

TEXTE

57/2026

Teilbericht 2.5

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

Alttextilien

von:

Jörg Wagner

INTECUS GmbH - Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, Dresden

Dr. Bertram Zwisele,

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 2.5

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

Alttextilien

von

Jörg Wagner
INTECUS GmbH - Abfallwirtschaft und umweltintegratives
Management, Dresden

Dr. Bertram Zwisele,
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 – Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management
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-8152>

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 zur Überwachung ausgewählter Abfallströme ist es, den Verbleib von Abfallmengen in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden – hier für Alttextilien – durch präzise Messungen zu erfassen und so die Effizienz der Stoffstromanalysen zu steigern. Es besteht ein zunehmendes Interesse an der Rückverfolgbarkeit dieser Ströme, um Datenlücken zwischen den in Umlauf 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 angewendet, um repräsentative Daten zu gewinnen, die regionale, saisonale und siedlungsstrukturelle Unterschiede in der Abfallzusammensetzung berücksichtigen. Die Probenahme erfolgt direkt an den Sammelbehältern, gefolgt von einer detaillierten händischen Sortierung nach Stoffgruppen. Besondere Anforderungen an die technische Durchführung und die Qualitätssicherung werden dabei ebenfalls berücksichtigt. Die Stichprobenergebnisse werden in Kampagnen bei der öRE-Ebene erfasst, analysiert und statistisch hochgerechnet. Ziel ist es, genaue und belastbare Daten zur Menge und stoffliche Zusammensetzung, die über die jeweiligen Entsorgungspfade anfallenden Abfälle der Entsorgungspfade zu gewinnen, die als Grundlage für die Erfüllung von Berichts- und Untersuchungspflichten, für das 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 waste textiles—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 public (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

Inhaltsverzeichnis.....	6
Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
1 Zweck und Inhalt der Methodenbeschreibung für Alttextilien.....	10
2 Untersuchungsgegenstand.....	12
Teil A: Methodenbeschreibung der Alttextilienanalyse für das Entsorgungsgebiet der öffentlich- rechtliche Entsorgungsträger.....	13
3 Untersuchungsplanung (örE-Ebene).....	14
3.1 Allgemeine Planungsdaten (Rahmendaten).....	14
3.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten auf örE-Ebene.....	14
3.2.1 Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse).....	14
3.2.2 Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf örE-Ebene).....	15
3.2.3 Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben).....	16
3.2.3.1 Definition der Stichprobeneinheiten.....	16
3.2.3.2 Notwendiger Stichprobenumfang.....	16
3.2.3.3 Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	16
4 Durchführung.....	19
4.1 Stichprobenahme.....	19
4.2 Sortierung.....	19
4.3 Stoffgruppenkatalog und Besonderheiten bei der Zuordnung.....	20
5 Auswertung und Hochrechnung (örE-Ebene).....	22
5.1 Allgemeine Daten zur Auswertung und Hochrechnung.....	22
5.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen auf örE-Ebene.....	22
5.2.1 Hochrechnung der Stichprobenergebnisse auf Ebene von Kommunen (Kampagnen und Gesamt).....	22
5.2.1.1 Standardisierung der Behältervolumina je Stichprobeneinheit.....	22
5.2.1.2 Datenprüfung der Stichprobenergebnisse.....	23
5.2.2 Hochrechnung auf Schichten (örE-Ebene).....	23
5.2.3 Hochrechnung auf Kampagnen und Gesamt (örE-Ebene).....	24
6 Dokumentation und Ergebnisbericht (örE-Ebene).....	26
7 Qualitätssicherung (örE-Ebene).....	28

Teil B: Methodenbeschreibung zur Zusammenführung und Hochrechnung der Abfallanalysen für Gesamt Deutschland	30
8 Untersuchungsplanung (Bundesebene).....	31
8.1 Allgemeine Planungsdaten (Rahmendaten)	31
8.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten.....	31
8.2.1 Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse).....	31
8.2.2 Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf Bundes-Ebene).....	31
8.2.3 Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben).....	32
8.2.3.1 Definition der Stichprobeneinheiten	32
8.2.3.2 Notwendiger Stichprobenumfang	32
8.2.3.3 Auswahl der Stichprobeneinheiten	32
9 Auswertung und Hochrechnung (Bundesebene)	34
9.1 Allgemeine Daten zur Auswertung und Hochrechnung.....	34
9.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen.....	34
9.2.1 Hochrechnung auf DE Schichten (Kampagnen und Gesamt).....	34
9.2.1.1 Hochrechnung auf Schichtebene DE.....	34
9.2.1.2 Hochrechnung auf Kampagnenebene und DE-Gesamt	35
10 Dokumentation und Ergebnisbericht (Bundesebene).....	36
11 Qualitätssicherung (Bundesebene)	38
12 Quellenverzeichnis	39
A Anlagen.....	40
A.1 Technische Voraussetzungen.....	40
A.2 Personelle Voraussetzungen.....	40
A.3 Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl pro Kampagne - Alttextilien	18
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl pro Kampagne - Alttextilien	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Matrix Schichtungskriterien auf örE-Ebene.....	15
Tabelle 2:	Stoffgruppenkatalog Alttextilien für eine Standardanalyse	20
Tabelle 3:	Darstellung der Ergebnisse der örE nach Stoffgruppen und Schichten	26
Tabelle 4:	Darstellung der Gesamtergebnisse auf örE Ebene nach Stoffgruppen.....	27
Tabelle 5:	Matrix Schichtungskriterien auf Bundesebene	32
Tabelle 6:	Darstellung der Ergebnisse auf Bundesebene nach Stoffgruppen und Schichten	36
Tabelle 7:	Darstellung der Gesamtergebnisse auf Bundesebene	37

