

TEXTE

57/2026

Teilbericht 2.7

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

Abfälle von überörtlichen Straßen

von:

Jörg Wagner, Marco Günther
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 2.7

Konzeptentwicklung für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme

Abfälle von überörtlichen Straßen

von

Jörg Wagner, Marco Günther
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
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-8154>

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

Das Ziel des Methodenkonzepts für regelmäßige, gebündelte Abfalluntersuchungen zum Monitoring ausgewählter Abfallströme ist es, den Verbleib von Abfallmengen in nicht-bestimmungsgemäßen Entsorgungspfaden – hier für Abfälle von überörtlichen Straßen – durch präzise Messungen zu erfassen und so die Effizienz der Stoffstromanalysen zu steigern. Es besteht ein wachsendes Interesse an der Rückverfolgbarkeit dieser Ströme, um Datenlücken zwischen den in Verkehr gebrachten Stoffstrommengen und der tatsächlichen Rückführung zu schließen.

Die Methodik für die Abfallanalysen umfasst Probenahme, Sortierung und die statistische Hochrechnung der Ergebnisse. Ein mehrstufiges und geschichtetes Stichprobenverfahren wird angewendet, um repräsentative Daten zu gewinnen, die regionale, saisonale und strukturelle Unterschiede in der Abfallzusammensetzung berücksichtigen. Die Probenahme erfolgt bei der Sammlung von Behältermüll, Streumüll entlang der Strecke, Streumüll an Rast- und Parkplätzen sowie Kehricht von Rast- und Parkplätzen und wird durch eine detaillierte, händische Sortierung in verschiedene Stoffgruppen ergänzt. Besondere Anforderungen an die technische Durchführung und Qualitätssicherung werden berücksichtigt. Die Stichprobenergebnisse werden in Kampagnen auf der Ebene der Autobahn- bzw. Straßenmeistereien erfasst, analysiert und statistisch hochgerechnet. Ziel ist es, belastbare Daten zur Menge und stoffliche Zusammensetzung, die über die jeweiligen Entsorgungspfade anfallenden Abfälle, die als Grundlage für Berichts- und Untersuchungspflichten, das Monitoring sowie die Optimierung 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 from interregional roads—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 during the collection of waste from public waste bins, litter along the route, litter at rest areas and parking lots and sweepings from rest areas and parking lots, 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 freeway and road maintenance depots. 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
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
1 Zweck und Inhalt der Methodenbeschreibung für Abfälle von überörtlichen Straßen.....	10
2 Untersuchungsgegenstand.....	11
Teil A: Methodenbeschreibung Analyse von Abfällen von überörtlichen Straßen.....	12
3 Untersuchungsplanung (AM/SM-Ebene)	13
3.1 Allgemeine Planungsdaten	13
3.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten.....	13
3.2.1 Abfalltypen.....	13
3.2.2 Kampagnen	14
3.2.3 Schichten.....	14
3.2.3.1 Schichtung nach Straßentyp	14
3.2.3.2 Schichtung nach Verkehrsstärke.....	15
3.2.4 Stichprobenanzahl und -größe.....	15
3.2.4.1 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs	15
3.2.4.2 Auswahl der Stichproben.....	15
4 Durchführung	17
4.1 Stichprobenahme.....	17
4.1.1 Streumüll Strecke.....	17
4.1.2 Streumüll Rast- und Parkplätze.....	17
4.1.3 Behältermüll.....	18
4.1.4 Kehricht Rast- und Parkplätze.....	18
4.2 Siebung und Sortierung.....	19
4.3 Stoffgruppenkatalog und Besonderheiten bei der Zuordnung.....	20
5 Auswertung und Hochrechnung (AM/SM-Ebene)	24
5.1 Allgemeine Daten für Auswertung und Hochrechnung.....	24
5.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen.....	24
5.2.1 Standardisierung der Stichprobenergebnisse.....	24
5.2.2 Datenprüfung der Stichprobenergebnisse	25
5.2.3 Hochrechnung auf Schichten (AM/SM-Ebene).....	25
5.2.4 Hochrechnung auf Kampagnen und Gesamt (AM/SM-Ebene).....	26
6 Dokumentation und Ergebnisbericht (AM/SM Ebene)	27

7	Qualitätssicherung (AM/SM-Ebene)	30
Teil B: Methodenbeschreibung Analyse von Abfällen von überörtlichen Straßen - Hochrechnung für das Entsorgungsgebiet Deutschland Insgesamt.....		31
8	Untersuchungsplanung (Bundesebene).....	32
8.1	Allgemeine Planungsdaten (Rahmendaten)	32
8.2	Untersuchungsspezifische Planungsdaten.....	32
8.2.1	Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse).....	32
8.2.2	Schichten (Berücksichtigung von Einflussgrößen auf Bundesebene)	32
8.2.3	Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben)	33
8.2.3.1	Definition der Stichprobeneinheiten	33
8.2.3.2	Notwendiger Stichprobenumfang	33
8.3	Befragung zur Ermittlung des Abfallaufkommens je Autobahnmeisterei / Straßenmeisterei.....	34
9	Auswertung und Hochrechnung (Bundesebene)	35
9.1	Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen.....	35
9.1.1	Hochrechnung auf DE Schichten (Kampagnen und Gesamt).....	35
9.1.1.1	Hochrechnung auf Schichtebene DE.....	35
9.1.1.2	Hochrechnung auf Kampagnenebene und DE-Gesamt	36
10	Dokumentation und Ergebnisbericht (Bundesebene).....	38
11	Qualitätssicherung (Bundesebene)	40
12	Quellenverzeichnis	41
Anlagen.....		42
A.1	Technische Voraussetzungen.....	42
A.2	Personelle Voraussetzungen.....	42
A.3	Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Stoffgruppenkatalog Abfälle von überörtlichen Straßen Arbeitsstand für eine Standardanalyse	20
Tabelle 2:	Darstellung der Ergebnisse der AM/SM nach Stoffgruppen und Schichten	28
Tabelle 3:	Darstellung der Gesamtergebnisse auf Ebene der AM/SM	28
Tabelle 4:	Darstellung der Ergebnisse auf Bundesebene nach Stoffgruppen und Schichten	38
Tabelle 5:	Darstellung der Gesamtergebnisse auf Bundesebene	39

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
a	Jahr
Al	Aluminium
AM	Autobahnmeisterei
a. n. g.	anderweitig nicht genannt
AWB	Abfall- und Wertstoffbehälter (nach DIN EN 840)
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
EU	Europäische Union
ges.	gesamt In Verwendung mit Kategorien, die in mehrere Unterkategorien unterteilt sind. Gibt an, dass es sich hier um die gesamte Kategorie (inkl. Unterkategorien) handelt.
GG	Grundgesamtheit
inkl.	inklusive
Kfz	Kraftfahrzeuge
kg	Kilogramm
km	Kilometer
LM	Landesstraßenmeistereien
LMA	Lebensmittelabfälle
LV-Batterien	Leichte Verkehrsmittel Batterien
m ³	Kubikmeter
Mg	Megagramm
mm	Millimeter
NE-Metall	Nicht-eisenhaltige Metalle
NE-Spraydosen	Spraydosen aus Nichteisenmetallen, typischerweise Aluminium
PPK	Papier, Pappe, Karton
SM	Straßenmeisterei im Sinne von Landesstraßenmeistereien
t	Tonnen
UBA	Umweltbundesamt
UStatG	Umweltstatistikgesetz

1 Zweck und Inhalt der Methodenbeschreibung für Abfälle von überörtlichen Straßen

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, 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 Abfälle von überörtlichen Straßen als nicht-bestimmungsgemäßer Entsorgungspfad beschrieben. Für die Abfälle von überörtlichen Straßen 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 ein Forschungsvorhaben der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (BASt, unveröffentlicht), einem Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes (Jepsen et al., 2020) und 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 Abfällen von überörtlichen Straßen 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.

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

2 Untersuchungsgegenstand

Mit der vorliegenden Methodenbeschreibung für Abfälle von überörtlichen Straßen wird in **Teil A** (Kapitel 3 bis 7) die Bestimmung der Menge und der Zusammensetzung der Abfälle auf Ebene der Autobahnmeistereien (AM) bzw. Landesstraßenmeistereien (SM) 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.

