

TEXTE

57/2026

Teilbericht 2.1

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

Hausmüll

von:

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

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 57/2026

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3723 31 103 1

Teilbericht 2.1

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

Hausmüll

von

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

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-Ulrich-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:

November 2024

Redaktion:

Fachgebiet III 1.6 Kunststoffe und Verpackungen
Dr. Franziska Krüger

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8148>

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 Methodenkonzepts für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme ist es, den Verbleib von Abfallmengen in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden, hier für den Hausmüll, durch genaue Messungen zu erfassen und so zur Effizienzsteigerung der Stoffstromuntersuchungen beizutragen. Es besteht ein zunehmendes Interesse an der Rückverfolgbarkeit dieser Ströme, um Datenlücken zwischen in Verkehr gebrachten Stoffstrommengen und der tatsächlichen Rückführung zu schließen.

Die Methodik zur Durchführung von Abfallanalysen umfasst die Probenahme und Sortierung sowie die statistische Hochrechnung der Ergebnisse. Ein mehrstufiges und geschichtetes Stichprobenverfahren wird dazu verwendet, um repräsentative Daten zu gewinnen, die regionale, saisonale und siedlungsstruktur-bedingte Unterschiede in der Abfallzusammensetzung berücksichtigen. Die Probenahme erfolgt direkt an den Sammelbehältern, gefolgt von einer detaillierten Sortierung in verschiedene Stoffgruppen. Dabei werden auch spezielle Anforderungen an die technische Durchführung und die Qualitätssicherung berücksichtigt. Die Stichprobenergebnisse werden in Kampagnen auf öREbene erfasst, analysiert und statistisch hochgerechnet. Ziel ist es, genaue und belastbare Daten zur Menge und stofflichen Zusammensetzung, die über die jeweiligen Entsorgungspfade anfallenden Abfälle zu erheben, die als Grundlage für die Erfüllung von Berichts- und Untersuchungspflichten, für ein Monitoring und zur Verbesserung der Recyclingmethoden dienen.

Abstract: Concept Development for Regular, Bundled Waste Analyses to Monitor Selected Waste Streams

The aim of the methodological concept for regular, bundled waste analyses to monitor selected waste streams is to record the fate of waste quantities entering non-designated disposal pathways—specifically for household waste—through precise measurements, thereby contributing to increased efficiency in material flow investigations.

There is growing interest in the traceability of these streams in order to close data gaps between the quantities of waste placed on the market and their actual recovery.

The methodology for conducting waste analyses includes sampling, sorting, and the statistical extrapolation of results. A multi-stage and stratified sampling procedure is used to obtain representative data that reflects regional, seasonal, and settlement-structure-related differences in waste composition.

Sampling is carried out directly at collection containers, followed by a detailed sorting process into different material groups. Special requirements regarding technical implementation and quality assurance are also taken into account.

The sample results are collected, analyzed, and statistically extrapolated in campaigns at the level of public disposal providers (öRE). The goal is to obtain accurate and reliable data on the quantity and material composition of waste generated along various disposal routes, which serves as a basis for fulfilling reporting and investigation obligations, for monitoring, and for improving recycling methods.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
1 Zweck und Inhalt der Methodenbeschreibung für Hausmüll	11
2 Untersuchungsgegenstand.....	13
Teil A: Methodenbeschreibung der Hausmüllanalyse für das Entsorgungsgebiet der öffentlich- rechtliche Entsorgungsträger	15
3 Untersuchungsplanung (örE-Ebene)	16
3.1 Allgemeine Planungsdaten (Rahmendaten)	16
3.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten.....	16
3.2.1 Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse).....	16
3.2.2 Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf örE-Ebene)	17
3.2.3 Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben).....	18
3.2.3.1 Definition der Stichprobeneinheiten.....	18
3.2.3.2 Notwendiger Stichprobenumfang	18
3.2.3.3 Auswahl der Stichprobeneinheiten	19
4 Durchführung	22
4.1 Stichprobenahme.....	22
4.2 Siebung und Sortierung.....	23
4.3 Stoffgruppenkatalog und Besonderheiten bei der Zuordnung.....	24
5 Auswertung und Hochrechnung (örE-Ebene)	29
5.1 Allgemeine Daten zur Auswertung und Hochrechnung.....	29
5.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen.....	29
5.2.1 Hochrechnung der Stichprobenergebnisse auf örE-Ebene (Schicht-, Kampagnen- und Gesamtmassen)	30
5.2.1.1 Standardisierung der Einwohnerwerte je Stichprobeneinheit.....	30
5.2.1.2 Datenprüfung der Stichprobenergebnisse	31
5.2.1.3 Hochrechnung auf Schichten (örE-Ebene).....	31
5.2.1.4 Hochrechnung auf Kampagnen und Gesamt (örE-Ebene).....	32
6 Dokumentation und Ergebnisbericht (örE-Ebene).....	33
7 Qualitätssicherung (örE-Ebene)	35
Teil B: Methodenbeschreibung zur Zusammenführung und Hochrechnung der Abfallanalysen für Gesamt Deutschland	37

8	Untersuchungsplanung (Bundesebene).....	38
8.1	Allgemeine Planungsdaten (Rahmendaten)	38
8.2	Untersuchungsspezifische Planungsdaten.....	38
8.2.1	Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse).....	38
8.2.2	Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf Bundesebene)	38
8.2.3	Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben).....	40
8.2.3.1	Definition der Stichprobeneinheiten	40
8.2.3.2	Notwendiger Stichprobenumfang	40
8.2.3.3	Auswahl der Stichprobeneinheiten	40
9	Auswertung und Hochrechnung (Bundesebene)	42
9.1	Allgemeine Daten zur Auswertung und Hochrechnung.....	42
9.2	Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen.....	42
9.2.1	Hochrechnung auf Deutschland Schichten (Kampagnen und Gesamt).....	42
9.2.1.1	Hochrechnung auf Schichtebene DE.....	42
9.2.1.2	Hochrechnung auf Kampagnenebene und DE-Gesamt	43
10	Dokumentation und Ergebnisbericht (Bundesebene).....	45
11	Qualitätssicherung (Bundesebene)	47
12	Quellenverzeichnis	48
A	Anlagen.....	49
A.1	Technische Voraussetzungen.....	49
A.2	Personelle Voraussetzungen.....	49
A.3	Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abgrenzung von Siedlungsabfällen nach Herkunft	14
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl - Hausmüll.	21
Abbildung 3:	Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl - Hausmüll.	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Matrix Schichtungskriterien auf örE-Ebene.....	17
Tabelle 2:	Stoffgruppenkatalog Hausmüll für eine Standardanalyse.....	24
Tabelle 3:	Darstellung der Ergebnisse der örE nach Stoffgruppen und Schichten	33
Tabelle 4:	Darstellung der Gesamtergebnisse auf örE Ebene nach Stoffgruppen.....	34
Tabelle 5:	Matrix Schichtungskriterien auf Bundesebene	39
Tabelle 6:	Darstellung der Ergebnisse auf Bundesebene nach Stoffgruppen und Schichten	45
Tabelle 7:	Darstellung der Gesamtergebnisse auf Bundesebene	46

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
a	Jahr
Al	Aluminium
ALS	alt-ländliche Struktur
BioStoffV	Biostoffverordnung
DE	Deutschland
EAG	Elektro(nik)altgeräte
Ew	Einwohner
EU	Europäische Union
EZH	Ein- und Zweifamilienhäuser
Fe-Metall	Eisenmetall
GF	Gewichtungsfaktor
GMH	geschlossene Mehrfamilienhausbebauung
GWA	Großwohnanlage
kg	Kilogramm
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
LAGA	Bundes/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LAGA PN 98	Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft
LfU RIP	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
LMA	Lebensmittelabfälle
LV-Batterien	Leichte Verkehrsmittel Batterien
m ³	Kubikmeter
Mg	Megagramm
MGB	Müllgroßbehälter
mm	Millimeter
MMS	städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung
NE-Metall	nicht-eisenhaltige Metalle
NLS	neu-ländliche Struktur
n. v.	nicht veröffentlicht

Abkürzung	Erläuterung
örE	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
OMH	offene Mehrfamilienhausbebauung
PPK	Papier, Pappe, Karton
RM	Restmüll
t	Tonnen
UBA	Umweltbundesamt
Wo	Woche
%	Prozent

1 Zweck und Inhalt der Methodenbeschreibung für Hausmüll

Für die Abfallströme Kunststoffverpackungen (Durchführungsverordnung Europäische Union (EU) 2023/595), Verpackungen (Entscheidung 2005/270/EG), Lebensmittelabfälle (Delegierter Beschluss (EU) 2019/1597) und Altbatterien (Verordnung (EU) 2023/1542, Art. 69 Abs. 5) bestehen EU-rechtliche Verpflichtungen den Verbleib der Abfallmengen in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden durch Abfalluntersuchungen alle vier bzw. fünf Jahre durch genaue und belastbare Messungen untersuchen zu lassen. Auch für Alttextilien ist die Einführung einer Untersuchungspflicht zeitnah absehbar (geeinter Kompromisstext zur Änderung der Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EC¹).

Um die angefallene Abfallmenge an Stoffen/ Produkten und der über die bestimmungsgemäße Rücknahme erfassten Wertstoffmenge ermitteln zu können, ist es erforderlich, die stoffliche Zusammensetzung aller als relevant identifizierten Entsorgungspfade (vorrangig alle nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfade) 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 Elektro(nik)altgeräte (EAG), Bioabfälle im Restmüll und gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle einem Monitoring zu unterziehen. Für diese Stoffströme sollen alle als relevant erachteten Entsorgungspfade identifiziert und bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung untersucht werden.

In dieser Methodenbeschreibung wird der Hausmüll als nicht-bestimmungsgemäßer Entsorgungspfad beschrieben. Für den Hausmüll wird ein Methodenkonzept entwickelt, welches die Art der Erhebung (Befragung vs. Analyse und Vollerhebung vs. Teilerhebung), die Stichprobenplanung, die Messpunkte, die Schichtungen, die Beschreibung der Befragungen/ Analysen, das Hochrechnungsverfahren auf verschiedenen Ebenen und die Belastbarkeit der Ergebnisse beschreibt. Bei der Ausgestaltung des Konzepts wird auf vorhandene Systematiken und Erfahrungen, beispielsweise aus vergleichbaren Analysen von Siedlungsrestabfällen, zurückgegriffen. Grundlage für das in der Methodik vorzusehende Messverfahren sind die Sortierrichtlinien der Bundesländer, insbesondere die aktuellen Beschreibungen in den Sortierrichtlinien für Sachsen 2014 (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft (LfULG), 2014) und Rheinland-Pfalz 2022 (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RIP), 2022; Ministerialblatt der Landesregierung Rheinland-Pfalz, 2023).

Die Daten zu Aufkommen und Zusammensetzung von Hausmüll sollen vergleichbar, fortschreibbar und zusammenführbar (LfU RIP, 2022; Ministerialblatt der Landesregierung Rheinland-Pfalz, 2023) sein und sollen bezüglich ihrer Sortierstoffgruppen gemäß dem Stoffgruppenkatalog mit den für die Stoffströme darüber hinaus benötigten nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden kompatibel sein. Die Untersuchungsergebnisse der Hausmüllanalysen sollen für alle relevanten Stoffströme so konzipiert werden, dass die Ergebnisse für alle Stoffströme genutzt werden können (d. h. gebündelt) und damit Synergien genutzt und die Bearbeitung möglichst effizient gestaltet werden kann.

Die vorliegende Methodenbeschreibung ist in zwei Teile,

- A) Abfallanalysen für öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger und
- B) Zusammenführung und Hochrechnung der Abfallanalysen für Deutschland

¹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CONSIL%3AST_6972_2025_INIT (abgerufe am 07.11.2025).

gegliedert.

2 Untersuchungsgegenstand

Mit der vorliegenden Methodenbeschreibung für Hausmüll² wird in **Teil A** (Kapitel 3 bis 7) die Bestimmung der Menge und der Zusammensetzung der Abfälle auf Ebene der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und in **Teil B** (Kapitel 8 bis 11) die Zusammenführung und Hochrechnung der Abfallanalysen auf Bundesebene für Deutschland beschrieben. Die Methodenbeschreibung in **Teil B** baut auf den Inhalt von **Teil A** auf.

Hausmüll beinhaltet sämtliche Restabfälle aus Sammelbehältern bis zu einer Größe von 1,1 Kubikmeter (m³). Unter Hausmüll fallen auch die in gleichen Umleerbehälter (bis 1,1 m³) erfassten gewerblichen Restabfälle (der sogenannte Geschäftsmüll). Die Sammlung erfolgt haushaltsnah.

