

TEXTE

57/2026

Abschlussbericht

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

von:

Dr. Bertram Zwisele, Pitt Bargfried, Susanne Wüst, Leonie Wachtler
ARGUS – Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH, Berlin

Dr. Stephan Löhle, Sabine Bartnik, Matthias Ehrenbrink
cyclos GmbH, Osnabrück

Jörg Wagner, Marko Günther, Jan Reichenbach
INTECUS GmbH - Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden

Felix Kaiser, Janosch Radermacher, Nadine Buschow
u.e.c. Berlin Umwelt- und Energie-Consult GmbH, Berlin

Dr. Michael Kern
Witzenhausen-Institut GmbH, Witzenhausen

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 57/2026

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3723 31 103 1

Abschlussbericht

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

von

Dr. Bertram Zwisele, Pitt Bargfried, Susanne Wüst, Leonie
Wachtler

ARGUS – Statistik und Informationssysteme in Umwelt
und Gesundheit GmbH, Berlin

Dr. Stephan Löhle, Sabine Bartnik, Matthias Ehrenbrink
cyclos GmbH, Osnabrück

Jörg Wagner, Marko Günther, Jan Reichenbach
INTECUS GmbH - Abfallwirtschaft und umweltintegratives
Management, Dresden

Felix Kaiser, Janosch Radermacher, Nadine Buschow
u.e.c. Berlin Umwelt- und Energie-Consult GmbH, Berlin

Dr. Michael Kern
Witzenhausen-Institut GmbH, Witzenhausen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

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

Durchführung der Studie:

ARGUS – Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH
Karl-Heinrich-Ulrichs-Str. 20a
10785 Berlin

cyclos GmbH
Westerbreite 7
49084 Osnabrück

INTECUS GmbH
Pohlandstraße 17
01309 Dresden

u.e.c. Berlin Umwelt- und Energie-Consult GmbH
Levetzowstraße 10A
10555 Berlin

Witzenhausen-Institut GmbH
Werner-Eisenberg-Weg 1
37213 Witzenhausen

Abschlussdatum:

Dezember 2024

Redaktion:

Fachgebiet III 1.6 Kunststoffe und Verpackungen
Dr. Franziska Krüger

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8145>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2026

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

Kurzbeschreibung: Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Methodenkonzeptes auf dessen Basis regelmäßige, gebündelte Abfallanalysen durchgeführt werden sollen, um die stoffliche Zusammensetzung von gemischt vorliegenden Abfallarten innerhalb der Siedlungsabfälle zu quantifizieren. Auf Basis des entwickelten Konzepts für gebündelte Abfalluntersuchungen sollen für die Stoff-/Abfallströme, für die von der Europäischen Kommission (EU-KOM) Berichts- bzw. Untersuchungspflichten gefordert werden, die benötigten Zusammensetzungen der Abfallströme in verschiedenen Entsorgungspfaden ermittelt werden. Dies umfasst die Stoffströme Kunststoffverpackungen, Verpackungen, Lebensmittelabfälle, Alttextilien und Altbatterien, für die alle vier bzw. fünf Jahre genaue und belastbare Messungen durchzuführen sind. Darüber hinaus hat das Umweltbundesamt weitere Stoffströme für ein Monitoring benannt (Elektro- und Elektronikaltgeräte, Bioabfälle im Restmüll sowie gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle), für die ebenfalls die Zusammensetzungen in verschiedenen Entsorgungspfaden ermittelt werden sollen.

Um bestehende Datenlücken der in Verkehr gebrachten Menge an Stoffen bzw. Produkten und der über die bestimmungsgemäße Rücknahme erfassten Wertstoffmenge erklären zu können, ist es erforderlich, alle als relevant identifizierten Entsorgungspfade (vorrangig alle nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade) bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung zu bestimmen. Die Abfallanalysen konzentrieren sich dabei darauf, die in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden entsorgten Abfälle (Fehlwürfe) zu quantifizieren.

Bei der Entwicklung des Methodenkonzeptes wurde so vorgegangen, dass die Anforderungen, die sich aus der Berichts- bzw. Untersuchungspflicht für die Stoffströme ergeben, durch Abfallanalysen gemischter Siedlungsabfälle umgesetzt werden. Darüber hinaus wurden die benötigten Entsorgungspfade festgelegt und technische Anleitungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung gemischter Siedlungsabfallarten erstellt.

Dabei wird der Ansatz verfolgt, die Methoden und Ergebnisse bestehender Abfallanalysen soweit als möglich in das Methodenkonzept einzubinden, Standarduntersuchungen zu definieren und dort, wo es erforderlich ist, mit Sonderuntersuchungen zu arbeiten. Dazu sind bereits vorliegende Abfalluntersuchungen (sogenannte (sog.) Sekundäranalysen) und im Rahmen von gebündelten Abfallanalysen durchzuführende Untersuchungen (sog. Primäranalysen) bezüglich ihrer Einflussgrößen und Stoffgruppen zu harmonisieren.

Mit dem Stoffgruppenkatalog stehen für alle Entsorgungspfade auf der Materialebene (über die Stoffgruppen) standardisierte Bezeichnungen zur Verfügung, die eine Nutzung der Sortiererergebnisse auf Stoffgruppenebene für alle Stoffströme ermöglichen. Dies ist auch im Hinblick auf den Abgleich mit den in Verkehr gebrachten Mengen von großer Bedeutung. Das Methodenkonzept kann für Basis- und Folgeuntersuchungen genutzt werden.

Abstract: Concept development for regular, bundled waste analyses to monitor selected waste streams

The aim of the project is to develop a methodological concept on the basis of which regular, bundled waste analyses can be carried out to quantify the material composition of mixed waste types within municipal solid waste. Based on the developed concept for bundled waste investigations, the required compositions of the waste streams in various disposal pathways are to be determined for the material/waste streams for which the European Commission (EU COM) demands reporting or investigation obligations. This includes the material streams plastic packaging, packaging, food waste, used textiles and waste batteries, for which precise and

reliable measurements are to be conducted every four or five years. In addition, the German Environment Agency (UBA) has identified further material streams for monitoring (waste electrical and electronic equipment, biowaste in residual waste, as well as mixed commercial municipal waste), for which the compositions in various disposal pathways are also to be determined.

In order to explain existing data gaps between the quantities of materials or products placed on the market and the quantities of recyclable materials collected via proper return systems, it is necessary to determine the material composition of all identified relevant disposal pathways (primarily all improper disposal pathways). The waste analyses focus on quantifying the waste disposed of via improper disposal pathways (misdirected waste).

In developing the methodological concept, the approach was taken to ensure that the requirements arising from the reporting or investigation obligations for the material streams are implemented through waste analyses of mixed municipal waste. Furthermore, the necessary disposal pathways were defined, and technical guidelines for determining the quantity and composition of mixed types of municipal solid waste were developed.

The approach taken aims to integrate existing methods and results of waste analyses into the methodological concept as far as possible, to define standard investigations, and to conduct special investigations where necessary. For this purpose, already existing waste investigations (so-called secondary analyses) and waste analyses to be conducted as part of bundled waste analyses (so-called primary analyses) are to be harmonized in terms of their influencing factors and material groups.

With the material group catalog, standardized designations are available at the material level (via the material groups) for all disposal pathways, enabling the use of sorting results at the material group level across all material streams. This is also of great importance in terms of balancing the quantities placed on the market.

The methodological concept can be used for both baseline and follow-up investigations.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis.....	10
Abkürzungsverzeichnis.....	11
Zusammenfassung.....	14
Summary.....	19
1 Hintergrund und Einführung.....	23
1.1 Zielsetzung und Gegenstand des Forschungsprojekts.....	23
1.2 Begriffsbestimmungen.....	27
1.3 Bausteine des Methodenkonzeptes.....	28
2 Beschreibung der Stoffströme.....	29
2.1 Kunststoffverpackungsabfälle.....	29
2.1.1 Beschreibung des Stoffstroms.....	29
2.1.2 Kontext: Berichtspflicht zu Kunststoffverpackungsabfällen.....	30
2.1.3 Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade.....	31
2.1.4 Zu betrachtende Messpunkte und Zugriffsebenen.....	32
2.1.5 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik.....	32
2.1.6 Sortierstoffgruppen.....	33
2.2 Verpackungsabfälle.....	34
2.2.1 Beschreibung des Stoffstroms.....	34
2.2.2 Kontext: Berichtspflicht zu Verpackungsabfällen.....	34
2.2.3 Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade.....	36
2.2.4 Zu betrachtende Messpunkte und Zugriffsebenen.....	36
2.2.5 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik.....	37
2.2.6 Sortierstoffgruppen.....	38
2.3 Lebensmittelabfälle.....	39
2.3.1 Beschreibung des Stoffstroms.....	39
2.3.2 Berichtspflicht zu Lebensmittelabfällen.....	40
2.3.3 Zu betrachtende Entsorgungspfade.....	41
2.3.4 Geeignete Messpunkte.....	42
2.3.5 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik.....	44
2.4 Altbatterien.....	44
2.4.1 Beschreibung des Stoffstroms.....	44
2.4.2 Kontext: Untersuchungspflicht zu Altbatterien.....	44

2.4.3	Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, Messpunkte und Zugriffsebenen	45
2.4.4	Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik	47
2.4.5	Sortierstoffgruppen	47
2.5	Elektro(nik)altgeräte	47
2.5.1	Beschreibung des Stoffstroms	47
2.5.2	Kontext: Berichtspflicht zu Elektro(nik)altgeräten	48
2.5.3	Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, Messpunkte und Zugriffsebenen	48
2.5.4	Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik	52
2.6	Alttextilien	52
2.6.1	Beschreibung des Stoffstroms	52
2.6.2	Kontext: Berichtspflicht zu Alttextilien	53
2.6.3	Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, Messpunkte und Zugriffsebenen	53
2.6.4	Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik	54
2.7	Bioabfälle	54
2.7.1	Beschreibung des Stoffstroms und Zusammenfassung der zu erfüllenden Kriterien gemäß Berichtspflicht EU-KOM	54
2.7.2	Zu betrachtende Entsorgungspfade	55
2.7.3	Geeignete Messpunkte	55
2.8	Gewerbliche Siedlungsabfälle	56
2.8.1	Gesetzliche Anforderungen an die Erfassung und Entsorgung gewerblicher Siedlungsabfälle	56
2.8.2	Aufkommen und Verbleib gewerblicher Siedlungsabfälle	58
2.8.3	Zusammensetzung gewerblicher Siedlungsabfälle	61
2.8.4	Herausforderungen der Untersuchung in Gewerbebetrieben anfallender Abfälle	62
3	Entwicklung der Analysemethoden für die Entsorgungspfade	64
3.1	Stand der Abfalluntersuchungsmethoden und -analysen der letzten 20 Jahre und Ableitung geeigneter Entsorgungspfade für die Stoffströme	64
3.2	Festlegung der Entsorgungspfade	71
3.3	Methodenbeschreibung der Abfallanalysen	75
3.3.1	Methodische Grundlagen der Stichprobenplanung und Hochrechnung	75
3.3.2	Technische Beschreibung der Abfallanalysen	75
3.3.2.1	Untersuchungsziel und -gegenstand	76
3.3.2.2	Festlegung der Untersuchungsmethoden	76

3.3.2.3	Festlegung der Messpunkte (Zugriffsebene und Stichprobeneinheiten).....	77
3.3.2.4	Festlegung der zeitlichen, räumlichen und sachlichen Einflussparameter für Kampagnen und Schichtungen	78
3.3.2.5	Festlegung der Datenauswertung und Hochrechnung.....	81
3.3.2.6	Festlegung der Qualitätssicherung	81
4	Entwicklung des Methodenkonzeptes für regelmäßige gebündelte Abfallanalysen.....	82
4.1	Basis- und Folgeuntersuchungen	82
4.2	Primär- und Sekundäruntersuchungen.....	82
4.3	Standard- und Sonderuntersuchungen.....	83
4.4	Bündelung der Abfalluntersuchungen	88
4.4.1	Harmonisierung der Entsorgungspfade für alle Stoffströme.....	89
4.4.2	Harmonisierung der Stoffgruppen.....	89
4.4.3	Mehrfachnutzung von Sekundäruntersuchungen	89
4.4.4	Mehrfachnutzung von Planungs- und Rahmendaten.....	90
4.4.5	Mehrfachnutzung von Messpunkten und Stichproben	90
5	Optimierung und Fortschreibung des Methodenkonzeptes.....	91
5.1	Fortschreibbarkeit.....	91
5.2	Optimierung	92
6	Quellenverzeichnis	93
A	Stoffgruppenkatalog.....	96
A.1	Zweck und Inhalt des Stoffgruppenkatalogs.....	96
A.2	Stoffgruppenkatalog	98

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Auszug der Meldepflichten an die EU-KOM	31
Abbildung 2:	Auszug der Meldepflichten zu Verpackungsabfällen an die EU-KOM.....	35
Abbildung 3:	Anhang III des Delegierten Beschlusses (EU) 2019/1597	41
Abbildung 4:	Pflichtenkaskade für die Sammlung und Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen.....	58
Abbildung 5:	Aufkommen und Verbleib gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle, 2016 - 2023	60
Abbildung 6:	Entsorgungswege der Outputfraktionen aus Vorbehandlungsanlagen; Ergebnis einer Fragebogenerhebung bei Betreibern von Vorbehandlungsanlagen.....	61
Abbildung 7:	Mittlere Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle, Ergebnis der Anlagenbilanzierungen 2020/2021, n=5	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abfallschlüssel aus dem europäischen Abfallverzeichnis für Abfallarten, die in der Regel auch LMA umfassen	43
Tabelle 2:	Rechercheergebnisse (beispielhafte Auswahl) für durchgeführte Abfallanalysen auf der Grundlage von standardisierten Methoden/ Richtlinien nach Bundesländern.....	65
Tabelle 3:	Ableitung erforderlicher Entsorgungspfade aus den Stoffstrombeschreibungen	68
Tabelle 4:	Entsorgungspfade für Stoffströme mit Berichts/- Untersuchungspflicht oder gesteigertem Monitoringbedarf.....	72
Tabelle 5:	Festlegung der Stichproben- und Analysenmethoden.....	76
Tabelle 6:	Festlegung der Zugriffsebenen und Definition der SE.....	77
Tabelle 7:	Festlegung der Kampagnen, Schichten und Stichprobenumfänge	79
Tabelle 8:	Hauptstoffgruppen auf erster Differenzierungsebene.....	96
Tabelle 9:	Untersuchungsarten im Stoffgruppenkatalog	97
Tabelle 10:	Stoffgruppenkatalog (Teil 1): Hausmüll, Sperrmüll, LVP, Bioabfall und Alttextilien	98
Tabelle 11:	Stoffgruppenkatalog (Teil 2): Littering, Abfälle von überörtlichen Straßen, Papierkörbe, Altmetalle, gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle, Pflichtrestmülltonne.....	104

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
a	Jahr
Al	Aluminium
AN	Auftragnehmer
ARRL	Abfallrahmenrichtlinie
Art.	Artikel
ASN	Abfallschlüsselnummer
AVV	Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung)
AzV	Abfälle zur Verwertung
BattG	Batteriegelgesetz
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BDSV	Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V.
BGK	Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
d ₉₅	Ein in der Statistik und Qualitätskontrolle übliches Maß, das den Wert kennzeichnet, unterhalb dessen 95 % aller Messwerte einer Verteilung fallen
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIN EN	Deutsche Industrie-Norm in Übereinstimmung mit einer Europäischen Norm
DUH	Deutsche Umwelthilfe e.V.
E	Einwohner
EAG	Elektro- und Elektronikaltgeräte oder Elektro(nik)altgeräte
EG	Europäische Gemeinschaft
einschl.	einschließlich
EPR	Erweiterte Herstellerverantwortung (Extended Producer Responsibility)
EPS	expandiertes Polystyrol
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EU-BattVO	Europäische Batterieverordnung
EU-KOM	Europäische Kommission
EUWiD	Europäischer Wirtschaftsdienst
Fe-Metalle	Eisenmetalle
g.g.SA	Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle

Abkürzung	Erläuterung
HDPE	High-Density Polyethylen
kg	Kilogramm
km²	Quadratkilometer
Komp	Kompostierung
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KW	Kalenderwoche
LAGA PN 98	Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung bzw. Beseitigung von Abfällen
Lfd. Nr.	laufende Nummer
LfU RP	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Li	Lithium
LV	Light vehicle
LV-Batterien	Batterien für leichte Verkehrsmittel gemäß Verordnung (EU) 2023/1542
LVP	Leichtverpackung
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
Mg	Megagramm
Mg²/a²	die Einheit für die Varianz
mm	Millimeter
MMS	städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung
NE	Nicht-Eisen
NE-Metall	nicht-eisenhaltige Metalle
NLS	neu-ländliche Struktur
o. ä.	oder ähnliches
PC	Polycarbonat
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PoM	Placed on the Market
PP	Polypropylen
PPK	Papier, Pappe, Karton
PRO	Producer Responsibility Organisations
Produktspez.	Produktspezifische

Abkürzung	Erläuterung
PVC	Polyvinylchlorid
RM	Restmüll
sog.	sogenannte
TSP	Teil-Stichprobe
UBA	Umweltbundesamt
UG	Untersuchungsgebiet
UStatG	Umweltstatistikgesetz
XPS	extrudiertes Polystyrol

Zusammenfassung

Der Forschungsbericht gliedert sich in die Kapitel Hintergrund und Einführung (inkl. der Zielsetzung), Beschreibung der Stoffströme, Entwicklung der Analysemethoden für die Entsorgungspfade, Entwicklung des Methodenkonzeptes für regelmäßige gebündelte Abfallanalysen und Optimierung und Fortschreibung des Methodenkonzeptes.

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Methodenkonzeptes, auf dessen Basis regelmäßige, gebündelte Abfallanalysen durchgeführt werden sollen, um die stoffliche Zusammensetzung von gemischt vorliegenden Abfallarten innerhalb der Siedlungsabfälle zu quantifizieren. Auf Basis des entwickelten Methodenkonzeptes für gebündelte Abfalluntersuchungen sollen für die Stoffströme, für die von der Europäischen Kommission (EU-KOM) Berichts- bzw. Untersuchungspflichten gefordert werden, die benötigten Zusammensetzungen in verschiedenen Entsorgungspfaden ermittelt werden.

Das Methodenkonzept gebündelter Abfallanalysen umfasst die Stoffströme Kunststoffverpackungen, Verpackungen, Lebensmittelabfälle, Alttextilien und Altbatterien, für die alle vier bzw. fünf Jahre genaue und belastbare Messungen durchzuführen sind. Darüber hinaus hat das Umweltbundesamt weitere Stoffströme für ein Monitoring benannt (Elektro- und Elektronikaltgeräte, Bioabfälle im Restmüll sowie gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle), für die ebenfalls die Zusammensetzungen in verschiedenen Entsorgungspfaden ermittelt werden sollen. Um bestehende Datenlücken der in Verkehr gebrachten Menge an Stoffen bzw. Produkten und der über die bestimmungsgemäße Rücknahme erfassten Wertstoffmenge erklären zu können, ist es erforderlich, alle als relevant identifizierten Entsorgungspfade (vorrangig alle nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade) bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung zu bestimmen. Als Entsorgungspfad nicht bestimmungsgemäßer Entsorgung werden diejenigen Abfallarten fester Siedlungsabfälle bezeichnet, welche in andere als die gesetzlich vorgeschriebenen Erfassungssysteme (auch als Fehlwürfe zu bezeichnende Materialströme oder auch Stoffgruppen) gelangen.

Durch die Analyse der Entsorgungspfade, insbesondere der Fehlwürfe, sollen aufbauend auf dem Methodenkonzept Diskrepanzen zwischen der in Verkehr gebrachten Menge und der bestimmungsgemäß einer Verwertung zurückgeführten Abfallmenge für die genannten Stoffströme bestimmt und somit eine Überprüfung der Verwertungsmengen (Balancing) ermöglicht werden. Für die Stoffströme Lebensmittelabfälle (LMA), Bioabfälle und Teile der gewerblichen Siedlungsabfälle besteht auch ein Bedarf an Daten bestimmungsgemäßer Entsorgungspfade. Auch hierfür sollen Abfalluntersuchungen gebündelt und als Datenbasis für das Monitoring der im Rahmen dieses Vorhabens definierten Abfallströme genutzt werden.

Für die Stoffströme mit Berichts- bzw. Untersuchungspflicht und auch für die Stoffströme mit gesteigertem Monitoring-Bedarf wurden Methoden zur Datenerfassung nicht bestimmungsgemäßer Entsorgungspfade sowie Methoden zur Datenerfassung aller erforderlichen bestimmungsgemäßen Entsorgungswege entwickelt. In Abhängigkeit der Stoffströme kann ein Entsorgungspfade sowohl nicht bestimmungsgemäß als auch bestimmungsgemäß sein.

Die **Beschreibung der Stoffströme** (Kapitel 2) beinhaltet den rechtlichen Hintergrund der Europäischen Union (EU) und die Ermittlung der Datenanforderungen für das Balancing der betrachteten Stoffströme gegenüber der EU-KOM. Dabei werden die für die zu betrachtenden Stoffströme relevanten Entsorgungspfade identifiziert, geeignete Messpunkte diskutiert, benötigte Stoffgruppen für die Analysen aufgezeigt, eine Recherche zu vorhandenen Analysemethoden (Sortierrichtlinien) und zu Abfallanalysen (beispielhaft) der letzten 20 Jahre durchgeführt sowie weitere Besonderheiten der Abfallströme beschrieben. Verfügbare

Bestimmungsmethoden aus der Recherche wurden geprüft und in die Konzeptentwicklung gebündelter Abfalluntersuchungen integriert. Aus den Beschreibungen der Stoffströme wurden grundlegende Anforderungen an die Methodenentwicklung für repräsentative, regelmäßig zu erhebende und gebündelte Abfallanalysen abgeleitet.

Die in Kapitel 3 beschriebene **Entwicklung der Analysemethoden** komplettiert gemeinsam mit den in der Beschreibung der Stoffströme erarbeiteten Anforderungen die Entwicklung der benötigten Abfallanalysemethoden für die Stoffstromuntersuchungen. Die Analysemethoden beschreiben für alle identifizierten Entsorgungspfade die Art der Erhebung (stichprobenbasiert, mehrstufig, geschichtet, methodenoptimiert), die Stichprobenplanung, die Zugriffsebenen und Messpunkte der Stichproben, die Schichtungen, die Beschreibung der Befragungen bzw. Analysen, das Schätzverfahren auf Regionaler Ebene und Bundesebene, die Stoffgruppen bzw. Materialströme und die Belastbarkeit der Ergebnisse. Zur Erfüllung der EU-rechtlichen Anforderungen an die Methoden zur Bestimmung der Abfallzusammensetzungen sind genaue und regelmäßige Untersuchungen erforderlich. In diesem Kapitel wird die dafür notwendige Methodik sowie die regelmäßige Aktualisierung je Abfallentsorgungspfad entwickelt. Bei der Ausgestaltung der Analysemethoden kann auf vorhandene Systematiken und Erfahrungen, bspw. aus vergleichenden Analysen von Siedlungsrestabfällen, zurückgegriffen werden. Insgesamt wurden 12 relevante Entsorgungspfade festgelegt, für die Abfallanalysen zur Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung benötigt werden. Dies betrifft die folgenden Abfallarten der festen Siedlungsabfälle einschließlich der Altmetalle und der gemischten Bau- und Abbruchabfälle:

- ▶ 01 Hausmüll
- ▶ 02 Sperrmüll
- ▶ 03 Leichtverpackungen und Wertstofftonne (LVP)
- ▶ 04 Bioabfälle
- ▶ 05 Alttextilien
- ▶ 06 Litteringabfälle
- ▶ 07 Abfälle von überörtlichen Straßen
- ▶ 08 Papierkorbabfälle
- ▶ 09 Gemischte Bau- und Abbruchabfälle
- ▶ 10 Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle
- ▶ 11 Altmetalle
- ▶ 12 Elektro(nik)altgeräte

Teilbericht 1 zu diesem Abschlussbericht (Titel: Methodische Grundlagen der Stichprobenplanung und Hochrechnung) beschreibt den wissenschaftlichen Hintergrund zu den Abfallanalysen. Die Teilberichte 2.1 bis 2.10 beschreiben die praktische Durchführung von Abfallanalysen auf Basis der recherchierten Untersuchungsmethoden und der methodischen Grundlagen von Teilbericht 1.

In Teilbericht 1 erfolgt die Beschreibung der methodischen Grundlagen von Abfallanalysen und beinhaltet die Anforderungen an eine repräsentative Untersuchung gemischter Siedlungsabfälle. Im Einzelnen werden die Probenahmemethoden für gemischte Siedlungsabfälle, die Auswahl

der Stichprobenverfahren, die Auswahl geeigneter Messpunkte, die statistischen Hochrechnungsverfahren und die Qualitätsberechnung (statistische Fehlerrechnung) beschrieben.

In den Teilberichten 2.1 bis 2.10 werden die praktische Durchführung sowie die Auswertung und Qualitätssicherung der Abfallanalysen aufgezeigt. Für jeden der benötigten Entsorgungspfade wurde eine technische Spezifikation in Form eines Leitfadens erstellt, der alle Schritte der Abfallanalyse detailliert beschreibt. Die Beschreibung der Vorgehensweise wurde in einer kompakten und übersichtlichen Form dargestellt und soll die Durchführung durch geschultes Fachpersonal ermöglichen. Die Beschreibungen ermöglichen die Durchführung von Abfallanalysen auf zwei Ebenen:

1. Auf regionaler Ebene (öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE), Kommunen, Straßenmeistereien bzw. auf Anlagen-Ebene)
2. Auf Bundesebene

Die einzelnen Dokumente zur technischen Beschreibung der Analysemethoden sind als diesem Bericht zugehörige Teilberichte 2.1 bis 2.10 veröffentlicht. Diese Dokumente sind je Entsorgungspfad wie folgt aufgebaut:

- ▶ Zweck und Inhalt
- ▶ Untersuchungsgegenstand
- ▶ Untersuchungsplanung
 - Teil A: Regionale Ebene
 - Teil B: Bundesebene
- ▶ Durchführung
- ▶ Hochrechnung & Auswertung
 - Teil A: Regionale Ebene
 - Teil B: Bundesebene
- ▶ Dokumentation und Ergebnisbericht
- ▶ Qualitätssicherung

Die **Entwicklung des Methodenkonzeptes für regelmäßige gebündelte Abfallanalysen** (Kapitel 4) beschreibt die Zusammenführung/ Zusammenstellung der gebündelten Abfallanalysen in Abhängigkeit der Anforderungen der Stoffströme. Das Methodenkonzept berücksichtigt die Identifizierung und Nutzung vorhandener Datenquellen, wo dies möglich ist. Besonderer Wert wird auf die Maximierung von Synergieeffekten gelegt, um die Analysen der verschiedenen Entsorgungspfade (Abfallanalysen) für die Stoffströme möglichst mehrfach nutzen zu können. Im Hinblick auf die Kooperation und den erforderlichen Zugriff auf bestimmte Abfallarten ist die Einbindung von Unternehmen aus der Privatwirtschaft sowie von externen Experten mit Erfahrung in Abfallanalysen auf verschiedenen Ebenen, sei es auf Bundes-, Landes- oder kommunaler Ebene (z. B. LVP, Elektro(nik)altgeräte (EAG), gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle) von Bedeutung.

Die Säulen des Methodenkonzeptes basieren darauf, bestehende Abfallanalysen so weit als möglich in das Methodenkonzept einzubinden, Standarduntersuchungen zu definieren und dort, wo es erforderlich ist, mit Sonderuntersuchungen zu arbeiten. Dazu sind bereits vorliegende Abfalluntersuchungen (sog. Sekundäranalysen) mit Abfallanalysen, die im Anschluss an dieses Vorhaben ggf. durchgeführt werden (sog. Primäranalysen) bezüglich ihrer Einflussgrößen und Stoffgruppen zu harmonisieren. Basierend auf diesem methodischen Ansatz stehen für alle Entsorgungspfade auf der Materialebene (über die Stoffgruppen) standardisierte Bezeichnungen zur Verfügung, die eine Nutzung der Sortiererergebnisse auf Stoffgruppenebene für alle Stoffströme ermöglicht. Dies ist auch im Hinblick auf die Bilanzierung mit den in Verkehr gebrachten Mengen von großer Bedeutung.

Die in den Kapiteln 2 und 3 erarbeiteten Beschreibungen, Informationen, verfügbaren Methodiken und Daten sowie zu erwartende Systemgrenzen wurden zu einem Gesamtkonzept für eine umfassende gebündelte Abfalluntersuchungsmethodik zusammengeführt. Dabei wurden sowohl die ausgearbeiteten Anforderungen der Stoffströme, die sich wiederum aus den bestehenden Berichts- bzw. Untersuchungspflichten gegenüber der EU ergeben, als auch weitere Stoffströme, für die ein besonderes Interesse in Bezug auf zukünftige Berichtspflichten oder nationale Entsorgungsmaßnahmen besteht, berücksichtigt. Die Informationsbasis für die gebündelte Abfalluntersuchungsmethodik speist sich aus den Stoffstrombeschreibungen (Kapitel 2), den Analysemethoden, den verfügbaren Abfallanalysen und den Abfallanalysedaten (Kapitel 3).

Mit der technischen Beschreibung der Abfallanalysen liegt eine Vorgehensweise vor, welche in verschiedener Hinsicht auf die Bündelung von Abfallanalysen und damit auf die kosteneffiziente Umsetzung des Methodenkonzeptes abzielt. Neben der Entwicklung von Abfallanalysen, die für mehrere Stoffströme eingesetzt werden können, sind dies definierte Sonderuntersuchungen, die Nutzung von Sekundäranalysen, Planungsdaten und Messpunkten sowie ein Zwei-Ebenen Konzept, bei dem die Auswertung der vorliegenden Analyseergebnisse weitgehend einheitlich für die Herkunftsbereiche aus privaten Haushalten, aus öffentlichen Flächen und aus Gewerbe auf Bundesebene entwickelt und umgesetzt werden kann.

Durch die zentrale Planung der benötigten Daten für die Stoffströme nach Stoffgruppen und weiteren Untersuchungsparametern wurden einheitliche Methoden für Abfalluntersuchungen (Entsorgungspfade) entwickelt, die jeweils für alle Stoffströme eingesetzt und die benötigten Daten liefern können. Die Beschreibung der Entsorgungspfade wurde für die Schichten und Stoffgruppen harmonisiert. Durch die Standardisierung der Entsorgungspfade und deren Anwendbarkeit für alle Stoffströme wird eine starke Bündelung erreicht und damit ein effizienter Baustein für das gebündelte Methodenkonzept geschaffen.

Ein zentrales Element der gebündelten Abfallanalysen ist der Stoffgruppenkatalog, der für alle Entsorgungspfade einmal entwickelt wurde und durch entsprechende Filterung für alle Abfallanalysen (Standard- sowie Sonderuntersuchungen) anwendbar ist. Werden für einen Stoffstrom die Stoffgruppen aus verschiedenen Entsorgungspfaden (Abfallanalysen) benötigt, ist eine Zusammenfassung ohne weitere Standardisierungs- und Harmonisierungsschritte möglich.

Der für die gebündelte Analyse entwickelte Stoffgruppenkatalog kann für die Abfalluntersuchungen aller Entsorgungspfade als Basis genutzt werden. Eine einfache Zusammenführung der Mengenströme aus den Abfallanalysen in die Stoffströme ist somit gegeben. Durch die standardisierten Bezeichnungen der Stoffgruppen ist auch ein Abgleich mit den in Verkehr gebrachten Materialgruppen einfacher möglich.

Die Einbeziehung von Sekundäranalysen (in anderem Kontext bereits finalisierte Analysen) können im Methodenkonzept berücksichtigt und in den Auswertungsdatenpool einbezogen werden. Für Sekundäranalysen muss geprüft werden, ob die formulierten Qualitätsstandards

des Forschungsvorhabens der gebündelten Abfallanalysen erreicht werden. Zudem müssen ggf. Anpassungen und Harmonisierungen durchgeführt werden, bevor die Daten in den Datenpool für Stoffströme übernommen werden können. Durch die Nutzung von Sekundäranalysen können erhebliche Einsparungen und Kostenreduzierungen erreicht werden.

Die Rahmendaten zur Planung und zur Hochrechnung können für Abfallanalysen verschiedener Entsorgungspfade genutzt werden. Dazu gehören unter anderem (u. a.) die jahreszeitlichen Einflüsse, das Restabfallbehälterverzeichnis aller Grundstücke der Teil- bzw. Untersuchungsgebiete zur Behälterauswahl (Stichprobenadressen), Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtage, Sammeltturnus, Zeitpunkt der letzten Behälterentleerung und ggf. Behälterstandzeiten bei gebührenrelevanten technisierten Systemen oder Informationen zu weiteren abfallwirtschaftlichen Erfassungssystemen (Glas, LVP, Papier, Pappe, Kartonagen (PPK) oder Bioabfälle). Darüber hinaus werden Gebäudestrukturdaten für die Planung der Schichten (Regionale Ebene und Bundesebene) und Einwohnerstrukturdaten für die Planung der mehrstufigen Auswahl (Regionale Ebene und Bundesebene) benötigt. Für die Planung von Abfallanalysen verschiedener Entsorgungspfade in gleichen Entsorgungsgebieten können die Planungs- und Hochrechnungsdaten mehrmals z. B. für verschiedene Entsorgungspfade im selben öffentlich-rechtlichen Entsorger (örE) genutzt werden.

Die Stichprobenauswahl, das heißt (d. h.) die Bestimmung von Messpunkten kann von Abfallanalysen verschiedener Entsorgungspfade genutzt werden (z. B. Auswahl der örE, Auswahl von Gebietsteilen, Auswahl von Stichproben).

Die **Optimierung und Fortschreibung des Methodenkonzeptes** (Kapitel 5) beschreibt Aspekte der Fortschreibbarkeit und der Optimierung der regelmäßigen, gebündelten Abfallanalysen. Dazu gehören die Einrichtung eines zentralen Informations- und Datenpools sowie die Aktualisierung des Stoffgruppenkatalogs, die Anpassung der Einflussgrößen und die Anpassung der Stichprobenumfänge.

Summary

The research report is structured into the following chapters: Background and Introduction (including objectives), Description of Material Flows, Development of Analysis Methods for Disposal Pathways, Development of a Methodological Concept for Regular Bundled Waste Analyses, and Optimization and Advancement of the Methodological Concept.

The aim of the project is to develop a methodological concept on the basis of which regular, bundled waste analyses can be carried out to quantify the material composition of mixed waste types within municipal solid waste. Based on the developed methodological concept for bundled waste investigations, the required compositions in various disposal pathways shall be determined for those material flows for which the European Commission (EU COM) requires reporting or investigation.

The methodological concept for bundled waste analyses includes the material flows of plastic packaging, packaging, food waste, waste textiles and waste batteries, for which precise and reliable measurements are to be carried out every four or five years. Additionally, the German Environment Agency (UBA) has identified further material flows for monitoring (waste electrical and electronic equipment, biowaste in residual waste, and mixed commercial municipal waste), for which the compositions in various disposal pathways are also to be determined. In order to explain existing data gaps between the quantities of materials or products placed on the market and the quantities of recyclable materials collected through proper return systems, it is necessary to determine the material composition of all identified relevant disposal pathways (primarily all improper disposal pathways). Disposal pathways of improper disposal refer to those types of solid municipal waste that end up in collection systems other than those legally prescribed (also known as misdirected material flows or material groups).

By analyzing the disposal pathways, especially the misdirected waste, discrepancies between the quantities placed on the market and the amounts properly returned for recycling can be identified for the aforementioned material flows, based on the methodological concept, enabling verification of recycling volumes (balancing). For the material flows of food waste (LMA), biowaste, and parts of commercial municipal waste, there is also a need for data from proper disposal pathways. Waste investigations for these purposes are also to be bundled and used as a data basis for monitoring the waste streams defined within the scope of this project.

For the material flows subject to reporting or investigation obligations, as well as for those with increased monitoring needs, methods have been developed for data collection on improper disposal pathways and for all required proper disposal routes. Depending on the material flows, a disposal pathway can be either improper or proper.

The description of material flows (Chapter 2) includes the legal background of the European Union (EU) and the determination of data requirements for balancing the examined material flows against the EU COM. Relevant disposal pathways for the material flows under consideration are identified, suitable measurement points discussed, necessary material groups for analysis outlined, and a review of existing analysis methods (sorting guidelines) and exemplary waste analyses from the past 20 years is conducted. Additional characteristics of the waste streams are described. Available determination methods from the review were assessed and incorporated into the development of the bundled waste investigation concept. Fundamental requirements for the development of representative, regularly conducted, and bundled waste analyses were derived from the material flow descriptions.

The development of the analysis methods described in Chapter 3, together with the requirements developed in the material flow descriptions, completes the development of the

necessary waste analysis methods for material flow investigations. The analysis methods describe the type of data collection (sample-based, multi-stage, stratified, method-optimized), the sampling plan, access levels and sampling points, stratification, description of surveys or analyses, estimation methods at the regional and federal level, the material groups or material flows, and the reliability of results. To meet EU legal requirements for determining waste compositions, precise and regular investigations are necessary. This chapter develops the methodology required for this, as well as the regular updates per disposal pathway. Existing systems and experiences, such as from comparative analyses of residual municipal waste, can be used in designing the analysis methods. A total of 12 relevant disposal pathways have been defined for which waste analyses are needed to determine material composition. These include the following types of solid municipal waste, including scrap metal and mixed construction and demolition waste:

- ▶ 01 Household waste
- ▶ 02 Bulky waste
- ▶ 03 Lightweight packaging and recyclables bin (LVP)
- ▶ 04 Biowaste
- ▶ 05 Waste textiles
- ▶ 06 Litter waste
- ▶ 07 Waste from major roads
- ▶ 08 Waste from public bins
- ▶ 09 Mixed construction and demolition waste
- ▶ 10 Mixed commercial municipal waste
- ▶ 11 Scrap metal
- ▶ 12 Waste electrical (and electronic) equipment

Partial Report 1 of this final report (Title: Methodological Foundations of Sampling Design and Extrapolation) describes the scientific background of waste analyses. Partial Reports 2.1 to 2.10 describe the practical implementation of waste analyses based on the researched investigation methods and the methodological foundations of Partial Report 1.

Partial Report 1 describes the methodological foundations of waste analyses and includes requirements for a representative study of mixed municipal waste. Specifically, it describes sampling methods for mixed municipal waste, selection of sampling procedures, selection of suitable measurement points, statistical extrapolation methods, and quality calculations (statistical error calculations).