Abfälle von überörtlichen Straßen umfassen folgende Abfalltypen:

- ▶ Streumüll Strecke (Litteringabfall): Abfall, der aus fahrenden Fahrzeugen achtlos weggeworfen wird. Dieser Abfall wird durch die Straßenmeistereien oder beauftragte Dritte kampagnenartig (meist ein- oder zweimal pro Jahr) von Seiten- und Mittelstreifen sowie Anschlussstellen der Fahrbahnen händisch gesammelt. Es können auch von Fahrzeugen abgefallene Teile enthalten sein, wobei größere Fahrzeugteile im Rahmen der kontinuierlichen Streckenkontrolle separat gesammelt und entsorgt werden
- ▶ Streumüll Park-/Rastplätze: Litteringabfall von Park-/Rastplätzen
- ▶ Behältermüll: Abfall, der in Behältern (in der Regel AWB 240 Liter, seltener Unterflur, Papierkörbe < 100 Liter) auf Park-/Rastplätzen gesammelt wird
- ▶ Straßenkehricht von Park-/Rastplätzen

Für diese Abfälle existiert keine statistisch gesicherte Angabe der jährlich anfallenden Mengen.² Die Mengen müssen durch eine bundesweite Befragung der Autobahn- und Straßenmeistereien und eine entsprechende Hochrechnung der Stoffzusammensetzung auf das Bundesgebiet erhoben werden.

Bei der Planung der Sortieranalyse sind für die vier Abfalltypen unterschiedliche Zugriffsebenen/ Messpunkte für die Stichprobenahme zu beachten. Die Untersuchung der vier relevanten Abfalltypen kann organisatorisch gut innerhalb eines Projektes erfolgen, da in bestimmten Perioden alle Abfalltypen anfallen. Die unterschiedlichen Bezugsparameter (betrifft in Analogie zum Restabfall den Einwohnerbezug) machen allerdings trotz vieler Parallelen eine getrennte Auswertung der Zusammensetzung und des Aufkommens nötig. Bei den Straßentypen fokussiert sich die Untersuchungsmethode auf Autobahnen sowie Bundes- und Landesstraßen. Für die Straßentypen sind jeweils die Autobahnmeistereien (AM) und die Straßenmeistereien im Sinne von Landesstraßenmeistereien (SM) zuständig.

Die Ermittlung der stofflichen Zusammensetzung der Abfälle von überörtlichen Straßen erfolgt durch die Sortieranalysen der zufällig ausgewählten Stichproben.

Die Beschreibung der Methodik zu den Abfällen von überörtlichen Straßen gliedert sich in die Straßentypen Autobahnen und Bundesstraßen, Landesstraßen und sonstige Straßen.

² Da innerhalb der UBA-Publikation „Erarbeitung eines Kostenmodells für die Umsetzung von Artikel 8 Absatz 2 und 3 der EU-Einwegkunststoffrichtlinie“ von 2022 lediglich bestimmte Einwegkunststoffprodukte untersucht wurden und sonstige Abfälle nicht differenziert wurden, können diese Daten nicht zur Herleitung des gesamten Abfallstroms von Kunststoffverpackungen genutzt werden.

Teil A:
Methodenbeschreibung Analyse von Abfällen von überörtlichen Straßen

3 Untersuchungsplanung (AM/SM-Ebene)

Die Planung der Untersuchung umfasst neben organisatorischen und logistischen Aspekten im Wesentlichen die Entwicklung des Stichprobenkonzeptes. Dazu gehören die Festlegung der relevanten Einflussgrößen sowie die Festlegung des erforderlichen Stichprobenumfangs. Der finale Planungsschritt vor der praktischen Durchführung ist die mehrstufig geschichtete Auswahl von Stichprobeneinheiten.

3.1 Allgemeine Planungsdaten

Die erforderlichen Daten und Unterlagen für die Untersuchungsplanung, soweit verfügbar und soweit von aktuellen Datenschutzbestimmungen erlaubt, sind durch die jeweilige Autobahn- bzw. Straßenmeistereien (AM/SM) zur Verfügung zu stellen.

Für die Planung werden folgende Rahmendaten im Regelfall benötigt:

- ▶ Anzahl der Kampagnen zur Sammlung von Abfällen überörtlicher Straßen pro Jahr
- ▶ durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV [Anzahl Kfz/24 h]) der Autobahn- bzw. Straßenmeistereien
- ▶ Gesamtstreckenlängen [km] aufgliedert nach Autobahn- bzw. Straßenmeistereien
- ▶ Gesamtaufkommen der einzelnen untersuchten Abfalltypen aufgliedert nach Autobahn- bzw. Straßenmeistereien pro Jahr [t/a]
- ▶ Anzahl Park-/Rastplätze, Flächen, Behälterbestand (Anzahl und Größe), Leerungsintervalle pro AM/SM

3.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten

3.2.1 Abfalltypen

Abfalltypen werden aufgrund der erforderlichen unterschiedlichen methodischen Vorgehensweise als eigene Grundgesamtheiten (keine Schichten) behandelt. Dies ist auch deshalb erforderlich, da für die Abfalltypen hochgerechnete Ergebnisse auf Bundesebene berechnet werden sollen. Abfälle von überörtlichen Straßen können in folgende Typen unterschieden werden, die für eine Untersuchung ihrer Zusammensetzung Relevanz haben:

- ▶ Streumüll Strecke (inkl. Anschlussstellen)
- ▶ Streumüll Rastplätze (mit Bewirtung), wahlweise gemeinsam mit oder getrennt von Parkplätzen (ohne Bewirtung)
- ▶ Behältermüll von Park-/Rastplätzen
- ▶ Kehricht Rastplätze/Parkplätze³

Daneben fällt auch Kehricht von der Streckenreinigung an. Dieser ist jedoch überwiegend mineralischer Natur, so dass eine Untersuchung vor dem Hintergrund der Zielsetzung der hier vorliegenden Methodik entfallen kann.

³ Zuweilen wird in Kehricht von Parkbuchten und in Kehricht von Gehwegen und Sitzgruppen unterschieden. Da das jedoch eher selten vorkommt und somit eine Datenbasis fehlt, sollten diese beiden Typen stets gemeinsam untersucht werden.

Abfälle aus Sinkkästen können aufgrund der vergleichsweise geringen Menge und ihrer Zusammensetzung vernachlässigt werden.

Ebenfalls vernachlässigt wird im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht gesammelter Streumüll. Dieser Abfall ist zum einen massespezifisch unbedeutend. Zum zweiten besteht er überwiegend aus Materialien (Reifen/Reifenteile), die nicht im Fokus der Analyse liegen.

3.2.2 Kampagnen

Grundsätzlich sind jahreszeitliche Einflüsse, welche insbesondere unterschiedliche Verkehrssituationen durch den Urlauberverkehr in Ferienzeiten bedingen, zu erwarten. Zudem ist zu vermuten, dass bei kalten und nassen Witterungsbedingungen weniger Abfälle aus fahrenden Fahrzeugen geworfen werden. Allerdings wird **Streumüll** von der Strecke in vielen Fällen lediglich ein- bzw. zweimal im Jahr gesammelt. Aus arbeitsorganisatorischen Gründen ist es sinnvoll, die Stichprobenahme an diese Sammelkampagnen zu koppeln. Dadurch werden auch die jahreszeitlichen Einflüsse abgemildert, da eine vollständige Erfassung der über einen längeren Zeitraum abgelagerten Abfälle erfolgt.

Für den **Behältermüll** können ebenfalls jahreszeitliche Einflüsse angenommen werden. Abfall, der durch den LKW-Verkehr erzeugt wird, und illegale Anlieferungen (Haushalt und Gewerbe) unterliegen geringeren jahreszeitlichen Schwankungen, für den durch PKW-Verkehr erzeugten Abfall ist dieser Einfluss jedoch vorhanden. Da Behältermüll meist mindestens 1x wöchentlich gesammelt wird, steht er ganzjährig zur Analyse zur Verfügung.

Die Zusammensetzung des **Straßenkehrrechts** ist jahreszeitlich insbesondere durch den herbstlichen Laubfall und den Streusplit bei winterlichen Straßenverhältnissen bedingt. Der Kehrtturnus ist je nach AM sehr unterschiedlich. Die Planung sollte bei Festlegung des Kampagnenzeitraums langfristig beachtet werden.

Zusammenfassend wird vorgeschlagen, die Sortieranalyse in zwei Kampagnen durchzuführen. Die erste Kampagne wird in der Regel vor dem ersten Rasenschnitt (März/April) durchgeführt, die 2. Kampagne in der Sommerferienzeit (Juli/August). Mit diesen Zeiträumen sind sowohl die verschiedenen Einflussfaktoren auf Aufkommen und Zusammensetzung als auch die voraussichtlichen Anfallszeiträume für alle Abfalltypen abgebildet.

3.2.3 Schichten

Für Abfälle von überörtlichen Straßen wird auf AM/SM-Ebene das Schichtungskriterium Straßentyp mit den Schichten Autobahnmeistereien (AM) und Straßenmeistereien (SM) festgelegt.