Unter Geschäftsmüll werden hausmüllähnliche gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle verstanden, die im Rahmen der kommunalen Erfassung (Systemabfuhr) durch die öRE (öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger) gemeinsam mit Restabfall aus privaten Haushalten erfasst werden.

Die Gesamtmenge des Hausmülls wird den jährlichen Abfallbilanzen der öRE entnommen. Die Gesamtmenge des Hausmülls aus privaten Haushalten wird über die angeschlossenen Haushalte bzw. Einwohner hochgerechnet. Um die korrekte Hochrechnung der Hausmüllmenge aus privaten Haushalten zu gewährleisten, muss bei der Durchführung der Sortieranalyse darauf geachtet werden, dass Behälter, welche gewerbliche Abfälle enthalten, nicht miterfasst werden.

Die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung der Hausmüllmenge aus privaten Haushalten erfolgt durch Sortieranalysen der zufällig ausgewählten Stichprobenbehälter. Für die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung der Geschäftsmüllmenge werden drei Vorgehensweisen, die als Sonderuntersuchungen umzusetzen sind, vorgeschlagen:

1. Wegen der „Ähnlichkeit“ zu Hausmüll aus privaten Haushalten die gleiche stoffliche Zusammensetzung für Hausmüll aus privater und gewerblicher Herkunft angenommen.
2. Es werden die Zusammensetzungen zufällig ausgewählter Behälter aus relevanten Branchen analysiert und zur Bestimmung der Geschäftsmüllzusammensetzung herangezogen. Es wird näherungsweise mit einer bundesweiten Branchenverteilung hochgerechnet.
3. Es 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.

Die Abbildung 1 zeigt die Abgrenzung von Hausmüll aus privater Herkunft von Geschäftsmüll aus gewerblicher Herkunft, der gemeinsam mit Hausmüll aus privater Herkunft gesammelt wird und von Gewerbeabfall aus gewerblicher Herkunft, der über eine von Haus- und Geschäftsmüll getrennte Sammlung erfasst wird. Durch die Art der kommunalen Sammlung wird nicht strikt nach privater und gewerblicher Herkunft unterschieden. Der Untersuchungsgegenstand beinhaltet somit Hausmüll aus privater und geschäftlicher Herkunft. Der über Wechselbehälter in separaten Sammlungen erfasste gemischte Gewerbeabfall ist nicht im Hausmüll enthalten. Dieser Anteil im gemischten Gewerbeabfall ist nicht Teil dieser Methodenvorschrift für Hausmüll.

² Hausmüll umfasst sämtliche Restabfälle, die im Verantwortungsbereich der kommunalen Sammlung erfasst werden und beinhaltet Restabfälle aus privaten Haushalten und Gewerbe (sogenannter Geschäftsmüll). Wertstoffe, die durch getrennte Sammlungen (bestimmungsgemäße Entsorgungspfade) gesammelt werden, sind im Hausmüll nicht mehr enthalten.

Die Stichprobenauswahl sowie die Hochrechnung des Geschäftsmülls sind methodisch so angelegt, dass die Anteile privater und gewerblicher Herkunft getrennt ausgewiesen werden können.

Abbildung 1: Abgrenzung von Siedlungsabfällen nach Herkunft



Quelle: Eigene Darstellung, ARGUS

Teil A:
**Methodenbeschreibung der Hausmüllanalyse für das Entsorgungsgebiet der
öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger**

3 Untersuchungsplanung (örE-Ebene)

Die Planung der Untersuchung umfasst alle zur Durchführung notwendigen organisatorischen und logistischen Aspekte, insbesondere die Entwicklung des Stichprobenkonzeptes sowie der Stichprobenplanung. Zur Planung der Stichprobe gehört die Festlegung der relevanten Einflussgrößen für eine geschichtete Vorgehensweise. Durch die Schichtung werden zum einen Einflussparameter auf das Untersuchungsergebnis berücksichtigt und zum anderen wird die Varianz verringert und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Untersuchung verbessert.

Die Komplexität regionaler und bundesweiter Untersuchungen erfordert darüber hinaus eine mehrstufige Auswahl der Stichproben. Durch das mehrstufige Auswahlverfahren wird der Planungs- und Untersuchungsaufwand deutlich reduziert. Dadurch muss u. a. von den Entsorgern/örE kein vollständiges Auswahlverzeichnis für alle Abfallbehälter des Untersuchungsgebietes bereitgestellt werden. Ein Auswahlverzeichnis für die nächsthöhere Ebene (Untersuchungs-Teilgebiete) ist mit dem mehrstufigen Verfahren ausreichend.

Die Planung der Stichprobenauswahl muss daher die Schichtung, die Mehrstufigkeit, den erforderlichen Stichprobenumfang sowie die Verteilung der Stichproben auf die Schichten und Stufen des Auswahlverfahrens berücksichtigen.

3.1 Allgemeine Planungsdaten (Rahmendaten)

Die erforderlichen Daten und Unterlagen für die Untersuchungsplanung, soweit verfügbar und von aktuellen Datenschutzbestimmungen erlaubt, sind mit Unterstützung der jeweiligen Entsorger zusammen zu stellen. Für die Auswertung und Hochrechnung der Ergebnisse werden weitere Rahmendaten zur Bebauungsstruktur, Einwohnerzahlen etc. benötigt, wie in Kapitel 5.1 erläutert.

Für die Planung werden im Regelfall folgende Rahmendaten benötigt:

- ▶ Jahreszeitliche Einflüsse
- ▶ Restabfallbehälterverzeichnis aller Grundstücke der Untersuchungs-Teilgebiete zur Behälterauswahl (Stichprobenadressen) inkl. Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtage, Sammelturnus, Zeitpunkt der letzten Behälterentleerung bei gebührenrelevanten technisierten Systemen und ggf. Behälterstandzeiten
- ▶ Informationen zu weiteren abfallwirtschaftlichen Erfassungssystemen (Glas, Leichtverpackungen, Papier, Pappe, Kartonagen) oder Bioabfallbehälter
- ▶ Gebäudestrukturdaten für die Planung der Schichten (örE-Ebene und Bundesebene)
- ▶ Einwohnerstrukturdaten für die Planung der mehrstufigen Auswahl (örE-Ebene und Bundesebene)

3.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten

Zu den untersuchungsspezifischen Planungsdaten gehören die Kampagnen, die Schichten und die Stichproben. Für ein mehrstufiges Auswahlverfahren werden zudem Einwohnerstrukturdaten auf verschiedenen Verwaltungs- und Planungsebenen benötigt.

3.2.1 Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse)

Für die Hausmüllanalyse müssen zwei unabhängige Sortierkampagnen durchgeführt werden, eine in der vegetationsarmen und eine in der vegetationsreichen Jahreszeit. Idealerweise sollte

die Kampagne für die vegetationsarme Zeit zwischen Dezember und Mitte März, die Kampagne für die vegetationsreiche Kampagne zwischen Mitte März und November stattfinden. Dies ist durch die starken jahreszeitlichen und lokalen Schwankungen in der Zusammensetzung und im Aufkommen von Bioabfall begründet. Wochen, in denen das Entsorgungsverhalten von Feiertagen oder Ferienzeiten beeinflusst wird, sollten bei der Auswahl ausgeschlossen werden. Dabei sind die Behälterstandzeiten zu berücksichtigen. Gleiches gilt für planbare Einzelveranstaltungen wie Stadt- und Gemeindefeste. In touristischen Gebieten sind Abweichungen der Einwohnerzahlen durch Feriengäste in der Auswertung zu berücksichtigen (siehe hierzu Kapitel 5). Die Kampagne beginnt mit der Probenahmetätigkeit vor Ort und endet mit dem Abschluss der Analysetätigkeit. Für die Planung der Kampagnen sind lange Behälterstandzeiten zu beachten, da die in den Stichproben enthaltenen Abfälle sonst teilweise in den ausgeschlossenen Kampagnenzeiten angefallen sind.

3.2.2 Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf örE-Ebene)

Die Grundgesamtheit der örE ist auf Bundesebene nach Siedlungsdichte, Menge des getrennt erfassten Bioabfalls und Gebührensystem für die Restabfallsammlung, siehe Kapitel 8.2.2 zu schichten.

Auf örE-Ebene muss die Bebauungsstruktur berücksichtigt werden. Je nach Siedlungsdichte des Gebiets können verschiedene Schichtungen vorgenommen werden, siehe Tabelle 1. Es ist auch möglich, unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten in den Entsorgungsgebieten Erweiterungen vorzunehmen. Erweiterungen müssen in die vorgegebene Grundstruktur der Schichtung überführbar sein.

Tabelle 1: Matrix Schichtungskriterien auf örE-Ebene

Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur
Ländlich (<150 Einwohner (Ew)/Quadratkilometer (km ²))	alt-ländliche Struktur (ALS)
	neu-ländliche Struktur (NLS)
	städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung (MMS)
	Großwohnanlagen (GWA)
Ländlich dicht (150 Ew/km ² bis 750 Ew/km ²)	alt-ländliche Struktur (ALS)
	neu-ländliche Struktur (NLS)
	städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung (MMS)
	Großwohnanlagen (GWA)
Städtisch/Großstädtisch (>750 Ew/km ²)	Ein- und Zweifamilienhäuser (EZH)
	offene Mehrfamilienhausbebauung (OMH)
	geschlossene Mehrfamilienhausbebauung (GMH)
	Großwohnanlagen (GWA)

Die in Tabelle 1 aufgeführten Bebauungsstrukturen sind über folgende Eigenschaften definiert:

Alt-ländliche Struktur: Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke unterschiedlicher Größe in gewachsener Struktur, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern.

Neu-ländliche Struktur: Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke im Vergleich zur alt-ländlichen Struktur meist kleiner und geringerer Grünflächenanteil, überwiegend in einem Zug errichtete „Wohnparks“ bzw. „Neubausiedlungen“, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern (vergleichbar mit Ein- und Zweifamilienhausbebauung in städtischen Entsorgungsgebieten).

Städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung: Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, dichte und offene Bebauung mit unterschiedlichem Anteil an Grünflächen, oft eingehauste Standplätze, ggf. hoher Gewerbeanteil.

Geschlossene Mehrfamilienhausbebauung: Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, dichte Bebauung mit geringem Anteil an Grünflächen, oft eingehauste Standplätze, ggf. hoher Gewerbeanteil.

Offene Mehrfamilienhausbebauung: Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, offene Bebauung mit hohem Anteil an Grünfläche, oft eingehauste Standplätze, ggf. hoher Gewerbeanteil.

Ein- und Zweifamilienhäuser: Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern.

Großwohnanlagen: Fünf- und mehrgeschossige Wohnbebauung mit weitgehend anonymer Abfallentsorgung, geringer Anteil an Grünfläche (insbesondere Bäume und Sträucher), meist eingehauste Standplätze, zum Teil Müllschleusen.

3.2.3 Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben)

3.2.3.1 Definition der Stichprobeneinheiten

Eine Stichprobeneinheit umfasst ein Abfallvolumen von ca. $1,1 \text{ m}^3$ und entspricht damit dem Standardvolumen eines $1,1 \text{ m}^3$ Rollcontainers. Eine Stichprobeneinheit kann sich aus $1 \times 1,1 \text{ m}^3$ Müllgroßbehälter (MGB), oder näherungsweise pragmatisch durch 4×240 Liter MGB, 8×120 Liter MGB, 12×80 Liter MGB, 16×60 Liter MGB bzw. entsprechenden Kombinationen zusammensetzen.

3.2.3.2 Notwendiger Stichprobenumfang

Der notwendige Stichprobenumfang ergibt sich aus der Genauigkeitsanforderung für die Zielgröße (Gesamtmenge und die mengenmäßig relevanten Hauptstoffgruppen). Bei einem mehrstufigen Auswahlverfahren ist zudem festzulegen, für welche Ebene die Genauigkeitsanforderung zu erreichen ist. Als Zielgröße für die Abfallmenge auf öRE-Ebene wird ein Konfidenzintervall mit einer Breite von ± 10 Prozent (%) um den geschätzten Wert (zulässige Abweichung) bei einem Konfidenzniveau von 95 % festgelegt. Daraus ergeben sich 6 bis 8 Stichprobeneinheiten je Schicht mit einer Genauigkeitsanforderung von ca. ± 24 %. Für das Gesamtergebnis auf öRE-Ebene werden dann ± 10 % Genauigkeit und für die Ergebnisse auf Bundesebene werden Genauigkeiten von ± 3 bis 5 % für die hochgerechnete Abfallmenge erreicht. Auch auf Bundesebene bezieht sich die angegebene Genauigkeit auf die Gesamtmenge und die mengenmäßig relevanten Hauptstoffgruppen.

