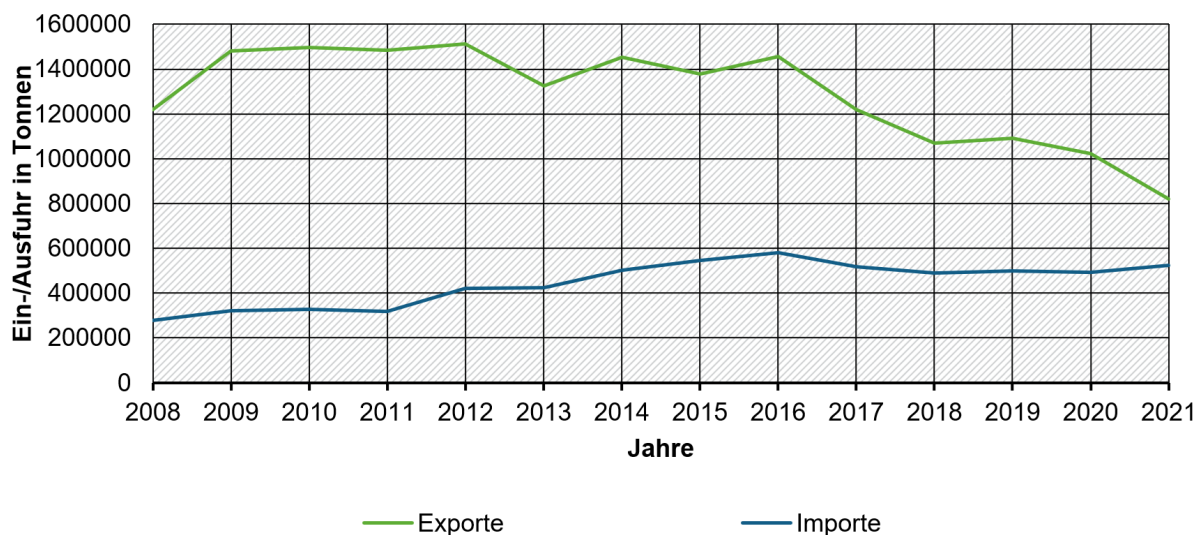
4.2 Exportmengen und Zielländer von Kunststoffabfällen aus Deutschland

Laut Destatis (2022a) wurden 2021 insgesamt 820 kt Kunststoffabfälle (WA 3915) aus Deutschland exportiert. Dies entspricht einem Rückgang um ca. 20 % im Vorjahresvergleich. Im Vergleich dazu sind nach Conversio 2021 ca. 5.700 kt Kunststoffabfälle in Deutschland angefallen (Conversio 2022). Demnach verbleibt ein Großteil der Kunststoffabfälle (rechnerisch 86 %) im Land und wird dort verwertet oder beseitigt.

Seit 2010 sind die Kunststoffabfallexporte insgesamt um ca. 45 % (=676 kt) gesunken. Gleichzeitig sind von 2010 bis 2021 die Importe von Kunststoffabfällen um etwa 60 % gestiegen. In der Folge standen im Jahr 2021 den Exporten von Kunststoffabfällen in Höhe von 820 kt insgesamt 524 kt importierter Kunststoffabfälle gegenüber. Das ergibt einen Exportüberschuss von 296 kt Kunststoffabfällen aus Deutschland in andere Länder innerhalb und außerhalb der EU. Der Exportüberschuss beträgt demnach etwa 5,7 % der nach Conversio in Deutschland 2021 angefallenen Kunststoffabfälle. Dennoch ist aufgrund der geringen Dichte die verbleibende Menge an Kunststoffabfallexporten nicht zu vernachlässigen.

Die sinkenden Kunststoffexporte sind weniger auf verstärkte Anreize zurückzuführen, die Kunststoffe in Deutschland zu behandeln. Der Export wurde in den letzten Jahren eher durch zahlreiche Restriktionen erschwert, die zum großen Teil von Ländern eingeführt wurden, welche zuvor größere Mengen an Kunststoffabfällen aus Deutschland und der EU importiert haben (Quelle: Expert*inneninterviews). Im Vergleich dazu ist die absolute Menge an Kunststoffimporten in den letzten Jahren nur leicht gestiegen. Der Anstieg lässt sich Expert*innen nach mit einem steigenden Bedarf nach Kunststoffwertstoffen, aber auch ausreichenden Kapazitäten zur thermischen Verwertung erklären.

Abbildung 5: Export- und Importzahlen 2008-2021



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Destatis (2022a)

Hauptabnehmer waren 2021 nach (Destatis 2022a) folgende Länder:

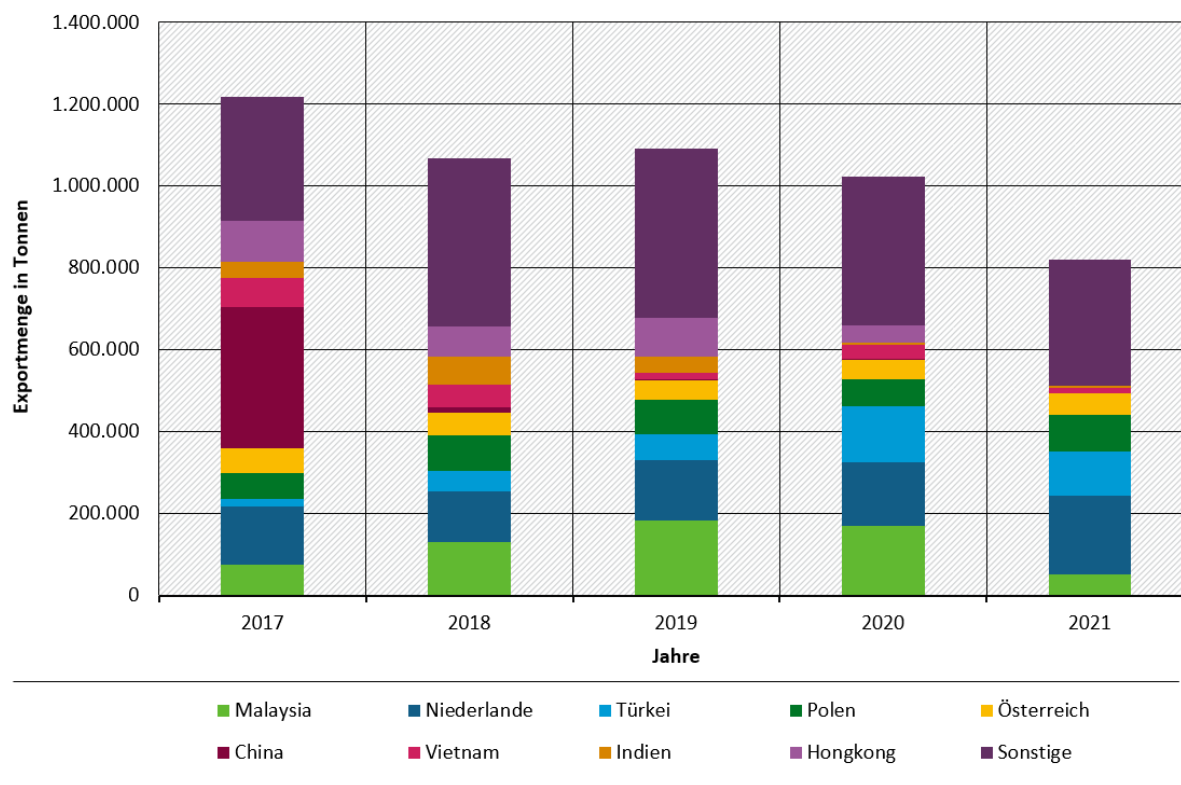
- ▶ Niederlande (19 %),
- ▶ Türkei (15 %),
- ▶ Polen (12 %) und

► Malaysia (7 %).

Die weltweiten Routen der Kunststoffabfälle sind stark abhängig von den Import- und Exportbestimmungen der Länder. So hatten beispielsweise die 2017 angekündigten und 2018 umgesetzten verschärften Importbestimmungen Chinas (Uken, 2018) (u. a. Verbot der Einfuhr unsortierter Plastikabfälle) einen deutlichen Einfluss auf die globalen Kunststoffabfallströme. Seit Januar 2021 ist in China ein übergreifendes Importverbot für feste Abfallstoffe in Kraft getreten (Neitzel, 2020). Andere südostasiatische Staaten folgten diesem Beispiel.

Abbildung 6: Abnehmer deutscher Kunststoffabfallexporte 2017-2021

Kunststoffe der Warengruppe WA3915



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Destatis (2022a)

Deutlich ist in Abbildung 6 ein Rückgang der absoluten Exportzahlen, seit 2017 zu beobachten, der von 2020 auf 2021 auf 29 % anstieg. Absolut betrachtet sanken im Zeitraum 2017 bis 2021 die Mengen exportierter Kunststoffabfälle von 1.218 kt auf 820 kt. Dabei sanken besonders die Exporte nach Südostasien signifikant, vor allem nach Malaysia, aber auch z. B. nach Hongkong und Vietnam. Im Gegensatz dazu bleiben die Exporte in die Niederlande über diesen Zeitraum relativ stabil, während z. B. Malaysia 2020 dem Beispiel Chinas folgte und ein Importverbot verhängte und die Exporte in die Türkei seit 2020 zunahm. Dabei weisen diese Statistiken lediglich aus, wohin der Abfall aus Deutschland verbracht wurde; sie geben keine gesicherte Auskunft darüber, ob und wohin (z. B. nach einer Zwischenlagerung) eine Weiterverbringung erfolgte. Erfahrungsgemäß werden vor allem über die Niederlande und Belgien Altkunststoffe über Zwischenhändler auch weiter exportiert, diese Zahlen werden jedoch nicht erfasst (Euwid 2022a). Während die Exporte nach Polen 2021 wieder gestiegen sind, sanken die Exporte in die zuvor beliebte Ausweichroute Türkei aufgrund von Importrestriktionen der türkischen Regierung wieder (Destatis 2022a). Dies zeigt die sehr schwankenden Ausfuhrmengen, die sich je nach Stand der Import- und Exportbeschränkungen sehr schnell anpassen können.

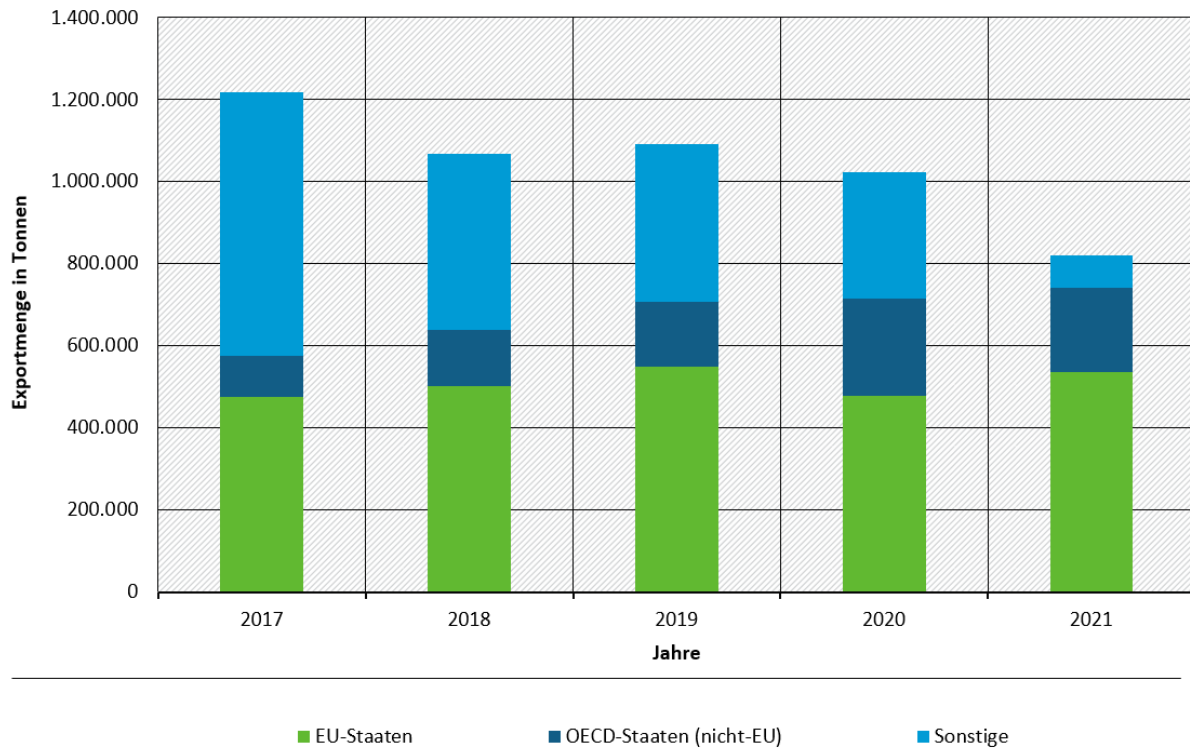
Aufgrund der Mengennachweise der dualen Systeme liegen in diesem Fall spezifische Daten vor: Von den 1.200 kt Kunststoffsortierfraktionen, die 2020 angefallen sind, landeten 275 kt im Ausland (23 %), der Rest wurde in Deutschland verwertet. Besonders hohe Anteile wurden von den Spezifikationen PET-Flaschen mit 61 %, Misch-PET mit 94 % und Folien (310-0 bzw. 310-1) mit 46 % exportiert. Mischkunststoffe verbleiben zum größten Teil in Deutschland (98 %).

Diese Sortierfraktionen wurden 2020 außerhalb der EU in signifikanter Menge nur in die Türkei und die Schweiz exportiert. Demnach entstammen alle anderen Kunststoffexporte in andere Länder außerhalb der EU nicht diesem Abfallstrom.

Auch die Abfallkunststoffexporte aus der EU in Drittstaaten sind 2021 um 30 % gesunken; seit 2017 haben sich die Exporte halbiert (Euwid 2022b). Das liegt einerseits an den verschärften Importbedingungen Chinas, seit Anfang 2021 jedoch auch an den neu geltenden Regelungen des Basler Übereinkommens (s. Kapitel 4.6), dem zwischenzeitlich erfolgten Importstopp der Türkei für PE-Abfälle sowie an der in Europa gestiegenen Nachfrage nach Rezyklaten aufgrund gestiegener Ölpreise, zugleich an den Importschwierigkeiten von Primärkunststoffen aus Asien. Zeitgleich wächst das Interesse der Öffentlichkeit an Themen der Kreislaufwirtschaft und wird weiterhin durch politische Zielsetzungen und Vorgaben befeuert. Dies spiegelte sich auch in Deutschland wider: Abbildung 7 zeigt, dass die Abnahme des Exports insgesamt vor allem in einer Abnahme des Importmarktes in nicht-OECD-Staaten außerhalb der EU (Sonstige) begründet liegt; Anteil daran haben vor allem die geringeren Exportmengen nach China, Malaysia, Hongkong und Vietnam.

Abbildung 7: Abnehmer deutscher Kunststoffabfallexporte 2017-2021: EU und OECD

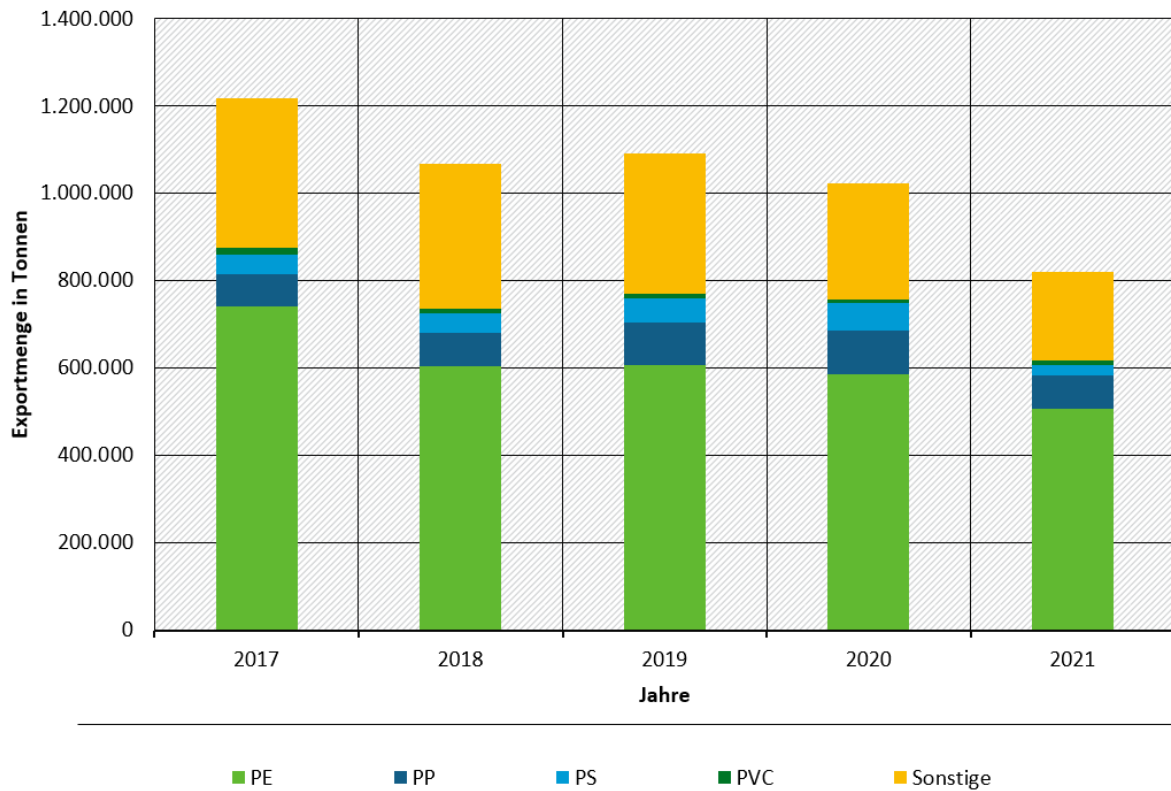
Kunststoffe der Warengruppe WA3915



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Destatis (2022a)

Hinsichtlich der Polymerarten hatte in den Jahren 2017 bis 2021 PE mit durchschnittlich 59 % deutlich den größten Anteil an den Abfallexporten (s. Abbildung 8). Dies deckt sich mit dem hohen Anteil von PE am Abfallaufkommen (s. Abbildung 2). PP und PS wurden zu geringeren Anteilen exportiert, PVC hatte nur einen sehr kleinen Anteil. Den zweitgrößten Anteil stellten sonstige Kunststoffe, d. h., weitere nicht in der Grafik genannte Polymerarten wie PET oder technische Kunststoffe. Expert*inneninterviews nach wurden PE und PP aus den dualen Systemen im Jahr 2021 sehr stark im Inland nachgefragt, sodass deren Export sank (Destatis 2022a). Dies kann durch Lieferschwierigkeiten von Neuware aus dem Ausland, kombiniert mit einem wieder steigenden Ölpreis erklärt werden. Hinzu kamen die neuen Kunststoffeinträge in der VVA (s. Kapitel 4.6), die Expert*inneninterviews nach, einige Akteure aufgrund der Rechtsunsicherheit dazu bewegten, zunächst keine Kunststoffabfälle zu exportieren.

Abbildung 8: Kunststoffabfallexporte nach Polymerarten



Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut / Daten: Destatis (2022a)

4.3 Akteure des Kunststoffabfallhandels

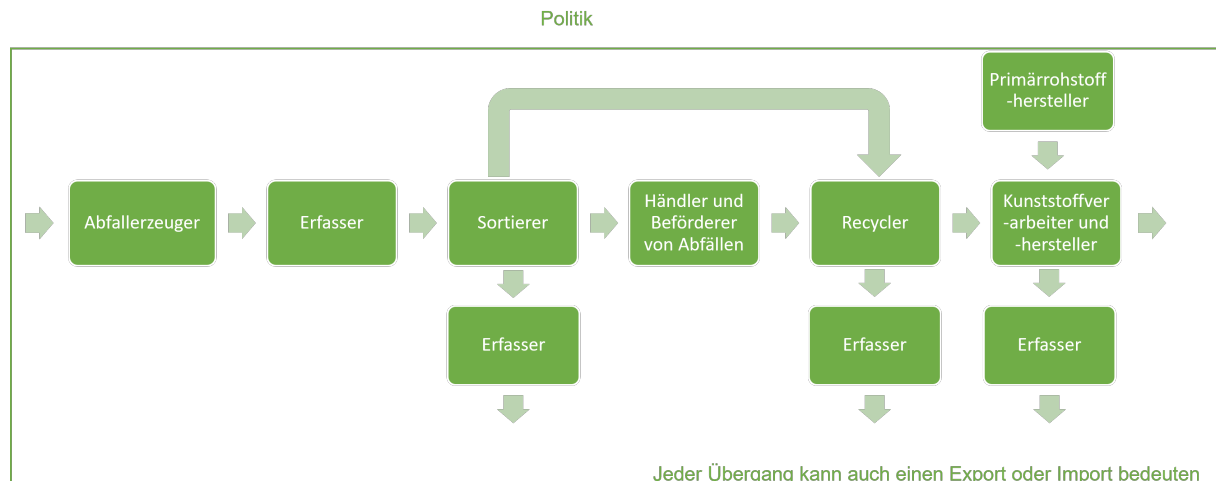
Für die Nachverfolgung, welche Wege Kunststoffabfälle nehmen, sind neben der Erfassung der Exportmengen und Zielländer die Akteure im Kunststoffabfallhandel wichtig. Entlang der Handelskette sind verschiedene Akteure¹⁹ tätig. Diese sind:

- ▶ Abfallerzeuger,
- ▶ Erfasser,
- ▶ Sortierer,
- ▶ Händler und Makler,
- ▶ Beförderer,
- ▶ Recycler,
- ▶ Kunststoffverarbeiter,
- ▶ Kunststoffhersteller.