3.2.3.1 Schichtung nach Straßentyp

Nach Verantwortlichkeit der Bewirtschaftung wird für diese Methodik in die folgenden Straßentypen unterschieden. Die Straßentypen werden jeweils für ein Untersuchungsgebiet (UG) nach den 4 Abfalltypen separat analysiert.

- ▶ Autobahnen
- ▶ Bundesstraßen/Landesstraßen/sonstige

Für das Projekt wird davon ausgegangen, dass insbesondere Abfälle von Autobahnen, Bundesstraßen und Landesstraßen in die Analyse einbezogen werden, da an diesen Straßen die relevanten Abfalltypen anfallen und gesammelt werden.

Für die Bewirtschaftung sind die Autobahnmeistereien (Autobahnen) und die Landesstraßenmeistereien (Bundes-/Landestraßen, teilweise Kreis-/kommunale Straßen) zuständig. Andere Straßentypen werden in die Untersuchung einbezogen, wenn die Landesstraßenmeistereien diese mit bewirtschaften.

3.2.3.2 Schichtung nach Verkehrsstärke

Basierend auf bei der Autobahn GmbH vorhandenen Daten zur durchschnittlichen Verkehrsstärke aller Autobahnmeistereien und Straßenmeistereien werden jeweils für die zwei Schichten folgende Einteilung der Streckenabschnitte gebildet:

Für Autobahnmeistereien (AM):

- ▶ niedrige Verkehrsstärke ≤ 45.000 Kfz/24 h
- ▶ hohe Verkehrsstärke > 45.000 Kfz/24 h

Für Straßenmeistereien (SM):

- ▶ niedrige Verkehrsstärke ≤ 8.000 Kfz/ 24 h
- ▶ hohe Verkehrsstärke > 8.000 Kfz/24 h

3.2.4 Stichprobenanzahl und -größe

3.2.4.1 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Als Probenahmegebiete sind mindestens vier Autobahn- und vier Landesstraßenmeistereien auszuwählen, welche die o. g. Einflussfaktoren gut abdecken.

Pro Abfalltyp sind pro Kampagne sechs Stichproben zu analysieren. Die Sortieranalyse ist in zwei Kampagnen durchzuführen. Insoweit Streumüll Strecke nur einmal pro Jahr gesammelt wird, ist für diesen Abfalltyp eine Kampagne ausreichend.

Eine Stichprobeneinheit umfasst ein Abfallvolumen von ca. $0,5 \text{ m}^3$. Die Stichproben sind während der Sammelkampagnen mittels BigBags oder AWB zu erfassen. Die Stichprobengröße von $0,5 \text{ m}^3$ hat sich insoweit bewährt, da diese Stichprobengröße ohne weitere technische Hebelmittel zum Sortierplatz transportiert werden kann.

Kehricht hat im Regelfall eine deutlich kleinere mittlere Partikelgröße und eine größere Homogenität als Streu- und Behältermüll. Es ist davon auszugehen, dass deshalb das Sortiervolumen deutlich verringert werden kann. Unter der Maßgabe, dass die Probenanzahl nicht verringert werden soll, wird für Kehricht ein Probenvolumen pro AM/SM und Kampagne von 6×10 Liter festgelegt.

3.2.4.2 Auswahl der Stichproben

Streumüll Strecke:

Streumüll beinhaltet alle mit Zange oder händisch aufgelesenen Abfälle, mit Ausnahme der im Rahmen der Verkehrssicherung ohnehin zu entfernenden Gegenstände. Führt die AM/SM bereits während der Sammlung oder auf dem Betriebshof eine Abtrennung ausgewählter Wertstoffe, z. B. Glasverpackungen, durch, sind diese Mengen zu dokumentieren und bei der Ermittlung der Zusammensetzung zu berücksichtigen. Das Aufkommen an Anschlussstellen ist deutlich höher als an anderen Streckenabschnitten. Da allerdings eine identische Zusammensetzung vermutet werden kann, ist keine gesonderte Betrachtung erforderlich.

Streumüll Rast- und Parkplätze:

Das Streumüllaufkommen von Rast- und Parkplätzen ist auf Rastplätzen vermutlich höher, in der Zusammensetzung allerdings ähnlich. Für Autobahnmeistereien wird vorgeschlagen, vier Rast- und vier Parkplätze zu beproben. Aufgrund der eher geringen Anzahl an Rast- und Parkplätzen bei Straßenmeistereien kann eine Untersuchung dieses Abfalltyps bei Straßenmeistereien mit einer geringeren Stichprobenmenge erfolgen oder bei Nichtanfall entfallen.

Behältermüll:

Idealerweise sollte der gesamte Rast- bzw. Parkplatz als Probenaufkommen gesammelt werden, um alle Areale (PKW/LKW/Bereiche illegaler Ablagerungen) zu beproben. Um den Einfluss von Werktagen und Wochenenden berücksichtigen zu können, ist das Aufkommen von einer Woche bzw. dem Vielfachen davon zu berücksichtigen. Nebengestellungen sind mit zu erfassen.

Kehricht Rast- und Parkplätze:

Die Sammlung des Kehrichts erfolgt nach dem Ort des Anfalls meist gemischt. Der Kehricht wird von den Parkzonen, Gehwegen und sonstigen fahrzeugfreien Aufenthaltsbereichen mittels Laubbläser auf die Fahrbahn geblasen und dort mittels Großkehrmaschine aufgenommen. Erfolgt eine getrennte Sammlung, sind beide Kehrichttypen entsprechend ihrem jährlichen Aufkommensanteil zu beproben. Aus dem Inhalt der Großkehrmaschine ist eine Stichprobe gemäß LAGA PN98 zu entnehmen. Alternativ kann mit der AM/SM vereinbart werden, dass nur ausgewählte Abschnitte gereinigt werden. Dann erfolgt eine vollständige Analyse der Probe.

4 Durchführung

Zur Durchführung gehören die Stichprobenahme und die Sortierung der Abfälle von überörtlichen Straßen.

4.1 Stichprobenahme

4.1.1 Streumüll Strecke

Die Sammlung der benötigten Probenmenge ist sehr zeitintensiv. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Sammlung im Rahmen der normalen Planung der AM/SM und in deren Regie erfolgt. Bei AM wird in der Regel pro Kampagne mehr als die benötigte Probenmenge gesammelt. Dem Prinzip der Zufallsauswahl wird durch den zufälligen Beginn der Probensammlung im Rahmen des Zeitraums der Streumüllsammmlung Rechnung getragen. Die Probensammlung erfolgt dann fortlaufend bis zum Erreichen des Probenvolumens. Ist mit einem Sammelvolumen in Höhe des Probenvolumens oder weniger zu rechnen, wird das Sammelvolumen zum Probenvolumen.

Bei der Sammlung des Streumülls ist taggenau zu dokumentieren, welche Straßenabschnitte gereinigt und welche Masse gesammelt wurde. Die zur Sammlung verwendeten Säcke sind mit Datum zu beschriften und vollständig an einem sicheren Ort, in der Regel auf dem Betriebshof der jeweiligen AM/SM, zu lagern. Die Probensammlung endet, wenn das erforderliche Probenvolumen erreicht ist.

Streumüll beinhaltet alle mit Zange oder händisch aufgelesenen Abfälle mit Ausnahme der im Rahmen der Verkehrssicherung ohnehin zu entfernenden Gegenstände. Führt die AM/SM bereits während der Sammlung oder auf dem Betriebshof eine Abtrennung ausgewählter Wertstoffe, z. B. Glasverpackungen, durch, sind diese Mengen täglich zu verwiegen und bei der Ermittlung der Zusammensetzung zu berücksichtigen.

Idealerweise ist das gelagerte Sammelvolumen das Probenvolumen. Übersteigt das Sammelvolumen das Probenvolumen, wird nach Reihenfolge der Sammlung das Probenvolumen ausgewählt. Wird das Sammelvolumen eines Tages nur anteilig zum Probenvolumen, ist die nicht berücksichtigte Menge ebenfalls zu verwiegen.

Einige SM sammeln nur einmal jährlich Streumüll an der Strecke. Für diese SM ist zu prüfen, inwieweit die zweite Kampagne zusätzlich erfolgen muss oder ob die Probenahme aus dem Streumüll von Anschlussstellen erfolgen kann, die in der Regel häufiger gereinigt werden. Zum Erreichen des Probenvolumens ist ein verlängerter Kampagnenzeitraum wahrscheinlich. Alternativ können für die Probenahme weitere AM/SM einbezogen werden. Ist auch unter diesen Bedingungen die benötigte Probenanzahl nicht erreichbar, kann die Probenanzahl reduziert werden. Die Vorgehensweise ist zu begründen.

