



**ABF** 

Institut für Abfall-  
und Kreislaufwirtschaft

## „LITTERING-LEITFADEN“

# Leitfaden zur Erhebung von Aufkommen und Zusammensetzung gelitterter und über öffentliche Abfallbehälter erfasster Abfälle

*Erstellt von*

Peter Beigl, Anna Happenhofer, Reinhold Ottner, Christian Zafiu, Gudrun Obersteiner

**Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien**

*Im Auftrag des*

**Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und  
Technologie (BMK)**

**Wien, Oktober 2022**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>GRUNDLAGEN</b> .....	<b>1</b>
1.1	ZIELSETZUNG.....	1
1.2	ANWENDUNG DES LEITFADENS.....	2
<b>2</b>	<b>ANALYSERELEVANTE BEGRIFFSDEFINITIONEN AUF BASIS EU SUP-RL UND BMK</b> .....	<b>3</b>
2.1	LITTERING (BMK).....	3
2.2	EINWEGKUNSTSTOFFARTIKEL.....	3
2.3	KOSTENTRAGUNG SUP-RELEVANTER LITTERINGABFÄLLE IN ÖSTERREICH.....	3
<b>3</b>	<b>REGELN DES LEITFADENS IM ÜBERBLICK</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>LEITFADEN</b> .....	<b>10</b>
4.1	ZIELDEFINITION.....	10
4.2	DIMENSIONIERUNG VON MENGENERHEBUNGEN UND ANALYSEN .....	16
4.3	ERMITTLUNG DER SAMMELMENGEN VON ÖFFENTLICHEN ABFALLBEHÄLTERN (PAPIERKORBINHÄLTER) UND LITTERINGABFÄLLEN .....	27
4.3.1	Mengenerhebung auf Akteursebene.....	28
4.3.2	Hochrechnung der Sammelmengen.....	30
4.4	REPRÄSENTATIVE SORTIERANALYSE UND STÜCKMASSENERMITTLUNG.....	30
4.4.1	Probenahme .....	30
4.4.2	Sortieranalyse.....	31
4.5	AUSWERTUNG UND HOCHRECHNUNG .....	35
<b>ANHANG</b> .....	<b>36</b>	
	BEGRIFFSDEFINITIONEN .....	36
	SORTIERKATALOG MIT SCHWERPUNKT AUF SUP-RELEVANTE FRAKTIONEN .....	38
	HOCHRECHNUNG DER FRAKTIONSANTEILE VON HETEROGENEN MATERIALIEN .....	40
	Ermittlung der fraktionsspezifischen Heterogenität.....	42
	Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobemasse .....	44
	HOCHRECHNUNG AUF DIE GRUNDGESAMTHEIT.....	46
	Ermittlung der Konfidenzintervalle für mittlere Fraktionsanteile .....	47
	Ermittlung der Fraktionsanteile von Teilgesamtheiten .....	47
	SOZIO-ÖKONOMISCHE SCHICHTUNG .....	48
	METAANALYSE BESTEHENDER ANALYSEN .....	50
	Methodische Grundlagen vorangegangener Studien .....	55
	Sortierfraktionen vorangegangener Studien.....	57
	ABFALLTECHNISCHE CHARAKTERISIERUNG VON ZIGARETTENSTUMMELN .....	58

---

Hintergrund .....	58
Ergebnisse nach Methoden.....	59
Weitere Methodenoptionen - Bildanalyse .....	64
Methodenempfehlung .....	64
ANALYSEBERICHT .....	65
CHECKLISTEN.....	67
Anforderungen an Sortierstandort und Personal.....	67
Ausrüstung.....	68
<b>LITERATUR.....</b>	<b>69</b>

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: SAMMEL- UND REINIGUNGSAKTIVITÄTEN NACH FIKTIVEN MENGENANTEILEN .....	11
ABBILDUNG 2: THERMOGRAVIMETRISCHE ANALYSE (LINKE ORDINATE) UND DIFFERENTIELLE KALORIMETRISCHE ANALYSE (RECHTE ORDINATE. VON ABBAUBAREN ZIGARETTENFILTERN (GRÜN) UND NICHT ABBAUBAREN ZIGARETTENFILTERN (ROT). .....	60
ABBILDUNG 3: RELATIVER MASSEVERLUST VON BIOLOGISCH ABBAUBAREN UND NICHT ABBAUBAREN ZIGARETTENFILTER NACH THERMISCHER BEHANDLUNG BEI 300 °C IM MUFFELOFEN UNTER LUFTZUFUHR.....	61
ABBILDUNG 4: BEPROBTE KONVENTIONELLE UND ABBAUBARE ZIGARETTENFILTER INKLUSIVE PROBENUMMERN .....	61
ABBILDUNG 5: RESTMASSE VON BIOLOGISCH ABBAUBAREN UND NICHT ABBAUBAREN ZIGARETTENFILTER NACH THERMISCHER BEHANDLUNG ÜBER 3 STUNDEN BEI 300 °C IM MUFFELOFEN UNTER LUFTZUFUHR.....	62
ABBILDUNG 6: ZIGARETTENFILTER VOR (LINKS) UND NACH (RECHTS) EINER BEHANDLUNG FÜR 3 STUNDEN BEI 300 °C IM MUFFELOFEN UNTER LUFTZUFUHR.....	62
ABBILDUNG 7: ATR-FTIR SPEKTREN VON VIER UNTERSCHIEDLICHEN NICHT ABBAUBAREN, BENUTZTEN FILTERN (KONV1-4), WOBEI FILTER KONV3 AUS ZWEI UNTERSCHIEDLICHEN UND GETRENNTEN MATERIALIEN BESTAND (KONVA UND KONVB) UND BIOLOGISCH ABBAUBARER FILTER (BIO1-4). .....	63

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: FESTLEGUNG VON EINZUBEZIEHENDEN BEREICHEN AM BEISPIEL DER KOSTENTRAGUNG FÜR DIE REINIGUNG GEMÄß SUP-RICHTLINIE LT. ABSCHNITT 2.3 .....	11
TABELLE 2: AKTEURE, BETREUTE BEREICHE UND REINIGUNGSAKTIVITÄTEN ALS ERWEITERTER RAHMEN, DER JEWEILS AN DIE TATSÄCHLICHEN GEGEBENHEITEN ANZUPASSEN IST .....	12
TABELLE 3: BEISPIELE FÜR ANWENDUNGSFÄLLE UND ANALYSEZIELE.....	14
TABELLE 4: FESTLEGUNG VON ANALYSEZIELEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN .....	15
TABELLE 5: MENGengerüst AUS VORUNTERSUCHUNGEN ALS SPEZIFISCHE SAMMELMENGEN NACH BEZUGSGRÖßEN 18	
TABELLE 6: MENGengerüst AUS VORUNTERSUCHUNGEN IN TSD. TONNEN PRO JAHR (KT/A) .....	19
TABELLE 7: ANALYSEMETHODEN.....	23
TABELLE 8: RICHTWERTE BZW. SCHÄTZWERTE FÜR FRAKTIONSANTEILE, STÜCKMASSEN UND HETEROGENITÄTSMABE FÜR AUSGEWÄHLTE FRAKTIONEN UND FRAKTIONSGRUPPEN IN PAPIERKORBINHALTEN UND LITTERINGABFÄLLEN 23	
TABELLE 9: AUSLEGUNG VON ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN (FORTSETZUNG VON TABELLE 4) 24	
TABELLE 10: WICHTIGSTE ANGABEN DER MENGENERHEBUNG (MIT FIKTIVEN WERTEN) .....	29
TABELLE 11: SORTIERKATALOG .....	39
TABELLE 12: ERFORDERLICHE PROBEMASSE IN KILOGRAMM NACH ANGESTREBTER GENAUIGKEIT KIABS UND MASSENANTEIL AFDER LEITFRAKTION IN KILOGRAMM.....	45
TABELLE 13: ZUSAMMENFASSUNG AUSGEWÄHLTER STUDIEN .....	52
TABELLE 14: BEURTEILUNGSKRITERIEN ZU METHODISCHEN GRUNDLAGEN VORANGEGANGENER STUDIEN.....	55
TABELLE 15: SORTIERFRAKTIONEN AUS VORANGEGANGENEN STUDIEN, SUBSUMMIERT NACH HAUPTGRUPPEN .....	57

## Vorwort

Das Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien (ABF-BOKU) wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) im Herbst 2021 mit der Entwicklung eines Leitfadens zur Erhebung von Aufkommen und Zusammensetzung gelitterter und über öffentliche Abfallbehälter erfasste Abfälle in Österreich (in weiterer Folge „Littering-Leitfaden“) beauftragt.

Hintergrund ist vor allem die europäische Single-Use-Plastics (Einwegkunststoff) - Richtlinie (RL 2019/904/EU, in weiterer Folge SUP-RL), die darauf abzielt, die Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt, insbesondere die Meeresumwelt, und die menschliche Gesundheit zu vermeiden und zu vermindern. Neben Verbrauchsminderung, Beschränkung des Inverkehrbringens, spezifischen Produktanforderungen und Kennzeichnungsvorschriften soll dieses Ziel über eine erweiterte Herstellerverantwortung erreicht werden. Laut Art. 8 SUP-RL sollen in Zukunft die Hersteller der in Anhang Teil E spezifizierten Produkte die Kosten der Sammlung in öffentlichen Sammelsystemen, von Reinigungsaktionen und von Sensibilisierungsmaßnahmen im Rahmen der Produzentenverantwortlichkeit tragen. Für die Sammlung in öffentlichen Behältern (z. B. öffentliche Abfallbehälter für Restmüll („Papierkörbe“) sowie für Zigarettenstummel auf öffentlichen Straßen und Wegen) und bei Reinigungsaktionen (von oder im Auftrag von Behörden durchgeführt, z. B. mittels mechanischer oder manueller Straßenkehrung sowie Flurreinigungsaktionen) sind Erhebungen und Analysen durchzuführen, die es erlauben sollen, die Kostenanteile von SUP-relevanten Litteringabfällen zu bestimmen und aufkommensaliquot auf die Kostenträger zu verteilen.

Wien, Oktober 2022

# 1 Grundlagen

## 1.1 Zielsetzung

Das Kernziel des Vorhabens ist die **Entwicklung eines Analyseleitfadens** für (im Sinne von Art. 8 Single-Use-Plastics-Richtlinie, RL 2019/904/EU) in öffentlichen Sammelsystemen entsorgte sowie gelitterte Abfälle, der auf Basis des Verhältnisses von Analyseaufwand und erzielbarer Genauigkeit effiziente, transparente und vergleichbare Erhebungen ermöglicht und den Ablauf der gesamten Untersuchung (inkl. Festlegung des Untersuchungsziels, Unterteilung der Grundgesamtheit, Planung und Durchführung von Analysen inklusive Sortierung und Dokumentation) konzise und klar darstellt.

**Ziele des Leitfadens** umfassen insbesondere die Anleitung zur Ermittlung bzw. Hochrechnung

- der bundesweiten oder bundesländerübergreifenden Sammelmengen an Litteringabfällen und über öffentliche Sammelbehälter (Papierkorbinhalte) erfasste Abfälle,
- der Zusammensetzung nach relevanten Fraktionen (v.a. SUP-relevante Produkte oder Verpackungen), sowie die Verteilung nach Stückmassen

Der Anwendungsbereich des Leitfadens umfasst Analysen auf Bundeslandebene, nach Gruppen von Bundesländern sowie bundesweite Analysen.

**Nichtziele** des Leitfadens sind die

- repräsentative Hochrechnung der relevanten Sammelmengen auf Ebene von Regionen mit der Größe von z.B. Bezirken oder Abfallverbänden oder für lokale Hotspots,
- die Ermittlung des Littering-Potenzials als Obergrenze der theoretisch erfassbaren Sammelmengen,
- die Erhebung oder Hochrechnung der getrennten Erfassung (z.B. Sammlung von Verpackungsabfällen) im öffentlichen Raum,
- die Darstellung von marktseitigen Ansätzen zur Ermittlung des Abfallaufkommens ohne Berücksichtigung abfallseitiger Erhebungen (z.B. Tabakprodukte lt. Art. 13 SUP-RL).

Im Zuge des Projektes wurde ein Analyseleitfaden für die Durchführung von Litteringanalysen für bundesweite Hochrechnungen entwickelt. Dieser skizziert die **Vorgehensweise bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Aufkommenserhebungen und Analysen** und umfasst konkret die Festlegung von Analysezielen und Systemgrenzen, die Ermittlung des Mengengerüsts und Bezugsgrößen, die Planung und Durchführung der Mengenerhebung, die Hochrechnung der Sammelmengen, die Probenahmeplanung und -durchführung, die Durchführung der Sortieranalysen sowie die Auswertung und Hochrechnung. Vorarbeiten, die in die Leitfadenerstellung eingegangen sind, umfassen

- eine Analyse der bisher durchgeführten Erhebungen von gelitterten und in öffentlichen Abfallbehältern erfassten Abfällen sowie einer darauf aufbauenden Bedarfsanalyse für zukünftige Littering-Analysen (siehe Anhang),
- eine systematische Erhebung der administrativen und institutionellen Abläufe bei der Erfassung, Sammlung und Dokumentation von gelitterten und in öffentlichen Abfallbehältern erfassten Abfälle mit dem Ziel einer möglichst vollständigen Erhebung des untersuchten Abfallstroms unter Einbindung von Akteuren (siehe Abschnitt 4) sowie
- die Entwicklung einer möglichst effizienten Analysemethode für die abfalltechnische Charakterisierung gelitterter bzw. entsorgter Tabak- und Filterprodukte (siehe Anhang).

## 1.2 Anwendung des Leitfadens

In der Praxis ist das Thema **Littering** als „**Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen an ihrem Entstehungsort** in der Natur oder im öffentlichen Raum“ aus Sicht von Kommunalbetrieben, Straßenverwaltern, Wasserstraßenbetreibern und weiteren Akteuren mit aufwändigen Reinigungsaktivitäten sowie begleitenden Maßnahmen, wie z.B. Öffentlichkeitsarbeit, verbunden. Mangels konsistenter Datenbasis besteht **Bedarf an verlässlichen Daten zu Sammelmengen** und deren Zusammensetzung, wie z.B. bezüglich

- dem Monitoring von Maßnahmen zu Reinigungsaktivitäten und Öffentlichkeitsarbeit,
- der Kostenabgeltung für Reinigungsleistungen im Rahmen der SUP-Richtlinie, oder
- dem Management von Kunststoffabfällen auf Wasserflächen und Uferbereichen.

Je nach Zielsetzung von Untersuchungen sind vorab **eindeutige Abgrenzungen** zu berücksichtigen, Sammelmengen nach Art der Sammlung bzw. Reinigung (z.B. Papierkorbinhalte, manuelle oder mechanische Reinigung, ehrenamtliche Flurreinigung), räumlichen Bereichen und zuständigen Akteuren festzulegen. Nachfolgend stellen sich Fragen zur Auslegung von Analysen, vor allem

- zum Umfang der repräsentativen Mengenerhebung,
- welche Fraktionsanteile betreffend Sortieranalysen und Stückmassenermittlung in welcher Genauigkeit von Interesse sind,
- welche Einflussfaktoren, wie z.B. nach Stadt-Land-Klassen und Arten der Sammlung oder Reinigung zu berücksichtigen sind, oder
- welcher Umfang an teilnehmenden Gemeinden bei der Mengenerhebung bzw. an Einzelstichproben für die Sortieranalysen erforderlich ist.

Die Auslegung der Analysen hat wesentliche Auswirkungen auf Kosten, Dauer und Wiederholbarkeit von Analysen im regionalen Vergleich oder im Zeitverlauf.

Der vorliegende **Leitfaden** bietet Empfehlungen für Auftraggeber\*innen (z.B. zur Spezifizierung von Analyseleistungen in Regeln 1 bis 6) und für Analyseteams bezüglich Planung, Durchführung und Auswertung (s. Regeln 7 bis 13) an, wobei Hilfestellung in folgenden Bereichen geboten wird:

- Präzisierung von Grundgesamtheit und Untersuchungszielen (s. Regeln 1 und 2) mit Vorschlägen für repräsentative, ausgewogene Akteursauswahl für die Mengenerhebung (s. Regeln 3 und 4),
- Auslegung der Analyse inklusive erforderlicher Gesamtprobemasse (s. Regel 5), Anzahl und Verteilung der Einzelstichproben (s. Regel 6),
- Erhebung und Hochrechnung der Sammelmengen (s. Regeln 7 und 8),
- die Probenahmeplanung, Probenahme und Sortierung von Litteringabfällen (s. Regeln 9 bis 12) sowie
- die Ergebnisauswertung (s. Regel 13).

Als **Orientierungshilfen** werden unter anderem Richtwerte für übliche Fraktionsanteile, Heterogenität von Fraktionen und weitere Dimensionierungsparameter bereitgestellt, die auf Basis von Recherchen und Voruntersuchungen ermittelt wurden.