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
a	Jahr
bvse	Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
Ew	Einwohner
EW	Einwohner in der Grundgesamtheit
ew	Einwohner in der Stichprobeneinheit
EU	Europäische Union
GF	Gewichtungsfaktor
GMA	geschlossene Mehrfamilienhausbebauung
GWA	Großwohnanlage
kg	Kilogramm
Km ²	Quadratkilometer
m ³	Kubikmeter
Mg	Megagramm
MGB	Müllgroßbehälter
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
örE	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
t	Tonnen

1 Zweck und Inhalt der Methodenbeschreibung für Alttextilien

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 werden Alttextilien als nicht-bestimmungsgemäßer Entsorgungspfad für Fehlwürfe (bspw. Elektro(nik)altgeräte) beschrieben. Für Alttextilien 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 (LfULG, 2014) und Rheinland-Pfalz 2022 (LfU RIP, 2022; Ministerialblatt der Landesregierung Rheinland-Pfalz, 2023).

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

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

B) Zusammenführung und Hochrechnung der Abfallanalysen für Deutschland gegliedert.

2 Untersuchungsgegenstand

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

Alttextilien beinhalten sämtliche Abfälle aus Sammelbehältern für Alttextilien. Meist sind dies Depotcontainer. Die Sammlung erfolgt überwiegend im Bringsystem.

Die Gesamtmenge der Alttextilien ist nur näherungsweise bekannt. Die validesten Schätzungen erfolgten bislang durch den bvse (2020). Dieser schätzt die Inlandsverfügbarkeit je nach Berechnungsmethode zwischen 1,63 und 1,78 Mio. t. Die Angaben der Abfallstatistik von DESTATIS unterschätzen diese Menge deutlich, da sie nur die Sammelmengen der örE umfassen.

Die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung der Alttextilien aus privaten Haushalten erfolgt durch Sortieranalysen der zufällig ausgewählten Stichprobenbehälter.

Teil A:

Methodenbeschreibung der Alttextilienanalyse 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 reduziert 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 der Untersuchung deutlich reduziert.

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. Da in einem Entsorgungsgebiet im Regelfall mehrere kommunale, gewerbliche und gemeinnützige Sammler tätig sind und die Datenbeschaffung insofern an Grenzen stoßen kann, ist zu empfehlen, dass Untersuchungsgebiete ausgewählt werden, in denen entweder der örE ausschließlich selbst sammelt oder durch ein kommunales Alttextilerfassungskonzept sichergestellt ist, dass diese Daten vorhanden bzw. die einzelnen Akteure kooperativ sind. Gebiete mit einer Vielzahl an Akteuren sind zu vermeiden. Die Hochrechnung im Teil B erfolgt auf Basis der Einwohner aller Entsorgungsgebiete in Deutschland, so dass auch gemeinnützige und gewerbliche Sammlung in der Hochrechnung miterfasst werden.

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, diese sind in Kapitel 5.1 erläutert.

Für die Planung werden im Regelfall folgende Rahmendaten benötigt:

- ▶ Sammelbehälterverzeichnis für Alttextilien, Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, die Abfuhrtage und den Sammelturnus
- ▶ Einwohnerstrukturdaten für die Planung der mehrstufigen Auswahl

3.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten auf örE-Ebene

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 Alttextilanalyse müssen zwei unabhängige Sortierkampagnen durchgeführt werden. Entsprechend dem Wechsel der Kollektionen in den Bekleidungsgeschäften wird vorgeschlagen, eine Frühjahrs- und eine Herbstkampagne durchzuführen. Idealerweise sollte die Frühjahrskampagne zwischen Februar und Mai, die Herbstkampagne zwischen September und November stattfinden. Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiten beeinflusst werden, sollten

bei der Auswahl ausgeschlossen werden. Die Kampagne beginnt mit der Erfassung der Analysetätigkeit vor Ort und endet mit dem Abschluss der Analysetätigkeit.

3.2.2 Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf örE-Ebene)

Auf örE-Ebene muss die Bebauungsstruktur berücksichtigt werden. Je nach Siedlungsdichte des Gebiets können verschiedene Schichtungen erfasst werden, siehe Tabelle 1. Es ist auch möglich, unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten in den Entsorgungsgebieten abweichende Zuordnungen vorzunehmen.