4.1.2 Streumüll Rast- und Parkplätze

Die Sammlung der benötigten Probenmenge ist sehr zeitintensiv. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Sammlung im Rahmen der normalen Planung der AM und in deren Regie erfolgt.

In der Regel wird die Sammlung der benötigten Probenmenge aufgrund der kleinen Sammelfläche innerhalb eines kurzen Sammelzeitraums nicht erreicht. Allerdings wird die Sammlung in der Regel mehrmals jährlich durchgeführt. Für diese Methodik wird festgelegt, dass die Beprobung bis zum Erreichen des Probenvolumens oder pro Kampagne 2 Monate lang

auf allen Park-/Rastplätzen der jeweiligen AM/SM durchgeführt wird. Alternativ können weitere AM in die Probensammlung eingebunden werden.

Bei der Sammlung des Streumülls ist taggenau zu dokumentieren, welche Park-/Rastplätze gereinigt und welche Masse gesammelt wurde. Die zur Sammlung verwendeten Säcke sind mit Datum zu beschriften und vollständig an einem sicheren Ort, in der Regel auf dem Betriebshof der jeweiligen AM, zu lagern.

Streumüll beinhaltet alle mit Zange oder händisch aufgelesenen Abfälle, mit Ausnahme der im Rahmen der Verkehrssicherung ohnehin zu entfernenden Gegenstände. Führt die AM bereits während der Sammlung oder auf dem Betriebshof eine Abtrennung ausgewählter Wertstoffe, z. B. Glasverpackungen, durch, sind diese Mengen zu täglich zu verwiegen und bei der Ermittlung der Zusammensetzung zu berücksichtigen.

Idealerweise ist das gelagerte Sammelvolumen das Probenvolumen. Übersteigt das Sammelvolumen das Probenvolumen, wird nach Reihenfolge der Sammlung das Probenvolumen ausgewählt. Wird das Sammelvolumen eines Tages nur anteilig zum Probenvolumen, ist die nicht berücksichtigte Menge ebenfalls zu verwiegen.

4.1.3 Behältermüll

Die Auswahl des zu untersuchenden Park-/Rastplatzes erfolgt innerhalb des Pools der jeweiligen AM/SM per Zufallsauswahl.

Die SPE werden direkt auf dem ausgewählten Park-/Rastplatz ohne Vermischung aus den Sammelbehältern gewonnen. Idealerweise werden alle im Zeitraum einer Woche anfallenden Abfälle in die SPE übernommen.

Reicht das in einer Woche anfallende Probenvolumen eines Park-/Rastplatzes nicht aus, können weitere Plätze in die Untersuchung einbezogen werden. Alternativ wird der Probenzeitraum um das Vielfache einer Woche verlängert.

Übersteigt das wöchentliche Aufkommen des ausgewählten Park-/Rastplatzes das benötigte Probenvolumen, ist bei der Probenahme darauf zu achten, dass folgende Einflussfaktoren berücksichtigt werden:

- ▶ PKW/LKW-Bereiche
- ▶ Beginn/Mitte/Ende Park-/Rastplatz
- ▶ Wochenende/Arbeitstage

Unabhängig von der Probenahme ist der gesamte im Zeitraum anfallende Behältermüll zu verwiegen.

Verfügt eine projektbeteiligte SM nicht über Park-/Rastplätze, entfällt eine Probenahme für diesen Abfalltyp. Alternativ kann die Probenahme bei einer anderen SM erfolgen. Es ist sicherzustellen, dass für die bundesweite Hochrechnung von mindestens 3 SM Proben analysiert werden.

4.1.4 Kehricht Rast- und Parkplätze

Kehricht wird in der Regel mehrmals jährlich gemischt mittels Großkehrmaschine gesammelt. Vorab werden in der Regel Gehwege und Sitzbereiche per Laubbläser oder mittels Besen gereinigt und dieser Kehricht auf für den Einsatz einer Großkehrmaschine geeignete Flächen befördert, die dann maschinell gereinigt wird.

Es wird also davon ausgegangen, dass die Probenahme aus dem gemischt gesammelten Kehricht erfolgt.

Für die Probenahme genügt je nach Kehrfläche der Kehricht von 1-2 Park-/Rastplätzen. Die Auswahl der Park-/Rastplätze je AM erfolgt zufällig.

Für die Proben ist jeweils der gesamte Park-/Rastplatz zu kehren.

Bereits bei der Sammlung ist möglichst auf den Einsatz von Wasser zu verzichten.

Die Beprobung des Kehrichts erfolgt, sofern die Sammelmenge größer als die Probenmenge ist, je nach Größe der Sammelmenge gemäß LAGA PN 98 nach dem Schürfschlitzverfahren oder durch (mehrfache) Probenviertelung.

Vor der Sortierung sind die SPE soweit zu trocknen, dass die Probe rieselfähig bzw. nah am Feuchtegehalt vor der Kehrung ist. Dies kann durch Ausbreiten oder im Ofen erfolgen.

4.2 Siebung und Sortierung

Die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung der Abfälle erfolgt durch händische Sortierung nach Stoffgruppen für jede Schicht. Die Siebung erfolgt durch Flach- oder Trommelsiebe. Die Siebung und Sortierung der Abfälle muss von geschultem Personal unter Aufsicht eines erfahrenen Sortierleiters durchgeführt werden. Die Abfälle sind vor der Sortierung bei 10 mm und 40 mm zu sieben. Hierfür können maschinelle Siebaggregate oder Sortiertische (beide 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 den Richtlinien der LAGA PN 98 (MfUF RIP, 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 Standardanalysedesselben Katalogs zu sortieren.

Folgende Massen sind anhand einer Wiegung für eine Stichprobeneinheit zu ermitteln und zu dokumentieren:

- ▶ Masse Stichprobeneinheit vor Siebung
- ▶ 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:

- Gesamtmasse nach Siebung
- 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.

4.3 Stoffgruppenkatalog und Besonderheiten bei der Zuordnung

Bei der manuellen Sortierung sind die Abfälle der unten tabellierten Stoffgruppen zuzuordnen und die Massen bzw. Massenanteile anhand einer Verwiegung zu dokumentieren.

In Tabelle 1 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 1: Stoffgruppenkatalog Abfälle von überörtlichen Straßen Arbeitsstand für eine Standardanalyse

Differenzierungsebene*	Stoffgruppe	Beispiele
1	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	NE-Metalle	NE-Metall-Verpackungen, sonstige NE-Metall-Gegenstände
2-1	NE-Verpackungen	Al-Verpackungen, sonstige NE-Verpackungen
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	PPK	Papierverpackungen, Druckerzeugnisse, sonstiges PPK
3-1	PPK-Verpackungen (ohne Verbunde)	Graukarton (Verpackungskartons, Toilettenpapierrollen, Papp-Joghurtbecher-

Differenzierungs-ebene*	Stoffgruppe	Beispiele
		Ummantelung), Mehl-/Zuckertüten, Braunkarton/Kartonagen
3-2	PPK-Druckerzeugnisse	Zeitungen, Illustrierte, Briefumschläge, Schreibpapier, Bücher, Papierschnitzel
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	LMA	LMA verpackt/unverpackt
6-1-1	LMA (unverpackt oder entpackt)	unverpackte Küchen- und Nahrungsabfälle
6-1-2	Lebensmittel (verpackt)	gefüllte/nicht restentleerte Lebensmittelverpackungen, volle Getränkebehältnisse, volle Konservendosen
6-2	Gartenabfälle	Laub, Rasenschnitt, Strauchwerk, Äste, Wurzelwerk, Topfpflanzen, Schnittblumen
6-3	Sonstige Organik	Kleintierstreu aus Holz, Hanfseile, Haare, Tierkadaver
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	Zigaretenschachteln, Getränkebecher, beschichtete Papiere, Bäckertüten

Differenzierungs-ebene*	Stoffgruppe	Beispiele
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), Seitenfalten (z. B. Nussverpackungen) oder vierseitig versiegelte Beutel (z. B. Tiernahrung), jeweils mit Al-Schicht
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
8-3	Sonstige Verbunde	Gebrauchsgegenstände, Spielzeug, Dekoration
9	Mineralik, Inertstoffe	Keramik, Steine, Bauschutt, Geschirr, sonstige Mineralstoffe
10	Schadstoffe (Problemabfälle)	Altbatterien, Altmedikamente, Altchemikalien, altöhlhaltige Materialien, sonstige schadstoffbelastete Materialien, belastete Bauabfälle
10-1	Altbatterien	Batterien, Akkus
10-1-1	Gerätebatterien	Gerätebatterien
10-1-2	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 a. n. g.
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

Differenzierungs-ebene*	Stoffgruppe	Beispiele
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 (AM/SM-Ebene)

5.1 Allgemeine Daten für Auswertung und Hochrechnung

Die Hochrechnung erfolgt getrennt für die vier Abfalltypen auf Basis der Straßenlänge (Streumüll Strecke), der Flächen der Park-Rastplätze (Streumüll Rast- und Parkplätze), der Behältervolumina und -leerungsturnusse (Rast- und Parkplätze) und der Flächen der Rast- und Parkplätze (Kehricht). Die ermittelten Zusammensetzungen werden mit den jeweiligen Bezugsgrößen Strecke, Fläche und Volumina hochgerechnet.

