

TEXTE

23/2023

Endbericht

Auslegung der neuen Einträge für Kunststoffabfälle in der grenzüberschreitenden Abfallverbringung

von:

Gilian Gerke, Erik Janousch, Lars Tegtmeier
Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 23/2023

Projektnummer: 154798

FB001022

Endbericht

Auslegung der neuen Einträge für Kunststoffabfälle in der grenzüberschreitenden Abfallverbringung

von

Gilian Gerke, Erik Janousch, Lars Tegtmeier
Hochschule Magdeburg-Stendal, Magdeburg

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

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://www.twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Hochschule Magdeburg-Stendal
Breitscheidstr. 2
39114 Magdeburg

Abschlussdatum:

Juli 2022

Redaktion:

Fachgebiet III 1.5 „Abfallwirtschaft, grenzüberschreitende Abfallverbringung“
Dr. Juliane Koch-Jugl, Susann Krause

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Februar 2023

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

Kurzbeschreibung: Auslegung der neuen Einträge für Kunststoffabfälle in der grenzüberschreitenden Abfallverbringung

Dieser Bericht enthält Informationen, die zur Beschreibung von Kunststoffabfallqualitäten in der grenzüberschreitenden Abfallverbringung beitragen. Diese unterstützen die Auslegung der im Beschluss BC-14/12 der Vertragsstaatenkonferenz des Basler Übereinkommens im Mai 2019 festgelegten und gemäß Umsetzung in der europäischen Abfallverbringungsverordnung (VVA)¹ ab 1.1.2021 EU-weit geltenden neuen Einträge für Kunststoffabfälle B3011 und EU3011 einschließlich der Gemische daraus in Anhang IIIA der VVA.

Hierfür wurden zum einen fachliche Grundlagen zur Beschreibung von Kunststoffabfallqualitäten sowie relevante Spezifikationen, Normen und Regelungen unter Einbeziehung der Erfahrungen und Umsetzungshilfen anderer Länder und Regionen recherchiert. Flankierend wurden Interviews mit Branchenvertretern und Branchenvertreterinnen aus der Wirtschaft und von Wirtschaftsverbänden sowie mit Vertretern und Vertreterinnen der zuständigen Behörden geführt. Die Ergebnisse wurden in Fachworkshops diskutiert. Im Zentrum stand neben der Information der Akteure, der Umgang von Akteuren mit den unbestimmten Rechtsbegriffen insbesondere in den Bereichen Probenahme und Kontrolle sowie auch in den jeweiligen Sortier- und Aufbereitungsanlagen.

Neben diesem Bericht entstanden im Forschungsprojekt eine englische Kurzfassung des Berichtes „Interpretation of the new entries for plastic waste in transboundary waste shipments“, eine deutsch- und englischsprachige Broschüre „Grenzüberschreitende Abfallverbringung und die neuen Kunststoffeinträge“ und ein FAQ, die auf der Website des Umweltbundesamtes veröffentlicht werden.

Abstract: Interpretation of the new entries for plastic waste in transboundary waste shipments

This report contains information that contributes to the description of plastic waste qualities in transboundary waste shipment. These support the interpretation of the resolution BC-14/12 Basler convention agreed on during the conference of contracted states May 2019. Due to the implementation in the European waste directive (VVA) since 1.1.2021 the new entries for plastic waste B3011 and EU3011 including mixtures thereof in Annex IIIA are enforced in the whole EU.

For this purpose, technical bases for the description of plastic waste qualities as well as relevant specifications, standards and regulations were researched. This was supplemented by including the experiences and implementation guidance of other countries and regions. The researches were combined by interviews with industry representatives from business and trade associations and with representatives of the relevant authorities. The results were discussed in workshops. In addition to the information of the actors, the focus was on the handling of actors with the undefined legal terms, especially in the areas of sampling and control. The perspective of the respective sorting and processing plants was also considered.

In addition to this report, the research project produced an English summarized version of the report "Interpretation of the new entries for plastic waste in transboundary waste shipments", a German- and English-language brochure "Grenzüberschreitende Abfallverbringung und die

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1013-20210111&qid=1663150694968>

neuen Kunststoffeinträge" (Transboundary waste shipments and the new plastic entries) and an FAQ, which are all published on the website of the Federal Environment Agency.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
Zusammenfassung.....	10
Summary	12
1 Einleitung.....	14
2 Methodisches Vorgehen	15
3 Gesetzlicher Hintergrund	16
3.1 Das Basler Übereinkommen.....	16
3.2 Die Abfallverbringungsverordnung (VVA).....	16
3.3 Die Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12	17
4 Kunststoffströme und ihre Behandlung	19
4.1 Export / Import von Kunststoffabfällen	28
5 Relevante Definitionen.....	30
6 Erkenntnisse aus den geführten Interviews.....	35
6.1 Beteiligte aus der Wirtschaft und von Verbänden.....	35
6.1.1 Duales System	36
6.1.1.1 Umgang und Erfahrungen mit Verunreinigungen	37
6.1.1.2 Festlegung einer Prozentangabe	38
6.1.2 Landwirtschaft	38
6.1.3 Elektro/Elektronikgeräte.....	40
6.1.4 Automobilbranche	40
6.2 Behörden.....	41
7 Relevante Spezifikationen und Normen.....	42
8 Mess- und Kontrollmethoden	44
9 Umsetzung der VVA in der Wirtschaft	47
9.1 Umsetzung bei Sortieranlagen.....	47
9.2 Umsetzung bei Verwertern (Recyclern).....	48
10 Schlussfolgerungen.....	50
11 Quellenverzeichnis	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Wesentliche Ergebnisse Stoffstrom Kunststoffe im Überblick	20
Abbildung 2:	Verarbeitung von Rezyklaten nach Branchen 2019	24
Abbildung 3:	Wesentliche Ergebnisse der Aufbereitung von KST-Abfällen und Wieder-Einsatz.....	21
Abbildung 4:	Wesentliche Ergebnisse der Aufbereitung von KST-Abfällen und Wieder-Einsatz Post-Consumer 2019	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kunststoffabfälle und deren Verwertung Post-Consumer-Abfälle nach Einsatzfeldern	25
Tabelle 2: Recycling-, Verwertungs- und Beseitigungsquoten in Deutschland 2019	27
Tabelle 3: Erfasste und entsorgte Abfallmengen	26
Tabelle 4: Verarbeitung von Neuware und Rezyklat nach Branchen.....	23
Tabelle 5: Ausfuhrmengen von Altkunststoffen von und nach Deutschland 2021.	29
Tabelle 6: Einfuhrmengen von Altkunststoffen von und nach Deutschland.....	29
Tabelle 7: Relevante Definitionen	30

Abkürzungsverzeichnis

Adivalor	Agriculteurs, Distributeurs, industriels pour valorisation des déchets agricoles
BAG	Bundesamt für Güterverkehr
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.
BDE	bromierte Diphenylether (BDE)
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetzes
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
CEN	European Committee for Standardization
DSD	Duales System Holding GmbH & Co. KG
Destatis	Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
DIN	Deutsches Institut für Normung
EPRO	European Association of Plastics Recycling and Organisations
ERDE	Erntekunststoffe Recycling Deutschland
EUWID	Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH
IFFPG	Irish Farm Films Producers Group
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LAGA PN-98	Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen
Mapla	Medio Ambiente Agricultura y Plásticos
NAW	Normenausschuss Wasserwesen
NIR	Nahinfrarot
NMO	DIN-Normenausschuss Materialprüfung
PET	Polyethylenterephthalat
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
UBA	Umweltbundesamt
VerpackG	Verpackungsgesetz
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VSK	Vertragsstaatenkonferenz
VVA	Abfallverbringungsverordnung
WEEE	Waste from Electrical and Electronic Equipment

Zusammenfassung

Auf der 14. Vertragsstaatenkonferenz (VSK) des Basler Übereinkommens über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung wurde der Beschluss² BC-14/12 zu neuen Kunststoffeinträgen bei der Verbringung gefasst. Durch die Umsetzung des Beschlusses in die Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen (VVA)³ gelten diese Einträge seit dem 1.1.2021 in der Europäischen Union.

Die Regelungen zu den neuen Kunststoffeinträgen der VVA enthalten unbestimmte Rechtsbegriffe, welche jedoch eine einheitliche Umsetzung zunächst erschwerten.

Zur Definition dieser unbestimmten Rechtsbegriffe war es notwendig, die fachlichen Grundlagen zur Auslegung zu erarbeiten.

Bei einem Kunststoffabfallaufkommen von ca. 6,3 Millionen Tonnen in Deutschland im Jahr 2019 ist der Export und grenzüberschreitende Handel mit ca. einer Millionen Tonnen im selben Jahr von relevanter Bedeutung (Statistisches Bundesamt, 2022). Die größten Branchen, in denen Kunststoffabfälle anfallen, sind Verpackungen, Bau, Fahrzeuge und Landwirtschaft. Aber auch Branchen wie Elektro / Elektronik oder Medizinprodukte spiegeln potentielle Mengen für eine grenzüberschreitende Verbringung von Kunststoffabfällen wider.

In Anhang III der VVA sind Kunststoffeinträge verzeichnet, die notifizierungsfrei grenzüberschreitend verbracht werden können. Innerhalb der EU gilt das für EU3011 und Gemische, die im Anhang IIIA Nr. 4 explizit genannt werden. Außerhalb der EU und innerhalb der OECD-Staaten gelten analog die im Eintrag B3011 genannten Kunststoffe und Gemische aus PE, PP und PET, insofern sie für ein getrenntes Recycling vorgesehen sind.

Damit die Kunststoffeinträge EU3011 und B3011 notifizierungsfrei grenzüberschreitend verbracht werden dürfen, müssen die Kunststoffabfälle „nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen“ sein.

Mit der kürzlich veröffentlichten Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 wurde nun eine klare Definition zum Begriff „Verunreinigung“ geschaffen. Als Verunreinigung werden alle nicht-gefährlichen Fremdstoffe bezeichnet. Dazu gehören Lebensmittelreste in Kunststoffverpackungen (z.B. Joghurt- oder Margarinereste sowohl in restentleerten als auch nicht-restentleerten Behältern) oder Schmutz (z.B. Anhaftungen von Erde, Silage oder Futterreste an Folien). Zu „anderen Arten von Abfällen“ zählen nicht-gefährliche Abfälle wie Papier, Holz und Metalle oder Kunststoffabfälle, die bei den Gemischen nicht genannt sind. Ausgenommen sind Flüssigkeitsreste nach der Leerung von Flüssigkeiten (z.B. Reste an Wasser oder anderen Getränken aus PET-Flaschen) sowie Verschlüsse, Deckel und Label, die als Nebenbestandteile der zu Abfall gewordenen Kunststoffprodukte (z.B. PET-Flasche) eingestuft werden. Diese stellen keine Verunreinigung dar (Europäische Kommission, 2021).

Auch die Diskussion um die Auslegung der Grenzwerte für Verunreinigungen gemessen in Masseanteilen (Ma.-%) konnte mit der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 geklärt werden. Bisher wurde mit unterschiedlichen Interpretationen auf europäischer Ebene sowie innerhalb Deutschlands hinsichtlich Grenzwertfestlegungen von 0 – 6 Ma.-% gearbeitet. Mit der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 wurde nun innerhalb der EU ein Grenzwert von 6 Ma.-% für EU3011 und dem Gemisch nach Anhang IIIA Nr. 4 VVA festgelegt. Für eine grenzüberschreitende

² <http://www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP14/tabid/7520/Default.aspx?BC-14/12>

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1013-20210111&qid=1663150694968>

Verbringung in und aus Nicht-EU Ländern wurde für den Eintrag B3011 ein Grenzwert von 2 Ma.-% festgelegt (Europäische Kommission, 2021).

Ergänzend zur Recherche von fachlichen Grundlagen wurden in diesem Projekt Expertenbefragungen entlang der Wertschöpfungskette mit Vertretern und Vertreterinnen aus der Wirtschaft und von Wirtschaftsverbänden und zuständigen Behörden geführt. Dabei sind die Ansichten der Stakeholder während des Verhandlungsprozesses zur Anlaufstellenleitlinie Nr. 12 eingeholt worden und spiegeln den Wunsch zum Umgang mit den neuen Einträgen der grenzüberschreitenden Abfallverbringung wider. Es besteht der Konsens, dass für die unbestimmten Rechtsbegriffe wie „nahezu frei von...“, aber auch für unterschiedliche Auslegungen von Begriffen wie „Verunreinigungen“ einheitliche Definitionen geschaffen werden müssen, um eine rechtsbeständige Grundlage für die Notwendigkeit der Bestimmung von Einträgen nach EU3011 und B3011 und den daraus resultierenden rechtlichen Anforderungen zu schaffen. Dabei wurden vor dem Inkrafttreten der Anlaufstellenleitlinie Nr. 12 seitens Vertreter und Vertreterinnen der Wirtschaft definierte Prozentsätze für Kunststoffabfälle, insbesondere für die Kunststoffarten mit meist positiven Markterlösen, Grenzwerte zwischen 6-10 Ma.-% empfohlen. Die befragten zuständigen Behörden verschiedener Bundesländer setzten Grenzwerte von 2-6 Ma.-% an.

Um illegale Abfallverbringungen zu unterbinden, teilen die Vertreter und Vertreterinnen der Wirtschaft die Auffassung, dass bei der grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoffabfällen in und aus Nicht-OECD-Staaten die Einführung eines Grenzwertes von 2 Ma.-% für den Eintrag B3011 sinnvoll ist. Da sich im europäischen Raum Spezifikationen der Duales System Holding GmbH & Co. KG (DSD) etabliert haben und eine stoffliche Verwertung des Kunststoffabfalls auch bei Grenzwerten von über 6 Ma.-% technisch und wirtschaftlich zu realisieren ist, distanzieren sich einige Wirtschaftsvertreter und -vertreterinnen von der Grenzwertfestlegung von 6 Ma.-% für EU3011. Gründe dafür führen die Vertreter und Vertreterinnen der Sortier- und Recyclinganlagen mit dem bestehenden und gut funktionierenden System auf.

Die Fragestellung, ob es Ausnahmeregelungen für bestimmte Stoffströme, wie Folien aus der Landwirtschaft oder die Art und Form der Konditionierung (Artikel- oder Mahlgutebene) geben sollte, wurde mit der Anlaufstellenleitlinie Nr. 12 final geklärt. Mit einer Gleichstellung aller Kunststoffabfälle, die den Weg der grenzüberschreitende Abfallverbringung gehen, sind Sonderfälle unrechtmäßig.

Die Ausführung von Kontrollen wurde hingegen bislang nicht einheitlich spezifiziert. Dies ist technisch sehr komplex. Dennoch wäre es wünschenswert, wenn die Vorgaben zu Kontrollen zukünftig klar beschrieben und mit einer nachvollziehbaren Systematik vereinheitlicht werden würde. Handhabungen für den Vollzug vor Ort sind notwendig, um Sicherheit auf beiden Seiten zu schaffen. Mögliche Prüftechnik wie Nahinfrarot (NIR)-Handgeräte könnten die Arbeit dabei erleichtern, sind aber im Hinblick auf Handhabbarkeit und die Kosten für die technische Ausstattung zu prüfen.

Des Weiteren wird angeregt, dass Prüfungen mit einer nachvollziehbaren einheitlichen Systematik bei z.B. den Anlagen, aus denen die Abfälle stammen (Absender-Anlagen), entwickelt und beschrieben werden sollten. Hier kann auf bereits in der Praxis genutzte Verfahren für Probenahmen und Sortierungen zurückgegriffen werden.

Summary

At the 14th Conference of the Parties (COP) to the Basel Convention⁴ on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal, a decision was taken on new plastic waste in shipments. By transposing the decision into Regulation (EC) No. 1013/2006 on shipments of waste (VVA)⁵, these entries have been applicable in the European Union since Jan. 1, 2021.

During the drafting of the VVA, undefined legal terms were used, which, however, initially made standardized implementation difficult.

In order to define these undefined legal terms, it was necessary to develop the technical basis for interpretation.

With plastic waste exports of around one million tons in 2020, cross-border trade is very important for Germany. The main sectors in which plastic waste is generated are packaging, construction, vehicles and agriculture. However, industries such as electrical/electronic or medical also reflect potential volumes for cross-border shipment of plastic waste.

The green list of the Waste Shipment Regulation lists plastic entries that can be shipped across borders without notification. Within the EU, this applies to EU3011 and the mixture of EU3011, which are named in Annex IIIA, No. 4. Outside the EU and within the OECD countries, the entry B3011 and the mixture of PE, PP and PET apply analogously. The mixture of PE, PP and PET have to be intended for separate recycling.

For a cross-border shipment of EU3011 and B3011 without notification, the plastic waste must be "virtually free of impurities and other types of waste."

With the recently published correspondents Guideline No. 12, a clear definition of the term "contamination" has now been created. Contamination is defined as all non-hazardous foreign substances. This includes food residues (e.g. yogurt or margarine residues in both residue-empty and non-residue-empty cups) in plastic packaging or dirt (e.g., adhesions of soil, silage, or feed residues to plastic film). "Other types of wastes" include non-hazardous wastes such as paper, wood, and metals or plastic wastes, which are not listed in mixtures. Excluded are liquid residues after emptying liquids (e.g., residues of water or other liquids from PET bottles) and caps, lids, and labels that are classified as ancillary components of the plastic products that have become waste (e.g., PET bottle). These do not constitute contamination.

The discussion about the interpretation of the limit values could also be clarified with the correspondents Guideline No. 12. Where previously different interpretations were used at European level and within Germany with limit value definitions of 0 - 6% of the weight, a limit value of 6% of the weight was now defined in the correspondents Guideline No. 12 for EU3011 and the mixture from EU3011, which are named in Annex IIIA, No. 4. For a transboundary shipment to and from non-EU countries, a limit value of 2% of the weight was set for the entries B3011 and the mixture of B3011.

In addition to the research of technical basics, expert interviews along the value chain were conducted. The interviews were with representatives from industry and trade associations and competent authorities. The views of stakeholders were obtained during the negotiation process for the correspondents Guideline No. 12 and reflect the wish how to deal with the new entries of transboundary waste shipments. There is a consensus that standardized definitions must be

⁴ <http://www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP14/tabid/7520/Default.aspx> BC-14/12

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1013-20210111&qid=1663150694968>

created for the indeterminate legal terms such as "virtually free of...", but also for different interpretations of terms such as "impurities". This is important to create a legally stable basis for the necessity of determining inputs according to EU3011 and B3011 and the resulting legal requirements. Before the correspondents Guideline No. 12, representatives of the industry recommended defined percentages for plastic waste. Especially for the plastic types with mostly positive market revenues, limit values between 6-10% of the weight were recommended. The interviewed responsible authorities of different federal states set limits of 2-6% of the weight. The representatives of the industry share the opinion of a 2% of the weight limit value for transboundary shipment of B3011 to and from third countries. This is important to prevent illegal waste shipments.

The specifications of the Duales System Holding GmbH & Co. KG (DSD) have been established in Europe and its suitable for recycling since years, even with limit values of over 6%. Because of this some representative of the industry distance themselves from the limit value of 6% for EU3011.

The question if there should be exemptions for certain material flows, such as films from agriculture or the type and form of conditioning (article or flake level), was finally clarified in the correspondent Guideline No. 12. There are no exemptions for a limit value of 6% for a transboundary waste shipment allowed.

The execution of controls has not yet been standardized. This is technically very complex. Nevertheless, it would be preferable if the specifications for controls were clearly described and standardized with a transparent system.