Für jede Sortieranalyse auf örE-Ebene müssen somit insgesamt mindestens 48 Stichprobeneinheiten untersucht werden, das heißt 24 Stichprobeneinheiten pro Kampagne. Um die Mindestanforderungen zu erfüllen, können zwei zeitlich versetzte Kampagnen durchgeführt werden, bei denen zum Beispiel drei Schichten und 8 Stichprobeneinheiten oder vier Schichten und 6 Stichprobeneinheiten (insgesamt jeweils 48 Einzelstichproben) berücksichtigt werden. Durch Einhaltung dieser Mindestanforderungen und einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % kann eine maximale Zufallsabweichung von 10 % für die Gesamtmenge sowie für die mengenmäßig relevanten Stoffgruppen wie "Organik" im Hausmüll gewährleistet werden.

Je nach Untersuchungsrahmen und -anforderung kann ein höherer Stichprobenumfang bestimmt werden (siehe Teilbericht 1 zum Forschungsvorhaben Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme; Forschungskennzahl 3723 31 103 1).

3.2.3.3 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Aus den Rahmendaten des Untersuchungsgebietes in Kapitel 3.1 ist eine Auswahl an Hausmüllbehältern für die Stichprobenahme zu erstellen. In der kommunalen Hausmüllsammlung sind schätzungsweise 10 bis 25 % der Abfallmasse aus kleinen Gewerbebetrieben enthalten, welche die gemeinsam mit Behältern aus privaten Haushalten abgeholt werden. Für die Bestimmung der Hausmüllmenge aus privaten Haushalten ist es wichtig sicherzustellen, dass nur Behälter ohne gewerblichen Müll in die Stichprobenauswahl einbezogen werden. Um alle Privathaushalte, die Behälter mit und ohne gewerbliche Anteile nutzen, zu berücksichtigen, wird für Behälter, welche Restabfall aus privater und gewerblicher Herkunft enthalten angenommen, dass der Hausmüll aus privater Herkunft in diesen Behältern, die gleiche Zusammensetzung und pro-Kopf-Menge aufweist, wie Hausmüll aus Behältern mit rein privater Nutzung.

Die Stichproben sollten so festgelegt werden, dass der Anteil der jeweiligen Behältergrößen am Stichprobenvolumen und der Volumenanteil des jeweiligen Behältertyps am Gesamtbehältervolumen der Schicht möglichst gleich sind. Damit wird eine gleichwahrscheinliche Auswahl der Stichproben gewährleistet. Auf eine Schichtung nach Behältergrößen wird verzichtet. Die Stichprobenauswahl erfolgt geschichtet und mehrstufig in folgenden Schritten:

- ▶ Zufällige Auswahl von Untersuchungsgebieten (örE) nach Schichten auf Bundesebene (Ebene 1; Auswahlstufe 1; nur für die Auswahl auf Bundesebene erforderlich)
- ▶ Zufällige Auswahl von Untersuchungs-Teilgebieten (Ortsteile/Wohnblocks/Straßenzüge) nach Schichten auf örE-Ebene aus jedem Untersuchungsgebiet (Ebene 2; Auswahlstufe 2)
- ▶ Zufällige Auswahl von Stichprobenbehältern mit einem Gesamtvolumen von ca. 1,1 m³ aus den zufällig ausgewählten Untersuchungs-Teilgebieten (Ebene 2; Auswahlstufe 3)

Bei Stichprobeneinheiten welche aus mehreren Stichprobenbehältern (Teilstichproben ≤ 240 Liter) bestehen, muss bei der Auswahl darauf geachtet werden, dass alle Teilstichproben einer Stichprobeneinheit die gleiche Standzeit bzw. Sammeltturnus aufweisen.

Da die Probenahme möglichst am Tag der regelmäßigen Abfuhr stattfinden soll, muss der Abfuhrtag bei der Auswahl der Stichproben berücksichtigt werden.

Zudem ist wichtig, genügend Ersatzadressen für die geplante Stichprobenahme bereitzuhalten, da nicht garantiert werden kann, dass an allen vorgesehenen Stichprobenadressen tatsächlich Stichproben gewonnen werden können. Diese Ersatzadressen sind analog zu den planmäßigen Stichprobenadressen vor der Probenahme auszuwählen.

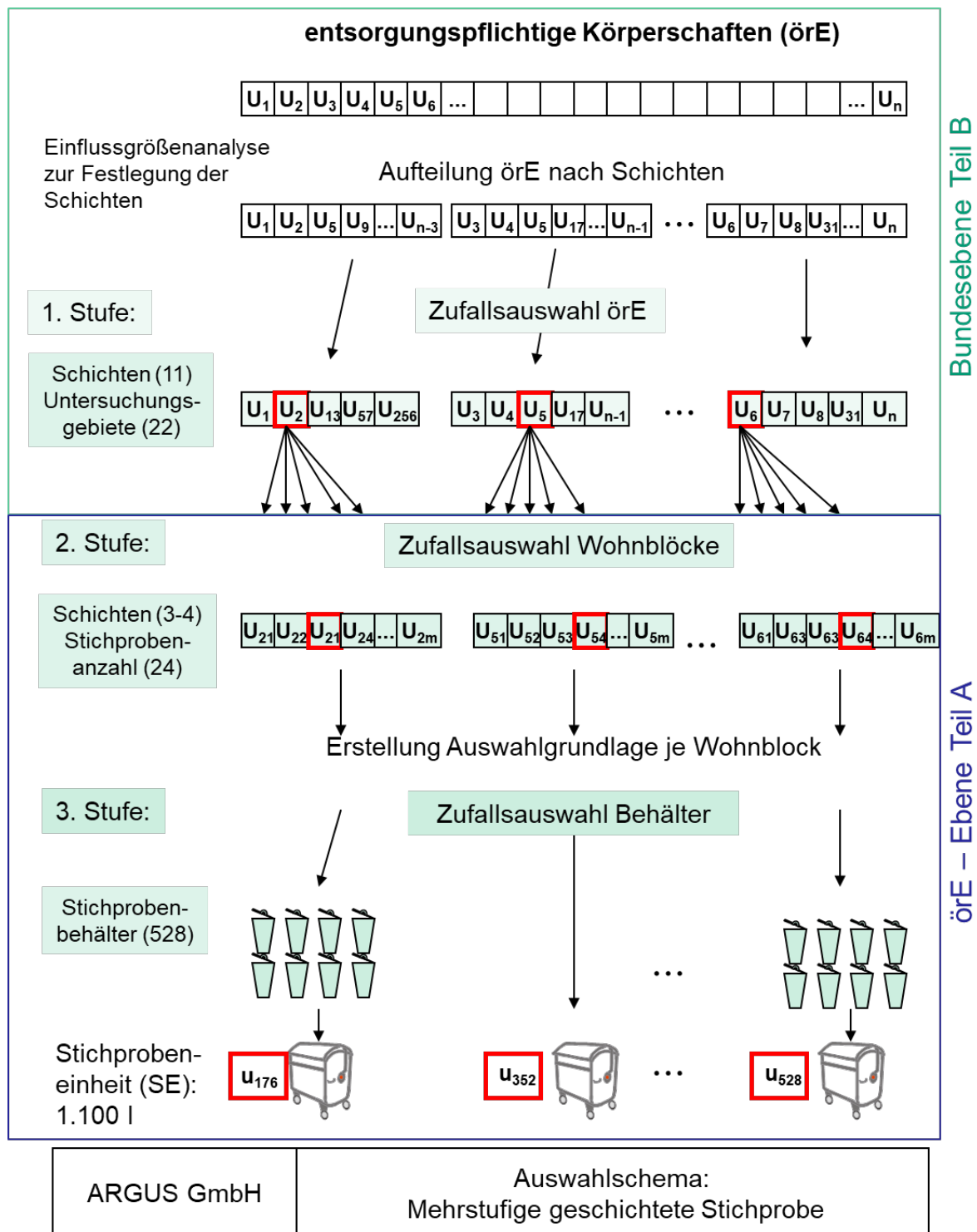
Werden in einem Untersuchungsgebiet Identsysteme³ eingesetzt, kann es zu einem sehr geringen Behälterbereitstellungsgrad kommen. Hier ist es wichtig, eine ausreichende Anzahl an Adressen für die Stichprobe bereitzuhalten. Dabei sollte die Standzeit der Behälter bei der Erstellung der Auswahl der Stichproben berücksichtigt werden.

Für die späteren Berechnungen muss die Anzahl der an die Behälter angeschlossenen Einwohner im Vorfeld oder im Nachgang der Beprobung bei der zuständigen Behörde abgefragt werden.

Abbildung 2 zeigt eine schematische Übersicht der Verteilung der Stichprobenanzahlen auf die Schichten und die Auswahlstufen.

³ Identsysteme dienen der eindeutigen Identifikation und Erfassung von Abfallbehältern mittels eines Barcodes oder Chip. Dadurch ist die Möglichkeit einer haushaltsbezogenen Zuordnung, Mengenabbrechung, Füllstandserfassung oder/und eine Optimierung der Sammelrouten gegeben.

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl - Hausmüll



Quelle: Eigene Darstellung, ARGUS

4 Durchführung

Zur Durchführung gehören die Stichprobenahme und die Sortierung des Hausmülls. Die technischen und arbeitsschutzbezogenen Voraussetzungen für die praktische Durchführung einer Hausmüllanalyse sind in den Anlagen A.1 bis A.3 enthalten.

4.1 Stichprobenahme

Die Stichprobenahme ist am Tag der regulären Hausmüllabfuhr unmittelbar vor der eigentlichen Sammlung der Abfälle an den ausgewählten Grundstücken/Adressen durchzuführen. Dabei sind für jede Stichprobenadresse die nachfolgend genannten Kenngrößen zu dokumentieren:

- ▶ Stichprobenadresse
- ▶ Anzahl der Behälter
- ▶ Volumen der Behälter
- ▶ Abfallmasse je beprobtem Behälter [Kilogramm (kg)/Behälter] (ggf. bei der Sortierung)
- ▶ bei gebührenrelevanten Identsystemen zusätzlich Behälterstandzeit
- ▶ der Füllgrad des Stichprobenbehälters sowie die Füllgrade aller weiteren bereitgestellten Hausmüllbehälter an der Stichprobenadresse

Falls Abweichungen von dieser Vorgehensweise erforderlich sind, müssen diese dokumentiert und bei der weiteren Auswertung berücksichtigt werden.

Falls bestimmte Stichprobeneinheiten ungeeignet sind, sollten diese durch vorher ausgewählte Ersatzadressen getauscht werden. Bei niedrigen Bereitstellungsgraden ist es wichtig, die Anzahl der Stichprobenadressen durch ausreichende Ersatzadressen zu ergänzen.

Entleerungshäufigkeiten von mehrmals pro Woche sollten auch in der Stichprobenahme berücksichtigt werden. Vorhandene zusätzliche Abfallmengen sind zu erfassen und zu dokumentieren. Behälter mit erkennbar gewerblichen Abfällen sollten von der Probennahme ausgeschlossen werden.

Bei gebührenrelevanten Ident-Systemen bzw. Ident-Wäge-Systemen kann die Zufallsauswahl von Stichprobenadressen häufig dazu führen, dass an diesen Adressen nicht keine Behälter zur Leerung bereitgestellt sind. Dies kann zu erheblichen Verzerrungen der Untersuchungsergebnisse durch die Auswahl von Behältern führen, für die gleichwahrscheinliche Standzeiten nicht berücksichtigt wurden. Um lange Kampagnenzeiträume durch die Berücksichtigung gleichwahrscheinlicher Standzeiten zu vermeiden, kann die Auswertung der Abholungsintervalle aus dem Vorjahr dienen.

Die Probennahme am Grundstück umfasst grundsätzlich den gesamten Inhalt der Abfallbehälter einschließlich eventuell vorhandener zusätzlicher Ablagerungen. Die Entnahme erfolgt direkt am Grundstück durch Behältertausch oder Umleeren des Inhalts. Bei Identsystemen ist ein Behältertausch in der Regel nicht möglich.

Es wird empfohlen, die Stichproben zu gewinnen, indem der Inhalt der bereitgestellten Abfallbehälter in transportable 1.100 Liter Behälter oder Big Bags mit einem Volumen von 1 m³ umgefüllt wird.

Alternativ kann ein separates Sammelfahrzeug für die Probennahme verwendet werden, das nicht im regulären Abfuhrbetrieb eingesetzt ist. Dabei muss sichergestellt werden, dass die

geplante Stichprobenmenge genau eingehalten wird und der Abfall im Fahrzeug unverändert bleibt (keine Verdichtung oder Rotation).