Dafür sind folgende Daten zu erfassen:

- ▶ Streumüll Strecke: bewirtschaftete Streckenlänge der jeweiligen AM/SM und jährliche Streckenlänge, auf der Streumüll gesammelt wird (bei mehrmaliger Sammlung werden die Streckenlängen jeder Sammlung aufaddiert), jährliche Sammelmasse
- ▶ Streumüll Rastplätze: Anzahl Rastplätze, jährliche Sammelmasse, jährliche Sammelfläche (Produkt aus Fläche des jeweiligen Rastplatzes und der Anzahl der Sammelereignisse - bei Bereichen mit höherer Sammelfrequenz sind diese zusätzlichen Sammlungen entsprechend in die Sammelfläche einzubeziehen)
- ▶ Behältermüll: jährliche Sammelmasse
- ▶ Kehricht Rastplatz/Parkplatz⁴: Anzahl Rastplätze, jährliche Sammelmasse, Anzahl der Kehrvorgänge

5.2 Vorgehensweise der mehrstufigen Hochrechnung nach Schichten und Kampagnen

Die Hochrechnung der Massen der Stichprobeneinheiten (Massen in kg je Stichprobeneinheit) auf die Grundgesamtheit (Gesamtmassen in Tonnen je Jahr, Stoffgruppen in Prozent) in Deutschland erfolgt getrennt nach Abfalltypen in einem zweistufigen Verfahren.

Dabei wird die Masse der Grundgesamtheit je AM/SM durch Befragung ermittelt und die stoffliche Zusammensetzung der Grundgesamtheit je AM/SM nach Abfalltyp streckenspezifisch (Streumüll Strecke), flächenspezifisch (Streumüll Park-/Rastplatz, Kehricht) und volumenspezifisch (Behältermüll) hochgerechnet.

Auf Ebene 2 wird die Stufe 2 für die Hochrechnung der Schätzwerte auf AM/SM-Ebene zusammengefasst. Für die Ebene 1 werden die AM/SM-Ergebnisse in Teil B auf Bundesergebnisse hochgerechnet.

5.2.1 Standardisierung der Stichprobenergebnisse

Da die Untersuchungseinheiten auf die Strecken bzw. Flächen gleichmäßig (nach einem Raster) aufgeteilt und die Stichprobeneinheiten zufällig ausgewählt werden können und zusätzlich die Stichprobenvolumina einheitlich sind, ist keine Standardisierung nach Strecken, Flächen oder Volumina erforderlich. Die Hochrechnung der Zusammensetzung erfolgt daher direkt mit den Stichprobendaten. Die Stichprobenergebnisse werden auf Wochenwerte [kg/Wo] je Kampagne und auf Jahreswerte [kg/a] je Kalenderjahr hochgerechnet.

⁴ Zuweilen wird in Kehricht von Parkbuchten und in Kehricht von Gehwegen und Sitzgruppen unterschieden. Da das jedoch eher selten vorkommt und somit eine Datenbasis fehlt, sollten diese beiden Typen stets gemeinsam untersucht werden.

5.2.2 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 Stichprobeneinheit mit den Summen der Einzelmassen je Stoffgruppe durchgeführt. Jegliche Abweichungen zwischen den Massen der Einzelstichproben und den sortierten Massen müssen in der Größe dokumentiert und plausibel aufgelöst werden. Können größere nicht erklärable Abweichungen nicht aufgelöst werden, führt dies zum Ausschluss der Stichprobe.

5.2.3 Hochrechnung auf Schichten (AM/SM-Ebene)

Die Stichprobenergebnisse auf Schicht-Ebene der AM/SM werden je AM, je SM und für jeden Abfalltyp getrennt berechnet und zusammengefasst. Als Schichtungskriterium wird der Straßentyp $h_{AM/SM}$ berücksichtigt. Durch die unterschiedlichen Bezugsgrößen der Abfalltypen (Straßenkilometer, Fläche und Volumen,) sind folgende Berechnungen (Gleichung 1) erforderlich:

- ▶ Streumüll Strecke: Bezugsgröße ist die bewirtschaftete Streckenlänge
- ▶ Streumüll Rastplätze: Bezugsgröße ist die bewirtschaftete Fläche
- ▶ Behältermüll: Bezugsgröße ist das bewirtschaftete Behältervolumen
- ▶ Kehricht Raststätte/Parkplatz: Bezugsgröße ist die bewirtschaftete Fläche

$$\hat{X}_{s,k,h_{AM/SM},l} = \frac{AaP_{s,h_{AM/SM}}}{aaP_{s,h_{AM/SM}}} \cdot \sum_{j=1}^{n_j} \check{x}_{s,k,h_{AM/SM},j,l} \quad \text{Gleichung 1}$$

$\hat{X}_{s,k,h_{AM/SM},l}$	Masse des Schätzwerts je Abfalltyp s , Kampagne k , Schicht $h_{AM/SM}$, Stichprobeneinheit j und Stoffgruppe l
$\check{x}_{s,k,h_{AM/SM},j,l}$	Stichprobenmasse je Abfalltyp s , Kampagne k , Schicht $h_{AM/SM}$, Stichprobeneinheit j und Stoffgruppe l
$AaP_{s,h_{AM/SM}}$	Parameter (Straßenkilometer, Fläche, Volumen) je Abfalltyp s , Schicht $h_{AM/SM}$ in der GG
$aaP_{s,h_{AM/SM}}$	Parameter (Straßenkilometer, Fläche, Volumen) je Abfalltyp s , Schicht $h_{AM/SM}$ in der SP
n_j	Anzahl der Primärstichproben auf Ebene AM/SM
s	Laufindex für die Abfalltypen
k	Laufindex für die Kampagnen
$h_{AM/SM}$	Laufindex für die Schicht auf Ebene AM/SM
j	Laufindex für die Stichprobeneinheiten
l	Laufindex für die Stoffgruppen

5.2.4 Hochrechnung auf Kampagnen und Gesamt (AM/SM-Ebene)

Das Aufkommen je AM/SM der Abfallmassen je Abfalltyp wird über eine Befragung ermittelt. Die Zusammensetzung der vier Abfalltypen wird über die Stichprobenerhebung nach 2 Schichtungskriterien (Straßentyp) bestimmt. Die Hochrechnung der stofflichen Zusammensetzung je Abfalltyp und je Kampagne erfolgt dann über Gleichung 2. Die Hochrechnung der stofflichen Zusammensetzung je Abfalltyp für die Gesamtwerte erfolgt gemäß Gleichung 3. Der Gewichtungsfaktor wird für eine Kampagne mit $GF_1=1$ definiert, für mehrere Kampagnen muss der Gewichtungsfaktor dem Untersuchungsziel angepasst werden.

$$\hat{X}_{s,k,l} = \sum_{h_{AM/SM}=1}^{n_{h_{AM/SM}}} \hat{X}_{s,k,h_{AM/SM},l} \quad \text{Gleichung 2}$$

$$\hat{X}_{s,l} = \sum_{k=1}^{n_k} \frac{365}{7} \cdot GF_k \cdot \hat{X}_{s,k,l} \quad \text{Gleichung 3}$$

$\hat{X}_{s,k,l}$	Masse des Schätzwerts j Abfalltyp s, Kampagne k, Stoffgruppe l
s	Laufindex des Abfalltyps
k	Laufindex der Kampagne
$h_{AM/SM}$	Laufindex für die Schicht auf Ebene AM/SM
l	Laufindex für die Stoffgruppen
n_k	Anzahl der Kampagnen
$n_{h_{AM/SM}}$	Anzahl der Schichten auf Ebene der AM/SM
GF_k	Gewichtungsfaktor für vegetationsarme bzw. -reiche Zeit je Kampagne
$\frac{365}{7}$	Hochrechnungsfaktor von Wochenwerte auf Jahreswerte