Guidelines are necessary to create safety for the industry and executive authority. Possible inspection technology such as NIR handheld devices can make the work easier, but must be examined with regard to manageability and the costs.

Furthermore, it is suggested that inspections with a transparent, standardized system for e.g. sender should be developed and described. Sampling and sorting methods which are used in practice can be used here. Finally, the responsibility for inspections and tests is addressed.

1 Einleitung

Auf der 14. Vertragsstaatenkonferenz des Basler Übereinkommens wurde mit dem Ziel der Wahrung einer umweltverträglichen Behandlung von Abfällen beschlossen, dass die Kontrollen und Überwachungen bei der grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoffabfällen verbessert werden sollen. Ziel ist es, illegalen Abfalltransporten entgegenzuwirken. Dafür wurden die neuen Einträge A3210, Y48 und B3011 für Kunststoffabfälle verabschiedet. Die neuen Einträge definieren, welche Kunststoffabfälle als freie Handelsware verbracht werden können und welche notifizierungspflichtig sind. Dabei sind auch Vorgaben an die Reinheit der Kunststoffabfälle enthalten. Diese enthalten jedoch unbestimmte Rechtsbegriffe und bedürfen daher der Auslegung durch die implementierenden Staaten und Staatengemeinschaften.

In der EU wurden die neuen Einträge für Kunststoffabfälle zum 1. Januar 2021 in der Abfallverbringungsverordnung⁶ (VVA) umgesetzt. Somit gelten aktuell die neuen Einträge für Kunststoffabfälle AC300, EU48, EU3011 und „Gemisch aus EU3011“ innerhalb Europas. Für die grenzüberschreitende Verbringung in oder aus nicht EU-Staaten gelten die Einträge A3210, Y48, B3011 und „Gemisch aus B3011“.

Lediglich B3011 bzw. EU3011 sowie deren jeweiligen Gemische laut Anhang IIIA Nr. 4 der VVA dürfen ohne Notifizierung verbracht werden; diese unterliegen lediglich den Informationspflichten gemäß Art. 18 VVA. Bei der grenzüberschreitenden Verbringung in und aus Nicht-OECD-Staaten gelten strengere Regeln, so muss zusätzlich eine stoffliche Verwertung im Zielland nachgewiesen werden.

Die in diesen Einträgen enthaltenen unbestimmten Rechtsbegriffe („nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen“ und „nahezu ausschließlich“) bedürfen einer Konkretisierung im Hinblick auf die qualitativen Ansprüche an die Kunststoffabfälle. Dafür müssen eindeutige Grenzwerte definiert werden, an denen ersichtlich wird, ob die Abfälle diesen Anforderungen genügen oder doch einer Notifizierungspflicht unterstehen. In diesem Zusammenhang herrschten insbesondere in den Jahren 2020/2021 in Deutschland Diskussionen zwischen Akteuren der Wirtschaft, Verbänden und Behörden.

Dieser Bericht gibt einen allgemeinen Einblick über den Stoffstrom der Kunststoffabfälle, zu potentiellen Definitions- und Spezifikationsgrundlagen und zum aktuellen Umgang bei Kontrollen sowie bei Sortier- und Verwertungsanlagen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse von Interviews mit Vertretern und Vertreterinnen der Wirtschaft und Behörden dargelegt, welche ein allgemeines Meinungsbild widerspiegeln, wie die neuen Kunststoffeinträge umgesetzt und in praxi angewendet werden können.

Auf europäischer Ebene wurde dieses Thema ebenfalls zwischen den Mitgliedstaaten verhandelt. Im Ergebnis trat am 03.12.2021 die neue Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 127 in Kraft, welche die Diskussionen über Grenzwerte einheitlich klärte.

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1013-20210111&qid=1663150694968> (EG) Nr. 1013/2006

⁷ <https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-05/Anlaufstellen-Leitlinien%20Nr.%2012%20deutsch%2003122021%20corr.pdf>

2 Methodisches Vorgehen

Für die Bearbeitung der vorliegenden Arbeit wurden Recherchen und Interviews durchgeführt. Je nach Themenfeld wurden Statistiken, Definitionen, Spezifikationen, Normen und Richtlinien herangezogen, die einen Beitrag zur Thematik Kunststoffabfälle und deren Verbringung beitragen konnten.

Begleitend wurden umfangreiche Interviews geführt, mit dem Ziel, Erfahrungen aus der Praxis in die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen einzubeziehen und Ergebnisse aus der Recherche zu verifizieren. Dabei wurden Vertreter und Vertreterinnen aus allen relevanten Bereichen berücksichtigt (Sortierer, Händler, Systembetreiber des dualen Systems, Verwerter / Recycler, Verbände, Berater, Logistiker, Anlagenhersteller und Behörden). Durch die Auswahl der Akteure wurde so die gesamte Wertschöpfungskette abgebildet.

Die Befragung erfolgte zum Großteil telefonisch, einige Beiträge wurden in schriftlicher Form eingereicht. In der Ausarbeitung der Inhalte des Berichtes wurden die Aussagen in gebündelter und anonymisierter Form zusammengefasst.

Die Workshops mit den Vertretern und Vertreterinnen der Wirtschaft und von Wirtschaftsverbänden sowie mit Behörden dienten sowohl der Verifizierung/Falsifizierung der Untersuchungsergebnisse als auch der Information der Akteure, insbesondere da zwischenzeitlich die Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 verabschiedet wurde.

Bei der Darstellung des Umgangs mit Kontrollen und der aktuellen Situation in den Sortier- und Verwertungsanlagen wurden in diversen Kapiteln sowohl Datenrecherchen, als auch Aussagen aus den geführten Interviews verwendet. Um die Meinungen der Interviewpartner von den Daten zu distanzieren, werden sie als solche kenntlich gemacht.

3 Gesetzlicher Hintergrund

3.1 Das Basler Übereinkommen

Seit dem 20. Juli 1995 gehört Deutschland zu den nunmehr rund 180 Vertragsstaaten des Basler Übereinkommens⁸ für die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung. Das Abkommen ist am 05. Mai 1992 in Kraft getreten.

Mit diesem Abkommen wurde erstmalig eine weltweite Regelung zur Kontrolle der grenzüberschreitenden Abfallverbringung gefährliche Abfälle einschließlich ihrer Entsorgung getroffen. Demnach benötigen diese Abfallverbringungen grenzüberschreitend die Zustimmung aller beteiligten Behörden: Ausfuhrland, sämtliche Durchfuhrländer sowie das Empfängerland. So sollen besonders Länder ohne notwendige technische Voraussetzungen für den Umgang eben dieser Abfälle geschützt werden. Ergänzt wird das Abkommen durch den OECD-Beschluss über die Verbringung von Abfällen zur Verwertung (Europäische Parlament und der Rat, 2006).

Für die Verbringung von ungefährlichen Abfällen in Nicht-OECD-Staaten gilt die EG-Verordnung 2021/1840 der Kommission vom 20. Oktober 2021 mit Verweis auf die in den Anhängen III und IIIA der VVA aufgeführten Abfälle, welche zur Verwertung bestimmt sind (Europäische Kommission, 2020).

3.2 Die Abfallverbringungsverordnung (VVA)

Seit dem 01.01.2021 gelten nach einer Überarbeitung der Abfallverbringungsverordnung VVA⁹ neue Kunststoffeinträge (Europäische Parlament und der Rat, 2006).

Dem Abfallcode EU3011 werden bestimmte ungefährliche Kunststoffabfälle zugeordnet, die nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen sind. Zu den bestimmten ungefährlichen Kunststoffabfällen zählen die Gruppen:

1. Nahezu ausschließlich bestehend aus einem nicht halogenierten Polymer oder ein Gemisch aus diesen Polymeren (PE, PP, PS, ABS, PET, PC, Polyether und anderes nicht halogenierte Polymer)
2. Nahezu ausschließlich bestehend aus einem ausgehärteten Harz oder Kondensationsprodukt (Harnstoff-Formaldehyd-Harze, Phenol-Formaldehyd-Harze, Melamin-Formaldehyd-Harze, Epoxidharze, Alkydharze, anderes Harz) oder einem Gemisch aus diesen Harzen
3. Nahezu ausschließlich bestehend aus einem bestimmten fluorierten Polymer (FEP, PFA, MFA, PVF, PVDF, PTFE) oder einem Gemisch aus PFA und MFA (und keine Verbraucherabfälle darstellen)
4. PVC

Diese Abfälle entsprechen der sogenannten „Grünen Liste“ und können innerhalb der EU ohne Notifizierung verbracht werden. Laut Artikel 18 der VVA muss beim Transport ein ausgefülltes Dokument nach Anhang VII der Verordnung mitgeführt werden. Gemische aus den sogenannten „grün gelisteten“ Kunststoffabfällen können nur grün gelistet werden, wenn sie im Anhang IIIA der VVA ausdrücklich genannt werden (Europäische Parlament und der Rat, 2006).

Dem Abfallcode AC300 werden gefährliche Abfälle zugeordnet, welche notifizierungspflichtig sind. Dem Abfallcode EU48 werden nicht gelistete Kunststoffabfälle zugeordnet, die weder dem

⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993D0098&from=DE>

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1013-20210111&qid=1663150694968>

Abfallcode AC300 zuzuordnen sind, noch der Qualität nach Abfallcode EU3011 oder einem Gemisch aus EU3011 laut Anhang IIIA der VVA entsprechen. Abfälle des Codes EU48 müssen notifiziert werden.

Dem Abfallcode B3011 werden bestimmte sortenreine Kunststoffabfälle zugeordnet, die nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen und die für die grenzüberschreitende Verbringung in Nicht-EU-Staaten vorgesehen sind. Dieser Abfallcode ist nicht notifizierungspflichtig, wenn die Kunststoffabfälle als grün gelistete Abfälle den folgenden Gruppen zuzuordnen sind:

1. Nahezu ausschließlich bestehend aus einem nicht halogenierten Polymer (PE, PP, PS, ABS, PET, PC, Polyether und anderes nicht halogenierte Polymer) oder einem Gemisch aus PE, PP und PET
2. Nahezu ausschließlich bestehend aus einem ausgehärteten Harz oder Kondensationsprodukt (Harnstoff-Formaldehyd-Harze, Phenol-Formaldehyd-Harze, Melamin-Formaldehyd-Harze, Epoxidharze, Alkydharze)
3. Nahezu ausschließlich bestehend aus einem bestimmten fluorierten Polymer (FEP, PFA, MFA, PVF, PVDF)

Zusätzlich muss nachgewiesen werden, dass diese Abfälle zum Recycling bestimmt sind. Eine grenzüberschreitende Verbringung zur energetischen oder sonstigen Verwertung entspricht nicht diesem Sachverhalt und ist notifizierungspflichtig. Die grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen mit dem Abfallcode B3011 in Nicht-OECD-Länder werden derzeit als notifizierungspflichtig eingestuft. Zukünftig soll von einer Notifizierung abgesehen werden, wenn der jeweilige Staat das Dokument nach Anhang VII der VVA explizit als ausreichend ansieht. Gegebenenfalls kann es sogar zu Verbringungsverboten kommen. Einzelfälle werden in der VVA beschrieben. Da die aktuell gültige Fassung noch keine Festlegung der neuen Abfallcodes enthält, müssen sämtliche grenzüberschreitende Verbringungen von B3011 in Nicht-OECD-Staaten bisher notifiziert werden (bvse SAM Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH, 2020).

Dem Abfallcode A3210 werden gefährliche Kunststoffabfälle zugeordnet, welche in OECD-Staaten notifizierungspflichtig sind. Abfälle mit dem Abfallcode A3210 dürfen nicht in Nicht-OECD-Staaten verbracht werden. Dem Abfallcode Y48 werden nicht gelistete Kunststoffabfälle zugeordnet, die weder den Abfallcodes B3011 oder A3210 zuzuordnen sind. Dazu zählen auch Kunststoffabfälle aus der grünen Liste. Abfälle des Codes Y48, welche in OECD-Staaten verbracht werden, müssen notifiziert werden. Eine grenzüberschreitende Verbringung in Nicht-OECD-Staaten ist verboten (bvse SAM Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH, 2020).

3.3 Die Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12

Am 03. Dezember 2021 ist die Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12¹⁰ zur Einstufung von Kunststoffabfällen in Kraft getreten. Dieser ist zu entnehmen, welche Personen die Verbringung solcher Abfälle veranlassen und welche Behörden für die Durchsetzung der VVA zuständig sind.

Es erfolgte eine Interpretation der Begriffe „nahezu frei von“, „Verunreinigung und anderen Arten von Abfällen“ und „nahezu ausschließlich aus ... bestehend“ (Europäische Kommission, 2021). Demnach stellen diese für Kunststoffabfälle in der grenzüberschreitenden Verbringung innerhalb der EU-Staaten einen zugelassenen Gehalt von 6 Ma.-% an Verunreinigungen und

¹⁰ <https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-05/Anlaufstellen-Leitlinien%20Nr.%2012%20deutsch%2003122021%20corr.pdf> (deutsch)

anderen Arten von Abfällen sicher und 2 Ma.-% bei der Verbringung in OECD beziehungsweise Nicht-OECD Staaten. Eine Ausnahme stellt die Niederlande dar, die nur einen zulässigen Prozentsatz von 2% auch für Importe aus EU-Staaten akzeptieren, was nach der Anlaufstellen-Leitlinie ein Mitgliedsstaat auf nationaler Ebene entscheiden kann. Für zugelassene Gemische von Kunststoffabfällen sind die gleichen Prozentsätze zulässig.

Des Weiteren sind Handlungsempfehlungen zur Einstufung von gefährlichen Kunststoffabfällen, wie Kunststoffabfälle, welche persistente organische Schadstoffe (POPs) enthalten, angeführt. Ergänzt werden diese Erläuterungen durch weitere Konkretisierungen zu den Einträgen von Kunststoffabfällen, zu den anzuwendenden Verfahren für die Verbringung von Kunststoffabfällen und deren Kontrollen (Europäische Kommission, 2021).

Anlaufstellen-Leitlinien sind nicht rechtsbindend, stellen aber die gemeinsame Auffassung aller EU-Mitgliedstaaten zur Frage dar, wie die VVA¹¹ auszulegen ist. Anlaufstellen-Leitlinien sind laut europäischer Kommission¹² spätestens nach drei Jahren zu evaluieren (Europäische Kommission, 2021).

Die Definition der Begriffe „Verunreinigung“ und „anderen Arten von Abfällen“ wurden ebenfalls aufgenommen. So sind Etiketten, Deckel oder Wasseranhaftungen in Flaschen (Entleerte Getränkeflaschen) nicht als Verunreinigung einzustufen, wohingegen Essensreste oder Schmutz (zum Beispiel Erdanhaftungen) Verunreinigungen darstellen. Dazu gehören dann auch Joghurt- oder Ketchup-Reste, die bei einer haushaltsüblichen Leerung eines Produktes in der Verpackung verbleiben und zu den 6 Ma.-% beziehungsweise 2 Ma.-% gerechnet werden (Europäische Kommission, 2021).

¹¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1013-20210111&qid=1663150694968>

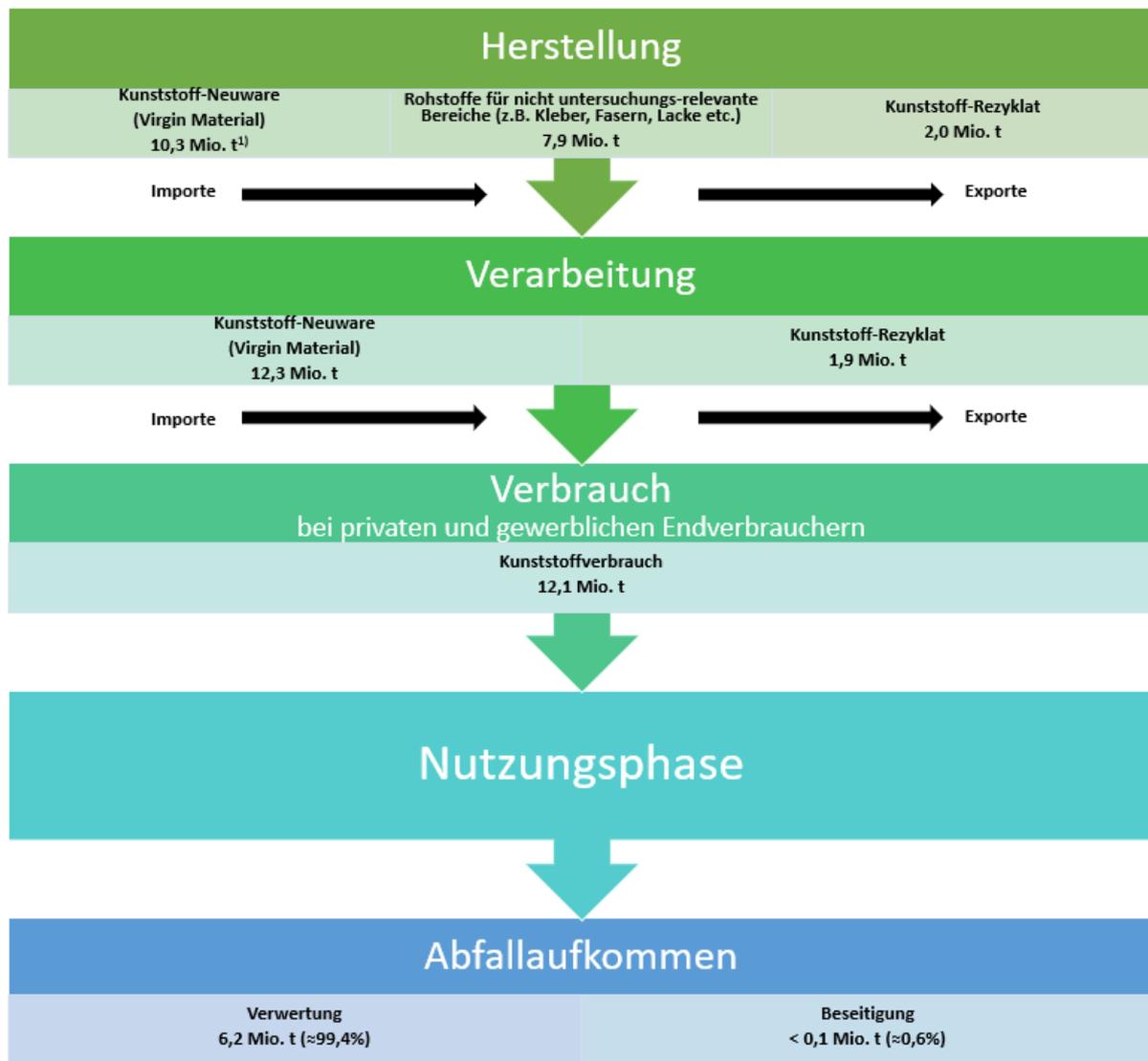
¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R2174&from=PL>

4 Kunststoffströme und ihre Behandlung

Die umfassendste Grundlage für Daten zum Kunststoffstrom in Deutschland bietet die Conversio Studie – Stoffstrombild Kunststoff in Deutschland 2019 (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020). Sie wurde im August 2020 von der Conversio Market & Strategy GmbH veröffentlicht. Innerhalb der Studie werden die Bereiche Produktion, Verarbeitung, Verbrauch, Abfallaufkommen und Verwertung sowie Kunststoffrezyklate und deren Einsatzgebiete dargestellt. Diese Daten ermöglichen eine Übersicht über die verschiedenen Branchen, in denen Kunststoffabfälle anfallen sowie über die Abfallarten und -mengen. Dabei werden Kunststoffabfälle die bei Herstellung oder Produktion anfallen (Post-Industrial) und solche, die beim Verbraucher und bei der Verbraucherin anfallen (Post-Consumer) betrachtet. Als Herausgeber treten die Fachverbände entlang der Wertschöpfungskette auf. Die folgenden Zahlen sind dieser Studie entnommen und beziehen sich, wenn nicht anders angemerkt, auf Deutschland.