4.2 Siebung und Sortierung

Die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung des Hausmülls erfolgt durch händische Sortierung nach Stoffgruppen für jede Schicht. Die Siebung erfolgt durch Flach- oder Trommelsiebe. Die Siebung und Sortierung des Hausmülls muss von geschultem Personal unter Aufsicht eines erfahrenen Sortierleiters durchgeführt werden. Die Restabfälle sind vor der Sortierung bei 10 Millimeter (mm) und 40 mm zu sieben. Hierfür können maschinelle Siebaggregate oder Sortiertische mit Rundlochung eingesetzt werden. Bei der Verwendung von Trommelsieben ist darauf zu achten, dass der Abfall keiner Zerkleinerung oder Trocknung unterzogen wird.

Aus der Fraktion > 10 bis 40 mm wird gemäß der Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung / Beseitigung von Abfällen (LAGA PN 98) (Bundes/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 2001) eine repräsentative Teilmenge zur Sortierung ausgewählt. Pro Stichprobeneinheit sind mindestens 5 Liter je Stichprobeneinheit zu entnehmen.

Eine Sortierung der Fraktion ≤ 10 mm ist nicht erforderlich. Die Fraktion > 40 mm sowie eine Teilmenge der Fraktion > 10 bis 40 mm werden manuell sortiert, um die Abfallzusammensetzung zu bestimmen.

Für die Sortiertiefe gelten folgende Anforderungen:

Die Teilmenge der Fraktion > 10 bis 40 mm ist nach der ersten Differenzierungsebene (1 bis 12 Hauptstoffgruppen) des Stoffgruppenkatalogs zu sortieren. Die Fraktion > 40 mm ist nach allen Stoffgruppen einer Standardanalyse desselben Katalogs zu sortieren.

Folgende Massen sind anhand einer Wiegung für eine Stichprobeneinheit (ca. $1,1 \text{ m}^3$) für die folgende Auswertung zu ermitteln und zu dokumentieren:

- ▶ Masse Stichprobeneinheit vor Siebung (Masse der gefüllten Behälter – Masse der Leerbehälter)
- ▶ Fraktion ≤ 10 mm: Masse nach Siebung
- ▶ Fraktion > 10 bis 40 mm:
 - Gesamtmasse nach Siebung
 - Masse der entnommenen Teilmenge vor der händischen Sortierung
 - Einzelmassen der Stoffgruppen nach händischer Sortierung
- ▶ Fraktion > 40 mm:
 - Einzelmassen der Stoffgruppen nach händischer Sortierung

Die Ergebnisse der Fraktion > 10 bis 40 mm müssen zunächst auf die Gesamtmasse der Fraktion nach der Siebung hochgerechnet werden, da nur eine Teilmenge manuell sortiert wurde. Am Ende der Untersuchung liegen für jede Stichprobeneinheit die Massen- bzw. Massenanteile der einzelnen Stoffgruppen vor. Für jede Schicht wird eine statistische Charakterisierung der Stoffgruppen durchgeführt, die mindestens den Mittelwert, Median, Minimal- und Maximalwert umfasst. Weitere statistische Analysen sind bei Bedarf durchzuführen.

Mess- bzw. Darstellungsgenauigkeit

Für die Genauigkeit der Massebestimmung sind folgende Genauigkeitsgrenzen einzuhalten. Soweit diese Anforderungen aufgrund der konkreten Bedingungen bei der Datenaufnahme nicht eingehalten werden können, sind die Abweichungen von den festgelegten Genauigkeitsgrenzen zu dokumentieren. Minimal ist folgende Messgenauigkeit einzuhalten:

- ▶ Behälter ≤ 240 Liter: ± 100 Gramm (Einzelmessung)
- ▶ Behälter > 240 Liter: ± 1 kg

Optional: Analyse der Feinfraktion (≤10 mm)

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass der Organikanteil der Fraktion ≤ 10 mm zwischen 40 und 60 % beträgt. Bei der Darstellung des Organikanteils in den Ergebnissen laut Kapitel 6 besteht die Möglichkeit entweder einen standardisierten Wert von 50 % anzusetzen oder diesen anhand einer chemischen Analyse exakt zu bestimmen. Für eine chemische Analyse ist eine Beprobung der Feinfraktion nach den Bestimmungen der LAGA PN 98 (LAGA, 2001) und im Labor das Verfahren der Glühverlustbestimmung anzuwenden.

Zur chemischen Analyse wird die Feinfraktion (≤ 10 mm) für jede Kampagne und Schicht sorgfältig gemischt und homogenisiert. Anschließend wird eine repräsentative Teilmenge von 100 bis 200 Gramm entnommen. Diese Probe wird im Labor getrocknet und gesiebt. Fremdpartikel, die größer als 1 mm sind, werden gegebenenfalls vor der chemischen Analyse mithilfe von Pinzetten und Lupen entfernt.

Der ermittelte Glühverlust der Fraktion ≤ 10 mm ist zusätzlich zu den Angaben anzugeben.

4.3 Stoffgruppenkatalog und Besonderheiten bei der Zuordnung

Bei der manuellen Sortierung sind die Abfälle den in Tabelle 2 aufgelisteten Stoffgruppen zuzuordnen und die Massen bzw. Massenanteile anhand einer Verwiegung zu dokumentieren.

In Tabelle 2 ist der Stoffgruppenkatalog für eine Standard-Analyse dargestellt. Werden zusätzliche Informationen oder eine Sonderanalyse benötigt, kann dieser Stoffgruppenkatalog um Stoffgruppen und Differenzierungsebenen erweitert werden, diese sind vollständig im Anhang A1 des Abschlussberichts „Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme“ aufgelistet.

Tabelle 2: Stoffgruppenkatalog Hausmüll für eine Standardanalyse

Differenzierungsebene*	Stoffgruppe	Beispiele
1	Eisenmetalle (Fe-Metalle)	Fe-Metall-Verpackungen, sonstige Fe-Metall-Gegenstände
1-1	Fe-Verpackungen	Getränke-, Konserven- und Aerosoldosen, Deckel
1-2	Sonstige Fe-Metalle	Töpfe, Werkzeug, Beschläge, Nägel, Bauteile aus magnetischen Metallen
2	Nicht-eisenhaltige Metalle (NE-Metalle)	NE-Metall-Verpackungen, sonstige NE-Metall-Gegenstände
2-1	NE-Verpackungen	Aluminium (Al)-Verpackungen, sonstige NE-Verpackungen

Differenzierungsebene*	Stoffgruppe	Beispiele
2-1-1	Al-Verpackungen	Getränke-, Konserven- und Aerosoldosen, Deckel aus Aluminium
2-1-2	Sonstige NE-Verpackungen	Getränke-, Konserven- und Aerosoldosen, Deckel aus anderen NE-Metallen
2-2	Sonstige NE-Metalle	Töpfe, Werkzeug, Schmuck, Beschläge aus nicht magnetischen Metallen
3	Papier, Pappe, Karton (PPK)	Papierverpackungen, Druckerzeugnisse, sonstiges PPK
3-1	PPK-Verpackungen (ohne Verbunde)	Graukarton (Verpackungskartons, Toilettenpapierrollen, Papp-Joghurtbecher-Ummantelung), Mehl-/Zuckertüten, Braunkarton/Kartonagen
3-2	PPK-Druckerzeugnisse	Zeitungen, Illustrierte, Briefumschläge, Schreibpapier, Bücher, Papierschnitzel, Bons (kein Thermopapier)
3-3	Sonstige PPK	Papiermöbel, Stehsammler, Pappordner, Geschenkpapier,
4	Kunststoffe	Kunststoffverpackungen, sonstige Kunststoffe
4-1	Kunststoffverpackungen	Becher, Blister, Flaschen, Schalen, Verpackungstüten, Folien
4-2	Sonstige Kunststoffe	Sonstige Kunststoffe - starr und flexibel
5	Glas	Glasverpackungen, sonstiges Glas
5-1	Glasverpackungen (einschl. Verbund)	Flaschen, Konservengläser
5-2	Sonstige Glas	Gebrauchsgegenstände aus Glas, Trinkgläser, Flachglas
6	Bioabfälle	Küchen- und Nahrungsabfälle
6-1	Lebensmittelabfälle (LMA)	LMA verpackt/unverpackt
6-1-1	LMA (unverpackt oder entpackt)	unverpackte Küchen- und Nahrungsabfälle
6-1-1-1	Küchenabfälle	Obst- und ungekochte Gemüsereste, Kartoffel- und Eierschalen, Kaffeefilter, Teebeutel (kompostierbare LMA)
6-1-1-2	Nahrungsabfälle	Brot, Kuchen, Fleisch, Fisch, Knochen, gekochte Gemüseabfälle (nicht kompostierbare LMA)
6-1-1-3	Küchen-/Nahrungsabfälle, nicht differenziert	nicht zuordenbare unverpackte LMA (optional)
6-1-2	Lebensmittel (verpackt)	gefüllte/nicht restentleerte Lebensmittelverpackungen, volle Getränkebehältnisse, volle Konservendosen
6-2	Gartenabfälle	Laub, Rasenschnitt, Strauchwerk, Äste, Wurzelwerk, Topfpflanzen, Schnittblumen

Differenzierungsebene*	Stoffgruppe	Beispiele
6-3	Sonstige Organik	Kleintierstreu aus Holz, Hanfseile, Haare, Tierkadaver
7	Holz	Holzverpackungen, sonstiges Holz
7-1	Holzverpackungen	Camenbertschachtel, Erdbeerkorbchen, Zigarrenkiste
7-2	Sonstiges Holz	Holzmöbel, Bretter, Spanplatten, lackierte Möbel, furniertes Holz
8	Verbunde	Verbundverpackungen, sonstige Verbunde
8-1	Verbundverpackungen	Fe-, NE-, PPK- Verbunde, Flüssigkeitskartons
8-1-1	Verbundverpackungen mit Kunststoff als Nebenmaterial (Ausnahme: Flüssigkeitskartonagen (separate Stoffgruppe))	Fe-Metall Verbundverpackungen, NE-Metall Verbundverpackungen, PPK-Verbundpackungen
8-1-1-1	Fe-Metall Verbundverpackungen, mit Fe als Hauptmaterial	Eisen-Verbundverpackungen
8-1-1-2	NE-Metall Verbundverpackungen, mit Al als Hauptmaterial	Butterpapier
8-1-1-3	PPK-Verbundverpackungen mit PPK als Hauptmaterial	Zigarettschachteln, Getränkebecher, beschichtete Papiere, Bäckertüten
8-1-1-4	Flüssigkeitskartonagen	Flüssigkeitskartonagen für z. B. Milch und Saft und pastösen Lebensmitteln (z. B. Tomaten)
8-1-2	Verbundverpackungen auf Kunststoffbasis mit anderen Materialien als Nebenmaterial	Folienbeutel mit Standboden (z. B. Getränkeverpackungen) oder Seitenfalten (z. B. Nussverpackungen), vierseitig versiegelte Beutel (z. B. Tierfutter), jeweils mit Al-Schicht
8-2	EAG	Haushaltskleingeräte, Informations- und Telekommunikationstechnik, Unterhaltungselektronik, elektr. Werkzeuge, Spielzeug, Sport- und Freizeitgeräte, Medizinprodukte, Überwachungs- / Kontrollinstrumente, Haushaltsgroßgeräte, automatische Ausgabegeräte, Kühlgeräte, ölfüllte Radiatoren, Bildschirme, Monitore und TV-Geräte, Haushaltsgroßgeräte
8-3	Sonstige Verbunde	Gebrauchsgegenstände, Spielzeug, Dekoration
9	Mineralik, Inertstoffe	Keramik, Steine, Bauschutt, Geschirr, sonstige Mineralstoffe
10	Schadstoffe (Problemabfälle)	Batterien, Altmedikamente, Altchemikalien, altöhlhaltige Materialien, sonstige schadstoffbelastete Materialien, belastete Bauabfälle
10-1	Altbatterien	Batterien, Akkus

Differenzierungsebene*	Stoffgruppe	Beispiele
10-1-1	Gerätebatterien	Gerätebatterien
10-1-2	Leichte Verkehrsmittel Batterien (LV-Batterien)	LV-Batterien
10-1-3	Weitere Batterien	weitere Batterien
10-2	Sonstige Schadstoffe	Altmedikamente, Altchemikalien, altöhlhaltige Materialien, sonstige schadstoffbelastete Materialien, belastete Bauabfälle (z. B. Asbest), sonstiger schwermetallhaltiger Abfall, Lacke und Farben, Quecksilberhaltige Leuchtmittel, organische Lösungsmittel und Kühlmittel
11	Sonstige Abfälle	Alttextilien, nicht restentleerte Verpackungen (außer Lebensmittel), Stoffe anderweitig nicht genannt
11-1	Alttextilien	Bekleidung, Schuhe, Heimtextilien
11-1-1	Bekleidung	Bekleidung (inkl. Accessoires wie Mützen, Handschuhe, Schal)
11-1-2	Schuhe	alle Schuhe, auch Plastiksandalen, Hausschuhe,
11-1-3	sonstige Textilien (ohne Teppiche und Matratzen)	Handtücher, Tischdecken, Vorhänge, Beutel, Lappen
11-2	Hygieneprodukte	Kinderwindeln, Damenhygieneartikel, Inkontinenzmaterial
11-3	Hygienepapiere, nicht als PPK verwertbar	Taschentücher, Servietten, Küchenpapier, Papierhandtücher
11-4	Nicht restentleerte Verpackungen (außer Lebensmittel)	nicht restentleerte Verpackungen außer Lebensmittel (Kosmetik, Reinigungsmittel-Inhalt schwerer als Verpackung)
11-5	Sonstige Abfälle	gefüllte Staubsaugerbeutel, Wachs, Beutel mit Hundekot, Gummi, Leder, Tierkadaver, Teppiche, Matratzen, Fotos, Thermopapier, Backpapier, sonstige den anderen Stoffgruppen nicht zuordenbare Bestandteile
12	Fraktion ≤ 10 mm	Siebdurchgang ≤ 10 mm

*Die Anzahl der Ziffern kennzeichnet die Differenzierungseben (z. B. „1“: erste Differenzierungsebene, „1-1“: zweite Differenzierungsebene, „1-1-1“: dritte Differenzierungsebene, „1-1-1-1“: vierte Differenzierungsebene etc.)