¹⁹ Die Begriffe der Akteure werden im Folgenden nicht gegendert, da das Forschungsteam den Begriff nicht im Sinne einer Einzelperson verwendet, sondern für das jeweilige Unternehmen als Kollektiv

Die Beziehung der Akteure untereinander ist in Abbildung 9 dargestellt. Jeder Pfeil kann auch einen Export oder Import bedeuten. Auf verschiedenen Stufen der Wertungskette gibt es wiederum Aufbereitungsabfälle, die ebenfalls von Erfassern gesammelt werden.

Abbildung 9: Akteure des Kunststoffabfallhandels



Quelle: eigene Darstellung, Öko-Institut

Private und gewerbliche **Abfallerzeuger** beziehen und nutzen die Kunststoffprodukte bzw. -verpackungen. Am Ende der Nutzungsphase werden diese zu Abfall (sogenannte Post-Consumer-Abfälle).

Erfasser kümmern sich um die Sammlung der (Kunststoff-)Abfälle. Die Sammlung wird, je nach Abfallart und Anfallstelle, von privaten Unternehmen, worunter auch die dualen Systeme zählen, oder von kommunalen Unternehmen (öRE - öffentlich-rechtliche Entsorger) durchgeführt. In der Regel führen die **Erfasser** die Kunststoffabfälle getrennt nach ihrer Herkunft (Gewerbe- oder Siedlungsabfall) den **Sortierern** zu. Diese klassifizieren die Abfälle nach ihren Materialien und Eigenschaften. Die Sortierung kann in verschiedenen Schritten in verschiedenen Anlagen durchgeführt werden. Nach der Sortierung werden die Abfälle im In- oder Ausland werkstofflich, rohstofflich oder energetisch verwertet. Aufbereitungsreste aus dem Recycling werden entweder einem Downcycling (Ersatz von Holz- und Betonprodukten), der energetischen Verwertung in der Mitverbrennung (v. a. in Zementwerken) oder in Müllverbrennungsanlagen zugeführt. In geringem Umfang werden sie auch beseitigt²⁰. Die rohstoffliche Verwertung und Beseitigung spielen in Deutschland derzeit noch eine untergeordnete Rolle (Conversio 2020), könnte in Zukunft jedoch an Bedeutung gewinnen. Falls bestimmte Sortierfraktionen im Ausland verwertet werden sollen, sorgen entweder die Sortierer selbst für den Export oder sie übergeben diese Aufgabe an **Händler und Beförderer von Abfällen**. Teilweise werden Sortierer und Recycler durch Makler miteinander in Verbindung gebracht. Diese spielen selbst jedoch eine untergeordnete Rolle. Die Regulierungen, nach denen ein Export von Abfällen erfolgen darf, sind in Kapitel 4.6 geschildert.

Recycler bereiten die sortierten Kunststoffabfallfraktionen so weit auf, dass sie von den **Kunststoffverarbeitern und -herstellern** wieder für neue Produkte verwendet werden

20 Müllverbrennungsanlagen werden in Deutschland fast ausschließlich als Anlagen zur energetischen Verwertung eingestuft. Aufgrund deren ganz überwiegend geringen Wirkungsgrade können dort die Emissionen klimaschädlicher Gase aus der direkten Verbrennung nicht durch die Bereitstellung von Strom und Wärme gedeckt werden. Deshalb stellt deren Verbrennung in MVAs eine relevante Klimabelastung dar.

können. Dies beinhaltet meist eine Nachsortierung, bei denen weitere Abfallfraktionen mit Kunststoffanteil entstehen. Je nach Grad der Verunreinigung kann dieser Anteil im mittleren zweistelligen Prozentbereich liegen (zum Beispiel bei einer Mischung von PE- und PP-Folien). Diese Reste sind unter heutigen Bedingungen oft nicht mechanisch recyclebar und werden bisher, je nach gesetzlichen Regelungen des jeweiligen Landes, thermisch verwertet oder beseitigt, also ohne Energierückgewinnung verbrannt bzw. deponiert.

Neben privaten und gewerblichen Abfallerzeugern, Sortierern und Recyclern fallen Kunststoffabfälle auch bei Kunststoffverarbeitern und -herstellern an. Dabei geht es vor allem um Verschnitt bzw. Ausschussware, die besonders beim Anfahren der Maschinen entsteht. Diese Produktionsabfälle unterliegen aufgrund ihrer Zusammensetzung und Erfassung besonderen Regeln, welche in Kapitel 3.2.1 ausführlich erläutert wurden. Sie sind meist sortenrein, lassen sich oft gut verwerten und haben daher einen anderen Wert als gemischte und verschmutzte Kunststoffabfälle, was wie zuvor erläutert zu einem geringeren Risiko einer nicht umweltgerechten Verwertung führt.

Weiterhin sammeln in vielen Fällen Unternehmen Kunststoffabfälle schon getrennt bzw. sortenrein, um diese als werthaltige Fraktion verkaufen zu können (Post-Consumer-Abfälle). Beispiel dafür sind Folien von Transportverpackungen, die in großen Mengen im Einzel- und Großhandel anfallen. Dies wird in Kapitel 5.2 eingehender erläutert.

Diese Betrachtung zeigt auf, wie komplex die Handelswege auch bei dem Abfallstrom Kunststoffe sind. Da viele unterschiedliche Akteure involviert sind, ist eine Nachverfolgung nur bedingt möglich. Auch um eine Verbesserung diesbezüglich zu erreichen, werden die verschiedenen Akteure des Kunststoffhandels mit den Empfehlungen in Kapitel 6 direkt adressiert.

4.4 Spezifikationen und Qualitätssicherung für Kunststoffabfälle

In diesem Kapitel werden Spezifikationen und Möglichkeiten der Qualitätssicherung für Kunststoffabfälle beschrieben. Detailliertere Informationen sind im Projektbericht des teils parallel verlaufenden UBA-Projekts von Gerke et al. (Gerke et al. 2023) zu finden.

4.4.1 Spezifikationen für Kunststoffabfallfraktionen

Kunststoffabfallfraktionen werden innerhalb und außerhalb der EU unter bestimmten Spezifikationen gehandelt. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Export orientieren sich vor allem an der Polymerart und der Menge an Verunreinigungen, widergespiegelt in den Einträgen für Kunststoffabfälle (Kapitel 4.6).

Für die Spezifikationen für Sortierfraktionen gibt es neben den gesetzlichen Vorschriften noch weitere, die allgemein gebräuchlich sind. Die bekanntesten und am meisten verwendeten sind die Produktspezifikationen der dualen Systeme. Sie geben verschiedenen Sortierfraktionen eine Fraktionsnummer (z. B. PET-Flaschen, transparent Fraktions-Nr. 325). Sie beschreiben und spezifizieren die Wertstofffraktion. Zum Gutmaterial zählen bei dieser Fraktion neben den gebrauchten, restentleerten, systemverträglichen Hauptkomponenten (wie z. B. der Flaschenkörper aus PET) auch die Nebenbestandteile wie Verschlüsse und Etiketten. Die ebenfalls angegebene Reinheit von mindestens 98 Massenprozent bezieht sich dann auf diese Spezifikation/Beschreibung. Die „zugelassenen“ Störstoffe, im genannten Beispiel maximal zwei Massenprozent, werden dann näher beschrieben. Zum Beispiel werden Metallpartikel > 100 g ganz ausgeschlossen, sonstige Metall-Artikel mit < 0,5 Massenprozent begrenzt, der gleiche Wert gilt für EPS-Artikel. Als beispielhafte Verschmutzungen werden Glas, Papier/Pappe/Kartonage (PPK), kompostierbare Abfälle u. ä. angegeben. Außerdem werden Angaben zur Lieferform

gemacht. Bei Kunststoffen sind das üblicherweise transportfähige Ballen, deren Abmessungen und Dichte sich an den Anforderungen der genutzten LKW orientieren.

Folgende Spezifikationen für Kunststoffvorkonzentrate waren über Jahre hinweg bei Der Grüne Punkt öffentlich abrufbar²¹. Dort wurden sie, bevor sie kürzlich entfernt wurden, entnommen:

- ▶ 310 Kunststoff-Folien (Gesamtstörstoffanteil (GSA) maximal 8 Massen-%) Stand 04/2009
- ▶ 310-1 Kunststoff-Folien (GSA max. 8 Massen-%, mind. 42 Massen-% > DIN A3) 03/2018
- ▶ 320 Gemischte Kunststoff-Flaschen (GSA max. 6 Massen-%) 03/2018
- ▶ 321 PO Kunststoff-Flaschen (GSA max. 6 Massen-%) 03/2018
- ▶ 322 Kunststoff-Hohlkörper (GSA max. 6 Massen-%) 03/2018
- ▶ 323 Gemischte Polyolefin-Artikel MPO (GSA max. 15 Massen-%) 03/2018
- ▶ 323-2 Flexible PO-Artikel (GSA max. 10 Massen-%)
- ▶ 324 Polypropylen (GSA max. 6 Massen-%) 05/2012
- ▶ 324-1 Polypropylen (GSA max. 4 Massen-%) 03/2018
- ▶ 325 PET-Flaschen, transparent (GSA max. 2 Massen-%) 03/2018
- ▶ 328-1 Misch-PET90/10 (GSA max. 2 Massen-%) 05/2018
- ▶ 328-2 Misch-PET70/30 (GSA max. 2 Massen-%) 05/2018
- ▶ 328-5 PET-Schalen (GSA max. 17 Massen-%) 06/2018
- ▶ 329 Polyethylen (GSA max. 6 Massen-%) 03/2018
- ▶ 330 Becher (GSA max. 6 Massen-%) 03/2018
- ▶ 331 Polystyrol (GSA max. 6 Massen-%) 03/2018
- ▶ 340 Expandiertes Polystyrol (GSA max. 3 Massen-%) 03/2018
- ▶ 350 Mischkunststoffe (GSA max. 10 Massen-%) 03/2018
- ▶ 351-1 Formstabile Kunststoffe (GSA max. 20 Massen-%) 03/2018
- ▶ 351-2 Formstabile Kunststoffe Qualität 2 (GSA max. 30 Massen-%) 03/2018
- ▶ 352 Mischkunststoffe neu (GSA max. 10 Massen-%) 05/2012
- ▶ 361 MPO Beiprodukt (Mindestkunststoffgehalt 40 Massen-%) 03/2018.

Die Spezifikationen geben für den Rahmen dieser Studie einen sehr guten Überblick über die verschiedenen Kunststoffabfallströme und wie sie gehandelt werden. Die Auflistung zeigt, dass die aufgeführten Kunststoffvorkonzentrate für das Recycling bezüglich des Gesamtstörstoffanteils mit Werten zwischen 2 % bis 40 % eine große Spannweite aufweisen. Dies verdeutlicht die Schwierigkeit, einen bestimmten Grenzwert für die Verbringung festlegen zu wollen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass „Störstoff“ in diesem Fall nicht 1:1

21 <https://www.gruener-punkt.de/de/downloads>

gleichbedeutend zu Abfällen aus anderen Materialien als Kunststoff bzw. Ausbeuteverlusten beim Recycler ist (s. Gerke et al. 2023). Teilweise werden z. B. stoffgleiche Nicht-Verpackungen, die nur in bestimmten Fällen Probleme verursachen, auch als Störstoffanteil gezählt. In der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 zur Erläuterung der neuen Kunststoffeinträge der VVA ist nur von Verunreinigung die Rede, Störstoffe sind dort nicht definiert.

Aus ökologischer Sicht ist im Normalfall ein Recycling der Fraktionen mit höheren Störstoffanteilen ebenfalls deren energetischer Verwertung vorzuziehen. Dennoch muss, besonders für die Verbringung ins Ausland, aufgezeigt werden, was mit den Störstoffanteilen passiert, also inwiefern diese im Recyclingprozess noch aussortiert werden oder im Rezyklat landen. Falls sie aussortiert werden, sollte eine umweltgerechte Verwertung stattfinden (s. Abfallhierarchie in Kapitel 3.3). Falls die Fraktionen exportiert werden, kann es sein, dass es sehr schwer ist, die umweltgerechte Verwertung dauerhaft aus Deutschland heraus sicherzustellen, die jedoch je nach Empfängerland nicht immer stattfindet. Erfahrungsberichten von Expert*inneninterviews nach gibt es zum Beispiel in der Türkei Probleme mit dem Vollzug, wenn es um die ordnungsgemäße Verwertung von Aufbereitungsresten geht. Dies muss im Rahmen dieser Studie mitbetrachtet werden.

Die Spezifikationen erleichtern den Handel mit den Wertstofffraktionen. Sie sind allerdings beschränkt auf Wertstofffraktionen aus dem LVP-Strom; hier von Bedeutung sind die Kunststoffvorkonzentrate. Darüber hinaus gibt es vergleichbare Sortenbeschreibungen von anderen europäischen EPR-Systemen wie bspw. von FostPlus unter vergleichbarer Zielsetzung. Kunststoffabfälle aus industrieller und gewerblicher Herkunft sind zwar teilweise als Sorten gelistet; anders als bei Papier mit EN 643 existieren aber keine übergeordneten Qualitätsdefinitionen. Gängig sind allerdings für Gewerbeabfälle Angaben der Herkunft und Sorte der Kunststoffabfälle, z. B. LDPE-Schrumpffolien natur und dazugehörige maximale Gesamtstörstoffanteile (z. B. < 1 %). Bei Mischungen der Farben sind Angaben, wie z. B. 80/20 üblich, die darstellen, dass maximal 20 % der Kunststoffabfälle bunt sind, während der Rest (> 80 %) transparent ist. Die Anteile können dabei variieren. Weitere Beispiele sind in Kapitel 3.2.2 dargestellt.

Gesetzliche Grenzwerte für Verunreinigungen zur Verbringung von Kunststoffabfällen, wie von der EU nun vorgegeben, treffen demnach nur zum Teil die Realität des Kunststoffabfallhandels, werden jedoch als Kompromissvorschlag angesehen, bis sich ggf. eine bessere Lösung findet.

4.4.2 Qualitätssicherung und Kontrolle

Die Kontrolle und die zugehörigen Messverfahren im Rahmen der grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoffabfällen spielen ebenfalls eine grundlegende Rolle bei der Nachverfolgung ggf. illegaler Transporte. Jede erarbeitete Lösung bzgl. der Verbringung von Kunststoffabfällen muss sich auch daran messen lassen, wie gut sie kontrolliert werden kann. Dabei ist entscheidend, an welcher Stelle, wie häufig und in welcher Form kontrolliert wird.

Eine Möglichkeit zur Kontrolle von Kunststoffabfällen ist die Überprüfung durch die zuständigen Behörden bei der tatsächlichen Verbringung per LKW oder Container. Dabei hat sich in der Praxis in Deutschland bisher das DSD-Qualitätsprüfschema etabliert. „Die Reinheit der Sortierfraktionen wird demnach durch Probennahme in Anlehnung an LAGA PN 98 (Stand 08/2014) und anschließender Analyse (z. B. Handsortierung und Verwiegung oder chemische

Analyse) bestimmt“²². Das Qualitätsprüfschema²³ basiert auf einer Kombination folgender Schritte:

- ▶ Kontrolle der Frachtpapiere und Wiegescheine,
- ▶ Abgleich der avisierten mit der gelieferten Fraktion,
- ▶ Überprüfung der Lieferform laut Spezifikation,
- ▶ Prüfung der Ballenkennzeichnung,
- ▶ Auswahl eines für die Lieferung augenscheinlich repräsentativen Ballens und Entnahme einer Probe von 80 – 100 kg,
- ▶ Sortierung der Probe gemäß Spezifikation, nach fraktionsgerechtem Anteil und den einzeln aufgeführten Störstoffanteilen,
- ▶ Exakte Regelungen, wie bei Abweichungen gegenüber der Spezifikation zu verfahren ist und ab wann und wie die Lieferung zu reklamieren ist.

Der Praxis der Frachtkontrollen durch die Kontrollbehörden wie Zoll und BAG sowie der zuständigen Abfallbehörden liegt ein komplexes System von detaillierten Spezifikationen, Vorgaben zur Dokumentation der Lieferungen und Kontrolle zugrunde. Einerseits braucht es ein hohes Maß an Sachverstand, um die Prüfungen vorzunehmen, andererseits sind tiefgehende Kontrollen zur Überprüfung des Anteils an Verunreinigungen nur an darauf vorbereiteten Standorten möglich, in denen die Ballen beprobt und die Abfälle nach der Prüfung auch wieder balliert werden können. Die gleiche Situation ergibt sich bei dicht befüllten Seecontainern, bei denen eine Entladung zur Kontrolle nur im konkreten Verdachtsfall und mit erhöhtem Aufwand erfolgt.

Einfache bzw. oberflächliche Kontrollen können allerdings an fast beliebigen Orten, wie einem Parkplatz, stattfinden. Dabei geht es zunächst um die Kontrolle von Papieren und Ladung und inwiefern die Ladung mit den Angaben in den Papieren übereinstimmt bzw. der Abfall richtig eingestuft wurde. Wenn hier etwas nicht stimmt, kann es sein, dass im Rahmen einer Ordnungswidrigkeit eine Geldstrafe verhängt wird oder der Transport zurückgeschickt wird. Eine genaue Beprobung der Ladung kann im Zweifelsfall auch nachträglich und an einem dafür geeigneten Ort erfolgen, falls bei der Kontrolle dafür die Erfordernis gesehen wird.

Eine Möglichkeit zur schnellen Überprüfung der Kunststoffe vor Ort ist die Nutzung von mobilen NIR²⁴-Handgeräten. Mit diesen können zerstörungsfrei und schnell Kunststoffe erkannt und in der Regel direkt an Smartphone Apps weitergeleitet werden. Dafür müssten mehr Kontrolleur*innen mit diesen Geräten ausgerüstet sein.

Die NIR-Handgeräte stoßen jedoch auch an ihre Grenzen, wenn mit aktiven Täuschungsmanövern gearbeitet wird, bei denen in Containern nicht konforme Kunststoffabfälle

²² Zitat aus dem Beiblatt, das ein Bestandteil jeder Spezifikation von DKR/Der Grüne Punkt ist: <https://www.gruener-punkt.de/de/downloads>

²³ A6_Qualitätsprüfschema_Anlage 7_2020: <https://www.gruener-punkt.de/de/downloads>

²⁴ Nahinfrarotspektroskopie (NIR) ist eine physikalische Analysetechnik und wird in der Abfallwirtschaft eingesetzt, um Kunststoffe zu identifizieren

von sortenreinen Ballen entsprechend der ausgewiesenen Fraktion verdeckt werden und zur genaueren Kontrolle der gesamte Container ausgeräumt werden müsste.²⁵

Darüber hinaus kontrolliert die Zentrale Stelle Verpackungsregister (ZSVR)²⁶ Mengenstromnachweise gemäß § 17 (3) VerpackG, die nach § 17 (2) VerpackG von registrierten Sachverständigen unter Zugrundlegung detaillierter Prüfleitlinien überprüft und bestätigt wurden. Die ZSVR erkennt Mengen bei Unplausibilitäten nicht als verwertet an. Bei Kunststoffen sind allerdings nur solche davon betroffen, die in der Leichtverpackungsabfallsammlung von den dualen Systemen entsorgt werden, d. h. die gelbe Tonne der privaten Haushalte und nicht die Gewerbeabfälle.

Darüber hinaus müssen nach §12 GewAbfV Abfallbehandlungsanlagen, Händler und Logistiker von Abfällen ihre Mengenströme auf Verlangen den zuständigen Umweltbehörden der Länder melden. Die Daten werden jedoch Informationen aus Expert*inneninterviews nach nicht unter den zuständigen Behörden ausgetauscht, um bei inländischen Transporten die Daten auf ihre Plausibilität prüfen zu können. Auch Kontrollen der Umweltbehörden finden Informationen von beiden Seiten nach eher selten statt, da diese meist nicht genügend Ressourcen zur Verfügung haben bzw. der zentrale Fokus auf anderen Sektoren liegt.²⁷

4.4.3 Entsorgungsfachbetriebe als Möglichkeit zur Nachverfolgung und Überprüfung

Eine weitere Möglichkeit zur Kontrolle von (Kunststoff-)Abfällen ist die Zertifizierung von Abfallbehandlungsanlagen, Händlern und Logistikern als Entsorgungsfachbetrieb nach Entsorgungsfachbetriebeverordnung (EfbV)²⁸. Ziel ist es, es den genannten Akteuren zu ermöglichen, sich ihre vorbildliche Arbeitsweise mit Abfällen allgemein durch ein freiwilliges Gütesiegel bestätigen zu lassen. Laut Interviews sind die meisten Entsorger und Händler von Kunststoffabfällen zertifizierte **Entsorgungsfachbetriebe** (Efb). Voraussetzung ist, dass entsprechende Genehmigungen nach KrWG vorliegen. Audits finden jährlich statt, nach Bestehen dieser werden die Zertifikate erteilt. Auditor*innen müssen alle 5 Jahre wechseln, die Beauftragung desselben Unternehmens ist jedoch möglich. Laut eines Experteninterviews kann es jedoch sinnvoll sein, dass die Auditor*innen das Unternehmen kennen, sodass sie bei der nächsten Zertifizierung detaillierter prüfen und kritischer hinterfragen können. Ein Audit dauert etwa einen Tag, jedoch muss im Betriebsablauf regelmäßige Datenpflege betrieben werden (z. B. durch Führen eines Betriebstagebuchs), sodass bestimmte innerbetriebliche Strukturen aufgestellt werden müssen. Dies kann, in Verbindung mit den hohen Kosten, vor allem für kleinere Unternehmen, ein Hindernis für die Zertifizierung als Efb sein.