Die Ergebnisse der Schätzwerte der Kampagnen (Gleichung 2) und den Schätzwert Insgesamt (Gleichung 3) muss für alle Abfalltypen zu einem Gesamtwert für die Massen und Zusammensetzungen der Abfälle aus überörtlichen Straßen, wie in Gleichung 4 dargestellt, zusammengefasst werden.

$$\hat{X}_l(\text{üöStraßen Gesamt}) = \sum_{s=1}^{n_s} \hat{X}_{s,l} \quad \text{Gleichung 4}$$

$\hat{X}_l(\text{üöStraßen Gesamt})$	Masse des Schätzwerts der überörtlichen Straßen, Stoffgruppe l
$\hat{X}_{s,l}$	Masse des Schätzwerts je Abfalltyp k, Stoffgruppe l
s	Laufindex des Abfalltyps
l	Laufindex für die Stoffgruppen
n_s	Anzahl der Abfalltypen

6 Dokumentation und Ergebnisbericht (AM/SM Ebene)

Den Prinzipien guter wissenschaftlicher Praxis und Transparenz folgend, sind auch die Planungsschritte, -entscheidungen und letztlich ausgeführten Untersuchungsmaßnahmen bei Abfallanalysen vollständig nachvollziehbar festzuhalten und auf geeignete Weise zu dokumentieren. Dazu gehören u. a. Absprache- bzw. Abstimmungsprotokolle zwischen den Auftraggebern und Ausführenden der Untersuchung einschließlich solcher die mittelbar beteiligt sind (z. B. Entsorgungsdienstleister), der Datenaustausch mit diesen Beteiligten und die zur Beprobung und Sortieranalyse verwendeten Aufnahme-/Auswertebögen und Gerätschaften (z. B. eingesetzte Waagen und Eichgrenzen/-bestätigungen).

Grundsätzlich soll dann der Bericht zur Untersuchung der Abfälle Auskunft geben

- ▶ zum Untersuchungsanlass
- ▶ zum Untersuchungsgebiet
- ▶ zur Methodik für die Schichtenbildung und Auswahl von Stichprobeneinheiten
- ▶ zur durchgeführten Beprobung und Sortiermethodik (insbesondere Stoffgruppen, Stoffgruppenzuordnung, Siebschnitte)
- ▶ zu den Auswertergebnissen inklusive der Betrachtung zur Varianz und zum Korrelationsverhalten der Ergebnisse mit bestimmten Schichtungsmerkmalen

Im Vordergrund der Zusammenstellung und Wiedergabe der Sortierdaten auf AM/SM-Ebene steht die masseprozentuale Zusammensetzung der Abfälle von überörtlichen Straßen bezogen auf die gewählte Schichtung – die Datenerhebung zum Aufkommen erfolgt erst auf Bundesebene

Separat herauszuarbeiten und einer Bewertung zu unterziehen sind die Auswertergebnisse zu den Problematiken, die für die Untersuchung insbesondere anlassgebend waren (z. B. Feststellung bestimmter Produktanteile wie ausgewählte Verpackungsgebilde/To-Go Produkte, Einwegkunststoffartikel, u. ä.). Dabei sollte auf deutliche Werteveränderungen im Vergleich der jeweiligen Erhebungskampagnen hingewiesen und die erkannten bzw. naheliegenden Erklärungszusammenhänge spezifiziert werden. Sind bereits Voruntersuchungen aus früheren Jahren vorhanden, bietet es sich im Rahmen einer eventuell gegebenen Vergleichbarkeit an, die feststellbaren Wertunterschiede und Entwicklungen ebenfalls mit darzustellen und zu erörtern. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn die Untersuchung auch aufgrund genereller System- oder Stoffstromveränderungen oder speziell getroffener Maßnahmen und deren Wirkungsbemessung veranlasst gewesen ist.

Die ausgewählten Untersuchungsgebiete sind kurz zu beschreiben. Des Weiteren sind die Rahmenbedingungen anzugeben.

Für jede der Schichten sind die gesamte sortierte Abfallmenge und die Anzahl der beprobten Behälter bzw. Streckenlänge oder gereinigte Fläche anzugeben, dies ist jeweils für jede Kampagne durchzuführen. Im Ergebnisbericht sind sowohl die aus der Sortierung erhaltenen Ergebnisse (Fraktion ≤ 10 mm, Fraktion > 10 bis 40 mm, Fraktion > 40 mm) für jede Stichprobeneinheit sowohl prozentual (Masse-%) strecken-/anzahlspezifisch und gesamt (Mg/a) zu hinterlegen.

Die Ergebnisse der Berechnung für Streckenkilometer bzw. Rast-/Parkplatz sind ebenso darzustellen.

Eine schematische Ergebnisdarstellung bei a-Anzahl an ersten Differenzierungsebenen und einer b-Anzahl an zweiten Differenzierungsebenen nach Schichten (1 bis c) ist in Tabelle 2 gezeigt. Werden weitere Differenzierungsebenen benötigt, können diese Tabellen problemlos nach diesem Schema erweitert werden. Die Anzahl n und Namen der einzelnen Schichten wurden offengelassen. Die Tabelle 2 kann jeweils für beiden Kampagnen und für die Mittelweltergebnisse beider Kampagnen verwendet werden.

Tabelle 3 zeigt eine schematische Darstellung der Gesamtergebnisse jeder einzelnen Ebene.

Tabelle 2: Darstellung der Ergebnisse der AM/SM nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Schicht 1 ¹ (Einheit) ²	Schicht 2 ¹ (Einheit) ²	Schicht c ¹ (Einheit) ²	Gesamt (Einheit)
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 Schicht eingesetzt werden.

[2] Als Einheit kann für die Ergebnisdarstellung für eine Kampagne Masse-%, kg/(km*Wo) und kg/Wo eingesetzt werden, für Jahresgesamtergebnisse Masse-%, kg/(km*a) und Mg/a.

Tabelle 3: Darstellung der Gesamtergebnisse auf Ebene der AM/SM

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Gesamt kg/(m ³ *Wo)	Gesamt Masse-%	Gesamt Mg/Wo
1	1. Differenzierungsebene			
1-1	2. Differenzierungsebene			
1-2				
1-b				
2				
2-1				
2-2				

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Gesamt kg/(m ³ *Wo)	Gesamt Masse-%	Gesamt Mg/Wo
2-b				
a				
a-1				
a-2				
a-b				

7 Qualitätssicherung (AM/SM-Ebene)

Im Rahmen der Qualitätsprüfung wird untersucht, ob die hochgerechneten Ergebnisse (die Schätzwerte) innerhalb der vorgegebenen Abweichungstoleranzen liegen. Die Untersuchungsmethode und der geplante Untersuchungsaufwand (gegeben durch den erforderlichen Stichprobenumfang) wurden so gewählt, dass mit der Untersuchung Schätzwerte erhalten werden, die mit 95 %-iger Sicherheit nicht mehr als um ein vorgegebenes Genauigkeitsmaß abweichen dürfen. Es wird eine Genauigkeitsmaß von $\pm 10\%$ angestrebt. Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse wird durch die Berechnung von sogenannten Konfidenzintervallen für die hochgerechneten Werte nachgewiesen.

Die Durchführung neuer Sortieranalysen sollte gemäß den Vorgaben der Sortierrichtlinien für Rheinland-Pfalz (2021) bzw. der Sortierrichtlinie für Sachsen (2014) erfolgen. Die grundlegenden Eckpunkte werden in die Methodik übernommen.

Für die Durchführung abgeschlossener Sortieranalysen sollte eine eingehende Prüfung bezüglich Stichprobenmethode, Sortierstoffgruppen, Auswertung und Hochrechnung vorgenommen werden. Nach positiver Qualitätsprüfung werden die Schichtungsergebnisse auf Ebene der Autobahn- bzw. Landesstraßenmeistereien in die weitere Auswertung zur bundesweiten Hochrechnung übernommen.

Die Ursachen für die möglichen Abweichungen sind darzustellen und bei der Fortführung bzw. Wiederholung der Abfalluntersuchung entsprechend zu berücksichtigen.

Teil B:
**Methodenbeschreibung Analyse von Abfällen von überörtlichen Straßen -
Hochrechnung für das Entsorgungsgebiet Deutschland Insgesamt**

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 AM/SM 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 Planung der Untersuchung umfasst neben organisatorischen und logistischen Aspekten im Wesentlichen die Entwicklung des Stichprobenkonzeptes. Dazu gehören die Festlegung der relevanten Einflussgrößen auf Bundesebene sowie der notwendigen Primärstichproben.