Für die Zuordnung der Abfälle zu den Stoffgruppen gelten folgende Besonderheiten:

- ▶ Fraktionen ≤ 10 mm im Beutel, wie z. B. Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc. sind direkt der Fraktion ≤ 10 mm zuzuordnen
- ▶ Müllbeutel sind zu entleeren und der Inhalt den jeweiligen Stoffgruppen zuzuordnen
- ▶ trennbare Kombinationsverpackungen, die sich aus verschiedenen relativ leicht lösbaren Bestandteilen zusammensetzen, wie z. B. Gebäck- und Pralinenschachteln, Gläser bzw.

Flaschen mit Schraubverschlüssen, Spraydosen mit Verschlusskappen, Joghurtbecher mit Aludeckel etc. sind, soweit möglich (unter Berücksichtigung von Verschmutzungen), nach der jeweiligen Stoffgruppe getrennt zuzuordnen, entsprechend kleinere Verbunde bzw. Kombinationsverpackungen sind der jeweilig überwiegenden Stoffgruppe zuzuweisen

- ▶ Bei untypischen EAG, sogenannten „open-scope-Geräten“ - wie bspw. Möbeln oder Bekleidung mit Beleuchtung, sollte beachtet werden, dass diese als Ganzes unter das ElektroG fallen, nicht lediglich ihre elektronischen Komponenten
- ▶ „reine“ Stoffgruppen mit einem geringen Anteil (< 20 Masse-%) anderer Stoffgruppen, welche sich nur sehr schwer vom Hauptbestandteil lösen lassen (Bücher mit Kunststoff oder Ledereinband, Fahrradlenker mit Kunststoffgriff etc.) sind der dominierenden Stoffgruppe zuzuordnen
- ▶ Sofern weitere Festlegungen der Zuordnung für einzelne Abfallarten erforderlich sind, hat der Sortierleiter in Abhängigkeit der Zielsetzung der Sortieranalyse diese verbindlich festzulegen und zu dokumentieren

5 Auswertung und Hochrechnung (örE-Ebene)

Aufgrund der Komplexität des Hausmülls im Untersuchungsgebiet wird für die Analyse auf örE und auf Bundesebene ein mehrstufiges geschichtetes Auswahlverfahren angewandt (siehe Kapitel 3.2). Der Prozess der Auswertung und Hochrechnung umfasst die Vorbereitung der Stichprobendaten für die Hochrechnung, die Prüfungen auf Vollständigkeit und Plausibilität (siehe 5.2.1.2) sowie die Berechnungen der Schätzwerte. Nach Abschluss der Prüfungen werden die Stichprobendaten in umgekehrter Reihenfolge zum Auswahlmodell entlang der Auswahlstufen 3 bis 1 hochgerechnet. Zur Vorbereitung der Hochrechnung werden die erforderlichen Rahmendaten zusammengestellt (Kapitel 5.1) und gemäß der Berechnungsformeln in Kapitel 5.2 hochgerechnet.

5.1 Allgemeine Daten zur Auswertung und Hochrechnung

Folgende allgemeine Daten (Rahmendaten) sind zur Auswertung und Hochrechnung der Sortiererergebnisse im Regelfall notwendig:

- ▶ Gesamteinwohnerzahl des Entsorgungsgebietes, Einwohnerzahlen der Schichten sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit
- ▶ Standzeiten der Stichprobenbehälter

Weiterführende Rahmendaten können sein:

- ▶ Daten zur Siedlungsstruktur (Volkszählungen, Gebäude-, Wohnungszählungen etc.)
- ▶ Schwankungen der Einwohnerzahlen in Abhängigkeit von der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten, abwesende Einwohner in Ferienzeiten, Pendler, Studenten)
- ▶ Behältergrößen/-arten unter Beachtung der Anzahl der angeschlossenen Einwohner
- ▶ angebotene Wertstoffbehälter (Glas, Leichtverpackungen, Papier, Pappe, Kartonagen) oder Bioabfallbehälter
- ▶ Entfernung des Entsorgungsgebietes zum Wertstoffhof
- ▶ Umfang und Förderung der Eigenkompostierung
- ▶ Heizungsart

5.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen

Die Hochrechnung der Massen der Stichprobeneinheiten (in kg je Stichprobeneinheit) auf die Grundgesamtheit (Gesamtmassen in Tonnen je Jahr, in einwohnerspezifischen Massen in Kilogramm je Einwohner und Jahr und Stoffgruppen in Prozent) je örE erfolgt in einem einstufigen Verfahren. Auf örE-Ebene werden die Stufen 2 und 3 vereinfachend für die Hochrechnung der Schätzwerte zusammengefasst.

5.2.1 Hochrechnung der Stichprobenergebnisse auf örE-Ebene (Schicht-, Kampagnen- und Gesamtmassen)

5.2.1.1 Standardisierung der Einwohnerwerte je Stichprobeneinheit

Die an die Stichproben angeschlossenen Einwohner werden anhand ihrer Behältervolumina am Grundstück und ihrer Standzeiten auf eine einheitliche Bezugsgröße (Einwohner für Standzeit je Behältervolumen) standardisiert. Um gleichwahrscheinliche Auswahlbedingungen zu gewährleisten, sollten die Schwankungen der Volumina der Einzelstichproben unter Berücksichtigung der Standzeiten möglichst gering sein.

Zur Ermittlung der standardisierten Einwohnerzahl je Stichprobeneinheit sind im ersten Schritt die angeschlossenen Behältervolumina der Stichprobeneinheit und die Behälterstandzeiten auf eine Woche zu beziehen. Bei regelmäßig bereitgestellten Behältern ist die Standzeit aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit in der Regel bekannt. Gewöhnlich handelt es sich um ein- bis vierwöchentliche Sammelturnusse. Stichprobenbehälter ≤ 240 Liter, welche in einer Stichprobe zusammengefasst werden, müssen die gleiche Standzeit bzw. den gleichen Sammelturnus besitzen. Ebenso muss bei der Auswahl eines Stichprobenbehälters an einer Ladestelle mit mehreren Behältern auf die gleiche Standzeit bzw. den gleichen Sammelturnus aller Behälter geachtet werden. Bei der Ermittlung der angeschlossenen Einwohner ist an Stichprobenadressen mit unbeprobten Behältern auf eine repräsentative Gewichtung der Einwohnerzahl je Abfallbehälter zu achten.

Bei unregelmäßigen Standzeiten ist die Zeitspanne zwischen der letzten Leerung vor dem Kampagnenzeitraum und dem Probenahmetag zu verwenden. Werden im Untersuchungsgebiet gebührenrelevante Identensysteme eingesetzt, ist die je Stichprobenadresse ermittelte Einwohnerzahl auf die Zeitspanne zwischen der letzten Leerung vor dem Kampagnenzeitraum und dem Probenahmetag zu beziehen. Für die Berechnung der standardisierten Einwohnerzahl sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.

Mit Gleichung 1 wird die standardisierte Einwohnerzahl [$n \cdot$ Woche (Wo)] für jede Stichprobeneinheit j ermittelt.

$$\underline{e}w_j = \sum_{r=1}^{n_r} e w_r \cdot \frac{BV_{TSPE,r}}{BV_r} \cdot \frac{t_r}{7} \quad \text{Gleichung 1}$$

$\underline{e}w_j$	standardisierte Einwohnerzahl der Stichprobeneinheit j
$e w_r$	Einwohnerzahl an Ladestelle r an denen Teilstichprobeneinheiten (TSPE) entnommen werden
$BV_{TSPE,r}$	Behältervolumen aller Teilstichprobeneinheiten (TSPE) an der Ladestelle r
BV_r	gesamtes Behältervolumen an der Ladestelle r
t_r	Standzeit der Teilstichprobenbehälter an der Ladestelle r in Tagen
j	Laufindex für Stichprobeneinheiten
r	Laufindex der Ladestellen r zur Entnahme von Teilstichprobeneinheit (TSPE)
n_r	Anzahl der Ladestellen r an denen Teilstichprobeneinheiten (TSPE) entnommen werden

Die Anzahl der Stichprobeneinwohner je örE-Schicht wird dann über die Gleichung 2 berechnet.

$$ew_{h_{\text{örE}}} = \sum_{j=1}^{n_j} \underline{ew}_j \quad \text{Gleichung 2}$$

$ew_{h_{\text{örE}}}$ Summe der standardisierten Einwohner je örE-Schicht

5.2.1.2 Datenprüfung der Stichprobenergebnisse

Die Stichprobendaten werden zunächst auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft. Die Plausibilitätsprüfung der Stichprobenwerte erfolgt über standardisierte einwohnerspezifische Wochenwerte. Die standardisierten einwohnerspezifischen Wochenwerte werden über das Verhältnis aus der Stichprobenmasse der Einzelwerte und den standardisierten Einwohnerzahlen der Stichproben nach Gleichung 3 berechnet.

$$\underline{\dot{x}}_{j,l} = \frac{\dot{x}_{j,l}}{\underline{ew}_j} \quad \text{Gleichung 3}$$

$\underline{\dot{x}}_{j,l}$ standardisierte einwohnerspezifische Stichprobenmasse der Stichprobeneinheit j und Stoffgruppe l

\underline{ew}_j standardisierte Einwohnerzahl der Stichprobeneinheit j

$\dot{x}_{j,l}$ Stichprobenmasse der Stichprobeneinheit j und Stoffgruppe l

Die Datenprüfung erfolgt in mehreren Schritten. Als erster Schritt müssen die Sammel- und Sortierprotokolle auf Vollständigkeit geprüft werden. Nach der Übertragung in ein elektronisches Format werden die Daten stichprobenartig auf Fehler in der Übertragung mit den Papierprotokollen verglichen.

Als nächster Schritt muss die Richtigkeit der Daten gewährleistet werden. Dies wird anhand eines Vergleiches der Sammelmengen für eine Stichprobe mit den Summen der Einzelmassen je Stoffgruppe durchgeführt. Jegliche Abweichungen zwischen den Sammelmassen und den sortierten Massen müssen in der Größe dokumentiert und plausibel aufgelöst werden. Können größere nicht erklärbare Abweichungen nicht aufgelöst werden, führt dies zum Ausschluss der Stichprobe.

5.2.1.3 Hochrechnung auf Schichten (örE-Ebene)

Die Stichprobenergebnisse ($\dot{x}_{k,h_{\text{örE}},j,l}$) in kg werden für die jeweilige Kampagne und das jeweilige Entsorgungsgebiet (der örE) auf Schichtebene mit Gleichung 4 hochgerechnet.

$$\hat{X}_{k,h_{\text{örE}},l} = \frac{EW_{h_{\text{örE}}}}{ew_{h_{\text{örE}}}} \cdot \sum_{j=1}^{n_j} \dot{x}_{k,h_{\text{örE}},j,l} \quad \text{Gleichung 4}$$

$\hat{X}_{k,h_{\text{örE}},l}$ Schätzwert für die Masse je Kampagne k , Schicht $h_{\text{örE}}$ und Stoffgruppe l

$\dot{x}_{k,h_{\text{örE}},j,l}$ Stichprobenmasse je Kampagne k , Schicht $h_{\text{örE}}$, Stichprobeneinheit j und Stoffgruppe l

$EW_{h_{\text{örE}}}$ angeschlossene Einwohner je Schicht $h_{\text{örE}}$ in der Grundgesamtheit

$ew_{h_{\text{örE}}}$ angeschlossene Einwohner je Schicht $h_{\text{örE}}$ in der Stichprobe

k Laufindex für Kampagnen

j	<i>Laufindex für Stichprobeneinheiten</i>
$h_{örE}$	<i>Laufindex für örE-Schichten</i>
l	<i>Laufindex für Stoffgruppen</i>
n_j	<i>Anzahl der Stichprobeneinheiten</i>

5.2.1.4 Hochrechnung auf Kampagnen und Gesamt (örE-Ebene)

Die Hochrechnung der absoluten Abfallmengen je Kampagne erfolgt auf den Schätzwerten der örE-Schichten im Entsorgungsgebiet mit Gleichung 5.