Eine Voraussetzung für die Verbringung (Import/Export) ist dieses Zertifikat bisher nicht.

Dennoch kann sich die Zertifizierung für die Unternehmen lohnen. Öffentliche Aufträge werden beispielsweise nur an Entsorgungsfachbetriebe vergeben. In der Privatwirtschaft wird ebenfalls

25 Für weitere Informationen dazu gibt es einige Studien dazu, wie zum Beispiel in Europol (2019), Interpol (2022) bzw. Reportagen wie der 2022 veröffentlichte Dokumentarfilm im Ersten: Die Recyclinglüge (<https://www.ardmediathek.de/video/dokus-im-ersten/dokumentarfilm-im-ersten-die-recyclingluge/das-erste/Y3JpZDovL2Rhc2Vyc3RlLmRlL3JlcG9ydGFnZSBfIGRva3VtW50YXRpb24gaW0gZXJzdGVuL2YwMTFjNmY0LTc1MGUtdDc5Mi1iZDgyLWRkZDM4YTNhMWU4Yw>)

26 <https://www.verpackungsregister.org/> (17.02.2023)

27 Dies gilt auch für den Vollzug der Gewerbeabfallverordnung.

28 Entsorgungsfachbetriebeverordnung vom 2. Dezember 2016 (BGBl. I S. 2770), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2234, 2260) geändert worden ist. https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgl116058.pdf%27%5D#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgl116058.pdf%27%5D_1676642075972 (17.02.2023)

vermehrt dieses Zertifikat verlangt. Diese geben den jeweiligen Unternehmen eine größere Sicherheit über die sachgerechte Entsorgung.

Die Zertifizierung schützt zwar nicht vollständig vor illegaler Abfallverbringung, ist jedoch ein Mechanismus, um illegale Aktivitäten einzuschränken. Zwar ist in der EfbV eine lückenlose Nachverfolgung der Abfälle vorgeschrieben, in der Realität reiche es jedoch laut Expert*innen nicht immer aus, nur auf die Zertifikate zu vertrauen, vor allem im internationalen Kontext mit Händlern und Maklern. Auch kommt es den Interviews nach im Ausland zu Problemen aufgrund von Sprachbarrieren. Des Weiteren ist die Qualität der Zertifizierung stark abhängig von den Auditor*innen, die eigenen Aussagen von Akteuren in Interviews im Rahmen dieses Projekts nach, teilweise nur oberflächlich kontrollieren. Ein Problem besteht darin, dass die Unternehmen sich die Firma zur Zertifizierung selbst aussuchen können. Allerdings können auch unangekündigte Audits stattfinden und Behörden die beauftragten Auditor*innen begleiten.

4.5 Push- und Pull-Faktoren für Exporte von Kunststoffabfällen

Hauptfaktor für den Verbleib von Kunststoffabfällen in Deutschland oder für deren Export sind die Kostenstrukturen. So werden für bestimmte Kunststoffabfälle im Ausland höhere Preise als im Inland bezahlt, wie dies z. B. bei Folien aus dem Gewerbebereich in der Vergangenheit oft der Fall war. Auch eine Vermeidung von Zuzahlungen für die vertraglich gesicherte Verwertung zählt dazu.

Andererseits kann aber auch die praktische Recyclingfähigkeit der Kunststoffabfälle ein Grund für den Export sein. Laut Expert*inneninterviews ist beispielsweise oft eine händische Sortierung aufgrund der vergleichsweise höheren Lohnkosten in Deutschland nicht rentabel. Durch diese Sortierung (im Ausland) können jedoch beispielsweise Folien mit Aufklebern, auf einem Wertstoffhof gesammelte Hartkunststoffe, Mischfraktionen und Kunststoffverbunde getrennt und dadurch anschließend recycelt werden. Auf diese Weise wird die Verwertungsquote durch einen Export der Kunststoffabfälle gesteigert. Verblieben diese Abfälle in Deutschland, würden sie mit hoher Wahrscheinlichkeit energetisch verwertet werden. Darüber hinaus spielen Expert*inneninterviews nach auch die in Deutschland teilweise höheren Energiepreise und Umweltstandards eine Rolle.

Entsorgerverbände stellen dar, dass aus ihrer Sicht die europaweite Verbringung von Abfällen über die nationalen Grenzen der Mitgliedstaaten notwendig ist, um Materialkreisläufe zu schließen. Moderne, effiziente Behandlungsanlagen könnten wirtschaftlich nur betrieben werden, wenn sie über eine bestimmte Mindestgröße verfügen und ausgelastet sind. Auch haben manche EU-Mitgliedstaaten weder eine ausreichende Anlageninfrastruktur noch eine verarbeitende Industrie, um die anfallenden Kunststoffabfälle umweltgerecht und wirtschaftlich stofflich zu verwerten. Deutschland ist zum Beispiel bzgl. dem Recycling von PS besonders im Süden unterversorgt, weshalb 2020 in etwa 49 % der PS-Abfälle des dualen Systems exportiert wurden, zum größten Teil nach Österreich.

Für das duale System, in dem die zu erreichenden Recyclingquoten sehr streng überprüft werden, gibt es Recycler, die höhere Verwertungsquoten anbieten. Die höheren Quoten werden Expert*inneninterviews nach in der Praxis teils auch aufgrund geringerer technischer Standards oder zweifelhafter Zertifikate von Sachverständigen erreicht. Wenn weniger aussortiert wird, kann dadurch ebenfalls in bestimmten Fällen eine höhere Quote erreicht werden, wobei die entstehenden Rezyklate Qualitätseinbußen haben. Aussortierte Mengen werden von der Recyclingquote abgezogen.

Außerhalb der EU gibt es teilweise auch einen Markt für die entstehenden Rezyklate, den es innerhalb der EU aufgrund der höheren gesetzlichen Standards und Kundenerwartungen nicht gibt. In einem Interview wurden als Beispiel dafür Folienabfälle schlechter Qualität genannt, die zu Produkten minderer Qualität verarbeitet werden würden. Diese Möglichkeiten zum Einsatz von Rezyklaten schaffen einen zusätzlichen Anreiz zum Export.

In Bezug auf Elektro- und Elektronikgeräte und die beinhalteten Kunststoffe ist der Haupttreiber für den Export eindeutig der verbleibende Gebrauchswert von noch funktionierenden Geräten nach deren „ersten Leben“ für ein „zweites Leben“ in anderen Ländern („Second-Hand“). An zweiter Stelle steht der verbleibende Gebrauchswert von einzelnen Elektronikkomponenten (z. B. noch funktionierende Motoren o. ä.). In Einzelfällen werden hier sicherlich auch Kunststoffteile wiederverwendet. Ohne gesetzliche Regelungen in Drittländern und ohne funktionierende Abfallinfrastruktur für Elektroschrott werden diese jedoch auf (illegale) Deponien verbracht oder unter Inkaufnahme von Dioxin- und POP-haltigen Emissionen verbrannt. Weitere Aspekte sind in Kapitel 5.3 geschildert.

Neben dem restlichen Gebrauchswert der Elektro- und Elektronikgeräte nach dem „ersten Leben“ besteht für Recyclingunternehmen, aufgrund hoher Transportkosten und dem spezifischen Gewicht der Kunststofffraktionen, kaum mehr ein ökonomischer Anreiz, einzelne Kunststoffteile oder vorbehandelte Fraktionen ins Ausland zu verbringen. Sie werden entweder im Inland stofflich verwertet (siehe Abschnitt 5.3.4) oder der thermischen Verwertung (z. B. in Zementwerken) zugeführt. Expert*inneninterviews haben gezeigt, dass, sobald Elektro- und Elektronikgeräte im Inland gesammelt und vorbehandelt wurden (etwa zur sogenannten „Schredderleichtfraktion“), die resultierenden Erlöse aus den Bearbeitungsschritten wichtig sind, um die getätigten Investitionen zu rechtfertigen (s. auch Abschnitt 5.3.1). Alles andere wäre den Akteuren nach nicht wirtschaftlich.

4.6 Gesetzliche Rahmenbedingungen des Kunststoffabfallhandels

In der EU-Verordnung über die grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen (VVA)²⁹ werden Abfälle einer Grünen oder Gelben Abfallliste zugeordnet, die die Regelungen für die Abfälle bestimmen. Abfälle der Grünen Liste entsprechen den in Anhang III der VVA genannten Abfälle und unterliegen einer Informationspflicht. Dies bedeutet, dass beim Export dieser Abfälle ein Formular bezüglich der Versandinformationen mitzuführen (Anhang VII Formular) und danach 3 Jahre aufzubewahren ist. Abfälle der Gelben Liste hingegen sind notifizierungspflichtige Abfälle; sie entsprechen den in Anhang IV der VVA genannten Einträgen.

In Bezug auf den Verbleib der verbrachten Kunststoffabfälle werden im Rahmen des Notifizierungsverfahrens Informationen über die Zusammensetzung des Abfalls, die Beförderer (Transportunternehmen), den Zielort und die Behandlung am Zielort sowie die Menge der verwerteten Stoffe im Vergleich zu nicht verwertbarem Abfall angegeben. Im mitgeführten Begleitformular wird der Erhalt des Abfalls sowie die Durchführung der Behandlung von der Verwertungs- bzw. Beseitigungsanlage dokumentiert.

Das Basler Übereinkommen (BÜ) über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung, welches 1992 in Kraft getreten ist, hat das Ziel, die grenzüberschreitende Abfallverbringung im völkerrechtlichen Maßstab regulieren und überwachen zu können. Negative Umweltwirkungen sollen so reduziert werden. 190 Staaten sind dem Übereinkommen mittlerweile beigetreten (Stand Januar 2023). Bezüglich des Umgangs mit Kunststoffabfällen wurde auf der 14. Vertragsstaatenkonferenz im Mai 2019 ein

²⁹ Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom (14. Juni 2006) über die Verbringung von Abfällen, Abl. der EU L 190, 12.7.2006, S. 1.

Beschluss zur Überarbeitung des Basler Übereinkommens durch neue Einträge für Kunststoffabfälle getroffen. Diese Regelung trat mit Umsetzung in der VVA am 01.01.2021 in der EU in Kraft. Durch die Überarbeitung wurden Änderungen der Anhänge II, VIII und IX umgesetzt. Eine aktuelle Übersicht der geltenden Einträge ist in Tabelle 5 zu sehen.

Tabelle 5: Übersicht der Kunststoffeinträge der VVA und des BÜ sowie daraus folgende Regelungen zur Abfallverbringung der VVA

Eintrag	Kurze Beschreibung	Geltende Regeln für den Export in		
		EU	OECD	Nicht-OECD
B3011	Nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen >> 2 Massen-% Export ausschließlich für zum Recycling bestimmte Abfälle	Es gilt der Eintrag EU3011	Ohne Notifizierung; Grüne Liste	Verbot oder Notifizierungspflicht oder Grüne Liste gemäß Verordnung (EG) Nr. 1418/2007
EU3011	Verbringung innerhalb der EU Nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen >> 6 Massen-% Keine Festlegung auf zum Recycling exportierte Abfälle	Ohne Notifizierung; Grüne Liste	Es gilt der Eintrag B3011	Es gilt der Eintrag B3011
Y48	Stärker verunreinigte, ungefährliche Kunststoffabfälle Abfälle, die weder B3011 noch A3210 zuzuordnen sind	Es gilt der Eintrag EU48	Notifizierungspflicht; Gelbe Liste	Exportverbot
EU48	Verbringung innerhalb der EU Stärker verunreinigte, ungefährliche Kunststoffabfälle Abfälle, die weder EU3011 noch AC300 zuzuordnen sind	Notifizierungspflicht; Gelbe Liste	Es gilt der Eintrag Y48	Es gilt der Eintrag Y48
A3210	Gefährliche Kunststoffabfälle	Es gilt der Eintrag AC300	Notifizierungspflicht; Gelbe Liste	Exportverbot
AC300	Verbringung innerhalb der EU Gefährliche Kunststoffabfälle	Notifizierungspflicht; Gelbe Liste	Es gilt der Eintrag A3210	Es gilt der Eintrag A3210

In der EU werden die zur Einordnung hinzugezogenen Höchstmengen für Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen in der „Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 (Europäische Kommission

2021)³⁰“ festgelegt (2 Massen-% für den Eintrag B3011 und 6 Massen-% für den Eintrag EU3011). Von diesen Verunreinigungen sind nur Flüssigkeitsreste sowie Verschlüsse, Deckel und Label, die als Nebenbestandteile der zu Abfall gewordenen Kunststoffprodukte (z. B. PET-Flaschen) anfallen, ausgenommen (Europäische Kommission 2021). Eine Überschreitung dieser Maximalwerte indiziert eine Einordnung in den Eintrag Y48 bzw. EU48 und schlussendlich eine Notifizierungspflicht sowohl innerhalb der EU als auch für die Verbringung in OECD-Staaten.

Für die Verbringung von Kunststoffabfällen sind des Weiteren Abfälle mit dem Eintrag Y46 relevant. Dies sind Haushaltsabfälle und enthalten teilweise einen hohen Anteil an Kunststoffen. Sie sind ebenfalls notifizierungspflichtig.

Eine grundsätzliche Problematik der Festlegung von Grenzwerten ist, dass diese bei der Verbringung und stattfindenden Kontrollen nicht immer visuell genau kontrolliert werden können. Jedoch ist eine Begutachtung der Kunststoffabfälle möglich. NIR-Geräte können weitere Sicherheit bringen. Eine genaue Kontrolle in nicht eindeutigen Fällen erfordert ein händisches Sortieren und Wiegen der Bestandteile (Gerke et al. 2023).

4.7 Notifizierte Kunststoffabfallverbringungen

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, unterliegen Kunststoffabfälle mit Verunreinigungen, gemischte und gefährliche Kunststoffabfälle aus Deutschland einer Notifizierungspflicht, wenn sie exportiert werden, wobei zwischen der Verbringung in andere EU-Länder, OECD-Länder und sonstige Länder unterschieden wird. Laut einigen interviewten Expert*innen aus der Abfallerzeugung ist es vor allem bei geringen Mengen an Kunststoffabfällen pro Abfallart üblich, auf Grund des unverhältnismäßigen Aufwands der Vermarktung die Abfälle Händlern zu überlassen (s. auch Kapitel 4.3). In diesem Fall sammelt der Händler den Abfall auch ein und startet die grenzüberschreitende Verbringung gemeinsam mit gleichwertigen Abfällen anderer Herkunft von seinem Zwischenlager. Er wird dann nach Artikel 2 Nr. 9 der VVA als Neuerzeuger angesehen.

Da Kunststoffabfälle somit seit dem Jahr 2021 teilweise der Notifizierung unterlagen, gibt es darüber auch die UBA-Statistiken zur grenzüberschreitenden Verbringung anhand von Abfallschlüsseln. Diese zeigen, dass im Jahr 2021 notifizierte Kunststoffabfälle und Abfallgemische, die Kunststoff enthalten, überwiegend in westeuropäische Staaten (inkl. Schweiz und Großbritannien) verbracht wurden. Die Abfälle sind in der Regel vorbehandelt, d. h. sie entsprechen dem Kapitel 19 der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV). Beispiele dafür sind Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen, öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen sowie der Aufbereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch und Wasser für industrielle Zwecke. Dabei überwiegen die gemischten Abfälle. Der größte Teil der exportierten Kunststoffabfälle wird thermisch verwertet. Die Zahlen sind insgesamt sehr niedrig. 2021 wurden aus Deutschland insgesamt nur etwas mehr als 40.000 t unter dem Eintrag Y48/EU48 notifizierungspflichtig exportiert. Importiert wurden unter diesem Eintrag immerhin ca. 102.056 t. Dies kann - in diesem besonderen Jahr 2021 und nach Implementierung der neuen Kunststoffeinträge in EU-Recht - entweder darauf zurückzuführen sein, dass allgemein 2021 sehr wenige Abfälle verbracht, oder dass aufgrund der lange bestehenden Rechtsunsicherheit nach dem Inkrafttreten der neuen Regelungen zu Beginn 2021 bis zur Veröffentlichung der Anlaufstellen-Leitlinie viele der Kunststofffraktionen weiterhin grüngelistet und ohne Notifizierung exportiert wurden. Zwischendurch war eine Verbringung offiziell überhaupt nicht gestattet, da der Eintrag B3010 nicht mehr existierte und der neue Eintrag B3011 noch nicht

30 Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 (deutsch) <https://ec.europa.eu/environment/system/files/2022-05/Anlaufstellen-Leitlinien%20Nr.%2012%20deutsch%203122021%20corr.pdf>

implementiert worden war. Dies zeigen jedoch insgesamt die Verunsicherung und Unsicherheit, die in diesem Jahr herrschte. Daher sind die gegebenen Zahlen nur bedingt repräsentativ. Es bleibt abzuwarten, wie sich diese Statistik nun in den kommenden Jahren entwickelt.

4.8 Rechtswidrige Verbringung und fehlende umweltgerechte Behandlung

In diesem Kapitel wird dargestellt, wie die rechtswidrige Verbringung und eine nicht-umweltgerechte Behandlung zusammenhängen. Dazu erfolgt eine Analyse der rechtlichen Vorgaben von Abfallexporten im Vergleich zur Praxis.

Eine rechtswidrige Verbringung findet dann statt, wenn die gesetzlichen Regelungen, wie oben in Kapitel 4.6 geschildert, nicht eingehalten werden. So zum Beispiel, wenn keine oder fehlerhafte Papiere mitgeführt werden, wenn Angaben falsch sind oder Abfälle falsch eingestuft wurden. Wie oben beschrieben, ist bei den Kunststoffabfällen z. B. die Frage der Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte entscheidend, ob der Abfall einer Notifizierung unterliegt oder nicht. Die gesetzlichen Regelungen sollen einer nicht umweltgerechten Behandlung der Abfälle im Empfängerland so weit wie möglich vorbeugen.

Die VVA definiert eine umweltgerechte Behandlung so: „das Ergreifen aller praktisch durchführbaren Maßnahmen, die sicherstellen, dass Abfälle so behandelt werden, dass der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor den nachteiligen Auswirkungen, die solche Abfälle haben können, sichergestellt ist“. Dementsprechend hat eine nicht umweltgerechte Behandlung nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und/oder die Umwelt. Allgemein kann auch beim Übertreten der Höchstmengen für Verunreinigungen aus technischer Sicht, was eine rechtswidrige Verbringung bedeuten würde, dennoch anschließend eine umweltgerechte Behandlung stattfinden.

Dementsprechend folgt einer rechtswidrigen Verbringung nicht immer eine nicht umweltgerechte Behandlung. Daher muss, v. a. bei einer rechtswidrigen Verbringung anschließend unterschieden werden, inwiefern der Abfall mit dem Ziel einer umweltgerechten Behandlung verbracht wird oder bewusst die Regelungen umgangen werden, um die verbrachten Abfälle anschließend entgegen den gesetzlichen Regelungen zu beseitigen. Die Möglichkeiten des Betrugs sind dabei sehr weit und reichen von Verschleierung der Abfallart, über Fälschung von Papieren zu Bestechung und Korruption (Europol 2019, Interpol 2022). Jedoch auch ohne derart drastische Mittel ist es bei Unterlassung der notwendigen Sorgfaltspflichten möglich, sich unsachgemäßer Verbringung schuldig zu machen bzw. eine nicht umweltgerechte Behandlung zu ermöglichen. Das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG)³¹ beinhaltet Sorgfaltspflichten innerhalb der Lieferkette seitens der Wirtschaft für Abfälle, die der Notifizierung unterliegen.

Die verschiedenen Möglichkeiten nicht umweltgerechter Behandlung wurden bereits im Kapitel 3.3 bzw. Abbildung 3 dargelegt. Hinsichtlich der Mengen ist zu unterscheiden, ob die Abfallfraktion selbst sachgemäß verwertet wird, dabei jedoch Aufbereitungsreste nicht umweltgerecht entsorgt bzw. verwertet werden oder inwiefern die gesamte Menge zum Beispiel auf einer wilden Mülldeponie entsorgt wird.

Als Gründe für Manipulationen und anschließender fehlender umweltgerechter Behandlung von kompletten Kunststoffabfallfraktionen wurden anhand von Expert*inneninterviews vor allem finanzielle Anreize identifiziert. Diese ergeben sich unter anderem durch Zuzahlfraktionen, das heißt Fraktionen, für deren Verwertung die Recycler bezahlt werden, da bei diesen Fraktionen das Recycling nicht kostendeckend durchgeführt werden kann. Je höher die Zuzahlung, desto

31 Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 2959).

höher sei der Anreiz, die Abfälle kostengünstiger unsachgemäß zu entsorgen. Dabei kann auch Korruption in den abfallimportierenden Ländern eine Rolle spielen (Interpol 2022).