In der Abbildung 1 wird der Stoffstrom der Kunststoffe in Deutschland schematisch dargestellt. Dabei werden die jeweiligen Phasen mit Daten für das Jahr 2019 ausgewiesen.

Abbildung 1: Stoffstrom Kunststoffe in Deutschland 2019 (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)



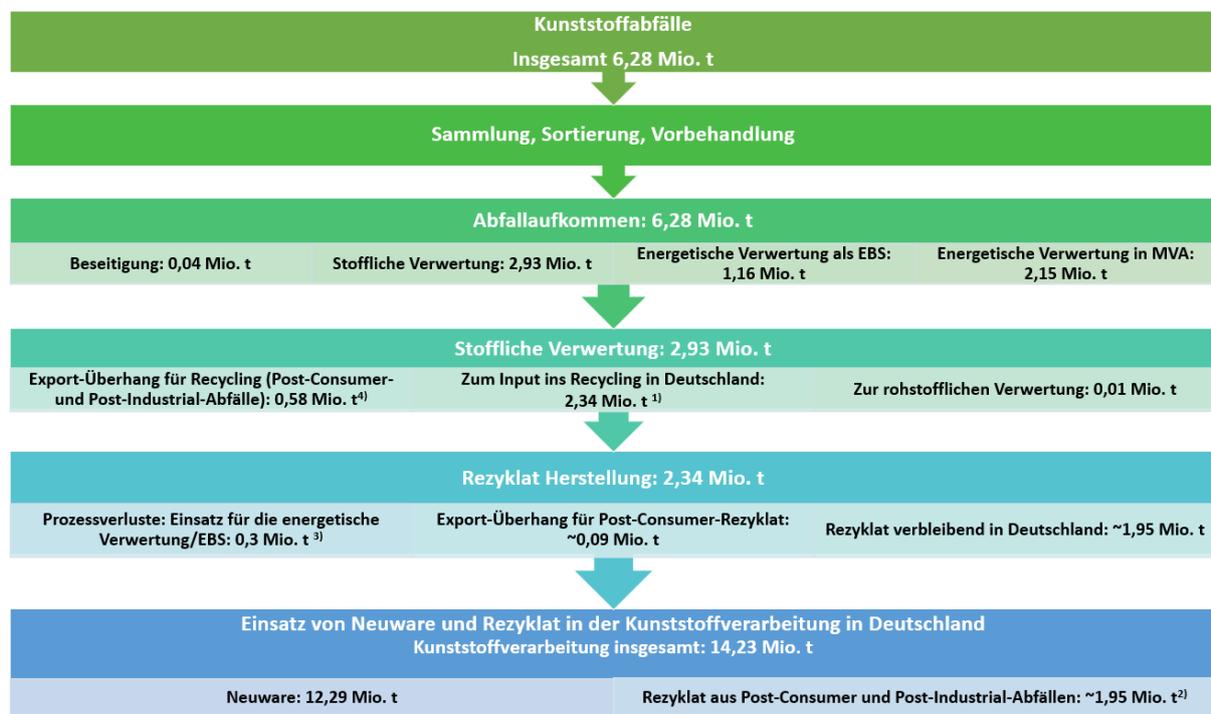
¹⁾ „Kunststoffarten: PE-LD/LLD, PE-HD/MD, PP, PVC, PS, PS-E, PA, PET, ABS, ASA, SAN, PMMA, Sonst. Thermoplaste, Sonst. Kunststoffe inkl. PUR“ (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

Laut der Studie wurden im Jahr 2019 ca. 20,2 Mio. Mg Kunststoffe aus Primär- und Sekundärrohstoffen hergestellt. Die Neuware machte einen Anteil von rund 90 Ma.-% (18,2 Mio. Mg) aus. Dabei wird zwischen Kunststoffwerkstoffen und sonstigen Kunststoffen wie zum Beispiel Kleber, Farben oder Lacke unterschieden. Für das hier behandelte Projekt sind die Kunststoffwerkstoffe von zentraler Bedeutung, die sich 2019 auf eine Menge von 10,3 Mio. Mg Neuware und 2,0 Mio. Mg Rezyklate beliefen. Diese gewonnenen Rezyklate wurden aus Post-Industrial und Post-Consumer Kunststoffabfällen generiert.

In den folgenden Abbildung 2 und Abbildung 3 wird die Wertschöpfungskette mit ihren Mengenströmen vom Anfall des Kunststoffabfalls über die Verwertung bis zum Wiedereinsatz verdeutlicht. Dabei beginnen die Abbildungen mit dem Anfall der Kunststoffabfälle und differenzieren detaillierter die jeweiligen Verwertungswegen. Dadurch wird der Anteil an Kunststoffabfällen, der für ein Recycling zur Verfügung steht, anschaulich bilanziert. Mit einer Unterscheidung bei den Abbildungen zwischen Post-Consumer-Kunststoffabfällen und der

Summe an Kunststoffabfällen, die in Deutschland anfallen, wird der große Anteil an Post-Consumer-Kunststoffabfällen am Gesamtaufkommen ersichtlich.

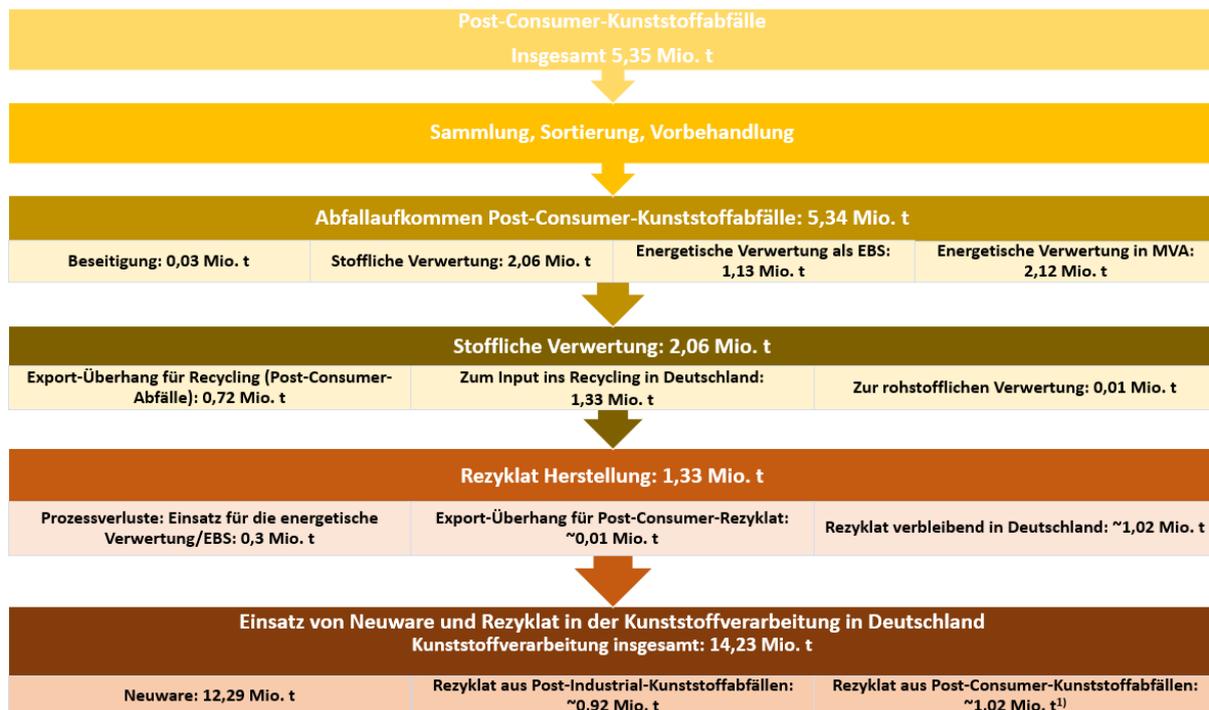
Abbildung 2: Wesentliche Ergebnisse der Aufbereitung von KST-Abfällen und Wieder-Einsatz (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)



„Stoffstrombild: Aufbereitung von Kunststoffabfällen zum Wieder-Einsatz in der Kunststoffverarbeitung (Werte für Darstellung gerundet)

- 1) Davon rd. 1,83 Mio. t Input bei Recyclingbetrieben sowie rd. 0,47 Mio. t Input in internes Recycling bei Kunststoffverarbeitern
- 2) Inklusive Ca: 0,15 Mio. t Rezyklat bei Recyclern mit eigener Produktherstellung
- 3) Geringfügige Mengen an Prozessverlusten beim Recycling von Post-Industrial-Abfällen wurden in den dargestellten Mengen für „Energetische Verwertung in MVA bzw. als EBS“ bereits berücksichtigt
- 4) Ergibt sich aus einem Export-Überhang bei Post-Consumer-Abfällen i. H. v. 0,72 Mio. t und einem Import-Überhang bei Post-industrial-Abfällen i. H. v. 0,14 Mio. t“ (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

Abbildung 3: Wesentliche Ergebnisse der Aufbereitung von KST-Abfällen und Wieder-Einsatz Post-Consumer 2019 (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)



„Stoffstrombild: Aufbereitung von Post-Consumer-Abfällen zum Wieder-Einsatz in der Kunststoffverarbeitung

¹⁾ Inklusive ca. 0,15 Mio. t Rezyklat bei Recyclern mit eigener Produktherstellung“ (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

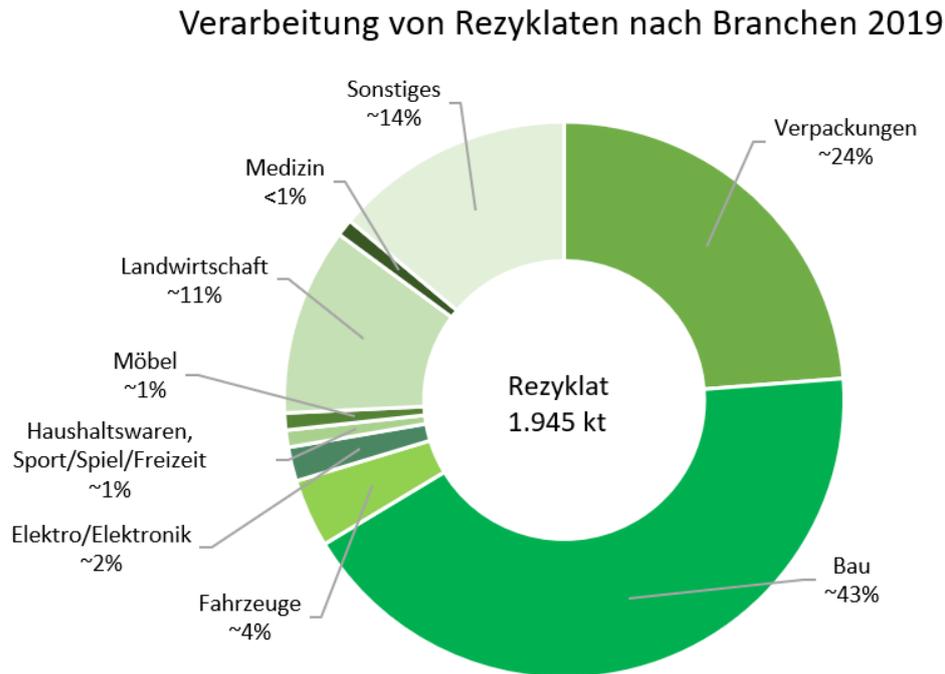
Mit den steigenden Anforderungen durch die gesetzlichen Regelungen zum Beispiel in Form von erhöhten Recycling-Quoten nach VerpackG oder der Diskussion um Post-Consumer-Rezyklateinsatzquoten wird in den kommenden Jahren der Herstellung von Rezyklaten eine zunehmende Rolle zukommen. Mit einem Aufkommen von ca. 2 Mio. Mg Rezyklaten aus Post-Consumer und Post-Industrial-Kunststoffabfällen im Jahr 2019 konnte Neuware eingespart werden. Dabei sind nicht alle Branchen und Einsatzfelder für den Einsatz von Rezyklaten gleichermaßen geeignet. In der Tabelle 1 wird ersichtlich, welche Branchen welche Mengen an Kunststoffrezyklate verarbeitet.

Tabelle 1: Verarbeitung von Neuware und Rezyklat nach Branchen (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

Kunststoffverarbeitung 2019	Insgesamt (Neuware u. Rezyklat) (kt)	Verarbeitung von Neuware und Rezyklat			
		Neuware (kt)	Rezyklat (kt)	Neuware (%)	Rezyklat (%)
Verpackung	4.369	3.895	474	89,1%	10,1%
Bau	3.583	2.749	834	76,7%	23,3%
Fahrzeuge	1.509	1.426	83	94,5%	5,5%
Elektro/Elektronik	881	850	31	96,5%	3,5%
Haushaltswaren, Sport/Spiel/Freizeit	464	454	10	97,8%	2,2%
Möbel	456	435	21	95,4%	4,6%
Landwirtschaft	586	372	214	63,5%	36,5%
Medizin	271	271	0	99,9%	0,1%
Sonstiges	2.116	1.839	277	86,9%	13,1%
Total	14.235	12.290	1.945	86,3%	13,7%

Laut der Tabelle 1 wurden in der Kunststoffverarbeitung 14,2 Mio. Mg Kunststoffwerkstoffe eingesetzt (Neuware und Rezyklate), wobei der Einsatz von Rezyklaten 13,4 Ma.-% (1,9 Mio. Mg) ausmachte. Davon wurden rund 1 Mio. Mg aus Post-Consumer-Abfällen hergestellt. Es wurden in der Studie die Einsatzfelder Bau, Landwirtschaft, Medizin, Verpackung, Fahrzeuge, Elektro / Elektronik, Haushaltswaren, Sport / Spiel / Freizeit und Möbel identifiziert. Der Kunststoffverbrauch der Endverbraucher wurde in Höhe von 12,1 Mio. Mg ermittelt (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020).

Abbildung 4: Verarbeitung von Rezyklaten nach Branchen 2019 Platzhalter (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)



Einsatz finden Kunststoffrezyklate vor allem in den Bereichen Verpackungen, Bau, Automotiv und Elektro / Elektronik, aber auch Landwirtschaft (Siehe Abbildung 4). Die hergestellten Rezyklate werden zu rund 70 Ma.-% als Ergänzung bzw. Substitut von Neuware eingesetzt, 36,5% als Substitution von Werkstoffen wie Beton, Stahl oder Holz und 0,6 Ma.-% als Reduktionsmittel in der Stahlindustrie (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020).

Entsprechend der Einsatzfelder sind Kunststoffverbrauch und Kunststoff-Abfallaufkommen in Tabelle 2 dargestellt. Dabei werden exemplarisch die Post-Consumer Abfälle aufgeführt, da in diesem Bereich eine deutlich bessere Datenlage vorherrscht und sie mit ca. 85% den Großteil der Gesamtkunststoffabfälle in Deutschland im Jahr 2019 ausmachen (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020).

Tabelle 2: Post-Consumer-Kunststoffabfälle nach Einsatzfeldern (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

Einsatzfelder	Gegenüberstellung Anteil im Kunststoffverbrauch vs. Abfallaufkommen		Post-Consumer-Abfälle in kt		Veränderung ggü. 2017
	Kunststoffverbrauch	Abfallaufkommen	2017	2019	Nominal
Verpackung	26,6%	59,1%	3.081	3.160	2,6%
Bau	24,3%	9,8%	495	522	5,4%
Fahrzeuge	9,1%	4,4%	232	233	0,5%
Elektro/Elektronik	7,7%	5,9%	307	316	3,0%
Haushaltswaren, Sport, Spiel, Freizeit	5,0%	3,2%	158	169	7,0%
Landwirtschaft	4,6%	5,5%	277	295	6,4%
Sonstiges ¹⁾	5,3%	12,3%	651	655	0,7%
Gesamt	100%	100%	5.201	5.350	2,9%

¹⁾ „Sonstiges“ inkludiert verschiedene Einsatzfelder mit jeweils geringen Mengenanteilen (wie Möbel, Medizin, technische Anwendungen und Maschinenbau etc.)

Zu erkennen ist eine höhere Post-Consumer-Abfallmenge im Jahr 2019 über alle Einsatzfelder im Vergleich zum Jahr 2017. Die Steigerungen liegen zwischen < 1 Ma.-% (z.B. im Fahrzeugbereich) und > 6 Ma.-% (z.B. Einsatzfelder Landwirtschaft, Sport, Spiel, Freizeit und Haushaltswaren). Im Vergleich zum Jahr 2017 hat sich die Menge insgesamt an Kunststoffabfällen um 2,6 Ma.-% erhöht. Für langlebige Produkte aus Kunststoff im Baubereich (z.B. Rohre, Fenster, Fußbodenbeläge) konnte eine Zunahme der Mengen verzeichnet werden (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020).

Nach Tabelle 2 machen mit rund 59 Ma.-% die Verpackungen den größten Anteil an Post-Consumer-Kunststoffabfällen aus, was einer Menge von 3,16 Mio. Mg im Jahr 2019 entsprach. Im Vergleich zu anderen Sektoren existieren im Bereich der systembeteiligungspflichtigen Verpackungsabfälle¹³ die meisten Informationen. Dabei unterstützend ist die Nachweispflicht über die Mengenströme zur Verwertung (Mengenstromnachweis) laut § 17 Verpackungsgesetz (VerpackG), was eine hohe Transparenz der Mengen, deren Transporte und Verwertung für die zuständigen Behörden mit sich bringt (Bundesrepublik Deutschland, 2017).

¹³ <https://www.gesetze-im-internet.de/verpackg/BINR223410017.html>

Tabelle 3: Erfasste und entsorgte Kunststoffabfallmengen (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

Abfallströme	Abfallmenge insgesamt in diesem Abfallstrom	Erfasste und entsorgte Kunststoffabfallmengen				
	in kt	Menge an Kunststoffen in kt	Verwertung insgesamt in kt	Stoffliche Verwertung ⁴⁾ in kt	Energetische Verwertung in kt	Beseitigung in kt
Haushaltsrestmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	17.500	1.045	1.033	0	1.033	12
LVP-Sammlung	2.750	1.175	1.175	514	661	0
PET-Flaschensammlung	460	440	440	425	15	0
WEEE Sammlung	780	205	205	50	155	0
Sperrmüll ¹⁾ und Wertstoffsammlung ²⁾	2.750	290	288	45	243	2
Gewerbeabfälle über private Entsorger (Primärabfälle ohne Mineralik)	56.000	1.210	1.199	244	955	11
Altfahrzeuge	550	85	81	20	61	4
Sammelsysteme für gewerbliche Verpackungen	900	780	775	650	125	5
Sonstige Sammel- und Verwertungssysteme	200	120	120	115	5	0
Kunststoffproduzenten	---	56	55	46	9	1
Kunststoffverarbeiter ³⁾	---	871	869	819	50	2
Gesamt	---	6.277	6.240	2.928	3.312	37

¹⁾ „Z.B. Möbel, Teppiche, „weiße Ware“, „braune Ware“

²⁾ Diverse Kunststoffprodukte z.B. Rohr, Behälter, Folien aus Haushalt und Gewerbe aus Bringsystemen (z.B. Bayern und Baden-Württemberg)

³⁾ Abfälle von Kunststoffverarbeitern (z.B. Extrusion, Spritzgießen), aber auch Weiterverarbeitung (z.B. Fensterbau)

⁴⁾ Inkl. 14 kt rohstoffliches Recycling“ (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

In der Tabelle 3 sind die erfassten und entsorgten Kunststoffabfälle nach Anfallorten gelistet. Die Zahlen aus den beiden Abbildungen sind nicht in einen direkten Zusammenhang zu bringen, was die Mengendarstellung betrifft, da die in Tabelle 2 genannten Einsatzfelder nicht deckungsgleich mit den definierten Anfallorten in Tabelle 3 sind und so die Mengenbezüge nicht direkt ableitbar sind.