Partial Reports 2.1 to 2.10 present the practical implementation as well as the evaluation and quality assurance of the waste analyses. For each required disposal pathway, a technical specification in the form of a guideline was created, detailing every step of the waste analysis. The procedures are presented in a concise and clear format to enable implementation by trained professionals. The descriptions enable waste analyses to be carried out on two levels:

1. At the regional level (public disposal providers, municipalities, road maintenance departments, or at the facility level)
2. At the federal level

The individual documents for the technical description of the analysis methods have been published as Partial Reports 2.1 to 2.10 of this report. These documents are structured per disposal pathway as follows:

- ▶ Purpose and content
- ▶ Subject of investigation
- ▶ Investigation planning
 - Part A: Regional level
 - Part B: Federal level
- ▶ Implementation
- ▶ Extrapolation & evaluation
 - Part A: Regional level
 - Part B: Federal level
- ▶ Documentation and results report
- ▶ Quality assurance

The development of the methodological concept for regular bundled waste analyses (Chapter 4) describes the integration and composition of bundled waste analyses depending on the requirements of the material flows. The methodological concept considers the identification and use of existing data sources wherever possible. Particular emphasis is placed on maximizing synergies to enable multiple uses of analyses from various disposal pathways for the material flows. With regard to cooperation and the required access to certain waste types, the involvement of private sector companies and external experts with experience in waste analyses at various levels—federal, state, or municipal (e.g., LVP, waste electrical and electronic equipment (WEEE), mixed commercial municipal waste)—is important.

The pillars of the methodological concept are based on integrating existing waste analyses as extensively as possible into the concept, defining standard investigations, and conducting special investigations where necessary. Existing waste analyses (so-called secondary analyses) and subsequent analyses to be conducted after this project (so-called primary analyses) must be harmonized with regard to influencing factors and material groups. Based on this methodological approach, standardized designations are available at the material level (via material groups) for all disposal pathways, enabling the use of sorting results at the material group level for all material flows. This is particularly important for balancing with the quantities placed on the market.

The descriptions, information, available methodologies and data developed in Chapters 2 and 3, along with expected system boundaries, have been combined into a comprehensive methodological concept for bundled waste investigations. The developed material flow requirements—which result from existing reporting or investigation obligations to the EU—as well as other material flows of particular interest for future reporting requirements or national waste management measures have been taken into account. The information base for the bundled waste investigation methodology is derived from the material flow descriptions (Chapter 2), the analysis methods, available waste analyses, and waste analysis data (Chapter 3).

The technical description of the waste analyses provides a procedure that aims at bundling waste analyses and thus implementing the methodological concept cost-efficiently. In addition to developing waste analyses that can be used for multiple material flows, defined special investigations, the use of secondary analyses, planning data and measurement points, and a two-level concept have been developed. The evaluation of existing analysis results can thus be largely standardized across origin sectors—private households, public spaces, and commerce—at the federal level.

By centrally planning the required data for the material flows by material group and other investigation parameters, uniform methods for waste investigations (disposal pathways) have been developed that can be applied across all material flows and provide the necessary data. The description of disposal pathways was harmonized with respect to layers and material groups. Standardizing the disposal pathways and their applicability across all material flows ensures strong bundling, thus creating an efficient component of the bundled methodological concept.

A central element of the bundled waste analyses is the material group catalog, which was developed once for all disposal pathways and can be applied to all waste analyses (standard and special investigations) through appropriate filtering. If material groups from various disposal pathways (waste analyses) are required for a single material flow, consolidation is possible without further standardization and harmonization steps.

The material group catalog developed for the bundled analysis can be used as a basis for waste investigations across all disposal pathways. This allows for the simple aggregation of quantity flows from waste analyses into material flows. The standardized designations of material groups also facilitate comparison with the material groups placed on the market.

The integration of secondary analyses (analyses already finalized in a different context) can be considered in the methodological concept and included in the evaluation data pool. For secondary analyses, it must be verified whether the formulated quality standards of the research project on bundled waste analyses are met. If necessary, adjustments and harmonization must be made before the data can be included in the data pool for material flows. Using secondary analyses can result in significant savings and cost reductions.

The framework data for planning and extrapolation can be used for waste analyses of various disposal pathways. These include seasonal influences, the residual waste container directory of all properties in the partial or study areas for container selection (sample addresses), the number and size of containers provided, collection days, collection frequency, time since last container emptying, and possibly container retention times for fee-relevant mechanized systems or information on other waste collection systems (glass, LVP, paper, cardboard, cartons (PPC), or biowaste). In addition, building structure data is required for planning the layers (regional and federal level), and population structure data is needed for planning the multi-stage selection (regional and federal level). Planning data and extrapolation data can be reused for waste analyses of different disposal pathways in the same public disposal provider (öRE).

Sampling point selection (i.e., the determination of measurement points) can be used for waste analyses of different disposal pathways (e.g., selection of public disposal providers, selection of district parts, selection of samples).

The optimization and further development of the methodological concept (Chapter 5) describes aspects of updating and optimizing regular, bundled waste analyses. These include the establishment of a central information and data pool, updating the material group catalog, adjusting influencing factors, and modifying sample sizes.

1 Hintergrund und Einführung

Mit Wirkung ab dem 1. Januar 2021 wurde das sog. Kunststoff-Eigenmittel als neue Einnahmequelle des EU-Haushaltes eingeführt. Dafür zahlen die EU-Mitgliedstaaten 0,80 Euro pro Kilogramm (kg) nicht recycelter Verpackungsabfälle aus Kunststoff. Die neue Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 vom 16. März 2023 zur Festlegung des Formulars für die Übersicht über die auf nicht recycelten Verpackungsabfällen aus Kunststoff basierenden Eigenmittel gemäß der Verordnung (EU, Euratom) 2021/770 des Rates verpflichtet die Mitgliedstaaten, für die Schätzung und Meldung der entstandenen Verpackungsabfälle aus Kunststoff regelmäßige Abfallanalysen (Waste Composition Analysis, WCA) durchzuführen.

In Deutschland werden die zu meldenden Daten über Verpackungsabfälle bislang hauptsächlich über den Ansatz des Inverkehrbringens (Placed on the Market (PoM)) ermittelt. Vorhandene Abfallanalysen wurden bisher nur zur Überprüfung und als Gegenkontrolle der Werte verwendet. Gemäß Entscheidung 2005/270/Europäische Gemeinschaft (EG) der EU-KOM, zuletzt geändert am 26.04.2019, muss eine Überprüfung und Gegenkontrolle der Daten sog. Cross Checks durchgeführt werden. Dabei werden die über den Ansatz des Inverkehrbringens erhobenen Daten mit den Daten zur stofflichen Zusammensetzung aus Abfalluntersuchungen verglichen. Liefern die Werte aus beiden Ansätzen unterschiedliche Werte, ist laut Guidance-Dokument zur Entscheidung 2005/270/EG der EU-KOM ein Ausgleich (Balancing) zwischen den Werten vorgesehen. Die Cross Checks sind bereits ab 2023 vorzunehmen und sind gemäß der Entscheidung 2005/270/EG Anhang I, Tabelle 3, ausführlich zu erläutern (Art. 3, Abs. 5), wobei die Daten aus den Abfalluntersuchungen maximal 4 Jahre alt sein dürfen (Art. 2, Nr. 15). Die letzten für Deutschland verfügbaren Daten aus Abfallanalysen wurden im Jahr 2020 veröffentlicht¹.

Spätestens ab dem Berichtsjahr 2025 benötigt Deutschland neue Daten und danach mindestens alle 4 Jahre wieder. Daneben besteht auch für Lebensmittelabfälle (LMA), Alttextilien und Altbatterien Bedarf an Abfalluntersuchungen aufgrund von EU-rechtlichen Verpflichtungen. Da Abfallanalysen sehr kosten- und zeitaufwändig sind, ist es für eine effiziente Abwicklung geboten, die verschiedenen Anforderungen zu bündeln und Synergien zu nutzen.

Aufgrund bereits implementierter bzw. in unmittelbarer Zukunft zu implementierenden regulatorischen Maßnahmen oder besonderer politischer Relevanz und Zielstellung besteht darüber hinaus ein gesteigertes Interesse an einem Monitoring weiterer relevanter Abfallstoffströme wie Elektro(nik)altgeräte (EAG) und Bioabfälle im Restmüll, sowie den gewerblichen Siedlungsabfällen. Auch diese Abfälle sollen in die Abfalluntersuchungen integriert werden. Die Erarbeitung eines Konzeptes, wie solche Abfallanalysen regelmäßig und gebündelt zur Erfüllung der verschiedenen Bedarfe und Berichtspflichten gegenüber der EU-KOM organisiert und durchgeführt werden können, ist Gegenstand dieses Projektes.

1.1 Zielsetzung und Gegenstand des Forschungsprojekts

Das Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines Konzepts zur effizienten Durchführung regelmäßiger und gebündelter Abfallanalysen. Grundlage für die gebündelten Abfallanalysen sind vier Stoffströme, für die eine Berichts- bzw. Untersuchungspflicht gegenüber der EU-KOM oder eine Untersuchungspflicht gemäß EU-rechtlicher Vorgaben besteht, sowie vier weitere Stoffströme bzw. Entsorgungspfade mit erhöhtem Monitoring-Bedarf. Der Schwerpunkt der gebündelten Abfallanalysen liegt auf den nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden,

¹ Dornbusch et al. (2020): Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien. UBA-Texte 113/2020. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vergleichende-analyse-von-siedlungsrestabfaellen>. (abgerufen am 30.07.2025).

für die ein Methodenkonzept zu effizienten, d. h. gebündelten Abfallanalysen entwickelt werden soll. Für die LMA, die Bioabfälle und für einen Teil der gewerblichen Abfälle besteht jedoch auch ein Bedarf an Erkenntnissen für die bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade.

Durch die Analyse der Entsorgungspfade, insbesondere der Fehlwürfe in diesen Abfallarten, soll die Diskrepanz zwischen der in Verkehr gebrachten Menge und der ordnungsgemäß zurückgeführten Menge geschlossen werden. Dazu sollen bestehende sowie noch zu erstellende Abfalluntersuchungen gebündelt und als Datenbasis für das Monitoring der Abfallströme genutzt werden.

Das Konzept für die gebündelte Abfalluntersuchung ist so zu erarbeiten, dass es direkt praktisch umsetzbar ist. Es soll eine detaillierte Vorgehensweise für die Datenerhebung abbilden.

Folgende Stoffströme werden betrachtet:

- a) Stoffströme, für die eine Berichts- bzw. Untersuchungspflicht gegenüber der EU-KOM besteht (Stoffströme- Berichts- bzw. Untersuchungspflicht)
 - ▶ Kunststoffverpackungsabfälle gemäß Art. 2 Abs. 15 und Art. 3 Abs. 2 bis 4 der neuen Durchführungsverordnung (EU) 2023/595,
 - ▶ Verpackungsabfälle aller Materialien gemäß dem Guidance-Dokument zur Entscheidung 2005/270/EG der EU-KOM,
 - ▶ LMA gemäß Anhang III des Delegierten Beschlusses (EU) 2019/1597 und
 - ▶ Altbatterien gemäß Art. 69 Abs. 5 der Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG (2020/0353 (COD)) sowie
- b) Stoffströme, für die es einen gesteigerten Monitoring-Bedarf gibt (Stoffströme-Monitoring):
 - ▶ Alttextilien
 - ▶ EAG
 - ▶ Bioabfälle im Restmüll sowie
 - ▶ dem Abfallstrom gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle.

Für die Stoffströme mit Berichts- bzw. Untersuchungspflichten sind folgende Besonderheiten zu beachten.

Kunststoffverpackungsabfälle. „Entstandene Verpackungsabfälle aus Kunststoff“ bezeichnet nach Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 Art. 2 Nr. 10 die in kg ausgedrückte Menge an Kunststoffverpackungen, einschließlich Kunststoffkomponenten von Verbundverpackungen und sonstigen Verpackungen, die in einem Mitgliedstaat in einem Kalenderjahr zu Abfall werden. Mit Abfallanalysen gibt die Durchführungsverordnung einen Ansatz, wie diese in gemischten Siedlungsabfällen zu erheben sind. Die Ergebnisse gemäß diesem Ansatz können dann mit anderweitigen Ansätzen verglichen (Cross Check) und ein Wert für das Aufkommen an Kunststoffverpackungsabfällen ermittelt werden.

Verpackungsabfälle. „Verpackungsabfälle“ sind, gemäß Art. 3 Abs. 1 Nr. 25 der Verordnung 2025/40², alle Verpackungen oder Verpackungsmaterialien bei denen es sich um Abfall handelt, mit Ausnahme von Produktionsrückständen. Dies umfasst die resultierenden Abfälle von Verkaufsverpackungen (Primärverpackungen), Umverpackungen (Sekundärverpackungen), Transportverpackungen (Tertiärverpackungen), sowie sog. Serviceverpackungen, die gemäß den Berichtspflichten per Abfallanalysen zu bestimmen sind.

Lebensmittelabfälle. Die Definition von „Lebensmittel“ im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates (2) versteht Lebensmittel als Ganzes, entlang der gesamten Lebensmittelkette von der Erzeugung bis zum Verbrauch. Lebensmittel beinhalten auch nicht essbare Bestandteile, wenn diese bei der Erzeugung des Lebensmittels nicht von den essbaren Bestandteilen getrennt wurden, z. B. Knochen, die dem zum menschlichen Verzehr bestimmten Fleisch anhaften. Daher können LMA auch Stücke umfassen, die teils aus aufzunehmenden Lebensmitteln und teils aus nicht aufzunehmenden Lebensmitteln bestehen.

Altbatterien. Altbatterien sind gemäß Art. 3 Nr. 1 der Verordnung 2023/1542 Batterien, welche Abfall im Sinne von Art. 3 Nr. 1 der Richtlinie 2008/98/EG sind. Altbatterien sind in unterschiedliche Batterie-Kategorien unterteilt (Gerätebatterien, Industriebatterien, Batterien für leichte Verkehrsmittel (LV-Batterien), Elektrofahrzeugbatterien oder Starterbatterien), von denen Gerätebatterien und LV-Batterien der Untersuchungspflicht unterliegen. Die bestimmungsgemäße Erfassung hat durch die von den Herstellern bzw. Organisationen für Herstellerverantwortung (Producer Responsibility Organisation (PRO)) eingerichteten Rücknahme- und Sammelsysteme zu erfolgen. Dies gilt ebenfalls für in EAG enthaltene, beiliegende oder fest verbaute Batterien. Die Verpflichtungen der Mitgliedstaaten in Bezug auf die Abfallanalyse für Geräte-Altbatterien und LV-Altbatterien sind in Art. 69 Abs. 5 der Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG (2020/0353 (COD)) (Europäische Batterieverordnung (EU-BattVO)) formuliert.

Für die folgenden Stoffströme mit Monitoring-Bedarf besteht aus den nachstehenden Gründen ein Interesse an einem Monitoring der im Restmüll enthaltenen Mengen.

Elektro- und Elektronikaltgeräte. EAG müssen gemäß Richtlinie 2012/19/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 über Elektro- und Elektronikaltgeräte (WEEE-RL) und ihrer nationalen Umsetzung im ElektroG³ getrennt vom Restmüll erfasst werden. Dabei ist eine Sammelquote von 65 Prozent (%) anzustreben, bezogen auf die durchschnittliche Masse der in den drei Vorjahren in Verkehr gebrachten EAG. Die Zielerreichung der WEEE-RL und des ElektroG spiegelt sich neben der Höhe der erzielten Sammelquote folglich auch in den Mengen an EAG wider, die im Restmüll (inkl. Sperrmüll) sowie auch in anderen nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden, z. B. Verpackungsabfälle, Alttextilien, Metallschrott oder Altpapier entsorgt werden. Ein regelmäßiges Monitoring von EAG (und anderen nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden) ermöglicht folglich eine Bewertung der Maßnahmen zur Verbesserung der verbrauchernahen Erfassung. Zudem spielt das ElektroG für die Vermeidung bzw. Verminderung von Bränden eine bedeutende Rolle. Insbesondere lithiumhaltige Batterien stehen regelmäßig und zunehmend im Verdacht – teils bereits nachgewiesen –, Brände in Abfallentsorgungs-, Sortier- und Behandlungsanlagen über

² Verordnung (EU) 2025/40 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Dezember 2024 über Verpackungen und Verpackungsabfälle, zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1020 und der Richtlinie (EU) 2019/904 sowie zur Aufhebung der Richtlinie 94/62/EG, Abruf unter: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/40/oj>, (abgerufen am 07.04.2025).

³ Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (ElektroG) https://www.gesetze-im-internet.de/elektrog_2015 (abgerufen am 07.04.2025).

sämtliche Abfallströme hinweg verursacht zu haben⁴. Dabei spielen nicht nur lose Batterien eine Rolle, sondern auch die Batterien, welche in EAG enthalten sind und unsachgemäß der Erfassung zugeführt bzw. erfasst werden. Deswegen ist auch dieser Aspekt bei Abfallanalysen relevant.

Alttextilien. Ab 2025 wird nach § 20 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)⁵ die Pflicht zur Getrennterfassung von Textilabfällen aus privaten Haushalten eingeführt. Ein regelmäßiges Monitoring von Textilabfällen im Restmüll würde eine Evaluation ermöglichen, welche Wirkung für die Getrennterfassung ab 2025 entfaltet. Weiterhin wurden mit dem am 5. Juli 2023 von der EU-KOM vorgelegten Vorschlag KOM (2023) 420 final 2023/0234 (COD) zur Änderung der Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) 2008/98 EG weitgehende Regelungsvorschläge für Alttextilien vorgelegt, welche ebenfalls eine Pflicht zur Durchführung einer Restabfallanalyse vorsehen.

Bioabfälle im Restmüll. Bioabfall in Form von Küchen- und Nahrungsmittelabfällen bildet nach wie vor die größte Einzelfraktion in der Restmülltonne mit rund 39 % (Dornbusch et. al.; 2020⁶). Die Umweltministerkonferenz hat daher in der 95. Sitzung im Jahr 2020 eine politische Erklärung zur Erfüllung der „EU-Recyclingquoten für Siedlungsabfälle“ verabschiedet. Demnach sollen die noch im Restabfall befindlichen Bioabfälle bis zum Jahr 2025 um ein Drittel reduziert und bis zum Jahr 2030 halbiert werden. Eine regelmäßige Erfassung der noch im Restabfall befindlichen Bioabfälle stellt ein geeignetes Kontrollinstrument für den Erfolg des gesetzten politischen Ziels in Bezug auf die getrennte Erfassung von Bioabfällen dar.

Gewerbliche Siedlungsabfälle. Gewerbliche Siedlungsabfälle sind einerseits nach § 3 Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)⁷ in verschiedene Fraktionen getrennt zu sammeln, können aber andererseits in begründeten Ausnahmefällen auch gemischt gesammelt werden. Im Falle einer ausbleibenden Getrenntsammlung sind die Gemische in Vorbehandlungsanlagen mit definierten technischen Ausstattungsstandards zu sortieren und enthaltene Wertstoffe abzutrennen. Die getrennt gesammelten Fraktionen (hier PPK (Papier, Pappe, Karton)- und Kunststofffraktionen) sollen bei den Abfallerzeugern (Gewerbebetriebe) dahingehend untersucht werden, in welchen Anteilen sich dort relevante Verpackungen befinden (benötigter Cross-Check zur Erfüllung der EU-Berichtspflichten). Es besteht außerdem Bedarf an einer Verstärkung der Erhebungen von Daten zum Aufkommen und zur Entsorgung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen, wie sie in (Florian Knappe et. al.; 2023⁸) durchgeführt worden sind. Weiterhin sollen die gemischt gesammelten Fraktionen (hier eventuelle Fokussierung auf Vorbehandlungsanlagen/Müllverbrennungsanlagen) sowie die gewerblichen Restabfälle Gegenstand der Abfallanalysen sein.

⁴ Siehe auch „Prüfung der Einführung einer Pfandpflicht für lithiumhaltige Batterien und Akkumulatoren“ - insb. Kapitel 6 „Schadensereignisse durch LIB“. UBA Texte 60/2023. Dessau- Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/60_2023_texte_pruefung_der_einfuehrung_einer_pfandpflicht.pdf (abgerufen am 07.04.2025).

⁵ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 02. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 56), abrufbar unter: KrWG - Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (abgerufen am 18.07.2025).

⁶ Dornbusch et al. (2020): Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien. UBA-Texte 113/2020. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vergleichende-analyse-von-siedlungsrestabfaellen> (abgerufen am 30.07.2025).

⁷ Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV): Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 896), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2022 (BGBl. I S. 700).

⁸ Florian Knappe et. al. (2023): Erarbeitung von Grundlagen für die Evaluierung der Gewerbeabfallverordnung. UBA-Texte 47/2023. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erarbeitung-von-grundlagen-fuer-die-evaluierung-der-gewerbeabfallverordnung> (abgerufen am 07.04.2025)

1.2 Begriffsbestimmungen

Im Folgenden werden die wichtigsten für das Vorhaben relevanten Begriffe definiert.

Abfallarten: Kategorisierung von Abfällen nach einem Abfallartenkatalog unter Verwendung einer Abfallschlüsselnummer (ASN), üblicherweise nach der Systematik nach Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)⁹.

Abfallstoffgruppen: Materialien bzw. Bestandteile einer Abfallart oder eines Abfallstroms (definiert in stofflichen Abfallanalysen), die sich durch händische Sortierung zerlegen lassen. Hierfür können verschiedene Hierarchieebenen definiert werden (vgl. hierzu die Sortierrichtlinien der Bundesländer¹⁰).

Abfallfraktionen: Teilchengrößenklassen einer/ eines Abfallart, -stroms, -gemisches (definiert über Siebklassierungen).

Abfallströme: Abfallarten oder Zusammenführungen nach verschiedenen Abfallarten oder Abfallstoffgruppen zu Gemischen.

Stoffströme: Bewegung von Materialien durch verschiedene Phasen des Lebenszyklus, im Zusammenhang mit dem geplanten Vorhaben beginnend mit den in Verkehr gebrachten Materialströmen bis hin zu den Entsorgungspfaden (siehe nächster Begriff).

Entsorgungspfade: Wege oder Prozesse, die der Abfall von der Erzeugung bis zur endgültigen Entsorgung durchläuft. Sie umfassen alle Phasen der Abfallbehandlung, von der Sammlung und Sortierung über den Transport bis hin zur Verwertung oder Beseitigung.

Bestimmungsgemäße Entsorgung: Als Abfallstrom bzw. Entsorgungspfad bestimmungsgemäßer Entsorgung werden diejenigen Massenströme bezeichnet, die in das gesetzlich vorgeschriebene (Getrennt-)Erfassungssystem gelangen.

Nicht-bestimmungsgemäße Entsorgung: Als Entsorgungspfad nicht-bestimmungsgemäßer Entsorgung werden diejenigen Massenströme bezeichnet, die in andere als die gesetzlich vorgeschriebenen Erfassungssysteme (auch als Fehlwürfe zu bezeichnende Abfälle) gelangen.

Gewerbliche Siedlungsabfälle: Gemäß § 2 der GewAbfV sind gewerbliche Siedlungsabfälle: Siedlungsabfälle aus anderen Herkunftsbereichen als privaten Haushaltungen, die aufgeführt sind in Kapitel 20 der Anlage der AVV [...], insbesondere gewerbliche und industrielle Abfälle, sowie Abfälle aus privaten und öffentlichen Einrichtungen, die Abfällen aus privaten Haushaltungen auf Grund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung ähnlich sind, sowie weitere nicht in Kapitel 20 der Anlage der AVV aufgeführte gewerbliche und industrielle Abfälle, die nach Art, Zusammensetzung, Schadstoffgehalt und Reaktionsverhalten Abfällen aus privaten Haushaltungen vergleichbar sind.

Abfälle zur Verwertung (AzV): Der Begriff Abfälle zur Verwertung ist ein von Entsorgungsunternehmen verwendeter Begriff, welcher nicht durch die GewAbfV definiert wird und regelmäßig zu Verwirrung auf Seiten des Abfallerzeugers führt, da er synonym mit gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen verwendet wird. Dadurch wird klargestellt, dass hierunter keine Monofraktionen (getrennt gesammelte Gewerbeabfälle) fallen. Alternativ spricht man auch von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen.

⁹ Das Europäische Abfallverzeichnis ist maßgebend für die Kategorisierung von Abfällen in der Europäischen Union (Beschluss der Kommission vom 18. Dezember 2014 zur Änderung der Entscheidung 2000/532/EG über ein Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (2014/955/EG). Es stuft die Abfälle überwiegend nach ihrer Herkunftsbranche ein. In Deutschland wurde es mit der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) in nationales Recht überführt.

¹⁰ Zum Beispiel Sortierrichtlinie Sachsen (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23865/documents/39943>) oder Rheinland-Pfalz (<https://lfu.rlp.de/de/bodenschutz-abfallwirtschaft/abfallwirtschaft-stoffstrommanagement/siedlungsabfallwirtschaft/sortierrichtlinie/>)

Die Begriffe können im Kontext des geplanten Vorhabens unterschiedlich benutzt werden. Bioabfall kann eine Abfallart mit dem ASN 20 03 01 04 sein oder als Abfallstoffgruppe z. B. im Hausmüll benannt sein. Dasselbe kann für EAG gelten. Um Irritationen zu vermeiden, sollte in diesem Vorhaben ein Zusatz verwendet werden, z. B. EAG_(im Hausmüll, HM).

1.3 Bausteine des Methodenkonzeptes

Die **Beschreibung der Stoffströme** (Kapitel 2) beinhaltet die Ermittlung der Datenanforderungen für die Stoffströme mit Berichts- bzw. Untersuchungspflicht und für die Stoffströme mit Monitoringbedarf. Des Weiteren werden die für die zu betrachtenden Stoffströme relevanten Entsorgungspfade identifiziert, eine Recherche von vorhandenen Abfallanalysen der letzten 20 Jahre durchgeführt sowie weitere Besonderheiten des Stoffstroms beschrieben. Verfügbare Bestimmungsmethoden können aus diesem Pool geprüft und in die Konzeptentwicklung gebündelter Abfalluntersuchungen integriert werden.

In **Kapitel 3** steht die Entwicklung der Abfallanalysenmethodiken für alle identifizierten und als relevant erachteten Entsorgungspfade im Fokus. Im Methodenkonzept wird für alle identifizierten Entsorgungspfade, die Art der Erhebung (Befragung vs. Analyse und Vollerhebung vs. Teilerhebung), die Stichprobenplanung, die Messpunkte, die Schichtungen, die Beschreibung der Befragungen bzw. Analysen, das Hochrechnungsverfahren auf Bundesebene und die Belastbarkeit der Ergebnisse beschrieben. Bei der Ausgestaltung des Konzepts kann auf vorhandenen Systematiken und Erfahrungen, bspw. aus vergleichbaren Analysen von Siedlungsrestabfällen, zurückgegriffen werden.

In **Kapitel 4** wurde die Methodik für die gebündelte Abfallanalyse ausgearbeitet. Die Vorgehensweise und Methodik zur Datenerhebung und Auswertung wird detailliert und wissenschaftlich fundiert beschrieben. Dies bezieht sich sowohl auf Vollerhebungen als auch auf Teilerhebungen und betrifft verschiedene Herkunftsbereiche der Abfallarten (aus Haushalten, aus öffentlichen Flächen, aus Gewerbe). Das Konzept berücksichtigt auch die Identifizierung und Nutzung vorhandener Datenquellen, wo dies möglich ist. Besonderer Wert wird auf die Maximierung von Synergieeffekten gelegt, um möglichst viele Abfallströme der verschiedenen Entsorgungspfade gemeinsam zu analysieren. Im Hinblick auf die Kooperation und den erforderlichen Zugriff auf bestimmte Abfallarten ist die Einbindung von Unternehmen aus der Privatwirtschaft sowie von externen Experten mit Erfahrung in Abfallanalysen auf verschiedenen Ebenen, sei es auf Bundes-, Landes- oder kommunaler Ebene (z. B. LVP, EAG, gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle) von Bedeutung. Das Ziel ist, von ihrer Expertise zu profitieren und wertvolle Erkenntnisse zu gewinnen. Dazu wurde ein Fachworkshop durchgeführt.

In **Kapitel 5** werden Aspekte der Fortschreibbarkeit und der Optimierung der regelmäßigen, gebündelten Abfallanalysen beleuchtet. Dazu gehören die Einrichtung eines zentralen Informations- und Datenpools sowie die Aktualisierung des Stoffgruppenkatalogs, die Anpassung der Einflussgrößen und der Stichprobenumfänge.

2 Beschreibung der Stoffströme

Für die Stoffströme mit Berichts- bzw. Untersuchungspflicht und auch für die Stoffströme mit gesteigertem Monitoringbedarf werden Informationen und Daten über die relevanten nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungswege erfasst. Recherchen zur Zusammensetzung der gemischt erfassten Siedlungsabfälle privater Herkunft, von öffentlichen Flächen und gewerblicher Herkunft zeigen, dass diese relevante Wertstoff- und Schadstoffmengen enthalten, die nicht bestimmungsgemäß entsorgt werden (siehe Kapitel 3.1).

Im Vordergrund des Methodenkonzept für gebündelte Abfallanalysen steht dabei, dass für alle aktuell zu berichtenden, zu untersuchenden und einem Monitoring unterliegenden Stoffströme (auch für zukünftige) Abfallanalysen für nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade entwickelt wurden. Die Abfallanalysen werden dann für alle Stoffströme, d. h. gebündelt genutzt. Darüber hinaus wurde ein einheitlicher Stoffgruppenkatalog entwickelt, welcher die unterschiedlichen Anforderungen aus den Stoffströmen erfüllt.

Dazu wurden die Anforderungen aus den Stoffströmen beschrieben, analysiert und für die Entwicklung eines Methodenkonzeptes für regelmäßige gebündelte Abfallanalysen aufbereitet.

Die Beschreibung der Stoffströme beinhaltet die Ermittlung der Datenanforderungen für die Stoffströme-Berichts- bzw. Untersuchungspflicht und das Stoffströme-Monitoring. Des Weiteren werden die für die zu betrachtenden Stoffströme relevanten Entsorgungspfade identifiziert. Weitere Besonderheiten des jeweiligen Stoffstroms werden beschrieben. Verfügbare Bestimmungsmethoden können aus diesem Pool geprüft und in die Konzeptentwicklung gebündelter Abfalluntersuchungen integriert werden.

Die relevanten Gesichtspunkte im Hinblick auf die Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen wurden für jeden Stoffstrom nach folgenden Gesichtspunkten analysiert und beschrieben:

- ▶ Beschreibung des Stoffstroms
- ▶ Kontext: Berichts- bzw. Untersuchungspflicht bzw. Monitoring
- ▶ zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade
- ▶ zu betrachtende Messpunkte und Zugriffsebenen
- ▶ Anforderungen und Besonderheiten an die Abfallanalytik
- ▶ Sortierstoffgruppen

2.1 Kunststoffverpackungsabfälle¹¹

2.1.1 Beschreibung des Stoffstroms

„Entstandene Verpackungsabfälle aus Kunststoff“ bezeichnet nach Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 Art. 2 Nr. 10 die in kg ausgedrückte Menge an **Kunststoffverpackungen, einschließlich Kunststoffkomponenten von Verbundverpackungen und sonstigen Verpackungen**, die in einem Mitgliedstaat in einem Kalenderjahr zu Abfall werden.

Den Definitionen der Verordnung (EU) 2025/40 folgend, sind hiermit Kunststoffverpackungsabfälle gemeint, welche Verkaufs-, Um-, Transport- und Serviceverpackungen sind. Dem Ansatz der Abfallanalyse folgend sollen diese in gemischten

¹¹ Kunststoffverpackungsabfälle gemäß Art. 2 Abs. 15 und Art. 3 Abs. 2 bis 4 der neuen Durchführungsverordnung (EU) 2023/595.

Siedlungsabfällen erhoben werden. Gemäß Richtlinie 2008/98/EG Art. 3 Nr. 2b sind damit gemischte Abfälle aus Haushalten sowie gemischte Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen gemeint, sofern diese Abfälle in ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung Abfällen aus Haushalten ähnlich sind. Dies gilt unabhängig davon, ob sie in der Industrie, im Handel, in der Verwaltung, im Gewerbe, im Dienstleistungsbereich, in Haushalten oder anderswo anfallen.

2.1.2 Kontext: Berichtspflicht zu Kunststoffverpackungsabfällen

Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union sind gemäß Art. 5 Abs. 5 der Verordnung (EU, Euratom) 2021/770 dazu verpflichtet, Daten über die Entstehung und das Recycling von Kunststoffverpackungsabfällen zu übermitteln („jährliche Übersicht“). Diese Daten müssen bis zum 31. Juli für das vorletzte Berichtsjahr übermittelt werden. Sollten Kunststoffverpackungsabfälle nicht recycelt werden, sind die Mitgliedstaaten dazu verpflichtet, Eigenmittelbeiträge in Höhe von 0,80 Euro pro kg nicht recyceltem Kunststoffverpackungsabfall zu leisten, wie in Beschluss (EU, Euratom) 2020/2053 definiert (Art. 2 (1) c).

Vor diesem Hintergrund konkretisiert die Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 die Festlegung des Formulars für die Übersicht über die auf nicht recycelten Verpackungsabfällen aus Kunststoff basierenden Eigenmittel. Gemäß Erwägungsgrund 3 der Durchführungsverordnung bilden Daten über das Aufkommen und das Recycling von Verpackungsabfällen aus Kunststoff die Grundlage für die Berechnung der nationalen Beiträge zum Gesamthaushaltsplan der Union. Daher sei es erforderlich, die Vergleichbarkeit, Zuverlässigkeit und Vollständigkeit dieser Daten zu verbessern (ebenfalls Erwägungsgrund 3) und dafür detaillierte Vorschriften zu erlassen (Erwägungsgrund 4).

Grundsätzlich stehen zur Ermittlung der entstandenen Verpackungsabfälle aus Kunststoff zwei akzeptable Methoden zur Verfügung (Durchführungsverordnung (EU) 2023/595, Art. 3 (2)):

- a) Ansatz des Inverkehrbringens: Der Ansatz des Inverkehrbringens basiert auf Daten von Systembetreibern und anderen Quellen, um die entsprechenden Mengen zu schätzen. Diese geschätzten Werte können durch verschiedene Elemente ergänzt werden, wie in Art. 2 Abs. 14 der Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 beschrieben.
- b) Ansatz der Abfallanalyse: Dieser Ansatz bezeichnet nach Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 Art. 2 Nr. 15 eine Methode zur Schätzung der jährlichen Gesamtmenge der **entstandenen Verpackungsabfälle aus Kunststoff**, bei der die Daten der getrennt gesammelten Verpackungsabfälle (aus Kunststoff) mit den Daten der in **gemischten Siedlungsabfällen enthaltenen Kunststoffverpackungsabfälle** ergänzt werden. Dabei sollen die Daten der gemischten Siedlungsabfälle auf einer vor nicht mehr als vier Jahren durchgeführten Analyse der Abfallzusammensetzung basieren, welche mit anderen relevanten Daten über Abfälle, einschließlich industrieller und gewerblicher Verpackungsabfälle aus Kunststoff, kombiniert werden.

Im Sinne der Vereinheitlichung der Datenmeldungen der Mitgliedstaaten an die EU sollten beide Methoden zur Anwendung kommen, um solide und vergleichbare Schätzungen zu erhalten (Erwägungsgrund 8). Die Werte aus beiden Methoden sollen miteinander verglichen (Cross Checks) und daraus ein Wert für das Aufkommen an Kunststoffverpackungsabfällen ermittelt werden (Balancing¹²). Ziel der Bestimmung des Aufkommens entstandener Verpackungsabfälle aus Kunststoff ist die abschließende Ermittlung der (nicht) recycelten Verpackungsabfälle aus Kunststoff.

¹² Vgl. Guidance-Dokument zur Entscheidung 2005/270/EG der EU-KOM.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt einen Auszug der Meldepflichten an die EU-KOM gemäß Anhang I der Durchführungsverordnung (EU) 2023/595, welcher den Teil der Abfallanalysen betrifft (als Teil der „jährlichen Übersicht“ nach Art. 3 (5) – Anhang I, Tabelle 3).

Abbildung 1: Auszug der Meldepflichten an die EU-KOM

Entstandene Verpackungsabfälle aus Kunststoff insgesamt — Ansatz des Inverkehrbringens		kg	
Entstandene Verpackungsabfällen aus Kunststoff — Ansatz der Abfallanalyse		kg	Erläuterung (falls zutreffend)
Getrennt gesammelt			
Siedlungsabfälle			
Industrie- und Gewerbeabfälle			
Sonstige vorgenommene Anpassungen			
	Liste der Anpassungen		
Entstandene Verpackungsabfälle aus Kunststoff insgesamt — Ansatz der Abfallanalyse		kg	

Quelle: Auszug aus Durchführungsverordnung (EU) 2023/595, Anhang I, Tabelle 3

Während Daten zu getrennt und bestimmungsgemäß erfassten Kunststoffverpackungsabfällen aus den beschriebenen Herkunftsbereichen vorliegen bzw. über Branchenverbände abgefragt werden können, fokussiert der Ansatz der Abfallanalyse in diesem Bericht ausschließlich nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade der gemischten Siedlungsabfälle.

2.1.3 Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade

Kunststoffverpackungsabfälle verhalten sich diffusiv und fallen in diversen Entsorgungspfaden an. Mit Fokus auf die nach Berichtspflicht geforderten Mengen in gemischten Siedlungsabfällen sind für den Cross Check und das Balancing nachfolgende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade zu untersuchen:

- ▶ Hausmüll¹³
 - Hausmüll aus privaten Haushalten sowie Geschäftsmüll (hausmüllähnliche Restabfälle von Kleingewerbe)
 - Hausmüllähnliche Abfälle aus Gewerbe, die über die kommunale Pflichtrestmülltonne entsorgt werden
- ▶ Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle zur Verwertung (AzV)

¹³ Hausmüll umfasst sämtliche Restabfälle, die im Verantwortungsbereich der kommunalen Sammlung erfasst werden und beinhaltet Restabfälle aus privaten Haushalten und Gewerbe (sog. Geschäftsmüll). Wertstoffe, die durch getrennte Sammlungen (bestimmungsgemäße Entsorgungspfade) gesammelt werden, sind im Hausmüll nicht mehr enthalten.

- ▶ Gemischte Bau- und Abbruchabfälle¹⁴
- ▶ Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Papierkorbabfälle)
- ▶ Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Littering)

Auf diese Entsorgungspfade sind die analytischen Untersuchungen zur Bestimmung des Anteils enthaltener Kunststoffverpackungsabfälle zu richten. Die Mengen der nicht-bestimmungsgemäß entsorgten Kunststoffverpackungen in anderweitigen nicht-bestimmungsgemäßen, aber getrennt erfassten Entsorgungspfaden (z. B. Bioabfall oder PPK) sind im Ansatz der Abfallanalyse (kein gemischter Siedlungsabfall) gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 nicht zu berücksichtigen.¹⁵

2.1.4 Zu betrachtende Messpunkte und Zugriffsebenen

Geeignete Messpunkte und Zugriffsebenen für eine Abfallanalytik sind somit:

- ▶ Abfallbehälter an den Grundstücken privater Haushalte sowie des Kleingewerbes, welche über öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) erfasst werden.
- ▶ Pflichtrestmülltonnen an Gewerbe und Industrie, welche über örE erfasst werden.
- ▶ AzV an Gewerbe und Industrie: Zur Bestimmung des Abfallaufkommens befinden sich geeignete Messpunkte bei direkten Fahrzeuganlieferungen in energetischen Verwertungsanlagen sowie den Inputströmen von Vorbehandlungsanlagen (Gewerbesortieranlagen)¹⁶. Der Zugriff auf diese Mengen kann über Anlagenbetreiber erfolgen. Gleiches gilt für Baumischabfälle.
- ▶ Litteringabfälle und Papierkorbabfälle aus dem öffentlichen Raum und Straßen. Messpunkte für die Papierkorbanalytik sind die Inhalte öffentlicher Papierkörbe (siehe Teilbericht 2.8) und für das Littering flächenspezifisch (entsprechend Flächenart) gesammelte gelitterte Abfälle (siehe Teilbericht 2.6).