Ein weiterer Anreiz für unsachgemäße Verbringung entsteht indirekt entsprechend von Informationen aus den Interviews durch die vorgegebenen Recyclingquoten im Rahmen des Verpackungsgesetzes³² (VerpackG). Nach § 16 Abs. 2 des VerpackG sind die dualen Systeme dafür verantwortlich, dass von den eingesammelten systempflichtigen Kunststoffverpackungen Kunststoffe zu mindestens 90 Massen-% einer Verwertung zugeführt werden, 70 Massen-% davon einer werkstofflichen Verwertung.³³ Betreiber von Gewerbeabfall-Vorbehandlungsanlagen für gewerbliche Siedlungsabfälle müssen nach § 6 Abs. 5 Gewerbeabfallverordnung³⁴ (GewAbfV) eine Recyclingquote von mindestens 30 Massen-% erreichen. Vor allem im Bereich der systembeteiligungspflichtigen Verpackungen, in dem strenge Recyclingquoten vorgegeben sind, ist der Anreiz für Verwerter, eine hohe Recyclingquote anzugeben, gegeben. Recyclingunternehmen, die angeblich sehr hohe Recyclingraten erzielen (teilweise werden 100 % angegeben), werden damit bevorteilt. Für Entsorger besteht der Anreiz diesen Unternehmen ihre Abfälle zu übergeben, um hohe Recyclingquoten erreichen zu können, die jedoch in der Realität teils nicht erreicht werden. Laut Expert*inneninterviews liegt hier auch bei den Entsorgern eine Pflicht zur kritischen Hinterfragung solcher Angebote. Recycler, welche derart hohe Recyclingquoten erreichen, seien in der Regel unglaubwürdig. Dies findet laut der befragten Expert*innen statt, obwohl jede Letztempfängeranlage für Verpackungssortierfraktionen von einer/einem Sachverständigen geprüft werden muss. Diese Person wurde in dem Fall entweder getäuscht, oder sie bzw. er hat dies bewusst in Kauf genommen oder durch eine grob fehlerhafte Prüfung ermöglicht. Aufgrund des engmaschigen Netzes der Überprüfungen befindet sich dieses Problem allerdings in einem überschaubaren Rahmen.

Es kommt auch vor, dass Abfälle – wissentlich oder unwissentlich - falsch deklariert und somit der grünen Liste zugeordnet werden (Informationen aus den Expert*inneninterviews). In Folge entfällt das kosten- und zeitaufwändige Notifizierungsverfahren. Hierbei gilt das Prinzip, dass die Einstufung dem Antragsstellenden obliegt. Die Einordnung zu einem spezifischen Abfallschlüssel jedoch ist nicht immer trivial. Auch zwischen Behörden – auch unterschiedlicher Staaten - kommt es immer wieder zu divergierenden Auffassungen über die korrekte Einstufung. Andererseits sollten jedoch die Antragsstellenden Kenntnisse zur Herkunft und Zusammensetzung des Abfalls haben.

Grün gelistete Abfälle werden, wie im Kapitel 4.6 zu den rechtlichen Rahmenbedingungen ausgeführt, im Gegensatz zu gelb gelisteten Abfällen nicht so streng überwacht, sondern benötigen lediglich ein Anhang-VII-Formular. Die die Anhang-VII-Formulare müssen drei Jahre lang aufbewahrt werden (Art. 20 (2) VVA). Allerdings sind die Details nicht geregelt bzw. muss die Information aktiv von den zuständigen Behörden oder Mitgliedsstaaten angefragt werden. Es gibt keine automatische Bündelung oder Verarbeitung bzw. Überwachung der Informationen. Ausnahme bilden Kunststoffabfälle im Rahmen der dualen Systeme, bei welchen die Zentrale Stelle für die deutschlandweite Bündelung und Überprüfung der Mengenströme zuständig ist. In diesem speziellen Fall muss eine Verbringung zu einem bestimmten Recyclingunternehmen zur Erfüllung der Recyclingquoten nachgewiesen werden. Falls sich in diesem Fall im Nachhinein

32 Verpackungsgesetz vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2234), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. September 2021 (BGBl. I S. 4363) geändert worden ist.

33 Die Definitionen von Verwertung sind dem Kapitel 3.3 zu entnehmen, „werkstoffliche Verwertung“ im Sinne des VerpackG ist die „Verwertung durch Verfahren, bei denen stoffgleiches Neumaterial ersetzt wird oder das Material für eine weitere stoffliche Nutzung verfügbar bleibt“.

34 Gewerbeabfallverordnung vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 896), die zuletzt durch Artikel 3 VO der Verordnung vom 28. April 2022 (BGBl. I S. 700, 720) geändert worden ist.

Unregelmäßigkeiten herausstellen, können die verantwortlichen dualen Systeme bzw. Sortieranlagen zur Rechenschaft gezogen werden. Der Verlust von Mengen zur Anrechnung auf die Recyclingquoten ist in diesem Fall relevant, da die dualen Systeme bei Nicht-Erfüllung Gefahr laufen ihre Zulassung zu verlieren.

Wenn Abfälle notifiziert werden und die Behörden der beteiligten Länder zusammenarbeiten, ist die Überwachung Expert*inneninterviews zufolge gewährleistet. Damit sind eine ordnungsgemäße Verbringung und eine umweltgerechte Behandlung im regulatorischen Rahmen sichergestellt.

Die Diskussion um Höchstwerte für Verunreinigungen außen vorgelassen, wurde in Interviews von Akteuren aus verschiedenen Bereichen bestätigt, dass es kein lückenloses System von Abfallkontrollen auf Straßen und in Häfen gibt und es daher unmöglich ist, allein durch Kontrollen in Häfen und auf der Straße alle Transporte auf ihre Legalität zu prüfen. Vielmehr finden Kontrollen stichprobenartig bzw. anlassbezogen statt. Das Umweltbundesamt gibt an, dass 21.856 Transportkontrollen im Jahr 2019 und 15.796 Transportkontrollen im Jahr 2020 vom Bundesamt für Güterverkehr (BAG) zur Überprüfung der grenzüberschreitenden Abfallverbringungen durchgeführt wurden. Hinzu kommen noch die Transportkontrollen der Bundesländer (3.500 im Jahr 2019 und 1.400 im Jahr 2020) und anlassbezogene Kontrollen der Polizei, die wahrscheinlich nur teilweise erfasst wurden (UBA 2022a). Die Zahlen beziehen sich allerdings allgemein auf alle Abfälle, nicht nur auf Kunststoffe. Der Rückgang der Kontrollen im Jahr 2020 ist unter anderem mit den Auswirkungen der Coronapandemie zu begründen und sollte sich im Jahr 2021 wieder normalisiert haben. Weitere Möglichkeiten des Vollzugs sind zuvor in Kapitel 4.4.2 bei der Qualitätssicherung und Kontrolle und anschließend in Kapitel 6 bei den Schlussfolgerungen und Empfehlungen dargestellt.

Die Zahlen für illegale Verbringungen, die von der Strafverfolgung als solche identifiziert wurden, werden ebenfalls vom Umweltbundesamt veröffentlicht. Rückführungen illegaler Verbringungen gab es 2019 immerhin 180 mit insgesamt ca. 3.000 t an Abfällen. 2020 waren es 150, allerdings mit 5.000 t etwas mehr. Rückgerechnet auf die zuvor genannten Transportkontrollen entspricht dies ca. 0,7 % bzw. 0,9 % aller untersuchten Transporte. Über 90 % der bei Transportkontrollen verhängten Bußgeldbescheide im Jahr 2019 und über 80 % der Bußgelbescheide 2020 lagen jedoch unter 200 € (170 von 181 bzw. 140 von 174). Zusätzlich gab es 2019 24 Geldstrafen und 30 Geldstrafen im Jahr 2020. Diese können zum Beispiel mit formalen Fehlern wie fehlenden Unterschriften zusammenhängen. Haftstrafen gab es 2019 nur zwei mit maximal 0,5 Jahren Dauer. 2020 gab es keine Haftstrafen. Die polizeiliche Kriminalstatistik zeichnete mit 251 illegalen Abfallverbringungen für 2019 (232 im Jahr 2020) ein ähnliches Bild. Begründet werden kann die geringe Zahl geahндeter Verstöße gegen die Gesetze zur Abfallverbringung auf verschiedene Weisen. Eine Möglichkeit stellt eine starke Regelkonformität der meisten Verbringungen von Abfällen dar. Dafür spricht auch die Quote von unter 1 % beanstandeter Transporte bei bestehenden Transportkontrollen. Allerdings muss an der Stelle erwähnt werden, dass die Zahlen noch nicht die neuen Regelungen zu den Höchstmengen an Verunreinigungen bei der Kunststoffabfallverbringung enthalten. Auch wenn diese sehr schwer durch derartige Transportkontrollen zu kontrollieren sind (Gerke et al. 2023), könnten sie dennoch einen Unterschied in den Busgeldbescheiden machen. Wie zuvor beschrieben (s. Kapitel 4.4.2) können visuelle Kontrollen zwar einen Eindruck der Abfälle vermitteln, eine genaue Bestimmung von Prozentwerten ist jedoch bei reiner Betrachtung nicht denkbar. Eine genauere Kontrolle durch eine Auseinandersortierung der Ballen erfolgt aufgrund des damit einhergehenden erhöhten Aufwands, wie in Kapitel 4.4.2 dargelegt, vergleichsweise selten. Es ist auch fraglich, ob eine manuelle Sortierung eines Ballens eine prozentuale Bestimmung der enthaltenen Verunreinigungen für die gesamte Ladung ermöglichen würde

(Gerke et al. 2023). Nach Informationen aus Expert*inneninterviews würden die betroffenen Unternehmen dies im Falle einer Klage vor Gericht gegen sie direkt anzweifeln. Gleichzeitig sind die Expert*innen der Meinung, dass kriminelle Aktivitäten durch die Einführung dieser Höchstmengen nicht unterbunden werden. Es ist jedoch schwer, hier eine Aussage spezifisch auf den Strom der Kunststoffabfälle zu treffen, da es sich allerdings wie erwähnt bei den zuvor genannten Statistiken um Zahlen zu allen Abfallverbringungen handelt. Darüber hinaus muss beachtet werden, dass Kunststoffabfallströme auch als Verunreinigung in anderen Abfallströmen, wie z. B. Altpapier, vorkommen. Je nach Importland können diese Verunreinigungen als Aufbereitungsreste auch deponiert werden.

5 Untersuchung ausgewählter Kunststoffabfallströme

Nach dem vorherigen Gesamtüberblick wurden in folgendem Kapitel zwei Ströme hinsichtlich Markt- und Exportstruktur, Handelswegen, Verwertungsarten und Hemmnissen für umweltgerechte Verwertung näher betrachtet.

5.1 Bewertungskriterien und Auswahl

Die Kunststoffströme wurden auf Basis bereits vorliegender Informationen und in Abstimmung mit dem Auftraggeber unter Beachtung der folgenden Kriterien ausgewählt:

- ▶ Der Kunststoffabfall hat durch eine ausreichend große Menge eine Relevanz,
- ▶ der Abfall wird innerhalb oder außerhalb der EU verbracht,
- ▶ es herrscht eine Umweltproblematik, v. a. bezüglich einer unsachgemäßen Verbringung und
- ▶ es herrscht ein Potenzial zur Steigerung der umweltgerechten Verbringung.

Für dieses Projekt werden daher Kunststoffe aus Gewerbeabfällen sowie aus Elektro- und Elektronikgeräten näher betrachtet. Unter die Kunststoffe aus Gewerbeabfälle fallen verschiedene Sektoren, wobei besonders Verpackungen im Gewebereich davon betroffen sind. Kunststoffe in Leichtverpackungen, die über die dualen Systeme gesammelt werden, wurden bewusst nicht vertieft betrachtet, da dieses Segment bereits gut abgebildet wird und detaillierte Informationen über den Verbleib dieses Kunststoffabfalls vorliegen; somit wird dieses Segment nicht als besonders problematisch angesehen.

5.2 Kunststoffe aus Gewerbeabfällen

In diesem Kapitel werden Kunststoffe aus Gewerbeabfällen betrachtet, welche in der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)³⁵ als gewerbliche Siedlungsabfälle definiert sind. Dieses umfasst:

- ▶ Siedlungsabfälle, welche nicht aus privaten Haushaltungen stammen, und in Kapitel 20 der AVV aufgeführt sind, d. h. insbesondere gewerbliche und industrielle Abfälle und Abfälle aus privaten und öffentlichen Einrichtungen, und
- ▶ weitere nicht in Kapitel 20 der AVV genannte gewerbliche und industrielle Abfälle, die nach „Art, Zusammensetzung, Schadstoffgehalt und Reaktionsverhalten Abfällen aus privaten Haushalten vergleichbar sind“ (§ 2 Abs. 1 GewAbfV), wie zum Beispiel nicht-infektiöse Krankenhausabfälle.

Des Weiteren gilt die GewAbfV für bestimmte Bau- und Abbruchabfälle, welche in dieser Studie nicht betrachtet werden, da sie nur einen geringen Anteil an Kunststoffen beinhalten.

5.2.1 Markt- und Exportstruktur

In der Abfallbilanz des statistischen Bundesamts wird die Menge an Gewerbeabfällen nicht dezidiert erfasst. Stattdessen werden die Mengen an *Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen*, welche gemeinsam über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt werden, *hausmüllähnliche Gewerbeabfälle*, welche getrennt erfasst werden, und *übrige Abfälle*,

³⁵ Gewerbeabfallverordnung vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 896), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 28. April 2022 (BGBl. I S. 700) geändert worden ist, https://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/ (20.02.2023)

insbesondere aus Produktion und Gewerbe, erfasst. Erstere Fraktion enthält demnach nicht nur Gewerbeabfälle, sondern auch Abfälle aus Privathaushalten. Jedoch machten 2020 in Deutschland allein die *übrigen Abfälle* mit den *Abfällen aus Produktion und Gewerbe* knapp 12 % des Gesamtabfalls aus (Destatis 2022b).

Die GewAbfV gibt eine Getrennthaltung der Abfälle vor. Daher gibt es nach § 3 GewAbfV Fraktionen an getrennt erfassten Kunststoffen. Wie hoch der Anteil an getrennt erfassten Kunststoffen ist, ist davon abhängig, wie bei Abfallerzeugern die Mitarbeitenden entsprechend geschult und eine getrennte Abfallsammlung durchgeführt wird. Getrennt erfasste Kunststoffe können i. d. R. besser wiederverwendet, bzw. recycelt werden, da sie separat vermarktet werden können.

Nur in begründeten Ausnahmefällen ist eine Gemischtsammlung von Abfällen zulässig und an eine verpflichtende Sortierung, also eine Vorbehandlung geknüpft. Gemischte Gewerbeabfälle müssen in Deutschland nach GewAbfV von Vorbehandlungsanlagen zu mindestens 85 % sortiert und zu mindestens 30 % recycelt werden. Dafür werden u. a. Aggregate zur Ausbringung von Kunststoff vorgeschrieben. Die Sortierquote zwar mehrheitlich eingehalten, die Recyclingquote mit im Durchschnitt weniger als 10 %, bezogen auf den Input des Recyclingprozesses, jedoch meistens unterschritten (Knappe et al. 2023). Dies bestätigen auch Kontrollen der Behörden in Baden-Württemberg in den Jahren 2018 bis 2020 (Euwid 2022e). Die geringe Recyclingquote liegt zum Teil darin begründet, dass das Recyclingpotenzial aufgrund von Querverschmutzung grundsätzlich schlechter ist als getrennt gesammelte Fraktionen. Der überwiegende Teil der Abfallgemische wird zu Ersatzbrennstoffen verarbeitet (34 Massen-%) oder wird als Sortierrest bzw. als nicht sortierfähig für die energetische Verwertung ausgeschleust (30 Massen-%). Rund 18 Massen-% werden tatsächlich einem Recycling zugeführt (Knappe et al. 2023). Auch enthalten die Gemische viele Verbunde, welche schwer zu recyceln sind. Während der Pandemie kam es zudem zu einem Mengenwegfall in den gewerblichen Bereichen (z. B. durch Schließen von Gaststätten und Restaurants). Ein Nichterfüllen der Quoten bedeutet jedoch keine Ordnungswidrigkeit. Dies führt in der Praxis dazu, dass nur solche Kunststofffraktionen zur Verwertung abgetrennt werden, durch welche ein technischer oder finanzieller Vorteil zu erzielen ist (Information aus den Interviews). Tiefergehende Sortierungen der Abfallgemische sind derzeit nicht wirtschaftlich. Dies bedeutet, dass (i) entweder ein positiver Marktwert durch die Fraktion zu erzielen ist bzw. die Kosten für die stoffliche Verwertung geringer sind als für den alternativen Entsorgungsweg der energetischen Verwertung in Form von EBS oder (ii) aber die Fraktion eine weitere Sortierung bzw. Verwertung stört. Beispiele dafür sind im nächsten Kapitel dargelegt. Es führt folglich dazu, dass weniger Kunststoffabfälle recycelt werden, als technisch eigentlich möglich wäre.

5.2.1.1 Sortierung gemischter Gewerbeabfälle

Der Anteil der Kunststoffe in Gewerbeabfällen beträgt 26-28 %, wovon 42-60 % potenziell stofflich verwertbar sind (Knappe et al. 2023). Sortiert werden jedoch nur 7 % der Kunststoffe, wodurch Ressourcen verloren gehen. Die restlichen Kunststoffe verbleiben in den Mischfraktionen und werden meist thermisch verwertet oder beseitigt (Knappe et al. 2023). In der Regel werden aus dem gemischten Abfallstrom maximal drei Kunststofffraktionen heraussortiert:

- ▶ Folien,
- ▶ Hartkunststoffe (Eimer- und Kanister-Fraktion) und
- ▶ Polyolefine.

Folien werden hauptsächlich aussortiert, da sie, wie zuvor beschrieben, den weiteren Ablauf der Sortierung durch Verwicklung in den Maschinen stören könnten. Laut befragter Expert*innen enthalten gewerbliche und industrielle gemischtgesammelte Abfälle deutlich weniger Folien als Abfälle aus privaten und öffentlichen Einrichtungen, bei welchen der Anteil bei 15-20 % liegt. Polyolefine sind häufig die mengenmäßig größte Fraktion und werden meist mit NIR sortiert. Als Hartkunststoffe werden Eimer und Kanister händisch positiv aussortiert, sie stellen die hochwertigste Kunststofffraktion dar, da sie als große, ausschließlich aus Polyolefinen bestehende Fraktion leicht zu recyceln sind. Zusätzlich wird oft PVC aus der EBS-Fraktion herausortiert, da dies bei der thermischen Verwertung aufgrund der Entstehung von giftigen Stoffen wie Dioxinen Probleme bereitet (Informationen aus den Interviews).

Die Sortierfraktionen sind stark abhängig von der Marktsituation. Je höher die Preise für die Rezyklate, bzw. sortenreine Altkunststoffe, desto mehr wird von den Anlagen sortiert. Momentan (Juli 2022) sind die Preise sehr hoch, so liegt der Preis für gewerbliche Folien (LDPE Folien in der Qualität 98/2) aktuell bei 700 €/t, vor zwei Jahren lag dieser noch bei 150-200 €/t (Information aus den Interviews von 2022). Dies zeigt sich auch für bunte Folien: liegt der Preis hoch genug, werden diese ebenfalls sortiert und vermarktet, ansonsten werden sie zur Heizwerterhöhung der EBS-Fraktion beigemischt.

Laut befragter Expert*innen wird auch die Ausweitung des Brennstoffemissionshandels auf Abfälle die Sortier- bzw. die Recyclingquoten erhöhen, da die Entsorgung über thermische Verwertung damit finanziell unattraktiver wird.

5.2.1.2 Vermarktung von Kunststoffabfällen in verschiedenen Sortierfraktionen

Kunststoffe, die nicht in einer reinen Kunststofffraktion aussortiert werden, werden oft, im In- und Ausland, zu Ersatzbrennstoffen (EBS) verschiedener Qualität aufbereitet (nieder-, mittel- und hochkalorische Fraktion). Werden die nicht aussortierten Kunststoffabfälle exportiert, werden sie dem Eintrag EU48 bzw. Y48 oder den nicht gelisteten Abfällen zugeordnet und sind dementsprechend notifizierungspflichtig. Die Unterscheidung zwischen EU48/Y48 und gemischten Abfällen mit Kunststoffanteil ist dabei oft unklar. Laut eines Expert*inneninterviews gibt es Maklerstrukturen, welche anbieten, diese Fraktion falsch deklariert zu exportieren, d. h., über die Grüne Liste (z. B. zur Verwertung organischer Stoffe als 191204, Kunststoff und Gummi aus der Abfallbehandlung).

Kunststoffabfälle zur Aufbereitung als EBS werden Sammlern und Recyclern zufolge momentan weniger exportiert als vor zwei Jahren, da die innerdeutsche Nachfrage gestiegen ist und genügend Anlagen zur Aufbereitung vorhanden sind (Information aus den Interviews). Wie in Kapitel 3.2.2 geschildert ist die Nachfrage laut Interviews aufgrund von Fernwärme oft abhängig von den Jahreszeiten, d. h., sie steigt im Herbst und Winter. Die Unternehmen sind bestrebt, so wenig wie möglich gemischte Abfälle in Müllverbrennungsanlagen (MVAs) zu verbrennen, sondern so viel wie möglich hochwertige EBS-Fractionen herzustellen. EBS sind i. d. R. Zuzahlfraktionen, jedoch sinkt der Preis für die Entsorgung mit steigendem Brennwert. Die Preise liegen je nach Qualität bei 10-115 €/t, die die Entsorger an die Anlagen zahlen müssen. Die Verbrennung in MVAs kostet die Entsorger über 140 €/t (Stand Juni 2022, Einschätzung eines Entsorgungsfachexperten).