## 2 Analyserelevante Begriffsdefinitionen auf Basis EU SUP-RL und BMK

### 2.1 Littering (BMK)

„Unter Littering versteht man grundsätzlich das Wegwerfen oder Liegenlassen von Abfällen (wie zum Beispiel Getränkedosen, PET-Flaschen, Take-away-Verpackungen, Zeitungen oder Zigarettenstummel) an ihrem Entstehungsort<sup>1</sup> in der Natur oder im öffentlichen Raum, ohne die dafür vorgesehenen bereitgestellten Entsorgungsmöglichkeiten (Abfalleimer) zu nutzen.“<sup>2</sup>

### 2.2 Einwegkunststoffartikel

... „ein ganz oder teilweise aus Kunststoff bestehender Artikel, der nicht konzipiert, entwickelt und in Verkehr gebracht wird, um während seiner Lebensdauer mehrere Produktkreisläufe zu durchlaufen, indem er zur Wiederbefüllung oder Wiederverwendung zum ursprünglichen Verwendungszweck an einen Hersteller zurückgegeben wird.“ (Artikel 3 Nummer 2, SUP-RL)

Artikel bzw. Produkte, die gemäß **Single-Use-Plastics (SUP)-Richtlinie**<sup>3</sup> für die Kostentragung im Sinne der **erweiterten Herstellerverantwortung** relevant sind, umfassen aktuell Einwegkunststoffartikel im Sinne des **Artikels 8, Absatz (2) und (3) gemäß Anhang E**. Da in den nächsten Jahren von weiteren rechtlichen Regelungen bzw. Anpassungen bestehender Richtlinien auszugehen ist, sind relevante Begriffsdefinitionen als Status quo (*mit Stand September 2022*) zu verstehen, der ggf. zukünftig entsprechend adaptiert werden muss.

Für weitere Spezifikationen zur Abgrenzung siehe auch „Leitlinien der Kommission über Einwegkunststoffartikel in Übereinstimmung mit der Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt“<sup>4</sup>.

### 2.3 Kostentragung SUP-relevanter Litteringabfälle in Österreich

Mit der AWG 2002-Novelle BGBl. I Nr.200/2021 wurde die Grundlage gelegt, dass die Sammel- und Verwertungssysteme für Haushaltsverpackungen auch die Umsetzung der Herstellerverantwortung für Einwegkunststoffprodukte übernehmen. Hersteller von Einwegkunststoffprodukte müssen ab 2023 die Kosten von Reinigungsaktionen und Maßnahmen betreffend die Bewusstseinsbildung übernehmen (BAWP, 2022).

Nachfolgende Begriffsdefinitionen und Festlegungen wurden vom BMK (*mit Stand September 2022*) definiert.

---

<sup>1</sup> Die Abgrenzung zwischen Litteringabfällen und nicht litteringtypischen Abfällen ist im Sortierkatalog in Anhang (S. 38f.) dargestellt

<sup>2</sup> [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/abfall/abfallvermeidung/publikationen/littering.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/abfallvermeidung/publikationen/littering.html)

<sup>3</sup> [Single-Use-Plastics \(SUP\)-Richtlinie](#)

<sup>4</sup> [Leitlinien der Kommission über Einwegkunststoffartikel in Übereinstimmung mit der Richtlinie \(EU\) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt](#)

**Litteringkosten umfassen<sup>5</sup>:**

- Sammelkosten betreffend Abfälle aus den Behältern im öffentlichen Bereich (einschließlich Transport, Behandlung, Infrastruktur)
- Reinigungskosten der Kommunen und anderer juristischer Personen öffentlichen Rechts (einschließlich Transport, Behandlung)
- Sensibilisierungskosten
- Datenerhebungskosten (z.B. Analysen)
- Verwaltungskosten (z.B. IT, Berechnung und Auszahlung) für Sammlungs-, Reinigungs-, Sensibilisierungs- und/oder Datenerhebungsleistungen

**Kriterien für die Einbeziehung bezüglich Kostentragung in Österreich:**

- Flächen im öffentlichen Eigentum oder unter öffentlichem Management und
- Reinigung/Entsorgung in Verantwortung der Gebietskörperschaften, welche ausschließlich durch öffentliche Budgets finanziert werden (z.B. Landesstraßenverwaltung) und
- Management im öffentlichen Interesse, wobei für den Betrieb der jeweiligen Flächen keinerlei Einnahmen (inklusive Abgeltung von kommunal erbrachten Leistungen) erzielt werden.

**Öffentliche Bereiche in Österreich, die bezüglich Kostentragung und Litteringmengen einzubeziehen sind:**

- Gemeindeflächen und
- sonstige Flächen, soweit diese öffentlich zugänglich sind und in der Verantwortung der Kommunen gereinigt werden, und
- Landesstraßen

sofern nicht

- ◆ Reinigung/Entsorgung in EPR (z.B. Platzreinigung der Sammelinseln)
- ◆ Reinigung/Entsorgung Dritten verrechnet wird (z.B. bei Veranstaltungen wie Sportbewerben oder Festivals) oder
- ◆ Finanzierung zumindest teilweise durch Einnahmen gedeckt wird (z.B. Eintrittsgeld für Freibäder, Veranstaltungen)

Dazu zählen:

- Gemeinde-, Landesstraßen inkl. Park- und Rastplätzen
- Erholungsgebiete, wie z.B. Parks, Spielplätze, Badeplätze und Wanderwege, soweit öffentlich und gebührenfrei zugänglich und in der Verantwortung der Gemeinde gereinigt
- Uferbereiche

---

<sup>5</sup> Weitere Details zur Aufteilung der Kostentragung finden sich in Artikel 8, Absatz 2 Single-Use-Plastics-Richtlinie (RL 2019/904/EU)

Die Kostentragung und Erhebung der Litteringmengen umfasst die Reinigung der genannten Flächen und die Betreuung der Behälter für gemischte Abfälle („Papierkörbe“) durch oder im Auftrag der Behörde und die Organisation von Flurreinigungsaktionen mit ehrenamtlicher Mitarbeit durch Bund, Land oder Kommunen. Bezüglich Kostentragung nicht einzubeziehen ist dabei die Arbeitsleistung der ehrenamtlichen Mitarbeiter\*innen bei Flurreinigungsaktionen.

### **Bezüglich Kostentragung nicht einzubeziehen:**

- Gebäude und öffentliche Verkehrsmittel (Innenbereiche)
- Wasserbereiche (Seen, Flüsse, Wehranlagen, Kanalisation)<sup>6</sup>
- Bereiche, die zumindest teilweise über Einnahmen (z.B. aus wirtschaftlicher Tätigkeit, Veranstaltungen) finanziert werden, wie
  - ❖ Autobahnen und Schnellstraßen (ASFINAG) inklusive Rast- und Parkplätze
  - ❖ Schienennetze inkl. Bahnhöfe und Begleitstreifen, z.B.
    - ◆ Eisenbahnstrecken, Bahnhöfe/z.B. Infrastrukturgesellschaft der ÖBB
    - ◆ U-Bahn-Stationen und -strecken
  - ❖ Freizeiteinrichtungen mit Eintrittsgebühr, z.B. Zoos, Freilichtmuseen, Freibäder
- Öffentliche Gemeindebereiche, für die Reinigungs-/Entsorgungskosten verrechnet werden (Reinigung von Sammelinseln, Veranstaltungen)

### **Arten der Behälter, die für die Kostentragung einzubeziehen sind:**

- Behälter für gemischte Abfälle („Papierkörbe“)
- Behälter für die getrennte Sammlung, die nicht durch EPR-Systeme finanziert werden<sup>7</sup> (z.B. Sammelbehälter für Coffee2Go-Becher, o.ä.)
- Spezielle Behälter für Zigarettenstummel

---

<sup>6</sup> Ausnahmen vom Geltungsbereich gemäß §3 AWG 2002 (1) umfassen Abwasser einschließlich sonstiger Wässer [...]. Darunter fällt im weiteren Sinne auch die manuelle Reinigung von Dränagen oder Regensinkkästen bei Straßen, Wegen und sonstigen Flächen (dienstlich oder im Auftrag ausgeführt), die nicht Teil des Untersuchungsrahmens sind.

<sup>7</sup> Ein Großteil der Sammelbehälter für die getrennte Sammlung wird in Österreich durch EPR Systeme finanziert; nur Behälter, die nicht über EPR Systeme finanziert werden, sind Teil des Untersuchungsrahmens

### 3 Regeln des Leitfadens im Überblick

#### Regeln in Überblick

NR.	REGEL	BESCHREIBUNG (GEKÜRZT)
<b>Festlegung von Analysezielen und Systemgrenzen</b>		
1	<b>Festlegung der Grundgesamtheit inklusive zu untersuchende Sammelaktivitäten und räumliche Bereiche</b>	<p>Die Grundgesamtheit ist klar und nachvollziehbar festzulegen, insbesondere</p> <p>(1) die zu berücksichtigenden Sammelaktivitäten nach Art der Sammlung bzw. Reinigung,</p> <p>(2) das Gebiet (z.B. Österreich oder ein Bundesland), für das die Hochrechnung durchzuführen ist, und</p> <p>(3) die zu untersuchenden räumlichen Bereiche und zuzuordnenden Akteure.</p>
2	<b>Festlegung der Untersuchungsziele</b>	<p>Untersuchungsziele sind zu konkretisieren, insbesondere</p> <p>(1) der Anwendungsfall, die Adressaten und der ggf. quantifizierbare Nutzen,</p> <p>(2) ob eine repräsentative Mengenerhebung mit festzulegender Abdeckung durchgeführt wird oder ob auf bestehende, aktuelle Daten von anderen Untersuchungen zurückgegriffen werden kann,</p> <p>(3) ob die Zusammensetzung nach Fraktionen mittels Sortieranalysen mit oder ohne Stückmassenermittlung zu analysieren ist,</p> <p>(4) für welche relevanten Fraktionen oder Fraktionsgruppen eine festgelegte Genauigkeit, ggf. differenziert nach Schichten, zu erreichen ist, und</p> <p>(5) ob Fraktionsanteile nach bestimmten Faktoren zu differenzieren sind.</p>
<b>Hochrechnung der Sammelmengen</b>		
3	<b>Ermittlung des Mengengerüsts inklusive Bezugsgrößen nach Akteuren</b>	<p>Das Mengengerüst umfasst Sammelmengen von öffentlichen Abfallbehältern („Papierkorbinhalte“), manueller Reinigung und ehrenamtlicher Flurreinigung.</p> <p>Die Mindestgliederung nach Akteuren umfasst die Unterteilung</p> <p>(1) von Gemeinden nach sozio-ökonomischen Klassen bzw. Stadt-Land-Klassen laut nach städtischen, intermediären, ländlichen und touristischen Gemeinden, sowie</p> <p>(2) von Straßenbetreibern nach</p> <p style="margin-left: 40px;">(a) Autobahn- und Schnellstraßenbetreibern und</p> <p style="margin-left: 40px;">(b) Landesstraßenverwaltungen mit Zuständigkeit für Landesstraßen.</p> <p>Spezifische Sammelmengen nach Akteuren pro Jahr sind</p> <p>(1) für Gemeinden auf Einwohner*innen bzw. Wohnbevölkerung mit Hauptwohnsitz,</p> <p>(2) für Straßennetz- bzw. Wasserstraßenbetreiber (inkl. Gewässerbetreuer) auf die betreute Streckenlänge, also betreute Straßen bzw. Uferlänge in Kilometer heranzuziehen.</p>

NR.	REGEL	BESCHREIBUNG (GEKÜRZT)
		Für weitere Akteure sind je nach dominierenden Reinigungsaktivitäten passende Bezugsgrößen nach betreuter Streckenlänge (z.B. Weglängen) oder betreuten Flächen (z.B. Erholungsflächen) heranzuziehen, soweit verfügbar.
4	<b>Umfang und Auswahl der zu untersuchenden Akteure im Rahmen der Mengenerhebung</b>	Für die Festlegung der Anzahl und Auswahl der zu inkludierenden Akteure sind (1) ein Schwellenwert (in Tonnen), das ist die Teilmenge der Grundgesamtheit, ab welcher zumindest eine Gemeinde auszuwählen ist, und (2) eine Mindestanzahl von zu ziehenden Akteuren pro Unterteilung festzulegen, wobei (a) alle Akteure, deren geschätzte Sammelmenge den Schwellenwert überschreitet, fix einzuschließen sind, (b) in der verbleibenden Restmenge jeder Unterteilung pro Schwellenwert (Tonnage) je eine Gemeinde nach Zufallsprinzip zu ziehen ist, wobei die Wahrscheinlichkeit der Ziehung mit der Sammelmenge linear steigt. Bei Unterteilungen, die die Mindestanzahl unterschreiten, ist nach gleichem Prinzip entsprechend zu erhöhen.
<b>Durchführungsbestimmungen</b>		
5	<b>Bestimmung der erforderlichen Gesamtprobemasse</b>	Für jede relevante Fraktion bzw. Leitfraktion sind (1) die erforderliche Genauigkeit, (z.B. $\pm 3$ %-Pkt.), (2) die Schichten, für die der Massenanteil zu differenzieren ist, (3) der erwartete Massenanteil auf Basis der letzten Analysen oder Analysen in vergleichbaren Regionen bzw., wenn nicht verfügbar, auf Basis der Richtwerte festzulegen und (4) das Heterogenitätsmaß der Fraktion auf Basis von Daten aus vergleichbaren Analysen bzw., wenn nicht verfügbar, auf Basis der Richtwerte heranzuziehen.  Auf Basis Formel 1 ergibt sich die erforderliche Probemasse für jede Schicht je Ziel. Der höchste Wert aller Ziele ergibt die zu wählende Probemasse. Die Gesamtprobemasse ergibt sich als Summe der erforderlichen Probemassen aller Schichten. Wenn die Stückzahl bzw. mittlere Stückmasse zu untersuchen ist, kann die erforderliche Stückzahl auf Basis der erforderlichen Genauigkeit und dem erwarteten Stückanteil mit Formel 2 ermittelt werden. Vereinfachend kann jede fünfte Einzelstichprobe komplett analysiert werden.
6	<b>Probenanzahl, Masse und Verteilung von Einzelstichproben</b>	Die Gesamtprobenanzahl ergibt sich durch Festlegung einer mittleren Einzelprobemasse, welche mit 15 Kilogramm als Richtwert festgelegt wird. Die erforderliche Probenanzahl ergibt sich durch Division der Gesamtprobemasse durch die mittlere Einzelprobemasse. Ergibt sich eine Probenanzahl von unter 80 Einzelstichproben, ist die mittlere Einzelprobemasse entsprechend zu reduzieren. Ergeben sich mehr als 200 Einzelstichproben, kann die mittlere Einzelstichprobe entsprechend erhöht werden.

NR.	REGEL	BESCHREIBUNG (GEKÜRZT)
		<p>Betreffend die Analyse von Stückanteilen und mittleren Stückmassen ist jede fünfte Probe zu ziehen, wobei die Stückzahl von allen Fraktionen zu erfassen ist und die Proben aliquot auf alle Unterteilungen aufzuteilen sind. Die Anzahl der zu ziehenden Einzelstichproben ist gewichtet nach Sammelmengen auf Schichten zu zuteilen und zu runden. Innerhalb der Schichten sind Einzelstichproben aufkommensaliquot nach Zufallsprinzip zu ziehen.</p>
7	<b>Erhebung der Sammelmengen</b>	<p>Bestmögliche Schätzung der Sammelmenge von öffentlichen Abfallbehältern und Litteringabfällen auf Basis von</p> <p>(1) laufender Dokumentation des entleerten Behältervolumens (wenn verfügbar Wiegedaten) oder</p> <p>(2) falls nicht vorhanden, vergleichbaren Aufzeichnungen über einen Zeitraum von mindestens einem Monat, wobei ein Zeitraum mit (im Jahresgang) mittlerem Aufkommen anzustreben ist.</p> <p>Dazu sind Anzahl, Volumina und Entleerungsfrequenzen von verwendeten Transportbehältern zur Umleerung und zusätzlich Anzahl und Volumina der aufgestellten Sammelbehälter bzw. bei ehrenamtlichen Flurreinigungsaktionen ausgegebene Sammelsäcke zu dokumentieren. Wenn innerhalb des gesamten Gebiets Behältervolumina und Entleerungsintervalle variieren, sollte nach Möglichkeit nach mehreren Gebieten unterschieden werden. Für zwei Vorjahre sind ehrenamtliche Flurreinigungsaktionen zu dokumentieren (ggf. Angabe, dass keine durchgeführt wurden).</p>
8	<b>Hochrechnung der Sammelmengen</b>	<p>Die hochgerechneten, spezifischen Sammelmengen pro Erfassungsschiene nach Unterteilung (z.B. Papierkorbinhalte in städtischen Gemeinden) sowie für die Grundgesamtheit sind als gewichteter Mittelwert von spezifischen Sammelmengen pro Akteur zu ermitteln. Die Gewichte ergeben sich durch Division aus Gesamtsammelmenge pro Akteur durch Schwellenwert, mindestens beträgt der Faktor jedoch 1. Sammelmengen nach Sammel- und Reinigungsaktivität (Tonnagen) sind nach Unterteilungen anhand der Bezugsgrößen (z.B. Einwohnerzahl oder Straßenkilometer) hochzurechnen.</p>
9	<b>Zugriffsebene für die Probenahme</b>	<p>Für Sortieranalysen zur Bestimmung der Zusammensetzung von öffentlichen Abfallbehältern (Papierkorbinhalten) ist die Entleerung der Sammelbehälter und Umleerung in Transportbehälter durch den Akteur durchzuführen. Auch über Aschenrohre entsorgte Zigarettenstummel sind bei der Probenahme zu berücksichtigen. Das Material wird dem Analyseteam in geeigneten Transportbehältnissen übergeben. Bei Sortieranalysen zur Bestimmung der Zusammensetzung von losem Litteringmaterial von manueller/mechanischer Reinigung oder ehrenamtlicher Flurreinigung erfolgt die Probenahme durch Einsammeln des gesamten Materials auf einer vorab definierten Fläche durch die zuständigen Personen vor Ort. Das Analyseteam übernimmt das</p>