Abgeleitet aus der Tabelle 3 wurden in 2019 1,18 Mio. Mg Kunststoffabfälle über die Sammlung von systembeteiligungspflichtigen Leichtverpackungsabfällen (LVP) erfasst und in eine Verwertung gebracht. Über die Sammelsysteme für gewerbliche Verpackungen waren es 0,78

Mio. Mg. Darüber hinaus wurden Kunststoffabfälle auch über die Anfallstellen „PET-Flaschensammlung“ oder „sonstige Sammel- und Verwertungssysteme“ generiert. Wie hoch der tatsächliche Anteil Verpackungen an den gesammelten Kunststoffabfällen an den unterschiedlichen Anfallstellen ist, kann der Tabelle nicht entnommen werden. So ist der direkte Abgleich zu Tabelle 2 nicht möglich. Hervorzuheben ist jedoch der deutlich höhere Anteil gesammelter Kunststoffabfälle über die LVP-Sammlung.

Zu den Anfallstellen gehören neben dem Dualen System (gelber Sack / Gelbe Tonne) auch die Elektro / Elektronikaufbereitung, Automotiv, Bau- und die Landwirtschaft. Darüber hinaus sind noch die Bereiche Gewerbeabfall- und Sperrmüllaufbereitung zu nennen, in denen Kunststofffraktionen durch Sortierung generiert werden.

In anderen Einsatzfeldern wie Automobil oder Elektrogeräte entstehen nach einer ersten Aufbereitung (z.B. Demontage / Shredder) oft Mischfraktionen aus Kunststoffen und anderen Nichtmetallen (Gummi, Textilien etc.), deren Beschreibung nicht über Einzelmaterialien, sondern über Abfallschlüsselnummern des gesamten Stoffstroms nach der ersten Aufbereitung abgebildet werden (z.B. 191004: Shredderleichtfraktion und Staub). An diesem Punkt endet die Nachweisbarkeit, da sich die Kunststoffabfälle mit weiteren Materialströmen anderer Aufbereitungsprozessen derselben Abfallschlüsselnummer vermengen, wobei die ursprüngliche Erst-Anfallstelle (z.B. Automobil, Bau oder Elektronik) bzw. Materialart im Einzelnen nicht als solche hinterlegt ist. Eine Größenordnung kann der Tabelle 3 entnommen werden, nach der über die WEEE-Sammlung (Waste from Electrical and Electronic Equipment) 0,2 Mio. Mg und über die Anfallstelle Altfahrzeuge 0,09 Mio. Mg Kunststoffabfälle in 2019 generiert wurden. Es ist den Zahlen nicht zu entnehmen, welcher Anteil an Kunststoffen in den bereits erwähnten Mischfraktionen anfallen. Werden Mischfraktionen einer weiteren Verwertung überlassen, ist zu bedenken, dass über die Mischung auch große Anteile an Feuchtigkeit und Fremdstoffen eingebracht werden. Die so entstehenden Rezyklate können dabei Restfremdstoffe enthalten, was bei sortenrein erfassten Kunststoffen nicht der Fall ist.

Tabelle 4: Recycling-, Verwertungs- und Beseitigungsquoten im Vergleich zwischen den Gesamtkunststoffabfällen und den Post-Consumer-Kunststoffabfälle in Deutschland 2019 (Lindner, Schmitt, & Hein, 2020)

Recycling-, Verwertungs- und Beseitigungsquoten Im Vergleich zwischen Gesamtkunststoffabfälle und Post-Consumer-Kunststoffabfällen im Jahr 2019	Gesamtkunststoffabfälle	Post-Consumer- Kunststoffabfälle
Recyclingrate	46%	39%
- Werkstofflich	46%	38%
- Rohstofflich	<1%	<1%
Verwertungsrate	99%	99%
- Energetisch	52%	61%
Beseitigung	<1%	1%
- Deponie	<1%	1%

Abfallseitig wurden im Jahr 2019 6,3 Mio. Mg Kunststoffabfälle erfasst, von denen rund 99,4 Ma.-% (6,2 Mio. Mg) verwertet wurden. Dabei entfielen auf die Anfallstellen aus dem Bereich Post-Consumer 5,35 Mio. Mg und 0,93 Mio. Mg auf Post-Industrial. Auch bezogen auf die Menge an Kunststoffabfällen von 6,3 Mio. Mg, betrug der Anteil an stofflicher (meist werkstofflicher) Verwertung 47 Ma.-% und an energetischer Verwertung 53 Ma.-%.

4.1 Export / Import von Kunststoffabfällen

In der Abbildung 2 und Abbildung 3 werden neben der Aufbereitung von Kunststoffabfällen und deren Wieder-Einsatz in der Kunststoffverarbeitung auch Exporte als Export-Überhang dargestellt. Insgesamt ist ein Exportüberhang von Kunststoffabfällen zum Recycling von rund 0,58 Mio. Mg. zu erkennen. Dieser ergibt sich insbesondere durch den Exportüberhang bei Post-Consumer-Abfällen in Höhe von 0,72 Mio. Mg. Hinsichtlich der Post-Industrial Kunststoffabfälle werden dagegen mehr Mengen zum Recycling importiert als exportiert (Import-Überhang von 0,14 Mg).

Im Vergleich zu 2019 hat sich die Exportsituation Deutschlands im laufenden Jahr 2021 stark verändert. Grund dafür ist in erster Linie die Covid-Pandemie und deren Einfluss auf die wirtschaftliche Konjunktur und die Logistik. Die Zahlen des statistischen Bundesamtes zeigen zum Beispiel, dass im Vergleich zum ersten Halbjahr 2020 im ersten Halbjahr des Jahres 2021 ca. 27 Ma.-% (355.600 Mg) weniger an „Abfällen, Schnitzel und Bruch von Kunststoffen“ exportiert wurden. Damit einher ging auch eine Preissteigerung von durchschnittlich 262 Euro pro Mg in 2020 auf 332 Euro pro Mg für exportierte Kunststoffabfälle, was einer Preissteigerung von 26,7 Ma.-% entspricht. Festzustellen war auch eine Senkung von Direktlieferungen von Deutschland nach Asien. Darüber hinaus verzeichnete Deutschland einen Rückgang um ca. 17 Ma.-% an Altkunststoff-Importen (EUWID 0. , 2021) (EUWID 1. , 2021).

Statistischen Meldungen zufolge sind die Exportmengen in die Länder der wichtigsten Handelspartner Deutschlands stark rückläufig. Dazu gehören unter anderem Tschechien, Frankreich, Schweiz, Österreich und Belgien. Ein vorläufiges Einfuhr-Verbot von PE-Abfällen in die Türkei hatte 2021 einen starken Mengeneinbruch bei den Direkt-Exporten aus Deutschland zur Folge. Während in der gesamten ersten Jahreshälfte 2021 rund 59.000 Mg Kunststoffabfälle dorthin verbracht wurden, macht der Juni mit rund 1.200 Mg nur einen geringen Anteil davon aus. Insgesamt sind aber in 2021 die Exporte in die Türkei um 2 Ma.-% im Vergleich zu 2020 gestiegen (EUWID 0. , 2021).

In Bezug auf die Niederlande wurde im Vergleich zu 2020 bei einer Menge von 73.500 Mg ein Minus von 9 Ma.-% verzeichnet. Zeitgleich zeigt Polen mit einem Import an Altkunststoffen aus Deutschland in Höhe von 35.000 Mg einen Zuwachs von 19 Ma.-%. Tabelle 5 und Tabelle 6 sind die Aus- und Einfuhrmengen an Altkunststoffen aus und nach Deutschland laut Destatis für die Halbjahre Januar bis Juni der Jahre 2020 und 2021 im Vergleich zu entnehmen (EUWID 0. , 2021).

Tabelle 5: Ausfuhrmengen von Altkunststoffen aus Deutschland (EUWID 0. , 2021)

Angaben in Mg

Land	Jan.-Juni 2021	Jan.-Juni 2020	Veränderung in %
Niederlande	73.525	81.227	-9
Türkei	59.023	57.847	+2
Polen	35.272	29.574	+19
Malaysia	26.883	65.985	-59
Österreich	22.416	24.169	-7
Schweiz	17.525	19.351	-9
Belgien	11.802	12.442	-5
Südkorea	11.176	1.890	+491
Tschechien	9.755	19.334	-50
Frankreich	8.588	12.210	-30
Übrige Länder	79.656	161.646	-51
Insgesamt	355.621	485.674	-27
Davon EU-27	210.051	244.136	-14

Tabelle 6: Einfuhrmengen von Altkunststoffen nach Deutschland (EUWID 0. , 2021)

Angaben in Mg

Land	Jan.-Juni 2021	Jan.-Juni 2020	Veränderung in %
Niederlande	32.435	44.831	-28
Schweiz	28.539	29.609	-
Polen	27.731	34.138	-19
Frankreich	20.411	24.192	-16
Österreich	14.351	16.723	-14
Belgien	12.972	7.345	+77
Dänemark	11.607	14.318	-19
Tschechien	10.187	13.494	-25
Italien	9.795	15.208	-36
Schweden	7.415	6.371	+16
Übrige Länder	31.594	42.194	-25
Insgesamt	207.036	248.423	-17
Davon EU-27	165.316	192.952	-14

5 Relevante Definitionen

Während der geführten Interviews mit relevanten Vertretern und Vertreterinnen aus Behörden und Wirtschaft wurde deutlich, dass es zu unterschiedlichen Interpretationen verschiedener Begriffe kommt, wie Verunreinigung, Kontamination oder Reststoff. Meistens geschieht dies aus reiner Routine und ohne Bezug auf eine Quelle. Um den Definitionsfragen gerecht zu werden, wurde in diesem Kapitel eine Recherche vorhandener Definitionen in rechtlichen Regelwerken, in der Fachliteratur und aktuellen wissenschaftlichen Publikationen durchgeführt. Hierbei wurden hierarchisch berücksichtigt:

- ▶ Gesetze und Verordnungen (auf EU-Ebene und Bundesebene)
- ▶ Richtlinien (international sowie national): Im internationalen und europäischen Rahmen wurden die freiwilligen Standards ISO und EN betrachtet. Für Normungen auf Bundesebene wurden die anerkannten Standards des Deutschen Instituts für Normung (DIN) berücksichtigt. Betrachtet wurden auch Mitteilungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall, des Verein Deutscher Ingenieure, der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. sowie Handlungsanweisungen des Umweltbundesamtes und der Zentralen Stelle Verpackungsregister
- ▶ Unterstützende Fachliteratur
- ▶ Wissenschaftliche Publikationen und Arbeiten

In der folgenden Tabelle 7 werden die Ergebnisse tabellarisch aufgeführt und die dazugehörigen Quellen ergänzt. Befindet sich in einer Zelle kein Quellenverweis, handelt es sich um eigene Übersetzungen der Fundstellen in der Original-Quelle.

Tabelle 7: Relevante Definitionen

Deutsch	Englisch
<p>Schadstoff/Kontamination Sind organische oder anorganische Substanzen mit negativen Effekten auf die Gesundheit und/oder Umwelt. Müssen vor der Verwertung entfernt werden.</p> <p>(Müller, 2018)</p> <p>Stoff, der bei Überschreiten eines bestimmten Grenzgehalts (Menge/Konzentration) in einem definierten Medium (z.B.: Wasser, Luft, Boden) bei langandauernder Einwirkung schädigende Auswirkungen auf Mensch, Tier, Pflanze oder die Umwelt haben kann.</p> <p>(VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, 2017)</p>	<p>Hazardous substances Are organic or inorganic substances with negative effects on health and/or the environment. Must be removed before processing.</p> <p>Substance which, if it exceeds a certain limit (quantity/concentration) in a defined medium (e.g.: water, air, soil), may have harmful effects on humans, animals, plants or the environment in the case of long-term exposure.</p>
<p>Störstoff Abfallkomponente, die nicht systemverträglich ist, weil sie als Sortierrest abgetrennt werden muss,</p>	<p>Impurities Waste component that is not compatible with the system because it must be separated as a sorting residue, can cause disruptions to operations or contaminates products</p>

Deutsch	Englisch
<p>Störungen des Betriebs verursachen kann oder Produkte kontaminiert.¹⁴</p> <p>(VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, 2019)</p>	
<p>Recycling Jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfallmaterialien zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. Es schließt die Aufbereitung organischer Materialien ein, aber nicht die energetische Verwertung und die Aufbereitung zu Materialien, die für die Verwendung als Brennstoff oder zur Verfüllung bestimmt sind.</p> <p>(Europäisches Parlament und Rat, 2008), §3 Abs. 25 KrWG</p>	<p>Recycling means any recovery operation with which waste materials are reprocessed into products, materials or substances whether for the original or other purposes. It includes the reprocessing of organic material but does not include energy recovery and the reprocessing into material used as fuels or for backfilling operations.</p> <p>(Europäisches Parlament und Rat, 2008)</p>
<p>Zusatzstoff einen Stoff, der Kunststoffen absichtlich zugesetzt wird, um während der Herstellung des Kunststoffs oder im fertigen Material oder Gegenstand eine physikalische oder chemische Wirkung zu erzielen; dieser Stoff ist dazu bestimmt, im fertigen Material oder Gegenstand vorhanden zu sein.</p> <p>(Europäische Kommission, 2011)</p>	<p>Additive means a substance which is intentionally added to plastics to achieve a physical or chemical effect during processing of the plastic or for the final material or article; it is intended to be present in the final material or article.</p> <p>(Europäische Kommission, 2011)</p>
<p>Hilfsstoff bei der Herstellung von Kunststoffen (PPA) einen Stoff, der als geeignetes Medium für die Herstellung von Polymeren oder Kunststoffen verwendet wird; er kann in den fertigen Materialien oder Gegenständen vorhanden sein, ist jedoch dafür weder vorgesehen noch hat er im fertigen Material oder Gegenstand eine physikalische oder chemische Wirkung.</p> <p>(Europäische Kommission, 2011)</p>	<p>polymer production aid (PPA) is any substance used to provide a suitable medium for polymer or plastic manufacturing; it may be present but is neither intended to be present in the final materials or articles nor has a physical or chemical effect in the final material or article.</p>
<p>Verunreinigung Der in den Einträgen B3011 und EU3011 genannte Begriff „Verunreinigungen“ umfasst nicht-gefährliche Fremdstoffe wie Lebensmittelreste in Kunststoffverpackungen oder Schmutz. Hiervon getrennt werden „andere Arten von Abfällen“, im Zusammenhang mit B3011 und EU3011, als ungefährlich eingestuft und umfassen Holz, Papier, Metalle sowie weitere Kunststoffabfälle, welche</p>	<p>Contamination It is further noted that “contamination” mentioned in the entries B3011 and EU3011 refers to non-hazardous foreign materials such as food residues in plastic packaging or dirt and that “other types of wastes” mentioned in the entries B3011 and EU3011 refers to nonhazardous wastes such as paper, wood or metals as well as plastic waste not covered by the specific indent.</p>

¹⁴ <https://www.cyclos-htp.de/publikationen/a-b-katalog/>

Deutsch	Englisch
<p>nicht dem deklarierten Hauptpolymer oder der bezeichnenden Abfallmischung entsprechen.</p> <p>(Europäische Kommission, 2021)</p>	
<p>umweltgerechte Behandlung 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.</p> <p>(Europäische Parlament und der Rat, 2006)</p>	<p>environmentally sound management means 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.</p>
<p>Spezifikation (Anforderungsprofil) Beschreibung des Auftragsgegenstandes durch den Auftraggeber, die alle für den Auftragnehmer erforderlichen Angaben enthält.</p> <p>(VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, 2017)</p>	<p>Specification (requirements profile) Description of the subject matter for the contract by the customer, containing all the required data by the contractor.</p>
<p>„Nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen“ - bei einer Lieferung von Kunststoffabfällen die unter den Eintrag B3011 fällt, sollte der Gehalt an Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen (...) nicht mehr als 2 % des Gewichts der Sendung ausmachen.</p> <p>- In einer Sendung von Kunststoffabfällen, die unter den Eintrag EU3011 fällt, darf der Gehalt an Verunreinigungen und anderen Abfallarten (...) insgesamt höchstens 6 % des Gewichts der Sendung betragen.</p>	<p>“almost free from contamination and other types of wastes”</p> <p>- in a consignment of plastic waste classified under entry B3011, the content of contamination, other types of wastes or non-halogenated polymers, cured resins or condensation products, or fluorinated polymers other than the one non-halogenated polymer, cured resin or condensation product, or fluorinated polymer that makes up the bulk of the plastic waste should not exceed a total maximum of 2 % of the weight of the consignment.</p> <p>- in a consignment of plastic waste classified under entry EU3011, the content of contamination, other types of wastes or non-halogenated polymers, cured resins or condensation products, or fluorinated polymers, other than the one non-halogenated polymer, cured resin or condensation product, or fluorinated polymer that makes up the bulk of the plastic waste should not exceed a total maximum of 6 % of the weight of the consignment</p> <p>(Europäische Kommission, 2021)</p>
<p>Reststoff Alle Stoffe, die bei der Energieumwandlung oder bei der Herstellung, Bearbeitung oder Verarbeitung</p>	<p>Residue</p>

Deutsch	Englisch
<p>von Stoffen anfallen, ohne dass der Zweck des Anlagenbetriebs hierauf ausgerichtet ist.</p> <p>(Bundesrepublik Deutschland, 2013)</p> <p>In Prozessen neben den Haupt- oder Nebenprodukten entstehender Stoff, der verwertbar oder nicht verwertbar sein kann.</p> <p>(VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, 2017)</p>	<p>All substances generated during energy conversion or during production, treatment or processing of substances without the purpose of the plant targets.</p> <p>Substance produced in processes in addition to the main or by-products, which may or may not be re-usable.</p>
<p>Nebenprodukt (Nebenstoff)</p> <p>Fällt ein Stoff oder Gegenstand bei einem Herstellungsverfahren an, dessen hauptsächlichere Zweck nicht auf die Herstellung dieses Stoffes oder Gegenstandes gerichtet ist, ist er als Nebenprodukt und nicht als Abfall anzusehen, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. sichergestellt ist, dass der Stoff oder Gegenstand weiterverwendet wird, 2. eine weitere, über ein normales industrielles Verfahren hinausgehende Vorbehandlung hierfür nicht erforderlich ist, 3. der Stoff oder Gegenstand als integraler Bestandteil eines Herstellungsprozesses erzeugt wird und 4. die weitere Verwendung rechtmäßig ist; dies ist der Fall, wenn der Stoff oder Gegenstand alle für seine jeweilige Verwendung anzuwendenden Produkt-, Umwelt- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllt und insgesamt nicht zu schädlichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führt. <p>(Bundesrepublik Deutschland, 2012)</p>	<p>By-products</p> <p>If a substance or object results from a production process the primary aim of which is not the production of such substance or object, it shall be regarded as a by-product, and not as waste, if</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. further use of the substance or object is safeguarded, 2. no pre-treatment beyond normal industrial practice is necessary therefor, 3. the substance or object is produced as an integral part of a production process, and 4. further use is lawful; this shall be the case if the substance or object fulfils all relevant product, environmental and health protection requirements for its respective use and will not lead to overall detrimental human health or environmental impacts.
<p>Mahlgut</p> <p>... wird durch Mahlen von Kunststoffen gewonnen. Mahlgut hat unterschiedliche und unregelmäßige Teilchengrößen von 2 mm bis 5 mm und kann Staubanteile enthalten.</p> <p>(Baur, Harsch, & Moneke, 2019)</p>	<p>Grind material</p> <p>... is produced by grinding plastics. Grind material has different and irregular particle sizes from 2 mm to 5 mm and may contain dust particles.</p>
<p>Granulat</p> <p>Oder Regranulat. Wird aus Mahlgut über einen Schmelzprozess als Granulat gewonnen. Regranulat hat gleichmäßige Korngröße und keinen Staubanteil und ist problemlos verarbeitbar.</p> <p>(Helerich, Harsch, & Haenle, 2004)</p>	<p>Granulate</p> <p>Or regranulate. Obtained from regrind via a melting process as granules. Regranulate has uniform grain size and no dust content and can be processed directly without problems.</p>
<p>Agglomerat</p> <p>Kompaktiertes Kunststoffzeugnis, welches durch Topfagglomerator, Matrizenagglomerator oder Trommelagglomerator behandelt wurde. Das</p>	<p>Agglomerate</p>

Deutsch	Englisch
<p>plastifizierte Material hat anschließend eine erhöhte Rieselfähigkeit mit guten Transport- und Dosiereigenschaften.</p> <p>(Martens & Goldmann, 2016)</p>	<p>Compacted plastic product which has been treated by pot agglomerator, die agglomerator or drum agglomerator. The plasticized material subsequently has increased flowability, with good transport and metering properties.</p>
<p>Sekundärrohstoff Werk-, Hilfs- oder Betriebsstoff, der durch Aufbereitungsvorgänge aus stofflichen Rückständen von Produktion oder Konsum gewonnen wird (Recycling).</p> <p>(Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI), 2012)</p>	<p>Secondary raw material (secondary feedstock) Material, auxiliary material or operating material obtained from material residues from production or consumption by means of processing operations (recycling).</p>

6 Erkenntnisse aus den geführten Interviews

Die Inhalte der Gespräche sind nach den Teilbereichen Wirtschaft/Verbände und Behörden (im Bereich Vollzug und Überwachung) geordnet, um die unterschiedlichen Sichtweisen und Erfahrungen dieser vergleichen zu können. Zu den Aktionsfeldern der Wirtschaft werden Sortierer, Händler / Systembetreiber (Duales System), Verwerter (Recycler), Verbände, Beratung, Logistik und Anlagenhersteller gezählt, wobei die Aussagen zu Sortierern und Verwertern in Kapitel 2.7. einbezogen wurden.