2.1.5 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik

Ziel der Abfallanalytik ist die Bestimmung des Anteils entstandener Verpackungsabfälle aus Kunststoff in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden für einen Abgleich (Cross Checks) und einen Ausgleich (Balancing) zwischen den Ergebnissen der beiden Methoden zur Ermittlung der angefallenen Kunststoffverpackungsabfälle gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2023/595.

Bei abfallanalytischen Untersuchungen (Abfallanalysen) ist daher zwingend das Merkmal bzw. die Sortierstoffgruppe „**Verpackung aus Kunststoff**“ zu unterscheiden und differenziert zu erheben. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der Abfallanalytik nicht in jedem Fall scharf differenziert werden kann, ob es sich um eine Verpackung im Sinne Art. 3 (1) Verordnung 2025/40 handelt oder um ein Produkt, da die jeweils getroffene Einstufung an Merkmale des

¹⁴ Bau und- Abbruchabfälle sind keine Siedlungsabfälle und gehören auch nicht zu den gewerblichen oder industriellen Siedlungsabfällen (siehe dazu Art. 2 Nr. 3 GewAbfV). Insofern ist eine Untersuchung vor dem Hintergrund der Berichtspflicht nicht erforderlich. Dennoch wird insbesondere für sog. Baumischabfälle, wie sie vor allem beim Bau anfallen, angenommen, dass es sich hierbei um einen relevanten, nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfad handelt.

¹⁵ Der Umstand, ob der nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfad von Kunststoffverpackungsabfällen im Bioabfall aufgrund von Synergien im Rahmen der Bündelung der Abfalluntersuchungen differenziert auf die nach Berichtspflicht geforderten Sortierstoffgruppen analysiert wird, wird dort angesprochen.

¹⁶ Zur Bestimmung des Kunststoffanteils, der einem Recycling zugeführt wird, sollten, sofern erforderlich, ergänzende Analysen im Output dieser Anlagen erfolgen.

Inverkehrbringens geknüpft ist (bspw. kann ein Kunststoffpflanzentopf sowohl als Verpackung als auch als Produkt eingestuft sein, ohne dass sie visuell unterschieden werden können). Dieser Aspekt wird allerdings in der Relevanz als vernachlässigbar eingeschätzt.¹⁷

Die Einbindung von kunststoffhaltigen Verbundverpackungen¹⁸ und sonstigen Verpackungen in die Abfallanalyse bedeutet eine besondere Herausforderung.¹⁹ Diese können zwar als solche in der Abfallanalyse identifiziert werden, eine genaue Bestimmung des materiellen Kunststoffanteils ist jedoch nicht möglich. Daher ist zu empfehlen, alternative Methoden anzuwenden, indem die Materialzuordnung über Schlüsselungen erfolgen, damit diese, wie bei der Berichterstattung nach Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 gefordert, materialspezifisch abgebildet werden können.²⁰

Dem folgend, sind bei der Abfallanalytik folgende Merkmale bzw. Sortierstoffgruppen zu unterscheiden:

- ▶ Verbundverpackungen mit Kunststoff als Nebenmaterial (Ausnahme: Flüssigkeitskartonagen (separate Stoffgruppe))
- ▶ Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial
- ▶ Flüssigkeitskartonagen

Ferner beeinflussen Feuchten und Anhaftungen die spezifischen Gewichte von Kunststoffverpackungsabfällen. In diesem Sinne sind explizite Erhebungen bzw. Zuweisungen von noch zu bestimmenden Koeffizienten für eine Korrektur (roh-feucht auf trocken-rein) erforderlich, die bei der abschließenden Berichtspflicht berücksichtigt werden sollten.²¹

2.1.6 Sortierstoffgruppen

Aus den Anforderungen der oben genannten Berichtspflicht ergeben sich folgende zu differenzierenden Sortierstoffgruppen, die in relevanten, nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden analysiert werden müssen:

- ▶ Verpackungen aus Kunststoff
- ▶ Verbundverpackungen mit Kunststoff als Nebenmaterial (ohne Flüssigkeitskartonagen)²²

¹⁷ Darüber hinaus wird im bestimmungsgemäßen Entsorgungspfad der LVP-Abfälle dieser Aspekt ebenfalls nicht abgebildet.

¹⁸ „Verbundverpackung“ bezeichnet nach Art. 3 Abs. 1 Nr. 24 der Verordnung 2025/40 eine Verpackungseinheit, die aus zwei oder mehr unterschiedlichen Materialien besteht, die Teil des Gewichts des Hauptverpackungsmaterials sind und die nicht per Hand getrennt werden können und daher eine feste Einheit bilden, es sei denn, eines der Materialien macht einen unwesentlichen Teil der Verpackungseinheit und in jedem Fall nicht mehr als 5 % der Gesamtmasse der Verpackungseinheit aus und mit Ausnahme von Etiketten, Firnissen, Farben, Druckfarben, Klebstoffen und Lackierungen; die Richtlinie (EU) 2019/904 bleibt davon unberührt.

¹⁹ Entsprechend Art. 6c Abs. 2 der Entscheidung 2005/270/EG ist die Aufteilung von Verbundverpackungen in die verschiedenen Materialien nicht notwendig, sofern ein bestimmtes Material weniger als 5% der Gesamtmasse der Verpackungseinheit ausmacht. In diesem Fall kann es vollständig dem Hauptmaterial zugerechnet werden, siehe dazu auch A.2.1.7 der Guidance for the compilation and reporting of data on packaging and packaging waste according to Decision 2005/270/EG. Diese Vorgehensweise findet bei der in Verkehr gebrachten Menge Anwendung und ist daher ebenfalls für die Abfallanalyse sinnvoll, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten.

²⁰ Dieser Schlüssel definiert die durchschnittlichen Anteile verschiedener Materialien in Verbundverpackungen und kann auf die bei einer Abfallanalyse gesammelten Verbunde angewendet werden, um den Kunststoffanteil zu bestimmen. Der Schlüssel kann anhand zweier Methoden festgelegt werden: Mittels Verbundgutachten, die von offizieller Stelle (bspw. Umweltbundesamt) ausgegeben werden oder anhand von Umfragen unter den in Verkehr bringenden Herstellern. In beiden Fällen ist eine besondere Objektivität bei der Datenerhebung sicherzustellen, damit die Ergebnisse nicht verzerrt werden.

²¹ Etwaige Erkenntnisse zu Anhaftungen und Feuchten der jeweiligen Sortiergruppen liegen nur vereinzelt vor und sollen in Sonderuntersuchungen oder ergänzenden Forschungsvorhaben explizit untersucht werden, um daraus Durchschnittswerte für die angesprochenen Korrekturen zu ermitteln.

²² Der Anteil Kunststoff in diesen Verbundverpackungen bildet nicht den dominierenden Anteil, überschreitet aber in Summe 5 Gewichts-% der Verpackung.

- ▶ Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial²³
- ▶ Flüssigkeitskartonagen

Besondere Schritte in der Analyse sind erforderlich, sofern nicht restentleerte bzw. gefüllte Verpackungen vorliegen. Diese sind in einem gesonderten Schritt zu öffnen, zu entleeren und den genannten Sortierstoffgruppen zuzuordnen, um auf den Masseanteil der Kunststoffverpackungen im Abfallgemisch schließen zu können.

2.2 Verpackungsabfälle²⁴

2.2.1 Beschreibung des Stoffstroms

Der Begriff „Verpackungen“ umfasst gemäß Art. 3 Absatz 1 Nr. 1 der Verordnung 2025/40 alle Erzeugnisse, die zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung und zur Darbietung von Produkten verwendet werden. Dies schließt Verkaufsverpackungen (Primärverpackungen), Umverpackungen (Sekundärverpackungen), Transportverpackungen (Tertiärverpackungen) sowie sog. Serviceverpackungen ein. Diese können sowohl in Haushalten als auch im gewerblichen und industriellen Kontext anfallen.

„Verpackungsabfälle“ sind gemäß Art. 3 Absatz 1 Nr. 25 der Verordnung 2025/40 alle Verpackungen oder Verpackungsmaterialien bei denen es sich um Abfall handelt, mit Ausnahme von Produktionsrückständen.

Dem Ansatz der Abfallanalyse folgend, sollen diese in gemischten Siedlungsabfällen erhoben werden. Gemäß Richtlinie 2008/98/EG Art. 3 Nr. 2b umfassen diese gemischte Abfälle aus Haushalten sowie gemischte Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen, sofern diese Abfälle in ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung Abfällen aus Haushalten ähnlich sind. Dies gilt unabhängig davon, ob sie in der Industrie, im Handel, in der Verwaltung, im Gewerbe, im Dienstleistungsbereich, in Haushalten oder anderswo anfallen.

2.2.2 Kontext: Berichtspflicht zu Verpackungsabfällen

Die Entscheidung 2005/270/EG legt die erforderlichen Datenformate, Berechnungsmethoden, Verifizierungsverfahren und Berichtsrichtlinien für die Mitgliedstaaten der EU fest. Diese Daten müssen jährlich an die EU-KOM übermittelt werden und dienen dem Zweck, die Einhaltung der Verordnung zu überwachen. Die Daten betreffen sämtliche in Verkehr gebrachte Verpackungen, unabhängig von ihrer Verwendung oder Entsorgung, sowie sämtliche Verpackungsabfälle aus allen Bereichen (Haushalt, Handel, Verwaltung, Dienstleistung, Gewerbe und Industrie) und umfassen alle Materialien (definiert in Art. 1 Nr. 1 der Verordnung 2025/40). Die Entscheidung 2005/270/EG stellt im Teil V. Verpackungsabfälle des Anhang IV, Tabellen und andere Formate zur Verfügung, mit denen die geforderten Daten gegenüber der EU-KOM zu melden sind. Abbildung 2 zeigt beispielhaft eine Vorlage zur Meldung der Methoden zur Bestimmung des Verpackungsabfallaufkommens.

Die Guidance for the compilation and reporting of data on packaging and packaging waste according to Decision 2005/270/EC sieht im Punkt 3.1.2 vor, dass die Mitgliedstaaten auch Analysen der Abfallzusammensetzung verwenden können, um das Verpackungsabfallaufkommen zu berechnen und eine vollständige Erfassung aller

²³ Der Anteil Kunststoff in diesen Verbundverpackungen bildet den dominierenden Anteil. Mögliche Nebenmaterialien sind PPK, Fe- und NE-Metalle, deren Anteil in Summe 5 Gewichts-% der Verpackung überschreiten.

²⁴ Umfasst Verpackungsabfälle aller Materialien gemäß dem Guidance-Dokument zur Entscheidung 2005/270/EG der EU-KOM.

Verpackungsabfälle zu gewährleisten.²⁵ Dies erfolgt vor dem Hintergrund, dass gemäß Art. 6f der Entscheidung 2005/270/EG erhobene Daten durch geeignete Maßnahmen zu überprüfen sind. Insbesondere die Menge der anfallenden Verpackungsabfälle ist je Materialtyp zu überprüfen und abzugleichen, u. a. anhand von Daten über die Menge der in Verkehr gebrachten Verpackungen, sowie einschlägigen Daten über Abfälle und Analysen der Zusammensetzung gemischter Siedlungsabfälle. Daher sollten in jedem Mitgliedstaat sowohl Daten aus dem Inverkehrbringen (PoM) als auch Daten aus Abfallanalysen zur Gegenprüfung und zum Ausgleich erstellt werden.

Abbildung 2: Auszug der Meldepflichten zu Verpackungsabfällen an die EU-KOM

Verpackungsabfallmaterial/Methoden der Datenerfassung	Insgesamt	Kunststoffe	Holz	Eisenmetalle	Aluminium	Glas	Papier/Karton	Sonstige
Verwendung von Daten über in Verkehr gebrachte Verpackungen								
Verwaltungsberichte								
Erhebungen								
Elektronisches Register								
Abfallanalyse								
Daten von Abfallunternehmen								
Daten von Städten/Gemeinden								
Daten von Regelungen für die erweiterte Herstellerverantwortung								
Produktions- und Außenhandelsstatistiken								
Sonstiges (bitte angeben)								

Quelle: Auszug Entscheidung 2005/270/EG, Teil V

Sofern PoM-Daten die Hauptquelle für Daten über das Abfallaufkommen sind, sollten gemäß Punkt 3.1.3 der Guidance for the compilation and reporting of data on packaging and packaging waste according to Decision 2005/270/EC mindestens alle vier Jahre Abfallanalysen durchgeführt werden, um die Art und Zusammensetzung der Verpackungsabfälle zu ermitteln. Eine solche Abfallanalyse sollte aber mindestens einmal vor der Meldung der Daten für das Bezugsjahr 2025 durchgeführt werden, wenn die Einhaltung der neuen Recyclingziele erstmals nachgewiesen werden sollen.²⁶ Anhand dieser Gegenkontrollen sollen die Mitgliedstaaten für jedes Material die Differenz zwischen dem als PoM erfassten Gewicht und dem gemessenen Gewicht der erzeugten Abfälle ermitteln und sind gemäß Art. 6f (1) der Entscheidung 2005/270/EG zur Erklärung von Abweichungen verpflichtet.

²⁵ Punkt 3.1.2.1 der Guidance beschreibt eine hierfür geeignete Methodik in der praktischen Umsetzung.

²⁶ Die aus diesen Analysen berechneten Faktoren, die sich auf den Anteil der verschiedenen Verpackungsarten an bestimmten Abfallarten beziehen, sollten dann für jährliche Gegenkontrollen verwendet werden.

2.2.3 Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade

Verpackungsabfälle verhalten sich diffusiv und fallen in diversen Entsorgungspfaden an. Mit Fokus auf die nach Berichtspflicht geforderten Materialströme ist abzugleichen, inwiefern anderweitige Abfalldaten bereits vorliegen bzw. in der Berichtspflicht berücksichtigt werden können. So liegen besonders im Bereich der Verpackungen aus den Haushalten und haushaltsnahen Anfallstellen entsprechende Informationen aus den bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden vor. Im Segment der gemischten Siedlungsabfälle sind für die Erhebung von Daten zu entstandenen Verpackungsabfällen nachfolgende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade zu untersuchen (analog zur Auswahl in Kapitel 2.1.3 für Kunststoffverpackungsabfälle):

- ▶ Hausmüll
 - Hausmüll aus privaten Haushalten sowie Geschäftsmüll (hausmüllähnliche Restabfälle von Kleingewerbe)
 - Hausmüllähnliche Abfälle aus Gewerbe, die über die kommunale Pflichtrestmülltonne entsorgt werden
- ▶ Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle (AzV)
- ▶ Gemischte Bau- und Abbruchabfälle²⁷
- ▶ Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Papierkorbabfälle)
- ▶ Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Littering)

Auf diese Entsorgungspfade sind die analytischen Untersuchungen zur Bestimmung des Anteils enthaltener Verpackungsabfälle der jeweiligen Materialart und Verbunde zu richten (siehe hierzu auch Kapitel 2.1.3). Die Erhebung der Mengen der nicht-bestimmungsgemäß entsorgten Verpackungen in anderweitigen nicht-bestimmungsgemäßen, aber getrennt erfassten Entsorgungspfaden (z. B. Bioabfall oder PPK) sind im Ansatz der Abfallanalyse (kein gemischter Siedlungsabfall) gemäß Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 nicht vorgeschrieben und mengenmäßig nach Einschätzung des Projektkonsortiums nicht von besonderer Relevanz.²⁸

2.2.4 Zu betrachtende Messpunkte und Zugriffsebenen

Geeignete Messpunkte und Zugriffsebenen für eine Abfallanalytik sind somit:

- ▶ Abfallbehälter an den Grundstücken privater Haushalte sowie Kleingewerbe zur Bestimmung des Anteils im hausmüllähnlichen Restmüll, welche über öRE erfasst werden.
- ▶ AzV an Gewerbe und Industrie: Da das Aufkommen der (nicht) recycelten Verpackungsabfälle zu identifizieren ist, befinden sich geeignete Messpunkte bei direkten Fahrzeuganlieferungen in energetischen Verwertungsanlagen sowie den Outputströmen von Vorbehandlungsanlagen (Gewerbesortieranlagen), die nicht einem Recycling zugeführt

²⁷ Bau und- Abbruchabfälle sind keine Siedlungsabfälle und gehören auch nicht zu den gewerblichen oder industriellen Siedlungsabfällen (siehe dazu Art. 2 Nr. 3 GewAbfV). Insofern ist eine Untersuchung vor dem Hintergrund der Berichtspflicht nicht erforderlich. Dennoch wird insbesondere für sog. Baumischabfälle, wie sie vor allem beim Bau anfallen, angenommen, dass es sich hierbei um einen relevanten, nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfad handelt.

²⁸ Der Umstand, ob der nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfad von Verpackungsabfällen im Bioabfall aufgrund Synergien im Rahmen der Bündelung der Abfalluntersuchungen differenziert auf die nach Berichtspflicht geforderten Sortierstoffgruppen analysiert wird, wird dort angesprochen.

werden. Der Zugriff auf diese Mengen kann über Anlagenbetreiber erfolgen. Gleiches gilt für Baumischabfälle.

- ▶ Litteringabfälle und Papierkorbabfälle aus dem öffentlichen Raum und Straßen: Messpunkte für die Papierkorbanalytik sind die Inhalte öffentlicher Papierkörbe (siehe Teilbericht 2.8) und für das Littering flächenspezifisch (entsprechend Flächenart) gesammelte gelitterte Abfälle (siehe Teilbericht 2.6).

Hinweis: Untersuchungen für LVP/ Wertstofftonnen. Verpackungsabfälle sind bestimmungsgemäß an Haushalten den Sammelgemischen der LVP bzw. sofern zwischen öRE und den dualen Systemen abgestimmt, der Wertstofftonne zuzuführen. Erfahrungsgemäß sind somit auch immer stoffgleiche Nichtverpackungen im Sammelgemisch enthalten – entweder als sog. intelligente Fehlwürfe (wo nicht im Zuweisungskatalog) oder als bestimmungsgemäßer Inhaltsstoff (in Wertstofftonnengebieten). Diese stoffgleichen Nichtverpackungen werden folglich via Sortierung zu einem gewissen, in Deutschland bislang nicht repräsentativ erhobenen Anteil, in ein Recycling überführt und sind entsprechend in abfallstämmigen Meldedaten (z. B. als separat ausgewiesene Daten in den Mengenströmen der dualen Systeme) enthalten.

Zu einer routinemäßigen Bestimmung etwaiger Anteile stoffgleicher Nichtverpackungen, welche die erhobenen abfallstämmigen Daten geringfügig erhöhen, wird nicht geraten. Hintergrund ist, dass die bei Untersuchungen in den haushaltsstämmigen Abfalltonnen erhobenen Anteile stoffgleicher Nichtverpackungen respektive deren Materialien in der Erfassung nicht gleich den Anteilen sind, die nach einer Sortierung in ein Recycling überführt werden, und der Aufwand einer differenzierten Analyse den vorgesehenen Analyseaufwand voraussichtlich mehr als verdoppeln würde. An dieser Stelle wird eine Sonderuntersuchung empfohlen, welche den in den Sortierprodukten (vornehmlich Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) sowie Folien) ausgebrachten Anteil an stoffgleichen Nichtverpackungen an verschiedenen Sortieranlagen im Output bestimmt.

2.2.5 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik

Ziel der Abfallanalytik ist die Bestimmung des Anteils entstandener Verpackungsabfälle in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden für einen Abgleich (Cross Checks) und einen Ausgleich (Balancing) mit den PoM-Mengen der Verpackungsmaterialien, soweit keine anderweitigen Abfalldaten bereits erhoben werden.

Bei abfallanalytischen Untersuchungen (Sortieranalysen) ist zwingend das Merkmal „**Verpackung**“ zu unterscheiden. Dies gilt für die in der Berichtspflicht genannten Materialien:

- ▶ Kunststoff (siehe hierzu auch Kapitel 2.1 ff.)
- ▶ Holz
- ▶ Eisenmetalle
- ▶ Aluminium (Al)
- ▶ Glas
- ▶ Papier/ Karton
- ▶ Sonstige (vernachlässigbar)

Analog zur Berichtspflicht der Kunststoffverpackungsabfälle sind die abfallseitig gewonnenen Erkenntnisse mit den PoM-Mengen abschließend zu vergleichen. Daher sind an dieser Stelle ebenfalls entsprechende **Verbundverpackungen** in vergleichbarer Form zu berücksichtigen.

Diese sind vor allem bei Kunststoffen, Eisenmetallen, Al und Papier/ Karton vorzufinden. Dies erfordert grundsätzlich eine detailliertere materialspezifische Differenzierung als in Kapitel 2.1.5 genannt. Um diese entsprechenden Materialien möglichst genau zuordnen zu können, sind folgende Merkmale bzw. Sortierstoffgruppen zu unterscheiden, um anschließend innerhalb dieser Fraktionen Schlüsselungen anwenden zu können:

- ▶ Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit Papier/ Karton als Nebenmaterial
- ▶ Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit Al als Nebenmaterial
- ▶ Verbundverpackungen auf Papierbasis mit Kunststoff als Nebenmaterial
- ▶ Verbundverpackungen auf Papierbasis mit Al als Nebenmaterial (Ausnahme: Flüssigkeitskartonagen (separate Stoffgruppe))
- ▶ Verbundverpackungen auf Aluminiumbasis mit Kunststoff als Nebenmaterial
- ▶ Verbundverpackungen auf Aluminiumbasis mit Papier/ Karton als Nebenmaterial
- ▶ Verbundverpackungen auf Eisenmetallbasis mit Kunststoff als Nebenmaterial
- ▶ Flüssigkeitskartonagen, wie Kapitel 2.1.6

Erfahrungsgemäß geht eine weiterführende, tiefere als in Kapitel 2.1.5 beschriebene Analyse der Verbunde mit einem überproportionalen praktischen Aufwand sowie Herausforderungen bezüglich einer eindeutigen, scharfen Zuordnung für diese Sortiergruppen einher. Daher wird an dieser Stelle empfohlen, die abfallanalytischen Untersuchungen auf die in Kapitel 2.1.5 formulierten Anforderungen zu beschränken und den hier dargestellten Kanon der Verbunde auf „Sonstige Verbundverpackungen (ohne Kunststoffanteile)“ zu reduzieren. Eine genauere, materialspezifische Bewertung dieser Sortierstoffgruppe erfordert dann Abschätzungen (z. B. auf Grundlage der in Verkehr gebrachten Verbundmenge) bzw. nachgelagerte Detailanalysen.

Es ist zu berücksichtigen, dass in der Abfallanalytik nicht in jedem Fall scharf differenziert werden kann, ob es sich um eine Verpackung im Sinne der Verordnung 2025/40 handelt oder um ein Produkt, da die jeweils getroffene Einstufung an Merkmale des Inverkehrbringens geknüpft ist (bspw. kann ein Kunststoffpflanzentopf sowohl als Verpackung als auch als Produkt eingestuft sein, ohne dass sie visuell unterschieden werden können). Bei pauschaler Verortung etwaiger zweifelhafter Bestandteile als (Verbund-)Verpackung wird die daraus resultierende Ungenauigkeit als sehr gering eingeschätzt.

Ferner beeinflussen Feuchten und Anhaftungen die spezifischen Gewichte insbesondere von restmüllstämmigen Kunststoff- und Papier- bzw. Kartonverpackungsabfällen. In diesem Sinne sind explizite Erhebungen bzw. Zuweisungen von noch zu bestimmenden Koeffizienten für eine Korrektur (roh-feucht auf trocken-rein) erforderlich, die bei der abschließenden Berichtspflicht berücksichtigt werden sollten.²⁹

2.2.6 Sortierstoffgruppen

Aus den Anforderungen der oben genannten Berichtspflicht ergeben sich folgende zu differenzierende Sortierstoffgruppen, die in relevanten, nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden analysiert werden müssen:

²⁹ Etwaige Erkenntnisse zu Anhaftungen und Feuchten der jeweiligen Sortiergruppen liegen nur vereinzelt vor und sollen in Sonderuntersuchungen oder ergänzenden Forschungsvorhaben explizit untersucht werden, um daraus Durchschnittswerte für die angesprochenen Korrekturen zu ermitteln.

- ▶ Eisen (Fe)-Verpackungen
- ▶ Nicht-Eisen (NE)-Verpackungen (z. B. Al)
- ▶ PPK-Verpackungen
- ▶ Verpackungen aus Kunststoff (wie Kapitel 2.1.6)
- ▶ Verbundverpackungen mit Kunststoff als Nebenmaterial (ohne Flüssigkeitskartonagen, wie Kapitel 2.1.6)³⁰
- ▶ Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial³¹ (wie Kapitel 2.1.6)
- ▶ Sonstige Verbundverpackungen (ohne Kunststoffanteile)
- ▶ Flüssigkeitskartonagen (wie Kapitel 2.1.6)
- ▶ Glasverpackungen
- ▶ Holzverpackungen

Besondere Schritte in der Analyse sind erforderlich, sofern nicht restentleerte bzw. gefüllte Verpackungen vorliegen. Diese sind in einem gesonderten Schritt zu öffnen, zu entleeren und den genannten Sortierstoffgruppen zuzuordnen, um auf den Masseanteil im Abfallgemisch schließen zu können.

2.3 Lebensmittelabfälle

2.3.1 Beschreibung des Stoffstroms

Die Definition von „Lebensmittel“ im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates (2) versteht Lebensmittel als Ganzes, entlang der gesamten Lebensmittelkette von der Erzeugung bis zum Verbrauch. Lebensmittel beinhalten auch nicht essbare Bestandteile, wenn diese bei der Erzeugung des Lebensmittels nicht von den essbaren Bestandteilen getrennt wurden, z. B. Knochen, welche dem zum menschlichen Verzehr bestimmten Fleisch anhaften. Daher können LMA auch Stücke umfassen, die teils aus aufzunehmenden Lebensmitteln und teils aus nicht aufzunehmenden Lebensmitteln bestehen.

Gemäß Delegierter Beschluss (EU) 2019/1597 gehören die Verluste, die auf Stufen der Lebensmittelkette auftreten, auf denen bestimmte Erzeugnisse noch nicht als Lebensmittel im Sinne des Art. 2 der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 gelten, nicht zu Lebensmittelabfällen, wie z. B. noch nicht geerntete essbare Pflanzen. Darüber hinaus fallen auch keine Nebenprodukte aus der Erzeugung von Lebensmitteln unter LMA, welche die Kriterien des Art. 5 Abs. 1 der Richtlinie 2008/98/EG erfüllen, da es sich bei solchen Nebenprodukten nicht um Abfall handelt.

LMA sind entlang der gesamten Lebensmittelkette zu vermeiden und zu verringern. Da für jede Stufe der Lebensmittelkette sehr unterschiedliche Arten von LMA und differenzierte, die Verschwendung von Lebensmitteln, begünstigende Faktoren auftreten, sollten die LMA auf jeder Stufe separat gemessen werden.

³⁰ Der Kunststoffanteil in diesen Verbundverpackungen bildet nicht den dominierenden Anteil, überschreitet aber in Summe 5 Masse-% der Verpackung.

³¹ Der Kunststoffanteil in diesen Verbundverpackungen bildet den dominierenden Anteil. Mögliche Nebenmaterialien sind PPK, Fe- und NE-Metalle, deren Anteil in Summe 5 Masse-% der Verpackung überschreiten.

Bei der Zuordnung der LMA zu den verschiedenen Stufen der Lebensmittelkette gilt die statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der EU (NACE), die mit der Verordnung (EG) Nr. 1893/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates (3) als „NACE Revision 2“ aufgestellt wurde. Da eine entsprechende NACE-Revision-2-Einstufung fehlt, sollte die Zuordnung der privaten Haushalte im Sinne von Anhang I Abschnitt 8 Nr. 1.2 der Verordnung (EG) Nr. 2150/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates (4) vorgenommen werden.

Darüber hinaus gibt es mehrere Arten von Lebensmitteln, die in der Regel als oder im Abwasser entsorgt werden, z. B. in Flaschen abgefülltes Trink- und Mineralwasser, Getränke oder andere Flüssigkeiten. Derzeit gibt es keine Methoden zur Messung solcher Abfälle, die ein ausreichendes Konfidenzniveau und die Vergleichbarkeit der übermittelten Daten gewährleisten. Deshalb sollten solche Arten von Lebensmitteln nicht als LMA gemessen werden. Allerdings besteht die Möglichkeit, freiwillig Angaben zu diesen Lebensmittelarten zu übermitteln.

Zur Beschreibung des Stoffstroms LMA ist das parallellaufende REFO-Plan-Vorhaben Monitoring der Lebensmittelabfälle in Deutschland; Weiterentwicklung der Methodik und Bestimmung des Anteils an Lebensmittelabfällen zur Erfüllung der Berichtspflichten gegenüber der EU-Kommission (FKZ 3723 34 301 1) zu berücksichtigen. Synergieeffekte sollten umfänglich genutzt werden.

2.3.2 Berichtspflicht zu Lebensmittelabfällen

Mit der Richtlinie 2008/98/EG (AbfRRL) wurden die Mitgliedstaaten verpflichtet, die Vermeidung von LMA in ihre Abfallvermeidungsprogramme aufzunehmen und die Durchführung ihrer Maßnahmen zur Vermeidung von LMA zu überwachen und zu bewerten, indem der Umfang von LMA auf der Grundlage einer gemeinsamen Methodik gemessen wird. Es obliegt der Kommission, auf Grundlage der Ergebnisse der Arbeit der EU-Plattform für Lebensmittelverluste und -verschwendung diese gemeinsame Methodik festzulegen und Mindestqualitätsanforderungen für die einheitliche Messung des Umfangs von LMA vorzugeben.

Die EU-KOM hat im Jahr 2019 zwei konkretisierende Beschlüsse erlassen: den Delegierten Beschluss (EU) 2019/1597 zur Methodik der Messung von LMA und den Durchführungsbeschluss (EU) 2019/2000 zum Übermittlungsformat der Berichte. Diese EU-Rechtsakte und die AbfRRL, Art. 9 Abs. 5, verpflichten die Mitgliedstaaten, die Masse der entstandenen LMA jährlich zu ermitteln und der EU-KOM zu berichten.

Entsprechend des Delegierten Beschlusses (EU) 2019/1597³² haben die Mitgliedstaaten mindestens alle vier Jahre das Aufkommen der Menge an LMA gründlich zu messen. Dazu müssen die Mengen an LMA auf jeder Stufe der Lebensmittelkette (Primärproduktion, Verarbeitung, Handel, Außer-Haus-Verpflegung und private Haushalte) ermittelt werden, indem die in einer Stichprobe von Lebensmittelunternehmen oder Haushalten erzeugten LMA gemessen werden. Die Messung muss anhand vorgegebener Methoden bzw. einer Kombination daraus, welche in Bezug auf Relevanz, Repräsentativität und Zuverlässigkeit gleichwertig ist, durchgeführt werden. In Deutschland sollen die vorgegebenen Methoden aus Anhang III des Delegierten Beschlusses (EU) 2019/1597 angewendet werden (siehe Abbildung 3).

³² Europäische Kommission. (2019). Delegierter Beschluss (EU) 2019/1597 zur Ergänzung der Richtlinie 2008/98/EG im Hinblick auf eine gemeinsame Methodik und Mindestqualitätsanforderungen für die einheitliche Messung des Umfangs von Lebensmittelabfällen. Amtsblatt der Europäischen Union L 248, S. 77. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019D1597> (aufgerufen am 27.10.2025)

Abbildung 3: Anhang III des Delegierten Beschlusses (EU) 2019/1597

ANHANG III

Methodik zur gründlichen Messung von Lebensmittelabfällen

Die Menge an Lebensmittelabfällen auf einer Stufe der Lebensmittelkette wird ermittelt, indem die von einer Stichprobe von Lebensmittelunternehmern oder Haushalten erzeugten Lebensmittelabfälle anhand jedweder der folgenden Methoden bzw. einer Kombination daraus oder anhand jedweder anderen Methode, die in Bezug auf Relevanz, Repräsentativität und Zuverlässigkeit gleichwertig ist, gemessen werden.

Stufe der Lebensmittelkette	Messmethoden			
Primärerzeugung	— Direkte Messung	— Massenbilanz		— Fragebogen und Befragungen
Verarbeitung und Herstellung				— Koeffizienten und Statistiken zur Erzeugung
Einzelhandel und andere Formen des Vertriebs von Lebensmitteln			— Analyse der Zusammensetzung der Abfälle	— Zählung/Scannen
Gaststätten und Verpflegungsdienstleistungen				— Aufzeichnungen
private Haushalte				

Quelle: Delegierter Beschluss (EU) 2019/1597

Die ersten gründlichen Messungen der LMA wurden für das Berichtsjahr 2020 durchgeführt. Für das Berichtsjahr 2024 sollen weitere gründliche Messung erfolgen. Hierfür werden von der Projektgruppe LMA (FKZ 3723 34 301 1) in Abstimmung mit der Projektgruppe "Gebündelte Abfallanalysen" (FKZ 3723 31 103 1) Methodenvorschläge erarbeitet, die alle fünf Stufen der Lebensmittelkette betreffen.

In der Konzepterstellung für die Messungen werden grundsätzlich alle möglichen Messmethoden berücksichtigt:

- ▶ Massenbilanzen
- ▶ Analyse der Zusammensetzung der Abfälle
- ▶ Fragebogen und Befragungen
- ▶ Koeffizienten und Statistiken zur Erzeugung
- ▶ Zählung/ Scannen
- ▶ Aufzeichnungen

2.3.3 Zu betrachtende Entsorgungspfade

Die Grundgesamtheit der LMA ist entlang der 5-stufigen Lebensmittelkette zu untersuchen.

- ▶ Primärproduktion
- ▶ Verarbeitung
- ▶ Handel
- ▶ Außer-Haus-Verpflegung und
- ▶ private Haushalte

Hierbei ist zwischen bestimmungsgemäßen und nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden zu unterscheiden:

Bestimmungsgemäße Entsorgungspfade von LMA für die Stufe 5 sind:

- ▶ Biotonne
- ▶ Hausmüll

► Eigenkompostierung

Bestimmungsgemäße Entsorgungspfade von LMA für die Stufen 1 bis 4 sind:

- Industrie- und Gewerbeabfälle für gewerbliche Entsorgungsanlagen für LMA (z. B. Vergärungsanlagen)
- Geschäftsmüll und Pflichtrestmülltonne (hausmüllähnliche Abfälle im Hausmüll und Bioabfall)
- sonstige bestimmungsgemäße Entsorgungspfade

Nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade von LMA sind:

- LMA in gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen
- LMA im öffentlichen Raum, insbesondere aus Littering
- LMA in anderen Wertstofffassungssystemen (z. B. Altpapiersammlung, Glassammlung, LVP usw.)

Es ist davon auszugehen, dass der überwiegende Teil der LMA in bestimmungsgemäße Entsorgungswege verbracht wird. Der Anteil an LMA, welcher im öffentlichen Raum (Littering und Papierkorbabfälle) sowie in anderen Wertstofffassungssystemen entsorgt wird, ist als gering einzuschätzen und kann demnach vernachlässigt werden.

2.3.4 Geeignete Messpunkte

Beim Screening geeigneter Messpunkte liegt der Schwerpunkt auf den bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden für LMA.

Geeignete Messpunkte sind für die Stufe 5 direkt beim Abfallerzeuger, d. h. bei den Abfallbehältern der Haushalte für Bioabfall und Hausmüll zu verorten. Das Gleiche gilt grundsätzlich auch für den Bereich des Geschäftsmülls bzw. der Pflichtrestmülltonne, die analog zu Bioabfall und Hausmüll zu messen ist. Allerdings ist eine Zuordnung nach Branche oder Stufe der Lebensmittelkette in der Praxis nur schwer möglich, da den öRE diese Informationen in der Regel nicht vorliegen. Bei den Stufen 2 bis 4 ist im Einzelnen zu prüfen, wo geeignete Messpunkte sind. Grundsätzlich wären Messungen beim Abfallerzeuger von LMA sowie bei den Entsorgungsanlagen für LMA möglich. Allerdings stellt sich die Frage, ob und in welchem Umfang Messungen vor dem Hintergrund technisch-organisatorischer Voraussetzungen, arbeitsschutzrechtlicher sowie datenschutzrechtlicher Belange bei den Abfallerzeugern überhaupt möglich sind. In der Regel gibt es beim Abfallerzeuger keine technisch-organisatorische Möglichkeit, Abfälle zu messen. Zudem bedeutet die Messung der erforderlichen Anzahl an zu untersuchender Abfallerzeugern einen enormen nicht vertretbaren Aufwand.

Da alle LMA entsprechenden Entsorgungsanlagen zugeführt werden, ist zu überprüfen, ob entsprechende Messungen (Sichtungen/Sortierungen) von LMA an den Entsorgungsanlagen zielführender sind. Auch bei den Entsorgungsanlagen ist in der Regel davon auszugehen, dass die technisch-organisatorischen Voraussetzungen nicht gegeben sind entsprechende Messungen vor Ort vornehmen zu können. Zudem stehen arbeitsschutztechnische Vorgaben in der Regel einer Messung vor Ort entgegen. Vor diesem Hintergrund sind Befragungen der Entsorgungsanlagen (Müllverbrennungsanlagen, mechanisch-biologische Behandlungsanlagen, Kompostierungs- und Vergärungsanlagen) als zielführender zu erachten. Ergänzend sollten die Befragungen mit punktuellen Sichtungen bei Entsorgungsanlagen abgeglichen werden. Die

Befragung sollte nach Abfallschlüsseln differenziert werden, wobei die Abfallschlüssel verwendet werden sollten, in denen in der Regel LMA vorzufinden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Abfallschlüssel aus dem europäischen Abfallverzeichnis für Abfallarten, die in der Regel auch LMA umfassen

Anfallstelle	ASN	Abfallbezeichnung
Primärerzeugung	020102	Abfälle aus tierischen Gewebe
Primärerzeugung	020103	Abfälle aus pflanzlichen Gewebe
Verarbeitung und Herstellung	0202	Abfälle aus der Zubereitung und Verarbeitung
Verarbeitung und Herstellung	0203	Abfälle aus der Zubereitung und Verarbeitung von Obst, Gemüse, Getreide, Speiseölen, Kakao, Kaffee, Tee und Tabak, aus der Konservenherstellung, der Herstellung von Hefe und Hefeextrakt sowie der Zubereitung und Fermentierung von Melasse
Verarbeitung und Herstellung	0204	Abfälle aus der Zuckerherstellung
Verarbeitung und Herstellung	0205	Abfälle aus der Milchverarbeitung
Verarbeitung und Herstellung	0206	Abfälle aus der Herstellung von Back- und Süßwaren
Verarbeitung und Herstellung	0207	Abfälle aus der Herstellung von alkoholischen und alkoholfreien Getränken (ohne Kaffee, Tee und Kakao)
Einzelhandel und andere Formen des Vertriebs von Lebensmittel	200108	biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle
Einzelhandel und andere Formen des Vertriebs von Lebensmittel	200125	Speiseöle und -fette
Einzelhandel und andere Formen des Vertriebs von Lebensmittel	200301	gemischte Siedlungsabfälle
Einzelhandel und andere Formen des Vertriebs von Lebensmittel	200302	Marktabfälle
Einzelhandel und andere Formen des Vertriebs von Lebensmittel	160306	organische Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 160305 fallen
Gaststätten und Verpflegungsdienstleistungen	200108	biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle
Gaststätten und Verpflegungsdienstleistungen	200125	Speiseöle und -fette
Gaststätten und Verpflegungsdienstleistungen	200301	gemischte Siedlungsabfälle
Private Haushalte	200108	biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle
Private Haushalte	200125	Speiseöle und -fette
Private Haushalte	200301	gemischte Siedlungsabfälle

Quelle: AVV³³

³³ AVV, Anlage (zu § 2 Abs. 1), Abfallverzeichnis, BGBl. I 2001, S. 3380–3406

2.3.5 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik

LMA werden sowohl in „Reinform“ als auch in verpackter Form entsorgt. Hierbei ist die gesamte Palette von Packmitteln im Einsatz. Vor diesem Hintergrund ist es für eine genaue Messung der LMA erforderlich, LMA mit vermischten Non-Food-Materialien (z. B. Böden oder Verpackungen) so weit wie möglich aus der Masse der LMA herauszurechnen.