Tabelle 1: Matrix Schichtungskriterien auf örE-Ebene

Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur
Ländlich und ländlich dicht (≤ 750 Ew/km ²)	alt-ländliche Struktur
	neu-ländliche Struktur
	städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung
	Großwohnanlagen
Städtisch/Großstädtisch (> 750 Ew/km ²)	Ein- und Zweifamilienhäuser
	offene Mehrfamilienhausbebauung
	geschlossene Mehrfamilienhausbebauung
	Großwohnanlagen

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

Alt-ländliche Struktur: Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke unterschiedlicher Größe in gewachsener Struktur.

Neu-ländliche Struktur: Ein- und Zweifamilienhausbebauung, überwiegend in einem Zug errichtete „Wohnparks“ bzw. „Neubausiedlungen“; einkommensstärkere Bevölkerung als in alt-ländlicher Struktur.

Städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung: Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, dichte und offene Bebauung, ggf. hoher Gewerbeanteil.

Geschlossene Mehrfamilienhausbebauung: Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, ggf. hoher Gewerbeanteil.

Offene Mehrfamilienhausbebauung: Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, ggf. hoher Gewerbeanteil.

Ein- und Zweifamilienhäuser: Ein- und Zweifamilienhausbebauung.

Großwohnanlagen: Fünf- und mehrgeschossige Wohnbebauung mit weitgehend anonymer Abfallentsorgung, 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. 1,5 m³ und entspricht damit dem Standardvolumen eines Altkleidercontainers.

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 $\pm 10\%$ 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. $\pm 24\%$. 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 hochgerechnete Abfallmenge erreicht.

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 je örE-Schicht (insgesamt jeweils 48 Einzelstichproben) berücksichtigt 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; FKZ 3723 31 103 1).

3.2.3.3 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Aus den Rahmendaten des Untersuchungsgebietes (siehe Kapitel 3.1) ist eine Auswahl an Alttextilcontainern für die Stichprobenahme zu erstellen. Ein Einfluss durch ortsansässige kleine Gewerbebetriebe kann in den Bringsystemen nicht ausgeschlossen werden. Auszuschließen sind nach Möglichkeit Alttextilcontainer an Einkaufszentren o. ä., da hier der Einfluss der Bebauungsstrukturen durch die größeren Einzugsgebiete derartiger Einrichtungen gemindert wird.

Die Stichprobenauswahl erfolgt geschichtet und mehrstufig in folgenden Schritten:

- ▶ Zufällige Auswahl von Untersuchungsgebieten (örE) nach Schichten auf Bundesebene (Ebene 1; Auswahlstufe 1)
- ▶ 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. 1,5 m³ aus den zufällig ausgewählten Untersuchungs-Teilgebieten (Ebene 2; Auswahlstufe 3)

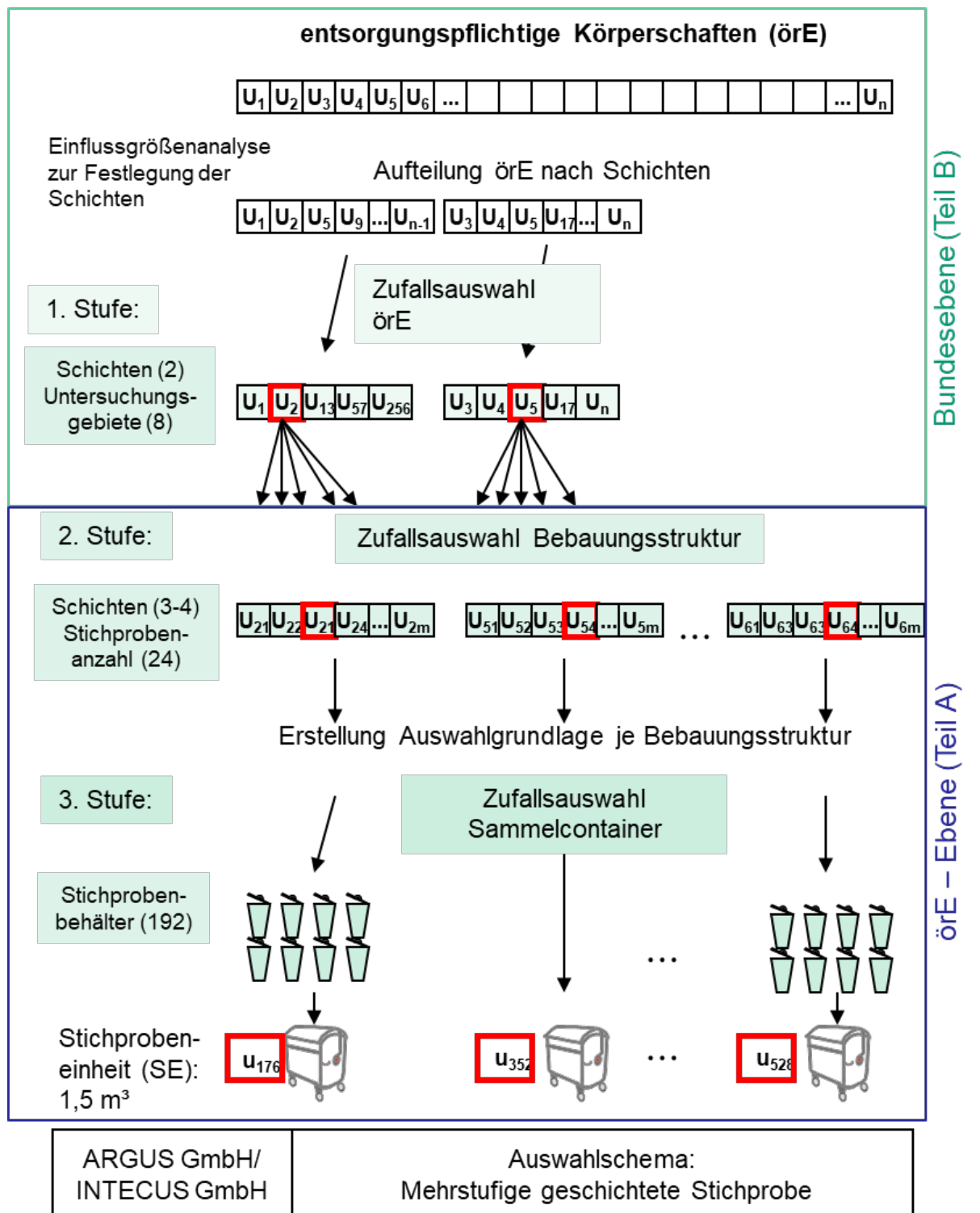
Da die Probenahme möglichst am Tag der regelmäßigen Leerung stattfinden soll, muss der Leerungstag bei der Auswahl der Stichproben berücksichtigt werden.