NR.	REGEL	BESCHREIBUNG (GEKÜRZT)
		Material aggregiert in Transportbehältnissen oder in erfassten Sammelsäcken (z.B. von Flurreinigungsaktionen).
10	<b>Probenahme und Dokumentation</b>	Die Probenahme der Einzelstichproben hat durch das Analyseteam in Abstimmung mit der zuständigen Person vor Ort zu erfolgen. Die Auswahl der Einzelstichproben erfolgt – wenn erforderlich – nach dem Zufallsprinzip. Es ist vorab sicher zu stellen, dass ausreichend Mengen verfügbar sind. Im Falle von Schwankungen des Aufkommens im Jahresgang ist im Zweifelsfall eine aufkommensstarke Saison (z.B. touristische Hochsaison) zu wählen. Jede Probenahme ist in einem Probenahmeprotokoll entsprechend zu dokumentieren.
11	<b>Sortierung und Dokumentation</b>	Die Sortierung hat manuell auf Basis des Sortierkatalogs, je nach Analyseziel mit Mindestgliederung auf Ebene 2 (SUP-relevante Fraktionen) zu erfolgen. Einzelproben sind einzeln zu analysieren und dokumentieren. Ist bei einer Einzelstichprobe die Stückzahl der Fraktionen zu ermitteln, sind alle Fraktionen gemäß Fraktionsliste abzuzählen.
12	<b>Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen an Kunststoffen</b>	Sollen die Nettomassen von Kunststofffraktionen erhoben werden, hat die Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen zu erfolgen. Wassergehalt und Anhaftungen an Säcken, Folien oder sonstigen Behältnissen aus Kunststoffen werden in einem zweistufigen Prozedere zur Abschätzung des Wassergehalts zuerst getrocknet, danach zwecks Bestimmung der Anhaftungen gewaschen und getrocknet.
13	<b>Ergebnis-auswertung</b>	<p>Die Auswertungen umfassen mindestens</p> <p>(1) die Darstellung der Grundgesamtheit nach gewählten Kombinationen von Faktoren mittels Gesamtmasse (t/a) und Einwohnerzahl im aktuell verfügbaren Bilanzjahr,</p> <p>(2) beschreibende statistische Parameter (Anzahl, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, ggf. Summe) zu Gesamtprobemasse in Summe und nach gewählten Kombinationen von Faktoren (Teilgesamtheiten) anhand von Einzelstichproben und</p> <p>(3) sofern Repräsentativität gefordert ist, die Hochrechnung der Fraktionsanteile, Fraktionsmassen und spezifischen Fraktionsmassen (kg/Ew/a) von relevanten Fraktionen nach gewählten Kombinationen von Faktoren inklusive Konfidenzintervallen und Tests auf Ähnlichkeit von Verteilungen.</p> <p>Falls die Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen an Kunststoffen (bezüglich Brutto- und Nettomengenermittlung) vorgesehen ist, beinhalten diesbezügliche Auswertungen nur die Hochrechnung der Fraktionsanteile (d.s. Kunststoff, Anhaftungen, Wassermasse), wobei keine Schichtung angebracht ist.</p>

## 4 Leitfaden

Der Leitfaden gliedert sich in zwei Abschnitte, nämlich

- **Zieldefinition, Auslegung und Detailplanung** in den Regeln 1 bis 4 (Abschnitte 4.1 und 4.2), die seitens des Auftraggebers als Ausschreibungsgrundlage dienen, sowie
- **optionale Regeln zur Durchführung für Mengenerhebung, Sortieranalyse und Ergebnisauswertung** bezüglich Abfällen im öffentlichen Raum für Auftragnehmer in den Regeln 5 bis 13 (Abschnitte 4.3 bis 4.5).

### 4.1 Zieldefinition

Das Inkrafttreten der SUP-Richtlinie hat einen ersten EU-weiten Standard für die Definition für Littering geschaffen. Nichtsdestotrotz besteht ein Interpretationsspielraum, wie z.B. bezüglich der Auslegung des Behördenbegriffs bei z.B. staatsnahen Unternehmen, oder bezüglich der Festlegung des öffentlichen Raumes in Verbindung mit der freien, unentgeltlichen Zugänglichkeit. Ein Vergleich von nationalen und internationalen Studien zu Littering, z.B. INFA (2020), Jepsen et al. (2020) und Hauer (2021), hat gezeigt, dass für die Abgrenzung zu anderen Abfallströmen unterschiedliche Definitionen verwendet werden.

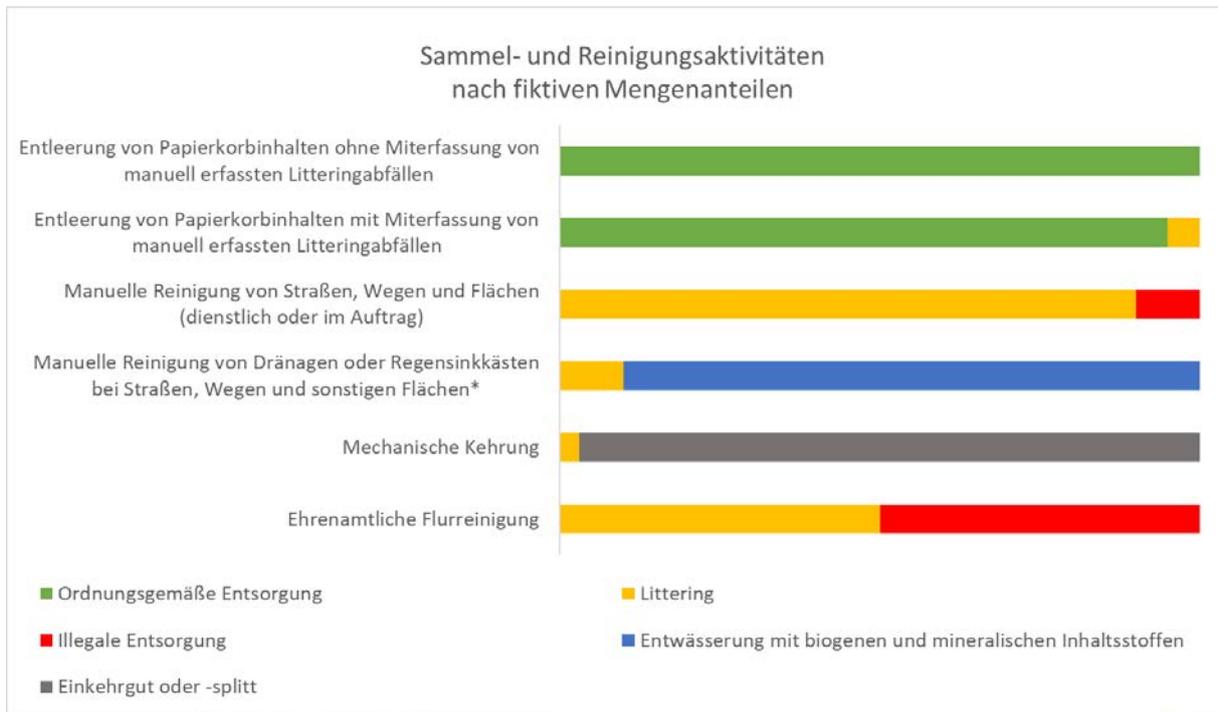
#### **Regel 1: Festlegung der Grundgesamtheit inklusive zu untersuchende Sammelaktivitäten und räumliche Bereiche**

*Vor der Festlegung der detaillierten Untersuchungsziele ist die Grundgesamtheit klar und nachvollziehbar festzulegen, insbesondere*

- (1) die **zu berücksichtigenden Sammelaktivitäten** nach Art der Sammlung bzw. Reinigung (z.B. Papierkorbinhalte, manuelle oder mechanische Reinigung, ehrenamtliche Flurreinigung) entsprechend Abbildung 1,
- (2) das **Gebiet** (z.B. Österreich oder ein Bundesland), für das die Hochrechnung durchzuführen ist, und
- (3) die zu untersuchenden **räumlichen Bereiche und zuzuordnenden Akteure** auf Basis von rechtlichen, abfallwirtschaftlichen oder sonstigen Kriterien (vgl. Tabelle 1).

Die Verschneidung von berücksichtigten Akteuren (inkl. Fachbereich, Abteilung oder Referat), Reinigungsprozessen und räumlichen Bereichen ist in Tabelle 2 exemplarisch festgelegt.

Abbildung 1 zeigt einen Überblick über Sammel- und Reinigungsaktivitäten nach fiktiven Mengenanteilen, schematisch als Größenordnung, im Bezug zur (1) ordnungsgemäßen Entsorgung, (2) Littering, (3) illegaler Entsorgung, (4) Entwässerung zusammen mit biogenen und mineralischen Inhaltsstoffen und (5) Einkehrgut bzw. -splitt.



\* Anmerkung: Gemäß Abschnitt 2.3 bzw. Tabelle 1 nicht relevant für die Kostentragung von SUP-relevanten Abfällen.

Abbildung 1: Sammel- und Reinigungsaktivitäten nach fiktiven Mengenanteilen

Tabelle 1: Festlegung von einzubeziehenden Bereichen am Beispiel der Kostentragung für die Reinigung gemäß SUP-Richtlinie lt. Abschnitt 2.3

<b>BEISPIEL: EINZUBEZIEHENDE BEREICHE GEMÄß SUP-RICHTLINIE NACH FOLGENDEN KRITERIEN:</b>	
(1) FLÄCHEN IN ÖFFENTLICHEM EIGENTUM ODER UNTER ÖFFENTLICHEM MANAGEMENT <u>UND</u> (2) REINIGUNG IN VERANTWORTUNG DER KOMMUNE ODER SONSTIGER, ÖFFENTLICHER VERWALTUNG, WELCHE AUSSCHLIEßLICH DURCH BUNDES- ODER LANDESBUDGET FINANZIERT WIRD <u>UND</u> (3) MANAGEMENT IM ÖFFENTLICHEN INTERESSE, WOBEI FÜR DEN BETRIEB DER JEWEILIGEN FLÄCHEN KEINERLEI EINKÜNFEN INKLUSIVE ABGELTUNG VON KOMMUNAL ERBRACHTEN LEISTUNGEN ERZIELT WERDEN.	
<b>EINZUBEZIEHENDE BEREICHE</b>	<b>NICHT EINZUBEZIEHENDE BEREICHE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gemeinde-, Landesstraßen inkl. Park- und Rastplätze</li> <li>➤ Fuß- und Radwege</li> <li>➤ Sonstige Verkehrsflächen wie Plätze und Fußgängerzonen</li> <li>➤ Erholungsgebiete, wie z.B. Parks, Spielplätze, Badeplätze und Wanderwege</li> <li>➤ Uferbereiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gebäude und öffentliche Verkehrsmittel (Innenbereiche)</li> <li>➤ Wasserbereiche (Seen, Flüsse, Wehranlagen, Kanalisation inkl. Sinkkästen, Dränagen)</li> <li>➤ Autobahnen und Schnellstraßen inklusive Park- und Rastplätze</li> <li>➤ Schienennetze inkl. Bahnhöfe und Begleitstreifen</li> <li>➤ Freizeiteinrichtungen mit Eintrittsgebühr, z.B. Zoos, Freilichtmuseen, Freibäder</li> <li>➤ Öffentliche Gemeindebereiche, für die Reinigungs-/Entsorgungskosten verrechnet werden (Reinigung von Sammelinseln, Veranstaltungen)</li> </ul>

**Tabelle 2: Akteure, betreute Bereiche und Reinigungsaktivitäten als erweiterter Rahmen, der jeweils an die tatsächlichen Gegebenheiten anzupassen ist**

Kürzel: x ... relevant, ~... eventuell oder teilweise relevant, o ... operativ zuständig, k ... koordinierend

\* Sammelstrom gemäß SUP-RL laut Abschnitt 3.3 nicht inkludiert bzw. für Kostentragung nicht relevant, sofern nicht durch Behörde oder im behördlichen Auftrag durchgeführt.

BETREUTE BEREICHE UND REINIGUNGSAKTIVITÄTEN NACH AKTEUREN	BETREUTE BEREICHE					REINIGUNGS- AKTIVITÄTEN			
	STRABEN	PLÄTZE U. FUBGÄNGERZONEN	FUß- UND RADWEGE	ERHOLUNGSGEBIETE	UFERBEREICHE	PAPIERKORBENTLEERUNG	MANUELLE, NICHT-EHRENAMTLICH	MECHANISCH	EHRENAMTLICH
<b>AKTEUR (GGF. FACHBEREICH) NACH REGIONALER EBENE</b>									
<b>Gemeinde (inkl. Stadt Wien)</b>									
Gemeindeverwaltung (ggf. separat verwaltete Bereiche)	x	x	x	x	x	o			
Abfallwirtschaft	x	x	x			o	o		
Straßenreinigung/-verwaltung	x	x	x	~			o	o	
Garten- und Parkverwaltung				x	~		o	o	
Gewässer und Brückenbau				~	x		o		
Ordnungsamt und öffentlicher Raum	x	x	x	x	~		o		
Öffentlichkeitsarbeit									k
Vereine (auf Gemeindeebene)*	x	x	x	x	~				o
Schulen*	~	x	x	x	~				o
<b>Bezirk</b>									
Abfallverband									k
<b>Bundesland</b>									
Landesstraßenverwaltung	x						o	o	
Verkehrsbetriebe (auf Landesebene)*		x				o	o		
<b>Bund</b>									
ÖBB*		x				o	o		
Autobahn- und Schnellstraßenbetreiber (z.B. ASFINAG) *	x					o		o	
Sonstige Verkehrsbetriebe*		x				o	o		
Vereine (z.B. Alpenverein, Fischereiverein u.v.a.m.)*	x	x	x	x	x				o
NGOs (z.B. Global 2000, WWF, Greenpeace)*									k
Wasserstraßenbetreiber (z.B. viadonau)					x		x		

**Regel 2: Festlegung der Untersuchungsziele**

Bei Mengenerhebungen und Analysen zu Aufkommen und Zusammensetzung von Abfällen auf Basis der definierten Grundgesamtheit laut Regel 1 sind zwecks Vergleichbarkeit die **Untersuchungsziele zu konkretisieren**, insbesondere

- (1) der **Anwendungsfall**, die Adressaten und der ggf. quantifizierbare Nutzen (Tabelle 2),
- (2) ob eine repräsentative **Mengenerhebung** mit festzulegender Abdeckung durchgeführt wird oder ob auf bestehende, aktuelle Daten von anderen Untersuchungen zurückgegriffen werden kann,
- (3) ob die Zusammensetzung nach Fraktionen mittels **Sortieranalysen** mit oder ohne **Stückmassenermittlung** (ggf. inkl. Analyse von Wassergehalt und Anhaftungen bei relevanten Fraktionen) zu analysieren ist,
- (4) für welche **relevanten Fraktionen oder Fraktionsgruppen** (z.B. Verpackungen und Produkte aus Kunststoffen, Getränkeverpackungen) gemäß Fraktionsliste (vgl. Tabelle 11) eine festgelegte Genauigkeit, ggf. differenziert nach Schichten, zu erreichen ist, und
- (5) ob Fraktionsanteile nach bestimmten **Faktoren** zu differenzieren sind.

Die Untersuchungsziele sind für die spätere Bestimmung der erforderlichen Gesamtprobemasse maßgeblich. Dabei sind massenrelevante Gruppen (>10 Masse-% Anteil) mit hoher geforderter Genauigkeit in der Regel bedeutsamer, als Gruppen mit geringem, erwartetem Anteil (<5 Masse-% Anteil) und geringer, geforderter Genauigkeit.