2.4 Altbatterien³⁴

2.4.1 Beschreibung des Stoffstroms

Altbatterien sind gemäß Art. 3 Nr. 1 der Verordnung 2023/1542 (EU-BattVO) Batterien, die Abfall im Sinne von Art. 3 Nr. 1 der Richtlinie 2008/98/EG (EU-AbfRRL) sind. Altbatterien sind in unterschiedliche Batterie-Kategorien unterteilt (Gerätebatterien, Industriebatterien, LV-Batterien, Elektrofahrzeugbatterien oder Starterbatterien), von denen Gerätebatterien und LV-Batterien der Untersuchungspflicht (siehe Kapitel 2.4.2) unterliegen.

Eine Gerätebatterie ist gemäß Art. 3 (1) Nr. 9 Verordnung 2023/1542 (EU-BattVO) demnach „eine Batterie, die gekapselt ist, 5 kg oder weniger wiegt, nicht speziell für die industrielle Verwendung ausgelegt ist und bei der es sich nicht um eine Elektrofahrzeugbatterie, eine LV-Batterie oder eine Starterbatterie handelt.“

Eine LV-Batterie ist gemäß Art. 3 (1) Nr. 11 Verordnung 2023/1542 (EU-BattVO) „eine Batterie, die gekapselt ist, 25 kg oder weniger wiegt, die speziell auf die Lieferung elektrischer Energie für die Traktion von Radfahrzeugen ausgelegt ist, die ausschließlich von einem Elektromotor oder durch eine Kombination aus Motor- und Muskelkraft angetrieben werden können, einschließlich typgenehmigter Fahrzeuge der Klasse L im Sinne der Verordnung (EU) Nr. 168/2013³⁵ des Europäischen Parlaments und des Rates, und bei der es sich nicht um eine Elektrofahrzeugbatterie handelt.“

Die bestimmungsgemäße Erfassung hat durch die, von den Herstellern bzw. Organisationen für Herstellerverantwortung, eingerichtete Rücknahme- und Sammelsysteme zu erfolgen. Dies gilt ebenfalls für in EAG enthaltene, beiliegende oder fest verbaute Batterien.

2.4.2 Kontext: Untersuchungspflicht zu Altbatterien

Die Verpflichtungen der Mitgliedstaaten in Bezug auf die Abfallanalyse für Geräte-Alt-Batterien und LV-Alt-Batterien sind in Art. 69 Abs. 5 der Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG (2020/0353 (COD)) (EU-BattVO) formuliert.

Danach führen die Mitgliedstaaten bis zum 1. Januar 2026 und danach alle fünf Jahre Erhebungen über die Zusammensetzung der gesammelten gemischten Siedlungsabfälle und über die Ströme von EAG des vorangegangenen Kalenderjahres durch, um den Anteil der darin enthaltenen Geräte-Alt-Batterien und LV-Alt-Batterien zu ermitteln. Auf der Grundlage dieser Erhebungen können die zuständigen Behörden vorschreiben, dass die Hersteller von Gerätebatterien oder LV-Batterien oder die entsprechenden Organisationen für Herstellerverantwortung, die gemäß Art. 57 Abs. 1 EU-BattVO benannt wurden,

³⁴ Altbatterien spezifischer Batteriekategorien gemäß Art. 69 Abs. 5 der Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Batterien und Altbatterien, zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG und der Verordnung (EU) 2019/1020 und zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG (2020/0353 (COD))

³⁵ Verordnung (EU) Nr. 168/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Januar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von zwei- oder dreirädrigen und vierrädrigen Fahrzeugen, Abruf unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0168>, (abgerufen am 10.07.2025).

Abhilfemaßnahmen ergreifen, um ihr Netz angeschlossener Rücknahmestellen auszubauen und Informationskampagnen gemäß Art. 74 Abs. 1 EU-BattVO durchzuführen.

Dies gilt vor dem Hintergrund, dass die genannten Batterien einer erweiterten Herstellerverantwortung unterliegen (Extended Producer Responsibility (EPR)). Hersteller der Produkte oder, falls zutreffend, benannte Organisationen für die Herstellerverantwortung (Producer Responsibility Organisations (PRO)) gemäß Art. 57 Abs. 1 der Verordnung 2023/1542 sind verpflichtet, die Bewirtschaftung von Altbatterien zu übernehmen. Dies schließt die Kosten für die getrennte Sammlung, Behandlung und das Recycling sämtlicher gesammelter Batterien ein. Wenn die Sammlung jedoch aus verschiedenen Gründen nicht ausreichend getrennt erfolgt, können diese Produkte im Restmüll landen oder verbleiben im übrigen Elektroschrott. In diesem Fall sind die Hersteller oder PRO dazu angehalten, oben genannte Korrekturmaßnahmen zu ergreifen.

Gemäß Art. 56 Abs. 4 Buchstabe b EU-BattVO tragen die Kosten für die Durchführung einer Erhebung über die Zusammensetzung der gesammelten gemischten Siedlungsabfälle gemäß Art. 69 Abs. 5 EU-BattVO die Hersteller des betreffenden Mitgliedstaats.³⁶

2.4.3 Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, Messpunkte und Zugriffsebenen

Laut dem UBA³⁷ wurden im Jahr 2022 63.133 Tonnen (t) Gerätebatterien in Verkehr gebracht und 32.411 t Geräte-Altbatterien zurückgenommen. Die Sammelquote betrug 50,7 %: Im Vergleich zum Vorjahr ist sie erfreulicherweise leicht angestiegen, verharrt jedoch seit vielen Jahren im Bereich von 45 bis 52 %. Die restliche Menge wird beständig nicht bestimmungsgemäß entsorgt und geht u. a. im Rest- und Verpackungsabfall verloren oder wird in den privaten Haushalten gehortet. Hierbei sind insbesondere die Mengen, die im Hausmüll landen, mengenmäßig von Relevanz, auch wenn „nur“ ca. 0,05 bis 0,1 % der Zusammensetzung im Hausmüll den Altbatterien zugerechnet werden. Obwohl zu erwarten ist, dass Altbatterien auch in der LVP-Sammlung bzw. der Wertstofftonne (einhergehend mit hohen Brandgefahren) sowie im Bioabfall und Altpapier nicht bestimmungsgemäß entsorgt werden, sollen diese Entsorgungspfade, da sie nicht der zu analysierenden Gruppierung „gesammelte gemischte Siedlungsabfälle“ unterliegen, kein Bestandteil der Untersuchung sein.

Mit Fokus auf die nach der Untersuchungspflicht geforderten gemischten Siedlungsabfälle und den Strom der EAG sind im Sinne eines Cross Checks nachfolgende (nicht-) bestimmungsgemäße Entsorgungspfade zu untersuchen:

- ▶ Hausmüll aus privaten Haushalten sowie Geschäftsmüll (hausmüllähnliche Restabfälle von Kleingewerbe): Besonderer Fokus liegt aufgrund der Mengenrelevanz auf dem Hausmüll aus privaten Haushalten und Geschäften, der einen wesentlichen Indikator für die Effizienz des bestehenden Batterie-Sammelsystems darstellt. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass Altbatterien aufgrund ihrer extremen Heterogenität im Hausmüll (kleiner Anteil und Vorkommen in Klumpen) nur durch große Stichprobenumfänge repräsentativ und in ausreichender Genauigkeit zu erfassen sind.
- ▶ Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Papierkorbabfälle und Littering)

³⁶ Eine Aussage über Kosten für die Erhebung von Gerätebatterien und LV-Batterien im Abfallstrom der Elektro- und Elektronikaltgeräte gibt die EU-BattVO nicht.

³⁷ Daten zur Umwelt, Umweltzustand und Trends, speziell zu Altbatterien. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altbatterien> (abgerufen am 07.04.2025).

Ferner benennt die Untersuchungspflicht den Entsorgungspfad der

► EAG.

Auch hier ist die vorgesehene Kategorisierung gemäß EU-BattVO nach Gerätebatterien und LV-Batterien zu berücksichtigen. Geräte- und LV-Alt Batterien können im Entsorgungspfad EAG bestimmungsgemäß und nicht-bestimmungsgemäß anfallen. In Verbindung mit dem EAG fallen sie bestimmungsgemäß im Entsorgungspfad EAG an. Werden Geräte- und LV-Alt Batterien lose, d. h. nicht in Verbindung mit dem EAG, im Erfassungsbehältnis für EAG entsorgt, so ist dieser Entsorgungspfad erst einmal nicht bestimmungsgemäß. In den Erstbehandlungsanlagen für EAG werden alle Alt Batterien aussortiert. In EAG enthaltene Batterien und Akkumulatoren sind im Rahmen der Erstbehandlung vor einer mechanischen Zerkleinerung zu entfernen, wenn diese mit allgemein verfügbaren Werkzeugen entfernt werden können (vgl. § 3 Abs. 1 Nr. 4 Elektro- und Elektronikgeräte-Behandlungsverordnung). Im Weiteren sind Betreiber von Behandlungseinrichtungen für Altgeräte nach dem Elektro- und Elektronikgerätegesetz verpflichtet, bei der Behandlung anfallende Geräte-Alt Batterien einem Rücknahmesystem für Geräte-Alt Batterien zu überlassen (vgl. § 12 Abs. 1 Batteriegesetz (BattG)) und für anfallende LV-Alt Batterien die Verwertungsvorgaben nach § 14 BattG sicherzustellen (vgl. § 9 Abs. 3 BattG). Die Vorgaben nach § 14 BattG werden regelmäßig durch Überlassen der LV-Alt Batterien an freiwillige Rücknahmesysteme für E-Bike-Alt Batterien, künftig für LV-Alt Batterien, erfüllt. In diesem Sinne werden die so angefallenen Alt Batterien der beiden Kategorien dem bestimmungsgemäßen Entsorgungspfad zugeführt und so auch größtenteils mengenmäßig dokumentiert. Insofern kann für die im Strom der EAG enthaltenen Geräte- und LV-Alt Batterien eine spezifische Sortieranalyse grundsätzlich entfallen.

Die benötigten Gerätebatteriedaten sollen stattdessen von Rücknahmesystemen für Geräte- und E-Bike-Alt Batterien (künftig LV-Batterien), welche die Alt Batteriemengen von Erstbehandlungsanlagen für EAG übernehmen, beschafft werden.

Sollte sich zum Zeitpunkt der Untersuchung herausstellen, dass im Bereich der LV-Batterien keine vergleichbaren Daten von den künftig gesetzlich einzurichtenden jungen Rücknahmesystemen für LV-Alt Batterien beschafft werden können, sollen die Daten von flächendeckend tätigen freiwilligen Rücknahmesystemen für E-Bike-Batterien und/ oder der Datennutzung ausgewählter Erstbehandlungsanlagen, die bereits ein entsprechendes Monitoring für LV-Batterien etabliert haben, ermittelt werden. Optional sind auch Vor-Ort-Sichtprüfungen als ergänzende Methode der Datengenerierung denkbar.

Insofern ist eine spezifische Sortieranalyse für den Entsorgungspfad EAG auf Geräte- und LV-Alt Batterien vorerst nicht einzuplanen.

Weitere (nicht-) bestimmungsgemäße Entsorgungspfade sind nicht zu analysieren, da die Vorgabe des Art. 69 Abs. 5 der Verordnung 2023/1542 nicht die Ermittlung einer Grundgesamtheit fordert.

Optional wird für die Bestimmung etwaiger Batterien, welche in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden von EAG enthalten sein können, empfohlen, die dort formulierten abfallanalytischen Untersuchungen entsprechend um die Analyse von Gerätebatterien und LV-Batterien (siehe oben) auszuweiten und darüber Erkenntnisse über nicht anderweitig dokumentierte Alt Batterieströme in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden zu erlangen. Fokus sollte hier besonders die Kategorie 5 (Kleingeräte) sein, da hier die größten Anteile an Gerätebatterien zu erwarten sind.

Auch wenn für den Entsorgungspfad LVP keine Untersuchungspflicht gemäß EU-BattVO besteht, da dieser nicht zur Gruppe der „gesammelten gemischten Siedlungsabfälle“ zählt, besteht für

Altbatterien in diesem nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfad dennoch ein gesteigertes Monitoringinteresse, da auch hier eine gewisse Mengenrelevanz für falsch entsorgte Batterien bzw. batteriehaltige EAG besteht. Entsprechend wird optional eine spezifische Sortieranalyse empfohlen, welche weitere Erkenntnisse (u. a. auch hinsichtlich der Brandgefahr durch Lithium-Batterien) liefern und das Datenbild für nicht-bestimmungsgemäß entsorgte Altbatterien vervollständigen.

2.4.4 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik

Bei abfallanalytischen Untersuchungen (Sortieranalysen) ist zwingend das Merkmal „Gerätebatterie“ sowie „LV-Batterie“ zu unterscheiden. Ergänzend (und optional) sollte geprüft werden, ob Geräte- bzw. LV-Batterien zusätzlich nach unterschiedlichen chemischen Batteriesystemen (Blei-Säure, Nickel-Cadmium, Lithium und Sonstige) vor dem Hintergrund der gesetzlichen Erfassung- und Entsorgungszielvorgaben untergliedert werden können. Eine separate Erhebung von Lithium-Batterien könnte aufgrund des einhergehenden Brandrisikos wertvolle Daten liefern. Die nicht-bestimmungsgemäße Entsorgung von Batterien (insbesondere Lithium-Batterien) gilt in jüngster Vergangenheit und aktuell als eine Ursache für vermehrt auftretende Brände in Abfallsortier- und -behandlungsanlagen und steht daher immer wieder im Fokus der öffentlichen Diskussion. Diese nützlich erscheinende zusätzliche Untergliederung geht aktuell über die Mindestvorgaben hinsichtlich der Untersuchung des Altbatteriestroms gemäß EU-BattVO hinaus.

Um die Menge enthaltener Geräte- und LV-Batterien in den (nicht-) bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden (vgl. Auflistung in Kapitel 2.4.3) vollständig zu erfassen, sind etwaige EAG, welche im Sinne des Kapitels 2.5 analysiert werden, auf das Vorhandensein dieser Batterien (wenn entnehmbar) zu analysieren und zuzuordnen.

2.4.5 Sortierstoffgruppen

Aus den Anforderungen der oben genannten Untersuchungspflicht ergeben sich folgende zu differenzierenden Sortierstoffgruppen, die in relevanten, (nicht-) bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden analysiert werden müssen bzw. sollten (optional):

- ▶ Gerätebatterien
 - optional Unterscheidung nach chemischen Systemen
 - optional Unterscheidung nach Sonstigen und lithiumhaltigen Gerätebatterien
- ▶ LV-Batterien
 - optional Unterscheidung nach chemischen Systemen
 - optional Unterscheidung nach Sonstigen und lithiumhaltigen LV-Batterien

2.5 Elektro(nik)altgeräte

2.5.1 Beschreibung des Stoffstroms

Der Stoffstrom umfasst, mit wenigen gesetzlich geregelten Ausnahmen, alle Geräte, die für den Betrieb mit Wechselspannung von höchstens 1.000 Volt oder Gleichspannung von höchstens 1.500 Volt ausgelegt sind, einschließlich aller Bauteile, Unterbaugruppen und Verbrauchsmaterialien, die zum Zeitpunkt des Eintritts der Abfalleigenschaft Teil des Altgerätes sind. Das ElektroG umfasst nicht nur „klassische“ Elektro(nik)geräte. Auch Gegenstände/Produkte, welche mit elektrischen oder elektronischen Komponenten ausgestattet

sind, bspw. Textilien, Möbel, („smarte“) Gebäudeausrüstung oder Sportgeräte (nachfolgend als „untypische Geräte“³⁸ bezeichnet) können in den Anwendungsbereich³⁹ fallen. Zudem werden auch so genannte „passive Geräte“⁴⁰ vom ElektroG erfasst. Dies sind bspw. Kabel, Antennen, Schalter, Sicherungen, Kabelstecker u. Ä..

2.5.2 Kontext: Berichtspflicht zu Elektro(nik)altgeräten

Die Menge der erfassten EAG wird jährlich durch das UBA zur Erfüllung der Berichtspflicht gemäß Art. 16 Abs. 4 der Richtlinie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronikaltgeräte (WEEE-Richtlinie) ermittelt.

Die zu erfassende Menge an EAG soll seit dem 01.01.2019 in jedem Kalenderjahr mindestens 65 % des Durchschnittsgewichts der EAG, welche in den drei Kalendervorjahren in Verkehr gebracht wurden, betragen (§ 10 Abs. 3 ElektroG). Diese so genannte Sammelquote wurde bislang nicht erfüllt und ist sogar rückläufig (2020: 44,1 %, 2021: 38,6 %, 2022: 31,7 %). Während die in Verkehr gebrachte Menge steigt, geht die erfasste Menge an EAG zurück. U. a. ursächlich für die geringe Sammelquote sind nicht-bestimmungsgemäße Erfassungswege, welche statistisch nicht erfasst werden. Zudem spiegelt der Ansatz des Durchschnittsgewichts der EAG, welche in den drei Kalendervorjahren in Verkehr gebracht wurden, nicht die tatsächliche Nutzungsdauer der in Verkehr gebrachten Geräte und damit den Anfall von EAG wider.

2.5.3 Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, Messpunkte und Zugriffsebenen

Für EAG besteht ein Erfassungs- und Verwertungssystem in geteilter Verantwortung. Während die Hersteller grundsätzlich für die Verwertung zuständig sind, erfolgt die Erfassung von EAG auf verschiedenen Wegen. Folgende Erfassungswege sind gemäß ElektroG möglich:

- ▶ Sammelstellen der öRE,
- ▶ stationäre Vertreiber (Händler) und Vertreiber über Fernkommunikation mit mehr als 400 m² Verkaufsfläche (im Falle des Vertriebs über Fernkommunikationsmittel Lager- und Versandfläche) für EAG; darüber hinaus auch auf freiwilliger Basis,
- ▶ Vertreiber von Lebensmitteln mit einer Gesamtverkaufsfläche von mindestens 800 m², die mehrmals im Kalenderjahr oder dauerhaft EAG anbieten und auf dem Markt bereitstellen - auch im Falle des Vertriebs über Fernkommunikationsmittel mit einer Gesamtlager- und Versandfläche über 800 m²; darüber hinaus auch auf freiwilliger Basis,
- ▶ Hersteller und deren Bevollmächtigte,
- ▶ Erstbehandlungsanlagen.

Allerdings werden neben diesen bestimmungsgemäßen Erfassungswegen vielfältige unzulässige, nicht-bestimmungsgemäße Erfassungswege genutzt. Hier sind insbesondere zu nennen:

³⁸ „untypische Geräte“ definiert keinen Rechtsbegriff und berührt nicht die Einordnung von Produkten in den sachlichen Anwendungsbereich des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes (ElektroG). Die Zuständigkeit für diese Einordnung liegt gemäß der gesetzlichen Beileihung ausschließlich bei der Stiftung Elektro-Altgeräte Register (stiftung ear). Siehe auch Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) M31A: https://www.laga-online.de/documents/laga-m31-a_2_3_4_5_6_7_1740147918.pdf Kapitel 3.4 (abgerufen am 07.04.2025)

³⁹ <https://www.stiftung-ear.de/themenwelten/hersteller/fuer-welche-produkte-gilt-das-elektrog/> (abgerufen am 07.04.2025)

⁴⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/aenderung-im-elektrog-auch-passive-elektrogeraete-sowie> https://www.laga-online.de/documents/laga-m31-a_2_3_4_5_6_7_1740147918.pdf Kapitel 3.5 (abgerufen am 07.04.2025)

- ▶ Nicht-bestimmungsgemäße Entsorgung im Hausmüll, in der LVP-Sammlung, im Sperrmüll (insbesondere „untypische Geräte“) sowie untergeordnet in gemischt erfassten Gewerbeabfällen, in Bauabfällen, der Alttextilsammlung und im Altpapier,
- ▶ Erfassung durch Altmetallhandel und -verwertung (insbesondere direkt von gewerblichen Endnutzern und Privathaushalten, Entsorgungsunternehmen, illegalen Sammlern, Entrümpelungsunternehmen sowie über Fehlwürfe in der Altmetallsammlung auf Wertstoffhöfen),
- ▶ illegaler Export (u. a. deklariert als Gebrauchtgerät).

Mit Fokus auf die Siedlungsabfälle sind die nachfolgenden nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade zu untersuchen:

- ▶ **Hausmüll aus privaten Haushalten sowie hausmüllähnliche Restabfälle (hausmüllähnliche Restabfälle von Kleingewerbe):** Besonderer Fokus liegt aufgrund der Mengenrelevanz auf dem Hausmüll aus privaten Haushalten und Geschäften (EAG im Hausmüll: 1,04 kg/(Einwohner (E))*Jahr(a)) (Dornbusch et al., 2020)), der einen wesentlichen Indikator für die Effizienz des bestehenden EAG-Sammelsystems, insbesondere für Kleingeräte, darstellt. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass EAG aufgrund ihrer extremen Heterogenität im Hausmüll (kleiner Anteil und teilweise großteilig) nur durch große Stichprobenumfänge repräsentativ und in ausreichender Genauigkeit zu erfassen sind.
- ▶ Gleiches gilt für **LVP** (EAG: ca. 0,3 kg/(E*a) (Brüning et al., 2023; Wagner et al., 2018)) und **gemischte gewerbliche Abfälle**, im Besonderen Pflichtrestmüll und AzV.
- ▶ **Alttextilien** enthalten seit einigen Jahren Kleidungsstücke und Schuhe mit elektrischen und elektronischen Funktionen. Zu nennen sind hier u. a. Schuhe und Bekleidung mit blinkender Beleuchtung, Wärmefunktion oder Kleidung mit eingearbeiteten Photovoltaikmodulen (Solarzellen). Zahlreiche andere Anwendungen sind als „Smart Clothes“ oder „Wearable Electronics“ in Entwicklung, bei denen Kleidung insbesondere mit Sensoren zur Messung von Körperfunktionen ausgestattet wird. Der Anteil solcher Produkte dürfte zukünftig also zunehmen. Nach Auskunft von Sortierbetrieben beträgt der Anteil solcher Kleidungsstücke in den Alttextilien derzeit 0,1 bis 0,2 % (1.000 bis 2.000 t/a bei ca. 1 Millionen (Mio.) t Sammelware (Wagner et al. 2022)). In den meisten Fällen handelt es sich dabei um hochwertige Kleidung, welche in den Wiederverkauf gelangt. Davon zu unterscheiden sind Fehlwürfe, also andere EAG, welche ebenso wie Restabfall in den Sammelcontainern für Alttextilien entsorgt werden. Dieser Anteil beläuft sich nach Schätzungen der Sortierbetriebe auf 0,5 bis 0,6 % (5.000 bis 6.000 t/a) der Alttextil-Sammelware. Diese Fehlwürfe werden aussortiert und nach Auskunft der befragten Sortierbetriebe in die entsprechenden Erfassungskanäle für EAG gegeben. Ob dies in allen Sortierbetrieben einheitlich gehandhabt wird, ist zumindest fraglich. Allerdings sind die Mengen, die auf diesem Weg möglicherweise nicht ElektroG-konform entsorgt werden, von geringer Relevanz. Im Bereich der Alttextilien ist insofern eine weitgehend ElektroG-konforme Erfassung anzunehmen, eine Entsorgung über die Sortierreste in Einzelfällen jedoch nicht auszuschließen.
- ▶ Im **Altpapier** kommen EAG bspw. in Form von elektronischen Glückwunschkarten vor. Der Anteil an der Gesamtzusammensetzung ist nicht bekannt, dürfte allerdings mengenmäßig eher sehr gering sein.
- ▶ In **gemischten Abfällen aus dem öffentlichen Raum (Papierkorbabfälle und Littering)** sind insbesondere (batteriehaltige) (Einweg-)Elektroklein(st)geräte, z. B. E-Zigaretten,

Kopfhörer, Spielzeug, elektronische Lifestyle-Produkte (leuchtende Armbänder, Haarschmuck, Luftballons, etc.) zu erwarten. Der Anteil an der Gesamtzusammensetzung ist nicht bekannt, dürfte allerdings mengenmäßig von geringerer Relevanz sein (Europäischer Wirtschaftsdienst (EuWiD), 2023).

- ▶ In Erfassungsbehältnissen für **Altbatterien** sind nach Berichten von Rücknahmesystemen für Gerätebatterien regelmäßig batteriehaltige Elektroklein(st)geräte enthalten; der Fehlwurfanteil beträgt zum Teil bis zu 20 %. Die Relevanz von EAG im Altbatterien-Entsorgungspfad ist gegeben.

Deutliche Einschränkungen bestehen hier vor allem im Monitoring der nicht-bestimmungsgemäß entsorgten EAG in grobstückigen Abfallströmen (Altmetalle, Sperrmüll, Bauabfälle) sowie des illegalen Exports.

- ▶ Eine wesentliche Menge an nicht ElektroG-konform entsorgten EAG befindet sich im **Altmetall**. Dahin gelangen die EAG auf sehr unterschiedlichen Wegen, bspw.:
 - Fehlwürfe im Metallschrott auf Wertstoffhöfen der öRE,
 - Industrie- und Gewerbebetriebe, die EAG als Metallschrott entsorgen,
 - Industriedemontage mit Fehlzuordnung von EAG,
 - Elektro- und Installationshandwerk (hier insbesondere Haushaltsgroßgeräte),
 - Entsorgungsunternehmen, insbesondere im Bereich der gewerblichen Entsorgung,
 - Abgabe von Haushaltsgroßgeräten durch Privathaushalte an den Altmetallhandel,
 - Abgabe von Haushaltsgroßgeräten und anderen metallhaltigen EAG durch Entrümpelungsunternehmen und illegale Sammler an den Altmetallhandel.

Aufgrund der Vielzahl an Eintragungswegen in den Entsorgungspfad Altmetall mit unklaren, da nicht erfassten Mengenströmen, werden hier keine Zugriffspunkte für mögliche Untersuchungen gesehen. Im Altmetall selbst sind Sortieranalysen aufgrund des großen Mengenstroms, der Grobstückigkeit der Altmetalle, der Vielzahl unterschiedlicher auf den Sammelplätzen unterschiedenen Qualitäten sowie der nicht möglichen Zuordnung vorgefundener EAG zu ElektroG-konformen und nicht ElektroG-konformen Entsorgungswegen nicht durchführbar.

- ▶ Im **Sperrmüll** finden sich (zunehmend) auch EAG. Dies betrifft insbesondere Möbel mit fest verbauten elektronischen Komponenten (z. B. beleuchtete Schränke, elektrisch verstellbare Sitzgelegenheiten, Massagesessel). Dies wurde sowohl im Zuge der bundesweiten Restabfallsortieranalyse (Dornbusch et al., 2020) als auch durch die Autoren der vorliegenden Studie im Rahmen von Wertstoffhofbesuchen festgestellt. Ebenso ist es denkbar, dass solche EAG bei der Sperrmüllsammlung im Holsystem miterfasst werden, wenn die elektronischen Komponenten versteckt verbaut sind bzw. das Möbelstück aus verschiedenen Gründen nicht als EAG erkannt wird. Sowohl Dornbusch et al. (2020) als auch die Autoren der vorliegenden Studie gehen von einem im Vergleich zum Gesamtstoffstrom Sperrmüll derzeit noch geringen, aber wachsenden Anteil von EAG aus. Für eine **Quantifizierung** dieser Mengen fehlt es allerdings an Datenmaterial. Auch Schätzungen sind aufgrund der Heterogenität insbesondere der „untypischen Geräte“ nicht möglich. Gründe für die falsche Zuordnung von EAG im Sperrmüll können folgende sein:
 - falsche Zuordnung durch den Letztbesitzer aufgrund von Unkenntnis,

- bequeme Entsorgungsmöglichkeit durch vielerorts bestehende Holsysteme (im Rahmen der öRE-Straßensammlung),
- falsche Zuordnung durch öRE-Personal bei der Sperrmüll-Straßenabholung bzw. durch Sammel- bzw. Wertstoffhofpersonal aufgrund von Unkenntnis,
- Nichterkennbarkeit der EAG-Eigenschaft (ggf. aufgrund erfolgter Demontage) zur Bereitstellung bzw. zum Transport auf den Wertstoffhof.

Eine Sortieranalyse des Sperrmülls ist, aufgrund der Grobstückigkeit des Abfallstroms sowie der nicht zerstörungsfreien Anlieferung möglicher untypischer Geräte und damit einer fehlenden Mengenzuordnung, nicht praktikabel. Die üblicherweise bei Sperrmüll durchgeführten Sichtungen der Zusammensetzung unterliegen den gleichen Einschränkungen.

► **Bauabfälle** können ebenfalls EAG enthalten. Dies können u. a. folgende Geräte sein:

- sog. „passive“ Geräte wie Dach- und Außenantennen und Buchsen, Steckdosen, Schalter sowie Taster für die Festmontage bzw. den Einbau an/ in der Wand,
- in Gebäuden verbaute Großgeräte, wie z. B. Klimaanlage, Durchlauferhitzer, Wärme- bzw. Heizungspumpen, Warmwasserboiler, Ölradiatoren oder
- Photovoltaikmodule.

Diese EAG müssen vor dem Rückbau eines Gebäudes entfernt werden. Gleiches gilt für Sanierungs- und Reparaturarbeiten, wobei diese Altgeräte getrennt zu erfassen und ElektroG-konform zu entsorgen sind. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Vorgaben nicht bei jeder Rückbau- bzw. Sanierungsmaßnahme befolgt werden. Daten darüber bzw. über die Zusammensetzung von Bauabfällen liegen nicht vor. Auch Abschätzungen sind kaum möglich, da weder die Zusammensetzung noch die Masse rückgebauter Gebäude bekannt sind und auch keine Angaben darüber existieren, in welchem Umfang ein vollständiger Ausbau von EAG aus der Gebäudesubstanz erfolgt. Gleiches gilt für Sanierungs- und Reparaturmaßnahmen an bestehender Gebäudesubstanz. Es ist zu erwarten, dass insbesondere „passive“ Geräte und teilweise auch Großgeräte in größerem Umfang gemeinsam mit Bauabfällen entsorgt werden. Photovoltaikmodule werden oftmals rückgebaut und als Gebrauchtgeräte veräußert bzw. exportiert. Deren gemeinsame Erfassung und Behandlung mit Baustellenabfällen ist in der Praxis daher eher nicht gegeben.

Auch Baustellenabfälle lassen sich, ähnlich wie die Altmetalle, nicht sortieranalytisch im Hinblick auf EAG untersuchen, da die EAG nicht zerstörungsfrei anfallen und mit den Altmetallen vermischt sind. Zudem ist der Massenstrom für eine repräsentative Untersuchung zu groß und zu heterogen.

Beim Export von EAG sind die Übergänge zum ElektroG-konformen Export von Gebrauchtgeräten fließend. Grundsätzlich existieren drei Wege des nicht ElektroG-konformen Exports:

- a) illegaler Export von als Gebrauchtgeräte deklarierten EAG,
- b) illegaler Export von EAG auf sonstigen Wegen (bspw. Fehldeklarationen, in Altfahrzeugen, durch illegale Sammler direkt verbracht),
- c) illegaler Export als Bestandteil von Altmetallen.

Die Übergänge zwischen den Wegen a) und b) sind fließend. In vielen Fällen werden Gebrauchtgeräte und EAG gemeinsam verbracht.

Eine analytische Bestimmung gestaltet sich aufgrund der Vielzahl der Verbringungswege, der schwierigen Abgrenzung zwischen Gebrauch- und EAG sowie der oft kleinteiligen Verbringung (insbesondere auf dem Landweg) schwierig. Aufgrund des illegalen Charakters scheiden auch Befragungen aus. Lediglich Schätzungen sind auf Basis internationaler Studien möglich, liefern jedoch kein genaues Bild.

2.5.4 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik

Für die nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade ist zu berücksichtigen, dass auf viele Bereiche dieser Entsorgungspfade, aufgrund ihres nicht ElektroG-konformen Charakters kein Zugriff besteht.

Die Messung im Altmetallstrom gestaltet sich darüber hinaus kompliziert, da sich dort bestimmungsgemäß und nicht-bestimmungsgemäß erfasste EAG vermischen und nicht mehr zu unterscheiden sind.

Neben Sortieranalysen und Sichtungen sind hier insofern alternative Möglichkeiten des Monitorings zu diskutieren. Befragungen sind in den nicht ElektroG-konformen Entsorgungspfaden ebenso wenig sinnvoll.

Sog. „passive“ Geräte können nicht eindeutig identifiziert werden, da im Rahmen einer Sortierung von EAG nicht ermittelt werden kann, ob Kabel und oder Stecker erst nachträglich zusammengebaut wurden. Ähnliches gilt für die sog. „untypischen Geräte“, welche sich teilweise schlecht von Sperrmüll abgrenzen lassen (insbesondere im Fall von Möbeln), vor allem wenn sie schon teilweise zerstört oder demontiert sind.

Die analysierten EAG in allen nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden sollten optional z. B. auch untergliedert werden nach Elektrogerätekategorien, batteriehaltige und nicht-batteriehaltige Geräte und/ oder „untypische“ Altgeräte.

Da EAG auch in den nicht ElektroG-konformen Entsorgungspfaden Batterien enthalten, müssen diese im Rahmen der Untersuchungen getrennt berücksichtigt werden, um die ermittelten Mengen dem Stoffstrom der Altbatterien zuschlagen zu können (siehe Kapitel 2.4). Dies erfordert u. a. die Entnahme und Zuordnung entnehmbarer Altbatterien im Rahmen der Analyse.

Der Stoffstrom EAG ist zugleich auch ein Entsorgungspfad. Für den Entsorgungspfad EAG existiert kein eigener Teilbericht zum Methodenkonzept, wie für die anderen Entsorgungspfade. Der Stoffstrom EAG bildet im Rahmen der spezifischen Sortieranalysen der anderen Entsorgungspfade grundsätzlich eine eigene Sortierfraktion bzw. werden Methoden beschrieben, wodurch bzw. wie Daten zur nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgung von EAG generiert werden. Im Gegensatz dazu haben die laut Analysekonzept zu untersuchenden Abfallströme im Entsorgungspfad EAG, ausgenommen der (nicht-) bestimmungsgemäßen Altbatterien, keine besondere Mengenrelevanz, wodurch ein Methodenkonzept hinfällig ist.

2.6 Alttextilien

2.6.1 Beschreibung des Stoffstroms

Unter Alttextilien werden die folgenden Abfälle verstanden:

- ▶ Bekleidung (inkl. Accessoires wie Mützen, Handschuhe, Schals, Gürtel)
- ▶ Schuhe
- ▶ Heimtextilien (ohne Teppiche und Matratzen).

Ab dem 01.01.2025 ist gemäß § 20 Abs. 2 Nr. 6 KrWG eine Getrennterfassungspflicht für Textilabfälle durch die öRE vorgeschrieben. Die Ausnahmebestimmungen gemäß § 9 KrWG sind dabei zu berücksichtigen. Gleichzeitig existieren jedoch nahezu flächendeckend gewerbliche und gemeinnützige Sammlungen, deren Bestand allerdings an die Entwicklung des Entsorgungsmarktes für Alttextilien gebunden ist. Wirtschaftlichkeit und Sammelqualität haben sich in den letzten Jahren verschlechtert.

Grundsätzlich wird durch die Sammler darum gebeten, nur gute und noch gebrauchsfähige Alttextilien in die Sammelcontainer zu geben.

Gemäß der geänderten AbfRRL wird jeder Mitgliedstaat sein eigenes System der erweiterten Herstellerverantwortung (EPR) für Textil- und Schuhezeugnisse einrichten.

Bezüglich der in Verkehr gebrachten Mengen an Textilien, sowie die gesammelten Mengen an Alttextilien, liegen lediglich Schätzungen vor. Der Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung (bvse) (Forbrig et al., 2020) schätzt die Inlandsverfügbarkeit je nach Berechnungsmethode zwischen 1,63 und 1,78 Mio. t. Die verfügbare Sammelware an Alttextilien wurde auf 1,27 Mio. t geschätzt. Die durch die Bevölkerung entsorgte Menge wird dabei mit 3 kg/(E*a) angesetzt. Aufgrund der insbesondere durch Fast Fashion induzierten Steigerung des Konsums bei sich verkürzenden Tragezeiten werden die Mengen an in Verkehr gebrachten Textilien sowie an Sammelware (Alttextilien) in den nächsten Jahren weiter steigen.

2.6.2 Kontext: Berichtspflicht zu Alttextilien

Nach dem geeinten Kompromisstext zur Änderung der AbfRRL (Veröffentlichung voraussichtlich im Herbst 2025) sollen die Mitgliedstaaten gemäß Art. 22d Absatz 6 bis zum 1. Januar 2026 und danach alle 5 Jahre eine Erhebung über die Zusammensetzung der gesammelten gemischten Siedlungsabfälle durchführen, um den Anteil der Abfälle von Textilien, textilverwandten Erzeugnissen und Schuhen zu ermitteln.

Auf der Grundlage dieser Erhebungen können die zuständigen Behörden den entsprechenden Organisationen für Herstellerverantwortung vorschreiben, Abhilfemaßnahmen zu ergreifen, um ihr Netz von Sammelstellen zu erweitern und Informationskampagnen durchzuführen.

Die Kosten für die Durchführung der Erhebung sollen auf die Hersteller übertragen werden.

Die Abfallstatistik des Statistischen Bundesamtes liefert bislang für diesen Abfallstrom keine brauchbaren Ergebnisse, insbesondere weil der Abfallbegriff in der Entsorgungspraxis für diesen Abfallstrom nicht einheitlich Verwendung findet und kleine Entsorgungsunternehmen von der Statistik nicht erfasst werden. Der bvse hat in den Jahren 2015 und 2020 Studien zu „Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland“ erarbeitet, welche zwar berechnete, aber dennoch realistischere Daten zum Aufkommen an Alttextilien enthalten. Der bvse hat angekündigt, diese Studien fortzuschreiben.

2.6.3 Zu betrachtende nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, Messpunkte und Zugriffsebenen

Alttextilien werden derzeit durch gewerbliche oder gemeinnützige Sammlungen sowie durch öRE gesammelt. Diese nutzen überwiegend spezielle Altkleidercontainer. Eher selten kommen Korb- oder Sacksammlung, die sog. Duo-Tonne oder herkömmliche Depotcontainer (wie bspw. in der Sammlung von Altglas) zu Einsatz. Vereinzelt erfolgt die Rücknahme auch im Handel.