Die ermittelten absoluten Abfallmengen je Kampagne sind auf den Gesamtwert je örE auf den Betrachtungszeitraum im Kalenderjahr mit folgendem Gewichtungsfaktoren (GF) gemäß Gleichung 6 hochzurechnen.

- ▶ vegetationsreiche Zeit: 67 %
- ▶ vegetationsarme Zeit: 33 %

$$\hat{X}_{k,l} = \sum_{h_{örE}=1}^{n_{h_{örE}}} \hat{X}_{k,h_{örE},l} \quad \text{Gleichung 5}$$

$$\hat{X}_l = \sum_{k=1}^{n_k} GF_k \cdot \frac{365}{7} \cdot \hat{X}_{k,l} \quad \text{Gleichung 6}$$

$\hat{X}_{k,l}$	<i>Schätzwert für die Masse je Kampagne k und Stoffgruppe l</i>
$\hat{X}_{k,h_{örE},l}$	<i>Schätzwert für die Masse je Kampagne k, Schicht $h_{örE}$ und Stoffgruppe l</i>
\hat{X}_l	<i>Schätzwert für die Masse je Stoffgruppe l</i>
k	<i>Laufindex für Kampagnen</i>
l	<i>Laufindex für Stoffgruppen</i>
$h_{örE}$	<i>Laufindex für örE-Schichten</i>
$n_{h_{örE}}$	<i>Anzahl der örE-Schichten</i>
n_k	<i>Anzahl der Kampagnen</i>
GF_k	<i>Gewichtungsfaktor für vegetationsarme bzw. -reiche Zeit je Kampagne</i>
$\frac{365}{7}$	<i>Hochrechnungsfaktor von Wochenwerte auf Jahreswerte</i>

Im Ergebnis liegt die absolute Abfallmenge in Tonnen pro Jahr [t/a] beziehungsweise der Jahresdurchschnittswert der einwohnerspezifischen Abfallmenge in Kilogramm pro Einwohner und Jahr [kg/(Ew*a)] vor. Hieraus kann die prozentuale Zusammensetzung der Restabfälle in Masse-% abgeleitet werden.

6 Dokumentation und Ergebnisbericht (örE-Ebene)

In der Dokumentation sind die ausgewählten Untersuchungsgebiete kurz zu beschreiben, die Restabfallmenge und die Anzahl der beprobten Restabfallbehälter, jeweils für jede Kampagne, anzugeben.

Im Anhang des Ergebnisberichts sind die aus der Sortierung erhaltenen Ergebnisse für jede Kampagne prozentual (Masse-%), einwohnerspezifisch [$\text{kg}/(\text{Ew} \cdot \text{Wo})$] und gesamt [kg/Wo] zu hinterlegen.

Die Ergebnisse der Hochrechnung auf die örE-Schichten sind sowohl prozentual (Masse-%), einwohnerspezifisch [$\text{kg}/(\text{Ew} \cdot \text{a})$] als auch gesamt [Megagramm (Mg)/a] für alle Stoffgruppen darzustellen.

Eine schematische Ergebnisdarstellung bei a-Anzahl an Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebenen und einer b-Anzahl an Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebenen nach Schichten (1 bis c) ist in Tabelle 3 gezeigt. Werden weitere Differenzierungsebenen benötigt, können diese Tabellen problemlos nach diesem Schema erweitert werden. Die Tabelle 4 kann jeweils für beide Kampagnen und für die Gesamtergebnisse beider Kampagnen verwendet werden.

Tabelle 3: Darstellung der Ergebnisse der örE nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Schicht 1 ¹ (Einheit) ²	Schicht 2 ¹ (Einheit) ²	Schicht c ¹ (Einheit) ²	Gesamt (Einheit) ²
1	1. Differenzierungsebene				
1-1	2. Differenzierungsebene				
1-2					
1-b					
2					
2-1					
2-2					
2-b					
a					
a-1					
a-2					
a-b					

[1] Als Bezeichnung kann die jeweilige örE-Schicht eingesetzt werden.

[2] Als Einheit kann für die Ergebnisdarstellung für eine Kampagne Masse-%, $\text{kg}/(\text{Ew} \cdot \text{Wo})$ und kg/Wo eingesetzt werden, für Jahresgesamtergebnisse Masse-%, $\text{kg}/(\text{Ew} \cdot \text{a})$ und Mg/a .

Tabelle 4: Darstellung der Gesamtergebnisse auf öRE Ebene nach Stoffgruppen

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Gesamt kg/Ew*Wo	Gesamt Masse-%	Gesamt Mg/Wo
1	1. Differenzierungsebene			
1-1	2. Differenzierungsebene			
1-2				
1-b				
2				
2-1				
2-2				
2-b				
a				
a-1				
a-2				
a-b				

7 Qualitätssicherung (örE-Ebene)

Zunächst ist zu berücksichtigen, dass der Hausmüll aus Privathaushalten und aus Gewerbebetrieben (dem sogenannten Geschäftsmüll) stammt. Der Anteil des Hausmülls aus Privathaushalten wird entlang der angeschlossenen Einwohner über ein statistisches Hochrechnungsverfahren bestimmt. Die gesamte Hausmüllmenge wird über Wiegescheine an den Entsorgungsanlagen bestimmt. Die Geschäftsmüllmenge berechnet sich aus der Differenz von gesamter Hausmüllmenge und hochgerechneter Hausmüllmenge aus privaten Haushalten. Methodisch bedingt gibt es daher eine Schwankung des Geschäftsmüllanteils, welcher zwischen 10 und 25 % liegen kann und abhängig von der Wirtschaftsstruktur der öRE ist. Für die hochgerechnete Hausmüllmenge aus privaten Haushalten variiert der Hausmüll aus Privathaushalten daher zwischen 75 und 90 % bezogen auf das verwogene Gesamtgewicht des Hausmülls.

Im Rahmen der Plausibilisierung wird daher geprüft, ob die hochgerechnete Hausmüllmenge in dem zu erwarteten Bereich von 75 bis 90 % der Gesamtmenge (Mittelwert der letzten 3 Jahre) des Hausmülls liegt. Abweichungen zwischen dem Hochrechnungsergebnis der Sortieranalyse und den tatsächlichen Abfallmengen, welche außerhalb des methodisch zu erklärenden Bereichs liegen, sind zu dokumentieren. Die Ursachen für die möglichen Abweichungen sind darzustellen und bei der Fortführung/Wiederholung der Abfalluntersuchung entsprechend zu berücksichtigen. Bei großen Abweichungen, welche ein Mehrfaches der Standardabweichung (ab 5-fach) betragen, ist eine Überprüfung der Stichprobenergebnisse, der Auswertung und Hochrechnung und ggf. eine Korrektur vorzunehmen.

Ein weiteres Kriterium für die Beurteilung der Qualität der Abfalluntersuchung stellt die Berechnung des Zufallsfehlers nach Vorliegen der Untersuchungsergebnisse dar. Vereinfachend kann hierzu die Varianz der Massen der Stichprobeneinheiten herangezogen werden. Weicht der aus den Stichproben berechnete Fehler erheblich von dem in der Stichprobenplanung festgelegten Fehler ab – beispielsweise eine berechnete Abweichung von $\pm 25\%$ im Vergleich zu einer zulässigen Abweichung von $\pm 10\%$ – kann dies auf das Vorliegen weiterer methodischer Fehler hindeuten und sollte daher einer Überprüfung unterzogen werden.

Für eine einfache Varianzberechnung beschränken sich die statistischen Kennziffern auf die Berechnung der Varianz, des Variationskoeffizienten und des relativen Fehlers (Konfidenzintervalls) auf Basis der Stichprobenwerte. Das Einhalten des Unsicherheitsbereichs wird anhand eines Vergleichs des relativen Fehlers mit den gewünschten, zuvor festgelegten Genauigkeitsbereichen bei einer festgelegten Sicherheit bestimmt. Als erster Schritt hierfür wird die Berechnung des geschätzten Mittelwertes $\hat{\bar{x}}$ der Einzelstichproben (\hat{x}_i) durchgeführt (siehe Gleichung 7).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n \hat{x}_i) \cong \hat{\bar{X}} \quad \text{Gleichung 7}$$

\bar{x}	Mittelwert der Stichprobenergebnisse
\hat{x}_i	Stichprobenmasse je Stichprobe i
$\hat{\bar{X}}$	Schätzwert für den Mittelwert
n	Anzahl der Stichproben
i	Laufindex für Stichprobe

In Gleichung 8 wird eine Varianzberechnung auf Basis der Stichprobenwerte für den gesamten öRE abgebildet, der als Obergrenze für den öRE-Schätzwert angenommen werden kann. Die genaue Berechnung für das mehrstufige geschichtete Modell ist aufwendig und kann daher durch die beschriebene Näherung ersetzt werden.

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 \quad \text{Gleichung 8}$$

$\sigma_{\bar{x}}^2$ Varianz des Schätzwertes

Gleichung 9 gibt die Formel wieder, um den Variationskoeffizient zu bestimmen, mit Gleichung 10 wird der relative Fehler der Ergebnisse berechnet.

$$\text{varkoeff}(x_i) = \frac{\sqrt{\sigma_{\bar{x}}^2}}{\bar{x}} \quad \text{Gleichung 9}$$

$\text{varkoeff}(x_i)$ Variationskoeffizient der Einzelwerte

$$\varepsilon_{x_i} = \text{varkoeff}(x_i) \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1} \quad \text{Gleichung 10}$$

ε_{x_i} Relativer Fehler

α Irrtumswahrscheinlichkeit

Bei starken Abweichungen der Ergebnisse zwischen dem geplanten zulässigen Fehler und dem berechneten Fehler können folgende Fehlerquellen ursächlich sein und entsprechend eingeordnet und korrigiert werden: die Zuordnung von Blöcken, fehlerhafte Einwohnerdaten oder Ausreißer in den Sammelmengen, welche auf ungewöhnliche Ereignisse, wie zum Beispiel Bau- oder Renovierungsarbeiten zurückzuführen sind. Nach gründlicher Prüfung und Vergleich mit früheren Untersuchungen können diese Ausreißer ggf. ausgeglichen werden oder die betroffene Stichprobeneinheit muss aus der Analyse ausgeschlossen werden.

Teil B:
**Methodenbeschreibung zur Zusammenführung und Hochrechnung der
Abfallanalysen für Gesamt Deutschland**

8 Untersuchungsplanung (Bundesebene)

Die Planung der Untersuchung umfasst alle zur Planung und Hochrechnung notwendigen Aufgaben, insbesondere die Entwicklung des Stichprobenkonzeptes auf Bundesebene. Zur Planung der Stichproben gehört die Festlegung der relevanten Einflussgrößen für eine geschichtete Vorgehensweise. Durch die Schichtung werden zum einen die Einflussparameter auf das Untersuchungsergebnis berücksichtigt. Zum anderen wird die Varianz reduziert und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Untersuchung verbessert.

Die Komplexität bundesweiter Untersuchungen erfordert darüber hinaus eine mehrstufige Auswahl der Stichproben. Durch das mehrstufige Auswahlverfahren wird der Planungs- und Untersuchungsaufwand deutlich reduziert. Dadurch muss kein vollständiges Auswahlverzeichnis für alle öRE des Untersuchungsgebietes bereitgestellt werden.

Die Planung der Stichprobenauswahl muss daher die Schichtung, die Mehrstufigkeit, den erforderlichen Stichprobenumfang sowie die Verteilung der Stichproben auf die Schichten und Stufen des Auswahlverfahrens berücksichtigen.

8.1 Allgemeine Planungsdaten (Rahmendaten)

Die erforderlichen Daten und Unterlagen für die Untersuchungsplanung, soweit verfügbar und von aktuellen Datenschutzbestimmungen erlaubt, sind durch den jeweiligen Entsorger zur Verfügung zu stellen. Für die Auswertung und Hochrechnung der Ergebnisse werden weitere Rahmendaten zur Bebauungsstruktur, Einwohnerzahlen etc. benötigt, wie in Kapitel 5.1 erläutert.