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.

Für die späteren Berechnungen muss die Anzahl der Altkleidercontainer im jeweiligen Teilgebiet (Bebauungsstrukturen des Entsorgungsgebietes) ermittelt werden. Im Regelfall dürfte eine Zuordnung der Altkleidercontainer zu einer bestimmten Bebauungsstruktur noch nicht vorliegen. Die Zuordnung kann mit einer ortskundigen Person anhand einer Standplatzkarte erfolgen. Aus Aufwandsgründen sollte nur in Ausnahmefällen eine Einstufung vor Ort erfolgen. Nicht eindeutig zuordenbare Container sind der nächstgelegenen Bebauungsstruktur zuzuordnen. Den Containern ist dann noch das jeweilige Leerungsintervall (Standzeit) zuzuordnen.

Abbildung 1 zeigt eine schematische Übersicht der Verteilung der Stichprobenanzahlen auf die Schichten und die Auswahlstufen.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl pro Kampagne - Alttextilien



Quelle: Eigene Darstellung, ARGUS

4 Durchführung

Zur Durchführung gehören die Stichprobenahme und die Sortierung der Alttextilien. Die technischen und arbeitsschutzbezogenen Voraussetzungen für die praktische Durchführung einer Sortieranalyse sind in den Anlagen A.1 bis A.3 aufgelistet.

4.1 Stichprobenahme

Die Stichprobenahme ist am Tag der regulären Leerung der Container an den ausgewählten Containerstandplätzen durchzuführen. Dabei sind für jeden Standplatz die nachfolgend genannten Kenngrößen zu dokumentieren:

- ▶ Standplatzadresse
- ▶ Volumen des Containerinhalts (Schätzung)
- ▶ Abfallmasse je beprobtem Container (kg/Container) (ggf. bei der Sortierung)

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.

Die Probenahme am Standplatz umfasst grundsätzlich den gesamten Inhalt der Abfallbehälter einschließlich eventuell vorhandener zusätzlicher Ablagerungen. Die Entnahme erfolgt direkt am Standplatz durch Umleeren des Inhalts.

Es wird empfohlen, die Stichproben zu gewinnen, indem der Inhalt der geleerten Container in transportable 1.100-Liter-Behälter oder Big Bags mit einem Volumen von 1,5 m³ umgefüllt wird.

Alternativ kann ein separates Sammelfahrzeug für die Probenahme 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 Sortierung

Die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung der Alttextilien erfolgt durch händische Sortierung nach Stoffgruppen für jede Schicht. Es erfolgt eine Vollsartierung jeder Stichprobe ohne Siebung. Das Gewicht jeder Stoffgruppe wird durch Wägung bestimmt.

Bei entsprechenden Platzverhältnissen kann die Sortierung auch am Containerstandplatz erfolgen.