Die Interviews wurden vor der Veröffentlichung der Anlaufstellen-Leitlinien Nr. 12 (Correspondents Guidelines No. 12) am 12. November 2021 geführt.

6.1 Beteiligte aus der Wirtschaft und von Verbänden

Wie im Vorfeld anhand der Conversio-Studie beleuchtet wurde, sind die Mengen an Post-Industrial Kunststoffabfällen der weitaus geringere Anteil der gesamten Kunststoffabfällen. Dieser Stoffstrom fällt meist sortenrein und ohne größere Verunreinigungen an. Aufgrund seiner hohen Reinheit und der daraus resultierenden einfachen und direkten technischen Wiedereinsetzbarkeit stellt dieses Material keine Probleme in Bezug auf die neuen Kunststoffeinträge dar. Der weitaus größere Anteil an Kunststoffabfällen entsteht als Post-Consumer-Abfall.

So sind weite Teile der Abfallbranche von der Anpassung der neuen Kunststoffeinträge nach VVA betroffen.

Die Gespräche mit Akteuren und Akteurinnen aus der Wirtschaft haben gezeigt, dass allgemein gerade Anfang des Jahres 2021 eine große Verunsicherung durch die Anpassungen der VVA mit Bezug zu den neuen Kunststoffeinträge aufgetreten ist. Über das damit verbundene Ziel, das Maß der Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung dieser Abfälle zu erhöhen und illegale Abfallverbringungen zu vermeiden, bestand Konsens. In den Interviews wurde vermehrt die Meinung vertreten, dass eine Unterscheidung bei der grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoffabfällen innerhalb und außerhalb Europas gemacht werden sollte. Für Abfallströme, die für den Export aus der EU heraus bestimmt sind, wäre eine Verschärfung des Grenzwertes auf 2 Ma.-% sinnvoll. Dies beträfe auch den Import von Abfällen aus außereuropäischen Ländern in die EU.

In den Gesprächen wurde auch die Meinung vertreten, dass die Anpassungen der VVA hinsichtlich der neuen Kunststoffeinträge eher ein Hindernis für die Branche für Sekundärrohstoffe darstellt und dies dem Ziel der Erhöhung von Recyclingquoten in Europa nicht gerecht wird. Die Gefahr bestünde, dass der Handel mit Sekundärrohstoffen über die eigenen Ländergrenzen hinaus zum Erliegen kommen könnte. Solange die Recyclingkapazitäten im eigenen Land ausreichen und zum Angebot an den inländisch verfügbaren Kunststoffabfallqualitäten passen, ist noch kein Engpass zu sehen. Allerdings sind spezifische Stoffströme (siehe zum Beispiel Kunststoffabfälle aus der Landwirtschaft) abhängig von einer Verbringung in andere Länder, da die Kapazitäten zur Aufbereitung im eigenen Land nicht ausreichen. So könnte dies dem europäischen Ziel zur Erhöhung der Recyclingquoten entgegenwirken.

Ein Teil der Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen konnte die Festlegung auf einen strengen Prozentsatz an Verunreinigungen und bei Verfehlung ein Gleichsetzen mit einer illegalen Abfallverbringung nicht nachvollziehen. Es wurde auf die Präambel des Anhanges III, VVA (Grüne Liste) verwiesen. Hier ist klar festgelegt, welche Abfälle nicht der grünen Abfallliste entsprechen. Zu diesen gehören jene Abfälle, die als gefährlich für die Umwelt einzustufen sind

oder eine umweltgerechte Verwertung dieser nicht gewährleistet werden kann (Europäische Parlament und der Rat, 2006).

So herrscht die Einschätzung, dass bei Befolgung dieser Rahmenbedingungen und einer Verfehlung eines strengen Prozentsatzes in einem angemessenen und zu definierenden Rahmen einer Verwertung nichts entgegensteht und eine Gefährdung der Umwelt in Abgrenzung zur illegalen Abfallverbringung nicht vorliegt. So kann davon ausgegangen werden, dass bei Kunststoffabfällen, insbesondere bei denen mit einem positiven Marktwert (Erlösfraction = der Sender erhält Geld für das Material), das Ziel die Verwertung mit Anrechnung auf die Recycling-Quote ist. Eine illegale Abfallverbringung ist nicht die Absicht. Hierbei handelt es sich um das Ziel, die Materialien einer werkstofflichen Verwertung zuzuführen.

Mit der Anpassung der VVA gingen alle Akteure und Akteurinnen von einer Erhöhung der notifizierungsbedürftigen Transportanmeldungen aus. Dies konnte in Praxis in Bezug auf Kunststoffabfälle bisher weder seitens der Recycler, Händler, Sortierer oder dem Vollzug bestätigt werden. Es zeigte sich, dass bei Exporten entweder in gewohnter Weise vorgegangen wird oder Materialien nicht mehr exportiert werden.

Im Folgenden sind weitere Inhalte der geführten Gespräche nach den Branchen der Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen strukturiert. Dabei beziehen sich die meisten auf Kunststoffabfälle innerhalb des dualen Systems bzw. der Gewerbeabfall- und Sperrmüllaufbereitung. Hier können neben allgemeinen Aussagen auch Zuordnungen der Inhalte auf die Schwerpunkte „Definition von Verunreinigungen“ und „Festlegung von Prozentsätzen“ derer gelegt werden. Die Expertengespräche zeigten auch, dass der Vollzug bezüglich der Prozentangaben zwischen den Bundesländern in den vergangenen Monaten (vor der Veröffentlichung der Anlaufstellen-Leitlinien Nr. 12) unterschiedlich erfolgte.

Aussagen zu Kontrollen im Rahmen des Vollzugs sind im Kapitel 7 aufgenommen. Weichen Inhalte aus Gesprächen bezüglich anderer Branchen ab und sind spezifisch für diese, sind sie im Dokumentationsverlauf der entsprechenden Branche ausgewiesen.

6.1.1 Duales System

Über die Sortierung von Post-Consumer Abfällen aus dem dualen System (gelbe Tonne / gelber Sack) werden nach DSD-Spezifikationen handelsüblich Sekundärrohstoffe zur Verwertung angereichert, wobei andere Abfälle gesondert als Störstoffe ausgewiesen werden. Diesen Spezifikationen folgend sind im Bereich der Kunststoffarten (z.B. PP, HDPE) Verunreinigungen zwischen 2 Ma.-% und 6 Ma.-% zulässig. Die Fraktionen 310 „Kunststofffolien > DIN A4“ und 350-352 „Mischkunststoffe“ sind hierbei gesondert zu betrachten, da sie nach den DSD-Spezifikationen einen zulässigen Anteil an Verunreinigungen von 8 – 10 Ma.-% ausweisen und damit notifizierungspflichtig sind. Die Spezifikationen für Kunststoffarten oder daran angelehnte unternehmensspezifische Vereinbarungen bilden einen verbindlichen Bestandteil der Verträge zwischen Sender (Sortierer) und Empfänger (Verwerter). Bei der grenzüberschreitenden Abfallverbringung werden seit dem 1. Januar 2021 laut Aussage von Recyclern und Händlern im Vollzug nun teilweise Materialien als notifizierungspflichtig eingestuft, wenn diese einen Störstoffgehalt von mehr als 2 Ma.-% ausweisen, wobei der Begriff Störstoffe bei den DSD-Spezifikationen gleichgesetzt wird mit Verunreinigungen und anderen Abfällen. Dies gilt für Bundesländer, die im Rahmen der Auslegung des unbestimmten Rechtsbegriffes „nahezu frei von ...“ für den Vollzug einen Prozentsatz an Verunreinigungen von 2 Ma.-% festlegen. Mit der Implementierung der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 ist hier für die Abfallverbringung innerhalb Europas mit einer Anpassung auf 6 Ma.-% zu rechnen. Eine Ausnahme bilden die Niederlande,

die von der Möglichkeit der nationalen Ausnahmeregelung Gebrauch macht und auch weiterhin mit einem Prozentsatz von 2 Ma.-% arbeiten.

Zurzeit ist global eine Rohstoffkrise zu verzeichnen. So gibt es eine Verknappung an Kunststoffneuware und die Nachfrage an Re-Granulaten steigt. Dies führt dazu, dass Unternehmen Sekundärrohstoffe in Deutschland halten, um teils die eigenen Verwertungsanlagen zu versorgen oder den restlichen Markt zu bedienen. In der Gesamtheit ist es in den letzten Monaten zu einer extremen Preissteigerung gekommen (EUWID 0. , 2021). Es wurde in den Gesprächen die Befürchtung geäußert, dass eine Erhöhung der notifizierungspflichtigen Transporte und die dadurch längeren Bearbeitungszeiten die Rohstoffversorgung noch zusätzlich belasten.

6.1.1.1 Umgang und Erfahrungen mit Verunreinigungen

Vor der Veröffentlichung der nun geltenden Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 wurde aus der VVA selbst nicht deutlich, welche Materialien als Verunreinigung zu bewerten sind. Außerdem werden in diesem Zusammenhang in der Kommunikation unterschiedliche Begriffe verwendet.

Im Zuge der Expertenbefragung wurde die Notwendigkeit zur Abgrenzung der Begriffe Verunreinigung und Störstoff (den Prozess der Verwertung störend) deutlich. Hier wurde zum Beispiel auf die handelsüblichen Spezifikationen nach DSD verwiesen. Im Bereich der Ballenware ist in diesen Spezifikationen der Gutanteil als Hauptsortierfraktion (z.B. Verpackungen aus Polyethylen) incl. Restanhaftungen des Füllgutes sowie deren Nebenbestandteile wie Etiketten oder Deckel beschrieben. Diese stellen hier keine Verunreinigung der Sortierfraktion oder eine Störstoffbelastung dar. Störstoffe in Form eines %-Gehaltes und einer Aufteilung nach Einzelstörstoffgruppen werden gesondert ausgewiesen. Hierzu zählen Materialien, wie zum Beispiel Metalle und Inertes, insbesondere mit einem Einzelstückgewicht größer 100g, Papier, Pappe, Kartonagen, andere Kunststoffgruppen speziell PVC und Reststoffe (Fehlwürfe), die den Verwertungsprozess technisch stören. Dies weicht von der Definition nach der Anlaufstellen-Leitlinie ab.

Den Aussagen der Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen und Erfahrungen des Auftragnehmers bei der Qualitätsprüfung von Post-Consumer Verpackungsabfällen folgend, zählen zu den typischen Störstoffen bzw. Verunreinigungen all die Stoffe, die eine Verwertung aus technischen und / oder wirtschaftlichen Gründen erschweren oder verunmöglichen. Große Metall- oder Inertteile können zum Beispiel schwere Schäden und damit Anlagenausfälle verursachen und werden klar als Störstoff angesehen. Andere Bestandteile wie Rest-Silikon können zu Qualitätseinbußen im Endprodukt führen und werden auch als Stoffe beschrieben, die notwendigerweise im Vorfeld dem Inputstrom entnommen werden müssen.

Anhand der handelsüblichen DSD-Spezifikationen oder firmeneigenen Spezifikationen lässt sich ableiten, dass bestimmte Stoffe generell oder in sehr niedrigen Anteilen stören und andere sich je nach Ausgestaltung des Recyclingprozesses ab einem bestimmten Anteil störend auswirken und entsprechend individuell begrenzt werden müssen. Dies kann nun zu Abweichungen der behördlichen Auslegung nach Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 und der üblichen Praxis im Sender – Empfänger Verhältnis führen.

Es ist noch anzumerken, dass die Varianz an Fremdstoffen in den Kunststofffraktionen nach dem Schritt der Sortierung im Zusammenhang mit dem Sammelsystem (Getrennterfassung gegenüber gemischter Erfassung, Anteil an Fehlwürfen) und der Sortiertiefe stehen. Das duale System stellt sich zum Beispiel als Mischsammelsystem dar und kann je nach Sammelgebiet unterschiedliche Qualitäten in der Sammelware in Abhängigkeit der Bürger und Bürgerinnen

und deren Entsorgungsverhalten aufweisen. In der Sortierung erfolgt diese auf Artekelebene rein nach physikalischen Eigenschaften in einem kontinuierlichen, automatisierten Prozess.

Nach der weiteren Aufbereitung der sortierten Kunststofffraktionen mit zusätzlicher Zerkleinerung und evtl. noch Nassreinigung hingegen liegt das Material stärker aufgeschlossen vor und Fremdstoffe können zu einem höheren Wirkungsgrad entfernt werden.

6.1.1.2 Festlegung einer Prozentangabe

Die Anfang 2021 noch fehlende Definition der unbestimmten Begriffe „nahezu frei von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen“ und „nahezu ausschließlich“ führten zwischenzeitlich zu unterschiedlichen Auslegungen. In einem Teil der Bundesländer wurde die Auslegung mit 2 Ma.-% vorgenommen, in anderen mit 6 Ma.-%. Dies war auch der Fall bei der Verbringung in unterschiedliche EU-Staaten. Zum Beispiel lassen die Niederlande mit Stand 2021 Anteile an Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen in Höhe von 2 Ma.-% und Polen von 0 Ma.-% zu. Die Gründe für landesspezifische Festlegungen können unterschiedlich sein. Eine breite Spanne an Interpretationen ist möglich. Bei allen Gesprächspartnern und Gesprächspartnerinnen wurden insbesondere die unterschiedlichen länderspezifischen Auslegungen als schwierig eingestuft. Ein Prozentsatz von 0 Ma.-% ist mit Post-Consumer-Kunststoffabfällen nicht zu erreichen und hemmt das Ziel für eine europaweite Erhöhung der Recyclingquote.

Ebenfalls wurde angemerkt, dass für Materialien, die direkt aus der Produktion stammen, ein Erreichen von 2 Ma.-% durchaus denkbar sei. Bei sortierten Post-Consumer-Abfällen, die zum Beispiel aus einer Mischsammlung wie der des dualen Systems stammen, sind sehr strenge Grenzwerte nicht einzuhalten, erst recht nicht konstant. Abhilfe könnte eine Möglichkeit zur bilateralen Vereinbarung zwischen Sender und Empfänger (Sortierer – Verwerter; Senderland – Empfängerland) schaffen. Dies gilt insbesondere für Stoffströme mit positivem Marktwert, den sogenannten Erlösfraktionen.

Darüber hinaus sollte zwischen den unterschiedlichen Konditionierungsarten wie Ballenware, Schütt- oder Mahlgut unterschieden werden. Eine Qualitätseinstellung bei Mahlgut auf 2 Ma.-% Verunreinigungen ist im Vergleich mit Ballenware deutlich einfacher. Bei Ballenware sind, laut Vertretern und Vertreterinnen der Wirtschaft, 2 Ma.-% nicht und 6 Ma.-% je nach Fraktion nur sehr schwierig zu erreichen. Mit der Implementierung der Anlaufstellenleitlinie Nr. 12 sind diese Überlegungen nicht mehr aktuell.

6.1.2 Landwirtschaft

Für die Branche der Landwirtschaft stellt sich mit den neuen Kunststoffeinträgen und der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 eine neue Situation dar. Der Gesprächspartner vom europäischen Verband „European Association of Plastics Recycling and Organisations“ (EPRO¹⁵) äußerte im Interview, dass durch eine strenge Auslegung der VVA mit den Prozentsätzen 2 Ma.-% und 6 Ma.-% und einer Definition von Erdanhaftungen als Verunreinigung eine Notifizierung für viele Folien aus dem landwirtschaftlichen Bereich Pflicht wird. Dies würde zu hohen finanziellen Belastungen führen und könnte dazu führen, dass eine werkstoffliche Verwertung nicht mehr wirtschaftlich konkurrenzfähig wäre. Vor allem gilt dies für den Bereich der landwirtschaftlichen Folien wie Spargelfolien oder Ballenstretch- und Silofolien, die den gängigen aktuellen Vereinbarungen folgend durch eine trockene mechanische Reinigung vor Ort mit Hilfe zum Beispiel eines Besens (besenrein) für die Verwertung abzugeben sind. Diese Folien werden über eine Verwertung zu Mahlgut oder Regranulate aufbereitet und können in neuen

¹⁵ <https://www.epro-plasticsrecycling.org/page/4/about-who-we-are>

Produkten eingesetzt werden, zum Beispiel auch wieder in Folien für den landwirtschaftlichen Einsatz.

Insbesondere für Spargel- und Mulchfolien können typische Anhaftungen wie Erde, Futterreste oder Organik in einem Prozentbereich von 30 Ma.-% auftreten. Bei Ballenstretch- und Silofolien liegen diese weit darunter. Eine Reinigung vor Ort würde aufgrund des Aufwandes zu einer Erhöhung der Prozesskosten um 25 Ma.-% führen. Eine Folge erhöhter Prozesskosten wäre, dass das Ziel, die werkstoffliche Verwertung preisgünstiger zu gestalten als die energetische Verwertung, nicht mehr zu erreichen ist.