Für die Planung werden im Regelfall folgende Rahmendaten benötigt:

- ▶ Allgemeine abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes (Gebührensysteem, Grobskizzierung der abfallwirtschaftlichen Erfassungssysteme)
- ▶ Gebäudestrukturdaten für die Planung der Schichten
- ▶ Einwohnerstrukturdaten für die Planung der mehrstufigen Auswahl

8.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten

Zu den untersuchungsspezifischen Planungsdaten gehören die Kampagnen, die Schichten und die Stichproben. Für ein mehrstufiges Auswahlverfahren werden zudem Einwohnerstrukturdaten auf verschiedenen Verwaltungs- und Planungsebenen benötigt.

8.2.1 Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse)

Bei der Untersuchungsplanung erfolgte die Festlegung der Kampagnenanzahl bereits auf öRE-Ebene. Für Hausmüll wurden auf öRE-Ebene zwei Untersuchungskampagnen festgelegt. Damit ergeben sich auch auf Bundesebene zwei Untersuchungskampagnen, die entsprechend geplant und hochgerechnet werden müssen.

8.2.2 Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf Bundesebene)

Die Grundgesamtheit des Analysegebiets ist auf Bundesebene nach Siedlungsdichte, Menge getrennt erfassten Bioabfalls, Gebührensysteme für die Restabfallsammlung und Bebauungsstruktur zu schichten.

Auf bundesweiter Ebene müssen folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- ▶ Siedlungsdichte:
 - Ländlich: <150 Ew je km²
 - Ländlich dicht: 150 Ew je km² bis 750 Ew je km²
 - Städtisch/Großstädtisch: >750 Ew je km²
- ▶ Menge der getrennt erfassten Bioabfallmenge:
 - Gering (≤ 25 kg/Ew*a)
 - Hoch (> 25 kg/Ew*a)
- ▶ Gebührensysteme für die Restabfallsammlung:
 - Regelabfuhr
 - Gebührenrelevante technisierte Systeme (Identsysteme)

Nach diesen Schichtungskriterien ergibt sich folgende Matrix (siehe Tabelle 5), nach der die öRE der Bundesrepublik Deutschland 12 verschiedenen Schichten zugeordnet werden können.

Tabelle 5: Matrix Schichtungskriterien auf Bundesebene

Siedlungsstruktur	Bioguterfassung	Hausmüllabfuhr
Ländlich (<150 Ew/km ²)	gering	Regelabfuhr
		Gebührenrelevante technisierte Systeme
	hoch	Regelabfuhr
		Gebührenrelevante technisierte Systeme
Ländlich dicht (150 Ew/km ² bis 750 Ew/km ²)	gering	Regelabfuhr
		Gebührenrelevante technisierte Systeme
	hoch	Regelabfuhr
		Gebührenrelevante technisierte Systeme
Städtisch/Großstädtisch (>750 Ew/km ²)	gering	Regelabfuhr
		Gebührenrelevante technisierte Systeme ⁴

⁴ In Dornbusch et al. (2020) wurde die Schicht Städtisch/ Großstädtisch (>750 Ew/km²) mit geringer Bioguterfassung und mit gebührenrelevanten technisierten Systemen, aufgrund geringen Vorkommens und Einwohnerzahl als nicht repräsentativ auf Bundesebene eingestuft. Die Einwohner dieser Schicht wurden in der Hochrechnung auf Bundesebene auf eine ähnliche Schicht umverteilt.

Siedlungsstruktur	Bioguterfassung	Hausmüllabfuhr
	hoch	Regelabfuhr
		Gebührenrelevante technisierte Systeme

8.2.3 Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben)

8.2.3.1 Definition der Stichprobeneinheiten

Auswahleinheiten auf Bundesebene sind die örE. Bundesweit gibt es Gesamtanzahl 393 örE (Dornbusch et al., 2020).

8.2.3.2 Notwendiger Stichprobenumfang

Der notwendige Stichprobenumfang auf Bundesebene ergibt sich aus der Verteilung der örE nach Schichten. Daraus ergeben sich auf Bundesebene 12 ausgewählte örE, die auf vier unterschiedliche Regionen (Nord, West, Ost und Süd)⁵ verteilt sind.

Als Zielgröße wurde die Genauigkeitsanforderung auf Ebene der örE mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 10\%$ der Abfallmenge bei einem Konfidenzniveau von 95 % festgelegt. Daraus ergeben sich 6 bis 8 Stichprobeneinheiten je Schicht mit einer Genauigkeitsanforderung von ca. $\pm 24\%$. Für das Gesamtergebnis auf örE-Ebene werden dann $\pm 10\%$ Genauigkeit und für die Ergebnisse auf Bundesebene werden Genauigkeiten von ± 3 bis 5 % für die bundesweit hochgerechnete Abfallmenge erreicht.

Für jede Sortieranalyse auf örE-Ebene müssen somit insgesamt mindestens 48 Stichprobeneinheiten untersucht werden, das heißt 24 Stichprobeneinheiten pro Kampagne.

Daraus ergibt sich ein Stichprobenumfang für die bundesweite Untersuchung von 12 theoretisch mögliche Schichten auf Bundesebene x 48 Stichprobeneinheiten auf örE-Ebene entsprechend einer Gesamtanzahl von 576 Stichprobeneinheiten.

Durch Einhaltung der Mindestanforderungen von $\pm 10\%$ auf örE-Ebene lässt sich eine Genauigkeit von ± 3 bis 5 % ableiten, so dass die Stichprobenanzahl für die Gesamtmenge sowie für die mengenmäßig relevanten Stoffgruppen (wie Organik) im Hausmüll gewährleistet werden kann.

Je nach Untersuchungsrahmen und -anforderung kann ein höherer Stichprobenumfang bestimmt werden (siehe Teilbericht 1 zum Forschungsvorhaben Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme; Forschungskennzahl 3723 31 103 1).

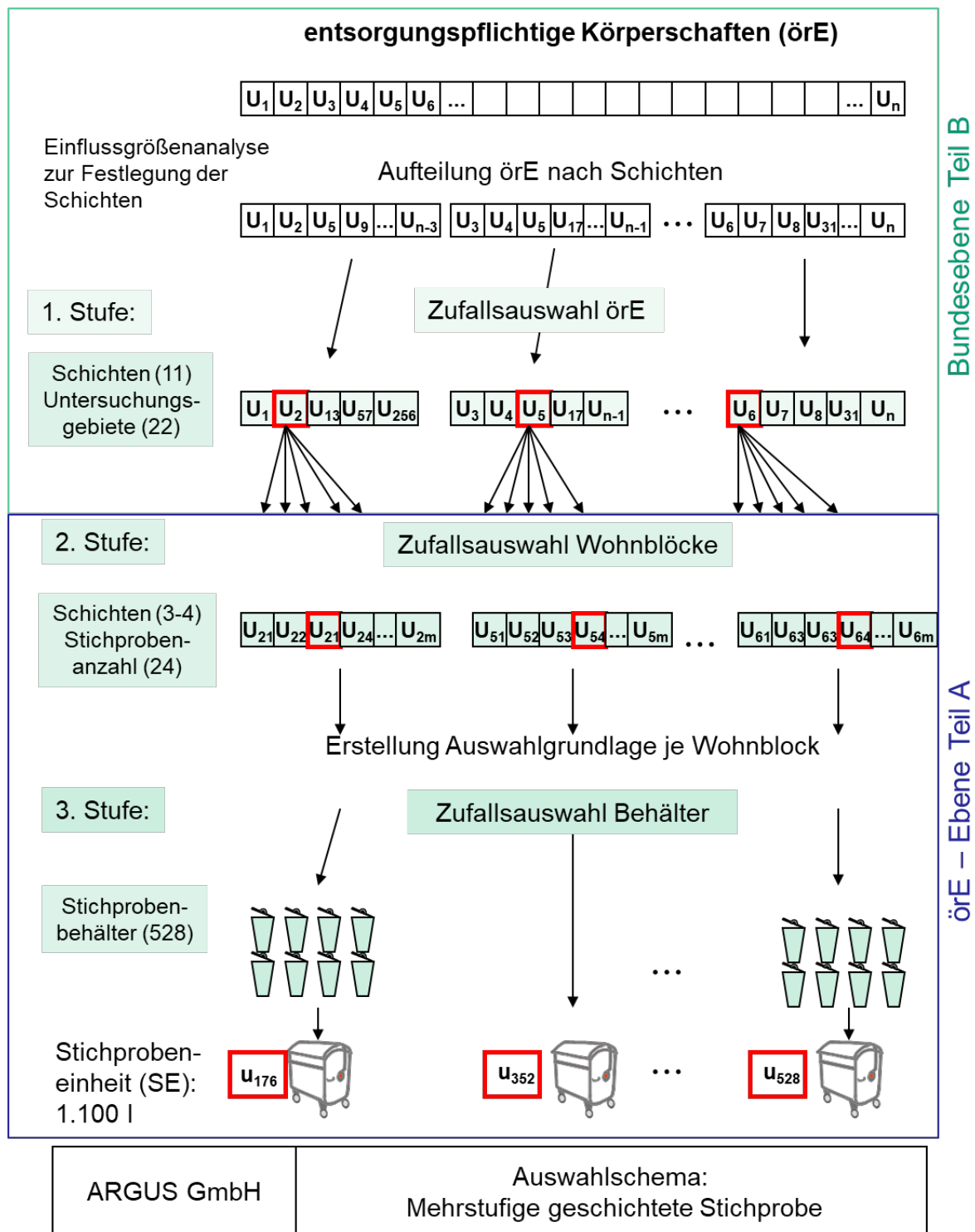
8.2.3.3 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Die Festlegung der Auswahleinheiten (Untersuchungsgebiete sind die örE) auf Bundesebene erfolgt nach dem Zufallsprinzip, wobei die Zuordnung nach Regionen und Schichten zu beachten ist.

Abbildung 3 zeigt eine schematische Übersicht der Verteilung der Stichprobenanzahlen auf die Schichten und die Auswahlstufen.

⁵ **Nord:** Hamburg, Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Bremen; **Ost:** Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin, Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen; **Süd:** Bayern, Baden-Württemberg; **West:** Nordrhein-Westfalen, Saarland, Rheinland-Pfalz, Hessen

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl - Hausmüll



Quelle: Eigene Darstellung, ARGUS

9 Auswertung und Hochrechnung (Bundesebene)

Aufgrund der Komplexität des Hausmülls im Untersuchungsgebiet wird für die bundesweite Analyse ein mehrstufiges geschichtetes Auswahlverfahren angewendet. Der Prozess der Auswertung und Hochrechnung der örE-Ergebnisse auf Bundesebene umfasst die Hochrechnung der Schichtwerte der örE auf die Bundesebene nach Kampagnen und Insgesamt.

Zur Vorbereitung der Hochrechnung werden die erforderlichen Rahmendaten zusammengestellt (Kapitel 9.1) und gemäß der Berechnungsformeln in Kapitel 9.2 hochgerechnet.

9.1 Allgemeine Daten zur Auswertung und Hochrechnung

Folgende allgemeine Daten (Rahmendaten) sind zur Auswertung und Hochrechnung der Sortiererergebnisse im Regelfall notwendig:

- ▶ Gesamteinwohnerzahl des Entsorgungsgebietes, Einwohnerzahlen der Schichten sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit

Weiterführende Rahmendaten können sein:

- ▶ Daten zur Siedlungsstruktur (Volkszählungen, Gebäude-, Wohnungszählungen, etc.)
- ▶ Schwankungen der Einwohnerzahlen in Abhängigkeit von der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten, abwesende Einwohner in Ferienzeiten, Pendler, Studenten)

9.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen

Die Hochrechnung der Massen der Stichprobeneinheiten (in kg je Stichprobeneinheit) auf die Grundgesamtheit (Gesamtmassen in Tonnen je Jahr, in einwohnerspezifischen Massen in Kilogramm je Einwohner und Jahr und in Stoffgruppen in Prozent) Deutschland erfolgt in einem zweistufigen Verfahren. Auf Ebene 2 werden die Stufen 2 und 3 für die Hochrechnung der Schätzwerte auf örE-Ebene vereinfachend zusammengefasst. Für die Ebene 1 werden die örE-Ergebnisse auf Bundesergebnisse hochgerechnet.

9.2.1 Hochrechnung auf Deutschland Schichten (Kampagnen und Gesamt)

Basierend auf den örE-Ergebnissen auf Schichtebene werden die bundesweiten Schätzwerte für Deutschland (DE)-Schichten, Kampagnen und insgesamt berechnet. Die Hochrechnung erfolgt entlang der Einwohner über die Schichten.