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:

- ▶ Wägung der eingeworfenen Alttextilien: 100 g (Einzelmessung)

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 Alttextilien für eine Standardanalyse

Differenzierungsebene*	Stoffgruppe	Beispiele
8-2	Elektro(nik)altgeräte	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
11-1	Alttextilien	Bekleidung, Schuhe, Heimtextilien
11-1-1	Bekleidung	Bekleidungstextilien (inklusive 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
11-5	Sonstige Abfälle	sonstige den anderen Stoffgruppen nicht zuordenbare Bestandteile

*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:

- ▶ Müllbeutel sind zu entleeren und der Inhalt den jeweiligen Stoffgruppen zuzuordnen
- ▶ Bei untypischen EAG, sogenannten „open-scope-Geräten“ - wie bspw. Möbeln oder Bekleidung mit Beleuchtung -, sollte beachtet werden, dass diese als Ganzes dem ElektroG unterfallen, 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 der Alttextilien im Untersuchungsgebietes wird für die bundesweite Analyse 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 sowie die Berechnungen der Schätzwerte. Die Stichprobendaten werden auf Vollständigkeit und Plausibilität geprüft und abschließend 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:

- ▶ Gesamtbehälteranzahl des Entsorgungsgebietes sowie Gesamtbehälteranzahlen der Schichten (Anzahl der Altkleidersammelcontainer je Schichtung)
- ▶ Leerungsturnus und Standzeiten der Altkleidersammelcontainer

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
- ▶ Entfernung des Entsorgungsgebietes zum Wertstoffhof
- ▶ durch kommunale, gemeinnützige und gewerbliche Sammler gesammelte Altkleidermenge

5.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen auf örE-Ebene

Die Hochrechnung der Massen der Stichprobeneinheiten (in kg je Stichprobeneinheit) auf die Grundgesamtheit (Gesamtmassen in Tonnen je Jahr, in behälterspezifische Massen in Kilogramm je Behälter und Jahr und 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.

5.2.1 Hochrechnung der Stichprobenergebnisse auf Ebene von Kommunen (Kampagnen und Gesamt)

5.2.1.1 Standardisierung der Behältervolumina je Stichprobeneinheit

Die an die Stichproben angeschlossenen Volumen werden anhand ihrer Standzeiten auf eine einheitliche Bezugsgröße (Volumen für Standzeit) standardisiert.

Zur Ermittlung des standardisierten Volumens je Stichprobeneinheit sind im ersten Schritt die Behälterstandzeiten auf eine Woche zu beziehen.

Mit Gleichung 1 wird das standardisierte Volumen [n*Wo] für jede Stichprobeneinheit j ermittelt.

$$\underline{vol}_j = \dot{vol}_j \cdot \frac{t_j}{7} \quad \text{Gleichung 1}$$

\underline{vol}_j	standardisiertes Volumen der Stichprobeneinheit j
\dot{vol}_j	Volumen der Stichprobeneinheit j
t_j	Standzeit der Teilstichprobenbehälter j an der Ladestelle in Tagen
j	Laufindex für Stichprobeneinheiten

Das gesamte standardisierte Volumen je örE-Schicht wird dann über die Gleichung 2 berechnet.

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

$vol_{h_{\text{örE}}}$	Summe des standardisierten Volumens je örE-Schicht
n_j	Anzahl der Stichprobeneinheiten je örE- Schicht

Die Standardisierung der Volumina in der Grundgesamtheit muss analog zur Standardisierung der Volumina in der Stichprobe erfolgen, um eine konsistente Vergleichbarkeit sicherzustellen.

5.2.1.2 Datenprüfung der Stichprobenergebnisse

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.

5.2.2 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 3 hochgerechnet.

$$\hat{X}_{k,h_{\text{örE}},l} = \frac{\text{Vol}_{h_{\text{örE}}}}{\text{vol}_{h_{\text{örE}}}} \cdot \sum_{j=1}^{n_j} \hat{x}_{k,h_{\text{örE}},j,l} \quad \text{Gleichung 3}$$

$\hat{X}_{k,h_{\text{örE}},l}$	Schätzwert für die Masse je Kampagne k , Schicht $h_{\text{örE}}$ und Stoffgruppe l
$\hat{x}_{k,h_{\text{örE}},j,l}$	Stichprobenmasse je Kampagne k , Schicht $h_{\text{örE}}$, Stichprobeneinheit j und Stoffgruppe l
$\text{Vol}_{h_{\text{örE}}}$	Volumen je Schicht $h_{\text{örE}}$ in der Grundgesamtheit
$\text{vol}_{h_{\text{örE}}}$	Volumen je Schicht $h_{\text{örE}}$ in der Stichprobe
k	Laufindex für Kampagnen
j	Laufindex für Stichprobeneinheiten
$h_{\text{örE}}$	Laufindex für örE-Schichten
l	Laufindex für die Stoffgruppen
n_j	Anzahl der Stichprobeneinheiten

5.2.3 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 4.