Tabelle 3: Beispiele für Anwendungsfälle und Analyseziele

<b>ANWENDUNGSFALL UND ANALYSEZIEL NACH FRAKTIONSGRUPPEN</b>	<b>AKTEUR/E</b>	<b>ERWARTETER NUTZEN (GGF. QUANTIFIZIERBAR)</b>
<b>SUP-relevante Produkte und Verpackungen</b>		
Ermittlung der Kostentragung für SUP-relevante Abfälle nach Gemeindetypen	Gemeinden, Hersteller	Mengengerüst für die Kostenermittlung
<b>Alle Litteringabfälle</b>		
Regionales Monitoring von Littering-Maßnahmen betreffend aller Litteringabfälle	Bund, Länder	Anpassung von Öffentlichkeitsarbeit, ehrenamtlichen Flurreinigungsinitiativen und ggf. Sammelinfrastruktur
Untersuchung von Kunststoffabfällen auf Wasserflächen und in Uferbereichen der Donau	viadonau, Gemeinden	Anpassung der Öffentlichkeitsarbeit Optimierung der Reinigungsmaßnahmen
<b>Zigarettenstummel</b>		
Ermittlung des Aufkommens an Zigarettenstummeln inklusive Unterteilung nach biologischer Abbaubarkeit	Hersteller	Abgeltung von Litteringmaßnahmen für Zigarettenstummel mit Kunststoffanteil

Tabelle 4: Festlegung von Analysezielen nach beispielhaften Anwendungsfällen

<b>FESTLEGUNG VON ANALYSEZIELEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN</b>	<b>KONKRETISIERUNG</b>
<b>1. Ermittlung der SUP-kostenrelevanten Masseanteile für Einwegkunststoffartikel</b>	
Ziel	Kenntnis über Aufkommen und Zusammensetzung der SUP-kostenrelevanten Litteringabfälle nach Akteuren
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengenallokation nach Art der Sammlung oder Reinigung (z.B. Entleerung von öffentlichen Abfallbehältern, manuelle Reinigung/Kehrung etc.)</li> <li>- Mengenallokation nach Charakteristik der Gemeinde</li> </ul>
Berücksichtigte Sammelmengen	Alle entsprechend Abbildung 1 mit Ausnahme von Kanalisation (Dränagen und Sinkkästen)
Berücksichtigte Akteure und Bereiche	Laut Tabelle 1
Relevante Fraktionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SUP-relevante Kunststoffe</li> </ul>
Zu analysierende Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gemeinden nach Stadt-Land-Klassen</li> <li>- Sammel- und Reinigungsprozesse</li> </ul>
<b>2. Monitoring von Litteringabfällen und relevanten Maßnahmen</b>	
Ziel	Kenntnis von Aufkommen und Zusammensetzung im regionalen Vergleich und Zeitvergleich
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifizierung von relevanten Arten von Litteringabfällen (z.B. Getränke- / Lebensmittelverpackungen)</li> <li>- Optimierung der Reinigungsleistungen von Gemeinden und anderen Akteuren</li> </ul>
Berücksichtigte Sammelmengen	Alle entsprechend Abbildung 1
Berücksichtigte Akteure und Bereiche	Laut Tabelle 1 zusätzlich: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Autobahn- und Schnellstraßenbetreiber (Straßen inkl. Park- und Rastplätze)</li> <li>- ÖBB (Schienennetze inkl. Bahnhöfe und Begleitstreifen)</li> </ul>
Relevante Fraktionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle Litteringabfälle</li> <li>- Fokus auf Getränkeverpackungen nach Packstoffen</li> </ul>
Zu analysierende Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gemeinden nach Stadt-Land-Klassen</li> <li>- Sammel- und Reinigungsprozesse</li> </ul>

## 4.2 Dimensionierung von Mengenerhebungen und Analysen

Zur Gewährleistung der Repräsentativität und Effizienz von Mengenerhebung und Analysen, sind folgende Arbeitsschritte in Regeln 3 bis 6 vorgesehen, die aufeinander aufbauen, nämlich

1. die Ermittlung des Mengengerüsts inklusive Bezugsgrößen mit einheitlicher Gliederung nach Akteuren (Regel 3),
2. die Festlegung von Umfang und Zufallsauswahl der Akteure, die bei der Mengenerhebung und nachfolgend bei den Analysen inkludiert werden (Regel 4),
3. die Bestimmung der erforderlichen Gesamtprobemasse für Sortieranalysen in Abhängigkeit von Genauigkeitsanforderungen nach Schichten (Regel 5), und
4. die repräsentative, räumliche Verteilung der zu ziehenden Einzelproben auf Akteure nach Zufallsprinzip (Regel 6).

### **Regel 3: Ermittlung des Mengengerüsts inklusive Bezugsgrößen nach Akteuren**

*Als Grundlage für die Auslegung von repräsentativen Mengenerhebungen und Analysen ist ein Mengengerüst mit einheitlichen Bezugsgrößen mit einer Mindestgliederung nach Akteuren zu erstellen, wobei jeweils aktuellste Datengrundlagen zu verwenden sind.*

*Das Mengengerüst umfasst Sammelmengen von öffentlichen Abfallbehältern („Papierkorbinhalte“), manueller Reinigung und ehrenamtlicher Flurreinigung. Bei Sammelmengen mit geringem Anteil von Litteringabfällen (<10 Masse-%), z.B. von mechanischer Kehrung (z.B. Einkehrgut), mechanischer Mähung (z.B. von Straßenbanketten) oder aus der Kanalisation, ist nur der geschätzte Massenanteil von Litteringabfällen zu berücksichtigen. Einkehrgut, -splitt oder biogenes Mähgut sind daher nicht einzurechnen.*

*Die **Mindestgliederung nach Akteuren** umfasst die Unterteilung*

*(1) von Gemeinden nach sozio-ökonomischen Klassen bzw. Stadt-Land-Klassen laut Anhang (S. 48ff.) mit Einteilung nach städtischen, intermediären, ländlichen und touristischen Gemeinden, sowie*

*(2) von Straßenbetreibern nach (a) Autobahn- und Schnellstraßenbetreibern und (b) Landesstraßenverwaltungen mit Zuständigkeit für Bundes- und Landesstraßen.*

*Weitere Gliederung, z.B. nach organisatorischen oder strukturellen Merkmalen, ist möglich.*

*Als **Bezugsgrößen für die Mengenabschätzung** zwecks besserer Vergleichbarkeit und Plausibilisierung nach Akteuren sind spezifische Sammelmengen pro Jahr*

*(1) für Gemeinden auf Einwohner\*innen bzw. Wohnbevölkerung mit Hauptwohnsitz,*

*(2) für Straßennetz- bzw. Wasserstraßenbetreiber (inkl. Gewässerbetreuer) auf die betreute Streckenlänge, also betreute Straßen bzw. Uferlänge in Kilometer*

*heranzuziehen. Für weitere Akteure sind je nach dominierenden Reinigungsaktivitäten passende Bezugsgrößen nach betreuter Streckenlänge (z.B. Weglängen) oder betreuten Flächen (z.B. Erholungsflächen) heranzuziehen, soweit verfügbar.*

*Das abgeleitete Mengengerüst mit Verweis zu verwendeten Daten ist entsprechend Tabelle 5 mit Bezugsgrößen bzw. Tabelle 6 mit Tonnagen darzustellen.*

Für die Ermittlung des Mengengerüsts sind Untersuchungen zu Sammelmengen und Zusammensetzung im Untersuchungsgebiet innerhalb der letzten fünf Jahre zu verwenden und bezüglich Umfang und Qualität der verwendeten Primär- und Sekundärdaten und Methodik darzustellen. Die Darstellung von Datengrundlagen und Methodik soll bestmöglich folgende Elemente umfassen, nämlich

- (1) Untersuchungsgebiet nach Umfang, Unterteilung (z.B. Gemeinde- oder Straßentypen), einbezogene bzw. ausgeschlossene Gebiete (entsprechend Tabelle 1) und damit zusammenhängende Faktoren („räumliche Systemgrenzen“),
- (2) untersuchtes Material nach Sammel- und Reinigungsaktivität (entsprechend Abbildung 1), Detaillierung nach untersuchtem Material inklusive Fraktionen mittels Sortierkatalog,
- (3) Methodik bei der Mengenerhebung,
- (4) Durchführung der Probenahmen (z.B. Analysedurchgänge, Entnahme aus Papierkorb oder Transportbehältnis (nach Entleerung), ggf. Füllgradschätzung),
- (5) Durchführung der Sortierung (z.B. Sortierkatalog-/tiefe, Ermittlung von Stückzahl, mittlerer Stückzahl oder Volumen, Umgang mit Verpackungsinhalten)

Wenn Sammelmengen von Akteuren separat nach betreuten Bereichen mit flächen- oder streckenabhängigen Reinigungsaktivitäten erfasst werden, sind diese Bezugsgrößen zusätzlich darzustellen. Für den Zweck dieses Mengengerüsts ist eine so detaillierte Darstellung nicht erforderlich.

Tabelle 5: Mengengerüst aus Voruntersuchungen als spezifische Sammelmengen nach Bezugsgrößen

<b>AKTEURE NACH REGIONALER EBENE</b>	<b>ANZAHL AN AKTEUREN</b>	<b>BEZUGSGRÖÖE (WERT UND EINHEIT)</b>	<b>PAPIERKORBENTLEERUNG (KG/EINHEIT/A)</b>	<b>MANUELLE REINIGUNG (KG/EINHEIT/A)</b>	<b>MECHANISCHE REINIGUNG (KG/EINHEIT/A)</b>	<b>EHRENAMTLICHE FLURREINIGUNG (KG/EINHEIT/A)</b>
<b>Gemeinde (inkl. Stadt Wien) in kg/EW/a</b>						
Städtische Gemeinden	176	4,1 Mio. Ew	11,3 <sup>1</sup>	0,2 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,2 <sup>1</sup>
davon >100 Tsd. Einwohner	6	2,8 Mio. Ew	12,6 <sup>1</sup>	0,2 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,2 <sup>1</sup>
davon < 100 Tsd. Einwohner	170	1,3 Mio. Ew	7,0 <sup>1</sup>	0,2 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,2 <sup>1</sup>
Intermediäre Gemeinden, nicht-touristisch	747	2,7 Mio. Ew	4,2 <sup>1</sup>	0,2 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,2 <sup>1</sup>
Ländliche Gemeinden, nicht-touristisch	957	1,7 Mio. Ew	1,7 <sup>1</sup>	0,2 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,2 <sup>1</sup>
Touristische Gemeinden (exkl. Städte)	271	0,5 Mio. Ew	2,1 <sup>1</sup>	0,2 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,2 <sup>1</sup>
<b>Land in kg/km/a</b>						
Landesstraßenverwaltung	9	12000 km	-	-	300 <sup>2</sup>	-
<b>Bund in kg/km/a</b>						
Autobahn- und Schnellstraßenbetreiber (ASFINAG, nur Straßenreinigung)	-	1200 km	-	-	500 <sup>2</sup>	-

<sup>1</sup> Schätzung auf Basis von Hauer (2021)<sup>2</sup> UBA (2020)

Tabelle 6: Mengengerüst aus Voruntersuchungen in Tsd. Tonnen pro Jahr (kt/a)

<b>AKTEURE NACH REGIONALER EBENE</b>	<b>ANZAHL AN AKTEUREN</b>	<b>BEZUGSGRÖÖE (WERT UND EINHEIT)</b>	<b>PAPIERKORB- ENTLEERUNG (KT/A)</b>	<b>MANUELLE REINIGUNG (KT/A)</b>	<b>MECHANISCHE REINIGUNG (KT/A)</b>	<b>EHRENAMTLICHE FLURREINIGUNG (KT/A)</b>
<b>Gemeinde (inkl. Stadt Wien)</b>						
Städtische Gemeinden	176	4,1 Mio. Ew	46,3 <sup>1</sup>	0,8 <sup>1</sup>	0,4 <sup>2</sup>	0,8 <sup>1</sup>
davon >100 Tsd. Einwohner	6	2,8 Mio. Ew	35,3 <sup>1</sup>	0,6 <sup>1</sup>	0,3 <sup>2</sup>	0,6 <sup>1</sup>
davon < 100 Tsd. Einwohner	170	1,3 Mio. Ew	9,1 <sup>1</sup>	0,3 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,3 <sup>1</sup>
Intermediäre Gemeinden, nicht-touristisch	747	2,7 Mio. Ew	11,3 <sup>1</sup>	0,5 <sup>1</sup>	0,3 <sup>2</sup>	0,5 <sup>1</sup>
Ländliche Gemeinden, nicht-touristisch	957	1,7 Mio. Ew	2,9 <sup>1</sup>	0,3 <sup>1</sup>	0,2 <sup>2</sup>	0,4 <sup>1</sup>
Touristische Gemeinden (exkl. Städte)	271	0,5 Mio. Ew	1,1 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>	0,1 <sup>2</sup>	0,1 <sup>1</sup>
<b>Land</b>						
Landesstraßenverwaltung	9	12000 km	-	-	3,6 <sup>2</sup>	-
<b>Bund</b>						
Autobahn- und Schnellstraßenbetreiber (ASFINAG, nur Straßenreinigung)	-	1200 km	-	-	0,6 <sup>3</sup>	-

<sup>1</sup> Schätzung auf Basis von spezifischen Werten von Hauer (2021) und Hochrechnung mit Wohnbevölkerung (2020)

<sup>2</sup> UBA (2020)

<sup>3</sup> Geschätzter Litteringanteil im Einkehrgut laut UBA (2020)

#### **Regel 4: Umfang und Auswahl der zu untersuchenden Akteure im Rahmen der Mengenerhebung**

Für die repräsentative Mengenerhebung ist die Anzahl der zu untersuchenden Akteure auf Basis vom Mengengerüst und Gliederung in Regel 3 festzulegen. Für die Festlegung der **Anzahl und Auswahl** der zu inkludierenden Akteure (z.B. Gemeinden oder Landesstraßenverwalter) sind

(1) ein **Schwellenwert** (in Tonnen), das ist die Teilmenge der Grundgesamtheit (z.B. 500 Tonnen), ab welcher zumindest ein Akteur auszuwählen ist, und

(2) eine **Mindestanzahl von zu ziehenden Akteuren** pro Unterteilung (z.B. mindestens je 20 Gemeinden nach Stadt-Land-Klassen)

festzulegen, wobei

(1) alle **Akteure**, deren geschätzte Sammelmenge den Schwellenwert überschreitet, fix einzuschließen sind (z.B. Städte mit mehr als 100 Tsd. Einwohner\*innen oder Landesstraßenverwaltungen von großen Bundesländern),

(2) in der **verbleibenden Restmenge jeder Unterteilung** (d.h. die Grundgesamtheit abzüglich der Sammelmengen der fix gezogenen Akteure) pro Schwellenwert (Tonnage) je eine Gemeinde nach Zufallsprinzip zu ziehen ist, wobei die Wahrscheinlichkeit der Ziehung mit der Sammelmenge linear steigt. Bei Unterteilungen, die die Mindestanzahl unterschreiten, ist nach gleichem Prinzip entsprechend zu erhöhen.

Wie niedrig der Schwellenwert (in Tonnen) bzw. wie hoch die Mindestanzahl an Akteuren pro Unterteilung festgelegt wird, orientiert sich an der geforderten Genauigkeit der Hochrechnung, die ex post z.B. mittels Resampling ermittelt werden kann.

Die Ermittlung umfasst folgende Schritte, nämlich

1. die Abschätzung der gesamten Sammelmenge (laut Regel 3) für alle Akteure,
  - a. z.B. für Stadt x mit 70 Tsd. Einwohner á 8 kg/Ew/a (lt. Bezugsgröße), d.h. 560 Tonnen pro Jahr, oder
  - b. z.B. Landesstraßenverwalter des Landes x mit 3000 Straßenkilometer á 300 kg/km/a, d.h. 900 Tonnen pro Jahr,
2. die fixe Auswahl von allen Akteuren, mit Sammelmengen über dem Schwellenwert (z.B. 500 Tonnen),
3. die Ermittlung der verbleibenden Sammelmengen in jeder Unterteilung abzüglich der fix gezogenen Akteure,
4. die Ermittlung der Anzahl an zu ziehenden Akteuren pro Unterteilung, z.B. 12.000 Tonnen Restmenge á 500 Tonnen, d.h. 24 Akteure, und
5. Zufallsauswahl mit Gewichtung nach geschätzter Sammelmenge, womit ein Akteur mit 200 Tonnen Sammelmengen die 10-fach höhere Wahrscheinlichkeit hat, als einer mit 20 Tonnen Sammelmenge.

Pro Unterteilung ist eine Mindestanzahl (z.B. 20 Gemeinden) festzulegen, um sicher zu stellen, dass ausreichend viel Material für die nachfolgende Probenahme zur Verfügung steht.

### **Regel 5: Bestimmung der erforderlichen Gesamtprobemasse**

Zur Bestimmung der Zusammensetzung nach Fraktionen im Zuge der Analyse laut Tabelle 7 ist die zu ziehende Gesamtprobemasse als wesentlicher Faktor zu bestimmen.

Für jede relevante Fraktion bzw. Leitfraktion sind

- (1) der **erwartete Massenanteil** (bei Schätzungen als Obergrenze des geschätzten Bereichs) auf Basis der letzten Analysen oder Analysen in vergleichbaren Regionen und ggf. Schichten bzw., wenn nicht verfügbar, auf Basis der Richtwerte in Tabelle 8 festzulegen,
- (2) falls relevant, die **Schichten**, für die der Massenanteil zu differenzieren ist (z.B. Unterteilung von Papierkorbinhalten und der Summe von Litteringabfällen aus manueller und mechanischer Reinigung und ehrenamtlicher Flurreinigung),
- (3) die erforderliche **Genauigkeit**, (z.B.  $\pm 3$  %-Pkt.), die für eine Absolutschätzung oder für die Differenzierung nach Schichten relevant ist, und
- (4) das **Heterogenitätsmaß der Fraktion** auf Basis von Daten aus vergleichbaren Analysen bzw., wenn nicht verfügbar, auf Basis der Richtwerte laut Tabelle 8 heranzuziehen.