Die landwirtschaftlichen Folien bringen einen hohen Wasseranteil mit, der entweder als direkte Anhaftung oder in den Futterresten, Erdanhaftungen und Silageresten enthalten ist. Diese können nach eigenen Untersuchungen bis zu 60 Ma.-% der Störstoffanteile betragen (Gerke, 2022). So vertreten die Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen die Meinung, dass die Berechnung des Verunreinigungsgrades auf alle Fälle auf die Trockensubstanz bezogen sein müsse. Dies sieht die Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 allerdings nicht vor. Bei restentleerten PET-Flaschen sind die zurückgebliebenen Wasseranteile innerhalb der Flasche keine Verunreinigung. Dies gilt auch für Wasseranteile, welche an den Flaschen außen anhaften. Somit wären solche Art an Wasseranhaftungen an den Folien keine Verunreinigung, die beispielsweise als Folge der Lagerung auftreten. Anhaftungen durch Silage- oder Futterreste gelten inklusive des Wasseranteils als Verunreinigung. Es ist nicht vorgesehen, den Wasseranteil in diesem Fall abzuziehen. Das Beispiel zur Auslegung des Wasseranteils aus der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 bezieht sich auch nur und ausschließlich auf Flaschen-Verpackungen. Eine Übertragung aus diesem Beispiel auf andere Abfallströme daher nicht immer direkt erfolgen.

In EPRO haben sich u.a. die Organisationen des Recyclings von Agrarkunststoffen aus den Ländern der EU zusammengeschlossen. Dazu zählen z.B. IFFPG¹⁶ (Irish Farm Films Producers Group) aus Irland, Adivalor¹⁷ (Agriculteurs, Distributeurs, industriels pour valorisation des déchets agricoles) aus Frankreich, ERDE¹⁸ (Erntekunststoffe Recycling Deutschland) aus Deutschland oder mapla¹⁹ (Medio Ambiente Agricultura y Plásticos) aus Spanien. Gerade für landwirtschaftliche Kunststoffabfälle und insbesondere für Agrarfolien ist eine Verbringung ins Ausland unabdingbar, da die Recyclingkapazitäten für diese Kunststoffabfallgruppe in den jeweils eigenen Ländern nicht ausreichen. Durch die spezifischen Eigenschaften dieser Materialgruppe können sie nicht mit anderen Kunststoffströmen ohne weiteres zusammen verarbeitet werden. So exportiert Frankreich zum Beispiel rund 50% und Deutschland 40% in andere europäische Länder. In Europa sind zurzeit 11 Anlagen zur Verwertung aktiv und ca. 70 Entsorger in die Thematik involviert.

Die Organisation ERDE ist zurzeit gezwungen, die Kunststoffabfälle zu notifizieren oder Kapazitäten in Deutschland zu nutzen. Die werkstofflichen Verwertungskapazitäten reichen allerdings national nicht aus, was zu einem Rückgang der werkstofflich verwerteten Mengen zu Gunsten der energetischen Verwertung führen kann. Als Alternative wurde die Schaffung von landeseigenen Aufbereitungskapazitäten genannt. Bei den in Deutschland insgesamt geringen Mengen an Folien aus der Landwirtschaft ist jedoch der Aufbau von weiteren Anlagen als nicht wirtschaftlich eingeschätzt worden. Bei einer Bündelung der Mengen aus verschiedenen Ländern auf Einzelanlagen ist eine Wirtschaftlichkeit eher gegeben.

¹⁶ <https://www.farmplastics.ie/>

¹⁷ <https://www.adivalor.fr/>

¹⁸ <https://www.erde-recycling.de/>

¹⁹ <https://plasticosagricolas.es/>

6.1.3 Elektro/Elektronikgeräte

Der Bereich der Kunststoffabfälle aus der Branche Elektro / Elektronik ist schwierig zu erfassen, da der Anteil der Kunststoffe meist einen geringen Anteil ausmacht und nach der ersten Aufbereitung in sehr unterschiedlichen Mischungen mit anderen Stoffgruppen zusammen anfällt. Gerade nach der Erstbehandlungsanlage (meist Shredderanlagen) liegt der Fokus laut Experten und Expertinnen auf der Rückgewinnung der Metalle.

Nach einer ersten händischen Vorzerlegung können Gehäuse von z.B. Fernsehern oder Kühlschränken als Monofraktion zurückgewonnen werden. Es folgt dann eine mechanische Zerlegung der Altgeräte, welche das Ziel der Anreicherung der Metalle als Wertfraktion verfolgt. Kunststoffe in der Vermischung mit anderen Materialien wie zum Beispiel Gummi sind für die Erstbehandlungsanlagen als Reste eingestuft und werden ohne weitere Behandlung abgegeben. Eine Folgebehandlung der Mischfraktion (Kunststoffe, Gummi etc.) kann unter anderem in Österreich (MGG polymers)²⁰ oder Anlagen in den Niederlanden und Belgien im Sinne einer weiteren werkstofflichen Aufbereitung erfolgen. Hierzu kann auch die Verwertung der demontierten Gehäuse (oft schwarze oder weiß Kunststoffe) gehören. Insofern diese Fraktionen unter den Eintrag in Anhang III oder Anhang IIIA Nr. 4 der VVA gezählt werden und keine gefährlichen Kunststoffabfälle beinhalten, können sie als nicht notifizierungspflichtige Kunststoffabfälle grenzüberschreitend in eine Verwertung verbracht werden. Beim Verwerter angelieferte Mischfraktionen aus der Erstbehandlung sind notifizierungspflichtig. Zusammenfassende Zahlen über diese Input- und Output-Mengen sind nicht singular erhältlich, was durch Gespräche innerhalb der Interviews bestätigt wurde. Von einem Interviewpartner aus der Branche wurde eine Zahl für Europa mit einer Menge von 1,2 Mio. Mg Kunststoffe aus dem Bereich Elektro / Elektronik genannt. Der Anteil von Kunststoffen an Elektroaltgeräten beträgt über alle Gruppen und Kunststoffarten im Durchschnitt ca. 22 Ma.-% (Schlummer, 2009). Die nach der Behandlung entstandenen Mischungen werden meist energetisch verwertet, da eine Aufbereitung zur werkstofflichen Verwertung oft noch nicht wirtschaftlich ist. Darüber hinaus stehen die Kunststoffanteile von Elektroaltgeräten fallweise mit bromierten Flammenschutzmitteln in Verbindung. Tetra-, Pentra-, Hexa- und Hepta-bromierte Diphenylether (BDE) sind seit 2009 und Deca-BDE seit 2017 nach dem Stockholmer Übereinkommen als persistenten organischen Schadstoffen (POPs = Persistent Organic Pollutants) weltweit verboten (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), 2021). Dennoch fallen diese additivierten Kunststoffabfälle in dem Stoffstrom der Elektroaltgeräte an, da mit Nutzungszeiten von Jahren bis Jahrzehnte die Rückläufe nicht vollendet sind. Kunststoffabfälle mit einer solchen Additivierung müssen den Weg der thermischen bzw. energetischen Verwertung folgen, da die Additive nicht sicher entfernt werden können.

6.1.4 Automobilbranche

Bei den Kunststoffen aus dem Automobilbereich gestaltet es sich ähnlich wie im Bereich Elektro / Elektronikgeräte. Zusammenhängende Zahlen bezogen auf Altkunststoffe allein sind auch hier nicht greifbar. Große Kunststoffteile (z.B. Stoßfänger) verbleiben laut eines Interviewpartners aus dem Bereich Verbände meist in Deutschland. Im Vergleich zu Stoßfängern und Innenverkleidungen aus Kunststoff, bilden Kunststoffe, welche in Batterien oder Tanks verbaut waren einen Sonderfall. Sie wären für ein Recycling geeignet, können aber umweltbelastende Verunreinigungen wie Blei- oder Benzinreste enthalten. Altfahrzeuge als Abfallgruppe werden entweder in Demontageanlagen zerlegt und anschließend einer Shredderanlage zugeführt und vermischen sich dort im Input mit anderen Stoffströmen wie zum Beispiel aus dem Bereich

²⁰ <https://mgg-polymers.com/>

Großelektronik (Kühlschrank, Gefriergeräte etc.). Der Anteil an Kunststoffen ist zurzeit als gering einzustufen. In Shredderanlagen machen Restkarossen, die meist aus Metall bestehen, nach dem Trockenlegen ca. 15 Ma.-% der Inputmengen aus. Hiervon beträgt der Anteil an Nichtmetallen rund 22%, was einem Anteil von 3,3 Ma.-% an der Restkarossen entspricht. Diese sogenannte Shredderleichtfraktion besteht aus einer Mischung aus vielen verschiedenen Materialien (Gummi, Textilien etc.). Der Anteil an Kunststoffen liegt als Kunststoffartenmischung (PP, PE, ABS etc.) vor und ist damit bei einer Verbringung grenzüberschreitend notifizierungspflichtig.

Shredderleichtfraktionen gehen teils in Post-Shredder Anlagen in andere europäische Länder wie ARN²¹ in den Niederlanden oder Anlagen in Frankreich oder verbleiben laut Informationen durch Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen auch in Deutschland z.B. bei Scholz in Espenheim. Von Schwierigkeiten durch die neuen Einträge wurde nicht berichtet.

6.2 Behörden

In diesem Abschnitt werden die Inhalte der Gespräche mit den Vollzugs- und Überwachungsbehörden wiedergegeben.

Viele der Aussagen bezogen sich auf den Vollzug, insbesondere auf Kontrollen im Rahmen der grenzüberschreitenden Verbringung von Kunststoffabfällen. Hier wurde gefragt, wie Kontrollen bei Kunststoffabfällen durchgeführt werden sollten, wo (beim Sender selber, während des Transportes oder beim Empfänger) und wie oft. Zusätzlich waren die Verfahrensweisen der Probenahme und Auswertung nicht eindeutig.

Anfang 2021 wurde mit einem starken Anstieg an Notifizierungen gerechnet. Dies ist jedoch nach Gesprächsinhalten der Interviewpartner und Interviewpartnerinnen bezogen auf die grenzüberschreitende Verbringung von Kunststoffabfällen bis jetzt nicht zu verzeichnen.

Die Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen äußerten ebenfalls, dass ein Klärungsbedarf besteht bezüglich der Schwerpunkte Verunreinigungen, Prozentsatz und Kontrollen. Die Sachlage war bis zur Veröffentlichung der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 oft nicht klar und wurde in den Bundesländern oder EU-Mitgliedstaaten unterschiedlich gehandhabt. Auf die unterschiedliche Umsetzung bezüglich der Prozentsätze für die Grenzwerte von Verunreinigungen wird im Kapitel 8 weiter vertieft eingegangen. Bundesweite und europaweit einheitliche sowie praxistaugliche Regulierungen wurden gefordert.

Mit dem Inkrafttreten der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 konnte ein Großteil der Fragen seitens der Behörden beantwortet werden. Der Umgang mit einheitlichen Kontrollen ist noch offen. Bei den Interviews kam der Hinweis auf die Herausforderung der Durchführung von Kontrollen bei einer in vielen Behörden zu verzeichnenden personellen Unterbesetzung. Außerdem wurde der Wunsch nach fachlicher Fortbildung bezüglich der VVA, der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 und deren Interpretation und Umsetzung in die Praxis des Vollzugs geäußert.

²¹ <https://arn.nl/en/>

7 Relevante Spezifikationen und Normen

Spezifikationen dienen als Anforderungsprofil, welches die Qualität eines Materials definiert. Der Auftragsgegenstand wird durch den Auftraggeber festgelegt und enthält alle erforderlichen Informationen für den Auftragnehmer (VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, 2017).

Die Spezifikationen der „Duales System Holding GmbH & Co. KG“ (DSD) definieren die Anforderungen an die verschiedenen Sortierfraktionen sehr genau. Daher sind die Spezifikationen, auch international, hoch angesehen und inzwischen bei vielen Verpackungsabfallverwertern handelsüblich. So verweisen auch internationale Systembetreiber wie Green Dot North America auf diese Spezifikationen. Folgend sind auszugsweise ausgewählte Erlösfraktionen mit ihren Reinheiten entsprechend den Spezifikationen nach DSD aufgelistet:

- 1) 310 „Kunststoff-Folien“ Gutanteil: 92 Ma.-%
- 2) 320 „Gemischte Kunststoff-Flaschen“ Gutanteil: 94 Ma.-%
- 3) 329 „Polyethylen“ Gutanteil: 94 Ma.-%
- 4) 324 „Polypropylen“ Gutanteil: 94 Ma.-%
- 5) 325 „PET-Flaschen – transparent“ Gutanteil: 98 Ma.-%

Im Rahmen der strategischen Neuausrichtung der DSD GmbH sind die Spezifikationen für Kunststoffverpackungsabfälle nicht mehr frei einsehbar.

Auf europäischer Ebene bedienen sich auch andere Marktteilnehmer in ähnlicher Stellung an den Spezifikationen der DSD. So orientieren sich auch die Sammel- und Verwertungssysteme Conai (Italien), Nedvang (Niederlande) oder Fostplus (Belgien) beispielsweise ebenfalls an den Spezifikationen (Expra Nedvang, 2018).

Die Environment Agency im Vereinten Königreich nutzt ganz explizit das Basler Übereinkommen und stuft nach der Spezifikation B3011 ein. Weitere Einstufungen nach Y48 und AC300 sind ebenso möglich. Eine genaue Definition der Reinheitsgrade steht aus (Environment Agency, 2021). Auch in den U.S.A. wurden eigene Spezifikationen definiert. Laut dem „Institute of Scrap Recycling Industries“ (ISRI) aus den USA werden je nach Abfallherkunft verschiedene, strenge Grenzwerte für Störstoffe festgehalten. Diese variieren zwischen 2 und 10 Ma.-%. Einzelne Verunreinigungen oder Störstoffe müssen vollständig abgereichert sein. Für diese Stoffe gilt ein Grenzwert von 0 Ma.-%. Definiert wurden diese Spezifikationen für sortierte Kunststoffe aus Abfällen in Ballenform (Institute of Scrap Recycling Industries - ISRI, 2020).

Die in finaler Form veröffentlichte DIN SPEC 91446:2021-12 legt ein System für die Klassifizierung von Kunststoffrezyklaten fest und gibt außerdem Leitlinien für die Charakterisierung von Kunststoffabfällen als Inputmaterialien zur Herstellung von Kunststoffrezyklaten. Letzteres wird genauer im Anhang C erläutert. Die in erster Linie empfohlenen Charakteristiken sind hier der Materialtyp, die ursprüngliche Nutzung des Materials, die Quelle (Post-Industrial, Post-Consumer aus getrennter oder gemischter Sammlung), Füller und Additive sowie die Farbe. Obligatorisch sind Informationen, welche dem Abfall einen Gehalt an gefährlichen Stoffen nachweisen. Dies dient der Einhaltung weiterer geltender Vorschriften. Weiter wird von der Spezifikation ein maximaler Grenzwert an Verunreinigung von max. 8 Ma.-% empfohlen (Deutsches Institut für Normung e.V., 2021).

Eine Einsicht in betriebsinterne Spezifikationen war nicht möglich, da diese Dokumente häufig als Verhandlungsgrundlage zur Preiseinigung genutzt werden. Aus den Gesprächen ließ sich entnehmen, dass viele Marktteilnehmer und Marktteilnehmerinnen eine bilaterale Vereinbarung treffen, welche sich an frei einsehbaren Spezifikationen lediglich orientieren. Je spezieller der Abfallstrom ist, umso weniger wird auf freie Spezifikationen zurückgegriffen. Dies gilt zum Beispiel für Altautos oder Alt-Elektrogroßgeräte bzw. den daraus erzeugten Kunststofffraktionen.

8 Mess- und Kontrollmethoden

Bei der Durchführung von Kontrollen der Abfallverbringung agieren die Bundesländer eigenständig und unabhängig voneinander. Trotz eigener Auslegungen können Gemeinsamkeiten bei der Zuständigkeit der Kontrollen festgehalten werden. Die folgenden Aussagen beziehen sich dabei spezifisch auf die Kontrollen bei Kunststoffabfällen. So werden Betriebs- und Anlasskontrollen von den jeweiligen Ministerien in Zusammenarbeit mit den zuständigen, unteren Behörden durchgeführt. Diese werden in regelmäßigen Intervallen auf Grundlage der Überwachungspläne des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) maximal einmal jährlich bzw. bei Verdachtsfällen häufiger durchgeführt. Der Umfang sowie die Häufigkeit der Kontrollen erfolgt dabei nach Relevanz (Größe der Anlage, Gefährdungspotential der Anlage und der Abfälle, Anzahl an Notifizierungen etc.) gemäß Artikel 50 VVA oder nach Auffälligkeiten von Stoffstromübersichten bei der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen (Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt, 2020).

Die Transportkontrollen werden bei allen Bundesländern gleichsam von den jeweils zuständigen Ministerien in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Güterverkehr (BAG), der Polizei oder dem Zoll ausgeübt. Je nach Bundesland werden dabei unterschiedliche Intervalle eingehalten. So finden nach Aussage der befragten Behördenvertreter die stichprobenartigen Kontrollen in den jeweiligen Bundesländern regelmäßig zwischen 4 – 24-mal pro Jahr statt. Optional werden diese Transportkontrollen durch zusätzliche länderübergreifende Kontrollen mit angrenzenden Bundes- oder Nachbarländern ergänzt.

Laut Vertreter und Vertreterinnen der Behörden werden bei den Transportkontrollen willkürlich Lastkraftwagen mit einer entsprechenden Abfalltafel angehalten. Unabhängig vom Bundesland erfolgt eine Kontrolle der Begleitdokumente und Frachtpapiere auf deren Vollständigkeit, Richtigkeit und Plausibilität. Anschließend erfolgt eine Identifizierung des Abfalls mittels Sichtkontrolle. Die Einstufung der Qualität wird auf Basis von Erfahrungswerten und Vorabinformationen über die Herkunft optisch und organoleptisch eingeschätzt. Dabei unterstützen Fotos und Aufnahmen die Einschätzung und Dokumentation. Wird nach Ermessen der Kontrolleure der maximale Störstoffgehalt grob und fahrlässig verfehlt, so wird eine Probenahme vor Ort oder eine Rückführung zum Erzeuger mit anschließender Probenahme im Betrieb angeordnet. Da eine Probenahme vor Ort aufwendig ist und die lokalen Gegebenheiten beispielsweise eines Parkplatzes meist unzureichend für eine Probenahme sind, wird dies nur selten angewendet. Die Probenahme erfolgt nach der LAGA PN-98, dem Probenahmeschema des Dualen System Deutschlands, eigenen landesinternen Dokumenten oder Empfehlungen von Nachbarländern.

Ein Großteil der befragten Vertreter und Vertreterinnen der Bundesländer verfügt nicht über spezielle Leitlinien und ist sich bewusst, dass die Methodik und Repräsentativität der Probenahme bei Transportkontrollen kritisch zu betrachten ist. Besonders bei emballierten Kunststoffabfällen stoßen die Kontrolleure auf Probleme. Hier ist meist nur eine Sichtkontrolle der Oberfläche möglich. Für genauere Aussagen über die Zusammensetzung bedarf es einer Probenahme und Abfallanalyse. Bei Verdachtsfällen bezüglich einer Überschreitung der Grenzwerte werden Transporte zum Erzeuger (Sender) zurückgeschickt. Solche Entscheidungen werden jeweils als Einzelentscheidung von den Kontrolleuren und in Rücksprache mit den jeweiligen unteren Behörden getroffen. In den Betriebsstätten werden die Kunststoffabfälle von fachkundigem, geschultem und objektivem Personal nach der LAGA PN-98 oder dem Probenahmeverfahren des Dualen System Deutschlands beprobt und analysiert.