Die ermittelten absoluten Abfallmengen je Kampagne sind auf den Gesamtwert je örE auf den Betrachtungszeitraum im Kalenderjahr mit folgenden Gewichtungsfaktoren (GF_k) gemäß Gleichung 5 hochzurechnen:

- ▶ Übergangszeiten: 50 %
- ▶ Sommer: 25 %
- ▶ Winter: 25 %

$$\hat{X}_{k,l} = \sum_{h_{\text{örE}}=1}^{n_{h_{\text{örE}}}} \hat{X}_{k,h_{\text{örE}},l} \quad \text{Gleichung 4}$$

$$\hat{X}_l = \sum_{k=1}^{n_k} GF_k \cdot \frac{365}{7} \cdot \hat{X}_{k,l} \quad \text{Gleichung 5}$$

$\hat{X}_{k,l}$	Schätzwert für die Masse je Kampagne k und Stoffgruppe l
$\hat{X}_{k,h_{\text{örE}},l}$	Schätzwert für die Masse je Kampagne k , Schicht $h_{\text{örE}}$ und Stoffgruppe l
\hat{X}_l	Schätzwert für die Masse je Stoffgruppe l
k	Laufindex für Kampagnen
l	Laufindex für die Stoffgruppen
$h_{\text{örE}}$	Laufindex für örE-Schichten
$n_{h_{\text{örE}}}$	Anzahl der örE-Schichten
n_k	Anzahl der Kampagnen
GF_k	Gewichtungsfaktor für jahreszeitliche Einflussfaktoren je Kampagne
$\frac{365}{7}$	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 Alttextilien in Masse-% abgeleitet werden.

6 Dokumentation und Ergebnisbericht (örE-Ebene)

In der Dokumentation sind die ausgewählten Untersuchungsgebiete kurz zu beschreiben, die Alttextilienmenge und die Anzahl der beprobten Alttextilienbehälter, 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 (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-m				

7 Qualitätssicherung (örE-Ebene)

Die ermittelten einwohnerspezifischen Abfallmengen auf örE-Ebene können vom wahren Wert (bestimmt über die Wiegescheine an der Entsorgungsanlage im Kampagnenzeitraum) abweichen. Dies erklärt sich durch das Hochrechnungsverfahren, in dem die Abfallmengen aus privaten Haushalten hochgerechnet werden. Die Differenz zu den Verwiegungsmengen ist auf die in Alttextilien enthaltenen gewerblichen Anteile zurückzuführen. Für die hochgerechnete Alttextilienmenge aus privaten Haushalten ist daher mit einer Abweichung von 10 bis 25 % unterhalb der verworgenen Menge zu erwarten. Für die Plausibilisierung sollten die Abfallmengen der letzten 3 Jahre herangezogen werden.

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 bzw. Wiederholung der Abfalluntersuchung entsprechend zu berücksichtigen. Bei großen Abweichungen, die ein Mehrfaches der Standardabweichung (ab 5-fach) betragen, ist eine Überprüfung der Stichprobenergebnisse, die 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). Das Einhalten des Unsicherheitsbereiches wird anhand eines Vergleiches des relativen Fehlers mit den gewünschten, zuvor festgelegten Genauigkeitsbereiches bei einer festgelegten Sicherheit bestimmt. Als erster Schritt hierfür wird die Berechnung des geschätzten Mittelwertes $\hat{\bar{X}}$ der Einzelstichproben (\dot{x}_i) durchgeführt (siehe Gleichung 6)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n \dot{x}_i) \cong \hat{\bar{X}} \quad \text{Gleichung 6}$$

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

In Gleichung 7 wird eine Varianzberechnung auf Basis der Stichprobenwerte 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.

$$\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 \quad \text{Gleichung 7}$$

$$\sigma_{\bar{X}}^2 \quad \text{Varianz des Schätzwertes}$$

Gleichung 8 gibt die Formel wieder, um den Variationskoeffizient zu bestimmen, Gleichung 9 den relativen Fehler der Ergebnisse.

$$\text{varkoeff}(x_i) = \frac{\sqrt{\sigma_{\bar{X}}^2}}{\bar{x}} \quad \text{Gleichung 8}$$

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

$$\varepsilon_{x_i} = \text{varkoeff}(x_i) \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1} \quad \text{Gleichung 9}$$

ε_{x_i} Relativer Fehler

α Irrtumswahrscheinlichkeit

Bei starken Abweichungen der Ergebnisse zwischen dem geplanten zulässigen Fehler und dem berechneten Fehler können folgende aufgelistete Fehlerquellen ursächlich sein und entsprechend eingeordnet und korrigiert werden. Dazu gehören 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 und 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, ist durch den jeweiligen öRE 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:

- ▶ Bebauungsstrukturdaten für die Planung der Schichten
- ▶ Einwohner- und Behälterstrukturdaten 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 Einwohner- und Behälterstrukturdaten 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 Alttextilien 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 Bundes-Ebene)

Die Grundgesamtheit des Analysegebiets ist auf Bundes-Ebene nach Siedlungsdichte zu schichten.