Auf Basis Formel 1 ergibt sich die erforderliche Probemasse für jede Schicht je Ziel. Der höchste Wert aller Ziele ergibt die zu wählende Probemasse. Die Gesamtprobemasse ergibt sich als Summe der erforderlichen Probemassen aller Schichten.

Wenn **die Stückzahl bzw. mittlere Stückmasse** zu untersuchen ist, kann die erforderliche Stückzahl auf Basis der erforderlichen Genauigkeit und dem erwarteten Stückanteil mit Formel 2 ermittelt werden. Vereinfachend kann jede fünfte Einzelstichprobe komplett analysiert werden.

Die Genauigkeit ist auf 95 % Vertrauensniveau anzugeben. Das Vertrauensniveau ist bestimmend für das Konfidenzintervall, das jenen Bereich um den Mittelwert angibt, in dem sich der wahre Wert mit der gegebenen Wahrscheinlichkeit befindet.

Die Anzahl, Probemasse und Schichtung der zu ziehenden Proben hängt maßgeblich davon ab, welcher Massen- oder Stückanteil einer zu definierenden Fraktionsgruppe erwartet wird, ob und ab welchem Unterschied ein Massen- oder Stückanteil (z.B. 10%-Pkt.) zwischen festzulegenden Schichten für die Akteure relevant (z.B. kosten- oder maßnahmenrelevant) ist und wie stark der Unterschied auf Basis von Voruntersuchungen erwartet wird. Besonders, wenn schon geringe Unterschiede (z.B. 2%-Pkt. Massenanteil) als relevant gesehen werden, ist der damit deutlich steigende Analyseaufwand abzuwägen. Die Abwägung muss daher folgende Informationen beinhalten:

- Fraktionsgruppe (z.B. SUP-relevante Fraktionen als Teil der Gesamtsammelmenge)
- Schichtung nach Faktor (z.B. Stadt-Land, Papierkorb vs. Littering) und Anzahl der Schichten (z.B. Stadt vs. Summe der sonstigen Unterteilungen (d.h. 2 Schichten) oder 4 Schichten (d.h. städtisch, intermediär, ländlich, touristisch))
- Erwarteter Fraktionsanteil (der jeweiligen Schichten) (z.B. 10% vs. >20%)

Die **erforderliche Gesamtprobemasse**  $m_{erf}$  (nach jedem Untersuchungsziel und Leitfraktion) basiert unabhängig von der Analysemethode auf dem fraktionsspezifischen Heterogenitätsmaß  $u_f$  und erwartetem Fraktionsanteil  $a_f$  nach jeweiliger Fraktion, Konfidenzintervall  $KI_{abs}$ , dem Vertrauensniveau  $\alpha$  und der Anzahl der zu vergleichenden Fraktionen  $f$ <sup>8</sup> mit der Formel

$$m_{erf} = \frac{u_f \cdot a_f \cdot (1-a_f) \cdot \chi^2_{f-1;1-\alpha}}{KI_{abs}^2}. \quad (\text{Formel 1})$$

Die **erforderliche, zu analysierende Stückzahl** kann auf Basis des zu erwarteten Fraktionsanteils  $a_f$  (hier abweichend als Stückanteil definiert), Konfidenzintervall  $KI_{abs}$ , dem Vertrauensniveau  $\alpha$  und der Anzahl an zu vergleichenden Fraktionen  $f$  mit Formel

$$n_{erf} = \frac{a_f \cdot (1-a_f) \cdot \chi^2_{f-1;1-\alpha}}{KI_{abs}^2}. \quad (\text{Formel 2})$$

ermittelt werden. Die daraus resultierende Gesamtprobemasse ist auf Basis des zu erwartenden Fraktionsanteils  $a_f$  (als Massenanteil) und der mittleren Masse pro Stück zu ermitteln. Für eine Einschätzung der Probemasse, die für eine gegebene Stückzahl erforderlich ist, können ca. 50 Stück pro Kilogramm Probemasse auf Basis von Hietler (2022)<sup>9</sup> angenommen werden.

Die Beschreibung inklusive Tabelle 12 zum Ablesen der erforderlichen Gesamtprobemasse ist in Tabelle 12 ersichtlich. Tabelle 12 ist sinngemäß für die Ermittlung der erforderlichen Stückzahl anwendbar, wobei  $u_f = 1$  zu setzen ist. Auf Richtwerte ist in Tabelle 8 verwiesen.

<sup>8</sup> Die Anzahl der zu vergleichenden Fraktionen kann beim Vergleich von Verteilungen von Teilgesamtheiten, z.B. Schichten, relevant sein, also beim sogenannten Mehrfraktionsfall. Werden wie im Regelfall nur zwei Fraktionen verglichen (z.B. die Summe der Störstoffe und der Rest aller sonstigen Fraktionen), ist im sogenannten Zweifraktionsfall von  $f = 2$  auszugehen.

<sup>9</sup> Hietler, P. (pulswerk GmbH) Persönliche Mitteilung, 16.08.2022

Tabelle 7: Analysemethoden

<b>ANALYSEMETHODE</b>	<b>ZUGRIFFSEBENE</b>	<b>RELEVANTE FRAKTIONEN (BEISPIELE)</b>
Ermittlung der Masseanteile für Litteringabfälle und über öffentliche Sammelbehälter erfasste Abfälle (Sortieranalyse)	Sammelbehälter bzw. Sammelbehältnis bei Erfassung losen Materials oder Transportbehältnis nach Umleerung	SUP-kostenrelevante Einwegkunststoffartikel; Getränkeverpackungen
Ermittlung der Stückmassen bzw. Stückanteile für Litteringabfälle und über öffentliche Sammelbehälter erfasste Abfälle (Stückmassenermittlung)	Sammelbehälter bzw. Sammelbehältnis bei Erfassung losen Materials oder Transportbehältnis nach Umleerung	SUP-kostenrelevante Einwegkunststoffartikel
Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen von Kunststofffraktionen	Repräsentative Probe aus der Hauptanalyse	Kunststoffe
Erhebung der Stückanteile für Zigarettenstummel nach biologischer Abbaubarkeit (siehe Anhang)	Repräsentative Probe aus der Hauptanalyse	Filter und Tabakprodukte mit Filter

Tabelle 8: Richtwerte bzw. Schätzwerte für Fraktionsanteile, Stückmassen und Heterogenitätsmaße für ausgewählte Fraktionen und Fraktionsgruppen in Papierkorbinhalten und Litteringabfällen

<b>FRAKTIONSGRUPPE BZW. FRAKTION</b>	<b>FRAKTIONSANTEIL (MASSE-%)</b>	<b>STÜCKMASSE (GRAMM)</b>	<b>HETEROGENITÄTSMAB (<math>u_f</math>)</b>
SUP-kostenrelevante Einwegkunststoffartikel	11 % (7% - 25%)	12 (8 – 15)	0,6
Kunststoff-Getränkeverpackungen (zumeist PET)	4 % (3% - 6%)	30 (25 – 35)	0,8
Glasverpackungen	15 % (7% – 25%)	200 (150 – 250)	1,3
Metallverpackungen	5 % (3 % - 7%)	18 (15 – 23)	0,4
Zigarettenstummel <sup>1</sup>	1 % (0,2% - 1,5%)	0,5 (0,3 – 0,7)	0,1
Lebensmittel	4 % (2% - 8%)	250 (200 – 300)	2,4

<sup>1</sup> Fraktionsanteil und Stückmasse abhängig vom Wassergehalt

Tabelle 9: Auslegung von Analysen nach beispielhaften Anwendungsfällen (Fortsetzung von Tabelle 4)

AUSLEGUNG VON ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	KONKRETISIERUNG
<b>1. Ermittlung der SUP-kostenrelevanten Masseanteile für Einwegkunststoffartikel</b>	
Leitfraktion(en) und Heterogenitätsmaß ( $u_f$ ) lt. Richtwerten (Tabelle 8)	SUP-kostenrelevante Einwegkunststoffartikel (Summe) ( $u_f = 0,6$ )
Erwarteter Massenanteil nach Schichten	<p>Es wird von einer Schichtung nach</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Papierkorbinhalten vs. Litteringabfällen (Summe von manueller Reinigung und ehrenamtlicher Flurreinigung) sowie</li> <li>2. Städte vs. andere Gemeinden</li> </ol> <p>d.h. vier Schichten ausgegangen, da auf Basis bestehender Untersuchungen unterschiedliche Massenanteile nicht auszuschließen sind.</p> <p>Bisherige Untersuchungen ohne Untersuchung nach Faktoren gehen von 11% Massenanteil aus.</p> <p>Um auf der sicheren Seite zu liegen, wird für alle Schichten von einem Massenanteil von 15% ausgegangen.</p>
Erforderliche Genauigkeit	Massenanteil und Genauigkeit aller Schichten: 15% $\pm$ 3 %-Pkt.
Erforderliche Gesamtprobemasse	<p>Erforderliche Probemasse pro Schicht:</p> <p><math>m_{\text{erf}} = 544 \text{ kg}</math> (für <math>a_f = 15 \%</math> und <math>KI_{\text{abs}} = 3 \%</math> lt. Tabelle 12),  <math>0,6 (u_f) = \mathbf{326 \text{ kg}}</math></p> <p><b>Erforderliche Gesamtprobemasse: 1 304 kg</b> für 4 Schichten</p>
<b>2. Monitoring von Litteringabfällen und relevanten Maßnahmen</b>	
Leitfraktion(en) und Heterogenitätsmaß ( $u_f$ ) lt. Richtwerten (Tabelle 8)	<p>Kunststoffverpackungen (Summe) (<math>u_f = 0,6</math>)</p> <p>Metallverpackungen (<math>u_f = 0,4</math>)</p> <p>Glasverpackungen (<math>u_f = 1,3</math>)</p>
Erwarteter Massenanteil nach Schichten	<p>Es wird von einer Schichtung nach</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Papierkorbinhalten vs. Litteringabfällen (Summe von manueller Reinigung und ehrenamtlicher Flurreinigung) sowie</li> <li>4. Städte vs. andere Gemeinden</li> </ol> <p>d.h. vier Schichten ausgegangen, da auf Basis bestehender Untersuchungen unterschiedliche Massenanteile nicht auszuschließen sind.</p> <p>Für alle Schichten wird als Obergrenze der Schätzungen für Kunststoff-, Metall- bzw. Glasverpackungen von 15%, 4% bzw. 6% ausgegangen.</p>
Erforderliche Genauigkeit	<p>Massenanteil und Genauigkeit aller Schichten für</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kunststoffverpackungen: 15% <math>\pm</math> 3 %-Pkt.</li> <li>- Metallverpackungen: 4% <math>\pm</math> 3 %-Pkt.</li> </ul>

<b>AUSLEGUNG VON ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGS- FÄLLEN</b>	<b>KONKRETISIERUNG</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glasverpackungen: 6% ± 3 %-Pkt.</li> </ul>
Erforderliche Gesamtprobemasse	<p>Erforderliche Probemasse pro Schicht bzw. <u>gesamt</u> für</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kunststoffverpackungen: 326 kg bzw. <u>1304 kg</u></li> <li>- Metallverpackungen: 28 kg bzw. <u>112 kg</u></li> <li>- Glasverpackungen: 313 kg bzw. <u>1252 kg</u></li> </ul> <p>Bei mehreren Fraktionen bestimmt der höchste Wert die Gesamtprobemasse, in diesem Fall die Probemasse von Kunststoffverpackungen.</p> <p><b>Erforderliche Gesamtprobemasse: 1 304 kg</b> für 4 Schichten</p>

**Regel 6: Probenanzahl, Masse und Verteilung von Einzelstichproben**

Die erforderliche Gesamtprobemasse ist zunächst nach Schichten (gemäß Regel 5) und danach innerhalb der Schichten aufkommensaliquot nach Schichten bzw., wenn relevant, nach Unterteilungen innerhalb jeder Schicht aufzuteilen.

Die **Gesamtprobenanzahl** ergibt sich durch Festlegung einer mittleren **Einzelprobemasse**, welche mit **15 Kilogramm als Richtwert** festgelegt wird. Die erforderliche Probenanzahl ergibt sich durch Division der Gesamtprobemasse durch die mittlere Einzelprobemasse. Ergibt sich eine Probenanzahl von unter 80 Einzelstichproben<sup>10</sup>, ist die mittlere Einzelprobemasse entsprechend zu reduzieren. Ergeben sich mehr als 200 Einzelstichproben, kann die mittlere Einzelstichprobe entsprechend erhöht werden.

Betreffend die **Analyse von Stückanteilen und mittleren Stückmassen** ist jede fünfte Probe zu ziehen, wobei die Stückzahl von allen Fraktionen zu erfassen ist und die Proben aliquot auf alle Unterteilungen aufzuteilen sind.

Die **Anzahl der zu ziehenden Einzelstichproben** ist **gewichtet nach Sammelmengen auf Schichten** zuzuteilen und zu runden. Innerhalb der Schichten sind Einzelstichproben aufkommensaliquot nach Zufallsprinzip zu ziehen. Dabei werden Sammelmengen von Akteuren, die ein oder mehrere Einzelstichproben repräsentieren, vorab mittels Fixplätzen zugeteilt.

Sind in einer Gemeinde (z.B. Stadt) mehr als zwei Einzelstichproben zu ziehen, dürfen **maximal zwei Einzelstichproben pro Gebiet** (z.B. Sprengel oder Sammelbezirk) gezogen werden. Bei z.B. 12 Einzelstichproben sind diese aus mindestens 6 Gebieten á 2 Einzelstichproben zu ziehen.

Die Einzelstichproben sind nur in Gemeinden zu ziehen, die bei der Mengenerhebung (laut Regel 4) inkludiert waren. Daher liegen für diese Gemeinden bereits Informationen vor, welche Sammelmengen für welche Erfassungsschienen zu erwarten sind. Auf diesem Weg kann z.B. das Risiko vermindert werden, dass mangels Durchführung einer ehrenamtlichen Flurreinigung keine Proben gezogen werden können.

Innerhalb jeder Schicht ist die entfallende Sammelmenge in Tonnagen (z.B. 12000 Tonnen für Schicht 1) pro erforderlicher Einzelstichprobe zu ermitteln (z.B. 1200 Tonnen pro Einzelprobe bei 10 erforderlichen Einzelproben). Für alle Akteure mit höheren Sammelmengen (z.B. 2500 t Sammelmenge > 1200 Tonnen) werden fixe Proben mittels Abrundung des Divisors (z.B.  $2500 \text{ t} / 1200 \text{ t} = 2,08$ , abgerundet 2) zugeteilt.

Die verbleibenden Proben werden nach Zufallsprinzip gewichtet nach Restmengen zugeteilt. Um die Anzahl an Gemeinden mit Probenziehung und damit den Transportaufwand zu reduzieren, können die zuzuteilenden Einzelproben in Klumpen von je zwei Einzelstichproben jeweils einer Gemeinde zugeteilt werden. Sind Einzelstichproben aus unterschiedlichen

---

<sup>10</sup> Die Untergrenze an erforderlichen Einzelstichproben (80) ergibt sich aus dem statistischen Erfordernis, die Varianz ausreichend gut schätzen zu können. Ist die Anzahl zu gering, ist die Verteilung von Fraktionsanteilen und somit der Konfidenzintervalle nicht zuverlässig schätzbar.

Erfassungsschienen, aber auch den gleichen Gemeindegruppen zu ziehen (z.B. Einzelstichproben von Papierkorbinhalten und ehrenamtlicher Flurreinigung), können auch diese Einzelstichproben als (somit größerer) Klumpen zugeteilt werden.

### 4.3 Ermittlung der Sammelmengen von öffentlichen Abfallbehältern (Papierkorbinhalte) und Litteringabfällen

Die ausreichend genaue Erhebung der Sammelmengen ist wegen folgenden Rahmenbedingungen herausfordernder als die Analyse der Zusammensetzung, und zwar wegen

- (1) zumeist fehlenden Wiegedaten, da Restmüllmengen aus Papierkörben und Littering i.d.R. nicht separat gewogen werden und die Sammelmasse ggf. nur anhand des entleerten Behältnisvolumens des Transportbehälters (nach Umleerung) mittels Schüttdichte in Kombination mit der Entleerungsfrequenz abschätzbar ist,
- (2) teils unregelmäßige Entleerung von Papierkörben nach Bedarf, v.a. in Landgemeinden mit saisonal schwankendem und vergleichsweise geringerem Aufkommen als in Städten,
- (3) teils hoher Zusatzaufwand für Gemeindebedienstete bzw. Mitarbeiter:innen für die Dokumentation (v.a. für eine ganzjährige Dokumentation),
- (4) teils geringe Mengen, v.a. für Sammelmengen aus der manuellen Reinigung (dadurch hoher Zeitaufwand pro Mengeneinheit).