Die sortierten Fraktionen können ohne Notifizierung exportiert werden, wenn der Störstoffanteil weniger als 2 % bzw. 6 % beträgt (s. Kapitel 4.6 und Europäische Kommission (2021)). Um den Störstoffanteil zu bestimmen, werden von den beteiligten Akteuren (Sortierer, Händler, Recycler) visuelle Kontrollen durchgeführt. Hauptsächlich findet eine Reklamation statt, wenn Störstoffe direkt sichtbar sind. Ballen werden dafür nur selten geöffnet, wobei jeder Betrieb sein eigenes Vorgehen hat. Zur genaueren Überprüfung werden repräsentative Ballen

ausgewählt, eine Probe von 80-100 kg entnommen und händisch mit Unterstützung von NIR-Technik kontrolliert (Gerke et al. 2023). Laut Aussagen der befragten Expert*innen sorgen die Störstoffquoten außerdem für einen verringerten Export von Kunststoffabfällen. Momentan (Stand 2022) werden Hartkunststoffe, PO und Folien zudem weniger als in den letzten Jahren exportiert (s. Kapitel 4.2), da es im Moment für diese Fraktionen genügend Kapazitäten und Nachfrage gibt.

Ob die Kunststoffabfälle in Deutschland bleiben oder exportiert werden, ist ebenfalls eine Kosten- und Kapazitätsfrage. I. d. R. werden die Abfälle exportiert, wenn die Kapazitäten zur Aufbereitung in Deutschland ausgeschöpft sind und/oder die Aufbereitung im Ausland günstiger ist.

Produktionsabfälle, d. h. Kunststoffabfälle, die bei der Produktion von Kunststoffen anfallen, gehören eigentlich nicht zur betrachteten Gruppe, welche zu Beginn definiert wurde (Kapitel 5.2). Bei Produktionsabfällen ist die Tendenz einer kontinuierlichen Reduzierung und zur werkstofflichen Verwertung zu beobachten. Dies liegt zum einen an immer besser eingestellten Maschinen, sodass weniger Stanzabfälle, etc. entstehen. Ein weiterer Grund ist die direkte Verwertung von Ausschuss oder anderen Resten im selben Prozess, sodass erst gar keine Abfälle entstehen. Ein Treiber ist auch der hohe Kostendruck. Nach groben Schätzungen der befragten Expert*innen werden momentan 80-90 % der anfallenden Materialien in den Unternehmen wiederverwendet. Beispiele für Produkte, deren kunststoffhaltige Ausschüsse sehr gut wiederverwendet werden können, sind Stoßstangen von Kfz (noch nicht lackiert), Kleiderbügel, Umverpackungen und PC-Displays. Beflockte Displays und Medizinverpackungen hingegen werden i. d. R. entsorgt. Das Recycling von Multilayer-Materialien ist sehr aufwändig und damit kostenintensiv, jedoch der Meinung von Expert*innen nach teils sogar bei Materialien mit sieben Schichten möglich. Durch den hohen Preis der bei der Aufbereitung dieser Materialien zu Rezyklaten (2,5-3 €/t) werden diese Materialien weniger recycelt.

5.2.2 Handelswege bis zum Letztempfänger

Vor 2017 wurden laut Expert*inneninterviews viele Kunststoffe aus Gewerbeabfällen nach China exportiert, häufig auch in schlechter Qualität, d. h. z. B. nicht komplett entleerte Verpackungen/Säcke/Folien. Inzwischen ist der Qualitätsanspruch in China und in anderen Importstaaten stark gestiegen, wodurch kaum noch nach China und andere südostasiatische Staaten exportiert wird (s. Kapitel 4.2). Einige Unternehmen exportieren mittlerweile ausschließlich in EU-Länder. Durch die geltende Regulierung auf europäischer Ebene kann direkt auf die bessere Verwertung dieser Kunststoffabfälle eingewirkt werden. Darüber hinaus wird, wie zuvor erwähnt, auf europäischer Ebene zurzeit im Rahmen der Novelle der VVA über ein Exportverbot aller Kunststoffabfälle in Länder außerhalb der EU diskutiert (Euwid 2023).

Die Kunststoffe als Teil des gemischten gewerblichen Siedlungsabfalls werden meist in Deutschland in Vorbehandlungsanlagen sortiert. Anschließend werden sie direkt oder über Zwischenhändler an Recyclinganlagen weitergegeben. Die kunststoffverarbeitenden Anlagen befinden sich sowohl in Deutschland als auch im EU- und nicht-EU-Ausland. Die Übersicht der Länder, in die Deutschland Kunststoffabfälle exportiert hat, sind in Kapitel 4.2 dargestellt. Da die Kunststoffabfälle aus der haushaltsnahen Sammlung der dualen Systeme außerhalb der EU nur in die Türkei, die Schweiz und Serbien exportiert werden (ZSVR 2020), stammen die restlichen Kunststoffe aus anderen Quellen, wie z. B. die hier betrachteten gewerblichen Siedlungsabfälle.

Wie berichtet wurde, werden die Fraktion der Hartkunststoffe und der Polyolefinfraktion oft direkt von den Sortieranlagen innerhalb von Deutschland oder den Nachbarländern vermarktet, da es dort zurzeit eine große Nachfrage dafür gibt. Die Folienfraktion wird von Sortieranlagen in

kleineren Unternehmen meist Händlern übergeben, die sie nach bestimmten Spezifikationen einschätzen und weitervermarkten. Dies dient der Bündelung der Mengen zur besseren Vermarktbarkeit, bedeutet aber auch einen Kontrollverlust des Unternehmens über den Verbleib dieser Kunststoffabfallfraktion. Wichtig für Preise und Vermarktungswege ist zum Beispiel der Anteil der bunten im Vergleich zu farblosen Folien und der Grad der Verschmutzung, wie in Kapitel 3.2.2 dargestellt. Sortenreine Folien erhalten ebenfalls höhere Preise. Sie werden, soweit sie nahezu frei von Verunreinigungen sind und damit unter die Grüne Liste fallen, in die gesamte Welt vermarktet. Eine große Nachfrage nach Folien gibt es zum Beispiel in Ländern wie Indonesien und Vietnam, da dort das Recycling durch die geringeren Lohnkosten der händischen Sortierung rentabler sein kann (s. Kap. 3.5).

Die Vorbehandlungsanlagen müssen sich von den Abnehmern bestätigen lassen, wie ihre Abfälle verwertet werden und darauf basierend ihre Recyclingquote berechnen. Ebenso muss für die Umweltbehörden eine jährliche Abfallbilanz erstellt werden, sowohl von den Sortieranlagen als auch von den Händlern und Verwertungsanlagen. In dieser Bilanz müssen In- und Outputströme sowie die direkten Abnehmer genannt werden. Werden die Abfälle an Händler weitergegeben, können die Sortieranlagen, aufgrund von Geschäftsgeheimnissen, i. d. R. keine Informationen über den weiteren Verbleib der Abfälle erhalten. Wie berichtet wurde, gibt es jedoch auch Unternehmen, die nur mit Händlern zusammenarbeiten, die die Anlagen angeben, in welche sie die Abfälle weiterleiten. Dadurch erhöht sich die Nachverfolgbarkeit der Abfälle und verringert damit das Risiko der unsachgemäßen Verbringung. Bei Verpackungen im Rahmen des dualen Systems hingegen ist eine Angabe des Letztempfängers bzw. der Recyclinganlage immer verpflichtend.

Neben den aussortierten Kunststofffraktionen für das Recycling wird innerhalb der EU auch kunststoffhaltiger EBS gehandelt und verbracht. Dieser muss dafür offiziell notifiziert werden. EBS wird, wenn er exportiert wird, momentan weniger als bisher nach Polen verbracht, da das Land weitestgehend auf Abfallimporte verzichten möchte (Stand Juni 2022, Einschätzung von befragten Expert*innen). Stattdessen wird laut Interviews nun mehr nach Tschechien exportiert, wo die Notifizierung einfacher zu erlangen ist. Expert*inneninformationen nach verbleibt aufgrund des Aufwands bei der Notifizierung ein großer Teil des EBS innerhalb von Deutschland. Es gibt allerdings auch Berichte über illegale Deponierungen in Deutschland bzw. illegale Exporte in umliegende Länder, wie Polen, und dortige illegale Deponierungen (Euwid 2021). In Einzelfällen konnten auch deutsche Unternehmen als ursprüngliche Quelle der Abfälle identifiziert werden (Euwid 2021).

5.2.3 Verwertungsart beim Letztempfänger

Bei der Verwertungsart muss zwischen den in den Vorbehandlungsanlagen sortierten Kunststofffraktionen (Hartkunststoffe, PO, Folien) und gemischten Kunststoffabfällen unterschieden werden.

Sortierte Kunststoffe werden in Recyclinganlagen weiter aufbereitet, d. h. zum Beispiel in weitere Fraktionen aufgetrennt (Auftrennung von PO nach PE und PP), nach Farben sortiert, oder bestimmte Kunststoffe nach Negativkriterien aussortiert. Nach Aufbereitung werden sie als Rezyklate an die Kunststoffindustrie zur Wiederverwendung in Kunststoffprodukten verkauft und fallen somit nach § 5 KrWG nicht mehr unter das Abfallrecht. Je nach Qualität der Rezyklate findet dabei auch Re-Importe statt. Rezyklate niedrigerer Qualitäten verbleiben laut den befragten Expert*innen jedoch häufig in den ursprünglichen Ländern, da sie dort einen leichteren Marktzugang haben.

Gemischte Kunststoffabfälle werden, je nach Qualität, als EBS u. a. in Zementwerken, Papierfabriken und Braunkohlekraftwerken energetisch verwertet oder in MVAs verbrannt.

Des Weiteren besteht bei allen Fraktionen die Gefahr der fehlenden umweltgerechten Verwertung, auch wenn sich diese bei den werthaltigen Fraktionen hauptsächlich auf die Aufbereitungsreste bezieht. Aufgrund der hohen Entsorgungskosten der EBS im Vergleich zu den möglichen Erlösen durch sortenreine Rezyklate besteht vor allem bei gemischten Abfällen der Anreiz zur illegalen Verbringung bzw. nicht-umweltgerechten Verwertung. Jedoch wurden in der Vergangenheit auch z. B. landwirtschaftliche Folien aufgrund der notwendigen Zuzahlungen illegal deponiert (Billig 2022). Innerhalb der EU erschien besonders Polen in der Vergangenheit von illegalen Deponierungen betroffen gewesen zu sein (Euwid 2021). Seit September 2022 werden jedoch in Polen illegale Exporte stärker bestraft (Euwid 2022c), des Weiteren findet mittlerweile ein regelmäßiger Austausch der deutschen und polnischen Umweltbehörden statt (Euwid 2022d). Wie in Kapitel 6.1 geschildert findet in Polen seit Februar 2022 auch eine Nachverfolgung von bestimmten Abfalltransporten mit GPS-Trackern statt (Euwid 2022g).

Insgesamt sind die Zahlen der als illegal registrierten Abfallverbringungen allerdings als eher gering im Vergleich zu den verbrachten Mengen einzuschätzen, wie in Kapitel 4.8 mit den veröffentlichten Zahlen des Umweltbundesamts dargelegt ist.

5.2.4 Hemmnisse für die umweltgerechte Verwertung

Innerhalb dieser Studie wurden folgende Hemmnisse für die umweltgerechte Verwertung von Kunststoffen aus Gewerbeabfällen identifiziert:

6. Gewerbeabfälle werden i. d. R. nicht ausreichend vorsortiert oder getrennt gesammelt. Dies erschwert das Recycling und erniedrigt damit die Wahrscheinlichkeit, dass die Abfälle in eine Recyclinganlage gelangen.
7. Infolge fehlender Nachfrage nach bestimmten Sortierfraktionen, können diese nicht vermarktet werden. Die Entsorgung nicht vermarktungsfähiger bzw. nicht einfach zu recycelnder Kunststoffe oder gemischter kunststoffhaltiger Abfälle ist teurer, da mit ihnen keine Erlöse aus Rezyklaten erzielt werden können.
8. Veränderungen der Abfallpreise können insbesondere bei wirtschaftlich schwachen Unternehmen zu wirtschaftlichen Zwängen führen. Dann steigt das Risiko der illegalen Entsorgung.
9. Es gibt keine ausreichende, bzw. funktionierende flächendeckende und zentralgesteuerte Überwachung. Kontrollen finden je nach Vollzugslage in den einzelnen Bundesländern stichprobenartig, z. B. im Rahmen von Betriebskontrollen statt. Ohne eine einheitlich zwischen den Bundesländern abgestimmte und weitgehend flächendeckende Überwachung kann nicht in jedem Fall sichergestellt werden, ob eine umweltgerechte Verwertung stattgefunden hat, um das Risiko einer illegalen Verwertung einzudämmen.³⁶
10. Illegale Verbringung von Abfällen ist ein lukratives Geschäftsmodell (Interpol 2022) und wird nur gering bestraft. Vorhandene kriminelle Strukturen nutzen dies aus.
11. Teilweise herrscht Unsicherheit oder Unwissenheit über die richtige Deklaration und Verbringung der Abfälle und deren umweltgerechte Verwertung.

³⁶ Beispiel, wie diese aussehen könnte gibt die Überwachung der Ströme über die ZSVR für den Bereich der LVP nach VerpackG.

5.3 Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikgeräten

5.3.1 Marktstruktur

Rund acht Prozent des gesamten Kunststoffverbrauches in Deutschland im Jahr 2019 entfielen auf den Sektor Elektro/Elektronik (rd. 940 kt von 12.130 kt, Conversio 2020). Elektro- und Elektronikgeräte beinhalten je nach Produktgruppe unterschiedliche Kunststoffarten und weisen unterschiedliche Anteile aus (siehe unten). Da sich dieses Projekt auf Elektro- und Elektronikaltgeräte bezieht, beziehen sich die Betrachtungen im Folgenden auf Daten am Lebensende der Produkte („end-of-life“).

In Deutschland lag die Sammelquote für Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG) im Jahr 2019 bei 44,1 % (UBA 2022b). Weltweit werden pro Jahr 9.300 kt (17,4 %) Elektroschrott von Abfallstatistiken erfasst und sachgemäß recycelt, während rund 44.300 kt (82,3 %) weder erfasst noch einem sachgemäßen Recycling zugeführt werden (siehe Abschnitt 5.3.4) (Forti et al. 2019). Das heißt, dass sowohl dessen Verbleib als auch die Umweltauswirkungen regional stark variieren (ebd.). Ein sachgemäßes Recycling würde eine verantwortungsvolle Sammlung (ohne Vorbehandlungen) und Transport, sowie eine sachgemäße und sichere Schadstoffentfrachtung (engl. de-pollution,) und Zerlegung bzw. Zerkleinerung (siehe jeweils Abschnitt 5.3.4) beinhalten.

Der Kunststoffanteil von Elektro- und Elektronikgeräten variiert je nach Produktgruppe und auch innerhalb der Produktgruppen. Im Durchschnitt über alle Elektroaltgeräte beträgt der Kunststoffanteil etwa 25 % (Haarman et al. 2020). Die höchsten Anteile an Kunststoffen sind in den Kategorien nach EU-Richtlinie 2012/19/EU mit der Nummer 2 (Bildschirme, Monitore und Geräte einschließlich Bildschirme mit einer Fläche von mehr als 100 cm²), Nummer 4 Großgeräte (mit mindestens einer Außenabmessung von mehr als 50 cm) und Nummer 5 (Kleingeräte mit Außenmaßen bis zu 50 cm) zu finden. Nach Potrykus et al. (2024) sind die wichtigsten Polymere in Elektroaltgeräten folgende:

- ▶ Polypropylen (PP),
- ▶ Linear-Low-Density-Polyethylen (LLDPE),
- ▶ Low-Density-Polyethylen (LDPE),
- ▶ Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS), Acrylnitril-Styrol-Acrylat (ASA), Styrol-Acrylnitril-Copolymer (SAN),
- ▶ Polyamide (PA),
- ▶ Polystyrol (PS),
- ▶ Polyurethane (PUR),
- ▶ High-Density-Polyethylen (HDPE),
- ▶ Polyvinylchlorid (PVC),
- ▶ Polyethylenterephthalat (PET).

Diese machen nach Potrykus et al. (2024) rund zwei Drittel (~68,5 %) der in EAG verwendeten Kunststoffe aus. Aus Umweltsicht liegt dabei mit Blick auf Schadstoffe ein besonderes Augenmerk bei sogenannten bromierten Additiven, die in Elektro- und Elektronikgeräten als Flammenschutzhemmer für Kunststoffteile verwendet werden, die besonders hitzebeständig sein

sollen (engl. bromiated flame retardants, BFR). Weltweit werden rund 71 kt bromierte Kunststoffteile unsachgemäß recycelt (Forti et al. 2019). Bei einer unkontrollierten Verbrennung von BFR-Kunststoffen werden persistente organische Schadstoffe (engl. Persistent Organic Pollutants, POPs) frei, weshalb die Stockholm Konvention (siehe UNEP 2019) vorschreibt, diese getrennt zu behandeln und aus den Recyclingströmen auszuschleusen. Generell liegt der Anteil an Kunststoffrezyklaten nach Potrykus et al. (2024) in Elektro- und Elektronikaltgeräten an der gesamten eingesetzten Kunststoffmenge bei 3,2 % (29 kt), wohingegen 96,8 % aus Kunststoffneuware besteht.

5.3.2 Erfassung, Entsorgung und Behandlung von Elektroaltgeräten

Die Erfassung von Elektro- und Elektronikaltgeräten aus privater Sammlung erfolgt in Deutschland über die Sammlung durch die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (z. B. auf kommunalen Recyclinghöfen), die Rücknahme im Handel sowie die freiwillige Rücknahme durch Hersteller und Erstbehandlungsanlagen für EAG. Für Altgeräte aus anderen Herkunftsbereichen als privaten Haushalten müssen Hersteller eine Rückgabemöglichkeit anbieten oder die Endnutzer müssen bei Nichtnutzung dieser Rückgabemöglichkeit die Altgeräte selbst über zertifizierte Erstbehandlungsanlagen der Entsorgung zuführen.

Alle auf diesen Wegen ordnungsgemäß erfassten Altgeräte müssen vor der Durchführung weiterer Verwertungs- oder Beseitigungsmaßnahmen einer Erstbehandlung in einer zertifizierten Erstbehandlungsanlage zugeführt werden. Bei der Erstbehandlung sind im Rahmen der Schadstoffentfrachtung und Wertstoffseparierung die festgelegten Anforderungen an die Behandlung von EAG gemäß der Verordnung über Anforderungen an die Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (Elektro- und Elektronik-Altgeräte-Behandlungsverordnung, EAG-BehandV) zu erfüllen. Des Weiteren legt das ElektroG in § 22 Verwertungsziele (Quoten) für die Altgeräte je Kategorie fest.³⁷

Abbildung 10: Vereinfachte generische Entsorgungskette für Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG)



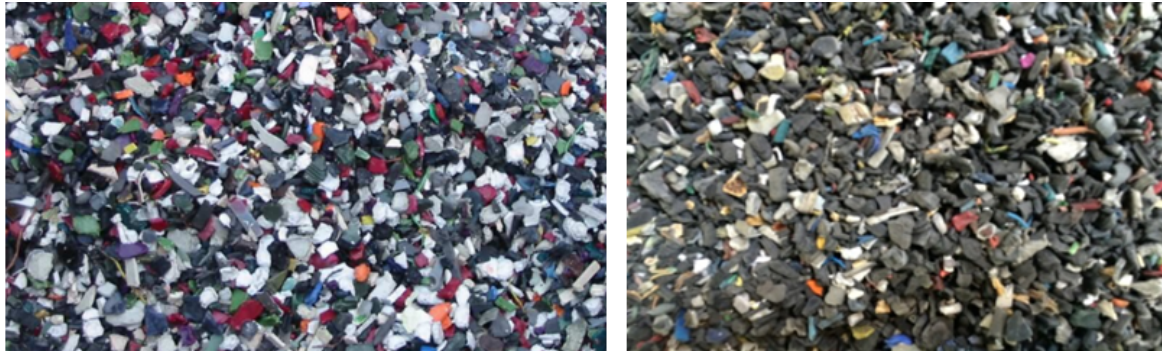
Quelle: Eigene Darstellung, Öko-Institut

Abbildung 10 zeigt eine generische Entsorgungskette von EAG für Deutschland. Nach einer Prüfung, ob die Geräte für die Vorbereitung zur Wiederverwendung geeignet sind, werden die verbleibenden Altgeräte soweit möglich in einem ersten Schritt von Schadstoffen entfrachtet. Die Entnahme von schadstoffhaltigen Bauteilen, Gemischen und Stoffen hat dabei vor bzw. nach der mechanischen Zerkleinerung stattzufinden – betrifft z. B. Entnahme von Batterien, quecksilberhaltigen Bauteilen und/oder Kunststoffen, die bromierte Flammschutzmittel enthalten (vgl. §§ 3 ff. EAG-BehandV. So kann die Schadstoffentfrachtung teilweise auch erst im nachfolgenden Schritt der Sortierungsverfahren nach Materialfraktion vorgenommen werden (z. B. Schwimm/Sinkprozess zur Abscheidung von BFR-Kunststoffen). Im letzten Schritt werden

³⁷ Dies ist eine vereinfachte Darstellung. Die genauen Regelungen ergeben sich aus §20, § 21 und §22 ElektroG sowie der EAG-BehandV.

die sortierten Fraktionen (z. B. Nicht-Eisenmetalle, Eisenmetalle, verschiedene Kunststoffe) einem möglichen Recycling oder der sonstigen, v. a. energetischen, Verwertung zugeführt.