Neben den getrennt erfassten Alttextilien finden sich Alttextilien auch in anderen gemischt erfassten Stoffströmen. Für das Monitoring sind die nachfolgenden nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade zu untersuchen:

- ▶ **Hausmüll aus privaten Haushalten** sowie Geschäftsmüll (hausmüllähnliche Restabfälle von Kleingewerbe): Besonderer Fokus liegt aufgrund der Mengenrelevanz auf dem Hausmüll aus privaten Haushalten und Geschäften (Alttextilien im Hausmüll: 4,5 kg/(E*a) (Dornbusch et al., 2020)).
- ▶ Gleiches gilt für **LVP** (Alttextilien: ca. 0,37 kg/(E*a) (Wagner et al., 2018)), **gemischte gewerbliche Abfälle**, im Besonderen Pflichtrestmüll und AzV,
- ▶ gemischt erfasste Gewerbeabfälle.

Geeignete Messpunkte für fehlentsorgte Alttextilien sind die haushaltsnahen Erfassungssysteme, der für Fehlentsorgung in Frage kommenden Abfallströme (Hausmüll, LVP), bzw. die Messpunkte der gemischt erfassten Gewerbeabfälle.

2.6.4 Anforderung und Besonderheiten an die Abfallanalytik

Grundsätzlich sind insbesondere verschmutzte, aber auch nicht mehr verwertbare Alttextilien dem Restabfall zuzuordnen. Vor diesem Hintergrund ist die Unterscheidung, ob Alttextilien im Hausmüll als Fehlwurf zu identifizieren sind, oft nicht eindeutig möglich.

Feuchten und Anhaftungen beeinflussen die spezifischen Gewichte insbesondere von Alttextilien. Dies sollte bei der Auswertung entsprechend berücksichtigt werden.

2.7 Bioabfälle

2.7.1 Beschreibung des Stoffstroms und Zusammenfassung der zu erfüllenden Kriterien gemäß Berichtspflicht EU-KOM

Bioabfälle im Sinne des KrWG (§ 3, Abs. 7) sind biologisch abbaubare pflanzliche, tierische oder aus Pilzmaterialien bestehende

- ▶ Garten- und Parkabfälle,
- ▶ Landschaftspflegeabfälle,
- ▶ Nahrungsmittel- und Küchenabfälle aus privaten Haushaltungen, aus dem Gaststätten-, Kantinen- und Cateringgewerbe, aus Büros und aus dem Groß- und Einzelhandel sowie mit den genannten Abfällen vergleichbare Abfälle aus Nahrungsmittelverarbeitungsbetrieben und
- ▶ Abfälle aus sonstigen Herkunftsbereichen, die den in den Nr. 1 bis 3 genannten Abfällen nach Art, Beschaffenheit oder stofflichen Eigenschaften vergleichbar sind.

Bioabfälle sind gemäß § 20 Abs. 2 Nr. 1 KrWG durch die öRE getrennt zu sammeln. Zwar sind die Ausnahmebestimmungen des § 9 Abs. 3 Nr. 3 und 4 KrWG zu berücksichtigen, allerdings ist allgemein festzustellen, dass die technische Möglichkeit der Getrenntsammlung gegeben ist. Die gerichtlichen Hürden für die Feststellung unverhältnismäßig hoher Kosten sind derart hoch, dass die entsprechende Ausnahmebestimmung in der praktischen Umsetzung weitgehend bedeutungslos bleibt.

Dennoch ist die Getrenntsammlung von Bioabfällen deutschlandweit nicht flächendeckend eingeführt, sodass in Gebieten ohne Biotonne, die Bioabfälle im Restabfall oder per

Heimkompostierung entsorgt werden müssen (Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH), 2024). Vereinzelt werden auch Bringsysteme für Bioabfälle angeboten. Auch in Entsorgungsgebieten mit Biotonne finden sich erhebliche Mengen organischer Abfälle im Restabfall, sodass diese Stoffgruppe regelmäßig die mengenmäßig größte Stoffgruppe im Hausmüll ausmacht. Ergänzend ist hierbei anzumerken, dass verschiedene Kommunen die Entsorgung von gekochten LMA, insbesondere tierischen LMA über die Biotonne nicht gestatten. Bioabfälle finden sich insbesondere in Form von Gartenabfällen sowie in Form von küchenstämmigen Bioabfällen. Zudem werden auch verpackte Lebensmittel als Bioabfälle entsorgt. LMA, aber auch verpackte Lebensmittel differenziert nach Verpackungsform sind für das Monitoring von besonderem Interesse, da die Verpackungen Stör-/ Fremdstoffe darstellen, welche die Verwertung der erzeugten Komposte erschweren.

2.7.2 Zu betrachtende Entsorgungspfade

Bei Bioabfällen (Biotonne) ist zwischen bestimmungsgemäßen und nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden zu unterscheiden:

- ▶ Bestimmungsgemäße Entsorgungspfade von Bioabfällen sind die Biotonne, Grüngutsammelplätze und Wertstoffhöfe, die Heimkompostierung und gewerbliche Entsorgungsanlagen für Bioabfälle. Die Erfassung erfolgt sowohl im Holsystem als auch im Bringsystem.
- ▶ Nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade für Bioabfälle sind der Hausmüll, andere Wertstoffsysteme sowie Littering. Die illegale Entsorgung durch Ablagerung am Feld- und Waldrand wird nicht berücksichtigt.

Gegenwärtig ist nur schwer zu quantifizieren, wie hoch der Anteil der nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgung für Bioabfälle ist, da verschiedene relevante Bioabfallmengen nicht erfasst werden, wie bspw. die illegale Entsorgung oder die Heimkompostierung.

2.7.3 Geeignete Messpunkte

Beim Screening geeigneter Messpunkte liegt der Schwerpunkt auf den bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden. Geeignete Messpunkte sind die Biotonnen direkt am Anfallort bei den privaten Haushalten (Gebietsanalysen) oder direkt eine komplette Fahrzeuganlieferung (Chargenanalyse).

Im Bereich der Bioabfälle werden insbesondere im Rahmen der Qualitätssicherung von vielen öRE und Anlagenbetreibern entsprechende Analysen durchgeführt. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Gebietsanalysen sowie Chargenanalysen.

Gebietsanalyse (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK), 2018):

Die Gebietsanalyse findet Anwendung bei der Untersuchung des Gehaltes an Fremdstoffen oder und Störstoffen in Bioabfällen aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen (mittels Biotonne erfasstes Biogut) eines bestimmten Entsorgungsgebietes (ggf. auch Teilgebiete). Fachliche Grundlage der Methode ist die Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen (Sächsische Sortierrichtlinie). Die Probenahme erfolgt direkt beim Abfallerzeuger (Biotonne) nach einer repräsentativen Schichtung der Grundgesamtheit.

Zweckbestimmung ist die Gewinnung belastbarer Daten über Art und Menge von in Biogut enthaltenen Fremdstoffen sowie die daraus abzuleitende Sortenreinheit des Bioguts für eine Kampagne (Untersuchungsgegenstand). Für die Hochrechnung der Ergebnisse auf ein Jahr sind zwei Kampagnen durchzuführen, jeweils eine in der vegetationsarmen und eine in der vegetationsreichen Zeit.

Die mit dieser Methode vorgenommene Standardisierung der Vorgehensweise ermöglicht es, festgestellte Ergebnisse über die Sortenreinheit von Biogut einzuordnen und Ergebnisse von Gebietsanalysen unterschiedlicher Regionen miteinander zu vergleichen.

Chargenanalyse (BGK, 2021):

Die Chargenanalyse findet Anwendung bei der Untersuchung des Gehaltes an Fremdstoffen in nicht aufbereiteten (Teil I) festen Bioabfällen, die an Bioabfallbehandlungsanlagen (Charge = eine Fahrzeuganlieferung Bioabfall) angeliefert werden.

Mit Teil I der Chargenanalyse werden Art und Menge der in nicht aufbereitet angelieferten Bioabfällen enthaltenen Fremdstoffe festgestellt. In der Regel handelt es sich um Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus privaten Haushaltungen, inkl. miterfasste gewerbliche Bioabfälle.

Fachliche Grundlage der Methode ist ebenfalls die Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen.

2.8 Gewerbliche Siedlungsabfälle

2.8.1 Gesetzliche Anforderungen an die Erfassung und Entsorgung gewerblicher Siedlungsabfälle

Die gewerblichen Siedlungsabfälle umfassen alle Abfälle, welche jenen aus privaten Haushalten in Zusammensetzung und Beschaffenheit grundsätzlich ähnlich sind. Hierzu zählen Abfälle, die in Kapitel 20 der Anlage der AVV aufgeführt sind, aber auch gewerbliche und industrielle Abfälle, die nicht dem Kapitel 20 der AVV zugeordnet werden, aber nach ihrer Art, Zusammensetzung, Schadstoffgehalt und Reaktionsverhalten mit Abfällen aus privaten Haushalten vergleichbar sind. Ferner zählen zu den gewerblichen Siedlungsabfällen auch alle Verpackungsabfälle (Kapitel 15 nach AVV), die nicht im Rahmen eines Rücknahmesystems im Sinne des Verpackungsgesetzes zurückgegeben werden. Eine konkrete Zuordnung zu Abfallschlüsseln gemäß AVV macht der Verordnungsgeber im Fall der gewerblichen Siedlungsabfälle nicht. Für Abfälle, die dem ElektroG oder dem BattG unterliegen, gilt die GewAbfV nicht. Abfälle zur Beseitigung, die einem öRE zu überlassen sind (§ 17 Abs. 1 KrWG), fallen ebenfalls nicht unter die GewAbfV.

Getrennt zu sammelnde gewerbliche Siedlungsabfälle

Gewerbliche Siedlungsabfälle sind nach Materialart bereits an der Anfallstelle getrennt zu sammeln und vorrangig der Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zuzuführen (vgl. § 3 Abs. 1 GewAbfV). Die Pflicht zur Getrenntsammlung erstreckt sich auf die Abfallfraktionen:

- ▶ PPK mit Ausnahme von Hygienepapier,
- ▶ Glas,
- ▶ Kunststoffe,
- ▶ Metalle,
- ▶ Holz,
- ▶ Textilien,
- ▶ Bioabfälle nach § 3 Abs. 7 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes; unterteilt nach verpackten Bioabfällen, insbesondere verpackten Lebensmittelabfällen, und unverpackten Bioabfällen sowie,

- ▶ weitere Abfallfraktionen, die in den in § 2 der GewAbfV Nr. 1 Buchstabe b genannten Abfällen enthalten sind.

Dem Erzeuger und Besitzer von gewerblichen Siedlungsabfällen steht es frei, eine getrennte Sammlung weiterer Abfallfraktionen und eine weitergehende getrennte Sammlung innerhalb der oben genannten Abfallfraktionen vorzunehmen. Das Vermischungsverbot für gefährliche Abfälle des § 9a KrWG auch in Verbindung mit § 15 Abs. 3 Satz 2 KrWG bleibt unberührt.

Im Gemisch gesammelte gewerbliche Siedlungsabfälle zur Verwertung

Ist eine Getrenntsammlung einzelner Fraktionen technisch nicht möglich oder wirtschaftlich unzumutbar (vgl. § 3 Abs. 2 GewAbfV), ist es zulässig, die oben genannten Fraktionen – mit Ausnahme von Bioabfällen und Glas – im Gemisch zu sammeln. In der Praxis werden gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle den Abfallschlüsseln 20 03 01 (gemischte Siedlungsabfälle) und 15 01 06 (gemischte Verpackungen) zugeordnet (Dehne et al., 2011). Die Erfassung nicht verwertbaren Restmülls im Gemisch zur Verwertung ist nicht zulässig. Ebenso ist es nicht zulässig, oben genannte Wertstoffe über die kommunale Restabfalltonne (Pflichtrestmülltonne) zu entsorgen.

Im Gemisch erfasste gewerbliche Siedlungsabfälle sind grundsätzlich einer Vorbehandlungsanlage mit definierten technischen Komponenten zuzuführen (vgl. § 4 Abs. 1 und 2 in Verbindung mit § 6 Abs. 1 GewAbfV). Auf diese Weise sollen Wertstoffe, insbesondere PPK, Kunststoff, Metall sowie Holz, voneinander getrennt und vorrangig dem Recycling zugeführt werden.

Die direkte Zuführung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle zu thermischen Abfallbehandlungsanlagen ist gemäß § 4 Abs. 3 GewAbfV nur dann möglich, wenn:

- ▶ die Vorbehandlung nachweislich technisch nicht möglich oder wirtschaftlich unzumutbar ist,
- ▶ ein Betrieb bzw. eine Einrichtung nachweislich bereits 90 Masse-% seiner Abfälle an der jeweiligen Anfallstelle getrennt sammelt und dem Recycling oder der Vorbereitung zur Wiederverwendung zuführt.

Eine zusammenfassende Übersicht über die Pflichtenkaskade für die Sammlung und Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen zeigt Abbildung 4.

Abbildung 4: Pflichtenkaskade für die Sammlung und Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen



Quelle: Knappe, et al. (2023)

Im Gewerbebetrieb zur Beseitigung anfallende Restabfälle (Pflichtrestmülltonne)

Nicht verwertbare Abfälle, wie bspw. Putzlappen, Hygieneartikel oder Papiertaschentücher, sind dem örE oder einem von ihm beauftragten Dritten zur Beseitigung zu überlassen (vgl. § 7 Abs. 1 GewAbfV).

Abfallerzeuger und -besitzer sind verpflichtet, mindestens einen kommunalen Restabfallbehälter – die sog. Pflichtrestmülltonne – für die Erfassung solcher Abfälle zu nutzen (vgl. § 7 Abs. 2 GewAbfV).

Sonderfall: Gemeinsame Erfassung von Siedlungsabfällen gewerblicher und privater Herkunft

Kleinmengen gewerblicher Siedlungsabfälle können gemäß § 5 GewAbfV auch gemeinsam mit den auf dem jeweiligen Grundstück anfallenden Abfällen aus privaten Haushalten über die installierten Sammelsysteme (PPK, LVP, Altglas, Biotonne, Restabfall) entsorgt werden. Der im häuslichen Restabfall enthaltene Anteil an zu beseitigenden Abfällen aus Gewerbebetrieben wird als „Geschäftsmüll“ bezeichnet.

2.8.2 Aufkommen und Verbleib gewerblicher Siedlungsabfälle

In einem Abstand von vier Jahren erhebt das Statistische Bundesamt Daten zur Abfallerzeugung bei bis zu 20.000 Betrieben aus den Wirtschaftsbereichen Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, verarbeitendes Gewerbe, Energieversorgung, Wasserversorgung und Dienstleistungen. Die zuletzt für das Jahr 2018 veröffentlichte Statistik umfasst Angaben für etwa 0,8 % der Betriebe und etwa 31 % der Beschäftigten in Deutschland (Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020). Der Qualitätsbewertung zu dieser Erhebung ist zu entnehmen, dass der Berichtskreis als nicht repräsentativ angegeben wird, die Erhebung aber

dennoch ein umfassendes Bild über Art und Menge der angefallenen Abfälle je Wirtschaftszweig liefern. Die Vielzahl kleinerer Unternehmen insbesondere aus dem Dienstleistungsbereich bleibt hierbei unberücksichtigt.

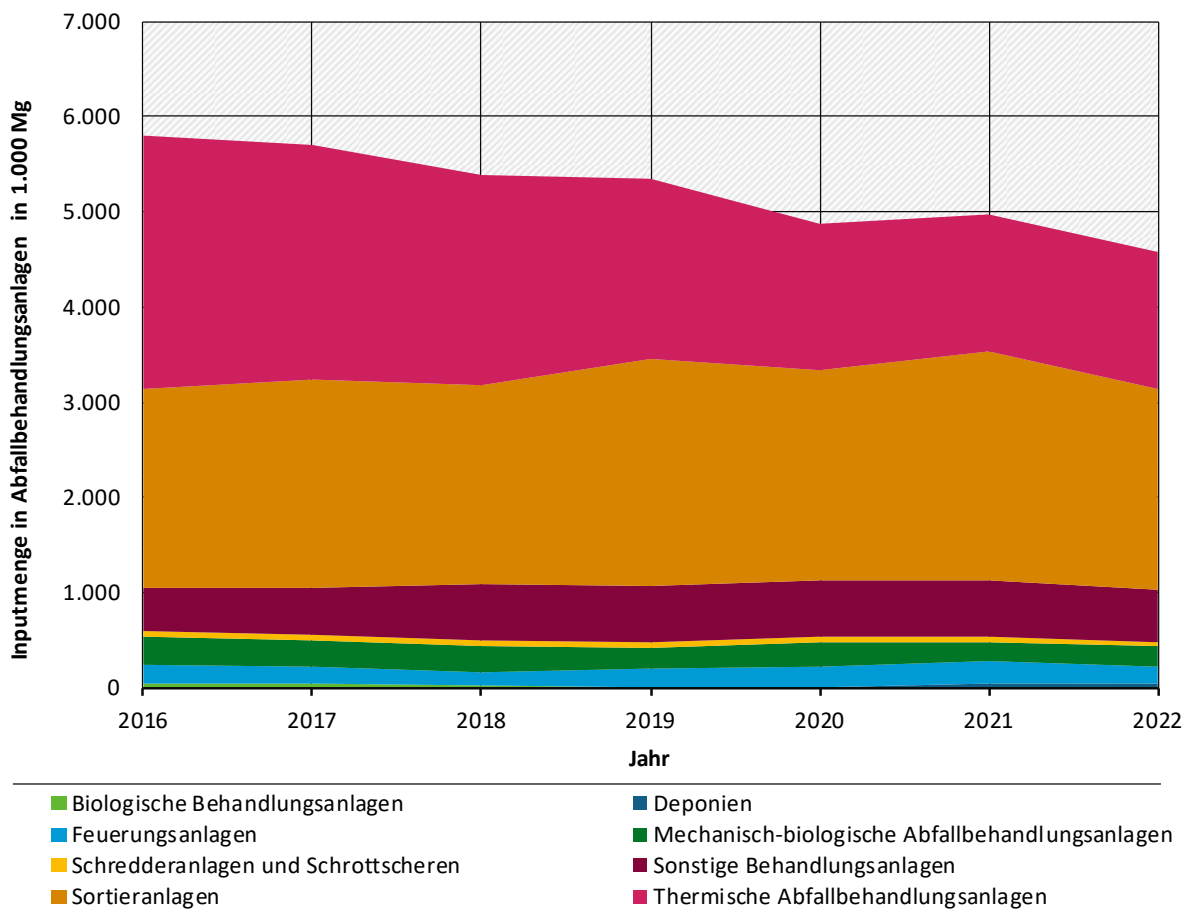
Eine vollumfängliche Erhebung zum Aufkommen und Verbleib gewerblicher Siedlungsabfälle existiert nicht. In den jährlich vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Daten zur Abfallentsorgung wird bei den Monofraktionen nicht zwischen gewerblichen und privaten Abfällen unterschieden, somit ist das Gesamtaufkommen der in den Gewerbebetrieben getrennt gesammelten Abfallfraktionen nicht bekannt. Auch die verpflichtend beim Abfallerzeuger vorzuhaltenden Abfalldokumentationen (vgl. § 3 Abs. 3 GewAbfV) liefern diesbezüglich keine Erkenntnisse (Knappe et al., 2023). Ausgehend von den Ergebnissen aus (Knappe et al., 2023) lassen sich bezüglich der Getrenntsammlung gewerblicher Siedlungsabfälle folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- ▶ Das Gesamtaufkommen getrennt gesammelter gewerblicher Siedlungsabfälle lässt sich mangels statistischer Erhebungen nicht beziffern. Hochrechnungen auf der Basis von Teilerhebungen sind nicht zielführend.
- ▶ Die Getrennterfassungsquote ist je nach Wirtschaftszweig unterschiedlich stark ausgeprägt und wird zudem maßgeblich vom Aufkommen der überwiegend getrennt erfassten produktionsspezifischen Abfälle beeinflusst.
- ▶ Die mengenstärksten Fraktionen sind PPK und Metalle.
- ▶ Ohne Berücksichtigung der produktionsspezifischen Abfälle werden schätzungsweise rund 60 Masse-% der gewerblichen Siedlungsabfälle getrennt erfasst.

Das Gesamtaufkommen gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle lässt sich anhand der Daten des Statistischen Bundesamtes zur Abfallentsorgung rechnerisch ermitteln. Entsprechend der in Dehne et al. 2011 beschriebenen Methodik ergibt sich für das Jahr 2022 ein Gesamtaufkommen gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle in Höhe von 4,58 Mio. Megagramm (Mg)/a (Dehne et al., 2011). Das sind rund 21 Masse-% weniger als noch im Jahr 2016.

Abbildung 5 zeigt das Aufkommen und den Verbleib der Gemische. Rund 2,10 Mio. Mg/a bilden im Jahr 2022 den Input in Sortieranlagen; dies entspricht rund 46 Masse-% der Gesamtmenge (zum Vergleich 2016: rund 36 Masse-%). Die direkte Verwertung in thermischen Abfallbehandlungsanlagen ist seit 2016 rückläufig und betrug im Jahr 2022 rund 32 Masse-% bzw. rund 1,45 Mio. Mg/a (zum Vergleich 2016: rund 46 Masse-%). Weitere der Abbildung zu entnehmende Entsorgungswege spielen eine untergeordnete Rolle.

Abbildung 5: Aufkommen und Verbleib gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle, 2016 - 2023



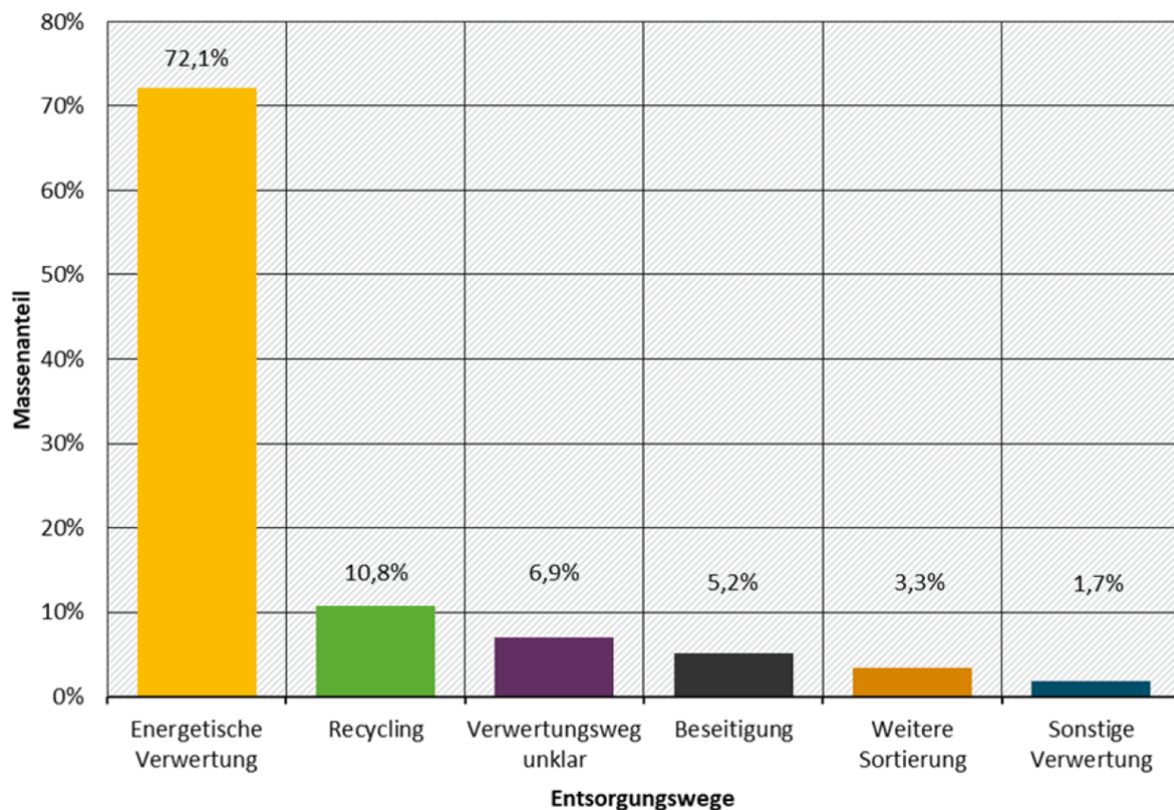
Quelle: eigene Darstellung nach Destatis

Die Vorbehandlungsanlagen für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle werden unterschieden in Anlagen, die vorbehandlungspflichtigen Gemische vollumfänglich selbst behandeln – sog. Vollanlagen – und Anlagen, die in einem sog. Kaskadenverbund arbeiten und gemeinsam die technischen Anforderungen der GewAbfV erfüllen.

In der Statistik werden unter der Kategorie „Sortieranlagen“ neben Vorbehandlungsanlagen im Sinne der GewAbfV auch sonstige Sortieranlagen gefasst. Wie viel des anfallenden Gemisches verordnungskonform den Vorbehandlungsanlagen im Sinne der GewAbfV zugeführt wird, lässt sich anhand der statistischen Daten nicht feststellen. Darüber hinaus wird in (Knappe et al., 2023) ausgeführt, dass es kein (zentrales) Anlagenregister für Vorbehandlungsanlagen gibt, insgesamt wurden 361 Vorbehandlungsanlagen ermittelt.

In Vorbehandlungsanlagen wird stets auch eine heizwertreiche Fraktion erzeugt (z. B. Ersatzbrennstoffe, Sortierreste), die der energetischen Verwertung zugeführt wird. Die Ersatzbrennstoffe kommen üblicherweise in EBS-Kraftwerken und in der Mitverbrennung (z. B. Zementindustrie) zum Einsatz. Die Studienergebnisse (Knappe et al., 2023) zeigen, dass nur etwa 11 Masse-% - maßgeblich Metalle und PPK - einem Recycling zugeführt werden (vgl. Abbildung 6). Der Großteil des in Vorbehandlungsanlagen erzeugten Outputs wird als Ersatzbrennstoff oder Sortierrest energetisch verwertet.

Abbildung 6: Entsorgungswege der Outputfraktionen aus Vorbehandlungsanlagen; Ergebnis einer Fragebogenerhebung bei Betreibern von Vorbehandlungsanlagen



Quelle: Knappe, et al. (2023)

2.8.3 Zusammensetzung gewerblicher Siedlungsabfälle

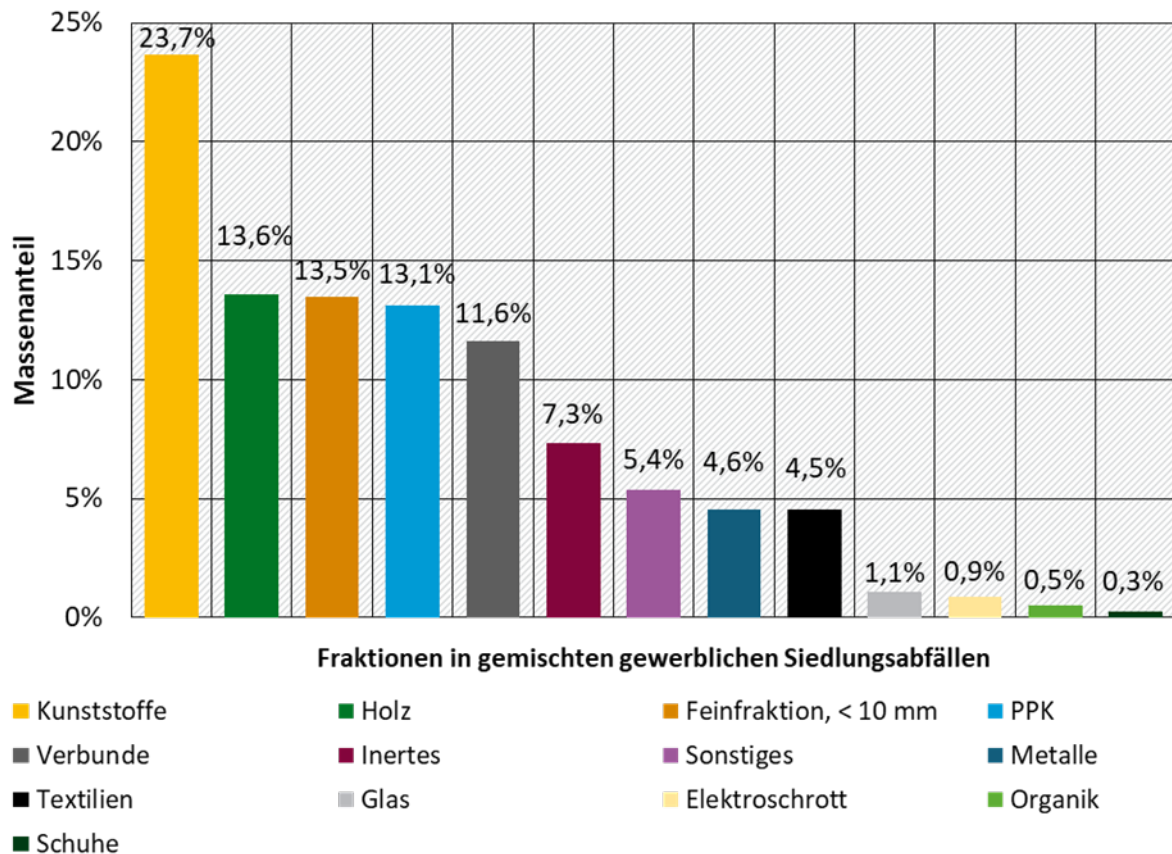
Weder für getrennt gesammelte gewerbliche Siedlungsabfälle noch für gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle liegen repräsentative Abfallanalysen vor, aus denen verallgemeinernde Aussagen zur Abfallzusammensetzung bzw. zu den Anteilen berichtspflichtiger Abfälle abgeleitet werden könnten.

Insbesondere die Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle ist sehr heterogen und maßgeblich abhängig von der Branche, in denen diese Abfälle anfallen. Die Sammlung erfolgt in Wechsel- oder Umleerbehältern bzw. Containern durch private Entsorgungsunternehmen oder im Fall der Pflichtrestmülltonne durch öRE.

Zuletzt veröffentlichte Ergebnisse zur Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle entstammen der bereits benannten Studie (Knappe et al., 2023). An insgesamt fünf modernen Vorbehandlungsanlagen mit geforderter technischer Ausstattung wurden Anlagenbilanzierungen durchgeführt. Auf diese Weise konnten Informationen zur Zusammensetzung des Inputs (sortierfähige gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle) und der jeweiligen Verteilung und Zusammensetzung der Outputfraktionen ermittelt werden. Diese Ergebnisse sind nicht repräsentativ. Die Einzelergebnisse weisen für einzelne Materialfraktionen große Spannweiten im Input auf, bspw. im Fall von PPK zwischen 6,4 Masse- % und 21 Masse- % im Input der Anlagen.

Die gemittelten Analyseergebnisse der fünf untersuchten Anlagen zeigt Abbildung 7. Demnach sind Kunststoffe die mengenstärkste Stoffgruppe in den vorbehandlungsfähigen Gemischen, gefolgt von Holz und PPK. Die Ermittlung enthaltener Verpackungen war nicht Bestandteil dieser Untersuchung.

Abbildung 7: Mittlere Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle, Ergebnis der Anlagenbilanzierungen 2020/2021, n=5



Quelle: Kaiser, Oetjen-Dehne. (2023)

2.8.4 Herausforderungen der Untersuchung in Gewerbebetrieben anfallender Abfälle

Wie in den vorherigen Kapiteln ausgeführt, liegen bisher keine Daten vor, die belastbare Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der bundesweit anfallenden gewerblichen Siedlungsabfälle zulassen.

Die Daten aus Einzelfallbetrachtungen, regionalen Abfalluntersuchungen und Befragungen von Akteuren der Entsorgungsbranche induzieren jedoch, dass

- ▶ die in Gewerbebetrieben aufgestellten LVP-Behälter für die durchzuführenden Cross Checks und die Erfüllung nationaler Berichtspflichten untersuchungsrelevant sind.
- ▶ die Qualität (Reinheit) der in Gewerbebetrieben gesammelten Monofractionen (z. B. Kunststofffolien) strengen Anforderungen der abnehmenden Industrie genügen muss, sodass hier keine relevanten Fehlwurfanteile, wie bspw. Bioabfälle, EAG, Verpackungen, enthalten sind.
- ▶ über die gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle regelmäßig Verpackungsabfälle (insbesondere auch nicht systembeteiligungspflichtige Verpackungsabfälle), LMA, EAG, Alttextilien und Bioabfällen entsorgt werden (vgl. hierzu auch Kapitel 2.1 bis 2.7).
- ▶ in der Pflichtrestmülltonne mit der Hausmülltonne in Privathaushalten vergleichbare Wertstoffanteile enthalten sind und entsprechend auch die Pflichtrestmülltonne als untersuchungsrelevant einzustufen ist.

Demnach sind im Rahmen der gebündelten Abfallanalysen die in Gewerbebetrieben anfallenden LVP- und Restabfälle, sowie die anfallenden gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle, zu untersuchen. Nachfolgend werden die wesentlichen Herausforderungen, die sich bei der Untersuchung dieser Entsorgungspfade ergeben, beschrieben.

Die große Anzahl⁴¹ an Anfallstellen (Gewerbebetrieben) und die Heterogenität der in den Betrieben anfallenden Abfälle bedingen, dass repräsentative Abfallanalysen beim Abfallerzeuger – wenn überhaupt - nur mit sehr hohem Aufwand möglich sind. Die Nutzung von Siedlungs- bzw. Bebauungsstrukturen als Schichtungsmerkmal in Verbindung mit statistischen Daten zur Einwohnerverteilung, wie es bei Analysen von in privaten Haushalten anfallenden Abfällen üblich ist, kann im gewerblichen Bereich nicht erfolgen. Gemeinsamkeiten (hinsichtlich Abfallzusammensetzung und -menge) innerhalb eines Wirtschaftszweigs oder einer Branche lassen sich nur unsicher ableiten und sinnvoll für eine Hochrechnung der Ergebnisse nutzen. Zudem unterliegen die in den Gewerbebetrieben anfallenden Abfälle – mit Ausnahme von Abfällen zur Beseitigung über die Pflichtrestmülltonne – keiner Überlassungspflicht. Die Untersuchung der Abfälle beim Erzeuger erfordert demnach streng genommen für jeden Einzelfall ein entsprechendes Einverständnis.

Eine Alternative zur Untersuchung der Tonnen beim Abfallerzeuger stellt die Untersuchung des Anlageninputs in die für das jeweilige Sammelsystem genutzten Entsorgungsanlagen dar. Doch auch bei dieser Zugriffsebene existieren eine Vielzahl an Hindernissen, die der Ermittlung einer repräsentativen Zusammensetzung entgegenstehen. Hierzu gehören u. a. die unvollständige Datenlage zum Aufkommen und Verbleib der Abfälle, die Behandlung der Abfälle in verschiedenen, ggf. nacheinander geschalteten Anlagen, die Vermischung verschiedener Abfallströme im Anlageninput und technisch-organisatorische Hindernisse bei der Abfalluntersuchung am Anlagenstandort. In Abhängigkeit des zu untersuchenden Entsorgungspfades können die genannten Hindernisse unterschiedlich stark ausfallen. Der Aufwand für die Beprobung und manuelle Sortierung ist demnach im Bereich der gewerblichen Abfälle als sehr hoch einzustufen.

Die Befragung von Entsorgungsunternehmen und die Sichtung von Anlieferungen an Entsorgungsanlagen (Vorbehandlungsanlagen, Müllverbrennungsanlagen) zur Abschätzung der Zusammensetzung ausgewählter Entsorgungspfade stellen alternative Untersuchungsansätze dar. Die Befragung der Anlagenbetreiber und die Sichtung von Anlieferungen würden viele der vorgenannten Hindernisse umgehen und den Aufwand substantiell verringern. Allerdings lassen sich durch derartige Befragungen und Sichtungen nur Ergebnisse auf Ebene von Hauptstoffgruppen der ersten Differenzierungsebene (siehe Anhang A) generieren. Insbesondere bei der Durchführung von Befragungen bestehen auf Grund der oben benannten Hindernisse erhebliche Zweifel, ob belastbare Ergebnisse generiert werden können.

Die aufgezeigten Herausforderungen und Hindernisse sind bei der Entwicklung konkreter Untersuchungsmethoden für die oben genannten und als relevant eingestuften Entsorgungspfade zu berücksichtigen.

Untersuchung der Pflichtrestmülltonne und des Geschäftsmülls

Die Untersuchungen der Pflichtrestmülltonne und des Geschäftsmülls erfolgen gemeinsam mit der Untersuchung in privaten Haushalten anfallendem Restmüll.

⁴¹ Nach Angaben der Bundesagentur für Arbeit existieren in Deutschland rund 3,1 Mio. Betriebe (Stand 2023).

3 Entwicklung der Analysemethoden für die Entsorgungspfade

Um die in der Einführung in Kapitel 1.1 und in Kapitel 2 thematisierte Lücke zwischen der in Verkehr gebrachten Menge an Stoffen bzw. Produkten und der über die bestimmungsgemäße Rücknahme erfassten Wertstoffmenge erklären zu können, ist es erforderlich, die stoffliche Zusammensetzung aller als relevant identifizierten Entsorgungspfade (alle nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade bis auf die LMA, Bioabfälle und Teile der gewerblichen Siedlungsabfälle) bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung zu kennen. Hierzu sind genaue und regelmäßige Untersuchungen (Analysen auf die stoffliche Zusammensetzung) erforderlich. In diesem Kapitel wird die dafür notwendige Methodik sowie die regelmäßige Aktualisierung je Abfallentsorgungspfad beschrieben.

3.1 Stand der Abfalluntersuchungsmethoden und -analysen der letzten 20 Jahre und Ableitung geeigneter Entsorgungspfade für die Stoffströme

Eine Auflistung/ Übersicht über relevante Abfalluntersuchungsmethoden und -analysen, die in den letzten 20 Jahren erstellt bzw. durchgeführt worden sind und für den Projekthintergrund von Relevanz sind, wurde in Tabelle 2 zusammengestellt. Weiterhin wird in Tabelle 2 ein Überblick der vorliegenden bzw. angewandten Analysevorschriften/ Abfallrichtlinien gegeben, in welchen Bundesländern (ggf. für das gesamte Bundesgebiet) diese angewandt werden und welche Relevanz sie im Zusammenhang mit diesem Vorhaben haben. Für den Zeitraum der letzten 20 Jahre werden durchgeführte Abfallanalysen beispielhaft aufgelistet.

Für die praktizierten Abfallanalysen wurde betrachtet, welche Daten mit welcher Methodik erhoben wurden. Es zeigte sich, dass die methodischen Ansätze ausnahmslos auf repräsentativen Stichprobenuntersuchungen beruhen, welche aus ersten Beschreibungen im Umweltforschungsplan 103 05 008/2 im Auftrag des Umweltbundesamts zur Berliner Hausmüllanalyse 1977/78⁴² entstanden, in den Sortierrichtlinien für Brandenburg, Sachsen und Nordrhein-Westfalen fortgesetzt und bis zuletzt in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg weiterentwickelt wurden. Eine gute Übersicht zur methodischen Vorgehensweise wurde in zwei Müllhandbuchartikeln (MHB 2005⁴³) und (MHB 2008⁴⁴) beschrieben und in Teilbericht 1 zusammengeführt. In diesem Teilbericht finden sich ausführliche Beschreibungen zur Stichprobenmethode, zum erforderlichen Stichprobenumfang und der damit zusammenhängenden Belastbarkeit der Untersuchungen (Repräsentativität, Suffizienz, Indikativität, Reliabilität, Validität und Ökonomie) sowie zur Qualitätssicherung.