Um Sammelmengen für ein großes Untersuchungsgebiet unter den genannten Rahmenbedingungen möglichst kosteneffizient und ausreichend genau erheben zu können, wird nach den folgenden Prinzipien vorgegangen, nämlich

- (1) mit **repräsentativer Zufallsziehung von Gemeinden** (nach Regel 4), wobei die Wahrscheinlichkeit der Ziehung mit der (ex ante) geschätzten Sammelmenge linear steigt und große Gemeinden, die eine Mengenschwelle (d.h. einer gegebenen Tonnage) überschreiten, fix gewählt, jedoch im Sinne der Ausgewogenheit aufkommensaliquot gewichtet werden,
- (2) die **Erhebung von entleerten Behältnisvolumina** auf Basis von laufender Dokumentation oder, falls nicht vorhanden, zeitlich befristeter Erhebung (z.B. ein Monat) mit Dokumentation (z.B. Strichlisten), und
- (3) die **Nutzung der vorhandenen Gemeindeauswahl für die Probenahme** von Einzelstichproben für die Analyse der Zusammensetzung und ggf. mittleren Stückmasse, womit die Informationen der Mengenerhebung für die spätere Probenahme effizient genutzt werden kann.

### 4.3.1 Mengenerhebung auf Akteursebene

Die Erhebung der laut Untersuchungsziel festgelegten Sammelmengen nach Erfassungsschienen umfasst die laut Regel 4 ausgewählten Akteure. Bei Gemeinden sind die Mengen im räumlichen Zuständigkeitsbereich möglichst vollständig zu erfassen oder zu schätzen, auch im Fall der geteilten Zuständigkeit von mehreren Organisationseinheiten, z.B. Abfallwirtschaft, Straßenreinigung, Garten-/Parkbewirtschaftung (vgl. Tabelle 2).

#### **Regel 7: Erhebung der Sammelmengen**

*Das Ziel der Mengenerhebung bei den laut Regel 5 ausgewählten Akteuren ist die bestmögliche Schätzung der Sammelmenge von öffentlichen Abfallbehältern und Litteringabfällen entsprechend Abbildung 1 auf Basis von*

*(1) **laufender Dokumentation** des entleerten Behältervolumens (wenn verfügbar Wiegedaten) oder*

*(2) falls nicht vorhanden, vergleichbaren **Aufzeichnungen über einen Zeitraum von mindestens einem Monat**, wobei ein Zeitraum mit (im Jahresgang) mittlerem Aufkommen anzustreben ist.*

*Dazu sind entsprechend Tabelle 10 Anzahl, Volumina und Entleerungsfrequenzen von **verwendeten Transportbehältern zur Umleerung** und zusätzlich Anzahl und Volumina der aufgestellten **Sammelbehälter** bzw. bei ehrenamtlichen Flurreinigungsaktionen **ausgegebene Sammelsäcke** zu dokumentieren. Wenn innerhalb des gesamten Gebiets Behältervolumina und Entleerungsintervalle variieren, sollte nach Möglichkeit nach mehreren Gebieten unterschieden werden. Für zwei Vorjahre sind ehrenamtliche Flurreinigungsaktionen zu dokumentieren (ggf. Angabe, dass keine durchgeführt wurden).*

*Falls ein **Jahresgang** der Sammelmengen vorhanden ist, sind Zeiträume mit höchstem bzw. niedrigstem Aufkommen mittels Aufschlag bzw. Abschlag vom Durchschnittswert anzugeben (z.B. Dez-Feb +40%; Juli-Okt -50%).*

*Die Dokumentation der Erhebung umfasst die erläuterten Mengenangaben in Form von spezifischen Sammelmengen, die Erhebungsmethodik und die abgeleiteten Sammelmengen als Tonnagen und Bezugsgrößen.*

Die Erhebungsmethode (Kontaktaufnahme und Erhebung) ist bestmöglich danach auszurichten, dass eine hohe Rücklaufquote erreicht werden kann und Feedbackschleifen für Rückfragen und Plausibilisierung der Mengen (ggf. Unterstützung bei der Mengenschätzung) möglich sind, um eine ausreichende Datenqualität zu gewährleisten. Zur Erhöhung der Auskunftsbereitschaft und Rücklaufquote v.a. bei kleineren Gemeinden sind regionale Akteure (z.B. Abfallverbände) zu informieren und mit einzubeziehen.

Neben der Schätzung der entleerten Behältervolumina sind Reinigungs- und Entleerungsintervalle bestmöglich zu erheben, um Rückschlüsse auf das ungefähre Aufkommen pro Jahr zu erlauben.

Tabelle 10: Wichtigste Angaben der Mengenerhebung (mit fiktiven Werten)

SAMMEL- UND REINIGUNGS-AKTIVITÄT	GEBIETE	SAMMEL-BEHÄLTNISSE		UMLEERUNG IN TRANSPORTBEHÄLTER				
		ANZAHL	VOLUMEN (LITER)	ANZAHL	VOLUMEN (LITER)	ENTLEERUNGEN PRO JAHR	ENTLEERTES VOLUMEN (M <sup>3</sup> /A)	SAMMEL-MENGE (BEI 100 KG/M <sup>3</sup> ) T/A
Entleerung öffentl. Abfallbehälter <u>ohne</u> Erfassung von Litteringabfällen	Alle	117	60	4	1100	4	17,6	1,76
Entleerung öffentl. Abfallbehälter <u>mit</u> Erfassung von Litteringabfällen	Gebiet 1	34	60	4	240	102	3,84	0,384
	Gebiet 2	17	60	6	240	16	5,76	0,576
Manuelle Reinigung	Gebiet 1	-	-	4	120	52	1,92	0,192
	Gebiet 2	-	-	3	120	13	1,44	0,144
Mechanische Kehrung	Alle	-	-	2	1100	1	8,8	0,88
Ehrenamtl. Flurreinigung	Aktion 1	123	60	8	1100	1	35,2	3,52
	Aktion 2	14	60	1	1100	1	4,4	0,44

### 4.3.2 Hochrechnung der Sammelmengen

#### **Regel 8: Hochrechnung der Sammelmengen**

Die hochgerechneten, spezifischen Sammelmengen pro Erfassungsschiene nach Unterteilung (z.B. Papierkorbinhalte in städtischen Gemeinden) sowie für die Grundgesamtheit sind als **gewichteter Mittelwert von spezifischen Sammelmengen pro Akteur** zu ermitteln. Die Gewichte ergeben sich durch Division aus Gesamtsammelmenge pro Akteur durch Schwellenwert, mindestens jedoch Faktor 1.

**Sammelmengen nach Sammel- und Reinigungsaktivität** (Tonnagen) sind nach Unterteilungen **anhand der Bezugsgrößen** (z.B. Einwohnerzahl oder Straßenkilometer) hochzurechnen.

Zusätzlich zu spezifischen Sammelmengen kann die Streubreite mittels Bootstrapping-Verfahren (d.h. wiederholten Ziehen von Stichproben nach Zufallsprinzip) ermittelt werden, um den Schätzfehler bestimmen zu können. Im Falle von zu hohen Schätzfehlern kann in nachfolgenden Mengenerhebungen der Umfang der auszuwählenden Gemeinden erhöht werden (z.B. mittels Reduktion des Mengenkriteriums laut Regel 4).

## 4.4 Repräsentative Sortieranalyse und Stückmassenermittlung

### 4.4.1 Probenahme

#### **Regel 9: Zugriffsebene für die Probenahme**

Für Sortieranalysen zur Bestimmung der Zusammensetzung von öffentlichen Abfallbehältern (Papierkorbinhalten) ist die Entleerung der Sammelbehälter und Umleerung in Transportbehälter durch den Akteur durchzuführen. Auch über Aschenrohre entsorgte Zigarettenstummel sind bei der Probenahme zu berücksichtigen. Das Material wird dem Analyseteam in geeigneten Transportbehältnissen übergeben.

Bei Sortieranalysen zur Bestimmung der Zusammensetzung von losem Litteringmaterial von manueller oder mechanischer Reinigung oder ehrenamtlicher Flurreinigung erfolgt die Probenahme durch Einsammeln des gesamten Materials auf einer vorab definierten Fläche durch die zuständigen Personen vor Ort. Das Analyseteam übernimmt das Material aggregiert in Transportbehältnissen oder in erfassten Sammelsäcken (z.B. von Flurreinigungsaktionen).

### **Regel 10: Probenahme und Dokumentation**

*Die Probenahme der Einzelstichproben hat durch das Analyseteam in Abstimmung mit der zuständigen Person vor Ort zu erfolgen. Die Auswahl der Einzelstichproben erfolgt – wenn erforderlich – nach dem Zufallsprinzip. Es ist vorab sicher zu stellen, dass ausreichend Mengen verfügbar sind. Im Falle von Schwankungen des Aufkommens im Jahresgang ist im Zweifelsfall eine aufkommensstarke Saison (z.B. touristische Hochsaison) zu wählen.*

*Jede Probenahme ist in einem Probenahmeprotokoll entsprechend zu dokumentieren. Mindestinhalte umfassen den Akteur, Gemeinde und Gebiet (z.B. Sprengel oder Adresse), Reinigungsaktivität, Art der Erfassung und Auffälligkeiten.*

#### **4.4.2 Sortieranalyse**

Die einzelnen Bestandteile der Probe werden durch manuelles Sortieren den einzelnen Fraktionen gem. Fraktionsliste (s. Anhang, Tabelle 11) zugeordnet. Das Sortieren hat dabei so lange zu erfolgen, bis alle Bestandteile der Probe einer Fraktion zugeordnet sind. Das Zerlegen von Produkten mit Werkzeugen und das Reinigen von Einzelteilen ist dabei nicht erforderlich.

Verpackungen mit Inhalten werden entleert und Verpackung und Inhalt getrennt den entsprechenden Fraktionen zugeordnet. Verpackungen mit gefährlichen Inhalten werden nicht entleert. Diese werden samt Inhalt der Fraktion Problemstoffe/ gefährliche Abfälle zugeordnet. Verunreinigte Verpackungen und Verpackungen mit ohne Werkzeug nicht entleerbaren Inhalten werden jener Fraktion, deren Massenanteil überwiegt, z.B. Folien mit Anhaftungen, zugeordnet. Nach dem Sortieren werden die einzelnen Fraktionen gewogen.

Proben, die aus Gründen wie Arbeitssicherheit, Unsortierbarkeit oder Unzumutbarkeit für das Sortierpersonal nicht sortiert werden können, werden verworfen. Der Grund dafür ist im Analyseprotokoll festzuhalten und eine Ersatzprobe ist zu ziehen.

### **Regel 11: Sortierung und Dokumentation**

*Die Sortierung hat **manuell auf Basis des Sortierkatalogs** (Tabelle 11), je nach Analyseziel mit Mindestgliederung **gemäß Untergruppe 1** (SUP-kostenrelevante Fraktionen) zu erfolgen. Einzelproben sind einzeln zu analysieren und dokumentieren.*

**Stückmassenermittlung:** *Ist bei einer Einzelstichprobe die Stückzahl der Fraktionen zu ermitteln, sind alle als zu sortierend festgelegten Mindestfraktionen gemäß Fraktionsliste auf Basis des jeweiligen Analyseziels abzuzählen.*

Zur Veranschaulichung der Analyse sollte eine Fotodokumentation angelegt werden. Diese sollte eine Dokumentation des beprobten Materials, der Einzelfraktionen und beobachtete Besonderheiten umfassen. In der Fotodokumentation sollten auch die Schritte der Probenahme (z.B. Ort, Probenahmegefäß, Transportart) dokumentiert werden.

Die Summe der Massen der Einzelfraktionen einer Einzelstichprobe ist unmittelbar nach der Sortierung mit der ursprünglichen Einzelstichprobemasse zu vergleichen. Die Abweichung dieser beiden Werte sollte so gering wie möglich gehalten werden und 3 % der Feuchtmasse der Einzelstichprobe nicht überschreiten (laut ÖNORM S 2097-4). Sollte die Abweichung nicht nachvollziehbar sein, ist die Probe zu verwerfen und ggf. eine Ersatzprobe auszuwählen.

Die Dokumentation der Einzelstichproben sollte mindestens die folgenden Informationen beinhalten:

- Proben-ID laut Probenahmeprotokoll
- Nettomasse Input
- Fraktionsmassen, ggf. Stückzahlen
- Details zu Zusatzanalysen, sofern erforderlich (z.B. Stückmassenermittlung, abfalltechnische Charakterisierung von Zigarettenstummeln hinsichtlich biologischer Abbaubarkeit)

**Regel 12: Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen an Kunststoffen**

*Gibt es Bedarf, die Nettomassen von Kunststofffraktionen zu erheben, hat die Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen zu erfolgen. Wassergehalt und Anhaftungen an Säcken, Folien oder sonstigen Behältnissen aus Kunststoffen werden in einem zweistufigen Prozedere zur Abschätzung des Wassergehalts zuerst getrocknet, danach zwecks Bestimmung der Anhaftungen gewaschen und getrocknet, wobei eine Waage und die Trocknung im Trockenschrank bei 60 °C erforderlich ist.*

Die erforderliche Gesamtprobemasse für Analysen von Wassergehalt und Anhaftungen kann mit folgenden Parametern ermittelt werden (siehe auch Anhang, S. 50), nämlich für

- Kunststoffverpackungen mit Massenanteil  $a_f=70\%$  und Heterogenitätsmaß  $u_f=0,2$ ,
- Glasverpackungen mit Massenanteil  $a_f=95\%$  und Heterogenitätsmaß  $u_f=1,3$ , bzw.
- Metallverpackungen mit Massenanteil  $a_f=90\%$  und Heterogenitätsmaß  $u_f=0,4$ .

Kunststoffproben sind möglichst luftdicht in Probenahmegebinde (z.B.: Säcke oder Boxen) zu verpacken und bereits am Sortierstandort abzuwiegen. Die Analyse des Wassergehaltes (Wassergewicht in Feuchtmasse-%) erfolgt mit Hilfe einer Waage ( $\pm 0.1$  g) und eines Trockenschanks (bis 60 °C). Zunächst wird die verschlossene Einzelprobe gewogen, wobei etwaige Verschlusshilfen (z.B. Kabelbinder) vor der Wägung zu entfernen oder hinauszurechnen sind. Danach werden die Probenahmegebinde geöffnet und die Kunststoffteile der Kunststoffprobe einzeln auf zuvor gewogenen hitzestabilen Tassen (z.B. aus Aluminium) möglichst flächig aufgebracht. Wenn es sich bei den Kunststoffproben um Säcke handelt, müssen diese aufgeschnitten werden, um eine vollständige Trocknung zu gewährleisten. Die Teilproben (Tassen) werden unmittelbar nach Einbringen in die Tassen gewogen (Trockenmasse + Wassergewicht + Anhaftungen). Neben den Teilproben wird auch das leere Probenahmegebinde, in der die Einzelprobe transportiert wurde, gewogen und getrocknet.

Die Trocknung erfolgt bei 60 °C bis zum Erreichen der Gewichtskonstanz, wobei bei geringem Anhaftungsanteil laut Voruntersuchung mit 18 – 24 Stunden, ansonsten bis über 36 Stunden zu rechnen ist. Die noch warmen und trockenen Teilproben werden im nächsten Schritt gewogen (Trockenmasse+Anhaftungen) und einzeln mit Wasser abgewaschen, um die Anhaftungen zu entfernen. Die Entfernung der Anhaftungen erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden die Kunststoffteile in einen Kübel eingetaucht, um die groben Anhaftungen (auch manuell) zu entfernen. Danach werden die Teilproben mit sauberem Wasser abgespült und auf zuvor abgewogene Tassen flächig aufgebracht. Die Trocknung der Proben erfolgt über Nacht (18 - 24 h) bei 60 °C. Die Proben werden noch warm gewogen (Trockenmasse). Das gleiche Prozedere wird auch für das leere Probenahmegebinde, in der die Einzelprobe transportiert wurde, angewandt.

Weitere Anmerkungen

- Generell sollte eine Analyse von Anhaftungen und des Wassergehaltes möglichst zeitnah geschehen um i) den Verlust der Anhaftungen durch den biologischen Abbau der Anhaftungen zu vermeiden und ii) die Gefahr des Verlustes von Wasser durch Risse in den Vorsammelhilfen, die zur Sammlung der Teilproben verwendet werden, zu vermeiden.
- Geruchsbelästigung und die gesundheitsgefährdende Ausbildung von Pilzsporen kann mit zunehmender Lagerungsdauer bei geringem Wassergehalt steigen.
- Empfohlene persönliche Schutzausrüstung: Labormantel, Handschuhe und Feinstaubmaske (Staubschutz).
- Es müssen dichte und bei 60 °C stabile Probenahmegebinde eingesetzt werden, um Risse und den daraus resultierenden Wasserverlust zu vermeiden.
- Eine zeitnahe Analyse ist vor allem für Materialien aus abbaubaren Kunststoffen notwendig, da gerade diese verkleben bzw. verspröden und es zu Masseverlusten vor allem beim Waschvorgang kommen kann. Auch "Aufdrucke" leiden unter dem Abbau, wodurch die Identifikation von „Labels“ nicht mehr ohne weiteres möglich ist. Die Empfehlung ist, dass potentielle bioabbaubare Kunststoffe als Fraktion bereits während der Sortieranalyse getrennt erfasst werden und als erstes analysiert werden. Bezüglich des Aufdrucks und der Identifikation von „Labels“ empfiehlt es sich, diese bereits vor der ersten Trocknung getrennt zu erfassen.
- Ein Einsatz von Flüssigseife als Hilfe zum Entfernen fetthaltiger Anhaftungen ist aufgrund mangelnder Reinigungskraft nicht sinnvoll. Empfohlen wird handelsübliches Geschirrspülmittel (Fritz, 2020).
- Temperaturen von >60 °C sind bei Kunststoffen zu vermeiden, da viele dieser Materialien spröde werden. In Kombination mit fetthaltigen Anhaftungen an Kunststoffen kann es bereits bei 60 °C in Einzelfällen zur Verklebung der Kunststoffe mit den Trocknungstassen kommen.