Abbildung 11: Typische gemischte Kunststofffraktion aus Elektro- und Elektronikgeräten (EAG)



Quelle: Öko-Institut e.V.

Typischerweise werden aus Elektro- und Elektronikgeräten in Deutschland sog. gemischte Kunststofffraktionen wiedergewonnen (siehe Abbildung 11). Die detaillierten Vorgaben der Behandlung von Kunststoffen sind in § 3 Abs. 2 Nr. 5 EAG-BehandV geregelt und beschrieben.

5.3.3 Handelswege bis zum Letztempfänger

Die Handelswege von EAG in Deutschland bis zum Letztempfänger unterscheiden sich je nach Verbleib der Geräte. Wie in Abschnitt 5.3.1 dargelegt, wird ein Anteil von weniger als 45 % der EAG in Deutschland über offizielle Statistiken erfasst und sachgerecht behandelt. Darüber hinaus ist der Verbleib der restlichen gut 55 % EAG teils unsicher. So verbleibt einer aktuellen Umfrage zufolge ein signifikanter Anteil der Altgeräte nach wie vor auch nach der Nutzung noch über eine längere Zeit in den privaten Haushalten (Bitkom 2022). Weiterhin werden ca. 1 kg Altgeräte je Einwohner pro Jahr im Restabfall entgegen den Vorgaben des ElektroG falsch entsorgt (entspricht mind. 80.000 t im Jahr; entspricht 8 % der EAG-Sammelmenge im Jahr 2020) (Dornbusch et al. 2020).

Ein weiterer Anteil wird jedoch, aufgrund des restlichen Gebrauchswerts von Elektro- und Elektronikgeräten (siehe Kapitel 4.5, Push- und Pull-Faktoren) sowie den daraus resultierenden Ersatzteilen in Länder mit niedrigen und mittleren Einkommen, exportiert. Gemäß UNU (2015) waren rund 70 % der nicht dokumentierten, gemischten Exporte von EAG aus der EU noch funktionstüchtig, während nur rund 30 % (rund 400 kt) als Abfall zu deklarieren wären. Darüber hinaus werden innerhalb der EU vergleichsweise sehr große Mengen (2015: 4.700 kt) von EAG illegal über die Landesgrenzen verbracht (UNU 2015). Die Zahl von 4.700 kt stellt immerhin rund 9 % des weltweit jährlich anfallenden Elektroschrottes dar.

In jedem Fall ist jedoch zu betonen, dass die Zielländer von Exporten in den meisten Fällen nicht über eine sachgerechte Abfallsammlungs- und Entsorgungsinfrastruktur verfügen, so dass sogenannte „informelle“ Behandlungs- und Recyclingaktivitäten meistens zu starken Umweltverschmutzungen führen. Dies gilt unabhängig davon, ob (zumindest teilweise) noch funktionierende Elektro- und Elektronikgeräte auf der Grundlage des Produktstatus den Weg in Länder des globalen Südens finden (teilweise direkt aus Deutschland, teilweise über Zwischenstopps innerhalb der EU) oder defekte Geräte, die in der Regel als Altgeräte einzustufen sind, illegal exportiert werden. Ein Schwerpunkt der Zielregionen liegt hier auf Westafrika mit Ländern wie beispielsweise Nigeria und Ghana.

Abgesehen vom Export unzerlegter EAG sind an dieser Stelle auch Kunststofffraktionen zu erwähnen, die bereits im Inland bei der Behandlung von EAG gewonnen wurden (vgl. auch Abschnitt 5.3.4). In der Regel werden die resultierenden Mischkunststofffraktionen in Deutschland hinsichtlich bestimmter „Zielkunststoffe“ (z. B. ABS/HIPS³⁸) so aufbereitet, dass diese als Recyclingkunststoffe wieder in Neugeräten (z. B. Kaffeemaschinen) eingesetzt werden können. Gemäß Interviews mit Industrievertreter*innen werden aussortierte Kunststoffe, die auf den Zwischenstufen als Abfall zu deklarieren sind, im Inland verbracht (v. a. in der heimischen Zementindustrie als alternativer Brennstoff). Dennoch ist nicht auszuschließen, dass Mischfraktionen (offiziell im Rahmen einer Notifizierung gemäß Basler Übereinkommen) auch exportiert werden. Gemäß Berichten in Interviews waren derartige internationalen Ströme vor allem vor dem chinesischen Plastikimportstopp im Jahre 2017 zu verzeichnen, die sich dann in Richtung Malaysia verlagert haben sollen. Eine vergleichende Mengenanalyse aus Exporten aus Deutschland und Importen beispielsweise nach Malaysia kann an dieser Stelle jedoch nicht vorgenommen werden und bleibt ein hochaktuelles Forschungsdesiderat.

5.3.4 Verwertungsart beim Letztempfänger

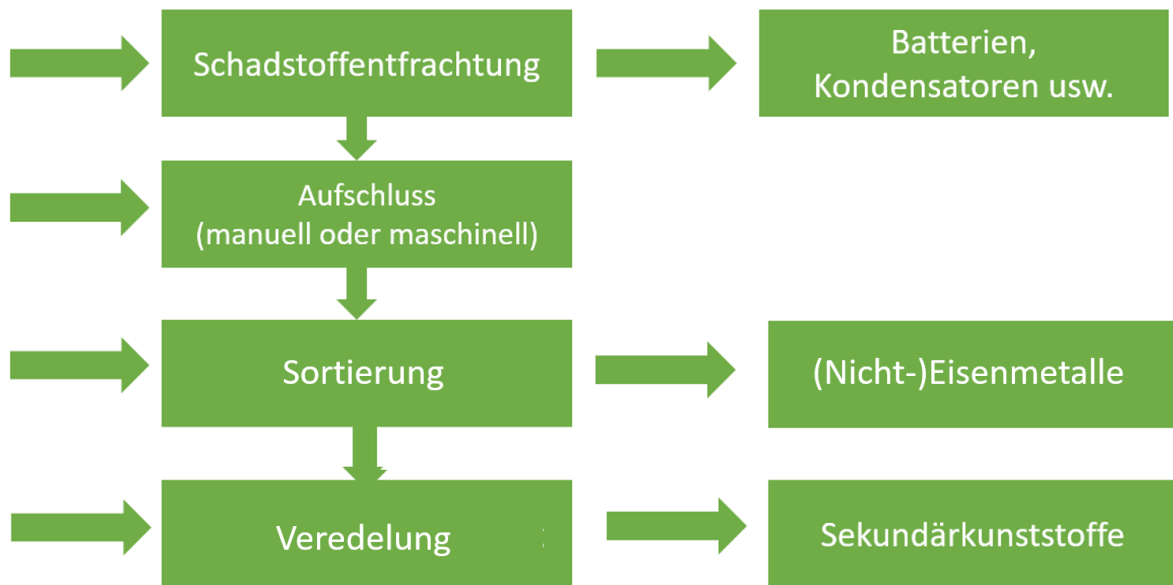
An dieser Stelle muss unterschieden werden, ob die Elektro- und Elektronikaltgeräte im Inland sachgemäß behandelt und die erzielten Fraktionen recycelt werden, oder ob sie in Drittstaaten ohne existierende oder nicht hinreichend operationalisierte Abfallinfrastruktur verwertet werden. Beide Optionen werden hier als Extremszenarien verglichen, wobei klar ist, dass in der Realität zahlreiche Möglichkeiten zwischen den beiden Optionen existieren.

Option 1: Verwertung im Inland

Erstbehandlungs- und ggf. Folgebehandlungsanlagen für EAG, die innerhalb der EU gemäß Anforderungen der WEEE-Richtlinie operieren und auditiert werden, verfolgen in der Regel einen vierstufigen Ansatz zur Gewinnung einer Kunststofffraktion aus den Altgeräten (Abbildung 12): (1) Schadstoffentfrachtung (engl. de-pollution; typischerweise Batterien etc.), (2) Mechanische Zerkleinerung (Schreddern), (3) Sortiertechnologien nach der mechanischen Zerkleinerung (zur Rückgewinnung von Eisen- und Nichteisenmetallen sowie Edelmetallen), (4) dem Recycling der gewonnenen Fraktionen hin zu Sekundärkunststoffen.

38 HIPS steht für High Impact Polystyrene (hochschlagfestes Polystyrol)

Abbildung 12: Zerlegung, Schadstoffentfrachtung und Verwertung von Elektro- und Elektronikaltgeräten im Inland



Quelle: nach Slijkhuis (2020) und Potrykus et al. (2024)

Kunststoffe sind bei der Sortierung von Fraktionen aus der EAG-Behandlung in der Regel die letzte verbleibende Fraktion, die separiert wird. Sie sind dabei typischerweise Teil der „nichtmetallischen Restfraktion“. Die Sortierung erfolgt entweder durch eine Positiv- oder eine Negativsortierung. Dabei sind insbesondere folgende Verfahren zu erwähnen (Potrykus et al. (2024)):

- ▶ **Dichtentrennung:** In diesem Verfahrensschritt werden Metalle und Kunststoffarten nach materialspezifischer Dichte in sogenannten Schwimm-Sink-Anlagen getrennt. Polyolefine reichern sich beispielsweise bei einer Dichte von $1,0 \text{ g/cm}^3$ an, bromierte PS- und ABS-Kunststoffe bei einer Dichte von $1,08 \text{ g/cm}^3$ und Nichteisenmetalle bei einer Dichte von $3,0 \text{ g/cm}^3$.
- ▶ **Elektrostatik:** Bei diesem Verfahren werden Kunststoffe nach elektrostatischer Aufladung bzw. nach dem triboelektrischen Effekt getrennt. Auf diese Weise können Kunststoffe mit gleichen oder überlappenden Dichtebereichen, wie z. B. ABS und PS, voneinander getrennt werden. Außerdem lassen sich Leiter von Nichtleitern trennen.
- ▶ **Sensorbasierte Verfahren:** Je nach Sensor lassen sich Kunststoffe nach Farbe, Form, Glanz, Größe, Reflexionsspektrum, atomarer Materialdichte, Additiven oder auch Kunststofftyp sortieren.
- ▶ **Lösungsmittelverfahren:** Bei diesem Verfahren können lösliche und unlösliche Bestandteile von Zielkunststoffen abgetrennt werden.

Gemäß dieser Prozesskaskade (Potrykus et al. (2024)) können in Deutschland derzeit folgende Fraktionen aus EAG wiedergewonnen werden:

- ▶ **Schwerfraktionen:** Metalle und Kunststoffe mit einer Dichte $\geq 1,08 \text{ g/cm}^3$ (erste Dichtentrennung)
- ▶ **Polyolefine und bromarmes ABS/PS** (auf Basis der zweiten Dichtentrennung $1,0 \text{ g/cm}^3$)

► **Trennung von bromiertem ABS/PS** (auf Basis der elektrostatischen Sortierung)

Durch Recompounding bzw. Schmelzefiltration, Readditivierung und Regranulierung ergeben sich daraus dann die folgenden drei Sekundärkunststoffe:

► **Polyolefin-Recompound**

► **ABS- Recompound**

► **PS- Recompound**

Potrykus et al. (2024) berichten auch von alternativen Prozesskaskaden über XRT/Laserspektroskopie.

Option 2: Verwertung in Drittstaaten ohne formalisierte Abfall- und Recyclinginfrastruktur

Wie in Kapitel 4.5 beschrieben, werden Elektro- und Elektronik(al)tgeräte teilweise legal mit vorherigem Funktionstest über den Status als Gebraucht-/ „Second-Hand“ Produkt und teilweise soweit sie nicht durch Kontrollen aufgedeckt werden, auch ohne Funktionstest und somit illegal in Drittländer verbracht, welche über keine sachgemäße, formalisierte Recyclinginfrastruktur verfügen. Dort werden die Geräte am Ende ihres (ggf. dort stattfindendem zweiten) Lebensweges in der Regel manuell zerlegt. Aufgrund des nicht vorhandenen Materialwertes von Kunststoffteilen werden diese typischerweise nicht recycelt, sondern enden auf (illegalen/halblegalen) Deponien, im Meer oder werden unsachgemäß verbrannt.

Abbildung 13: Kunststoffrecycling aus Elektro- und Elektronikaltgeräten



Quelle: Öko-Institut (2022)

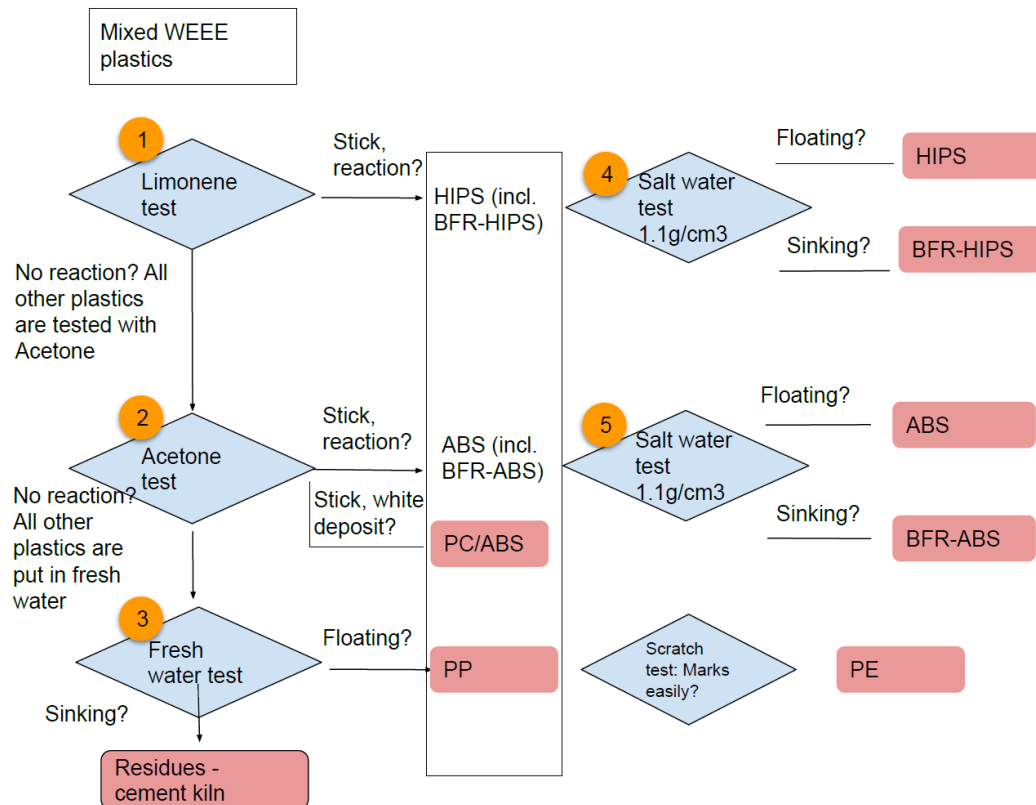
Abbildung 13 zeigt links das händische Zerlegen von Elektroaltgeräten in Benin (2022), rechts das Lebensende von Kunststofffraktionen an einem Beispiel in Nigeria.

Grund dafür ist, dass diese Länder in den meisten Fällen kein adäquates Abfallmanagement mit Erfassung und umweltgerechter Entsorgung aufweisen. Somit erleiden dorthin exportierte Elektrogeräte dieses Schicksal, einschließlich direkt in die Länder importierte Neuware und qualitätsgesicherte Gebrauchteräte. Hintergrund ist in der Regel eine unzureichende Durchsetzung von Behandlungs- und Recyclingstandards durch Behörden. Dies führt dazu, dass Betriebe, welche kostenintensive und umweltgerechte Behandlungs- und Recyclingverfahren anwenden gegenüber verschmutzenden Akteuren nicht wettbewerbsfähig sind und vor Investitionen zurückschrecken.

Option 3: Behandlungs-, Sortierungs- und Recyclingansätze in Drittländern

Eine schrittweise Weiterentwicklung der Verwertungsansätze für Kunststoffe in Drittländern, die keine ausreichende Infrastruktur für eine umweltgerechte Behandlung haben, ist entscheidend für eine schrittweise Verbesserung der Kreislaufwirtschaftsstrukturen vor Ort. Im Folgenden soll beispielhaft aufgezeigt werden, auf welche Sortierungsschritte es zunächst ankommt und wie diese vor Ort verbessert werden können. Dieser Ablauf unterscheidet sich von den oben skizzierten aufwändigen Verfahren darin, dass er mit sehr wenig Aufwand durchgeführt werden kann.

Abbildung 14: Zentrale Sortierungsschritte für Kunststoffe aus Elektro- und Elektronikaltgeräten



Quelle: Schleicher et al. (2022)

Abbildung 14 zeigt vier einfache, zentrale Sortierungsschritte zur Sortierung und Schadstoffentfrachtung von Kunststoffen aus Elektro- und Elektronikaltgeräten nach Bill (2019), nachdem Kunststoffe durch manuelles Zerlegen von anderen Materialien getrennt wurden:

1. In einem ersten Schritt kann mit handelsüblichem Limonen- oder Orangenextrakt getestet werden, ob es sich um HIPS-Kunststoffe handelt.
2. In einem zweiten Schritt kann mit handelsüblichem Aceton getestet werden, ob es sich um ABS Kunststoffe handelt.
3. Im dritten Schritt können die Kunststoffe in (ungesalzenem) Wasser auf Schwimmeigenschaften getestet werden. Sinken diese ab, sollten sie aufgrund von Bromverunreinigungen aus dem weiteren Recycling ausgeschleust werden.
4. Im vierten Schritt können HIPS-Fractionen (Schritt 1) auf bromierte Additive getestet werden, indem ein Schwimmsink-Versuch in Salzwasser (Konzentration $1,1 \text{ g/cm}^3$) durchgeführt wird. Sinken Kunststoffteile ab, sind sie mit hoher Wahrscheinlichkeit bromiert.

5. Schließlich kann der Schwimmsink-Versuch aus Schritt 4 auch mit der ABS Fraktion durchgeführt werden, um bromierte ABS Fraktionen aussortieren zu können.

Aus der Sicht der Forschungsnehmer ist es zentral für die internationale Förderung von nachhaltigem Kunststoffrecycling, derartige, angepasste, Maßnahmen in Drittländern zu etablieren. Erste Ansätze in Bezug auf Kunststoffrecycling werden in Pilotprojekten umgesetzt (vgl. Schleicher et al. 2022) Auf diese Weise kann die Verwertung von Kunststoffen inklusive der Entfrachtung von Schadstoffen schrittweise verbessert und umgesetzt werden.

5.3.5 Hemmnisse für die umweltgerechte Verwertung

Insgesamt konnten folgende Hemmnisse für eine umweltgerechte Verwertung von Kunststofffraktionen aus Elektro- und Elektronikgeräten identifiziert werden:

1. Neben dem jahrzehntelangen Ausbau der internationalen Regulierung des grenzüberschreitenden Handels mit Abfällen sind nach Aussagen aus im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Interviews die Kapazitäten zur Kontrolle durch Behörden (z. B. Zoll) massiv reduziert worden. So wurde etwa genannt, dass im Hamburger Hafen pro Tag bis zu 12.000 Container umgesetzt werden, wobei ca. fünf Personen für die Kontrolle aller Arten von kriminellen Aktivitäten (z. B. Menschenhandel, Artenschutz, Umweltkriminalität) zuständig seien.
2. In Drittländern, welche derzeit keine operationalisierte Abfallverwertungsinfrastruktur aufweisen, sind mangelnde nationale Regulierung sowie deren Umsetzung und Kontrolle ein zentrales Hemmnis für das Recycling von Kunststoffen insgesamt – und damit auch aus EAG.
3. Schließlich besteht ein zentrales Hemmnis zur Verwertung von Kunststofffraktionen aus E-Schrott darin, dass diese am Ende ihres Lebens (sofern sie in Drittstaaten unsachgemäß zerlegt wurden) keinen bzw. nur noch einen geringen Materialwert aufweisen – vor allem wenn es in diesen Ländern keine Abfallverwertungsinfrastruktur gibt (im Falle der hohen Nachfrage im EU-Inland nach Kunststofffraktionen greift dann Hemmnis 1).
4. Ein viertes Hemmnis für sachgemäßes Recycling von Kunststofffraktionen aus E-Schrott bestünde nach Aussagen von Recyclingunternehmen auch darin, dass die Nachweisführung von Schadstoffen (z. B. Brom) in Sekundärkunststoffen sowohl technisch und ökonomisch mit großen Herausforderungen verbunden ist. Während der Trend hin zu niedrigeren Grenzwerten verbunden mit gesetzlichen Nachweisanforderungen in Neuprodukten grundsätzlich Sinn macht, können diese Anforderungen umgekehrt aber auch den Wiedereinsatz von Sekundärkunststoffen gefährden.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Insgesamt wurde im Kunststoffbereich bei der Sammlung und Verwertung in Deutschland schon sehr viel erreicht. Der größte Teil der Kunststoffabfälle (ca. 94 % von insgesamt 5.670 kt im Jahr 2021, Conversio 2022) wird innerhalb Deutschlands verwertet. Mehr als die Hälfte davon wird energetisch verwertet (2.970 kt), ein großer Teil in Deutschland einem Recycling zugeführt (2.320 kt) und nur ein kleiner Anteil exportiert (820 kt). Der größte Teil dieser Exporte wird allen befragten Expert*innen nach ordnungsgemäß recycelt oder anderweitig verwertet. Genauere Erkenntnisse darüber gibt es allerdings nur für die 275 kt an Exporten aus dem dualen System. Dem stehen 524 kt an Kunststoffabfallimporten gegenüber.³⁹ Dennoch bleibt die Problematik komplex, gerade in Bezug auf die Abfallverbringung. Dieses Kapitel enthält Empfehlungen für die Akteure des Kunststoffabfallhandels, um den bestehenden Problemen zu begegnen und die Situation insgesamt zu verbessern.