Die LAGA PN-98 „Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/ Beseitigung von Abfällen“ dient dabei als Grundlage vieler weiterer nationaler und internationaler Normen und Verfahren (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, 2001).

Mit einer Ausrichtung auf feste und stichfeste Abfälle können Rückschlüsse auf die Beprobung von Kunststoffabfällen gezogen werden. Dabei wird die Anwendbarkeit durch die maximale Korngröße definiert. Mit einem Größtkorn von maximal 120 mm ist die Richtlinie unzureichend für Kunststoffabfälle auf Artikelebene. Bei Abfällen mit einer höheren Stückigkeit muss jeder Artikel eine eigene Einzelprobe darstellen, welches die Grundzüge der Richtlinie unwirksam macht. Die Anwendbarkeit auf Mahlgutebene ist jedoch gegeben. In der LAGA PN-98 werden Probenahmen aus bewegten und unbewegten Materialien beschrieben, dabei bezieht sich das Dokument auf Vor-Ort-Maßnahmen beim „Erzeuger“ oder bei Eingangskontrollen des Empfängers. Kontrollen während des Transportes können nur in wenigen Fällen realisiert werden. Die DIN 19698-1 „Untersuchung von Feststoffen – Probenahme von festen und stichfesten Materialien – Teil 1: Anleitung für die segmentorientierte Entnahme von Proben aus Haufwerken“ (DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 2014), die DIN EN 15422 „Feste Sekundärbrennstoffe – Verfahren zur Probenahme“ (Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN, 2011) und die CEN/TS 16010 „Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Probenahmeverfahren zur Prüfung von Kunststoffabfall und Rezyklaten“ bauen auf dem Gerüst der LAGA PN-98 auf (DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK), 2020).

Abweichend von diesen Normen und Richtlinien sind oftmals die Probenahmeverfahren für Kunststoffabfälle auf Artikelebene seitens Prüf- und Überwachungsgesellschaften. Diese werden vermehrt von Sortier- oder Recyclinganlagen angefragt, um fachkundige Aussagen über die Reinheit ihrer Abfallströme zu erhalten. Das Duale System Deutschland hat dabei einen Grundstein für die Probenahme von Kunststoffabfällen auf der Artikelebene gelegt. Entsprechend wurden Spezifikationen und Probenahmeanweisungen für die Überwachung der Qualitäten entwickelt, weltweit eingesetzt und als Bestandteil von Verträgen zwischen Sender und Empfänger von Kunststoffabfällen akzeptiert. Diese konnten bis Dezember 2021 auf der Webseite des Dualen System Deutschlands heruntergeladen werden. Seit 2022 stehen diese Unterlagen dort nicht mehr zur Verfügung.

Die dort beschriebene Art der Probenahme wird bei ruhenden Materialien in Form von Haufwerken oder Ballen beim Sortierer / „Erzeuger“ oder beim Recycler / „Empfänger“ vorgenommen. Es wird ein repräsentativer Ballen ausgewählt, bei dem eine Probe mit 80 – 100 kg Probe händisch oder mittels Schaufeln willkürlich aus der Mitte des Ballens entnommen wird. Die Anzahl der zu prüfenden Ballen ist dabei abhängig von der Einhaltung beziehungsweise Verfehlung der Spezifikationen: Wird die Qualität im ersten beprobten Ballen eingehalten, so ist die Prüfung bestanden. Bei Nichteinhaltung werden weitere Ballen derselben Ladung beprobt, sodass ein „best of three“ Ergebnis bestimmt werden kann (DSD – Duales System Holding GmbH & Co. KG, 2016).

Die Kontrollen erfolgen in händischer Form mit Unterstützung durch Nahinfrarot-Technik zur Detektion der enthaltenen Kunststoffsorten und deren Anteile. Diese Handgeräte werden auf dem Markt von diversen Herstellern angeboten.

Mit der DIN 54389 „Feste Sekundärbrennstoffe – Gewinnung repräsentativer Laboratoriumsproben aus heterogenen Stoffen nach der Ballenbeprobung“ wird eine weitere Probenahme auf Artikelebene bei Ballen beschrieben. Die Norm beschreibt eine Probenahme für kompaktierbare Stoffe mit geringer Schüttdichte (z.B. Leichtverpackungen,

Shredderleichtfraktionen, heizwertreiche Fraktionen, Papier, Pappe, Kunststoffe und Textilien), welche zu Ballen verpresst wurden. Mit einem Computer-Programm werden auf den Ballenseiten der Pressrichtung Zufallskordinaten zur Entnahme der Proben erzeugt. Die Entnahme erfolgt mittels rotierenden Bohrers (Kernbohrkrone), welcher je nach Ausführung nur von einer oder beiden Seiten des Ballens Proben herausbohrt (DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 2011).

In einigen Bundesländern, wie Sachsen muss der Besitzer, Transporteur oder Empfänger einen Nachweis erbringen, in dem die Einhaltung der Grenzwerte des zu transportierenden Kunststoffabfalls bestätigt wird (Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, 2021).

Anfragen bei der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) haben ergeben, dass derzeit keine zufriedenstellende Lösung im Bereich Probenahme von Kunststoffabfällen auf Artelebene mit Bezug zur grenzüberschreitenden Verbringung existiert. Die Problematik in Verbindung mit den ehemals unzureichend definierten Begriffen wie „nahezu frei von“ etc. und der fehlenden Kontrollmöglichkeit ist bekannt und es soll sich dem Thema zukünftig gewidmet werden (Bogner, 2021).

Auf europäischer Ebene gibt es ähnliche Richtlinien, Normen oder Verfahren von Prüfgesellschaften wie in Deutschland. Im nationalen Leitfaden „Zur Einstufung von Kunststoffabfällen bei der grenzüberschreitenden Verbringung ab dem 1. Januar 2021“ des Landes Österreich wird eine Probenahme ähnlich der deutschen Prüf- und Überwachungsgesellschaften, wie dem vom Dualen System Deutschland beschrieben. Dabei soll mit einer manuellen Probenahme von 1 – 2 zufällig gewählten Ballen pro Transport eine jeweils 30 – 100 kg große Probe entnommen werden (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie - Österreich, 2020).

Weitere Bezüge zur LAGA PN-98 können zudem in der ÖNORM S 2097 „Sortieranalysen von Abfällen“ festgestellt werden (Komitee 157 Abfallwirtschaft Österreich, 2005).

Nicht nur Art und Umfang der Beprobung unterliegen der unterschiedlichen Handhabung in den einzelnen Bundesländern, auch die Auslegung der Grenzwerte erfolgte vor Veröffentlichung der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 verschiedentlich. Der maximale Grenzwert für Verunreinigungen variierte zwischen 2, 5 und 6 Ma.-%. In einigen Bundesländern wird zudem nach den neuen Einträgen EU3011 mit maximal 6 Ma.-% als Summenwert für Verunreinigungen (ohne Verschlüsse und Etiketten) und B3011 mit maximal 2 Ma.-% Verunreinigungen unterschieden.

In anderen Bundesländern wurden zudem noch die Spezifikationen der dualen Systeme verfolgt. Zusätzlich wurden die unterschiedlichen Auslegungen des Gesamtstörstoffgrenzwertes der Einträge EU3011 und B3011 bei den Nachbar- und Zielländern berücksichtigt. Bei der Festlegung des Grenzwertes sowie bei der Kontrolle und Probenahme herrschte noch bis Ende 2021 keine einheitliche Rechtsicherheit. Mit der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 wurde zum Jahreswechsel eine Grundlage für einheitliches Vorgehen geschaffen.

9 Umsetzung der VVA in der Wirtschaft

Die Darstellung der aktuellen Situation bei den Sortier- und Recyclinganlagen, bezogen auf den Umgang mit den neuen Kunststoffeinträgen, beruht auf Datenrecherchen und Aussagen aus den geführten Interviews. Informationen und Meinungen, die von Sortier- und Recyclinganlagenbetreibern wiedergegeben werden, wurden als solche kenntlich gemacht.

9.1 Umsetzung bei Sortieranlagen

Die Novellierung der VVA und die Umsetzung in die Praxis hat auch bei den Sortieranlagenbetreibern zu Beginn zu Verunsicherung geführt. Da es vor der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 noch keine einheitliche Lösung gab, wurde zunächst entweder weitergemacht wie im Jahr 2020 oder Mengen wurden nicht mehr ins Ausland verbracht. Die wichtigsten Punkte bei der VVA stellen für die Sortieranlagen die Auslegung der Grenzwerte und ab wann es eine illegale Verbringung darstellt.

Bevor es zur Präzisierung der Grenzwerte in der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 kam, waren die Anlagenbetreiber verunsichert, wie die unbestimmten Rechtsbegriffe wie „nahezu frei von“ ausgelegt werden sollen. Daher wurden vor der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 weiterhin die bestehenden Spezifikation nach DSD umgesetzt. So wurden bei sortierten Kunststofffraktionen, je nach Spezifikation Grenzwerte an Verunreinigungen von 2 bis 6 Ma. % verfolgt. Kam es zu Verfehlungen der Grenzwerte, so wurde eine Einigung über den Preis erzielt. Bei groben Verfehlungen der Grenzwerte wurde das Material zur Sortier- bzw. Senderanlage zurückgeschickt und ggf. die Geschäftsbeziehung beendet. Um solche geschäftsschädigenden Umstände zu vermeiden, liegt die Einhaltung der Grenzwerte auch im Interesse der Sortieranlagen. Verfehlungen der Grenzwerte sind zurückzuführen auf die wirtschaftliche Ausrichtung, schlechtes Inputmaterial und technische Wirkungsgrade.

Der Kampf um die Wirtschaftlichkeit und die Lizenzmengen hat in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Anlagen arbeiten unter hohem Druck und mit hohen Durchsätzen, was gelegentlich Auswirkungen auf die Qualität der Ballenware im Output haben kann. Zusätzlich ist in den Sortieranlagen eine Verschlechterung der Input-Mengen durch teils ungenügend getrennte Sammlung zu verzeichnen, was auch bei hohen Sortiertechnikstandards nicht vollständig kompensierbar ist. Dieser Sachverhalt wurde von diverse Sortieranlagenbetreiber im Zuge der Expertenbefragung benannt.

Je nach Fraktion können die Materialien durch das Misch-Sammelsystem bereits 2 Ma.-% Anhaftungen (Querverschmutzungen) enthalten. Hinzu kommen dann noch nicht vermeidbare Verunreinigungen und andere Abfälle. Sortierprozesse haben technische Wirkungsgrade, die immer zu einem gewissen Grad Fremdstoffverbleibe bedingen.

So können die Grenzwerte nach DSD Spezifikation nicht immer eingehalten werden. Dieser Umstand sei jedoch laut befragten Unternehmen keine mutmaßliche illegale Verbringung. Wenn es sich um eine Erlösfraction mit positivem Marktwert handelt, sei es im wirtschaftlichen Interesse von Sortieranlagen diese für einen möglichst hohen Preis zu vermarkten. Diesen Preis bezahlen die Abnehmer jedoch nur bei Ware mit einem geringen Anteil an Verunreinigungen, so Interviewpartner aus der Branche.

Damit die jeweiligen sortierten Kunststofffraktionen der Sortieranlagen jedoch nicht nach VVA als illegale Verbringung eingestuft werden, wurde bei vielen Sortieranlagen eine Prüfung zur Rechtssicherheit des eigenen Handelns in Auftrag gegeben (laut der Information eines Mitarbeiters für Stoffstrommanagement eines größeren Entsorgers). Mit der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 konnte zwischenzeitlich eine Rechtssicherheit in der grenzüberschreitenden

Verbringung von Kunststoffabfällen geschaffen werden. Die Sortieranlagen beziehen sich jetzt auf die Grenzwerte an Verunreinigungen aus der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12, wenn sie grenzüberschreitend verbringen. Inwiefern die Grenzwerte auf Dauer eingehalten werden können, wie sich die Mengen der Exporte mit verändern werden und wie die VVA die Anzahl an illegalen Verbringungen beeinflusst, wird jedoch erst in den folgenden Jahren ersichtlich.

Der Hintergrund der Eindämmung illegaler Abfalltransporte ist aus Sicht der Branchenvertreter verständlich, aber gerade im Bereich der dualen Systeme mit der Verpflichtung zur Dokumentation der Verpackungsabfallmengen und deren Verwertungspfade in Form von Mengenstromnachweisen nicht notwendig. Zwar seien die Sortierspezifikationen rechtlich ohne Bedeutung, aber als Grundlage der Qualitätsvereinbarungen in der Praxis bereits fest verankert und umgesetzt.

9.2 Umsetzung bei Verwertern (Recyclern)

Seitens der Verwerter gab es Anfang des Jahres offene Fragen in Bezug auf die geänderte VVA und deren Umsetzung in die Praxis. Davon abgeleitet entstanden Unsicherheiten, welche Abfallströme notifiziert werden müssen, welche Anpassungen bezüglich der Verbringungsverträge nach VVA gemacht werden müssen und welche Behörde in Deutschland oder in anderen europäischen Ländern welche Prozentsätze zu Grunde legt. Mit Anfang 2021 ist deutlich weniger Material in ausländische Anlagen verbracht worden (EUWID 0. , 2021), mit der Folge, dass die deutschen Anlagen ihre Kapazitäten voll ausgeschöpft haben.

Zusätzlich wurde seitens der Verwerter vermerkt, dass Anträge zur Notifizierung teils extrem lange in ihrer Abwicklung dauern. Dies verschärft sich, wenn die Transportwege sehr lang sind und mehrere Länder durchqueren. Lange Transportwege und die Durchquerung mehrerer Länder erhöhen zudem die Wahrscheinlichkeiten, in eine oder mehrere Kontrollen zu geraten, welche zu weiteren Verzögerungen im Transport führen können. Die Flexibilität geht für die Sender zunehmend verloren und eine Versorgungssicherheit für die Empfänger wird gefährdet, wenn Lieferungen aufgrund zeitintensiver Notifizierungen sich verspäten oder gar vollständig ausbleiben.

Die Recyclinganlagen als Empfängeranlagen für Kunststoffverpackungsabfälle aus dem dualen System müssen nach VerpackG zertifiziert sein. Damit weisen sie nach, die geforderten technischen Standards einzuhalten, die notwendig sind um mittels Abfallschlüssel eindeutig definierte Input-Fractionen zu verwerten. Eine Nachweisführung der verwerteten Mengen und Qualitäten sind für die Anlagen verpflichtend. Laut den Verwertern sind so bereits hohe Qualitätsstandards gegeben, die mit einer starken Vertrauensbasis zwischen Sender und Empfänger verknüpft sind. Zwar ist die Einhaltung der Reinheit der einzelnen Spezifikationen nicht gesetzlich geregelt, wird aber durch regelmäßige interne Kontrollen überprüft und bei Verfehlungen mit Maßnahmen, wie Preisanpassungen oder Beendigung der Geschäftsbeziehungen, geahndet. Bei einer gesetzlichen Verpflichtung mit der VVA und Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 zur Einhaltung von Grenzwerten an Verunreinigungen stellt sich die Kontrolle auch als wesentliche Herausforderung für den Vollzug dar.

Ein vorgeschlagener Ansatz ist, eine solche Zertifizierung und Nachweispflicht, wie sie bei Recyclinganlagen für Verpackungsabfälle nach dem VerpackG bereits existieren, auch für Sortieranlagen anzustreben. Dafür müssten bestimmte Sortiererergebnisse und Reinheiten bei den jeweiligen Outputfraktionen verpflichtend werden. Da eine solche Zertifizierung der Sortieranlagen nur in einem sehr geringen Maße aus den Zertifikaten für Verwerter ableitbar ist, wäre eine solche Zertifizierung nicht ohne großen Aufwand zu realisieren. Laut Verwerter würde so ein Zertifikat im Zusammenspiel mit klaren Spezifikationen als Teil der Verträge

zwischen Sender und Empfänger zu größeren Sicherheiten auf beiden Seiten führen. Anlagen ohne entsprechendes Zertifikat sollten im Gegenzug ihre Output-Materialien notifizieren müssen.

Für eine gute Verarbeitbarkeit sollten die Verunreinigungen in sortenreinen Kunststofffraktionen zwischen maximal 6 und 10 Ma.-% liegen, wie Gesprächspartner und Gesprächspartnerinnen kommuniziert haben. Ausschlaggebend sollte sein, ob die Empfängeranlage das Material verarbeiten kann und welche Produkte erzeugt werden. So hängen die Qualitätsansprüche an das Input-Material beispielsweise davon ab, ob es sich um eine Nass- oder Trockenaufbereitung handelt.

Ein weiterer Aspekt in der Diskussion ist noch die Einstufung von Materialien nach dem Aufbereitungsgrad. Hierzu zählen die Ebenen der Ballenconditionierung und der Mahlgutfertigung. Teils verlassen letztere bereits den Status des Abfalls und können als Produkt deklariert werden. Fallweise resultieren in der Praxis bei Kontrollen dennoch Beanstandungen, wie berichtet wurde. Ebenfalls sind die Aufbereitungsgrade auch ausschlaggebend für die Festlegung von Verunreinigungen und anderen Arten von Abfällen.

10 Schlussfolgerungen

Mit der Veröffentlichung der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 wurde ein Großteil der Ziele dieses Projektes, wie die Definition von einheitlichen Grenzwerten für die neuen Kunststoffeinträge EU3011 und B3011, sowie der Schärfung von Begrifflichkeiten wie „Verunreinigung“ und „andere Abfälle“, obsolet. Die Aspekte der folgenden Schlussfolgerung sind noch auf den Zeitpunkt vor der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 gerichtet.

Ein einheitliches Vorgehen bei der Definition von Grenzwerten ist für eine grenzüberschreitende Verbringung von Kunststoffabfällen unabdingbar. Mit lokalen Unterscheidungen innerhalb der EU und sogar in Deutschland innerhalb der Bundesländer wirkt der Markt beinahe gelähmt. Große Verunsicherungen bei den Sendern und Empfängern von Kunststoffabfällen führen laut Aussagen der Experten zu einem Rückgang der grenzüberschreitenden Verbringung. Während die zuständigen Behörden je nach Bundesland und europäischen Land Grenzwerte bei den Verunreinigungen zwischen 0 – 6 Ma.-% erachten, wünschen sich die Akteure der Wirtschaft Grenzwerte zwischen 6 – 10 Ma.-%. Gründe dafür werden in den unterschiedlichen Kunststoffabfallströmen gesehen, die angereichert in unterschiedlicher Reinheit zur grenzüberschreitenden Verbringung angedient werden. So können sortenreine PET-Fractionen aus einem geschlossenen Kreislauf höhere Reinheiten erzielen als bspw. Kunststoffabfälle aus gemischten Sammelsystemen oder mit landwirtschaftlichem Bezug. Eine weitere Differenzierung der Grenzwerte wird laut Rückmeldungen der Befragten bei der Aufbereitungsebene gewünscht. So können niedrige Grenzwerte bei Kunststoffabfällen auf Mahlgut-Ebene realisiert werden, auf Artikel-Ebene sind Grenzwerte von unter 2 Ma.-% jedoch kaum einzuhalten. Ein Kompromiss zwischen den zuständigen Behörden und den Akteuren der Wirtschaft bei 6 Ma.-% ist vorstellbar.