Datengrundlage sind Statistiken des Bundesministerium für Verkehr (BMDV) und der BAST:

- ▶ Verkehrsstärke und Bewirtschaftete Streckenlänge je Straßentyp
- ▶ Anzahl und Fläche der Park-/Rastplätze

Diese Daten liegen für Autobahnen und Bundesstraßen öffentlich (sh. Quellenverzeichnis) vor. Für die Landesstraßen sind diese Daten bei den Landesstraßenbetrieben zu erheben.

8.2 Untersuchungsspezifische Planungsdaten

Zu den untersuchungsspezifischen Planungsdaten gehören die Kampagnen, die Schichten und die Stichproben. Für ein mehrstufiges Auswahlverfahren werden Standorte der AM und SM für eine regionale Verteilung sowie die Verkehrsstärken für die Schichten der Primärstichproben benötigt.

8.2.1 Kampagnen (Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse)

Bei der Untersuchungsplanung erfolgte die Festlegung der Kampagnenanzahl bereits auf Ebene der AM/SM. Für alle Abfalltypen wurden auf AM/SM-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)

Als Schichtungskriterium wird auf Bundesebene die mittlere Verkehrsstärke je AM und SM festgelegt.

Für das Schichtungskriterium Verkehrsstärke wird zwischen Autobahnen und Bundesstraßen/Landesstraßen/sonstige unterschieden:

Mittlere Verkehrsstärke der Autobahnmeistereien:

- ▶ ≤ 45.000 Kfz/24 h
- ▶ > 45.000 Kfz/24 h

Mittlere Verkehrsstärke der Straßenmeistereien (Bundesstraßen/Landesstraßen/sonstige):

- ▶ niedrige Verkehrsstärke < 8.000 Kfz/ 24 h
- ▶ hohe Verkehrsstärke > 8.000 Kfz/24 h

Als weitere Kriterien werden die Regionalität und der LKW-Anteil und Kurz-/Langstreckenfahrer als sogenannte „weiche Schichtungsparameter“ berücksichtigt. Diese spielen ausschließlich bei der Auswahl der Stichprobengebiete und -strecken, nicht jedoch bei der Hochrechnung eine Rolle. Dadurch wird verhindert, dass ausschließlich Großstadtnahe SM/AM oder rein ländlich geprägt Strecken ausgewählt werden. Der Hauptgrund, warum diese weichen Kriterien nicht in die Hochrechnung mit einbezogen werden, besteht darin, dass es für diese „Schichtungskriterien“ keine belastbaren Rahmendaten gibt und eine Ermittlung dieser Rahmendaten sehr aufwändig wäre. Weiterhin wird dies aufgrund der Vielzahl der als relevant erkannten Schichten zu einer ökonomisch nicht mehr darstellbaren Probenmenge führen.

Die Anteile der der Kurz- und Langstreckenfahrer sind für die Menge und die Zusammensetzung des Abfalls zwar von Relevanz, allerdings fehlen hier bundesweite statistische Daten, die für eine Hochrechnung der Abfallmengen und -zusammensetzung erforderlich wären. Vor diesem Hintergrund sollte bei der Auswahl der Probenahmegebiete darauf geachtet werden, diese Einflussfaktoren angemessen zu berücksichtigen. Dem kann z. B. durch die Berücksichtigung des regionalen Einflusses Rechnung getragen werden.

8.2.3 Stichproben (Umfang und Auswahl der Stichproben)

Die Festlegung der Primärauswahleinheiten (Untersuchungsgebiete sind die AM/SM) werden auf Bundesebene nach dem Zufallsprinzip festgelegt, wobei die Zuordnung nach Schichten und Regionen zu beachten ist.

8.2.3.1 Definition der Stichprobeneinheiten

Auswahleinheiten auf Bundesebene sind die AM/SM (Primärstichproben).

8.2.3.2 Notwendiger Stichprobenumfang

Der Stichprobenumfang wird wie folgt festgelegt:

- ▶ vier unterschiedliche Regionen (Nord, West, Ost und Süd)
- ▶ je eine AM/SM pro Schicht bzw. Region; je 2 AM/SM sind der Schicht der geringen Verkehrsstärke je 2 AM/SM der hohen Verkehrsstärke zuzuordnen
- ▶ bis zu 4 Abfalltypen (je nach Vorhandensein; AM/SM-Ebene)
- ▶ 6 Stichprobeneinheiten je Abfalltyp und Kampagne (AM/SM-Ebene)

8.3 Befragung zur Ermittlung des Abfallaufkommens je Autobahnmeisterei / Straßenmeisterei

Die Ermittlung des Aufkommens jedes Abfalltyps jeder beprobten AM/SM bezogen auf die Probenmenge und/oder das jährliche Aufkommen je Abfalltyp ist grundsätzlich möglich. Aufgrund des geringen Aufkommens für die Streumüll-Abfalltypen und des großen Einflusses von Einmalereignissen (z. B. illegale Entsorgung von Bauschutt) ist eine große Streuung der Ergebnisse zu erwarten, die eine Hochrechnung der Einzeldaten von je 4 AM/SM auf die Bundesebene nicht sinnvoll zulässt.

Methodisch ist daher eine breitere Basis für die Aufkommensberechnung nötig. Diese Datenbasis wird durch die bundesweite Befragung einer möglichst großen Zahl von AM/SM geschaffen.

Die Befragung erfasst folgende Daten je AM/SM:

- ▶ Mittlere Verkehrsstärke
- ▶ Bewirtschaftete Streckenlänge
- ▶ Anzahl und Fläche Parkplätze (ohne Bewirtung)
- ▶ Anzahl und Fläche Rastplätze (mit Bewirtung)
- ▶ Anzahl/Größe/Leerungsturnus Sammelbehälter (nur zur Plausibilitätsprüfung)
- ▶ Jährliches Aufkommen Streumüll Strecke
- ▶ Jährliches Aufkommen Streumüll Park-/Rastplätze
- ▶ Jährliches Aufkommen Behältermüll
- ▶ Jährliches Aufkommen Kehricht Park-/Rastplätze

Die Teilnahme an der Befragung erfolgt für die Autobahn- bzw. Straßenmeistereien auf freiwilliger Basis. Es ist davon auszugehen, dass der Rücklauf deutlich unter 100 % (Erfahrung aus einem Vorprojekt: ca. 50 %) liegen wird. Es ist daher erforderlich, die benötigten Rahmendaten, insbesondere die Massenangaben für die AM/SM bzw. für die Abfalltypen je AM/SM auf Basis der Strecken-/Flächendaten für die fehlenden Rückläufe zu schätzen.

Die Schätzung erfolgt entlang der vorgegebenen Schichtung und wird als Jahresmittelwert der teilnehmenden AM/SM angegeben. Ist die Anzahl der Teilnehmer pro Schicht gering und/oder die Streuung der Angaben groß, kann alternativ auf den Median zurückgegriffen werden.

Folgende Kennzahlen werden pro Schicht gebildet:

- ▶ Streumüll Strecke: Jahresaufkommen Streumüll Strecke/Bewirtschaftete Streckenlänge
- ▶ Streumüll Rast-/Parkplätze: Jährliches Aufkommen Streumüll Park-/Rastplätze/bewirtschaftete Fläche
- ▶ Behältermüll: Jährliches Aufkommen Behältermüll/ bewirtschaftete Fläche
- ▶ Kehricht Rast-/Parkplätze: Jährliches Aufkommen Kehricht Park-/Rastplätze/ bewirtschaftete Fläche

9 Auswertung und Hochrechnung (Bundesebene)

Aufgrund der Komplexität der Abfälle von überörtlichen Straßen im Untersuchungsgebiet wird für die bundesweite Analyse ein mehrstufiges geschichtetes Auswahlverfahren angewandt. Der Prozess der Auswertung und Hochrechnung der AM/SM-Ergebnisse auf Bundesebene umfasst die Hochrechnung der Schichtwerte der AM/SM auf die Bundesebene nach Kampagnen und Insgesamt.

Zur Vorbereitung der Hochrechnung werden die erforderlichen Rahmendaten zusammengestellt (Kapitel 8.2) und gemäß der Berechnungsformeln in Kapitel 9.1 hochgerechnet.

9.1 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 strecken-/flächenspezifischen Massen und in Stoffgruppenanteilen) für Deutschland erfolgt in einem zweistufigen Verfahren. Auf Ebene 2 werden die Stufen 2 und 3 für die Hochrechnung der Schätzwerte auf AM/SM Ebene vereinfachend zusammengefasst. Für die Ebene 1 werden die AM/SM-Ergebnisse auf Bundesergebnisse hochgerechnet.

9.1.1 Hochrechnung auf DE Schichten (Kampagnen und Gesamt)

Basierend auf den AM/SM-Ergebnissen auf Schichtebene werden die bundesweiten Schätzwerte für DE-Schichten, Kampagnen und Insgesamt berechnet. Die Hochrechnung erfolgt für den Abfalltyp Streumüll Strecke entlang der Strecke und für alle anderen Abfalltypen entlang der Fläche über die Schichten.