6.1 Politik & Behörden

Oberstes Ziel der Politik und der Behörden ist die Durchsetzung der Abfallhierarchie und die Etablierung einer zirkulären Wirtschaft. Dazu gehört es zunächst, die gesetzlichen Grundlagen zu schaffen, die Vermeidung, Wiederverwendung (Mehrweg) von Abfällen und Reparierbarkeit von Produkten propagieren und etablieren. Beispielsweise wurde vom WWF eine Studie durchgeführt, die aufzeigt, welche Kunststoffprodukte leicht ersetzt werden könnten und die Nutzung von Kunststoffen in diesen Produkten verboten werden sollte (WWF 2023).

Darüber hinaus werden entlang der Kreislaufwirtschaft immer Abfälle entstehen, die im Rahmen der Abfallhierarchie verwertet werden sollten. Abfallerzeuger sollten verstärkt darüber informiert und aufgeklärt werden, was mit den Abfällen passiert und wie eine korrekte/ordnungsgemäße Entsorgung im Kontext des zirkulären Wirtschaftens aussieht. Ein geeignetes Instrument zur Stärkung des Bewusstseins könnten Aufklärungs- und Imagekampagnen sein.

Wenn Abfälle einen Markt in Deutschland finden, werden sie nicht exportiert, da der Export (bzgl. Aufwand und Transport) oft mit erheblichen Kosten verbunden ist. Dabei muss im Sinne der Abfallhierarchie unterschieden werden, inwiefern die Abfälle innerhalb Deutschlands zur Wiederverwendung vorbereitet, (hochwertig) recycelt oder thermisch verwertet werden. Die Stärkung der Nachfrage nach Rezyklaten kann auch die Nachfrage nach den Abfällen innerhalb Deutschlands steigern. Dafür benötigt es gezielte ökonomische und steuernde Instrumente, um die Recyclingfähigkeit und das Recycling allgemein zu fördern. Zusätzlich kann der Markt für Rezyklate durch gezielte öffentliche Beschaffung und Rezyklateinsatzquoten verstärkt werden, wie zum Beispiel im Projekt „Prüfung konkreter Maßnahmen zur Steigerung der Nachfrage nach Kunststoffrezyklaten und rezyklathaltigen Kunststoffprodukten“ gezeigt wurde (Betz et al. 2022).

Nachverfolgung von Kunststoffabfällen und Vollzug

Abgesehen davon ist eine Priorisierung von Abfallverbringung bei Kontrollen und dem Vollzug der Umweltbehörden und des Zolls zentral. Dazu gehört auch eine Aufstockung der personellen Ressourcen, besonders bei den kontrollierenden Organen, die vor Ort Anlagen und Akteure überwachen und deren Angaben plausibilisieren. Mehr Personal ermöglicht zum Beispiel auch das Wahrnehmen von möglichen Präsenzterminen durch die Behörden bei Kontrollen durch Auditoren. Darüber hinaus könnten ggf. auch höhere Strafen für illegale Verbringungen von

³⁹ Die Importe sind in den zuvor genannten Verwertungsmengen schon berücksichtigt.

Kunststoffabfällen helfen, um für eine gewisse Abschreckung zu sorgen. Dafür müssen jedoch die Regulierungen bezüglich der Abfallverbringung klar sein und Rechtssicherheit herrschen.

Für systembeteiligungspflichtige LVP gilt schon eine recht genaue Nachverfolgung der verschiedenen Kunststoffabfallströme. Daher fällt zumindest im Nachhinein auf, sobald Mengen nicht in die vorgesehenen Orte geflossen sind. Dieses System, einschließlich entsprechender Recyclingquoten, auf weitere Verpackungsarten zu erweitern, ist eine klare Empfehlung des Projekts und würde auch an anderer Stelle (gewerblichen Verpackungen) Vorteile bzgl. Verpackungsvermeidung und Erweiterung des Anwendungsbereichs von Regulierungen für systembeteiligungspflichtige Verpackungen mit sich bringen. Allerdings kann diese Nachweispflicht nach Aussage der befragten Expert*innen nicht einfach ohne eine Erweiterung der Systembeteiligungspflicht auf andere Bereiche übertragen werden, da die Konstellation mit den dualen Systemen eine besondere darstellt. Dies erfordert eine Gesetzesänderung des VerpackG auf nationaler Ebene.

Auf EU-Ebene wird zurzeit im Rahmen der VVA-Novelle die Einrichtung einer Gruppe zur Durchsetzung der Vorschriften der Abfallverbringung diskutiert. Diese soll die Zusammenarbeit und die Koordinierung zwischen den Mitgliedstaaten in Bezug auf die Durchsetzung der Vorschriften der Abfallverbringung erleichtern und verbessern. Sie soll von der Europäischen Kommission angeleitet werden und die verantwortlichen Personen aus den einzelnen Mitgliedsstaaten bzw. den Behörden umfassen. Dies soll dem Austausch an Informationen und zur Erleichterung der Verfolgung von illegalen Abfallverbringungen dienen. Auch auf nationaler Ebene wird von der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) die Schaffung eines Fachgremiums zur Abfallverbringung auf nationaler Ebene diskutiert.

Verpflichtende externe Audits von dritter anonymer und sachkundiger Stelle sind ebenfalls eine gute Maßnahme, um illegaler Abfallverbringung vorzubeugen. Die Audits sollten allerdings am besten aus einem allgemeinen Fonds gezahlt werden, in den wiederum alle Akteure einzahlen müssen. Dies verhindert eine finanzielle Abhängigkeit der Auditoren von den Akteuren, die sie überprüfen sollen. Ein Problem dabei könnten ggf. die entstehenden Kosten für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) sein. Die Kosten sollten daher nach Größe des Unternehmens bzw. des Betriebsvermögens gestaffelt werden. Insgesamt dürfen aufwändigere und dadurch teurere Kontrollen nicht zu einem höheren finanziellen Anreiz zur illegalen Verbringung führen. Details gilt es daher noch zu eruieren und weiter auszugestalten.

Darüber hinaus können auch neue Technologien helfen, die Überwachung der Kunststoffabfallverbringung zu verbessern. Zum Beispiel kann der Einsatz von Algorithmen zur Überprüfung von Abnormalitäten dazu beitragen, Daten zur Kontrolle der Anlieferung, des Betriebstagebuchs bzw. der Abfallbilanz zu plausibilisieren. Dadurch wird auch mehr Objektivität erlangt. Oft ist die Menge an Wiegevorgängen zu hoch, um ohne Algorithmen Auffälligkeiten erkennen zu können. Dies ersetzt allerdings kein Audit vor Ort, kann jedoch dazu beitragen, die knappen Ressourcen sinnvoll zu nutzen. Neben Algorithmen können auch GPS-Tracker eingesetzt werden, um Abfalltransporte zu überwachen. Eine Alternative stellt die Verpflichtung zur Sendung von Geolokalisierungsdaten mittels eines Ortungsgeräts vom Transporteur selbst dar. Eine solche Regelung wurde im Februar 2022 für Polen eingeführt („System Elektronicznego Nadzoru Transportu“, SENT). Sie gilt für alle Arten von Abfällen, einschließlich solcher, die der Grünen Liste zugeordnet werden können. Es muss zu Beginn des Transports der Abfälle nach und durch Polen über 20 kg eine Transportregistrierung erfolgen und der Fahrende erhält eine Referenznummer (Euwid 2022g). Ein solches System könnte auch in anderen Ländern eingeführt werden. Inwieweit diese Verordnung tatsächlich zu Verbesserungen geführt hat, lässt sich noch nicht sagen. Im Sinne einer besseren Nachverfolgung und Überwachung wäre auch eine Verpflichtung der Frachtführer und

Streckenhändler zur Offenlegung des Erzeugers gegenüber Behörden denkbar. Dabei könnte man theoretisch dem Sendungsempfänger diese Daten weiterhin vorenthalten, um die Geschäftsgeheimnisse des Händlers zu wahren.

Gewerbeabfälle aus Kunststoff

Spezifisch für die Gewerbeabfälle werden detailliertere Kontrollen empfohlen. Dies bezieht sich auch auf die Efb-Zertifikate. Dabei sollen die Kontrollen allerdings nicht nur an der Straße stattfinden, da sich dies dort meist als eher schwierig darstellt (s. Kapitel 4.4.2), sondern auch bei Abfallerzeugern, Entsorgern und Händlern. Eine dezidierte Überprüfung und Plausibilisierung des Betriebstagebuchs, der Wege, Wiegescheine und dem Vergleich mit den angegebenen Mengen findet vor allem bei kleinen Marktteilnehmern kaum statt. Dies betrifft gerade Marktteilnehmende ohne Efb-Zertifikat. Auch Kontrollen an den Häfen und vom Zoll fehlen oft aufgrund von zu knappen personellen Ressourcen.

In diesem Fall könnte auch die Schaffung einer übergeordneten Stelle zur Sammlung und dem Vergleich bzw. einer Plausibilisierung der Meldungen an die Umweltbehörden helfen. Diese werden unter den Umweltbehörden nach eigenen Angaben nicht verglichen. Dies gilt auch für die Vorabprüfung der Genehmigungen und Efb-Zertifikate.

Kunststoffabfälle aus Elektro- und Elektronikgeräten

Spezifisch für Kunststoffabfälle aus Elektro- und Elektronikgeräten gilt es nachhaltiges Kunststoffrecycling in Ländern des globalen Südens zu fördern, indem schrittweise systematisch Finanzierungsmodelle eingeführt werden, etwa gemäß dem Prinzip der sogenannten erweiterten Herstellerverantwortung. Diese besagt, dass Hersteller und Nutzer von Produkten unter anderem einen finanziellen Beitrag leisten müssen, der dazu dient, Elektro- und Elektronikabfälle sachgemäß zu recyceln.

Darüber hinaus sollten neuentstehende sowie bestehende legal operierende Recyclingbetriebe in den Drittländern so unterstützt werden, dass Recycling wirtschaftlich betrieben werden kann. Denn die Erlöse aus dem Verkauf von Kunststofffraktionen genügen in der Regel nicht, um dort ein profitables, tragfähiges Geschäftsmodell zu etablieren. In Drittländern müssen regulatorische Maßnahmen die Wettbewerbsbedingungen gegen den sogenannten informellen Sektor so verbessern, dass formelle (offiziell registrierte) Betriebe bestehen können. Am besten wäre es, wenn es gelingt den informellen Sektor so zu fördern, dass er Aufgaben in der neu entwickelten Recyclingwirtschaft übernehmen kann. Strukturen und Anreize für einen Abnehmermarkt sollten geschaffen werden.

In Deutschland ist die Situation eine andere: Aufgrund des erschwerten Zugangs zu Elektroaltgeräten aus Drittländern, quasi dem Reimport von Kunststofffraktionen, haben Anlagen teilweise ein Auslastungsproblem. Hier könnten sogenannte „Fast-Track“ Zertifikate mit Recyclingbetrieben im Inland dazu beitragen, dass höhere Quoten von Kunststoffen aus Elektroaltgeräten realisiert werden. Auf diese Weise könnten die aufwändigen Notifizierungen, international basierend auf dem Basler Übereinkommen, so vereinfacht werden, dass Recycling von Geräten sowie deren Kunststofffraktionen, die im Ausland anfallen, in Deutschland oder Europa stattfinden kann.

Derzeit existieren in zahlreichen Ländern des globalen Südens (z. B. Ghana) keine stoffliche Verwertungsanlagen. Solange dies der Fall ist, könnten verwertbare Fraktionen in Regionen wie Europa verschifft werden, um ein stoffliches Recycling zu ermöglichen. Hierzu sollten weiterhin Pilotprojekte gefördert sowie zusätzlich gezielte Förderungen des nachhaltigen Recyclings in Ländern mit mittleren und niedrigen Einkommen angestrebt werden. Hierbei sollten neben freiwilligen Initiativen von Industrieverbänden, wie zum Beispiel von EU-weiten Kampagnen

gegenüber ihren Mitgliedern, auch verpflichtende Regulierungen auf EU-Ebene angestrebt werden.

Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass sobald ein zu niedriger Schadstoffgrenzwert, z. B. für POPs, für recycelte Materialien den Nachweis in der Praxis erschwert, im Kreislauf geführte Materialien einen systematischen Nachteil gegenüber Primärkunststoffen haben. Hier kommt es darauf an, dass die Ziele einer schadstofffreien Welt ("toxic-free future") mit den Erfordernissen einer Kreislaufführung („Circular economy“) aufeinander abgestimmt werden (Slijkhuis 2020).

Novelle der EU-Verordnung über die Verbringung von Abfällen

Wichtig ist das Setzen von europaweiten Standards und deren Umsetzung, um den Akteuren von allen Seiten die Arbeit zu erleichtern und ein vernetztes Vorgehen bei der Verfolgung von Verdachtsfällen illegaler Abfallverbringung zu ermöglichen. Der im November 2021 veröffentlichte Entwurf einer Novelle der Verordnung über die Verbringung von Abfällen (VVA) der Europäischen Kommission nimmt sich der Festlegung europaweiter Standards an. In den Jahren nach dem Inkrafttreten ist die Abstimmung von harmonisierten Vorschriften für die Einstufung von Abfällen vorgesehen. Außerdem sollen Neuregelungen für die Berechnung von Sicherheitsleistungen, die Bewertung der Notifizierungen von Drittländern, welche EU-Abfälle empfangen wollen, sowie für die Durchsetzung der Verordnung entwickelt werden. Zu den vorgesehenen konkreten Maßnahmen zählen die Festlegung und Prüfung neuer Höchstmengen für Verunreinigungen als Grundlage für die Einstufung von Abfällen als grün-gelistet und, wie zuvor beschrieben, die Gründung einer Gruppe, welche auf EU-Ebene die Zusammenarbeit bei der Durchsetzung der Verordnung koordinieren soll („waste enforcement group“). Der Entwurf sieht außerdem die Verpflichtung zur Einführung einer umfassenden elektronischen Kommunikation vor. Ziel ist es, alle Verfahren vollständig zu digitalisieren und die Sammlung von Informationen in einem zentralen System zu ermöglichen.

Eine weitere angestrebte grundlegende Änderung der bisherigen VVA besteht in dem vorgesehenen grundsätzlichen Ausfuhrverbot grün-gelisteter Abfälle in Nicht-OECD-Staaten. Künftig wird dem Vorschlag nach der Drittstaat die Initiative ergreifen und seine Befähigung zur umweltgerechten Verwertung nachweisen müssen. Es soll das Anhang VII-Verfahren gelten. Der Novellierungsentwurf sieht dafür eine Liste möglicher Einfuhrländer, die von der EU-Kommissionen zu führen sein wird, vor. Es ist beabsichtigt, dass die zugrundeliegende Einfuhrerlaubnis dann mindestens alle 5 Jahre überprüft wird. Außerdem ist künftig eine Überwachung des Umfangs der OECD-Exporte durch die Auswertung elektronischer Information von der EU-Kommission vorgesehen. Dieses Vorgehen soll es ermöglichen, beispielsweise im Fall einer kurzfristigen Zunahme der Exporte kritisch nachzufragen und weitere Informationen des Empfangslandes einzuholen.

Neu ist außerdem der Vorschlag für die Regelung zur Überprüfung der umweltgerechten Behandlung von Exporten aus der EU. Es ist beabsichtigt, diese mindestens alle drei Jahre durch Anlagen-Audits sicherzustellen. Es wird eine Vereinheitlichung der hierbei zu prüfenden Kriterien in einem neuen Anhang der VVA diskutiert. Auch sollen laut dem Vorschlag der Novelle Verbringungen von Abfällen zur Beseitigung innerhalb der EU nur möglich sein, wenn der Notifizierende nachweisen kann, dass die Beseitigung im Ausfuhr-Staat technisch nicht machbar oder wirtschaftlich nicht tragbar ist.

Darüber hinaus wird nach dem Entwurf der EU-Kommission ein grundsätzliches Verbringungsverbot für Siedlungsabfälle, welche zur Beseitigung bestimmt sind, diskutiert, das nicht durch ein Notifizierungsverfahren ausgehebelt werden kann. Siedlungsabfälle zur Verwertung unterliegen bisher laut Artikel 3 Absatz 5 der VVA den gleichen Bestimmungen wie Siedlungsabfälle zur Beseitigung. Auch diese Regelung wird im Rahmen der Novelle diskutiert.

Welche Vorschläge sich am Ende des Gesetzgebungsverfahrens in welcher Form durchsetzen, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht beurteilt werden.

6.2 Kunststoffhersteller und -verarbeiter

Um Abfall zu vermeiden und diesen, wenn dann recyclingfähig zu gestalten, sollten Kunststoffhersteller und -verarbeiter beim Design ansetzen. Durch das Berücksichtigen von „Design for Recycling“ Guidelines, die Vereinfachung von Designs und die Reduktion des Einsatzes verschiedener Kunststoffarten sowie Mischkunststoffen, Verzicht auf Zusatzstoffe, die das Recycling erschweren (Kleber, Farben, Füllstoffe etc.), kann das Recycling vereinfacht und die Menge an Abfällen, die thermisch verwertet oder exportiert werden, verringert werden. Zusätzlich kann durch verminderten Ressourceneinsatz, Langlebigkeit, Reparierbarkeit und Wiederverwendung die Menge an Abfällen insgesamt reduziert werden.

Die Stärkung des Rezyklatmarktes ist zentral, um auch die Nachfrage nach getrennten Kunststoffabfallfraktionen zu erhöhen und die Anreize zur illegalen Verbringung zu reduzieren. Daher wird grundsätzlich die Prüfung der Verwendungsmöglichkeit von Rezyklaten zum Ersatz von Neuware empfohlen. Außerdem muss v. a. im Bereich der anfallenden Gewerbeabfälle ein Umdenken hin zur stärkeren Getrenntsammlung stattfinden. Ein geeignetes Instrument ist die Schulung der Mitarbeitenden möglichst durch das Begleiten während des Produktionsprozesses. Dies könnte auch im Rahmen von Managementprozessen und deren Audits, wie z. B. nach ISO 9001 bzw. nach dem Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG)⁴⁰, stärker in den Fokus gerückt werden. Darüber hinaus sind Möglichkeiten der prozess- oder unternehmensinternen Verwertung von Ausschussware und Produktionsabfällen als Maßnahme zur Abfallvermeidung zu evaluieren. Den Akteuren wird empfohlen, sich die durch die erweiterte Herstellerverantwortung verankerten Pflichten bewusst zu machen und mit den Behörden zusammenzuarbeiten, um den Vollzug zu verstärken. Die zuvor genannten Aspekte für Politik und Behörden gelten zum Teil auch für die Kunststoffhersteller und -verarbeiter, wie zum Beispiel Etablierung einer zirkulären Wirtschaft und das Durchsetzen der Abfallhierarchie. Gleichzeitig sollten sich die Wirtschaftsakteure an der Weiterentwicklung fachgerechter und sinnvoller gesetzlichen Rahmenbedingungen aktiv beteiligen. Wenn die Kunststoffabfallströme sinnvoll reguliert werden, profitiert das Gesamtbild der Kunststoffbranche in der Öffentlichkeit und damit besonders das der Hersteller und Verarbeiter.