Mit der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 wurde ein Grenzwert von 6% bei Kunststoffabfällen für die grenzüberschreitende Verbringung innerhalb der EU festgelegt und entspricht damit den Erwartungen. Für einige Kunststoffabfälle wird das jedoch zukünftig eine Notifizierungspflicht mit sich bringen. Die Gefahr besteht, dass damit auch funktionierende Handelsbeziehungen im europäischen Raum eingeschränkt werden. So beispielsweise bei Folien aus der Landwirtschaft, welche aufgrund fehlender Kapazitäten in Deutschland oftmals in Nachbarländer wie Frankreich verbracht wurden. Laut Rückmeldung der Wirtschaftsakteure besteht jetzt die Angst, nicht mehr konkurrenzfähig zur energetischen Verwertung in Deutschland zu sein. Damit würde dem Ziel der VVA entgegengewirkt. Bei einem Export von circa einer Million Tonnen Kunststoffabfällen im Jahr 2020 betrifft das jedoch vermutlich nur einen kleinen Anteil.

Behoben werden könnte diese eingeschätzte Fehlentwicklung mit einer Differenzierung der Kunststoffabfallströme nach Konditionierung und Herkunft. Da das jedoch laut Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 nicht geplant ist, könnte lediglich die Konkretisierung des Begriffes Verunreinigungen nachhelfen. Die Definition der Begriffe „Verunreinigung“ und „andere Arten von Abfällen“ wurde in der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 vorgenommen. So sind Etiketten, Deckel oder Flüssigkeitsreste (z.B. in Flaschen) nicht als Verunreinigung einzustufen, wohingegen Essensreste oder Erdanhaftungen Verunreinigungen darstellen. Dazu gehören dann auch Joghurt- oder Ketchup-Reste, die bei einer haushaltsüblichen Leerung eines Produktes in der Verpackung verbleiben und zu den 6% beziehungsweise 2% gerechnet werden. Diese Definition von Verunreinigungen impliziert Anteile, die bei der Vorbereitung zum Recycling in der Empfängeranlage oftmals unproblematisch entfernt werden können. Verbleibend beim Beispiel der Landwirtschaftsfolien ist ein Abbürsten und Reinigen vor Ort zu preisintensiv. Zudem ist die Definition von Restfeuchte als Verunreinigung unzureichend geklärt. Die Beispiele der Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 beziehen sich nur auf Verpackungsabfälle und

Flüssigkeitsreste in den Verpackungen. So werden beispielsweise Ableitungen von PET-Flaschen mit den weiteren Bestandteilen wie Deckeln, Etiketten und Flüssigkeitsresten notwendig. Inwiefern die Restfeuchte von beispielweise Erdanhaftungen mit zu den Verunreinigungen gezählt werden muss, ist bisher unzureichend konkretisiert. Hier besteht Potential zur Schärfung von Definitionen in Bezug auf wirklich in der Verwertung störende Verunreinigungsanteile.

Weiterer Schärfungsbedarf besteht in dem Bereich der Kontrollmethoden. Da die derzeitige Probenahme bei Kunststoffabfällen, insbesondere auf Artikel-Ebene unzureichend bekannt und geklärt ist, werden potentielle Aspekte der Probenahme und deren Unzulänglichkeiten aufgeführt. Hier ist die LAGA PN-98 derzeit eine der wenigen Grundlagen zur Durchführung von Probenahmen bei Kunststoffabfällen. Jedoch ist auch die Anwendbarkeit diese Richtlinie begrenzt und vom Inputmaterial abhängig. Bei Kunststoffabfällen auf Mahlgut-Konditionierung erweist sich die LAGA PN-98 als probates Mittel, um Probenahmen sowohl beim Sender und Empfänger sowie während Transportkontrollen durchzuführen. Bei Kunststoffabfällen auf Artikelebene erweist sich die Probenahme aufgrund des deutlich höheren Größtkornes jedoch als problematisch. So können die Probenanzahl und Mengen nicht übertragen werden und auch eine Probenahme kann nur in Anlehnung an die LAGA PN-98 erfolgen. Die Richtlinie ist mit einem Größtkorn von 120 mm nicht für Kunststoffabfälle auf Artikelebene ausgelegt. Als Alternative zu der Richtlinie wurde ein Probenahmesystem vom DSD (Duales System Holding GmbH) eingeführt. Dieses Probenahmeverfahren hat sich in der Praxis seit Jahren etabliert und dient als probates Mittel, um einen Nachweis der Qualität bei der Einigung zwischen Sender und Empfänger zu erlangen. Jedoch verfügt dieses Probenahmeverfahren über keine rechtliche Relevanz und kann daher nicht als Grundlage für die Kontrollen von Qualitäten bei der Probenahme von Behörden auf nationaler oder europäischer Ebene herangezogen werden. Als Lösungsvorschlag wird daher die Erweiterung der allgemein gültigen LAGA PN-98 erwogen. Mit einer Anpassung für stückige Güter über 120 mm und Methoden der Probenahme bei emballierten Kunststoffabfällen könnte eine Grundlage für den Vollzug geschaffen werden. Hier könnte auch die Vorgehensweise zur Probenahme Österreichs übernommen werden, welches einen ähnlichen Ansatz verfolgt wie das Verfahren des DSD (DSD – Duales System Holding GmbH & Co. KG, 2016).

Ein anderer Ansatz wäre die Überführung des in der Praxis etablierten Probenahmeverfahrens in einen einheitlichen und normierten Rahmen. Der Vorteil hierbei liegt in dem bereits erprobten System zur Probenahme sowie der Akzeptanz in der Wirtschaft. Die systematische und repräsentative Belastbarkeit der Probenmenge wurde bereits mit verschiedenen wissenschaftlichen Beiträgen nachgewiesen. Beide Vorschläge bedingen eine zeitintensive und gründliche Überführung in deutsches Recht und für eine größtmögliche Anwendbarkeit und Gültigkeit ebenfalls ins europäische Recht. Die Herausforderungen, die damit einher gehen, ermöglichen aber eine deutliche höhere Sicherheit beim Umgang der Probenahme in der Wirtschaft und beim Vollzug.

Weitere Potentiale zur Verbesserung bei Transportkontrollen wurden bei den Interviews sowie Workshops mit den Behörden ersichtlich. Bei der Durchführung von Transportkontrollen werden Sichtprüfungen der Kunststoffabfälle getätigt. Dabei erweist sich die Erfahrung der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, welche die Kontrollen durchführen, als essentiell für die Erkennung von Verunreinigungen oder andere Abfälle. Dazu zählen auch Kunststoffarten, die nicht den jeweiligen Kunststoffeinträgen beziehungsweise einem Gemisch aus diesen entsprechen. Zur Vereinfachung der Detektion von Kunststoffarten kann an dieser Stelle auf Hand-Nahinfrarot Geräte (NIR) verwiesen werden. Damit kann ein punktueller, genauer und zerstörungsfreier Nachweis über die Polymerart in Sekunden ermöglicht werden. Mit einer

einfachen Oberflächendetektion kann ein grober Eindruck über die Qualität des Kunststoffabfalls, sogar bei emballierten Transportformen, ermöglicht werden. Diese Untersuchungsform ist nicht gleichsam mit den Ergebnissen einer Probenahme einzustufen, kann beim Vollzug aber unterstützen.

Da derzeit auch noch Unsicherheiten bei der Wirtschaft bestehen, wie ein Nachweis über die Qualität und Einhaltung der Grenzwerte zu erbringen ist, wird ein weiterer Lösungsvorschlag vorgelegt. Mit einer externen Qualitätsprüfung von Prüf- und Überwachungsgesellschaften, die je nach Output-Material direkt bei Sortieranlagen oder im Input bei Recyclern in regelmäßigen Zeitintervallen Proben nehmen und auf die Qualitäten prüfen, können Nachweise für die Einhaltung der Grenzwerte erbracht werden. Ein Prüfbericht über die Qualität der jeweiligen Kunststoffabfälle kann dann als Nachweis beim Transport mitgeführt werden. Zur Absicherung und Gewährleistung einer unveränderten Qualität sind Intervalle der Kontrollen zu erarbeiten, die zweckmäßig erscheinen.

Die Ergebnisse des Projektes und die Informationen aus der Anlaufstellen-Leitlinien Nr. 12 sind in einer Informationsbroschüre und FAQ-Liste für die Behörden und Wirtschaft integriert und zusammengefasst und damit für die Umsetzung der Neuregelungen der VVA hinsichtlich der neuen Kunststoffabfälle im Rahmen der grenzüberschreitenden Abfallverbringung praxisgerechte Umsetzungshilfen zur Verfügung zu stellen.

11 Quellenverzeichnis

- Agriculteurs, distributeurs, Industriels pour la valorisation des dechets agricoles. (2022). *ADIVALOR*. Abgerufen am 23. Juni 2022 von <https://www.adivalor.fr>
- Baur, E., Harsch, G., & Moneke, M. (2019). Definition beim werkstofflichen Recycling. In E. Baur, G. Harsch, & M. Moneke, *Werkstoff-Führer Kunststoffe, Eigenschaften - Prüfungen - Kennwerte* (11., aktualisierte Auflage Ausg., S. 60). München: Carl Hanser Verlag München.
- Bogner, D. (18. August 2021). Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). *Befragung zur Probenahme nach LAGA PN-98*. (L. Tegtmeier, Interviewer) Magdeburg.
- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie - Österreich. (2020). *Nationalen Leitfaden „Zur Einstufung von Kunststoffabfällen bei der grenzüberschreitenden Verbringung ab dem 1. Januar 2021*. Wien.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). (02. September 2021). *Bromierte Flammschutzmittel*. Abgerufen am 17. August 2022 von BMUV: <https://www.bmuv.de/themen/gesundheit-chemikalien/chemikalien/bromierte-flammschutzmittel>
- Bundesrepublik Deutschland. (2012). *Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen §4 Abs. 1*. Berlin: Beuth.
- Bundesrepublik Deutschland. (02. Mai 2013). *17 BImSchV Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen)*. Abgerufen am 17. August 2022 von [bmu.de: http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_17_2013/17_BImSchV.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_17_2013/17_BImSchV.pdf)
- Bundesrepublik Deutschland. (5. Juli 2017). *Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz - VerpackG)*. Abgerufen am 18. Juni 2022 von [Gesetze-im-internet: https://www.gesetze-im-internet.de/verpackg/VerpackG.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/verpackg/VerpackG.pdf)
- Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI). (01. September 2012). *Faktencheck Ressourceneffizienz*. Abgerufen am 17. August 2022 von BDI: <https://bdi.eu/publikation/news/faktencheck-ressourceneffizienz/>
- bvse SAM Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH. (2020). *Merkblatt 18: Grenzüberschreitende Verbringung von Kunststoffabfällen ab 01.01.2021*. Abgerufen am 21. Februar 2022 von bvse: https://www.bvse.de/dateien2020/2-PDF/01-Nachrichten/03-Kunststoff/2020/1222-merkblatt18_Kunststoffabfaelle.pdf
- Der Rat der europäischen Gemeinschaft. (1. Februar 1993). *Beschluss des Rates zum Abschluß - im Namen der Gemeinschaft - des Übereinkommens über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung von gefährlichen Abfällen und ihrer Entsorgung (Basler Übereinkommen)*. Abgerufen am 18. Juni 2022 von [eur-lex.europa: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993D0098&from=DE](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993D0098&from=DE)
- Deutsches Institut für Normung e.V. (2021). *Klassifizierung von Kunststoff-Rezyklaten durch Datenqualitätslevels für die Verwendung und den (internetbasierten) Handel*. Berlin: Beuth.

- DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK). (2020). *CEN/TS 16010 Kunststoffe – Kunststoff-Rezyklate – Probenahmeverfahren zur Prüfung von Kunststoffabfall und Rezyklaten*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP). (2011). *DIN EN 15422 Feste Sekundärbrennstoffe – Verfahren zur Probenahme*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW). (2014). *DIN 19698-1 Untersuchung von Feststoffen – Probenahme von festen und stichfesten Materialien – Teil 1: Anleitung für die segmentorientierte Entnahme von Proben aus Haufwerken*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DSD – Duales System Holding GmbH & Co. KG. (Juli 2016). *Allgemeine Vertragsbedingungen der Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH (DSD) für Verwerterverträge (AVBV) - Erlöskunden*. Abgerufen am 18. August 2022 von https://www.gruener-punkt.de/fileadmin/Dateien/Downloads/PDFs/geschaeftsbedingungen/AVBV_Erloeskunden_2016_07_04.pdf
- Environment Agency. (05. Oktober 2021). *Unofficial consolidated version of Annexes III, IIIA, IIIB, IV and IVA of the relevant regulations on shipments of wastes*. (Environment Agency) Abgerufen am 17. August 2022 von [gov.uk](https://www.gov.uk): <https://www.gov.uk/government/publications/waste-shipments-regulation-wsr-consolidated-waste-list/consolidated-waste-list>
- Europäische Kommission. (14. Januar 2011). *Verordnung (EU) Nr.10/2011 Der Kommission über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen*. Abgerufen am 16. August 2022 von [eur-lex.europa](http://eur-lex.europa.eu): <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:012:0001:0089:DE:PDF>
- Europäische Kommission. (19. Oktober 2020). *Anhänge der deligierten Verordnung der Kommission zur Änderung der Anhänge IC, III, IIIA, IV, V, VII und VIII der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verbringung von Abfällen*. Abgerufen am 17. August 2022 von [eur-lex.europa](http://eur-lex.europa.eu): https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:91bb6614-19fd-11eb-b57e-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_2&format=PDF
- Europäische Kommission. (03. Dezember 2021). *Anlaufstellen-Leitlinie Nr. 12 Einstufung von Kunststoffabfällen*. Abgerufen am 17. August 2022 von [environment.ec.europa](http://environment.ec.europa.eu): <https://environment.ec.europa.eu/system/files/2022-05/Anlaufstellen-Leitlinien%20Nr.%202012%20deutsch%2003122021%20corr.pdf>
- Europäische Parlament und der Rat. (14. Juni 2006). *Verordnung (EG) Nummer 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen*. Abgerufen am 16. August 2022 von [eur-lex.europa](http://eur-lex.europa.eu): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1013&from=DE>
- Europäisches Parlament und Rat. (19. November 2008). *Richtlinie 2008/98/EG über Abfall und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien*. Abgerufen am 16. August 2022 von [eur-lex.europa](http://eur-lex.europa.eu): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098&from=DE>
- European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations - EPRO. (2022). *epro-plasticsrecycling*. Abgerufen am 18. Juni 2022 von <https://www.epro-plasticsrecycling.org/page/4/about-who-we-are>
- EUWID, 0. (01. August 2021). *Altkunststoffe-Exporte weiterhin auf steilem Sinkflug. EUWID Recycling und Entsorgung 08/2021(35/2021)*.

- EUWID, 1. (01. Oktober 2021). EU-Exporthandel mit Altkunststoffen seit Coronabeginn mit großen Schwankungen. *EUWID Recycling und Entsorgung* 10/2021(40/2021).
- Expra Nedvang. (05. Oktober 2018). *Expra*. Abgerufen am 17. August 2022 von Extended Producer Responsibility Alliance:
https://www.expra.eu/downloads/book_of_expra_technical_working_grou.pdf
- Gerke, G. (01. Februar 2022). Expertenbefragung nicht verschriftlicht: Qualitätsprüfungen von Folien aus der Landwirtschaft. (L. Tegtmeier, Interviewer)
- Helerich, W., Harsch, G., & Haenle, S. (2004). Definitionen beim werkstofflichen Kunststoffrecycling. In W. Helerich, G. Harsch, & S. Haenle, *Werkstoffführer Kunststoffe* (S. 60). Wien: Carls Hanser Verlag München.
- Initiative Erntekunststoffe Recycling Deutschland - ERDE. (2022). *Erde-Recycling*. Abgerufen am 20. August 2021 von <https://www.erde-recycling.de>
- Institute of Scrap Recycling Industries - ISRI. (03 2020). Scrap Specifications Circular 2020. *ISRI SPECS ISRI Scrap Specifications circular*, S. 35-44. Abgerufen am 16. August 2022
- Irish Farm Film Producers Group CLG (IFFPG). (2022). *farmplastics*. Abgerufen am 6. April 2022 von <https://www.farmplastics.ie/>
- Komitee 157 Abfallwirtschaft Österreich. (2005). *OENORM S 2097-2:2005-04-01 Sortieranalyse von Abfällen - Teil 2: Probenahme*. Wien: Beuth.
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. (Dezember 2001). *LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen*. Abgerufen am 16. August 2022 von Laga-online: https://www.laga-online.de/documents/m32_laga_pn98_1503993280.pdf
- Lindner, C., Schmitt, J., & Hein, J. (August 2020). *Conversio Market and Strategy GmbH, Kurzfassung der Conversio Studie Stoffstrombild Kunststoffe in Deutschland 2019*. Abgerufen am 16. August 2022 von [conversio-gmbh.com](https://www.conversio-gmbh.com):
<https://www.vci.de/ergaenzende-downloads/kurzfassung-stoffstrombild-kunststoffe-2019.pdf>
- Martens, H., & Goldmann, D. (2016). Werkstoffrecycling von Kunststoffen. In H. Martens, & D. Goldmann, *Recyclingtechnik - Fachbuch für Lehre und Praxis* (S. 293). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Medio Ambiente Agricultura y Plásticos. (2021). *plasticosagricolas*. Abgerufen am 04. Mai 2022 von <https://plasticosagricolas.es/>
- MGG Polymers GmbH. (2022). *mgg-polymers*. Abgerufen am 14. Mai 2022 von <https://mgg-polymers.com>
- Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt. (13. November 2020). *Kontrollplan - nach Artikel 50 Absatz 2a der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006 über die Verbringung von Abfällen*. Abgerufen am 16. August 2022 von [lvwa.sachsen-anhalt.de](https://lvwa.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/LVWA/LVwA/Dokumente/4_landwirtschaftumwelt/401/abfall/2020-11-13_Kontrollplan.pdf): https://lvwa.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/LVWA/LVwA/Dokumente/4_landwirtschaftumwelt/401/abfall/2020-11-13_Kontrollplan.pdf
- Müller, A. (2018). Stoffstrommanagement - Grundbegriffe. In A. Müller, *Baustoffrecycling - Entstehung, Aufbereitung, Verwertung* (S. 20). Wiesbaden: Springer Vieweg.

- Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft. (2021). *Handlungsanweisungen der Landesdirektion Sachsen zur grenzüberschreitende Verbringung von Abfällen*. Landesdirektion Sachsen.
- Schlummer, M. (2009). Kunststoffrückgewinnung aus der Elektroaltgerätedemontage. 18. *Seminar Kunststoffrecycling in Sachsen*. Abgerufen am 17. August 2022 von <https://docplayer.org/24614555-Kunststoffrueckgewinnung-aus-der-elektroaltgeraete-demontage.html>
- Statistisches Bundesamt. (01. April 2022). *statista - Exportmengen von Kunststoffabfällen aus Deutschland weltweit in den Jahren 2010 bis 2020*. Abgerufen am 16. August 2022 von Statista: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/994470/umfrage/exportmenge-von-kunststoffabfaellen-aus-deutschland-weltweit/>
- VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss. (2017). *VDI 3459 "Terminologie der Energie- und Abfallwirtschaft Grundlagen" Blatt 1*. Düsseldorf: Beuth Verlag GmbH.
- VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss. (März 2019). *VDI-RL 2095 Blatt 3: Emissionsminderung - Abfallbehandlung - Anlagen zur Behandlung von Abfallgemischen aus der haushaltsnahen Wertstoffeffassung und von gemischten Gewerbeabfällen*. Düsseldorf: Beuth. Abgerufen am 16. August 2022 von <https://www.beuth.de/en/technical-rule/vdi-2095-blatt-3/295044581>