## 4.5 Auswertung und Hochrechnung

### Regel 13: Ergebnisauswertung

Die Auswertungen der Sortieranalysen zur Zusammensetzung von Litteringabfällen und Abfällen aus öffentlichen Sammelbehältern umfassen mindestens

(1) die **Darstellung der Grundgesamtheit** nach gewählten Kombinationen von Faktoren mittels Gesamtmasse ( $t/a$ ) und Einwohnerzahl im aktuell verfügbaren Bilanzjahr,

(2) **beschreibende statistische Parameter** (Anzahl, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, ggf. Summe) zu Gesamtprobemasse in Summe und nach gewählten Kombinationen von Faktoren (Teilgesamtheiten) anhand von Einzelstichproben und

(3) sofern Repräsentativität gefordert ist, die **Hochrechnung der Fraktionsanteile, Fraktionsmassen und spezifischen Fraktionsmassen (kg/Ew/a)** von relevanten Fraktionen nach gewählten Kombinationen von Faktoren inklusive Konfidenzintervallen und Tests auf Ähnlichkeit von Verteilungen.

Falls die Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen an Kunststoffen (bezüglich Brutto- und Nettomengenermittlung) vorgesehen ist, beinhalten diesbezügliche Auswertungen nur die Hochrechnung der Fraktionsanteile (d.s. Kunststoff, Anhaftungen, Wassermasse), wobei keine Schichtung angebracht ist.

Die Darstellung der Ergebnisse hat wesentlichen Einfluss auf die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Analysenberichte. Ziel ist es, die Vergleichbarkeit durch die Anwendung einheitlicher Berechnungs- und Darstellungsmethoden zu erhöhen und möglichst keinen Platz für Interpretationsspielräume offen zu lassen. Der Berechnungsablauf zur Ergebnisermittlung erfolgt entsprechend Anhang (S. 46f.) in folgenden Teilschritten:

1. Darstellung der Grundgesamtheit
2. Beschreibende Statistik der Gesamtprobemasse
3. Hochrechnung der Fraktionsanteile auf die Grundgesamtheit
4. Ermittlung der Heterogenität aller Fraktionen (sofern keine Richtwerte übernommen werden)
5. Ermittlung der Konfidenzintervalle der geschätzten Fraktionsanteile
6. Ermittlung von Fraktionsanteilen von Teilgesamtheiten (z.B. nach Stadt-Land-Klassen der Gemeinden, Sammel- und Reinigungsaktivitäten)

# Anhang

## Begriffsdefinitionen

### Kunststoffe

„... ein Werkstoff bestehend aus einem Polymer im Sinne des Artikels 3 Nummer 5 der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates ( 3 ), dem möglicherweise Zusatzstoffe oder andere Stoffe zugesetzt wurden und der als Hauptstrukturbestandteil von Endprodukten fungieren kann, ausgenommen natürliche Polymere, die nicht chemisch modifiziert wurden.“<sup>11</sup>

### Grundgesamtheit ( $M$ ), Masse in kg

Die Grundgesamtheit ist definiert als die Art und Menge an Abfällen, die mittels Sortieranalyse beurteilt werden soll, d.h. die über ein bestimmtes Sammelsystem (öffentliche Sammelbehälter) erfasste Menge an Papierkorbinhalten oder die erfasste Menge an losen Litteringabfällen mittels verschiedener Reinigungsaktivitäten. Die Grundgesamtheit bezieht sich auf ein festgelegtes Untersuchungsgebiet.

### Teilgesamtheit ( $M_t$ oder Schicht $M_s$ ), Masse in kg

Eine Teilgesamtheit ist eine Teilmenge aus der Grundgesamtheit, z.B. eine qualifizierte Stichprobe, die einer Schicht zuzuordnende Menge oder auch ein Klumpen.

### Gesamtprobemasse ( $m$ ), Masse in kg

Gesamtmasse, die es im Rahmen der Untersuchung zu analysieren gilt.

### Einzelstichprobe ( $i$ ), Masse in kg

Probe, die an einem bestimmten Ort an einem bestimmten Zeitpunkt gezogen wird. Die Stichprobe bzw. Einzelstichprobe ist i.d.R. Teil einer qualifizierten Stichprobe (ÖNORM S 2127).

### Leitfraktion ( $f$ )

Festgelegte Fraktion laut Untersuchungsfragen.

### Zufallsstichprobe

Eine Zufallsstichprobe definiert sich dadurch, dass jede Teilmenge der Grundgesamtheit dieselbe Wahrscheinlichkeit hat gezogen zu werden. Bei Anwendung des geschichteten Zufallsprinzips wird die Anzahl der zu ziehenden Proben aus jeder Teilgesamtheit massenaliquot aufgeschlüsselt, wobei die Ziehung der Proben innerhalb der jeweiligen Teilgesamtheit nach Zufallsprinzip erfolgt.

### Zugriffsebene

Ablauf-/Zustandsbezogene Probenahmestelle (z.B. Transportbehältnisse, erfasste Sammelsäcke bei ehrenamtlichen Flurreinigungen).

### Konfidenzintervall ( $KI_{abs}$ , $KI_{rel}$ )

Das Konfidenzintervall gibt jenen Bereich um den Mittelwert an, in dem sich der wahre Wert mit einer gegebenen Wahrscheinlichkeit (Vertrauensniveau) befindet. Das Konfidenzintervall ist prinzipiell mit der Wahrscheinlichkeit anzugeben. Es ist jener Bereich, der bei unendlicher Wiederholung eines Zufallsexperiments mit einer gewissen Häufigkeit (95 %) die wahre Lage des Parameters (z.B.

<sup>11</sup> Begriffsbestimmung von Kunststoff (Artikel 3 Nummer 1), Leitlinien der Kommission über Einwegkunststoffartikel in Übereinstimmung mit der Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt

	Mittelwert) einschließt. Das absolute Konfidenzintervall $KI_{abs}$ bezeichnet den Bereich in Prozentpunkten um den Mittelwert (z.B. $\pm 1\%$ , $\pm 4\%$ ). Das relative Konfidenzintervall $KI_{rel}$ bezeichnet das Verhältnis des einseitigen Bereichs bezogen auf den Mittelwert (wahren Wert).
<b>Stichprobenumfang</b> ( $n$ )	Anzahl der Einzelstichproben der Analyse.
<b>Vertrauensniveau</b> <b>(Signifikanzniveau)</b> ( $1-\alpha$ )	Das Signifikanzniveau wird beschrieben als $1-\alpha$ , wobei $\alpha$ als Irrtumswahrscheinlichkeit definiert ist. Üblicherweise wird ein Signifikanzniveau von 95 % gewählt (d.h. $\alpha=0,05$ bzw. $z=1,96$ ). Das <b>Vertrauensniveau</b> gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Lageschätzung eines statistischen Parameters (z.B. eines Mittelwertes) aus einer Stichprobenerhebung auch für die Grundgesamtheit zutreffend ist. Vertrauensniveaus müssen festgelegt werden - an ihnen orientiert sich neben der Fehlergrenze der notwendige Umfang einer Stichprobe. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wird mit $\alpha=0,05$ festgelegt.
<b>Massenanteil der Leitfraktion</b> ( $a_f$ )	Masseanteil einer Fraktion $f$ , z.B. als Massenanteil der Grundgesamtheit $a_f$ , als erwarteter Massenanteil der Grundgesamtheit $\hat{a}_f$ oder Massenanteil einer Fraktion an der $i$ -ten Stichprobe $a_{f,i}$
<b>Fraktionsspezifisches Heterogenitätsmaß</b> ( $u_f$ )	Heterogenitätsmaß laut binomiale Ansatz als Standardmethode, das für die Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobemasse erforderlich ist
<b>Erforderliche Gesamtprobemasse</b> ( $m_{erf}$ )	Erforderliche Probemasse in Abhängigkeit vom erwarteten Massenanteil der Leitfraktion $\hat{a}_f$ , der angestrebten Genauigkeit als absolutes Konfidenzintervall $KI_{abs}$ , dem gewählten Verteilungsansatz (Schätzstatistik) sowie dem Vertrauensniveau $1-\alpha$
<b>Erforderliche Probemasse</b> ( $m_{erf}$ )	Erforderliche Probemasse in Abhängigkeit vom erwarteten Massenanteil der Leitfraktion $\hat{a}_f$ , der angestrebten Genauigkeit als absolutes Konfidenzintervall $KI_{abs}$ , dem gewählten Verteilungsansatz (Schätzstatistik) sowie dem Vertrauensniveau $1-\alpha$
<b>Masse der Einzelstichprobe</b> ( $m_i$ )	Masse der $i$ -ten Einzelstichprobe in kg, die als Richtwert 15 Kilogramm betragen soll.
<b>Fraktionsmasse der Stichprobe</b> ( $m_{f,i}$ )	Masse der Fraktion $f$ der $i$ -ten Stichprobe in kg
<b>Hochrechnungsfaktor nach Untersuchungseinheit</b> ( $h_e$ )	Die Summe der Proben von einer Untersuchungseinheit repräsentieren die jeweils um den Faktor $h_e$ größere Masse in der Grundgesamtheit.

## Sortierkatalog mit Schwerpunkt auf SUP-relevante Fraktionen

Aufgrund des übergeordneten Analyseziels der Bestimmung der SUP-kostenrelevanten Anteile an Litteringabfällen und über öffentliche Sammelbehälter erfasste Abfälle, liegt das Hauptaugenmerk der Fraktionsliste auf den Fraktionen laut SUP-RL. Die **Mindestzielfraktionen für zukünftige Analysen umfassen alle gemäß Artikel 8 SUP-RL relevanten Einwegkunststoffartikel** (siehe grau hinterlegte Felder in Tabelle 11 bzw. Untergruppe des Sortierkatalogs)<sup>12</sup>.

Die Zielfraktionen für Litteringanalysen gemäß Artikel 8, Absatz (2) und (3) SUP-RL sind im Sortierkatalog grau hinterlegt (Anhang E, I, II, III). Zielfraktionen für Analysen öffentlicher Sammelbehälter (Papierkörbe) umfassen die Einwegkunststoffartikel gemäß Artikel 8, Absatz (2) und (3) exklusive der Fraktionen Feuchttücher und Luftballons (Anhang E, I und III) (hellgrau). Für **zukünftige Analysen** ist eine **Klassifizierung** in zumindest ebendiese Fraktionen vorgesehen, **um den Anforderungen für die Kostentragung** gemäß aktueller Gesetzeslage **zu entsprechen. Alle weiteren Fraktionen können in diesem Fall als Minimalvariante als „Rest“/„Sonstiges“ sortiert werden.**

Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Unterteilung in weitere Fraktionen bzw. Untergruppen je nach Analyseziel bzw. für über die Mindestvariante hinausgehende Analysen sinnvoll sein kann. Um alle erfassten Abfälle geeignet zu kategorisieren, erfolgt eine weitere Unterteilung der Fraktionsliste nach **Littering und Nicht-Littering typischen Abfällen**, wozu insbesondere sperrige Abfälle oder illegale Ablagerungen zählen. Weiters relevant im Sinne der SUP-RL sowie weiteren Richtlinien (wie bspw. VerpackungsabgrenzungsVO) kann die Abgrenzung zwischen **Verpackungs- und Nichtverpackungsfractionen** sein. Aufgrund der Relevanz/Abschätzung noch verwertbarer Abfälle (bspw. PPK-VP) wurden die **Verpackungsfractionen** (exkl. Kunststoffe) in weitere, üblicherweise getrennt gesammelte Altstofffraktionen unterteilt. Die Kategorisierung gewisser Fraktionen kann aufgrund deren Umweltrelevanz (z.B. Schadstoffgehalte) sinnvoll sein.

Der Sortierkatalog empfiehlt daher die folgenden weiteren Kategorien: „Einwegkunststoffartikel, Artikel 5 SUP-RL (Verbot ab 2021)“, „sonstige KSt-VP“, „Verpackungsfractionen (exklusive Kunststoffe)“, „sonstige Abfälle (inkl. biogene Abfälle, Altstoffe NVP, „sonstige KSt/NVP“, „Textilien“, „Inertes“, „Restabfall (einzelne Stücke)“, „Problemstoffe/ gef. Abfälle“ sowie „sperrmüllähnliche Abfälle“. Damit können zusätzlich alle Verpackungsfractionen sowie illegale Ablagerungen klar abgegrenzt werden. Die Sortierung nach **Einwegkunststoffartikeln gemäß Artikel 5 SUP-RL** ermöglicht ein Monitoring der Umsetzung der Produktverbote seit 2021. Je nach Fragestellung können die Fraktionen in weitere, detailliertere oder aggregierte Untergruppen sortiert werden.

---

<sup>12</sup> [Leitlinien der Kommission über Einwegkunststoffartikel in Übereinstimmung mit der Richtlinie \(EU\) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt](#)

Tabelle 11: Sortierkatalog

	HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	BEISPIELE
VERPACKUNGEN inkl. SUP-relevante Kunststoffartikel [VP]	<b>Verpackungsfractionen (exkl. SUP-relevante Artikel und Verpackungen)<sup>1</sup></b>			
			Glas-VP	z.B. Bierflasche
			PPK-VP	z.B. Karton
			Metall-VP	z.B. Aludosen
			Kunststoff-VP, nicht SUP-relevant)	z.B. Waschmittelbehälter
			sonstige VP (z.B. Holz, Keramik)	
	<b>SUP-relevante Kunststoffartikel und -verpackungen</b>			
		Einwegkunststoffartikel, Art. 8 (2) SUP-RL Anhang E I	Lebensmittelverpackungen	
			Tüten und Folienverpackungen	
			Getränkebehälter, einschl. Verbundgetränkeverpackungen	
			Getränkebecher	
			Leichte Kunststofftragetaschen	
		Einwegkunststoffartikel, Art. 8 (3) SUP-RL, Anhang E II	Feuchttücher	
			Luftballons	
		sonstige Einwegkunststoffartikel, Art. 8 (3) SUP-RL, Anhang E III	Tabakprodukte mit Filter	
	Filter			
	Einwegkunststoffartikel, Art. 5 SUP-RL, Anhang B (Verbot ab 2021)		Wattestäbchen	
			Besteck	
			Teller	
			Trinkhalme	
			Rührstäbchen	
			Luftballonstäbe	
			Lebensmittelverpackungen aus EPS	
		Getränkebehälter aus EPS		
		Getränkebecher aus EPS		
NICHT-VERPACKUNGEN [NVP]	<b>sonstige Abfälle (vorw. Nicht Littering-typische Abfälle)</b>			
			Biogene Abfälle	z.B. Lebensmittelabfälle
			Altstoffe NVP	z.B. Glas, PPK, Metall, Holz
			sonstige KSt/ Kunststoffe NVP	z.B. Kinderspielzeug
			Textilien	z.B. Schuhe
			Inertes	z.B. Steine, Keramik
			Restabfall (einzelne Stück)	z.B. Windeln, Hygieneartikel
			Problemstoffe/ gef. Abfälle	z.B. Batterien, Akkus, Lacke
			sperrmüllähnliche Abfälle <sup>2</sup>	z.B. Autoteile, Sperrmüll, Restabfallsack

<sup>1</sup> Verpackungsfractionen (exkl. SUP-relevante Artikel und Verpackungen) können je nach Analyseziel in weitere Untergruppen (Glas-VP, Metall-VP, usw.) unterteilt werden

<sup>2</sup> Illegale Ablagerungen sind über das Größen-/Mengenkriterium von einzelnen „Stück“ Restabfall abzugrenzen; Sperrmüll, aber auch ganze Restabfallsäcke im öffentlichen Raum fallen unter illegale Ablagerungen; sie können je nach Analyseziel in weitere, separat zu erfassende Untergruppen (Sperrmüll, EAGs, usw.) unterteilt werden

---

## Hochrechnung der Fraktionsanteile von heterogenen Materialien

Da es in der Praxis nicht möglich ist, das gesamte Abfallaufkommen eines Untersuchungsgebietes (**Grundgesamtheit**) zu analysieren, müssen aus dieser Grundgesamtheit Stichproben gezogen werden. Diese **Einzelstichproben** müssen für das jeweilige Untersuchungsgebiet repräsentativ sein und die Charakteristiken der Grundgesamtheit bestmöglich beschreiben.