Auf bundesweiter Ebene muss folgendes Kriterium berücksichtigt werden:

- ▶ Siedlungsdichte:
 - Ländlich und ländlich dicht: ≤ 750 Ew je km²
 - Städtisch/Großstädtisch: > 750 Ew je km²

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

Tabelle 5: Matrix Schichtungskriterien auf Bundesebene

Siedlungsstruktur	Alttextilsammlung
Ländlich und ländlich dicht (≤ 750 Ew/km ²)	Depotcontainersammlung
Städtisch/Großstädtisch (> 750 Ew/km ²)	Depotcontainersammlung

8.2.3 Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben)

8.2.3.1 Definition der Stichprobeneinheiten

Auswahleinheiten auf Bundesebene sind die örE (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 acht ausgewählte örE, die auf vier unterschiedliche Regionen (Nord, West, Ost und Süd) verteilt sind.

Als Zielgröße wurde die Genauigkeitsanforderung auf Ebene der örE mit einer zulässigen Abweichung von ± 10 % der Abfallmenge 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 bundesweit hochgerechnete Abfallmenge erreicht.

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

Daraus ergibt sich ein Stichprobenumfang für die Bundesweite Untersuchung von acht (Schichten auf Bundesebene) x 48 Stichprobeneinheiten auf örE-Ebene entsprechend einer Gesamtanzahl von 384 Stichprobeneinheiten.

Durch Einhaltung der Mindestanforderungen von ± 10 % auf örE-Ebene lässt sich eine Genauigkeit von 3 bis 5 % ableiten.

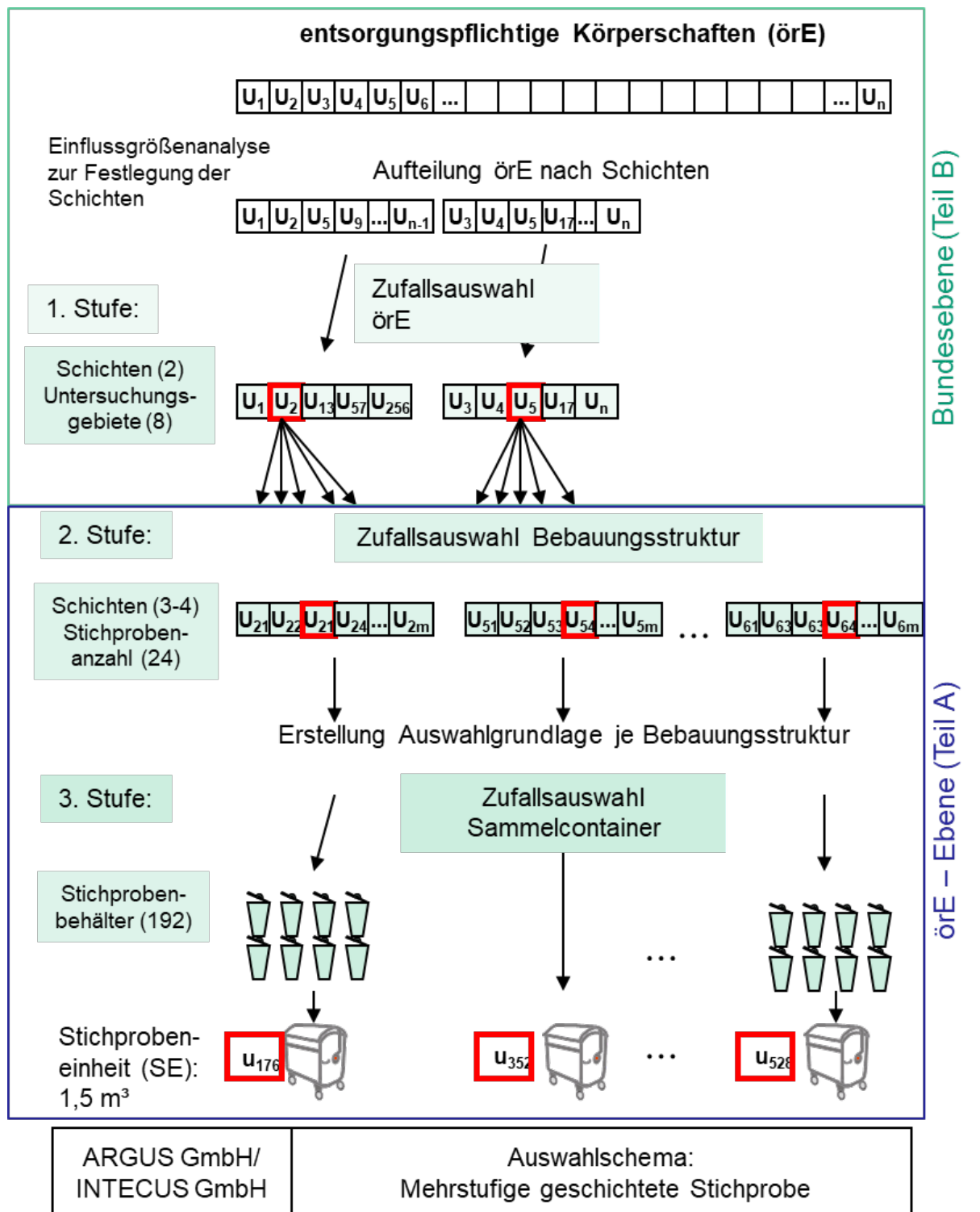
Je nach Untersuchungsrahmen und -anforderung kann ein höherer Stichprobenumfang bestimmt werden (siehe Teilbericht 1 zum Forschungsvorhaben Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme; FKZ 3723 31 103 1).