Die Autoren verfügen zum einen selbst über eine Vielzahl solcher Analysen, die zu historischen Auswertezwecken analysiert wurden. Zum anderen wurden darüber hinaus entsprechende Analyseberichte bei Kommunen und Systemen angefragt. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden relevante und verfügbare Abfallanalysen recherchiert und zusammengestellt (Tabelle 2).

⁴² Barghoorn, M.; Dobberstein, J.; Eder, G.; Fuchs, J.; Gössele, P.; Wetzels, K. (1979): Berliner Hausmüllanalyse 1971–1973. Untersuchung von Art und Zusammensetzung des Abfallaufkommens in Berlin nach Strukturdaten. Forschungsbericht 103 05 008/2 im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesministers des Innern, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Technische Universität Berlin, Berlin.

⁴³ Zwisele, B. (2005): Müllhandbuch (MHB 2005) „Probenahmemethoden für die Bestimmung von Menge und Zusammensetzung fester Abfälle“, Kennzahl 1661, Lieferung 5/05

⁴⁴ Zwisele, B. (2008): Müllhandbuch (MHB 2008) „Auswertungsmethoden für die Bestimmung fester Abfälle“, Kennzahl 1681, Lieferung 3/08

Tabelle 2: Rechercheergebnisse (beispielhafte Auswahl) für durchgeführte Abfallanalysen auf der Grundlage von standardisierten Methoden/ Richtlinien nach Bundesländern

Titel Sortierrichtlinie/ Leitfaden	Entsorgungspfad	Angewendet in (Bundesland)	Beispiele durchgeführter Analysen
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	Restabfall	Bundesweit (in den Bundesländern Brandenburg; Saarland; Hamburg; Mecklenburg- Vorpommern; Bremen wird aufgrund eigener Richtlinien in einigen öRE davon abgewichen)	Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien (2017/2018) ¹³ Stadt München (2023) Neustadt an der Waldnaab (2021) Stadt Wuppertal (2023) Rhein-Hunsrück-Kreis (2011) Landkreis Celle (2014) Stadt Regensburg (2019-2020) Freistaat Sachsen (2020-2021) Landkreis Mittelsachsen (2022) Stadt Mannheim (2023) Landkreis Saalekreis (2023) Landkreis Wittenberg (2023) Landkreis Stendal (2023) Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (2024-2025) Stadt Chemnitz (2025) Landkreis Leipzig (2025) Stadt Magdeburg (2023) Landkreis Hameln-Pyrmont (2023)
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	Sperrmüll	Bundesweit (in den Bundesländern Brandenburg; Saarland; Hamburg; Mecklenburg- Vorpommern; Bremen wird aufgrund eigener Richtlinien in einigen öRE davon abgewichen)	Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien (2017/2018) ¹³ Stadt Kassel (2014) Freistaat Sachsen (2021) Stadt Kiel (2022) Stadt Krefeld (2022) Stadt Berlin (2024)
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	Bioabfall	Hessen; Bayern; Schleswig-Holstein; Sachsen; Niedersachsen; Rheinland-Pfalz	Landkreis Altenkirchen (2010) Stadt und Landkreis Bayreuth (2016) Südholstein (2016) Stadt München (2018/2019/2021) Freistaat Sachsen (2020-2021) Landkreis Emsland (2023) Landkreis Bad Kreuznach (2023/2024) Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (2024-2025)
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	PPK	Niedersachsen; Hessen; Schleswig- Holstein; Nordrhein- Westfalen; Thüringen; Rheinland-Pfalz; Hessen; Brandenburg; Mecklenburg- Vorpommern; Baden-	Landkreis Aichach-Friedberg (2018) Landkreis Dithmarschen (2018) Stadt Aachen (2020) Stadt Erfurt (2023) Stadt Osnabrück (2018) Donnersbergkreis (2018) Stadt Braunschweig (2019) Main-Taunus-Kreis (2019) Potsdam-Mittelmark (2019) Stadt Schwerin (2019)

Titel Sortierrichtlinie/ Leitfaden	Entsorgungspfad	Angewendet in (Bundesland)	Beispiele durchgeführter Analysen
		Württemberg; Sachsen; Bayern;	Stadt Wiesbaden (2019) Stadt Mannheim (2012) Landkreis Hameln (2012) Stadt Duisburg (2012) Stadt Kassel (2015) Landkreis Kassel (2016) Stadt Leipzig (2021) Landkreis Fürstentum (2021) Landkreis Altenburger Land (2023) Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (2024-2025) Stadt Heidelberg (2025) Landkreis Hameln-Pyrmont (2023)
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	LVP	Sachsen-Anhalt; Hessen; Nordrhein- Westfalen; Baden- Württemberg; Sachsen; Thüringen;	Stadt Kassel (2007) Stadt Leverkusen (2011) Rems-Murr-Kreis (2012/2013) Burgenlandkreis (2015) Wetteraukreis (2020) Freistaat Sachsen (2021) Landkreis Mittelsachsen (2022) Landkreis Saalekreis (2023) Landkreis Wittenberg (2023) Landkreis Stendal (2023)
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	Gemischter gewerblicher Siedlungsabfall	Berlin, Baden- Württemberg, Hamburg, Sachsen, Hessen	Stadt Hamburg (1999) Stadt Berlin (2001/2002) Landkreis Böblingen (2018) Freistaat Sachsen (2021) Landkreis Kassel (2024)
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	Abfälle von öffentlichen Flächen	Schleswig-Holstein	Stadt Kiel (2021/2022) Bundesanstalt für Straßenwesen (vier Autobahnmeistereien, vier Straßenmeistereien, in Anlehnung an Sächsische Sortierrichtlinie) (2024)
Sortierrichtlinie Sachsen ¹	Papierkorbabfälle	Berlin, Sachsen	Stadt Berlin (2013) Stadt Dresden (2017)
Richtlinie Rheinland- Pfalz ²	Restabfall	Rheinland-Pfalz	Landkreis Kaiserslautern (2023) Landkreis Kusel (2023-2024) Landkreis Mainz-Bingen (2024) Stadt Mainz (2024) Rhein-Pfalz-Kreis (2024) Zweckverband Abfallwirtschaft Region Trier (2024) Stadt Landau (2025)
Leitfaden Baden- Württemberg ³ (2025)	Restabfall	Baden-Württemberg	Landkreis Waldshut (2025)
Richtlinie Brandenburg ⁴ (1998)	Restabfall	Berlin, Brandenburg	Landkreis Prignitz (2019) Stadt Berlin (2024) Stadt Potsdam (2024)
Leitfaden Sachsen- Anhalt ⁵ (ca. 1998)	Restabfall	Sachsen-Anhalt	Burgenlandkreis (2017)
Merkblatt Thüringen ⁶ (1993, Fortschreibung 2013)	Restabfall	Thüringen	Landkreis Eichsfeld (2018) Stadt Erfurt (2020) Landkreis Gotha (2024) Stadt Jena (2025)

Titel Sortierrichtlinie/ Leitfaden	Entsorgungspfad	Angewendet in (Bundesland)	Beispiele durchgeführter Analysen
Leitfaden Nordrhein- Westfalen ⁷	Restabfall		(durch Sortierrichtlinie Sachsen fortgeführt)
Gebietsanalyse BGK ⁸	Bioabfall	Baden-Württemberg, Niedersachsen; Bayern; Niedersachsen	Schwarzwald-Baar-Kreis (2017/2025) Stadt Bamberg (2020) Landkreis Ludwigsburg (2022) Landkreis Miesbach (2025) Landkreis Hameln-Pyrmont (2023) Stadt Heidelberg (2024/2025)
Chargenanalyse BGK ⁹	Bioabfall	Nordrhein-Westfalen, Bayern; Rheinland- Pfalz; Sachsen; Baden-Württemberg; Sachsen-Anhalt; Niedersachsen; Hessen; Nordrhein- Westfalen; Saarland	Landeshauptstadt Dresden (2019) Landkreis Ludwigsburg (2020) Landkreis Groß-Gerau (2021) Abfallwirtschaft Sachsen-Anhalt Süd Weißenfels (2021) Landkreis Göttingen (2022) Landkreis Kassel (2022/2024) Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (2023) Landkreis Augsburg (2023-2024) Entsorgungsgesellschaft Steinfurt mbH Saerbeck (jährlich 2021/2022/2023/2024/2025) Landkreis Emsland (2023/2025) Stadt Heinsberg (2025) Stadt Ebersberg (2025) Stadt Kusel (2023/2024)
Anlagengestützte Analyse ¹⁰	LVP und WST	Nordrhein- Westfalen; Hamburg; Mecklenburg- Vorpommern	Stadt Solingen (2010) Stadt Wuppertal (2012) Stadt Hamburg (2010/2011/2012) Stadt Bochum (2011/2012/2013/2014) Stadt Hagenow (2012) Stadt Duisburg (2012/2013) Stadt Paderborn (2021)
Einjähriger Pilotversuch für Berliner Umweltsenat ¹¹	Glas	Berlin	Berlin (2014-2015)
Anlagenbilanzierung ¹² (1995)	Gemischter gewerblicher Siedlungsabfall	Bundesweit	UBA 18/2015, 4 Vorbehandlungsanlagen bundesweit (2015) UBA 47/2023, 5 Vorbehandlungsanlagen bundesweit (2023)

- 1) Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft [Hrsg.] (2014): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Dresden.
- 2) Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz [Hrsg.] (2022): Richtlinie zur Analyse von Restabfall in Rheinland-Pfalz nach dem Stand der Technik 2022, Mainz.
- 3) Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg [Hrsg.] (2025): Leitfaden zur Analyse von Restabfällen in Baden-Württemberg, Eigenverlag, Stuttgart.
- 4) Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg. Teil L. ORLIS Repositorium. (1998, Januar 1). <https://orlis.difu.de/items/b0e81843-8f6f-4597-acb1-a30ad9215a8f>.
- 5) Leitfaden für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Masse und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle in Sachsen-Anhalt – Teilbereich ‚Abfälle aus privaten Haushalten‘ (1998)
- 6) Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz [Hrsg.] (2013): Merkblatt zur Durchführung von Hausmüllanalysen in Thüringen, Eigenverlag, Erfurt.
https://umwelt.thueringen.de/fileadmin/001_TMUEN/Unsere_Themen/Abfallwirtschaft/hausmuell-merkblatt_01_15_2013.pdf (abgerufen am 07.04.2025).
- 7) Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen [Hrsg.] (1998): Leitfaden für Analysen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung von Abfällen aus Haushaltungen, unter Mitarbeit von Bernhard Gallenkemper und D. Oelgemöller, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen.
- 8) BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. [Hrsg.] (2018): Gebietsanalyse Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut eines Entsorgungsgebietes.
- 9) BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. [Hrsg.] (2021): Chargenanalyse zur Bestimmung des Fremdstoffgehaltes fester

Bioabfälle.

10) In einer anlagengestützten Untersuchung wird eine anteilige Sammelmenge eines kompletten Sammelrhythmus aus dem zu untersuchenden Stichprobengebiet bei Anlieferung abgesteuert und über eine LVP-Sortieranlage sortiert. Aus der Erkenntnis der Zusammensetzung sämtlicher generierter Output-Ströme sowie deren massenbilanziellen Verteilung im Rahmen der Sortierung wird auf Inputzusammensetzung rückbilanziert. Dieses Verfahren hat zum Vorteil, dass die Zusammensetzung auf Grundlage einer größeren Grundmenge erhoben wird und gleichzeitig das Sortierverhalten der Sammelmenge bestimmt werden kann und wird in der Regel bei der Einführung bzw. Umsetzung einer Wertstofftonne verwandt.

11) Berliner Umweltsenat (2015): Einjähriger Pilotversuch zur Bestimmung der Zusammensetzung und Menge von Glasabfällen, unveröffentlicht, Berlin.

12) Umweltbundesamt [Hrsg.] (2015): Stand der Technik bei der Vorbehandlung von gemischten Siedlungsabfällen – Auswertung von Betriebserfahrungen, UBA-Texte 18/2015, Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt [Hrsg.] (2023): Vorbehandlungsanlagen für gemischte Siedlungsabfälle – Auswertung des technischen Standards und des Umsetzungsgrades, UBA-Texte 47/2023, Dessau-Roßlau.

13) (Dornbusch et al., 2020)

Auf Basis der durchgeführten Recherchen zum Stand der Abfalluntersuchungsmethoden sowie der beispielhaft aufgezählten Abfallanalysen wurden in den Stoffstrombeschreibungen (Kapitel 2) die notwendigen Entsorgungspfade zur erforderlichen Bestimmung der Fehlwürfe für die zu betrachtenden Stoffströme zusammengestellt. In Tabelle 3 sind die Ableitungen der erforderlichen Entsorgungspfade bzw. die jeweils benötigten Abfallanalysen je Entsorgungspfad für jeden Stoffstrom aus den Stoffstrombeschreibungen dargestellt. Dabei wird auf die rechtlichen Anforderungen an die einzelnen Stoffströme, den Stand der Entsorgung sowie die bestimmungsgemäße und nicht bestimmungsgemäße Entsorgung eingegangen.

Tabelle 3: Ableitung erforderlicher Entsorgungspfade aus den Stoffstrombeschreibungen

Stoffströme	Stoffstrom-Anforderungen	Bestimmungsgemäße Entsorgung	Nicht-bestimmungs-gemäße Entsorgung
Kunststoff-verpackungsabfälle	Angesichts der zunehmenden Umweltbelastung wurden strengere EU-Vorgaben eingeführt, die eine höhere Recyclingquote und geringere Fehlwürfe fördern sollen. Trotz verbesserter Recyclingtechnologien bleiben Kunststoffe eine bedeutende Umweltbelastung.	Gelbe Tonne/Gelber Sack, Wertstofftonne, Rücknahmesysteme für Verkaufsverpackungen. Getrennte Erfassung in Gewerbe und Industrie.	Hausmüll (Restabfall): Hausmüll aus privaten Haushalten sowie Geschäftsmüll (hausmüllähnliche Restabfälle von Kleingewerbe) Hausmüllähnliche Abfälle aus Gewerbe, die über die kommunale Pflichtrestmülltonne entsorgt werden Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle zur Vorbehandlung Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Papierkorbabfälle) Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Littering)
Verpackungsabfälle	Die Richtlinie 94/62/EG wurde bereits durch verschiedene EU-Beschlüsse ergänzt, um die Wiederverwertung zu steigern. Insbesondere bei Papier und Glas konnten hohe Recyclingquoten erreicht	Gelbe Tonne/ Gelber Sack für LVP/ Wertstofftonne, Altglas-Container, Papiercontainer, Rücknahmesysteme. Getrennte Erfassung an Gewerbe und Industrie.	Hausmüll (Restabfall): Hausmüll aus privaten Haushalten sowie Geschäftsmüll (hausmüllähnliche Restabfälle von Kleingewerbe) Hausmüllähnliche Abfälle aus Gewerbe, die über die

Stoffströme	Stoffstrom-Anforderungen	Bestimmungsgemäße Entsorgung	Nicht-bestimmungs-gemäße Entsorgung
	werden, während Kunststoff- und Verbundverpackungen weiterhin Herausforderungen darstellen. Mit 2025 trat die EU-Verordnung über Verpackungen und Verpackungsabfälle 2025/40 in Kraft, welche weitergehende Anforderungen an die Verpackungsbewirtschaftung stellt.		kommunale Pflichtrestmülltonne entsorgt werden Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle zur Vorbehandlung Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Papierkorbabfälle) Gemischte Abfälle aus dem öffentlichen Raum (Littering)
LMA	Angesichts der Lebensmittelverschwendung wurde 2019 der EU-Beschluss zur verpflichtenden Messung von Lebensmittelabfällen eingeführt. Deutschland hat Initiativen gestartet, um die Menge an Lebensmittelabfällen zu reduzieren, doch der Haushaltsanteil ist nach wie vor hoch. Eine verbesserte Trennung und Sensibilisierung der Verbraucher sind weiter erforderlich.	Biotonne, Heimkompostierung, spezielle Sammelstellen in gewerblichen Bereichen wie Gastronomie und Lebensmittelverarbeitung.	Hausmüll (Restabfall), gewerbliche Restmülltonnen, öffentliche Abfalleimer (Littering), Wertstofftonnen (Fehlwürfe).
Altbatterien	Die EU führte höhere Sammelziele für Altbatterien ein, da nur etwa die Hälfte der in Verkehr gebrachten Batterien ordnungsgemäß gesammelt wird. Die zunehmende Verbreitung von Lithium-Ionen-Batterien hat die Brandgefahr in Entsorgungsanlagen erhöht und neue Sicherheitsanforderungen geschaffen.	Rücknahmestellen im Handel und Sammelbehälter an Wertstoffhöfen, Abgabe an Sammelstellen des öRE.	Hausmüll (Restabfall), Gelber Sack/Wertstoff-tonne, andere Wertstoffbehälter, gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle, Altpapier, EAG.
EAG	Die WEEE-Richtlinie von 2012 verlangt eine Sammelquote von 65 % des Durchschnitts der in den letzten drei Jahren in Verkehr gebrachten EAG, doch in Deutschland bleibt die Quote deutlich darunter. Die zunehmende Elektrifizierung und	Rückgabestellen im Handel und bei Herstellern, kommunale Wertstoffhöfe bzw. Abholung durch die öRE, Erstbehandlungsanlagen.	Hausmüll (Restabfall), Sperrmüll, Altmetall-sammlung, Export als vermeintliche Gebrauchtgeräte, private Sammlung und Lagerung, Alttextilcontainer.

Stoffströme	Stoffstrom-Anforderungen	Bestimmungsgemäße Entsorgung	Nicht-bestimmungs-gemäße Entsorgung
	<p>Miniaturisierung führt zu häufigeren Fehlwürfen in Haus- und Wertstoffmüll. Illegaler Export von Altgeräten erschwert zudem die Rückführung in den Recyclingkreislauf.</p>		
Alttextilien	<p>Die Menge an Alttextilien ist durch Fast Fashion erheblich gestiegen. Die geplante Getrenntsammlungspflicht für die öRE ab 2025 wird aufgrund der etablierten gemeinnützigen und gewerblichen Sammelsysteme nicht unmittelbar zu einem Mengenanstieg führen. Allerdings befindet sich das etablierte Sammelsystem in einer finanziellen Schieflage, was Sammler zu einem Rückzug aus dem System zwingt. Bis zur Einführung der erweiterten Herstellerverantwortung auf europäischer Ebene, die nicht vor 2027 zu erwarten ist, wird die Situation schwierig bleiben.</p>	<p>Altkleidercontainer der gewerblichen, gemeinnützigen und kommunalen Sammler (zuweilen auch Bündelsammlung oder Kleiderkammern), Rücknahmestellen im Handel (derzeit noch freiwillig).</p>	<p>Hausmüll (Restabfall), Gelber Sack/Wertstoff-tonne.</p>
Bioabfälle	<p>Bioabfälle machen etwa 39 % des Hausmülls aus. Die getrennte Sammlung und Verwertung wurde in vielen Regionen ausgeweitet, doch der Restmüllanteil bleibt hoch. Verbesserte Technologien zur Vergärung und Kompostierung wurden entwickelt, um die Kreislaufwirtschaft zu stärken.</p>	<p>Biotonne, Grüngut-Sammelplätze und Wertstoffhöfe, Heimkompostierung, gewerbliche Entsorgungsanlagen für Bioabfälle (z. B. Vergärungs- oder Kompostieranlagen).</p>	<p>Hausmüll (Restabfall), öffentliche Abfalleimer, Littering, Sammlung in Wertstofftonnen (Fehlwürfe).</p>
Gewerbliche Siedlungsabfälle	<p>Eine vollumfängliche Erhebung zum Aufkommen und Verbleib gewerblicher Siedlungsabfälle existiert nicht. Weder für getrennt gesammelte gewerbliche Siedlungsabfälle noch für gemischte gewerbliche</p>	<p>Getrennte Sammlung der Wertstoffe (Papier, Glas, Metalle, Kunststoffe, Holz, Textilien, Bioabfälle und ggf. weitere gewerbliche und industrielle Abfälle) gemäß GewAbfV. Erfolgt im Ausnahmefall eine gemischte Erfassung ist das Gemisch einer</p>	<p>Entsorgung über für Privathaushalte installierte Sammelsysteme, obwohl die Kleinmengenregelung gem. GewAbfV nicht anwendbar ist. Entsorgung verwertbarer gewerblicher Siedlungsabfälle über die Restmülltonne des öRE.</p>

Stoffströme	Stoffstrom-Anforderungen	Bestimmungsgemäße Entsorgung	Nicht-bestimmungs-gemäße Entsorgung
	Siedlungsabfälle liegen repräsentative Abfallanalysen vor, aus denen verallgemeinernde Aussagen zur Abfallzusammensetzung bzw. zu den Anteilen berichtspflichtiger Abfälle abgeleitet werden könnten.	Vorbehandlungsanlage zuzuführen. Nur wenn eine Vorbehandlung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich unzumutbar ist oder eine Befreiung von der Vorbehandlungspflicht bei 90 Masse-% Getrenntsammlung vorliegt, kann das Gemisch unbehandelt einer thermischen Verwertung zugeführt werden.	Sammlung im Gemisch (AzV), obwohl kein Ausnahmetatbestand vorliegt. Direkte Zuführung von Gemischen zu einer thermischen Verwertung, obwohl kein Ausnahmetatbestand vorliegt.

3.2 Festlegung der Entsorgungspfade

Basierend auf der Beschreibung der Stoffströme und deren Datenanforderungen für die Berichts- bzw. Untersuchungspflicht (siehe Kapitel 2), wurden die Entsorgungspfade identifiziert, in denen sich Teilströme der zu betrachtenden Abfallströme entweder bestimmungsgemäß oder nicht-bestimmungsgemäß befinden können.

Für die Stoffströme LMA und Bioabfälle wurden die Entsorgungspfade Heimkompostierung und Flüssige Abfälle (die auf freiwilliger Basis an die EU-KOM berichtet werden können) nicht berücksichtigt, da diese in Parallelvorhaben betrachtet wurden. Für die Heimkompostierung wurde im Zeitraum 2021 bis 2024 in einem separaten REFO-Plan Vorhaben „Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung“ des Umweltbundesamtes (FKZ: 3721 33 302 0, noch unveröffentlicht)⁴⁵ eine Methodik (Indirekte Messung der Kompostierungsmenge aus privaten Haushalten) und die Bestimmung der Heimkompostmenge durchgeführt.

Für die Flüssigen Abfälle wird in dem Projekt „Monitoring der Lebensmittelabfälle in Deutschland; Weiterentwicklung der Methodik und Bestimmung des Anteils an Lebensmittelabfällen zur Erfüllung der Berichtspflichten gegenüber der EU-Kommission (FKZ: 3723 34 301 0, noch unveröffentlicht)⁴⁶ untersucht, inwiefern eine Untersuchung dieser möglich ist⁴⁷.

In Tabelle 4 werden die Entsorgungspfade für alle acht Stoffströme in einer kompakten Übersicht beschrieben. Für jeden Stoffstrom (in Zeilen) mit Berichts- bzw. Untersuchungspflicht oder gesteigertem Monitoringbedarf sind die Entsorgungspfade (in Spalten) dargestellt und nach bestimmungsgemäß (grau gefärbt) und nicht-bestimmungsgemäß („X“) unterschieden. Daraus ergeben sich die für die Untersuchung erforderlichen spezifischen Sortieranalysen (bzw.

⁴⁵ Zwisele, B.; et al. (2024): Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung. FKZ 3721 33 302 0 (noch unveröffentlicht). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

⁴⁶ Gonser, J.; et al. (2024): Monitoring der Lebensmittelabfälle in Deutschland; Erfüllung der Berichtspflicht gegenüber der EU-Kommission in den Jahren 2023 und 2024. FKZ 3723 34 301 2 (noch unveröffentlicht). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

⁴⁷ Für den Anteil an LMA im Kompost sind überwiegend die aus der Differenzberechnung relevanten Küchenabfälle von Bedeutung. Für diese werden die Differenzen aus den Haushalten mit Heimkompostierung und ohne Heimkompostierung benötigt, die aus den Hausmüll- und Bioabfalluntersuchungen berechnet werden. Für den Stoffstrom Bioabfälle werden zusätzlich die Differenzen aus den Haushalten mit Heimkompostierung und ohne Heimkompostierung für die Grünabfälle benötigt. Dies erfolgt über Haushaltsbefragungen und Abschätzungen über die Aufwuchsraten an den Grundstücken. Auf die Entwicklung eines eigenen Entsorgungspfades für die Heimkompostierung wurde aufgrund der verfügbaren Methodik und Daten verzichtet.

andere Methoden der Datenermittlung) der nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade Hausmüll, Sperrmüll, Littering, Abfälle von überörtlichen Straßen, Papierkorbabfälle, (Altmetalle), EAG, gemischte Bau- und Abbruchabfälle und gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle. Die bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade LVP, Bioabfall und Alttextilien sowie in Teilen auch Hausmüll, Papierkörbe, EAG und gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle sind für die jeweiligen Stoffströme mit grauen Feldern hinterlegt. Da diese Entsorgungspfade auch relevante Anteile an Fehlwürfen enthalten, sind sie für die restlichen Stoffströme analog zu den nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden gekennzeichnet. Ein Sonderfall liegt für den Stoffstrom LMA vor. LMA sollten grundsätzlich bestimmungsgemäß im Bioabfall oder in der Heimkompostierung entsorgt werden. Für bestimmte Bestandteile der LMA (z. B. Fleischreste) ist die Entsorgung bei fehlender geeigneter Entsorgungsinfrastruktur jedoch in den Entsorgungspfaden Hausmüll, Papierkorbabfälle und in geringem Maße (z. B. die Pflichttonne) möglich.

Tabelle 4: Entsorgungspfade für Stoffströme mit Berichts/- Untersuchungspflicht oder gesteigertem Monitoringbedarf

Entsorgungspfade	01 Hausmüll	02 Sperrmüll	03 LVP	04 Bioabfall ²	05 Alttextilien	06 Littering	07 Abfälle von überörtlichen Straßen	08 Papierkörbe	09 Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	10 Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	11 Altmetalle ³	12 Elektro(nik)altgeräte ⁵
01 Kunststoffverpackungsabfälle	X			(X)		X	(X)	X	X	X		
02 Verpackungsabfälle	X			(X)		X	(X)	X	X	X	(X)	
03 LMA			(X)			X				X		
04 Altbatterien ¹	X		(X)			(X)	(X)	(X)		X		X
05 Bioabfälle	X					X		(X)		X		
06 Alttextilien	X					X			(X)	X		
07 EAG	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
08 Gewerbliche Siedlungsabfälle ⁴												

- 1) Die Untersuchungspflicht bezieht sich auf Geräte- und LV-Altbatterien. Der Entsorgungspfad „Elektro(nik)altgeräte“ kann Altbatterien bestimmungsgemäß und nicht-bestimmungsgemäß enthalten. Siehe Erläuterung im nachfolgenden Text.
- 2) Der Entsorgungspfad Bioabfall wird aufgrund von Synergien im Rahmen der Bündelung der Abfalluntersuchungen differenziert auf die nach Berichtspflicht geforderten Sortierstoffgruppen für Kunststoffverpackungsabfälle analysiert.
- 3) Abweichung für den Entsorgungspfad Altmetalle; siehe Erläuterung im nachfolgenden Text. Kein Teilbericht mit Methodenbeschreibung

4) Kann in dieser Systematik nicht dargestellt werden; siehe Erläuterung im nachfolgenden Text.

5) Kein Teilbericht mit Methodenbeschreibung

Grau: bestimmungsgemäße Entsorgungspfade

X: nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade

(X): nicht bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, deren Untersuchungsrelevanz vor der Durchführung von Analysen zu prüfen ist

Leere Zellen: nicht bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, für deren Stoffströme keine gesetzliche Berichts- / Untersuchungspflicht bestehen oder die nicht relevant für die jeweiligen Stoffströme sind.

Altbatterien im Entsorgungspfad EAG

Geräte- und LV-Altballerrien können im Entsorgungspfad EAG bestimmungsgemäß und nicht-bestimmungsgemäß anfallen. In Verbindung mit dem EAG fallen sie bestimmungsgemäß im Entsorgungspfad EAG an. Werden Geräte- und LV-Altballerrien lose, d. h. nicht in Verbindung mit dem EAG, im Erfassungsbehältnis für EAG entsorgt, so ist dieser Entsorgungspfad erst einmal nicht bestimmungsgemäß. In den Erstbehandlungsanlagen für EAG werden alle Altballerrien aussortiert und anschließend an die Rücknahmesysteme bzw. Organisationen für Herstellerverantwortung oder Hersteller für Geräte- und oder LV-Altballerrien in die bestimmungsgemäße Erfassung und Behandlung überführt.

Abweichung für den Entsorgungspfad Altmetalle

Die Methodenbeschreibung für den Entsorgungspfad Altmetalle zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung auf Bundesebene konnte nicht wie geplant umgesetzt werden.

Altmetalle werden unterschieden in Eisen- und Stahlschrott sowie Nichteisenmetallschrott. Eisenschrotte werden gemäß Sortenliste der Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen (Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. (BDSV), 2010) eingeteilt in Vormaterialien und Stahlschrottsorten. Vormaterialien werden zu direkt einsatzfähigen Stahlschrottsorten aufbereitet. EAG sind vor allem in Scherenvormaterial (Mischschrotte vor der Bearbeitung durch die Schrottschere, Sammelware) oder Schreddervormaterial (Verbundmetallgemische, Blech, „Sperrmüllschrott“) enthalten. EAG gelangen auf sehr unterschiedlichen Wegen in den Entsorgungspfad Altmetalle. Neben den ElektroG⁴⁸-konformen Entsorgungswegen, bei denen EAG nach einer Erstbehandlung in dafür zugelassenen Anlagen mit Schrotten verwertet werden, sind zahlreiche nicht ElektroG-konforme Entsorgungspfade bekannt. Hier sind insbesondere zu nennen:

1. Nicht-bestimmungsgemäße Entsorgung im Hausmüll, in der LVP-Sammlung, im Sperrmüll sowie untergeordnet in gemischt erfassten Gewerbeabfällen, in Bauabfällen, der Alttextilsammlung und im Altpapier,
2. Erfassung durch Altmetallhandel und -verwertung (insbesondere direkt von gewerblichen Endnutzern und Privathaushalten, Entsorgungsunternehmen, illegalen Sammlern, Entrümpelungsunternehmen sowie über Fehlwürfe in der Altmetallsammlung, bspw. auf Wertstoffhöfen),
3. illegaler Export (u.a. deklariert als Gebrauchtgerät).

Aus Punkt 2 wird deutlich, dass eine Vielzahl an nicht ElektroG-konformen Eintragungspfaden existiert, über die EAG in den Entsorgungsweg Altmetall gelangen. Eine repräsentative Untersuchung dieser Eintragungspfade ist nicht möglich. Dafür sprechen folgende Gründe:

⁴⁸ "Elektro- und Elektronikgerätegesetz vom 20. Oktober 2015 (BGBl. I S. 1739), das zuletzt durch Art. 1 des Gesetzes vom 8. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2240) geändert worden ist

- ▶ Auf viele Entsorgungswege besteht aufgrund ihrer nicht gesetzeskonformen Durchführung kein für eine Sortieranalyse erforderlicher Zugriff.
- ▶ Für die meisten nicht ElektroG-konformen Entsorgungswege gibt es keine statistisch erfassten Daten, welche eine Hochrechnung auf das Bundesgebiet erlauben würden.
- ▶ Befragungen scheitern an den nicht ElektroG-konformen Aktivitäten und den oft informell agierenden Akteuren.

Ebenso ist die Untersuchung des Entsorgungspfades Altmittel in seiner Gesamtheit nicht durchführbar. Dafür sprechen folgende Gründe:

- ▶ Der Stoffstrom ist massenmäßig groß (Inlandsaufkommen von Stahlschrott 19,5–22,5 Mio. t/a).
- ▶ Die Altmittel werden in unterschiedlichen Qualitäten erfasst, deren massenmäßige Aufteilung statistisch nicht bekannt ist.
- ▶ Der Stoffstrom ist sehr grobstückig und der Anteil an EAG im Gesamtstoffstrom gering, was zu großen erforderlichen Stichprobengrößen führt.
- ▶ Aufgrund des gewerblichen Charakters des Entsorgungspfades besteht kein Zugriff für Sortieranalysen.
- ▶ Es ist im Falle einer Sortierung nicht erkennbar, ob die in den Altmitteln enthaltenen EAG bereits eine ordnungsgemäße Erstbehandlung durchlaufen haben oder nicht.
- ▶ Sortieranalysen von Altmitteln sind aus Gründen des Arbeitsschutzes bedenklich.
- ▶ Befragungen der Altmittelhändler werden als nicht sinnvoll erachtet. Da es sich um nicht ElektroG-konforme Aktivitäten handelt, ist davon auszugehen, dass die Befragungsergebnisse nicht belastbar sind. Zudem fehlt auch den Altmittelverwertern die erforderliche Datenbasis für die Abschätzung mengenmäßiger Anteile.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass eine Bestimmung des Anteils an nicht ElektroG-konform entsorgten EAG im Entsorgungspfad Altmittel nicht möglich ist.

Lösungsvorschlag

Da Sortierungen des Stoffstroms Altmittel und die Befragung der teilweise nicht gesetzeskonform agierenden Akteure nicht praktikabel sind bzw. nicht zu verlässlichen Ergebnissen führen, wird empfohlen, sich auf einschlägige Studien zu stützen. Diese Studien basieren überwiegend auf Expertenschätzungen und weisen demzufolge gewisse Unsicherheiten bzw. Schwankungsbreiten auf.

In einem Forschungsvorhaben des UBA (Wagner et al., noch unveröffentlicht) wurde u. a. versucht, den Anteil der EAG im Altmittelstrom zu quantifizieren.

Da die genaue Quantifizierung der auf nicht ElektroG-konformen Wegen deutschlandweit entsorgten EAG aus den bereits genannten Gründen nicht möglich war, wurden vorliegende Studien ausgewertet. Für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland lagen keine expliziten Untersuchungen vor. Baldé et al. (2020) haben auf Basis verfügbarer Studien für Europa regionalisierte Abschätzungen des EAG-Anteils im Altmittel durchgeführt. Für Westeuropa (inkl. Deutschland) wurden aus den verfügbaren Daten $3,1 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a}) \pm 2,0 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ ermittelt. Die hohe Abweichung macht deutlich, dass die aus einzelnen Ländern verfügbaren Daten erheblich variieren. Ausgehend von ca. 83 Mio. E für Deutschland (2017) beläuft sich die Masse der im Altmittel enthaltenen EAG auf **91.000 bis 422.000 t/a**. Diese Daten wurden durch den Abgleich

mit weiteren Studien verifiziert. Diese Studien wiesen ebenfalls eine größere Bandbreite auf, jedoch war in der Gesamtsicht eine Schwankungsbreite um $3 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ an EAG im Altmetallaufkommen charakteristisch. Bezogen auf Deutschland entspricht das einer Menge von ca. 250.000 t/a an EAG im Altmetallstrom.

Im Referenzjahr 2017 betrug das inländische Stahlschrottaufkommen 22,357 Mio. t (BDSV, 2021) und das inländische NE-Metallschrottaufkommen 1,514 Mio. t (errechnet aus Wirtschaftsvereinigung Metalle e.V., 2019). Bezogen auf das sich daraus ergebende inländische Altmetallaufkommen von 23,871 Mio. t beläuft sich der Anteil an nicht ElektroG-konform entsorgten EAG in den Altmetallen auf 0,4 bis 1,8 %, bei $3 \text{ kg}/(\text{E}^* \text{a})$ sind das ca. 1 % des Altmetallaufkommens (Wagner et al., noch unveröffentlicht).

Es wird vorgeschlagen, diesen Wert als Ansatz zu wählen und mit zukünftigen Studien fortzuschreiben.

Stoffstrom Gewerbliche Siedlungsabfälle

Gewerbliche Siedlungsabfälle unterscheiden sich von den übrigen, in Tabelle 4 aufgeführten Stoffströmen. Sie umfassen alle Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen (als privaten Haushalten), die denen aus privaten Haushalten in Zusammensetzung und Beschaffenheit grundsätzlich ähnlich sind. Hierzu zählen Abfälle, die in Kapitel 20 der Anlage der AVV aufgeführt sind, aber auch gewerbliche und industrielle Abfälle, die nicht dem Kapitel 20 der AVV zugeordnet werden, aber nach ihrer Art, Zusammensetzung, Schadstoffgehalt und Reaktionsverhalten mit Abfällen aus privaten Haushalten vergleichbar sind.

Demnach können unter dem Begriff gewerbliche Siedlungsabfälle eine Vielzahl verschiedener Stoffströme subsummiert werden (z.B. PPK, Glas, Kunststoffe, Metalle, Holz, Textilien, Bioabfälle). Eine Zuordnung gewerblicher Siedlungsabfälle zu bestimmungsgemäßen und nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden ist auf Basis der in Tabelle 4 verwendeten Systematik daher nicht möglich. Wie in Kapitel 2.8.4 beschrieben, kann davon ausgegangen werden, dass keine relevanten Fehlwurfanteile in den getrennt erfassten gewerblichen Siedlungsabfällen (Monofraktionen, z.B. Kunststofffolien) enthalten sind. Im Rahmen der gebündelten Abfallanalysen sind daher die in Gewerbebetrieben anfallenden LVP- und Restabfälle sowie die anfallenden gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle zu untersuchen.

3.3 Methodenbeschreibung der Abfallanalysen

3.3.1 Methodische Grundlagen der Stichprobenplanung und Hochrechnung

Die methodische Beschreibung der Abfallanalysen umfasst sowohl die Vorbereitung und Durchführung der Probenahme als auch eine detaillierte Darstellung der verschiedenen Stichprobenverfahren. Nach der Ermittlung der Untersuchungsmerkmale durch die Analyse der Stichproben werden die Ergebnisse anschließend auf die Grundgesamtheit extrapoliert. Dabei wird zwischen den unterschiedlichen Stichprobenverfahren differenziert. Für jedes Verfahren erfolgt eine Schätzung der Parameter, wie Summe und Mittelwert, sowie eine Bewertung anhand der Genauigkeit und der Konfidenzintervalle. Diese Parameter werden dabei mathematisch durch entsprechende Formeln beschrieben. Für eine genauere Erklärung wird auf Kapitel 4 im Teilbericht 1 verwiesen.

3.3.2 Technische Beschreibung der Abfallanalysen

Abfallanalysen umfassen in der Regel die Planung, die praktische Durchführung sowie die Auswertung und Qualitätssicherung. Für jeden der benötigten Entsorgungspfade wurde eine technische Spezifikation in Form eines Leitfadens erstellt, der alle Schritte der Abfallanalyse

detailliert beschreibt. Die Beschreibung der Vorgehensweise wurde in einer kompakten und übersichtlichen Form dargestellt und soll die Durchführung durch geschultes Fachpersonal ermöglichen. Die Beschreibungen ermöglichen die Durchführung von Abfallanalysen auf zwei Ebenen.