9.1.1.1 Hochrechnung auf Schichtebene DE

Die Ergebnisse der AM/SM-Untersuchungen sind nach den folgenden Schritten auf die jeweiligen bundesweiten Schichten (Deutschland Gesamt) und das Kalenderjahr hochzurechnen. Mit Gleichung 5 werden die Schichtergebnisse der AM/SM [t/a] auf die bundesweiten Schichtwerte hochgerechnet.

- ▶ Streumüll Strecke (bezogen auf die Streckenlänge je km Streckenabschnitt)
- ▶ Streumüll Park-/Rastplätze (bezogen auf die Fläche der Park-/Rastplätze)
- ▶ Behältermüll (bezogen auf die Fläche der Park-/Rastplätze)
- ▶ Kehricht (bezogen auf die Fläche der Park-/Rastplätze)

$$\hat{X}_{s,k,h_{DE},l} = \sum_{m=1}^{N_m} X_{s,k,h_{DE},m} \cdot \frac{\hat{X}_{s,k,h_{DE},m,l}}{\hat{X}_{s,k,h_{DE},m}} \quad \text{Gleichung 5}$$

$\hat{X}_{s,k,h_{DE},l}$ hochgerechneter Schichtwert je Abfalltyp s , Kampagne k und Schicht h_{DE}

$\hat{X}_{s,k,h_{DE},m,l}$ Schätzwert für die Masse je Abfalltyp s , Kampagne k , Schicht h_{DE} , Primäreinheit m und Stoffgruppe l (in Gleichung 5 als $\hat{X}_{s,k,l}$ bezeichnet)

$\hat{X}_{s,k,h_{DE},m}$ Schätzwert für die Masse je Abfalltyp s , Kampagne k , Schicht h_{DE} , Primäreinheit m

$X_{s,k,h_{DE},m}$	Nettomasse je Abfalltyp s , Kampagne k , Schicht h_{DE} und Primäreinheit m
s	Laufindex für die Abfalltypen
k	Laufindex für Kampagnen
h_{DE}	Laufindex für DE-Schichten
l	Laufindex für Stoffgruppen
m	Laufindex für Primärstichproben bzw. Primäreinheiten in der Grundgesamtheit
$n_{h_{DE}}$	Anzahl der DE-Schichten

9.1.1.2 Hochrechnung auf Kampagnenebene und DE-Gesamt

Die Hochrechnung der absoluten Abfallmengen je Kampagne erfolgt auf Basis der Schätzwerte der DE-Schichten nach Gleichung 6. Die ermittelten absoluten Abfallmengen je Kampagne sind auf den Gesamtwert für Deutschland im Betrachtungszeitraum im Kalenderjahr gemäß Gleichung 7 hochzurechnen.

$$\hat{X}_{s,k,l} = \sum_{h_{DE}=1}^{n_{h_{DE}}} \hat{X}_{s,k,h_{DE},l} \quad \text{Gleichung 6}$$

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

$\hat{X}_{s,l}$	Schätzwert für die Masse je Abfalltyp s und Stoffgruppe l
$\hat{X}_{s,k,l}$	Schätzwert für die Masse je Abfalltyp s , Kampagne k und Stoffgruppe l
$\hat{X}_{s,k,h_{DE},l}$	Schätzwert für die Masse je Abfalltyp s , Kampagne k , Schicht h_{DE} , und Stoffgruppe l
k	Laufindex für Kampagnen
h_{DE}	Laufindex für DE-Schichten
l	Laufindex für Stoffgruppen
s	Laufindex für die Abfalltypen
n_k	Anzahl der Kampagnen
$n_{h_{DE}}$	Anzahl der DE-Schichten
GF_k	Gewichtungsfaktor für jahreszeitliche Einflussfaktoren je Kampagne (siehe Kapitel 5.2.4)
$\frac{365}{7}$	Hochrechnungsfaktor von Wochenwerte auf Jahreswerte

Im Ergebnis liegen Jahresgesamtwerte der Abfallmenge in Tonnen für die Abfalltypen vor. Hieraus kann mit Hilfe der Zusammensetzung die jährliche Abfallmenge je Stoffgruppe und Abfalltyp abgeleitet werden.

Schlussendlich müssen die Jahresgesamtwerte je Abfalltyp, wie in Gleichung 8 gezeigt, addiert werden um die Jahresgesamtmenge der Abfälle überörtlicher Straßen (\hat{X}_l) zu erhalten.

$$\hat{X}_l(\text{üöStraßen Gesamt}) = \sum_{s=1}^{n_s} \hat{X}_{s,l}$$

Gleichung 8

$\hat{X}_{s,l}$	<i>Schätzwert für die Masse je Abfalltyp s und Stoffgruppe l</i>
\hat{X}_l	<i>Schätzwert für die Masse überörtlicher Straßen Gesamt je Stoffgruppe l</i>
s	<i>Laufindex für die Abfalltypen</i>
n_s	<i>Anzahl der Abfalltypen</i>

10 Dokumentation und Ergebnisbericht (Bundesebene)

Vor der Darstellung der ermittelten Ergebnisse der Bundesebene im Ergebnisteil ist eine Dokumentation der vorhandenen Rahmenbedingungen nötig, um die methodische Transparenz der Hochrechnung zu gewährleisten. Insbesondere ist die Verteilung der Streckenlänge 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-%), streckenspezifisch (kg/(km*a)) bzw. flächenspezifisch (kg/m²*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 AM/SM-Ebene enthalten. Für jede Schicht auf Bundesebene wird hier die prozentuale, die jährliche strecken-/flächenspezifische Menge und die Gesamtjahresmenge dargestellt.

Eine schematische Darstellung der Ergebnisse ist in Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt. Bezeichnungen und Indizes sind analog zur Ergebnisdarstellung auf AM/SM-Ebene (siehe Kapitel 6).

Tabelle 4: 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-%, kg/(km*Wo) bzw. kg/(m²*Wo) und kg/Wo eingesetzt werden, für Jahresgesamtergebnisse Masse-%, kg/(km*a) bzw. kg/(m²*a) und Mg/a.

Tabelle 5: Darstellung der Gesamtergebnisse auf Bundesebene

Stoffgruppennummer	Stoffgruppenbezeichnung	Gesamt kg/(km*a) bzw. Kg/(m ² *a)	Gesamt Masse-%	Gesamt t/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 AM/SM-Schichten abgeleitet werden. Wenn die Unsicherheitsbereiche auf der AM/SM-Ebene eingehalten werden, ist zu erwarten, dass diese auch auf Bundesebene durch die größere Stichprobenanzahl eingehalten werden.

Da Abfälle überörtlicher Straßen statistisch nicht separat erfasst werden, ist zur Qualitätssicherung der bundesweiten Hochrechnung eine bundesweite Befragung von AM/SM zur Menge der jährlich eingesammelten Abfälle überörtlicher Straßen sowie der bewirtschafteten Streckenlänge und der Fläche der Park-/Rastplätze erforderlich. Da nicht alle AM/SM diese Zahlen verfügbar haben werden, sind die durch die Befragung erhaltenen Angaben auf das Bundesgebiet hochzurechnen.

12 Quellenverzeichnis

BAST – Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. [Hrsg.] (noch unveröffentlicht): Erhebung des Abfallaufkommens und Konzepte zur nachhaltigen Vermeidung von Littering an Straßen. Bundesanstalt für Straßenwesen. Projektzeitraum: 10/2023-03/2025, Leistungserbringer: INTECUS GmbH/MediaCompany GmbH

BAST – Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. [Hrsg.] (unveröffentlicht): Erfassungstool für Rastanlagen

BAST – Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen. (2023): Straßenverkehrszählung 2021 Ergebnisse. <https://www.bast.de/DE/Statistik/Verkehrsdaten/Manuelle-Zaehlung.html?nn=1820340> (abgerufen am 14.12.2024).

BMDV – Bundesministerium für Verkehr. (2025): Verkehr in Zahlen 2024-2025. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html> (abgerufen am 14.12.2024).

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 14.12.2024).

Jepsen, D.; Zimmermann, T.; Spengler, L.; Rödig L.; Bliklen, R.; Wagner, J.; Struck, K.; Hiestermann, L. u. H. Schulz. (2020): Kunststoffe in der Umwelt - Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien. UBA-Texte 198/2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kunststoffe-in-der-umwelt-erarbeitung-einer> (abgerufen am 02.11.2024).

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

MfUF RIP - Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. [Hrsg.] (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 10.03.2025).

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.

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 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.