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

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Zufallsauswahl für das geschichtete 3-stufige Modell der Zufallsauswahl pro Kampagne - Alttextilien



Quelle: Eigene Darstellung, ARGUS

9 Auswertung und Hochrechnung (Bundesebene)

Aufgrund der Komplexität der Alttextilien im Untersuchungsgebietes 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 in Kapitel 9.1 zusammengestellt 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 Schichtungen sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit, d. h. je Primärstichprobe (gleich örE-Einwohner der Primärstichprobe).
- ▶ Anzahl der Alttextilcontainer je Schicht

9.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen

Die Hochrechnung der Stichprobeneinheiten (Massen in kg je Stichprobeneinheit) auf die Grundgesamtheit (Gesamtmassen und Stoffgruppen in Tonnen je Jahr, in einwohnerspezifischen Massen in Kilogramm je Einwohner und Jahr und in Anteilen) 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 DE Schichten (Kampagnen und Gesamt)

Basierend auf den örE-Ergebnissen auf Schichtebene werden die bundesweiten Schätzwerte für DE-Schichten, Kampagnen und Insgesamt berechnet. Die Hochrechnung erfolgt entlang der Einwohner über die DE-Schichten. Eine Hochrechnung entlang der Volumina ist aufgrund der unvollständigen Datenlage für alle örE nicht umsetzbar. Eine massebezogene Hochrechnung ist ebenfalls aufgrund fehlender Statistiken zu den Textilmengen der örE nicht umsetzbar. Aus diesem Grund wird die Hochrechnung entlang der Einwohner gewählt. Für diese Substituierung ist eine Korrelation zwischen Volumina und Einwohner anzunehmen.

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 10 werden die Schichtergebnisse der örE [t/(Wo)] auf die bundesweiten Schichtwerte hochgerechnet.

$$\hat{X}_{k,h_{DE},l} = \sum_{m=1}^{n_m} \sum_{h_{örE}=1}^{n_{h_{örE}}} \hat{X}_{k,h_{DE},m,h_{örE},l} \quad \text{Gleichung 10}$$

$\hat{X}_{k,h_{DE},l}$ 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 3 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 Alttextilmengen je Kampagne erfolgt auf Basis der Schätzwerte der DE-Schichten nach Gleichung 11. Die ermittelten absoluten Abfallmengen je Kampagne sind auf den Gesamtwert für Deutschland im Betrachtungszeitraum im Kalenderjahr gemäß Gleichung 12 hochzurechnen. Der Wert für den Gewichtungsfaktor GF_k kann Kapitel 5.2.3 entnommen werden.

$$\hat{X}_{k,l} = \sum_{h_{DE}=1}^{n_{h_{DE}}} \frac{EW_{h_{DE}}}{ew_{h_{DE}}} \cdot \hat{X}_{k,h_{DE},l} \quad \text{Gleichung 11}$$

$$\hat{X}_l = \sum_{k=1}^{n_k} GF_k \cdot \frac{365}{7} \cdot \hat{X}_{k,l} \quad \text{Gleichung 12}$$

\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 jahreszeitliche Einflussfaktoren je Kampagne (siehe Kapitel 5.2.3)
$\frac{365}{7}$	Hochrechnungsfaktor von Wochenwerte auf Jahreswerte

Im Ergebnis liegt ein Jahresdurchschnittswert der einwohnerspezifischen Alttextilmenge in Tonnen pro Jahr (t/a) beziehungsweise in Kilogramm pro Einwohner und Jahr (kg/Ew*a) vor. Hieraus kann die prozentuale Zusammensetzung der Alttextilien 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 Ergebnisberichtes 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 öRE-Ebene 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

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 02.11.2024).

bvse – Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (2020): Textilstudie 2020: Bedarf, Konsum, Wiederverwendung und Verwertung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. Bonn.
https://www.bvse.de/dateien2020/1-Bilder/03-Themen_Ereignisse/06-Textil/2020/studie2020/bvse%20Alttextilstudie%202020.pdf (abgerufen am 02.11.2024).

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).

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.] (2015): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Dresden.

Ministerialblatt der Landesregierung Rheinland-Pfalz. (2023): 75. Jahrgang Nr. 12. Mainz. [231115 GAP-SP Ministerblatt Nr.12.pdf](#) (abgerufen am 27.10.2025).

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.

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)
- ▶ Behälter für die sortierten Stoffgruppen
- ▶ kalibrierte Waage(n) für die Massebestimmung der gesiebten und sortierten Fraktionen
- ▶ Container für die Zwischenlagerung der sortierten Stichproben

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 Abfällen 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.