- ▶ Auf regionaler Ebene
- ▶ Auf Bundesebene

Die einzelnen Dokumente zur technischen Beschreibung der Analysemethoden sind als diesem Bericht zugehörige Teilberichte 2.1 bis 2.10 veröffentlicht. Diese Dokumente sind je Entsorgungspfad wie folgt aufgebaut:

- ▶ Zweck und Inhalt
- ▶ Untersuchungsgegenstand
- ▶ Untersuchungsplanung
 - Teil A: Regionale Ebene
 - Teil B: Bundesebene
- ▶ Durchführung
- ▶ Hochrechnung & Auswertung
 - Teil A: Regionale Ebene
 - Teil B: Bundesebene
- ▶ Dokumentation und Ergebnisbericht
- ▶ Qualitätssicherung

3.3.2.1 Untersuchungsziel und -gegenstand

Untersuchungsziel und -gegenstand der Abfallanalysen sind im vorliegenden Methodenkonzept für gebündelte Abfallanalysen primär die Bestimmung der Masse und Zusammensetzung der Stoffströme in den jeweiligen Entsorgungspfaden, siehe Tabelle 4.

3.3.2.2 Festlegung der Untersuchungsmethoden

Die Methode zur Auswahl der Stichproben ist für alle Entsorgungspfade bevorzugt die mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl. Die Bestimmung der Zusammensetzung erfolgt für den Großteil der Entsorgungspfade durch manuelle Sortierung, in manchen Fällen aber auch über optische Klassifikation, Befragungen oder Kombinationen aus diesen Methoden. Eine Übersicht der anzuwendenden Analysemethoden je Entsorgungspfad ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Festlegung der Stichproben- und Analysemethoden

	Entsorgungspfad	Stichprobenauswahl	Bestimmung der Zusammensetzung
01	Hausmüll	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung

	Entsorgungspfad	Stichprobenauswahl	Bestimmung der Zusammensetzung
02	Sperrmüll	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Sichtung (optische Klassifikation)
03	LVP	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung
04	Bioabfall	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung
05	Alttextilien	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung
06	Littering	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung
07	Abfälle von überörtlichen Straßen	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung
08	Papierkörbe	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung
09	Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Sichtung (optische Klassifikation), Manuelle Sortierung
10	Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Sichtung (optische Klassifikation), Manuelle Sortierung
11	Altmetalle*		
12	EAG**	Mehrstufige geschichtete Zufallsauswahl	Manuelle Sortierung

*) Keine Beschreibung der Analysenmethodik und keine Analysen, Daten werden aus Studien entnommen (siehe Kapitel 3.2)

***) Keine Beschreibung der Analysenmethodik, es werden vereinfachte Analysen durchgeführt (siehe Kapitel 3.2)

3.3.2.3 Festlegung der Messpunkte (Zugriffsebene und Stichprobeneinheiten)

Für die Abfälle jedes Entsorgungspfads sind unterschiedliche Zugriffsebenen und Stichprobeneinheiten (SE) vorhanden. Die Zugriffsebene legt fest, wo die Stichproben erfasst werden können. Die SE beschreibt, in welcher Größe und Form die Stichproben gesammelt werden. Zugriffsebene und SE sind maßgeblich vom Sammelsystem (Hol- bzw. Bringsystem) abhängig. Eine Übersicht der Zugriffsebenen und SE ist in Tabelle 6 für jeden Entsorgungspfad dargestellt.

Tabelle 6: Festlegung der Zugriffsebenen und Definition der SE

Lfd. Nr. ¹	Entsorgungspfad	Zugriffsebene	SE
01	Hausmüll	Holsystem: Haushalte/ Grundstücke	Holsystem: Restabfallbehälter 1,1 m ³ oder Äquivalent
02	Sperrmüll	Holsystem: Ladepunkte an Haushalten/ Grundstücken, Straßensammlung	Holsystem: zur Abholung bereitgestellte Gesamtmenge am Ladepunkt, ca. 1 bis 3 m ³

Lfd. Nr. ¹	Entsorgungspfad	Zugriffsebene	SE
		Bringsystem: Anlieferungen Wertstoffhof	Bringsystem: Fahrzeugladung von ca. 100 bis 1.000 Litern
03	LVP	Holsystem: Haushalte/ Grundstücke, Bringsystem: Straßenland/ Wertstoffhof	Holsystem: LVP-Behälter 1,1 m ³ oder Äquivalent, Bringsystem: Depotcontainer/ Fahrzeugladungen von 1,1 m ³ oder Äquivalent
04	Bioabfall	Holsystem: Haushalte/ Grundstücke	Holsystem: Bioabfallbehälter 4 x 240 Liter oder Äquivalent
05	Alttextilien	Bringsystem: Altkleidercontainer in öffentlichem Straßenland	Bringsystem: Alttextilcontainer 1,5 m ³
06	Littering	Flächenspezifisch: Öffentliche Wege, Plätze und Grünflächen / händische Sammlung / Sammelfahrzeug / Kehrmaschine	Flächenspezifisch: Litteringabfälle: 120 Liter (Mülltüten), Kehricht: 10 Liter
07	Abfälle von überörtlichen Straßen	Straßenspezifisch: Öffentliches Straßenland, Behälter auf Park- und Rastplätzen/ händische Sammlung/ Sammelfahrzeug/ Kehrmaschine	Straßenspezifisch: Streumüll/ Behältermüll: 0,5 m ³ , Kehricht: 10 Liter
08	Papierkörbe	Papierkörbe nach Nutzungsorten, öffentliches Straßenland	Papierkorbinhalt 0,5 m ³
09	Gemischte gewerbliche Bau- und Abbruchabfälle	Anlagen/ Fahrzeuganlieferungen	Sortierung: ca. 1,1 m ³ aus Haufwerk/Anlieferung Sichtung: Inhalt einer Anlieferung (Wechselbehälter, Container, Sammelfahrzeug)
10	Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	Anlagen/ Fahrzeuganlieferungen	Sortierung: ca. 1,1 m ³ aus Haufwerk/Anlieferung Sichtung: Inhalt einer Anlieferung (Wechselbehälter, Container, Sammelfahrzeug)
11	Altmetalle	(Anlagen)	Literaturwerte (siehe Kapitel 2.5.3).
12	EAG		Keine Methodenbeschreibung (siehe Kapitel 3.2)

¹⁾ Lfd. Nr. – laufende Nummer

3.3.2.4 Festlegung der zeitlichen, räumlichen und sachlichen Einflussparameter für Kampagnen und Schichtungen

Je nach Entsorgungspfad und Abfallart haben verschiedene Parameter Einfluss auf die Menge und Zusammensetzung des Abfalls. Jahreszeiten bzw. die Witterung, sowie Bevölkerungsdichte und Siedlungsstruktur haben erfahrungsgemäß einen starken Einfluss auf Siedlungsabfälle. Um Verzerrungen (systematische Fehler) zu verringern, werden durch die Schichtung von Regionen und Gebieten in Teilgebiete, sowie durch mehrere zeitlich versetzte Kampagnenzeiträume Schwankungen in Abfallaufkommen und -zusammensetzung reduziert. In Tabelle 7 sind die überwiegend anzuwendenden Parameter für die öRE- und Bundesschichten vereinfacht und

zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung ist in den Teilberichten 2.1 bis 2.10 für jeden Entsorgungspfad beschrieben.

Tabelle 7: Festlegung der Kampagnen, Schichten und Stichprobenumfänge

Lfd. Nr.	Entsorgungspfad	Untersuchungsrahmen	Beschreibung
01	Hausmüll	Kampagnen	2 Kampagnen (vegetationsarm und -reich)
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Siedlungsstruktur (3 Schichten; <150, 150-750, >750 E je Quadratkilometer (km ²)) 2. Abfallmenge Biotonnen (2 Schichten; </>25 kg/E*a) 3. Gebührensysteme (2 Schichten; Regelabfuhr – Identsystem) örE-Ebene: 1. Bebauungsstruktur (3 bzw. 4 Schichten)
		Stichprobenumfang	24 SE auf örE-Ebene (6 SE bzw. 8 SE je Schicht auf örE-Ebene) pro Kampagne
02	Sperrmüll	Kampagnen	1 Kampagne
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Siedlungsstruktur (3 Schichten; <150, 150-750, >750 E je km ²) 2. Erfassungssystem (2 Schichten; gebührenpflichtiges Abholssystem, gebührenfreies Abholssystem) örE-Ebene: 1. Bebauungsstruktur (3 bzw. 4 Schichten, innerhalb der Schichten ist nach Bring- bzw. Holsystem zu unterscheiden)
		Stichprobenumfang	Holsystem: 72 SE auf örE Ebene (18 bzw. 24 SE je Schicht auf örE-Ebene) Bringsystem: 96 SE auf örE-Ebene (24 bzw. 32 SE je Schicht auf örE-Ebene)
03	LVP	Kampagnen	1 Kampagne
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Siedlungsstruktur (3 Schichten; <150, 150-750, >750 E je km ²) 2. Gebührensysteme (2 Schichten; Regelabfuhr – Identsystem) örE-Ebene: 1. Bebauungsstruktur (3 bzw. 4 Schichten)
		Stichprobenumfang	48 SE auf örE-Ebene (12 SE bzw. 16 SE je Schicht auf örE-Ebene)
04	Bioabfall	Kampagnen	2 Kampagnen (vegetationsarm und -reich)
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Siedlungsstruktur (3 Schichten; <150, 150-750, >750 E je km ²) örE-Ebene: 1. Bebauungsstruktur (3 bzw. 4 Schichten)
		Stichprobenumfang	24 SE auf örE-Ebene (6 SE bzw. 8 SE je Schicht auf örE-Ebene) pro Kampagne
05	Alttextilien	Kampagnen	2 Kampagnen
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Siedlungsstruktur (2 Schichten; <=750 E je km ² , >750 E je km ²)

Lfd. Nr.	Entsorgungspfad	Untersuchungsrahmen	Beschreibung
			örE-Ebene: 1. Bebauungsstruktur (3 bzw. 4 Schichten)
		Stichprobenumfang	bis zu 24 SE auf örE-Ebene (6 SE bzw. 8 SE je Schicht auf örE-Ebene) pro Kampagne
06	Littering	Kampagnen	3 Kampagnen
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Siedlungsstruktur (3 Schichten, Kleinstädte 5.000-20.000 E, Mittelstädte 20.000-100.000 E, Großstädte >100.000 E nach Bauinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), o.J.) Untersuchungsgebiet-Ebene (UG-Ebene): 1. Flächenart (3 Schichten: Grünanlage, Weg, Platz) 2. Erfassungssystem (2 Schichten: Litteringabfälle, Straßenkehrriecht)
		Stichprobenumfang	18, 24 oder 30 SE auf örE- pro Kampagne (je nach Vorhandensein der Schichten in den örE)
07	Abfälle von überörtlichen Straßen	Kampagnen	2 Kampagnen
		Schichtungsmerkmale	UG-Ebene: 1. Straßentyp (Autobahn, Bundesstraßen, Landesstraßen, ggf. weitere) 2. Verkehrsstärke (2 Schichten, unter/über 5.000 Kraftfahrzeuge / 24 h) Bundesebene: über Hochrechnungen umsetzbar
		Stichprobenumfang	Max.: 384 Realistisch (viele Straßenmeistereien verfügen nicht über Parkplätze und sammeln Streumüll nur 1 x jährlich): 200
08	Papierkörbe	Kampagnen	2 Kampagnen
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Siedlungsstruktur 2 Schichten nach BBSR, Mittelstädte 20.000-100.000 E, Großstädte >100.000 E, die kleinste wird nicht beprobt) 2. Regionen (4 Schichten, z. B. Nord, Ost, Süd, West) Kommunale-Ebene: 1. Bebauungsstruktur (3 bzw. 4 Schichten: City-Gebiete inkl. touristische Zentren, Stadtteilzentren (wenig Tourismus), Haltestellen ÖPNV, Parks/Gärten)
		Stichprobenumfang	24 SE auf örE-Ebene (6 SE bzw. 8 SE je Schicht auf örE-Ebene) pro Kampagne
09	Gemischte Bau- und Abbruchabfälle	Kampagnen	1 Kampagne
		Schichtungsmerkmale	Bundesebene: 1. Regionen (4 Schichten: Nord, Ost, Süd, West)

Lfd. Nr.	Entsorgungspfad	Untersuchungsrahmen	Beschreibung
			Anlagen-Ebene: 1. Anlagentypen (2 Schichten: Vorbehandlungs- und Müllverbrennungsanlagen)
		Stichprobenumfang	Bundesebene: Sichtungen: 2.304 SE Sortierungen: 96 SE Anlagen-Ebene: Sichtungen: 144 SE je Anlage Sortierungen: 6 SE je Anlage
10	Gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle	Kampagnen	analog zu 10
		Schichtungsmerkmale	analog zu 10
		Stichprobenumfang	analog zu 10
11	Altmetalle		Es erfolgt keine Sortierung, stattdessen werden Literaturwerte verwendet (siehe Kapitel 2.5.3).
12	EAG		Keine Methodenbeschreibung (siehe Kapitel 3.2)

3.3.2.5 Festlegung der Datenauswertung und Hochrechnung

Der Prozess der Auswertung und Hochrechnung umfasst die Vorbereitung der Stichprobendaten für die Hochrechnung, die Prüfungen auf Vollständigkeit und Plausibilität sowie die Berechnungen der Schätzwerte. Die Stichprobendaten werden zunächst standardisiert (z. B. einwohner-, flächen- oder volumenspezifisch), auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft und beginnend mit den Stichprobendaten über die örE-Werte bis zur Bundesebene (analog zum Auswahlmodell der Stichprobenmethode, siehe Tabelle 5) hochgerechnet.

3.3.2.6 Festlegung der Qualitätssicherung

Die Durchführung der Qualitätssicherung der Ergebnisse erfolgt für alle Entsorgungspfade analog und enthält folgende Schritte:

- ▶ Vergleich von Hochrechnungswerten mit den Verwiegunismengen der letzten drei Jahre. Falls keine gebündelten Abfallanalysen vorliegen, können Sekundäranalysen für die Hochrechnungsmengen herangezogen werden.
- ▶ Vergleich mit vergleichbaren Analyseergebnissen,
- ▶ Dokumentation von Abweichungen, ggf. Überprüfung der Stichprobenergebnisse, der Auswertung und Hochrechnung und ggf. Durchführung von Korrekturen,
- ▶ Berechnung des Zufallsfehlers und Vergleich mit in der Stichprobenplanung festgelegtem Fehler,
- ▶ Ermittlung und Bewertung statistischer Kennziffern relativer Fehler, Varianz, Konfidenzintervall.

(Ausführliche technische Beschreibungen zur Durchführung der Abfallanalysen sind den Teilberichten 2.1 bis 2.10 zu diesem Bericht (FKZ 3723 31 103 1) zu entnehmen.)

4 Entwicklung des Methodenkonzeptes für regelmäßige gebündelte Abfallanalysen

Ziel des Methodenkonzeptes für regelmäßige gebündelte Abfallanalysen ist es, die in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden entsorgten Abfälle (Fehlwürfe) zu quantifizieren. Für die berichts- bzw. untersuchungspflichtigen Stoffströme soll über sog. Cross Checks ein Abgleich und über ein Balancing ein Ausgleich mit der in Verkehr gebrachten korrespondierenden Stoffstrommenge ermöglicht werden.

Bei der Entwicklung des Methodenkonzeptes wurde so vorgegangen, dass die Anforderungen, welche sich aus den Pflichten der EU-Berichterstattung oder aus dem Monitoringbedarf für die Stoffströme ergeben, durch Abfallanalysen gemischter Siedlungsabfälle umgesetzt werden. Darüber hinaus sind die Entsorgungspfade zu bestimmen und technische Anleitungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung gemischter Siedlungsabfallarten zu erstellen.

Dies soll über gebündelte Abfallanalysen erfolgen. Dabei wird der Ansatz verfolgt, die bestehenden Abfallanalysen (Sekundäruntersuchungen) so weit wie möglich in das Methodenkonzept einzubinden, Standarduntersuchungen zu definieren und dort, wo es erforderlich ist, mit Sonderuntersuchungen zu arbeiten. Dazu sind bereits vorliegende Abfalluntersuchungen mit Abfallanalysen, die im Anschluss an dieses Vorhaben ggf. durchgeführt werden (sog. Primäruntersuchungen) bezüglich ihrer Einflussgrößen und Stoffgruppen auf die in der Methodik in den Teilberichten 2.1 bis 2.10 zu harmonisieren. Damit stehen für alle Entsorgungspfade auf der Materialebene (über die Stoffgruppen) standardisierte Bezeichnungen zur Verfügung, die eine Nutzung der Sortiererergebnisse auf Stoffgruppenebene für alle Stoffströme ermöglicht. Das Methodenkonzept kann für Basis- und Folgeuntersuchungen genutzt werden.

4.1 Basis- und Folgeuntersuchungen

Für die Stoffströme, für die eine Berichts- bzw. Untersuchungspflicht oder ein gesteigerter Monitoringbedarf besteht, sind **Basisuntersuchungen** zur Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung (nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade) durchzuführen. Hierfür werden „gründliche Untersuchungen“ gefordert, die hohe methodische Anforderungen an statistische Untersuchungen von heterogenen festen schüttfähigen Materialien und insbesondere an die Genauigkeit und Belastbarkeit der Untersuchungsergebnisse stellen. Für die Berichts- bzw. Untersuchungspflichten sowie auch für den Monitoringbedarf sind je nach Stoffstrom gründliche Abfallanalysen alle drei bis fünf Jahre durchzuführen und werden als Basisuntersuchungen bezeichnet.

Für die Bereitstellung von Untersuchungsergebnissen für eine jährliche Berichterstattung werden sog. **Folgeuntersuchungen** durchgeführt. Für Folgeuntersuchungen werden jeweils die Analyseergebnisse zur stofflichen Zusammensetzung auf die jährlich von den Statistikämtern der Länder erhobenen Siedlungsabfallmengen nach Abfallarten (Jahresstatistiken) angewandt. Dazu werden auch die benötigten Rahmendaten für die Abfallanalysen jährlich aktualisiert. Die erforderlichen Rahmendaten sind in den Teilberichten 2.1 bis 2.10 aufgeführt.

4.2 Primär- und Sekundäruntersuchungen

Das Methodenkonzept unterscheidet in Primäranalysen und in Sekundäranalysen. Als **Primäranalysen** werden Abfalluntersuchungen bezeichnet, die durch Felduntersuchungen im Rahmen der gebündelten Abfallanalysen gemäß der dafür entwickelten Methode geplant und durchgeführt werden. Für die Auswertung und Hochrechnung stehen die Stichprobendaten und

sämtliche Rahmendaten zur Verfügung. Als **Sekundäranalysen** werden alle Abfalluntersuchungen bezeichnet, die nicht primär für dieses Forschungsvorhaben geplant und durchgeführt wurden und die in Deutschland im Zeitraum der letzten drei Jahre vor Beginn des Vorhabens fertiggestellt wurden. Durch den Einsatz von Sekundäranalysen, die von öRE z. B. im Rahmen der Abfallwirtschafts- und Anlagenplanung durchgeführt werden, können erhebliche Kosten durch aufwendige Felduntersuchungen (Primäranalysen) eingespart werden.

In den Teilberichten 2.1 bis 2.10 zum Forschungsvorhaben der gebündelten Abfallanalysen wird die Vorgehensweise für Primäranalysen jeweils beschrieben. Dabei wurden für alle Entsorgungspfade Standardanalysen definiert, die sich aus bestehenden Sortiervorschriften (Brandenburg⁴⁹, Nordrhein-Westfalen (NRW)⁵⁰, Rheinland-Pfalz⁵¹, Sachsen⁵²) ableiten (siehe dazu auch Kapitel 4.3). Nach einer Harmonisierung der Primär- und Sekundäranalysen bezüglich ihrer Einflussgrößen und Stoffgruppen werden die Sekundäranalysen hinsichtlich ihrer Qualität geprüft und bei Eignung in das Methodenkonzept einbezogen.

Vor Beginn der je Stoffstrom benötigten Abfallanalysen wird für jeden Entsorgungspfad geprüft, welche Sekundäranalysen zur Verfügung stehen und ob die Kriterien bezüglich Qualität und Quantität der Untersuchungsmerkmale erreicht werden (im Vergleich mit den im Forschungsvorhaben definierten methodischen Anforderungen wie Kampagnen, Schichten, Stichprobenumfang etc.). Im nächsten Schritt wird dann der Bedarf an Primäranalysen festgelegt.

4.3 Standard- und Sonderuntersuchungen

Als **Standarduntersuchungen** (auch Basisuntersuchungen) werden Abfallanalysen (Entsorgungspfade) bezeichnet, welche auf Grundlage von bereits existierenden Vorgaben für Abfallanalysen (Hausmüll-, Sperrmüll-, LVP- und Bioabfalluntersuchungen) entwickelt wurden. Die Anforderungen aus den EU-Vorgaben zur Berichtspflicht sowie aus den Abfallsortierrichtlinien (⁴⁴, ⁴⁵, ⁴⁶, ⁴⁷) wurden dabei beachtet. Die in den Entsorgungspfaden festgelegten Untersuchungsmethoden können daher als **Standarduntersuchungen**, mit denen Mindestanforderungen eingehalten werden, angesehen werden. So können die meisten Haus-, Sperrmüll-, LVP- und Bioabfalluntersuchungen aus Sekundäranalysen für die gebündelten Abfallanalysen genutzt werden.

Die Auswertungen zu den Abfallanalysen der letzten 20 Jahre haben gezeigt, dass die benötigten Abfallanalysen für die Stoffströme sehr unterschiedliche Qualitäten und Quantitäten besitzen. Eine Zusammenstellung zum Stand der Abfallanalysen befindet sich in Kapitel 3.1 dieses Abschlussberichts.

Für den Herkunftsbereich der privaten Haushalte liegen umfangreiche Abfalluntersuchungen vor, die auf Abfallsortierrichtlinien verschiedener Bundesländer beruhen (⁴⁴, ⁴⁵, ⁴⁶, ⁴⁷). Die in den Teilberichten 2.1 bis 2.5 beschriebenen Technischen Anleitungen beruhen für die

⁴⁹ Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg. Teil L. ORLIS Repositoryum. (1998, Januar 1). <https://orlis.difu.de/items/b0e81843-8f6f-4597-acb1-a30ad9215a8f> (aufgerufen am 07.04.2025).

⁵⁰ Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. (2016). Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2016. https://www.umwelt.nrw.de/system/files/media/document/file/abfallbilanz_2016.pdf (aufgerufen am 07.04.2025).

⁵¹ LfU-RIP - Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz. [Hrsg.] (2022): Richtlinie zur Analyse von Restabfall in Rheinland-Pfalz nach dem Stand der Technik 2022, Mainz. <https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/UMWELT/Kreislaufwirtschaft/SortierrichtlinieRestabfall.pdf> (aufgerufen am 07.04.2025).

⁵² Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft [Hrsg.] (2014): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Dresden. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23865> (aufgerufen am 07.04.2025).

Untersuchungsebene der öRE auf diesen Richtlinien. Es liegt daher nahe, diese bei den öRE vorliegenden Abfallanalysen in das Methodenkonzept der gebündelten Abfallanalysen einzubeziehen.

Für den Herkunftsbereich aus öffentlichen Flächen liegen nur vereinzelt Ergebnisse aus Abfallanalysen vor. Derzeit wird beim Bundesamt für Straßenwesen ein Forschungsvorhaben zur „Erhebung des Abfallaufkommens und Konzepte zur nachhaltigen Vermeidung von Littering an Straßen“ durchgeführt, in dessen Rahmen umfangreiche Analysen von Streumüll und Papierkorbabfällen an überörtlichen Straßen und Raststätten durchgeführt werden. Zudem existieren einige Studien zu Papierkorbabfällen und Littering älteren Datums, die jedoch nicht offiziell veröffentlicht sind (bspw. INTECUS in Dresden 2017, bifa in Augsburg 2020). Für die in den Teilberichten 2.6 bis 2.8 beschriebenen Technischen Anleitungen liegen insofern bislang kaum praktische Erfahrungen vor.

Für den Herkunftsbereich aus Gewerbe liegen keine repräsentativen Abfallanalysen vor, aus denen verallgemeinernde Aussagen zur Abfallzusammensetzung bzw. zu den Anteilen berichtspflichtiger Abfälle abgeleitet werden könnten. Insbesondere die Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle ist sehr heterogen und maßgeblich abhängig von der Branche, in denen diese Abfälle anfallen. Die Sammlung erfolgt in Wechsel- oder Umleerbehältern bzw. Containern durch private Entsorgungsunternehmen oder im Fall der Pflichtrestmülltonne durch öRE. Für die in den Teilberichten 2.9 und 2.10 beschriebenen Technischen Anleitungen liegen insofern bislang kaum praktische Erfahrungen vor.

Für die Stoffströme werden unterschiedliche Untersuchungsumfänge, Untersuchungstiefen und unterschiedliche Analysemethoden benötigt. Dies kann durch Standarduntersuchungen oder durch Sekundäranalysen nicht immer vollumfänglich sichergestellt werden. Durch Sonderuntersuchungen können Aussagen über Teile eines Entsorgungspfades (ausgewählte öRE oder Teilstichproben aus Stoffgruppen) oder Parameter, die nicht durch manuelle Sortierung bestimmt werden können, verbessert werden, ohne dass alle Stichproben-öRE oder Untersuchungseinheiten eines Entsorgungspfades einzubeziehen sind. So können spezielle Anforderungen durch die Berichts- bzw. Untersuchungspflichten der Stoffströme durch Sonderuntersuchungen gezielt ergänzt und damit effizient untersucht werden.

Sonderuntersuchungen bauen immer auf Standarduntersuchungen auf und sind daher von der Sache her Ereignis- oder Beobachtungsstudien. Im Gegensatz zu Experimenten wird das Untersuchungsobjekt nicht vom Forschenden beeinflusst. Damit wird gewährleistet, dass der Untersuchungsgegenstand für weitergehende und vertiefende Analysen im Kontext mit Standarduntersuchungen zuverlässige Ergebnisse erzeugt.

Sonderuntersuchungen können erforderlich sein, wenn

- ▶ die Untersuchungstiefe bzw. die Hierarchieebenen der Stoffgruppen eines Entsorgungspfades für bestimmte Stoffgruppen nicht ausreichend ist. In solchen Fällen wurden weitere Differenzierungsebenen im Stoffgruppenkatalog angelegt, die die Anforderungen an die Stoffströme erfüllen. Im Stoffgruppenkatalog wird dann, anstelle der Standarduntersuchung, die Sonderuntersuchung ausgewählt. Bei der Auswahl von Sonderuntersuchung erhöht sich der Sortieraufwand, die restliche Vorgehensweise für diese Abfallanalyse kann analog der Standarduntersuchung ausgeführt werden.
- ▶ die Bestimmungsmethode der manuellen Sortierung für die Menge und Zusammensetzung eines Abfallsammelgemisches allein nicht ausreichend ist. Dies kann der Fall sein, wenn u.a. zur Erfüllung von Berichtspflichten z. B. Polymerzusammensetzungen, Feuchte- und Verschmutzungsgrade ermittelt werden müssen, um auf eine in Verkehr gebrachte Menge rückzureferenzieren oder weitere chemisch-physikalische Parameter erforderlich sind. In

solchen Fällen wird vorgeschlagen, die erforderlichen zusätzlichen Parameter stichprobenartig (nur für ausgewählte öRE oder für ausgewählte Stichproben der geplanten Stichprobenanzahl) zu analysieren und die Ergebnisse auf andere Stichproben und Entsorgungspfade zu übertragen. Diese Vorgehensweise kann auch auf weitere Untersuchungsmerkmale angewandt werden.

- ▶ sich der Entsorgungspfad aus unterschiedlichen Herkunftsbereichen (z. B. privat und gewerblich) zusammensetzt. Übersteigen bspw. die gewerblichen Anteile an einem Entsorgungspfad (z. B. Hausmüll) diesen um mehr als 5 % oder ist für die Gewerbemenge mit einer stark abweichenden stofflichen Zusammensetzung von Gewerbe und Privathaushalt zu rechnen, sind die Herkunftsbereiche einzeln zu untersuchen. Dafür ist es erforderlich, die Untersuchungsmethodik im Rahmen einer Sonderuntersuchung zu erweitern (z. B. Geschäftsmüll im Hausmüll). Dafür sind in der Analysevorschrift (Teilbericht 2.1) folgende Möglichkeiten vorgesehen:
 - Für die stoffliche Zusammensetzung der Geschäftsmüllmenge werden die Zusammensetzungen zufällig ausgewählter Behälter aus relevanten Branchen analysiert und zur Bestimmung der Geschäftsmüllzusammensetzung herangezogen.
 - Für die stoffliche Zusammensetzung der Geschäftsmüllmenge wird eine zusätzliche Schicht zu den bestehenden Schichten auf öRE-Ebene (Geschäftsmüll, gemeinsam mit Hausmüll über die Systemabfuhr der öRE) definiert. Als Schichtmerkmale werden relevante Branchen definiert und nach den festgelegten Stoffgruppen analysiert. Die Hochrechnung der Geschäftsmüllschicht erfolgt auf Ebene der öRE über die Behältervolumina und auf Bundesebene über die Branchenanteile.
- ▶ verschiedene Messpunkte innerhalb einer Abfallanalyse benötigt werden oder wenn Messpunkte nicht für alle ausgewählten öRE bzw. Anlagen verfügbar sind. Dies kann z. B. für Sperrmüll (unterschiedliche Messpunkte für Bring- und Holsystem) oder für LVP (Zugang zu Messpunkten an Privathaushalten bzw. Geschäften) der Fall sein.

Vor Beginn der je Stoffstrom benötigten Abfallanalysen wird für jeden Stoffstrom und damit auch für die dafür erforderlichen Entsorgungspfade geprüft, welche Sonderuntersuchungen benötigt werden oder ggf. zur Verfügung stehen. Die Kriterien bezüglich Qualität und Quantität der Untersuchungsmerkmale sind im Vergleich mit den im Forschungsvorhaben definierten methodischen Anforderungen zu erreichen. Im nächsten Schritt wird dann der Bedarf an Sonderanalysen festgelegt.

Nachfolgend werden zwei Beispiele für Sonderuntersuchungen zur Erfüllung der Anforderungen aus den Stoffströmen beschrieben.

Beispiel 1:

Untersuchungstiefe und Bestimmungsmethode für den Stoffstrom Kunststoffverpackungsabfälle sowie Verpackungsabfälle

Um den Berichts- bzw. Untersuchungspflichten zu Kunststoffverpackungsabfällen sowie Verpackungsabfällen abschließend nachkommen zu können, müssen die aus den Abfallanalysen generierten Daten mit weiterführenden Informationen verarbeitet werden. Dies ist erforderlich, da die beschriebenen Abfallanalysen in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden im rohfeuchten Zustand stattfinden und der entwickelte übergeordnete Stoffgruppenkatalog aufgrund der Praktikabilität in diesen Analysen differenziert genug ist. In diesem Sinne sind folgende Sonderuntersuchungen vorzusehen:

Ermittlung einer Schlüsselung der Sortierstoffgruppe „Verbundverpackungen mit Kunststoff als Nebenmaterial“ und „Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial“

Bestimmung der Anhaftungen und Feuchten in den betreffenden obligatorischen Sortierstoffgruppen (siehe hierzu Anhang A und in den Kapiteln 2.1.5 und 2.2.5)

Zu 1): Diese Schlüsselung ist notwendig, um exakter auf den Kunststoffmaterialgehalt in der Sortierstoffgruppe rückschließen zu können, der in der Berichtspflicht gefordert ist. In den Abfallanalysen gilt zunächst die Kategorisierung „Verbundverpackung mit Kunststoff als Nebenmaterial“, in welcher kunststoffhaltige Verbundverpackungen zugeordnet werden, deren Kunststoffmaterialgehalt > 5 %, aber kleiner 50 % der gesamten Verbundverpackung beträgt (Beispiel für eine solche Verpackung ist eine Papier-Brötchentüte mit Kunststofffenster). Zur Bestimmung einer allgemein gültigen Schlüsselung sollen daher in wiederkehrenden Sonderanalysen der genaue Kunststoffmaterialanteil in dieser Sortierstoffgruppe bestimmt werden. Dies gilt unter der Annahme, dass sich die Feuchte und Anhaftungen (siehe 2) in den unterschiedlichen Materialkomponenten annähernd gleich verteilen.

Solange dieser Schlüssel nicht ermittelt wurde, kann an dieser Stelle mit einer ersten Pauschalannahme weiter verfahren werden (schätzungsweise 15 %)⁵³, die durch Sonderuntersuchungen validiert werden sollen. Für die Umsetzung wird empfohlen, dass in jedem Berichtsturnus in vier Gebietskörperschaften solche Sonderuntersuchungen stattfinden, in denen die betreffende Sortierstoffgruppe gesamthaft aggregiert wird und anschließend durch Zerlegung, Hinzunahme von Verpackungsspezifikationen und Recherchen eine engere differenzierte Zuordnung und abschließende Ermittlung des Schlüssels für diese Sortierstoffgruppe erfolgen kann.⁵⁴ Die für diese Sortierstoffgruppen ermittelten Schlüssel sollen bei der Berichtspflicht entsprechend berücksichtigt werden, um abschließend auf den Kunststoffmaterialgehalt schließen zu können, wobei hierzu auch die unter 2) benannten Anhaftungen und Feuchten berücksichtigt werden sollen.

Zu 2): In den Berichtspflichten werden die in den Analysen gewonnenen Angaben auf die Materialarten referenziert, wie sie in den Verpackungen in Verkehr gebracht werden. Die durch Feuchten und Anhaftungen resultierenden Verzerrungen bei den Anteilbestimmungen in rohfeuchten Abfallanalysen erfordern daher eine Korrektur (roh-feucht auf trocken-rein) durch Koeffizienten, die bei der abschließenden Berichtspflicht berücksichtigt werden sollten. Dies betrifft sämtliche Verpackungssortierstoffgruppen sowie sämtliche nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade, vorrangig aber solche, in denen Feuchten und Anhaftungen aufgrund der Abfallzusammensetzung höhere Korrekturen erfordern (z. B. Hausmüll oder Bioabfall).⁵⁵

Ein standardisiertes Verfahren existiert in Gänze bislang nicht. Mit der Analytik der Trockenmasse bzw. des Wassergehalts (Deutsche Industrie-Norm in Übereinstimmung mit einer Europäischen Norm (DIN EN) 14346) und dem Herstellen von Analyseproben (Deutsche Industrie-Norm (DIN) 19747) liegen DIN-Normen vor. Für die Umsetzung wird empfohlen, dass in jedem Berichtsturnus in vier Gebietskörperschaften solche Sonderuntersuchungen stattfinden, in denen Stichproben (3-

⁵³ Dieser erste Schätzwert beruht auf Eindrücken aus der Umsetzung von Sortieranaysen der Autoren.

⁵⁴ Für die Sortierstoffgruppe „Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial“ ist analog zu verfahren. Als erster Schätzwert für den Kunststoffanteil kann hier 70 % angenommen werden. Dieser erste Schätzwert beruht auf Eindrücken aus der Umsetzung von Sortieranaysen.

⁵⁵ Vereinzelte Untersuchungen zeigen, dass z. B. der Feuchtegehalt restabfallstämmiger Folien mitunter 25 bis 30 % beträgt und darüber hinaus Anhaftungen von 15 bis 20 % enthalten kann.

fach Bestimmung) der betreffenden Sortierstoffgruppe laboranalytisch (3-fach Bestimmung) bestimmt werden.

Hierzu sind die Stichproben zunächst zu trocknen (für die Bestimmung der Feuchte) und anschließend zu waschen, wobei das Eluat zu filtrieren ist, um nach Trocknung der Filter auf die Anhaftungen rückschließen zu können. Die ermittelten Anteile der Feuchte und Anhaftungen für die jeweilige Sortierstoffgruppe im jeweiligen Entsorgungspfad ergibt abschließend den Korrekturkoeffizienten zur Berücksichtigung bei den Berichtspflichten.

Beispiel 2:

Bestimmung des gewerblichen Anteils am Entsorgungspfad Hausmüll und dessen stofflicher Zusammensetzung

In der Standarduntersuchung (Vorgehensweise I) wird der im Hausmüll enthaltene gewerbliche Anteil (der Geschäftsmüll) aus der Differenz der Hausmüllmenge abzüglich der hochgerechneten Hausmüllmenge, der ausschließlich von Privathaushalten stammt, berechnet. Die stoffliche Zusammensetzung wird vereinfachend aus der Zusammensetzung der Hausmüllmenge von Privathaushalten übernommen. Es kann zwar von einer ähnlichen stofflichen Zusammensetzung der beiden Herkunftsbereiche ausgegangen werden, für eine genaue Untersuchung ist es jedoch empfehlenswert, die Stoffzusammensetzung des Geschäftsmülls separat zu bestimmen.

Zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung des Hausmülls wird aufgrund der unterschiedlichen Herkunftsstruktur daher empfohlen, den Hausmüll aus Privathaushalten und den Geschäftsmüll getrennt zu untersuchen, auszuwerten und zu berichten. Die methodische Vorgehensweise für Hausmüll aus Privathaushalten und Geschäftsmüll unterscheidet sich im Wesentlichen in der Schichtung und in der Hochrechnungsmethode. Die Grundgesamtheit der Privathaushalte muss mindestens nach Siedlungsstrukturen, die Grundgesamtheit der Gewerbebetriebe nach Branchen oder Wirtschaftszweigen geschichtet werden. Die gesamte Hausmüllmenge aus Privathaushalten wird entlang der angeschlossenen Einwohner hochgerechnet. Die Gesamtmasse des Geschäftsmülls wird über die Differenz aus der Gesamtmasse des Hausmülls abzüglich der Masse des Hausmülls aus Privathaushalten hochgerechnet. Die methodische Vorgehensweise für Hausmüll wird in der Beschreibung des Entsorgungspfades Hausmüll (siehe hierzu Teilbericht 2.1) beschrieben. Für den Geschäftsmüll werden in Teilbericht 2.1 drei Ansätze als Sonderuntersuchung beschrieben.

Für die stoffliche Zusammensetzung der Geschäftsmüllmenge wird wegen der „Ähnlichkeit“ zu Hausmüll aus privaten Haushalten die gleiche stoffliche Zusammensetzung für Hausmüll aus privater und gewerblicher Herkunft angenommen.

Für die stoffliche Zusammensetzung der Geschäftsmüllmenge werden die Zusammensetzungen zufällig ausgewählter Behälter aus relevanten Branchen analysiert und zur Bestimmung der Geschäftsmüllzusammensetzung herangezogen. Es wird näherungsweise mit einer bundesweiten Branchenverteilung hochgerechnet.

Für die stoffliche Zusammensetzung der Geschäftsmüllmenge wird eine zusätzliche Schicht zu den bestehenden Schichten auf öRE-Ebene (Geschäftsmüll, gemeinsam mit Hausmüll über die Systemabfuhr der öRE) definiert. Als Schichtmerkmale werden relevante Branchen definiert und nach den festgelegten Stoffgruppen analysiert. Die Hochrechnung der Geschäftsmüllschicht erfolgt über die Behältervolumina.