6.3 Abfallerzeuger

Den Abfallerzeugern wird empfohlen, sich die Wichtigkeit ihrer Eigenverantwortung bewusst zu machen, um zu erkennen, welchen Einfluss sie auf die Verwertung des von ihnen verursachten Abfalls haben können. Eine zentrale Empfehlung ist, auf die Abfalltrennung zu achten. Schulungsangebote für die Mitarbeitenden zur Schließung von Wissenslücken zu einer korrekten Sortierung können höhere Abfallanteile für das Recycling erschließen. Auch die Aufnahme des Themas in den Schulkontext, z. B. durch den Besuch von Recyclinganlagen durch Schüler*innen kann zu einem höheren Bewusstsein der Problematik beitragen. Für Privatpersonen gilt, dass diese sich über die örtlichen Entsorgungsmöglichkeiten informieren und den Aufwand betreiben müssen, ihre Abfälle auf die richtige Art und Weise zu entsorgen. Sie

40 In der Gesetzesbegründung zu § 2 Abs. 5 LkSG heißt es: „Als Dienstleistungen erfasst sind auch Wiederverwertung oder Entsorgung bei Unternehmen, deren Geschäftszweck die Wiederverwertung und Entsorgung ist.“ Zu § 2 Abs. 7 heißt es: „Zulieferungen erfassen dabei im Einklang mit der Definition der Lieferkette nach Absatz 5 sowohl Sachgüter als auch Dienstleistungen.“ Demnach dürfte zumindest die Nutzung von Dienstleistern, die das sorgfaltspflichtige Unternehmen selbst unter Vertrag nimmt (als „unmittelbare Zulieferer“) unter diejenigen Aktivitäten fallen, für die das Unternehmen seine Pflichten nach dem LkSG beachten muss.

müssen sich ihrer Verantwortung bewusst werden, gerade wenn es um die Entsorgung von EAG geht. Diese landen bei portablen Geräten viel zu häufig in den falschen Abfallströmen, wie dem Restmüll (auch durch zu wenige/schwer erreichbare Sammelstellen) und sorgen dort für Probleme bzw. den Verlust der Ressourcen. Gleichzeitig werden Geräte zu oft bei kleineren Defekten direkt entsorgt, statt sie reparieren zu lassen. Eine Lösung können sogenannte „Repair-Cafés“ sein, Orte, wo Privatpersonen mit fachlicher Unterstützung ihre elektrischen Geräte reparieren können. Außerdem wird eine Sensibilisierung aller Beteiligten für die Hemmung der Sortierbarkeit durch die Vermischung von Materialien empfohlen. Darüber hinaus gilt auch hier die Transparenz der Abfallverbringung zu fördern und auf starke Kontrollen hinzuwirken. Die überschneidenden Aspekte für die zuvor genannten Akteure, wie die konstruktive Beteiligung an politischen Prozessen zur Verbesserung des jetzigen Systems gelten auch hier.

6.4 Entsorgungsunternehmen, Sortierer und Recycler

Der Aufbau einer ausreichenden Sortieranlagenkapazität mit der benötigten Anzahl an Sortierstufen ist ein Anliegen, das Entsorgungsunternehmen, Sortierer und Recycler einen sollte. Um es zu verwirklichen, sollten die Akteure von der Politik stärker unterstützt werden, zum Beispiel durch die Einführung von verpflichtenden Standards und einem verstärkten Vollzug zur Kontrolle, damit Firmen, die die bestehenden gesetzlichen Regelungen einhalten, nicht einen Nachteil dadurch haben. Außerdem sollten die Unternehmen, organisiert über Verbände, mehr Aufmerksamkeit auf Kooperationsmöglichkeiten zum Austausch von Informationen untereinander legen. Die Eigenverantwortung der Akteure sollte wahrgenommen werden, um als Vorreiter in der Branche Standards zu setzen und als positives Beispiel zu gelten, an denen sich andere Akteure messen können. Dabei geht die Verantwortung nach LkSG auch über den eigenen Betrieb hinaus. Sortierer können beispielsweise Recyclinganlagen selbstständig besuchen, um sich von den Verhältnissen vor Ort ein Bild zu machen. Sie sollten außerdem besonders hoch wirkende Recyclingquoten in den belieferten Betrieben kritisch hinterfragen. Dies reduziert das Risiko zu einem späteren Zeitpunkt für fahrlässiges Handeln belangt oder zumindest ein schlechtes Image durch negative Berichterstattung davonzutragen. Für Akteure, die mit Verpackungen aus den dualen Systemen zu tun haben, ist das Risiko noch größer, da Mengen, die nicht recycelt werden, später für die Anrechnung der Recyclingquote fehlen.

Ein wichtiger Schritt vor der Entsorgung ist die Sammlung. Während bei den meisten Kunststoffabfällen nur ein kleines Potenzial in der Erhöhung der Sammelquote liegt, ist dies gerade bei EAG essenziell. Dort ist die Sammelquote eher gering, viele Geräte finden keinen Weg in die richtigen Entsorgungskanäle. Es liegt an den Entsorgungsunternehmen mit dem Handel und der Politik zusammenzuarbeiten, um hier Lösungen zu schaffen. Neben mehr Informationen für Haushalte und Recyclinghöfe über die richtige Entsorgung geht es hier auch um zusätzliche Sammelstellen, wie z. B. frei zugängliche Container für EAG.

Eine weitere Empfehlung ist die betriebsinterne Evaluation der Möglichkeit zur Zertifizierung als Entsorgungsfachbetrieb. Auch wenn es kostspielig ist, ermöglicht es dem Unternehmen, seine eigenen Standards durch ein externes Audit überprüfen zu lassen und sich gegenüber Geschäftspartnern besser zu präsentieren. Dies könnte, wie zuvor erwähnt, auch noch stärker durch normierte Managementprozesse, wie nach ISO 9001, fokussiert werden.

Sortierer sollten möglichst das Ausschöpfen von Sortierpotenzialen aus Mischfraktionen neben den bisher hauptsächlich sortierten Fraktionen der Folien, Hartkunststoffe und Polyolefine anstreben, bzw. zumindest die genannten Fraktionen voll ausnutzen, um möglichst viele Fraktionen einem Recycling zuführen zu können.

An die Recycler geht außerdem die Empfehlung, nicht besonders hohe Recyclingquoten zu Kosten der Materialstromreinheit erzielen zu wollen. Das Gleiche gilt für Sortieranlagen. Das Überfahren von Anlagen sollte vermieden werden. In so einem Fall werden Anlagen mit mehr Abfällen gefüttert, als sie gut verarbeiten können. Dies erhöht zwar den Umsatz, verringert jedoch die Sortiertiefe. Den Betreibern von Sortieranlagen wird außerdem empfohlen bei der Durchführung visueller Kontrollen zur Prüfung der Einhaltung der Höchstmengen von Verunreinigungen möglichst gewissenhaft vorzugehen, um im späteren Ablauf keine Probleme zu bekommen. Dies kann durch technische Hilfsmittel, wie NIR-Handgeräte unterstützt werden. Stichproben von geschulten Sortierern, die die Fraktionen auf ihre Reinheit überprüfen, können dazu dienen, Probleme bei der Sortierung frühzeitig zu erkennen und zu beseitigen.

Eine weitere Empfehlung besteht darin, bei der Übergabe an Händler möglichst auf die Nachvollziehbarkeit des Verbleibs der Abfälle Wertzulegen. Dies muss konsequent eingefordert werden. Um mehr Marktmacht zu kreieren, können sich auch verschiedene kleinere Akteure zusammenschließen und ihre Mengen zusammen vermarkten und gleichzeitig ihrer Forderung nach mehr Transparenz zusätzliches Gewicht verleihen. Wie zuvor beschrieben steht hier die Reduzierung des Risikos einer illegalen Verbringung und den darauffolgenden negativen Konsequenzen dahinter.

6.5 Händler und Logistikunternehmen

Händler und Logistikunternehmen für Kunststoffabfälle stehen nicht nur in der Pflicht, sich über die bestehenden Regulierungen zur Verbringung von Kunststoffabfällen und ihre Novellierungen zu informieren. Es sollte auch in ihrem Interesse liegen, durch das Etablieren von Management- und Prüfprozessen (u. a. vorgesehen im LkSG), inklusive Kontrollen der In- und Outputströme illegale Handlungen zu vermeiden. Diese sind allerdings sehr komplex und für KMU nicht immer leicht zu überblicken. Daher sollten diese Regelungen vereinfacht werden bzw. eine Aufarbeitung in Praxishilfen, z. B. durch die Verbände, erfolgen, damit Wirtschaftstreibende sich informieren können und ihrer Pflicht neben ihrem eigentlichen Handeln nachkommen können. Dabei stehen nicht nur die Behörden, sondern auch die Verbände in der Pflicht, um ihre Mitglieder zu unterstützen.

Eine dringende Empfehlung ist die Beschäftigung von Expert*innen zur Auditierung möglicher Geschäftspartner, bevor ein Handel zustande kommt. Bei Vertragsabschluss sollte möglichst auf einen Nachweis der ordnungsgemäßen Verwertung bestanden werden und dieser durch eine Begehung der Anlagen vor Ort unterlegt werden. Es wird dringend empfohlen, Anstrengungen zu unternehmen, um den Kunststoffhandel auf Akteure und Länder mit gutem Abfallmanagement zu beschränken. Transparenz gegenüber anderen Akteuren darüber, was mit den Abfällen passiert, kann dazu beitragen, bisher fehlende Nachverfolgungsmöglichkeiten zu beheben. Darüber hinaus kann die Verwendung von Trackern die Identifikation von Verbringungen über den eigenen Aktionsradius hinaus ermöglichen. Auch an die Händler und Logistikunternehmen richten sich die Empfehlungen bei visuellen Kontrollen zur Feststellung des Störstoffanteils möglichst gründlich vorzugehen, eine Zertifizierung zum Entsorgungsbetrieb zu erwägen und den Informationsaustausch untereinander zu fördern.

Auch im Bereich der EAG wird empfohlen, dass Händler und Logistikunternehmen an einer einfachen Retourlogistik für Altgeräte beteiligt werden. Während Neuware in der Regel einfach „an der Haustür“ abgeholt wird, stellt sich die Situation im Bereich der Gerätereparaturen und Entsorgung am Ende des Lebenszyklus sehr viel umständlicher dar. Ein einfaches System der Retourlogistik hat das Potenzial die Sammelquote von EAG in Deutschland zu erhöhen.

7 Quellenverzeichnis

- Betz et al. (2022): Betz, J.; Hermann, A.; Bulach, W.; Hermann, C.; Dieroff, D.; Mehlhart, G.; Müller, R.; Wiesemann (2022): Prüfung konkreter Maßnahmen zur Steigerung der Nachfrage nach Kunststoffzyklen und rezyklathaltigen Kunststoffprodukten. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_128-2022_pruefung_konkreter_massnahmen_zur_steigerung_der_nachfrage_nach_kunststoffzyklen_und_rezyklathaltigen_kunststoffprodukten.pdf (29.11.2022)
- Billig (2022): Karte + Fundstücke: Deutscher Müll auf illegalen Deponien in Polen.
<https://muellrausch.de/2022/02/23/karte-fundstuecke-deutscher-muell-auf-illegalen-deponien-in-polen/> (05.07.2022)
- Bitkom (2022): 4 von 10 Deutschen horten zu viele ungenutzte Elektro-Altgeräte, Ergebnisse einer aktuellen Umfrage des Branchenverbandes Bitkom. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Entsorgung-Elektro-Altgeraete-Discounter> (13.02.2023)
- BMUV (2023): UN erzielen Fortschritte beim Kampf gegen die weltweite Umweltverschmutzung.
<https://www.bmuv.de/pressemitteilung/un-erzielen-fortschritte-beim-kampf-gegen-die-weltweite-umweltverschmutzung-1> (19.06.2023)
- bvse (2017): bvse-Marktbericht Kunststoffe - September 2017,
<https://plasticker.de/preise/marktbericht2.php?id=170> (16.02.2023)
- Conversio (2020): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019 – Bericht zur Conversio Studie.
<https://www.bkv-gmbh.de/studien/studie-stoffstrombild-kunststoffe-in-deutschland-2019-conversio.html> (16.02.2023)
- Conversio (2021): Kunststoffe in der Umwelt – Weiterentwicklung des Modells „Vom Land ins Meer“.
<https://www.bkv-gmbh.de/studien/bericht-kunststoffe-in-der-umwelt.html> (16.02.2023)
- Conversio (2022): Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2021 – Bericht zur Conversio Studie - Kurzfassung.
https://www.bkv-gmbh.de/files/bkv-neu/studien/Kurzfassung_Stoffstrombild_2021_13102022_1%20.pdf (21.11.2022)
- Dornbusch et al (2020): Dornbusch, H.-J.; Hannes, L.; Santjer, M.; Böhm, C.; Wüst, S.; Zwisele, B.; Kern, M.; Siepenkothen, H.-J., Kanthak, M. (2020): Factsheet zur UBA-Studie "Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien". Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_113-2020_analyse_von_siedlungsrestabfaellen_abschlussbericht.pdf (05.06.2023)
- EAG-BehandV (2022): Verordnung über Anforderungen an die Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten vom 21. Juni 2021, gültig ab 1. Januar 2022 (EAG-BehandV).
<https://www.elektrogesetz.de/gesetzestexte/eag-behandv/> (12.02.2023)
- EFSA (2011): Scientific Opinion on the criteria to be used for safety evaluation of a mechanical recycling process to produce recycled PET intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food - EFSA Panel on food contact materials, enzymes, flavourings and processing aids (CEF). EFSA Journal 2011; 9(7).
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2184> (12.02.2023)
- ElektroG3 (2022): Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, (Elektro- und Elektronikgerätegesetz, auch Elektrogesetz 3, ElektroG3, ElektroG 3). https://www.elektrogesetz.de/gesetzestexte/elektrog/#elektrog_para22 (10.02.2023)

Europäische Kommission (2021): Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 zur Einstufung von Kunststoffabfällen. <https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-05/Anlaufstellen-Leitlinien%20Nr.%2012%20deutsch%2003122021%20corr.pdf> (05.09.2022)

Euwid (2021): Illegale Abfallentsorgung nach Polen: Behörde identifiziert mehr als 30 Standorte. <https://www.euwid-recycling.de/news/wirtschaft/illegale-abfallentsorgung-nach-polen-behoerde-identifiziert-mehr-als-30-standorte/> (26.09.2022)

Euwid (2022a): Deutsche Altkunststoffexporte sinken 2021 auf historischen Tiefstand. 10/2022. <https://www.euwid-recycling.de/news/maerkte/-5d459018a3/> (05.07.2022)

Euwid (2022b): EU-Altkunststoffexporte in Drittstaaten fallen auf den tiefsten Stand seit 18 Jahren. <https://www.euwid-recycling.de/news/maerkte/eu-alkunststoffexporte-in-drittstaaten-fallen-auf-den-tiefsten-stand-seit-18-jahren-060422/> (05.07.2022)

Euwid (2022c): Härtere Strafen für Müllsünder in Polen. <https://www.euwid-recycling.de/news/international/haertere-straefen-fuer-muellsuender-in-polen-130922/> (26.09.2022)

Euwid (2022d): Umweltministerin Lemke sagt illegalen Exporten nach Polen den Kampf an. <https://www.euwid-recycling.de/news/politik/umweltministerin-lemke-sagt-illegalen-exporten-nach-polen-den-kampf-an-060922/> (26.09.2022)

Euwid (2022e): Vollzug der Gewerbeabfallverordnung: Baden-Württemberg informiert über Umfang der Kontrollen. <https://www.euwid-recycling.de/news/politik/vollzug-der-gewerbeabfallverordnung-baden-wuerttemberg-informiert-ueber-umfang-der-kontrollen-270922/> (21.09.2022)

Euwid (2022f): Euwid Recycling – Märkte und Preisentwicklungen für Altkunststoffe in Deutschland. <https://www.euwid-recycling.de/maerkte/> (01.11.2022)

Euwid (2022g): Euwid Recycling – Polen SENT-System für Abfallimporte startet am 22. Februar. <https://www.euwid-recycling.de/news/international/sent-system-fuer-abfallimporte-startet-am-22-februar-010222/> (22.11.2022)

Euwid (2023): Euwid Recycling – Abfallverbringungsverordnung: Internationale Verpflichtungen und Arbeitskapazität. <https://www.euwid-recycling.de/news/politik/internationale-verpflichtungen-und-arbeitskapazitaet/> (16.02.2023)

Europol (2019): Trash worth millions of euros – From trash to treasure: the growing illegal waste trafficking market. <https://www.europol.europa.eu/media-press/newsroom/news/trash-worth-millions-of-euros> (17.02.2023)

Forti, V.; Baldé, Cornelis P.; Kuehr, R.; Bel, G. (2019): The Global E-waste Monitor 2020 – Quantities, flows, and the circular economy potential. https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf (08.07.2022)

Gerke et al. (2023): Gerke, G.; Janousch, E.; Tegtmeier, L. (2023): Auslegung der neuen Einträge für Kunststoffabfälle in der grenzüberschreitenden Abfallverbringung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/auslegung-der-neuen-eintraege-fuer> (17.02.2023)

Haarman, A.; Magalini, F.; Courtois, J. (2020): Study on the Impacts of Brominated Flame Retardants on the Recycling of WEEE plastics in Europe. <https://www.bsef.com/wp-content/uploads/2020/11/Study-on-the-impact-of-Brominated-Flame-Retardants-BFRs-on-WEEE-plastics-recycling-by-Sofies-Nov-2020-1.pdf> (18.11.2022)

Interpol (2022): The Nexus between Organised Crime and Pollution Crime, Strategic Report, June 2022. https://www.interpol.int/en/content/download/17946/file/INTERPOL%20Report%20OC-PC_Final.pdf (18.11.2022)

Jepsen et al. (2020): Kunststoffe in der Umwelt - Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kunststoffe-in-der-umwelt-erarbeitung-einer> (15.02.2023)

Knappe et al. (2023): Knappe, F.; Muchow, N.; Oetjen-Dehne, R.; Buschow, N.; Kaiser, F. (2023): Erarbeitung von Grundlagen für die Evaluierung der Gewerbeabfallverordnung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_47-2023_erarbeitung_von_grundlagen_fuer_die_evaluierung_der_gewerbeabfallverordnung.pdf (25.05.2023)

Neitzel, D. (2020): China verbietet ab 2021 Import von Festabfällen. <https://www.technik-einkauf.de/einkauf/china-verbietet-ab-2021-import-von-festabfaellen-285.html> (08.07.2022)

Öko-Institut (2022): SUP and packaging waste prevention policy recommendation for Thailand. https://www.thai-german-cooperation.info/wp-content/uploads/2022/07/1.EXI_Publikation_CAP-SEA_FINAL.pdf (15.02.2023)

Potrykus et al. (2024): Potrykus, A.; Berlinghof, T.; Burgstaller, M.; Kühnl, M.; Castellani, F.; Haberstock, T.; Schlummer, M.; Arends, D. (2024): Stärkung des Recyclings technischer Kunststoffe vor dem Hintergrund steigender stoffrechtlicher Anforderungen am Beispiel Elektroaltgeräte und Altfahrzeuge – KUREA. (FKZ: 3719 34 309 0) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. In Veröffentlichung.

Schleicher et. al. (2022): Management of end-of-life flat panel displays through e-waste compensation in Nigeria, Feasibility study on options for developing environmentally sound recycling solutions in Nigeria. https://prevent-waste.net/wp-content/uploads/2022/05/Management-of-End-of-life-Flat-Panel-Displays-through-E-waste-Compensation-in-Nigeria_Feasibility-Study-ECOn.pdf (18.11.2022)

Slijkhuis (2020): Presentation study: Impacts of BFRs on the Recycling of WEEE plastics in Europe, 18 November 2020. <https://www.bsef.com/wp-content/uploads/2020/11/Presentation-Chris-Slijkhuis-EERA-at-SOFIES-Study-presentation-November-2020.pdf> (18.11.2022)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2021): Leitfaden zur Intrahandelsstatistik 2022. https://www-idev.destatis.de/idev/doc/intra/doc/Intrahandel_Leitfaden.pdf (05.07.2022)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022a): Warenverzeichnis Außenhandelsstatistik, Tabellen 51000-0005, 51000-0009, 51000-0015. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=statistik&levelindex=0&levelid=1685091306418&code=51000#abreadcrumb> (02.05.2023)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022b): Abfallbilanz (Abfallaufkommen/ -verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publikationen/Downloads-Abfallwirtschaft/abfallbilanz-pdf-5321001.pdf?__blob=publicationFile (08.07.2022)

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2022c): Erhebung der Abfallentsorgung, Tabelle 32111-0002. https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selectionname=32111*#abreadcrumb (05.09.2022)

Stiftung EAR (2022): Wer wir sind. <https://www.stiftung-ear.de/de/ueber-uns/wer-wir-sind> (08.07.2022)

UBA (2022a): Verfolgung der illegalen Abfallverbringung. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/grenzueberschreitende-abfallverbringung/verfolgung-der-illegalen-abfallverbringung> (04.11.2022)

UBA (2022b): Themenseite zu Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG). <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehelter-abfallarten/elektro-elektronikaltgeraete#sammlung-und-verwertung-von-elektro-und-elektronikaltgeraten-drei-kennzahlen-zahlen> (18.11.2022)

Uken, M. (2018): Müllexporte nach China – Die Weltmüllkippe schließt. <https://www.zeit.de/wirtschaft/2018-01/muellexporte-china-plastikmuell-recycling> (08.07.2022)

UNEP (2019): Stockholm Convention on persistent organic pollutants (POPs). 2019 überarbeitet. <http://www.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx> (08.07.2022)

UNU (2015): Discarded Electronics Mismanaged within Europe Equals ~10 Times the Volume of E-waste Exported; Gemeinsame Presseerklärung von United Nations University und Interpol. <https://ehs.unu.edu/media/press-releases/discarded-electronics-mismanaged-within-europe-equals-10-times-the-volume-of-e-waste-exported.html#info> (06.06.2023)

Vogel et al. (2020a): Vogel, J.; Krüger, F.; Fabian, M. (2020): Chemisches Recycling. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-17_hgp_chemisches-recycling_online.pdf (08.07.2022)

WWF (2023): Putting an end to plastic pollution: WWFs call to urgently regulate high-risk plastic products. <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Plastik/WWF-Putting-an-End-to-Plastic-Pollution.pdf> (26.05.2023)

ZSVR (2020): Recyclingquoten Verpackungen privater Endverbrauch 2020. https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/Auswertungen/ZSVR_Auswertungen_Recyclingquoten_2018_-_2020.pdf (05.09.2022)