9.2.1.1 Hochrechnung auf Schichtebene DE

Die Ergebnisse der örE-Untersuchungen sind nach den folgenden Schritten auf die jeweiligen bundesweiten Schichten (Deutschland Gesamt) und das Kalenderjahr hochzurechnen. Mit Gleichung 11 werden die Schichtergebnisse der örE [t/(Wo)] auf die bundesweiten Schichtwerte hochgerechnet.

$$\hat{X}_{k,h_{DE},l} = \sum_{m=1}^{n_m} \sum_{h_{örE}=1}^{n_{h_{örE}}} \hat{X}_{k,h_{DE},m,h_{örE},l} \quad \text{Gleichung 11}$$

$\hat{X}_{k,h_{DE},l}$ Schätzwert für die Masse je Kampagne k , Schicht h_{DE} , und Stoffgruppe l

$\hat{X}_{k,h_{DE},m,h_{örE},l}$	Schätzwert für die Masse je Kampagne k , Schicht h_{DE} , Schicht $h_{örE}$, Primärstichprobe m , und Stoffgruppe l (in Gleichung 4 als $\hat{X}_{k,h_{örE},l}$ bezeichnet)
k	Laufindex für Kampagnen
m	Laufindex für Primärstichproben
$h_{örE}$	Laufindex für örE-Schichten
h_{DE}	Laufindex für DE-Schichten
l	Laufindex für Stoffgruppen
$n_{h_{örE}}$	Anzahl der örE Schichten
n_m	Anzahl der Primärstichproben (zufällig ausgewählte örE auf Bundesebene, welche den Schichten auf Bundesebene zugeteilt werden)

9.2.1.2 Hochrechnung auf Kampagnenebene und DE-Gesamt

Die Hochrechnung der absoluten Abfallmengen je Kampagne erfolgt auf Basis der Schätzwerte der DE-Schichten nach Gleichung 12. Die ermittelten absoluten Abfallmengen je Kampagne sind auf den Gesamtwert für Deutschland im Betrachtungszeitraum im Kalenderjahr gemäß Gleichung 13 hochzurechnen. Der Wert für den Gewichtungsfaktor GF_k kann Kapitel 5.2.1.4 entnommen werden.

$$\hat{X}_{k,l} = \sum_{h_{DE}=1}^{n_{h_{DE}}} \frac{EW_{h_{DE}}}{ew_{h_{DE}}} \cdot \hat{X}_{k,h_{DE},l} \quad \text{Gleichung 12}$$

$$\hat{X}_l = \sum_{k=1}^{n_k} GF_k \cdot \frac{365}{7} \cdot \hat{X}_{k,l} \quad \text{Gleichung 13}$$

\hat{X}_l	Schätzwert für die Masse je Stoffgruppe l
$\hat{X}_{k,l}$	Schätzwert für die Masse je Kampagne k und Stoffgruppe l
$\hat{X}_{k,h_{DE},l}$	Schätzwert für die Masse je Kampagne k , Schicht h_{DE} und Stoffgruppe l
k	Laufindex für Kampagnen
h_{DE}	Laufindex für DE-Schichten
n_k	Anzahl der Kampagnen
$n_{h_{DE}}$	Anzahl der DE-Schichten
$EW_{h_{DE}}$	angeschlossene Einwohner in der Schicht h_{DE} in der Grundgesamtheit
$ew_{h_{DE}}$	angeschlossene Einwohner in der Schicht h_{DE} in der Stichprobe
GF_k	Gewichtungsfaktor für vegetationsarme bzw. -reiche Zeit (siehe Kapitel 5.2.1.4)
$\frac{365}{7}$	Hochrechnungsfaktor von Wochenwerte auf Jahreswerte

Im Ergebnis liegt die absolute Abfallmenge in Tonnen pro Jahr [t/a] beziehungsweise der Jahresdurchschnittswert der einwohnerspezifischen Abfallmenge in Kilogramm pro Einwohner und Jahr [kg/(Ew*a)] vor. Hieraus kann die prozentuale Zusammensetzung der Restabfälle in Masse-% abgeleitet werden.

10 Dokumentation und Ergebnisbericht (Bundesebene)

Vor der Darstellung der ermittelten Ergebnisse der Bundesebene im Ergebnisteil ist eine Dokumentation der vorhandenen Rahmenbedingungen notwendig, um die methodische Transparenz der Hochrechnung zu gewährleisten. Insbesondere ist die Verteilung der Einwohner je Schicht auf Bundesebene zahlenmäßig zu dokumentieren. Außerdem sind weiterführende Daten für die Hochrechnung der Bundesebene anzugeben.

Im Ergebnisteil des Berichtes soll die auf Bundesebene hochgerechnete Abfallzusammensetzung dargestellt werden. Die Ergebnisse sollen nach Schichten und Stoffgruppen prozentual (Masse-%), einwohnerspezifisch [$\text{kg}/(\text{Ew} \cdot \text{a})$] und absolut [Mg/a] dargestellt werden.

Des Weiteren wird im Anhang des Ergebnisberichts eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse gewünscht, diese Tabellen sollen die Ergebnisse der einzelnen Schichten auf Bundesebene wiedergeben. Hierbei soll jeweils eine Tabelle für jede vorhandene Schicht auf Bundesebene dargestellt werden. Diese sollen die Jahresdurchschnittswerte nach Stoffgruppen und Schichten auf Bundesebene enthalten. Für jede Schicht auf Bundesebene wird dazu die prozentuale sowie die jährliche einwohnerspezifische Menge und die Gesamtjahresmenge dargestellt.

Eine schematische Darstellung der Ergebnisse ist in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt. Die Bezeichnungen und Indizes sind analog zur Ergebnisdarstellung auf öRE-Ebene (siehe Kapitel 6).

Tabelle 6: Darstellung der Ergebnisse auf Bundesebene nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Schicht 1 ¹ (Einheit) ²	Schicht 2 ¹ (Einheit) ²	Schicht c ¹ (Einheit) ²	Gesamt (Einheit) ²
1	1. Differenzierungsebene				
1-1	2. Differenzierungsebene				
1-2					
1-b					
2					
2-1					
2-2					
2-b					
a					
a-1					
a-2					
a-b					

[1] Als Bezeichnung kann die jeweilige DE-Schicht eingesetzt werden.

[2] Als Einheit kann für die Ergebnisdarstellung für eine Kampagne Masse-%, $\text{kg}/(\text{Ew} \cdot \text{Wo})$ und kg/Wo eingesetzt werden, für Jahresgesamtergebnisse Masse-%, $\text{kg}/(\text{Ew} \cdot \text{a})$ und Mg/a .

Tabelle 7: Darstellung der Gesamtergebnisse auf Bundesebene

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Gesamt kg/Ew*a	Gesamt Masse-%	Gesamt Mg/a
1	1. Differenzierungsebene			
1-1	2. Differenzierungsebene			
1-2				
1-b				
2				
2-1				
2-2				
2-b				
a				
a-1				
a-2				
a-b				

11 Qualitätssicherung (Bundesebene)

Die Ergebnisse auf Bundesebene können aus den Resultaten der örE-Schicht abgeleitet werden. Wenn die Unsicherheitsbereiche auf der örE-Ebene eingehalten werden, ist zu erwarten, dass diese auch auf Bundesebene durch die größere Stichprobenanzahl eingehalten werden. Basierend auf Erfahrungswerten aus bestehenden Analysen wird angenommen, dass die Varianz auf Bundesebene zwischen 3 bis 5 % liegt.

12 Quellenverzeichnis

Biostoffverordnung (BioStoffV). Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2021): Arbeitsschutz in der BioStoffV. <https://www.bmas.de/DE/Service/Publikationen/Broschueren/a227-biostoffverordnung-2013-08.html> (abgerufen am 20.03.2025).

BGK - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2017): Methodenentwicklung zur Bestimmung der Sortenreinheit von Bioabfällen.; HUK-Dateien, 1. Auflage Juni 2017. Verfasser: Intecus GmbH. https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/HUK-Dateien/2018/Q2_2018/Abschlussbericht-final.pdf (abgerufen am 20.03.2025).

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> (aufgerufen am 17.06.2024).

Europäische Kommission. (2005): Entscheidung 2005/270/EG der Kommission vom 22. März 2005 zur Festlegung der Tabellenformate für die Datenbank gemäß der Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Verpackungen und Verpackungsabfälle. In: Amtsblatt der Europäischen Union, L 86, 05.04.2005.

Europäische Kommission. (2019): Delegierter Beschluss (EU) 2019/1597 der Kommission vom 3. Mai 2019 zur Ergänzung der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf eine gemeinsame Methodik und Mindestqualitätsanforderungen für die einheitliche Messung des Umfangs von Lebensmittelabfällen. In: Amtsblatt der Europäischen Union, L 248, 27.09.2019.

Europäische Kommission. (2023): Durchführungsverordnung (EU) 2023/595 der Kommission 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. In: Amtsblatt der Europäischen Union, L 78, 17.03.2023.

Europäisches Parlament und Rat. (2023): Verordnung (EU) 2023/1542 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Juli 2023 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. In: Amtsblatt der Europäischen Union, L 191, 28.07.2023, Art. 69 Abs. 5.

Rat der Europäischen Union. (2025): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle – Analyse des endgültigen Kompromisstextes mit Blick auf eine Einigung. Dokumenten-Nr. 6972/25 vom 13. März 2025. Nicht veröffentlicht. Nur in englischer Sprache verfügbar.

LfU RIP- Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz [Hrsg.] (2022): Richtlinie zur Analyse von Restabfall in Rheinland-Pfalz nach dem Stand der Technik 2022, Mainz.

LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft [Hrsg.] (2014): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Dresden.

LAGA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall. (2001): LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen. https://www.laga-online.de/documents/m32_laga_pn98_1503993280.pdf (abgerufen am 20.03.2025).

Ministerialblatt der Landesregierung Rheinland-Pfalz. (2023): 75. Jahrgang Nr. 12. Mainz. [231115_GAP-SP_Ministerblatt_Nr.12.pdf](#) (aufgerufen am 27.10.2025).

A Anlagen

A.1 Technische Voraussetzungen

- ▶ kalibrierte Waagen mit eigener Stromversorgung für die Ermittlung der Masse bei der Stichprobenahme
- ▶ Fahrzeug für das Einsammeln und Transportieren der Stichproben- bzw. Stichprobenbehälter
- ▶ Behälter für das Umleeren von Stichproben (z. B. 1.100 Liter Behälter oder Big Bags)
- ▶ Sortierhalle (überdacht, windgeschützt und mit Stromanschluss)
- ▶ Siebaggregate (Trommel- oder Flachsiebe) mit Rundlochung bei 10 mm und 40 mm
- ▶ Behälter für die sortierten Stoffgruppen
- ▶ kalibrierte Waage(n) für die Massebestimmung der gesiebten und sortierten Fraktionen
- ▶ Container für die Zwischenlagerung der sortierten Stichproben
- ▶ ggf. Probenahmebehälter für die Glühverlustbestimmung

A.2 Personelle Voraussetzungen

- ▶ Sortierleiter mit Sortiererfahrung
- ▶ geschulte Sortierkräfte

A.3 Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen

Nach geltenden Arbeitsschutzbestimmungen ist der Durchführende von Abfallanalysen zu Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit und Prävention verpflichtet. Die einschlägigen Vorschriften müssen beachtet werden.

Laut § 7 Biostoffverordnung (BioStoffV) sind vor Arbeitsbeginn Gefährdungsbeurteilungen durchzuführen und entsprechende Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiter abzuleiten. Vor dem Arbeitsbeginn ist anhand von Unterweisungen auf mögliche Gefährdungen hinzuweisen, Schutzmaßnahmen sind zu erläutern.

Bei der Sortierung von Restabfällen ist darauf zu achten, dass Abfälle aus dem medizinischen Bereich (z. B. Kanülen) enthalten sein können und die Gefahr von Stichverletzungen besteht.

Bei Sortierungen in Entsorgungsanlagen ist gemeinsam mit dem Anlagenbetreiber zu gewährleisten, dass die Sortierung außerhalb von Fahrwegen stattfindet und das Sortierpersonal sich nicht im Bereich der Fahrwege aufhält.

Neben den bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie den Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind mindestens folgende Arbeitsschutzmaßnahmen anzuwenden:

- ▶ Eine geeignete Arbeitsschutzausrüstung für die mit der Abfalluntersuchung beauftragten Personen ist sicherzustellen. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende

Arbeitsschutzbekleidung sowie schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und ggf. Kopfbedeckung, Schutzbrillen und Gehörschutz

- ▶ Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten
- ▶ Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie, Hepatitis A und B sowie Poliomyelitis wird empfohlen
- ▶ Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu untersagen

Bei Arbeitsunfällen müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein. Der tägliche Abtransport der sortierten Abfälle ist anzustreben. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen. Bei der Stichprobenahme bzw. Datenaufnahme vor Ort (im Verkehrsraum) sowie bei der Sortierung ist Signalkleidung (Warnweste) zu tragen.