Nachfolgend wird Ansatz 3 als Beispiel für eine Sonderuntersuchung für die Bestimmung der Geschäftsmüllmenge beschrieben.

Für den Geschäftsmüll wird eine Schichtung nach Branchen oder Wirtschaftszweigen festgelegt. Es werden die mengenmäßig relevanten Branchen Dienstleistungen, Einzelhandel Food, Einzelhandel Non-Food, Gastronomie und Handwerk untersucht. Unter „Sonstige Branchen“ werden Branchen mit geringem Geschäftsmüllaufkommen vereinigt. Eine SE besteht aus dem Inhalt von einem oder mehreren Abfallbehältern und umfasst jeweils ein Volumen von ca. 1.100 Liter. Eine SE kann also aus einem Behälter der Größe 1.100 Liter, aus 4 Behältern der Größe 240 Liter, aus 8 Behältern der Größe 120 Liter oder anderen Kombinationen gleichen Gesamtvolumens bestehen.

Der notwendige Stichprobenumfang ergibt sich aus der Genauigkeitsanforderung für die Zielgröße (Gesamtmenge und die mengenmäßig relevanten Hauptstoffgruppen). Als Zielgröße wird die örE-Ebene und als Genauigkeitsanforderung wird eine zulässige Abweichung von $\pm 10\%$ der Abfallmenge bei einem Konfidenzniveau von 95 % festgelegt. Daraus ergeben sich 10 SE je Schicht mit einer Genauigkeitsanforderung von ca. $\pm 40\%$. Für das Gesamtergebnis auf örE-Ebene werden dann $\pm 15\%$ Genauigkeit und für die Ergebnisse auf Bundesebene werden Genauigkeiten von ± 4 bis 6% (also kleiner als $\pm 10\%$) für die bundesweit hochgerechnete Abfallmenge erreicht. Für jede Sortieranalyse auf örE-Ebene müssen somit insgesamt mindestens 60 SE untersucht werden, d. h. bei zwei Kampagnen insgesamt 120 SE.

Für die Berechnung der Geschäftsmüll-Zusammensetzung nach Branchen und Stoffgruppen, müssen die Branchenanteile gewichtet werden. Für jede Schicht wird die Stoffzusammensetzung berechnet, und gewichtet nach Branchenanteilen zusammengefasst⁵⁶ Die Hochrechnung erfolgt volumenspezifisch. Hierzu werden die Branchen und Wirtschaftszweige nach NACE-Codes zusammengefasst, die Sonstigen Branchen werden aufgelöst und den NACE-Codes zugeordnet, die bezüglich ihres Abfalls den mengenmäßig relevanten Branchen am nächsten kommen. Damit ergibt sich für jeden NACE-Code ein Gewichtungsfaktor, mit dem eine gewichtete Stoffzusammensetzung für den Geschäftsmüll berechnet werden kann. Dieser wird dann auf die berechnete Gesamtmenge je örE für den Geschäftsmüll bezogen.

In einem zweiten Schritt muss dann die Geschäftsmüllzusammensetzung der örE auf die Gesamtmenge für Deutschland hochgerechnet werden. Dies erfolgt über die Branchenzusammensetzung nach NACE-Code aus der Bundesstatistik.

Die Vorgehensweise in Ansatz 3 wurde für Berlin 2008 entwickelt und alle vier bis fünf Jahre regelmäßig wiederholt. Aktuell wird Haus- und Geschäftsmüll mit dieser Methodik für 2024 analysiert. Eine Einspeisung der Ergebnisse über Sekundäranalysen ist bspw. für die Lebensmittelabfall-Untersuchung möglich.

4.4 Bündelung der Abfalluntersuchungen

Die in den Kapiteln 2 und 3 erarbeiteten Beschreibungen, Informationen, verfügbaren Methodiken und Daten sowie zu erwartende Systemgrenzen werden zu einem Gesamtkonzept für eine umfassende gebündelte Abfalluntersuchungsmethodik zusammengeführt. Dabei werden sowohl die ausgearbeiteten Anforderungen an die Stoffströme für die bestehenden Berichts- bzw. Untersuchungspflichten gegenüber der EU-KOM als auch weitere Stoffströme, für die ein besonderes Interesse in Bezug auf zukünftige Berichtspflichten oder nationale Erfolgskontrollen bestehender Getrenntsammlungspflichten besteht, berücksichtigt. Die Informationsbasis für die gebündelte Abfalluntersuchungsmethodik speist sich aus den Stoffstrombeschreibungen, den

⁵⁶ Gewichtet wird aus den Volumenanteilen der Branchen aus der Behälter- und Kundendatei der örE.

verfügbaren Rahmendaten und den in den Stoffstrombeschreibungen identifizierten nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden.

Mit der technischen Beschreibung der Abfallanalysen liegt eine Vorgehensweise vor, die in verschiedener Hinsicht auf die Bündelung von Abfallanalysen und damit auf die kosteneffiziente Umsetzung des Methodenkonzeptes abzielt. Neben der Entwicklung von Abfallanalysen, die für mehrere Stoffströme eingesetzt werden können, sind dies definierte Sonderuntersuchungen, die Nutzung von Sekundäranalysen, Planungsdaten und Messpunkten sowie ein Zwei-Ebenen Konzept, bei dem die Auswertung der vorliegenden Analyseergebnisse weitgehend einheitlich für die Herkunftsbereiche aus privaten Haushalten, von öffentlichen Flächen und von Gewerbe auf Bundesebene entwickelt und umgesetzt werden kann.

4.4.1 Harmonisierung der Entsorgungspfade für alle Stoffströme

Aus der Beschreibung der Anforderungen aus den Stoffströmen wurde die Entwicklung von Abfallanalysen abgeleitet, die die notwendigen Daten zur Charakterisierung der Stoffzusammensetzungen verschiedener gemischter Abfallarten (Entsorgungspfade) extrahiert. Durch die zentrale Planung der für die Stoffströme benötigten Daten nach Stoffgruppen und weiteren Untersuchungsparametern wurden einheitliche Methoden für Abfalluntersuchungen (nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade) entwickelt, die jeweils für alle Stoffströme eingesetzt werden und die benötigten Daten liefern können. Die Beschreibungen der Entsorgungspfade wurde für die Schichten und Stoffgruppen harmonisiert.

Durch die Standardisierung der Entsorgungspfade und deren Anwendbarkeit für alle Stoffströme (siehe 3.3.2) wird eine starke Bündelung erreicht und damit ein effizienter Baustein für das gebündelte Methodenkonzept geschaffen.

4.4.2 Harmonisierung der Stoffgruppen

Ein zentrales Element der gebündelten Abfallanalysen ist der Stoffgruppenkatalog, welcher für alle Entsorgungspfade einmal entwickelt wurde und durch entsprechende Filterung für alle Abfallanalysen als Standard- sowie als Sonderuntersuchung anwendbar ist. Werden für einen Stoffstrom die Stoffgruppen aus verschiedenen Entsorgungspfaden (Abfallanalysen) benötigt, ist eine Zusammenfassung ohne weitere Standardisierungs- und Harmonisierungsschritte möglich.

Der für die gebündelte Analyse entwickelte Stoffgruppenkatalog kann für die Abfalluntersuchungen aller Entsorgungspfade als Basis genutzt werden. Eine einfache Zusammenführung der Mengenströme aus den Abfallanalysen in die Stoffströme ist somit gegeben. Durch die standardisierten Bezeichnungen der Stoffgruppen ist auch ein Abgleich mit den in Verkehr gebrachten Materialgruppen einfacher möglich.

(Eine ausführliche Beschreibung des Stoffgruppenkataloges ist dem Anhang A zu entnehmen.)

4.4.3 Mehrfachnutzung von Sekundäruntersuchungen

Die Einbeziehung von Sekundäranalysen (in anderem Kontext bereits finalisierte Analysen) können im Methodenkonzept berücksichtigt und in den Auswertungsdatenpool einbezogen werden. Für Sekundäranalysen muss geprüft werden, ob die im Rahmen des Forschungsvorhabens der gebündelten Abfallanalysen formulierten Qualitätsstandards erreicht werden. Zudem müssen Anpassungen und Harmonisierungen durchgeführt werden, bevor die Daten in den Datenpool für Stoffströme übernommen werden können. Durch die Nutzung von Sekundäranalysen können erhebliche Aufwandseinsparungen und Kostenreduzierungen erreicht werden.

4.4.4 Mehrfachnutzung von Planungs- und Rahmendaten

Die Rahmendaten zur Planung und zur Hochrechnung können für Abfallanalysen verschiedener Entsorgungspfade genutzt werden. Dazu gehören u. a. die jahreszeitlichen Einflüsse, das Restabfallbehälterverzeichnis aller Grundstücke der Teil- bzw. Untersuchungsgebiete zur Behälterauswahl (Stichprobenadressen), Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtage, Sammeltturnus, Zeitpunkt der letzten Behälterentleerung und ggf. Behälterstandzeiten bei gebührenrelevanten technisierten Systemen oder Informationen zu weiteren abfallwirtschaftlichen Erfassungssystemen (Glas, LVP, PPK oder Bioabfälle). Darüber hinaus werden Gebäudestrukturdaten für die Planung der Schichten (Regionale Ebene und Bundesebene) und Einwohnerstrukturdaten für die Planung der mehrstufigen Auswahl (Regionale Ebene und Bundesebene) benötigt. Für die Planung von Abfallanalysen verschiedener Entsorgungspfade in gleichen Entsorgungsgebieten können die Planungs- und Hochrechnungsdaten mehrmals z. B. für verschiedene Entsorgungspfade im selben örE genutzt werden.

4.4.5 Mehrfachnutzung von Messpunkten und Stichproben

Die Stichprobenauswahl, d. h. die Bestimmung von Messpunkten kann für Abfallanalysen verschiedener Entsorgungspfade benutzt werden (z. B. Auswahl der örE, Auswahl von Gebietsteilen, Auswahl von Stichproben).

5 Optimierung und Fortschreibung des Methodenkonzeptes

Für die vorgesehenen regelmäßigen gebündelten Abfallanalysen in Form von Basis- und Folgeuntersuchungen wird im Rahmen des Methodenkonzeptes eine kontinuierliche Fortschreibung und Optimierung des Ablaufes bzw. der Prozesse vorgeschlagen. Mit der Fortschreibbarkeit der regelmäßigen gebündelten Abfallanalysen wird sichergestellt, dass die Rahmen- und Untersuchungsdaten, die für Berichts- bzw. Untersuchungspflichten und den Monitoringbedarf benötigt werden, kontinuierlich zur Verfügung stehen. Mit der Optimierung wird sichergestellt, dass Abläufe und Prozesse nach jedem Durchlauf evaluiert werden und die Verbesserungen jeweils für die nachfolgenden Analysen genutzt werden können.

5.1 Fortschreibbarkeit

Mit dem Methodenkonzept für regelmäßige gebündelte Abfallanalysen steht eine standardisierte und qualitätsgesicherte Vorgehensweise für eine erste Basisuntersuchung und weitere jährliche Folge- und Basisuntersuchung zur Verfügung. Um zukünftige Abfallanalysen möglichst effizient durchführen zu können, werden neben dem Methodenkonzept auch Rahmendaten benötigt, die je nach Aktualität in Abständen von einem bis zu fünf Jahren erhoben werden müssen. Hilfreich ist in diesem Zusammenhang sicherlich auch, die Untersuchungsdaten (Menge und Zusammensetzung der Abfallmengen für die Entsorgungspfade) der zurückliegenden Untersuchungen in einer aufbereiteten übersichtlichen Darstellung zur Verfügung zu haben.

Die technische Infrastruktur sowie die erforderlichen Inhalte der Untersuchungs- und Rahmendaten sollten definiert und nach Abschluss der ersten Basisuntersuchung an den Auftraggeber übergeben werden. Es empfiehlt sich, die Erstellung eines Fortschreibungskonzeptes bei der zukünftigen Vergabe der gebündelten Abfallanalysen in den Leistungskatalog zu integrieren.

Informations- und Datenpool:

Zentrale Variablen sind die Rahmen- und Analysedaten nach örE, Anlagen, Kampagnen, Schichten und Stoffgruppen jeweils nach Privathaushalten, öffentlichem Straßenland und Gewerbe.

Rahmendaten, wie z. B. Einwohner-, Strukturdaten, Schichtungskriterien etc. aus Abfallbilanzen der Bundesländer oder dem Statistischen Bundesamt können kontinuierlich in eine Datentabelle bzw. -bank eingepflegt werden und sind für alle Entsorgungspfade verfügbar.

Untersuchungsdaten sind die Abfallmengen und Zusammensetzungen je Kampagne auf örE- bzw. Anlagen-Ebene nach Schichten sowie die Abfallmengen und Zusammensetzungen insgesamt auf Bundesebene und nach Schichten und ebenfalls nach Kampagnen.

Der Aufbau und die Fortschreibung eines Informations- und Datenpools ermöglicht eine effiziente Koordination der Abfalluntersuchungen und der Auswertung der Ergebnisse sowohl auf örE- bzw. Anlagen-Ebene sowie auch auf Bundesebene.

Durch die Speicherung von Rahmen- und Analysedaten wird die Bündelung und Effizienz der Untersuchungen im Rahmen des Methodenkonzeptes optimal unterstützt.

5.2 Optimierung

Es wird eine jährliche Validierung des Methodenkonzeptes, der Untersuchungsergebnisse sowie der Abläufe und Prozesse vorgeschlagen. Aus den Validierungsergebnissen sollen Optimierungsvorschläge entwickelt und für die nachfolgenden Basisuntersuchungen umgesetzt werden.

Folgende Bereiche für eine Optimierung des Methodenkonzeptes sind denkbar:

- ▶ Aktualisierung des Stoffgruppenkatalog
- ▶ Anpassung der Einflussgrößen
- ▶ Anpassung der Stichprobenumfänge
- ▶ und weitere

Hinsichtlich der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle zeichnet sich bereits jetzt eine perspektivische Reduktion des Aufwands ab. Das zu Beginn der Analysen aufzubauende lineare Regressionsmodell zur Bestimmung der Schüttdichten der Stoffgruppen wird durch den Zugriff auf Daten aus zurückliegenden Untersuchungen deutlich effizienter. Ähnliche Effekte werden sich bei der Recherche bzw. Auswahl von Behandlungsanlagen einstellen. Mit dem Aufbau eines Anlagenkatasters für die Befragungen im Bereich der gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle, der LMA und auch der gemischten Bau- und Abbruchabfälle wird sich die zufällige Auswahl der Anlagen deutlich effizienter umsetzen lassen.

6 Quellenverzeichnis

Barghoorn, M.; Dobberstein, J.; Eder, G.; Fuchs, J.; Gössele, P.; Wetzel, K. (1979): Berliner Hausmüllanalyse 1971–1973. Untersuchung von Art und Zusammensetzung des Abfallaufkommens in Berlin nach Strukturdaten. Forschungsbericht 103 05 008/2 im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesministers des Innern, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Technische Universität Berlin, Berlin.

BBSR - Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. [Hrsg.] (o.J.): BBSR-Raumgliederungen, Referenztabellen Deutschland.

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/downloads/download-referenzen.html;jsessionid=A8C19943D8E4C284F2DCAAF23ACA507.live21321> (aufgerufen am 02.11.2024), Tabellenblatt „Gemeindereferenz (inkl. Kreise), Spalte AO“.

BDSV - Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. [Hrsg.] (2010): Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V.: STAHLSCHROTTSORTENLISTE. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.bdsv.org/fileadmin/service/gesetze_und_regelwerke/sortenliste_de.pdf&ved=2ahUKEwjp4ezmreaKAXVybPEDHVcMG9UQFnoECBKQAQ&usq=AOvVaw2WW1A5sO-ZW_SVMepC_3Xp (abgerufen am 03.01.2025).

BDSV - Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V. [Hrsg.] (2021): Bundesvereinigung Deutscher Stahlrecycling- und Entsorgungsunternehmen e.V.: Deutsche Stahlrecyclingbilanz 1980 – 2020. https://www.bdsv.org/fileadmin/user_upload/Deutsche_Stahlrecyclingbilanz_1980_2020.pdf (abgerufen am 10.01.2025).

BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. [Hrsg.] (2018): Gebietsanalyse Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut eines Entsorgungsgebietes.

BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. [Hrsg.] (2021): Chargenanalyse zur Bestimmung des Fremdstoffgehaltes fester Bioabfälle.

Brüning, R.; Wolf, J.; Piehl, F.; Löhle, S.; Schmiedel, U.; Kerkhoff, M. (2023): Prüfung der Einführung einer Pfandpflicht für lithiumhaltige Batterien und Akkumulatoren. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 60/2023. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pruefung-der-einfuehrung-einer-pfandpflicht-fuer> (abgerufen am 17.06.2024).

Dehne, I.; Kanthak, M.; Oetjen-Dehne, R. (2011): Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen; UBA-Texte 19/2011; Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aufkommen-verbleib-ressourcenrelevanz-von> (abgerufen am 30.07.2025).

Destatis - Statistisches Bundesamt. [Hrsg.] (2020): Erhebung über die Abfallerzeugung 2018, Statistik-Code 32161, GENESIS-Online: www.destatis.de/genesis (abgerufen am 30.07.2025).

Deutsche Umwelthilfe e.V. [Hrsg.] (2024): Landkreise und kreisfreie Städte ohne Biotonne, Stand: 10.01.2024, Berlin. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Pressemitteilungen/Kreislaufwirtschaft/240110_%C3%9Cbersicht_Landkreise_und_kreisfreie_St%C3%A4dte_ohne_Biotonne_final.pdf (abgerufen am 27.11.2024).

Dornbusch, H.-J.; Hannes, L.; Santjer, M.; Böhm, C.; Wüst, S.; Zwisele, B.; Kern, M.; Siepenkothen, H.-J.; Kanthak, M. (2020): Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien. UBA-Texte 113/2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vergleichende-analyse-von-siedlungsrestabfaellen> (abgerufen am 17.06.2024).

EuWiD - Europäischer Wirtschaftsdienst. [Hrsg.] (2023): Fünf Mio entsorgte Einweg-E-Zigaretten pro Woche in Großbritannien. <https://www.euwid-recycling.de/news/international/fuenf-mio-entsorgte-einweg-e-zigaretten-pro-woche-in-grossbritannien-080923/> (abgerufen am 19.10.2024).

Forbrig, S.; Fischer, Th.; Heinz, B. (2020): Bedarf, Konsum, Wiederverwendung und Verwertung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. https://www.bvse.de/dateien2020/1-Bilder/03-Themen_Ereignisse/06-Textil/2020/studie2020/bvse%20Alttextilstudie%202020.pdf (abgerufen am 19.10.2024).

INTECUS GmbH. [Hrsg.] (2017): Methodenentwicklung zur Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut. Studie im Auftrag der BGK. Abschlussbericht Juni 2017.

Kaiser, F.; Oetjen-Dehne, R. (2023): Evaluierung der Gewerbeabfallverordnung – Ergebnisse der UBA-Studie, in: Bioabfall- und stoffspezifische Verwertung, Tagungsband V, Wiemer, K.; Kern, M.; Raussen, Th. (Herausgeber), Witzhausen-Institut für Abfall, Umwelt u. Energie (Verlag), 2023.

Knappe, F.; Muchow, N.; Oetjen-Dehne, R.; Buschow, N.; Kaiser, F. (2023): Erarbeitung von Grundlagen für die Evaluierung der Gewerbeabfallverordnung; UBA-Texte 47/2023, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erarbeitung-von-grundlagen-fuer-die-evaluierung-der>. (abgerufen am 30.07.2025).

LfU-RIP - Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz. [Hrsg.] (2022): Richtlinie zur Analyse von Restabfall in Rheinland-Pfalz nach dem Stand der Technik 2022, Mainz. <https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/UMWELT/Kreislaufwirtschaft/SortierrichtlinieRestabfall.pdf>. (abgerufen am 30.07.2025).

LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft. [Hrsg.] (2014): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Dresden. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23865>. (abgerufen am 30.07.2025).

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. (2016). Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2016. https://www.umwelt.nrw.de/system/files/media/document/file/abfallbilanz_2016.pdf (abgerufen am 07.04.2025).

Landesumweltamt Brandenburg. [Hrsg.] (1998): Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg. Teil L. ORLIS Repositorium. <https://orlis.difu.de/items/b0e81843-8f6f-4597-acb1-a30ad9215a8f> (abgerufen am 04.06.2025).

Wagner, J.; Günther, M.; Rhein, H.-B.; Meyer, P. (2018): Analyse der Effizienz und Vorschläge zur Optimierung von Sammelsystemen der haushaltsnahen Erfassung von Leichtverpackungen und stoffgleichen Nichtverpackungen auf der Grundlage vorhandener Daten. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-05-22_texte_37-2018_sammelsysteme-verpackungen.pdf (abgerufen am 17.06.2024).

Wagner, J.; Steinmetzer, S.; Theophil, L.; Strues, A.-S.; Kösegi, N.; Hoyer, St. (2022): Evaluation der Erfassung und Verwertung ausgewählter Abfallströme zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft. UBA-Texte 31/2022. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluation-der-erfassung-verwertung-ausgewaehelter> (abgerufen am 17.06.2024).

Wagner, J.; Günther, M.; Löhle, St.; Schmiedel, U. (noch unveröffentlicht): Evaluierung der Erfassung von Elektroaltgeräten: „Evaluierung der Sammlung und Rücknahme von Elektro(nik)altgeräten zur Ableitung eines möglichen Handlungsbedürfnisses hinsichtlich der Quantität der Erfassung. FKZ 3719343080 – unveröffentlicht.

LUBW - Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg & BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. [Hrsg.] (2018): Datenerhebung am Beispiel zweier öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger in Baden-Württemberg.

Wirtschaftsvereinigung Metalle. e.V. [Hrsg.] (2019): Metallstatistik 2018. https://cdn.prod.website-files.com/655b551b01553a978275f0e7/65aa3ecf40a7e6b76fe7a32f_Metallstatistik_fuer_2018.pdf (abgerufen am 10.01.2025).

Zwisele, B. (2005): Probenahmemethoden für die Bestimmung von Menge und Zusammensetzung fester Abfälle. Müllhandbuch (Beitrag 1661). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Zwisele, B. (2008): Auswertungsmethoden für die Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Abfälle. Müllhandbuch (Beitrag 1681). Erich Schmidt Verlag, Berlin.

A Stoffgruppenkatalog

A.1 Zweck und Inhalt des Stoffgruppenkatalogs

Für die Stoffströme Kunststoffverpackungen, Verpackungen, LMA und Altbatterien bestehen EU-rechtliche Verpflichtungen (Berichts-/ Untersuchungspflichten), den Verbleib der Abfallmengen in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden durch Abfalluntersuchungen alle drei bis fünf Jahre durch genaue und belastbare Messungen bestimmen zu lassen.

Um die bestehende Lücke der in Verkehr gebrachten Menge an Stoffen bzw. Produkten und der über die bestimmungsgemäße Rücknahme erfassten Abfallmengen erklären zu können, ist es erforderlich, die stoffliche Zusammensetzung aller als relevant identifizierten Entsorgungspfade (vorrangig alle nicht-bestimmungsgemäße Entsorgungspfade) bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung zu bestimmen. Diese Menge kann dann mit der Menge, die über den Ansatz der in Verkehr gebrachten Menge verglichen (Cross Check) und ausgeglichen (Balancing) werden, um bessere Werte zu erhalten.

Darüber hinaus besteht ein gesteigertes Interesse die Stoffströme Alttextilien, EAG, Bioabfälle im Restmüll und gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle einem Monitoring zu unterziehen. Für diese Stoffströme sollen für alle als relevant erachteten Entsorgungspfade die stofflichen Zusammensetzungen untersucht werden.

Der im Folgenden dargestellte Stoffgruppenkatalog ist universell für die Untersuchung von Abfall- und Stoffströmen in verschiedenen Entsorgungspfaden – wie Hausmüll, Sperrmüll, LVP, Bioabfall, Alttextilien, Litteringabfälle, Straßenabfälle, Papierkorbabfälle, Altmetalle, gemischte Bau- und Abbruchabfälle, gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle und die Pflichtrestmülltonne – anwendbar. Der dargestellte Stoffgruppenkatalog (siehe Tabelle 10 und Tabelle 11) ist aus Platzgründen in zwei Teilen aufgeführt. Beide Teile sind identisch nach Stoffgruppen aufgebaut.

Der Stoffgruppenkatalog ist ein zentrales Instrument zur Vereinheitlichung von Untersuchungen verschiedener Abfallströme und Entsorgungspfaden und bildet einen wesentlichen Bestandteil umfassender Abfallanalysen. Die Anwendung und Datenerhebung nach diesem Schema zielt auf eine Standardisierung ab, indem einheitliche Stoffgruppendefinitionen und -bezeichnungen genutzt werden. Diese Standardisierung unterstützt die zentrale Erfassung und den Aufbau eines Datenregisters für Abfallstrominformationen.

Der Katalog wurde auf Basis der Stoffgruppenkataloge der Sortierrichtlinien von Rheinland-Pfalz (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RP), 2022) und Sachsen (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), 2015) entwickelt und eignet sich sowohl für die manuelle Sortierung als auch für die Sichtung von Stoffgruppen. Er ist hierarchisch aufgebaut und unterteilt die Stoffgruppen nach Differenzierungsebenen: Die Hauptstoffgruppen bilden die erste Differenzierungsebene (z. B. Fe-Metalle, Kunststoffe) und umfassen unterschiedlich viele und spezifische Unterstoffgruppen auf tieferer Ebene.

Die Hauptstoffgruppen der ersten Differenzierungsebene sind in Tabelle 8 aufgeführt:

Tabelle 8: Hauptstoffgruppen auf erster Differenzierungsebene

1. Differenzierungsebene	Stoffgruppe
1	Fe-Metalle
2	NE-Metalle

1. Differenzierungs- ebene	Stoffgruppe
3	PPK
4	Kunststoffe
5	Glas
6	Bioabfälle
7	Holz
8	Verbunde
9	Mineralik, Inertstoffe
10	Schadstoffe (Problemabfälle)
11	Sonstige Abfälle
12	Fraktion < 10 Millimeter (mm)

Die Unterstoffgruppen sind teilweise bis zur vierten Differenzierungsebene detailliert, um eine feingliedrige Materialzusammensetzung zu berücksichtigen. Dies ist bspw. bei Kunststoffen wichtig, um eine Identifikation des Materials nach Form und eine Klassifizierung nach Polymer zu ermöglichen.

Im Stoffgruppenkatalog ist jede Stoffgruppe tabellarisch in Bezug auf die Art der Untersuchung für jeden genannten Entsorgungspfad aufgeführt. Dabei sind drei Untersuchungsarten definiert:

Tabelle 9: Untersuchungsarten im Stoffgruppenkatalog

Untersuchungsart	Beschreibung
Standard	Stoffgruppe sollte standardmäßig bei Abfalluntersuchung im Entsorgungspfad erhoben werden
Sonder	Stoffgruppe sollte bei Sonderuntersuchungen eines Entsorgungspfad erhoben werden
Keine Untersuchung	Stoffgruppe ist kein Bestandteil von standardmäßigen oder Sonder-Abfalluntersuchung im Entsorgungspfad

Durch diese Struktur ist der Stoffgruppenkatalog vielseitig für Abfalluntersuchungen in verschiedenen Entsorgungspfaden und Abfallströmen einsetzbar. Vor einer praktischen Anwendung können die zu untersuchenden Stoffgruppen einfach zusammengestellt werden, indem die Spalte für den jeweiligen Entsorgungspfad nach den gewünschten Ausprägungen (Standard- oder Sonderuntersuchung) gefiltert wird.

A.2 Stoffgruppenkatalog

Tabelle 10: Stoffgruppenkatalog (Teil 1): Hausmüll, Sperrmüll, LVP, Bioabfall und Alttextilien

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Hausmüll	Sperrmüll	LVP	Bioabfall	Alttextilien
1	Fe-Metalle	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
1-1	Fe-Verpackungen	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
1-2	Sonstige Fe-Metalle	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
2	NE-Metalle	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
2-1	NE-Verpackungen	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
2-1-1	Al-Verpackungen	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
2-1-2	Sonstige NE-Verpackungen	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
2-2	Sonstige NE-Metalle	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
3	PPK	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
3-1	PPK-Verpackungen (ohne Verbunde)	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
3-2	PPK-Druckerzeugnisse	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
3-3	Sonstige PPK	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
4	Kunststoffe	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
4-1	Kunststoffverpackungen	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1	Verpackung aus Kunststoff - starr	Sonder	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-1	Polyethylenterephthalat (PET)	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Hausmüll	Sperrmüll	LVP	Bioabfall	Alttextilien
4-1-1-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-3	High-Density-Polyethylen (HDPE) und PP	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-4	Polystyrol (PS)	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-5	HDPE	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-6	Polyvinchlorid (PVC)	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-7	Polycarbonat (PC)	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-8	Expandiertes Polystyrol (EPS)	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-1-9	Extrudiertes Polystyrol (XPS)	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-2	Verpackung aus Kunststoff - flexibel	Sonder	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-2-1	PET	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-2-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-2-3	PE	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-1-2-4	Mehrschichtige Kunststoffe	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2	Sonstige Kunststoffe	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1	Sonstige Kunststoffe - starr	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-1	PET	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-3	HDPE und PP	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-4	PS	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Hausmüll	Sperrmüll	LVP	Bioabfall	Alttextilien
4-2-1-5	HDPE	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-6	PVC	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-7	PC	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-8	EPS	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-1-9	XPS	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-2	Sonstige Kunststoffe - flexibel	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-2-1	PET	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-2-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-2-3	PE	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
4-2-2-4	Mehrschichtige Kunststoffe	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
5	Glas	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
5-1	Glasverpackungen (einschließlich Verbunde)	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
5-2	Sonstige Glas	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
6	Bioabfälle	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
6-1	LMA	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
6-1-1	LMA (unverpackt oder entpackt)	Standard	Sonder	Standard	Standard	Keine Untersuchung
6-1-1-1	Küchenabfälle	Standard	Sonder	Standard	Standard	Keine Untersuchung
6-1-1-2	Nahrungsabfälle	Standard	Sonder	Standard	Standard	Keine Untersuchung
6-1-1-3	Küchen-/Nahrungsabfälle, nicht differenziert	Standard	Sonder	Standard	Standard	Keine Untersuchung

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Hausmüll	Sperrmüll	LVP	Bioabfall	Alttextilien
6-1-2	Lebensmittel (verpackt)	Standard	Sonder	Standard	Standard	Keine Untersuchung
6-1-2-1	Verpackte Lebensmittel - Glas	Sonder	Sonder	Sonder	Standard	Keine Untersuchung
6-1-2-2	Verpackte Lebensmittel - Metall	Sonder	Sonder	Sonder	Standard	Keine Untersuchung
6-1-2-3	Verpackte Lebensmittel - Kunststoff	Sonder	Sonder	Sonder	Standard	Keine Untersuchung
6-2	Gartenabfälle	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
6-3	Sonstige Organik	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
7	Holz	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
7-1	Holzverpackungen	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
7-2	Sonstiges Holz	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
8	Verbunde	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
8-1	Verbundverpackungen	Standard	Standard	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
8-1-1	Verbundverpackungen mit Kunststoff als Nebenmaterial (Ausnahme: Flüssigkeitskartonagen (separate Stoffgruppe))	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
8-1-1-1	Fe-Metall Verbundverpackungen, mit Fe als Hauptmaterial	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
8-1-1-2	NE-Metall Verbundverpackungen, mit Al als Hauptmaterial	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
8-1-1-3	PPK-Verbundverpackungen mit PPK als Hauptmaterial	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
8-1-1-4	Flüssigkeitskartonagen	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Hausmüll	Sperrmüll	LVP	Bioabfall	Alttextilien
8-1-2	Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
8-2	EAG	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard
8-2-1	EAG ohne Batterien	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder
8-2-2	EAG mit Batterien (nicht entnehmbar)	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder
8-2-3	EAG mit Batterien (entnehmbar)	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder
8-3	Sonstige Verbunde	Standard	Standard	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
9	Mineralik, Inertstoffe	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
10	Schadstoffe (Problemabfälle)	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
10-1	Altbatterien	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-1	Gerätebatterien	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-1-1	Gerätebatterien mit Blei-Säure	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-1-2	Gerätebatterien mit Lithium	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-1-3	Gerätebatterien mit Nickel-Cadmium	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-1-4	Sonstige Gerätebatterien a.n.g.	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-2	LV-Batterien	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-2-1	LV-Batterien mit Blei-Säure	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Hausmüll	Sperrmüll	LVP	Bioabfall	Alttextilien
10-1-2-2	LV-Batterien mit Lithium	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-2-3	LV-Batterien mit Nickel-Cadmium	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-2-4	LV-Batterien mit Sonstige	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-3	Weitere Batterien	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-3-1	Weitere Batterien mit Blei-Säure	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-3-2	Weitere Batterien mit Lithium	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-3-3	Weitere Batterien mit Nickel-Cadmium	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-1-3-4	Weitere Batterien a.n.g.	Sonder	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung
10-2	Sonstige Schadstoffe	Standard	Sonder	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
11	Sonstige Abfälle	Standard	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung
11-1	Alttextilien	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard
11-1-1	Bekleidung	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard
11-1-2	Schuhe	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard
11-1-3	sonstige Textilien (ohne Teppiche und Matratzen)	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard
11-2	Hygieneprodukte	Standard	Standard	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
11-3	Hygienepapiere, nicht als PPK verwertbar	Standard	Standard	Standard	Sonder	Keine Untersuchung

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Hausmüll	Sperrmüll	LVP	Bioabfall	Alttextilien
11-4	Nicht restentleerte Verpackungen (außer Lebensmittel)	Standard	Standard	Standard	Sonder	Keine Untersuchung
11-5	Sonstige Abfälle	Standard	Standard	Standard	Sonder	Standard
12	Fraktion < 10 mm	Standard	Sonder	Standard	Standard	Keine Untersuchung

Tabelle 11: Stoffgruppenkatalog (Teil 2): Littering, Abfälle von überörtlichen Straßen, Papierkörbe, Altmetalle, gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle, Pflichtrestmülltonne

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
1	Fe-Metalle	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
1-1	Fe-Verpackungen	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
1-2	Sonstige Fe-Metalle	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
2	NE-Metalle	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
2-1	NE-Verpackungen	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
2-1-1	Al-Verpackungen	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
2-1-2	Sonstige NE-Verpackungen	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
2-2	Sonstige NE-Metalle	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
3	PPK	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
3-1	PPK-Verpackungen (ohne Verbunde)	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
3-2	PPK-Druckerzeugnisse	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
3-3	Sonstige PPK	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
4	Kunststoffe	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
4-1	Kunststoffverpackungen	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
4-1-1	Verpackung aus Kunststoff - starr	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-1	PET	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-3	HDPE und PP	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-4	PS	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-5	HDPE	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-6	PVC	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-7	PC	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-8	EPS	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-1-9	XPS	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-2	Verpackung aus Kunststoff - flexibel	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-2-1	PET	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-2-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-1-2-3	PE	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
4-1-2-4	Mehrschichtige Kunststoffe	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2	Sonstige Kunststoffe	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
4-2-1	Sonstige Kunststoffe - starr	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-1	PET	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-3	HDPE und PP	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-4	PS	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-5	HDPE	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-6	PVC	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-7	PC	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-8	EPS	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-1-9	XPS	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-2	Sonstige Kunststoffe - flexibel	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-2-1	PET	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-2-2	PP	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-2-3	PE	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
4-2-2-4	Mehrschichtige Kunststoffe	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
5	Glas	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
5-1	Glasverpackungen (einschl. Verbund)	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
5-2	Sonstige Glas	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6	Bioabfälle	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-1	LMA	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-1-1	LMA (unverpackt oder entpackt)	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-1-1-1	Küchenabfälle	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-1-1-2	Nahrungsabfälle	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-1-1-3	Küchen-/Nahrungsabfälle, nicht differenziert	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-1-2	Lebensmittel (verpackt)	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-1-2-1	Verpackte Lebensmittel - Glas	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
6-1-2-2	Verpackte Lebensmittel - Metall	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
6-1-2-3	Verpackte Lebensmittel - Kunststoff	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
6-2	Gartenabfälle	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
6-3	Sonstige Organik	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
7	Holz	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Standard	Standard
7-1	Holzverpackungen	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Standard	Standard
7-2	Sonstiges Holz	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Keine Untersuchung	Standard	Standard

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
8	Verbunde	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-1	Verbundverpackungen	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-1-1	Verbundverpackungen mit Kunststoff als Nebenmaterial (Ausnahme: Flüssigkeitskartonagen (gesonderte Fraktion)) – notwendige spätere Schlüsselung	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-1-1-1	Fe-Metall Verbundverpackungen, mit Fe als Hauptmaterial	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-1-1-2	NE-Metall Verbundverpackungen, mit Al als Hauptmaterial	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-1-1-3	PPK-Verbundverpackungen mit PPK als Hauptmaterial	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-1-1-4	Flüssigkeitskartonagen	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-1-2	Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial – notwendige spätere Schlüsselung	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-2	EAG	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
8-2-1	EAG ohne Batterien	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
8-2-2	EAG mit Batterien (nicht entnehmbar)	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
8-2-3	EAG mit Batterien (entnehmbar)	Sonder	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
8-3	Sonstige Verbunde	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
9	Mineralik, Inertstoffe	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
10	Schadstoffe (Problemabfälle)	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
10-1	Altbatterien	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
10-1-1	Gerätebatterien	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
10-1-1-1	Gerätebatterien mit Blei-Säure	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-1-2	Gerätebatterien mit Lithium	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-1-3	Gerätebatterien mit Nickel-Cadmium	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-1-4	Gerätebatterien mit Sonstige	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-2	LV-Batterien	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
10-1-2-1	LV-Batterien mit Blei-Säure	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-2-2	LV-Batterien mit Lithium	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-2-3	LV-Batterien mit Nickel-Cadmium	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-2-4	LV-Batterien mit Sonstige	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-3	Weitere Batterien	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
10-1-3-1	Weitere Batterien mit Blei-Säure	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-3-2	Weitere Batterien mit Lithium	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-3-3	Weitere Batterien mit Nickel-Cadmium	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-1-3-4	Weitere Batterien mit Sonstige	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder	Keine Untersuchung	Sonder	Sonder
10-2	Sonstige Schadstoffe	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11	Sonstige Abfälle	Standard	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11-1	Alttextilien	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11-1-1	Bekleidung	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11-1-2	Schuhe	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11-1-3	sonstige Textilien (ohne Teppiche und Matratzen)	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11-2	Hygieneprodukte	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11-3	Hygienepapiere, nicht als PPK verwertbar	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
11-4	Nicht restentleerte Verpackungen (außer Lebensmittel)	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard

Differenzierungsebene	Stoffgruppe	Littering	Abfälle von überörtlichen Straßen	Papierkörbe	Altmetalle	gewerbliche gemischte Siedlungsabfälle	Pflichtrestmülltonne
11-5	Sonstige Abfälle	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard
12	Fraktion < 10 mm	Keine Untersuchung	Standard	Standard	Keine Untersuchung	Standard	Standard