Dabei sind Abfallströme in ihrer Zusammensetzung und auch in den Partikelgrößen sehr heterogen. Um trotzdem statistisch vertretbare Ergebnisse zu erhalten, muss ein **angemessener Stichprobenumfang** (Masse und Anzahl) ermittelt werden. Nur damit können Analyseergebnisse mit einer entsprechenden statistischen Genauigkeit generiert werden. Einschränkungen ergeben sich daraus, dass die gewählte Vorgehensweise wirtschaftlich vertretbar und technisch realisierbar sein muss.

Dieses Kapitel erläutert erforderliche Definitionen und Grundlagen, eine Übersicht und Bewertung von bestehenden Schätzmethoden für Fraktionsanteile von heterogenen Materialien sowie den Rechenablauf auf Basis des Leitfadens.

### Schätzmethoden

Im Rahmen der Entwicklung dieses Leitfadens wurden bestehende und innovative Methoden zur Schätzung des Fraktionsanteils in der Grundgesamtheit evaluiert. Nach der Definition von Gütekriterien und der Methodenübersicht wird die Bewertung mittels Kreuzvalidierung überblicksweise beschrieben.

### Gütekriterien

Wesentliche allgemeine Gütekriterien für Schätzmethoden umfassen nach Zwisele (2004)

- Erwartungstreue, d.h. dass der Erwartungswert und der zu schätzende Wert (Fraktionsanteil) gleich sind,
- Effizienz, d.h. dass die Schätzmethode wirksamer (effizienter) als andere Schätzmethoden ist, da sie eine geringere Varianz des Schätzwerts aufweist,
- Konsistenz, d.h. dass der Schätzer bei unendlich großen Stichproben nicht mehr vom wahren Wert abweicht, und
- Suffizienz, d.h. dass die maximal mögliche Information der Stichprobe genutzt wird.

Zusätzliche Kriterien sind Mediantreue, Normalität und Linearität.

## Methoden

Methoden zur Schätzung von Fraktionsanteilen von Abfällen umfassen:

1. **SWA-Tool**<sup>13</sup> / **ÖNORM S 2097**<sup>14</sup>: Als derzeit verwendete Standardmethode wird der geschätzte Massenanteil einer Fraktion durch Mittelwertberechnung der relativen Fraktionsanteile der Einzelproben in Prozent ermittelt. Es wird dabei implizit davon ausgegangen, dass die Masse der Einzelproben gleich groß ist. Die Ermittlung der Konfidenzintervalle erfolgt entsprechend t-Verteilung (Studentverteilung).
2. **ÖNORM S 2097-4 (2011) mit Schichtung nach Probemasse**: Wie in Pkt. 1 wird der Schätzwert als Mittelwert der Fraktionsanteile der Einzelproben ermittelt, wobei die Proben nach Probemasse geschichtet werden. Diese Alternative ist laut ÖNORM dann zu wählen, wenn der Anteil der Fraktionsmasse der Einzelproben (als Division der Summen der Fraktionsmassen durch die Summen der Probemassen) nicht im Bereich des Konfidenzintervalls nach Pkt. 1 liegt.
3. **Binomialer Ansatz**: Homogene Abfallfraktionen werden hier modellhaft mit kleiner Masse, heterogene mit großer Masse angenommen. Das Heterogenitätsmaß ist in Kilogramm ausgewiesen. Der Ansatz stellt eine Verfeinerung bzw. Weiterentwicklung der ÖNORM-Methode lt. Pkt. 2 dar, da anstatt der Schichtung der Proben in wenige Klassen eine kontinuierliche Einstufung (als metrische Gewichtung) erfolgt. Die entwickelte Methode baut daher auf ein Heterogenitätsmaß auf, das unabhängig von der Masse der Einzelproben ist und wodurch weder Verzerrungen auf den Erwartungswert noch auf die Varianz der geschätzten Verteilung auftreten können.
4. **Bootstrapping**: Bei dieser Methode werden zufällig gezogene Einzelproben auf jeweils exakt 200 Kilogramm aggregiert, wobei der Vorgang jeweils 500 Mal pro Simulationslauf mit Ziehen und Zurücklegen der Einzelproben durchgeführt wird. Auf Basis der Einheiten á 200 kg wird die Standardabweichung ermittelt. Dieser Vorgang wird wiederum in 500 Simulationen wiederholt. Diese rechenintensive, parameterfreie Methode wird hier nur für Evaluierungszwecke und als Referenzmethode verwendet, um den bestmöglichen Fall für Schätzungen zu ermitteln.

Auf Basis von Validierungen bei Restmüllanalysen (Beigl, 2020) und Altpapiersortieranalysen (Beigl et al., 2018) wird der binomiale Ansatz nachfolgend angewendet.

---

<sup>13</sup> Verfügbar unter <https://www.wien.gv.at/meu/fdb/pdf/swa-tool-759-ma48.pdf>

<sup>14</sup> Erhältlich unter Austrian Standards (<https://www.austrian-standards.at>)

## Ermittlung der fraktionsspezifischen Heterogenität

### Quantifizierung der Heterogenität von Abfallfraktionen

Innerhalb der Sammelmenge von getrennt oder gemischt erfassten Abfällen aus Haushalten zeichnen sich üblicherweise Fraktionen mit niedriger oder höher Heterogenität bezüglich deren Zusammensetzung aus, wobei Fraktionen mit hoher Heterogenität durch einen oder mehrere der folgenden Faktoren gekennzeichnet sind, nämlich

- Großstückigkeit der Einzelteile bezüglich Schüttvolumen (z.B. Baum- und Strauchschnitt in biogenen Abfällen, sperrige Abfälle im Restmüll, große Wellpappeanteile in Altpapiersammlung),
- Hoher Massenanteil von Einzelteilen (z.B. Ziegel im Restmüll) oder zusammenhängendem Schüttmaterial (z.B. Katzenstreu oder Asche im Restmüll),
- unregelmäßiger Anfall im Zeitvergleich oder zwischen Abfallerzeugern des Untersuchungsgebiets und
- Einfluss von gewerblichen Abfallerzeugern mit von Haushalten abweichenden Mustern bei der Abfallerzeugung.

Bei der Erfassung von heterogenen Abfällen zeigt sich der Einfluss besonders bei kleinen Proben, wobei bei großen Proben eine Homogenisierung beobachtbar und quantifizierbar ist.

Das Ziehen von Proben mit exakt gleich großer Probemasse wäre eine Lösung für die Vermeidung von Verzerrungen. Bei Ziehung aus Haufen vom Ladegut von Sammelfahrzeugen ist die exakte Ziehung jedoch nicht möglich; als Erfahrungswert stellt ein Variationskoeffizient der Probemasse von ca. 15 bis 20 % die erreichbare Untergrenze dar. Bei der Ziehung aus Behältern ist die Variabilität eine Folge des unterschiedlichen Abfallaufkommens im Zeitverlauf oder zwischen Abfallerzeugern. Die Ziehung von unterschiedlich schweren Proben ist systemimmanent und kann durch Aggregation oder Verjüngung von Proben nur teilweise ausgeglichen werden.

Die Vermischung dieser zwei verzerrenden Effekte, nämlich der Heterogenität von Fraktionen und der Variabilität der Probemasse kann mit technischen Mitteln nur reduziert, nicht vermieden werden. Ein weiteres Mittel zur Reduktion der Verzerrung ist eine Gewichtung nach Probemasse. Hier ergibt sich jedoch eine geringere Effizienz im Vergleich zum binomialen Ansatz sowie methodische Probleme (z.B. die hohe Anzahl an erforderlichen Parametern für jede Schicht).

### Berechnung

Sind für die jeweilige Region Untersuchungsergebnisse innerhalb der letzten 10 Jahre verfügbar, können die Rohdaten der Analyse herangezogen werden. Auf dieser Datengrundlage wird die fraktionsspezifische Heterogenität  $u_f$  auf Basis der Probemasse der Stichproben  $m_i$  und des Fraktionsanteils der Stichproben  $a_{f,i}$  von insgesamt  $n$  Stichproben mittels

$$\hat{u}_f = \frac{\sum_{i=1}^n m_i * (a_{f,i} - \hat{a}_{f,i})^2}{n * a_f * (1 - a_f)}, \quad (\text{Formel 3})$$

berechnet, wobei der geschätzte Fraktionsanteil der Probemasse mit

$$\hat{a}_{f,i} = a_f \text{ mit } a_f = \frac{\sum_i^n m_{f,i}}{\sum_i^n m_i} \quad (\text{Formel 4})$$

angenommen wird.

Wird auf Basis bestehender Ergebnisse von Schichten mit signifikant unterschiedlichen Fraktionsanteilen ausgegangen, ist der schichtspezifische Fraktionsanteil mittels

$$\hat{a}_{f,i} = a_{f,s} \text{ mit } a_{f,s} = \frac{\sum_i^n m_{f,i}}{\sum_i^n m_{i,s}} \text{ für } i \in s \quad (\text{Formel 5})$$

zu ermitteln.

Das Konfidenzintervall der geschätzten Heterogenität  $\hat{u}_f$  jeder Fraktion  $f$  wird auf Basis der Chi-Quadrat-Verteilung mittels

$$\hat{u}_f \frac{\chi_{n-1, \frac{\alpha}{2}}^2}{n-1} < \hat{u}_f < \hat{u}_f \frac{\chi_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}}^2}{n-1} \quad (\text{Formel 6})$$

ermittelt<sup>15</sup>. Zeigt sich bei Analyseergebnissen im Vergleich von Untersuchungseinheiten, dass  $\hat{u}_f$  von relevanten Fraktionen so stark variieren, dass sich die Konfidenzintervalle nicht überlappen, ist eine Schichtung in nachfolgenden Untersuchungen vorteilhaft.

---

<sup>15</sup> Die Ermittlung der Schranken des Konfidenzintervalles für die fraktionsspezifische Heterogenität  $uf\_min$  bzw.  $uf\_max$  mittels Microsoft Excel © erfolgt auf Basis der entsprechenden Eingangsparameter  $uf$  ( $u_f$ ), Stichprobenanzahl  $n$  ( $n$ ) und  $\alpha$  ( $\alpha$ ) mittels

$uf\_min = =uf*CHIQU.INV(\alpha/2;n-1)/(n-1)$  bzw.

$uf\_max = =uf*CHIQU.INV(1-\alpha/2;n-1)/(n-1)$  .

## Ausgewählte Richtwerte für Heterogenitätsmaße

Mangels umfassender Voruntersuchungen kann nur auf die Richtwerte bzw. Schätzwerte in Tabelle 8 verwiesen werden.

## Annahme des erwarteten Fraktionsanteils

Für die Schätzung der erforderlichen Probemasse ist die ex-ante Abschätzung des erwarteten Fraktionsanteils erforderlich. Dazu sind Ergebnisse der aktuellsten Untersuchungen (bis vor ca. 5 Jahren) in der betroffenen Region oder in abfallwirtschaftlich und siedlungsstrukturell vergleichbaren Regionen heranzuziehen (vgl. Tabelle 8).

## Ermittlung der erforderlichen Gesamtbemasse

Auf Basis

- der fraktionsspezifischen Heterogenität  $u_f$  und
- den erwarteten Fraktionsanteil  $\hat{a}_f$  bezüglich der Leitfraktion  $f$ ,
- der Anzahl an zu vergleichenden Fraktionen  $f$ , die bezüglich der Verteilung von Teilgesamtheiten (z.B. Schichten) verglichen werden sollen, wobei üblicherweise von  $f = 2$  für den Zweifraktionsfall ausgehen ist, sowie
- der angestrebten Genauigkeit als absolutes Konfidenzintervall  $KI_{abs}$

wird die erforderliche Probemasse  $m_{erf}$  mittels

$$m_{erf} = \frac{u_f \cdot a_f \cdot (1-a_f) \cdot \chi^2_{f-1;1-\alpha}}{KI_{abs}^2} \quad (\text{Formel 7})$$

ermittelt<sup>16</sup>. Wird eine Schichtung durchgeführt, werden die Probemasse separat für jede Schicht (ggf. mit unterschiedlichem Genauigkeitsanspruch) ermittelt.

Die erforderliche Probemasse kann anhand von Tabelle 12 ermittelt werden. Falls  $u_f$  von 1 Kilogramm abweicht, wird die erforderliche Probemasse mittels

$$m_{erf} = m_{erf}(u_f = 1\text{kg}) * u_f \quad \text{für } u_f \neq 1\text{kg} \quad (\text{Formel 8})$$

mit  $u_f$  multipliziert. Bei erwartetem Massenanteil der Leitfraktion von mehr als 50 %, sind die Ergebnisse identisch mit jenen aus dem Massenanteil der Summe der übrigen Fraktionen.

Im Fall von mehreren Untersuchungsfragen ist die Probemasse für jede Untersuchungsfrage (ggf. mit unterschiedlicher Schichtung) zu ermitteln, wobei die jeweils höchste Probemasse zu wählen ist.

<sup>16</sup> Die Ermittlung der erforderlichen Probemasse  $m_{erf}$  mittels Microsoft Excel © erfolgt auf Basis der entsprechenden Eingangsparameter  $u_f$  ( $u_f$ ),  $a_f$  ( $a_f$ ),  $\alpha$  ( $\alpha$ ) und  $KI_{abs}$  ( $KI_{abs}$ ) mittels

$$m_{erf} = =u_f * a_f * (1-a_f) * (\text{NORM.S.INV}(1-\alpha/2) / KI_{abs})^2 .$$

Tabelle 12: Erforderliche Probemasse in Kilogramm nach angestrebter Genauigkeit  $KI_{abs}$  und Massenanteil  $\hat{a}_f$  der Leitfraktion in Kilogramm

Erforderliche Gesamtprobemasse $m_{erf}$ in kg bei $u_f = 1,0$ kg											
Je nach Fraktion und $u_f$ -Wert lt. Annex 3.2.3 ergibt sich die erforderliche Gesamtprobemasse durch Multiplikation mit $m_{erf} \cdot u_f$											
Erwarteter Massenanteil der Leitfraktion ( $a_f$ ) bzw. Summe der übrigen Fraktionen	Angestrebte Genauigkeit (absolutes Konfidenzintervall $KI_{abs}$ )										
	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3%	4%	5%	7,5%	10%	
0,5% 99,5%	764	191	85	48	31	21	12	8	3	2	
1,0% 99,0%	1 521	380	169	95	61	42	24	15	7	4	
1,5% 98,5%	2 270	568	252	142	91	63	35	23	10	6	
2,0% 98,0%	3 012	753	335	188	120	84	47	30	13	8	
2,5% 97,5%	3 745	936	416	234	150	104	59	37	17	9	
3,0% 97,0%	4 471	1 118	497	279	179	124	70	45	20	11	
4% 96%	5 900	1 475	656	369	236	164	92	59	26	15	
5% 95%	7 299	1 825	811	456	292	203	114	73	32	18	
6% 94%	8 666	2 167	963	542	347	241	135	87	39	22	
7% 93%	10 003	2 501	1 111	625	400	278	156	100	44	25	
8% 92%	11 309	2 827	1 257	707	452	314	177	113	50	28	
9% 91%	12 585	3 146	1 398	787	503	350	197	126	56	31	
10% 90%	13 829	3 457	1 537	864	553	384	216	138	61	35	
11% 89%	15 043	3 761	1 671	940	602	418	235	150	67	38	
12% 88%	16 226	4 057	1 803	1 014	649	451	254	162	72	41	
13% 87%	17 379	4 345	1 931	1 086	695	483	272	174	77	43	
14% 86%	18 500	4 625	2 056	1 156	740	514	289	185	82	46	
15% 85%	19 591	4 898	2 177	1 224	784	544	306	196	87	49	
16% 84%	20 652	5 163	2 295	1 291	826	574	323	207	92	52	
17% 83%	21 681	5 420	2 409	1 355	867	602	339	217	96	54	
18% 82%	22 680	5 670	2 520	1 417	907	630	354	227	101	57	
19% 81%	23 648	5 912	2 628	1 478	946	657	370	236	105	59	
20% 80%	24 585	6 146	2 732	1 537	983	683	384	246	109	61	
21% 79%	25 492	6 373	2 832	1 593	1 020	708	398	255	113	64	
22% 78%	26 368	6 592	2 930	1 648	1 055	732	412	264	117	66	
23% 77%	27 213	6 803	3 024	1 701	1 089	756	425	272	121	68	
24% 76%	28 027	7 007	3 114	1 752	1 121	779	438	280	125	70	
25% 75%	28 811	7 203	3 201	1 801	1 152	800	450	288	128	72	
26% 74%	29 564	7 391	3 285	1 848	1 183	821	462	296	131	74	
27% 73%	30 286	7 572	3 365	1 893	1 211	841	473	303	135	76	
28% 72%	30 978	7 744	3 442	1 936	1 239	860	484	310	138	77	
29% 71%	31 638	7 910	3 515	1 977	1 266	879	494	316	141	79	
30% 70%	32 268	8 067	3 585	2 017	1 291	896	504	323	143	81	
32% 68%	33 436	8 359	3 715	2 090	1 337	929	522	334	149	84	
34% 66%	34 481	8 620	3 831	2 155	1 379	958	539	345	153	86	
36% 64%	35 403	8 851	3 934	2 213	1 416	983	553	354	157	89	
38% 62%	36 202	9 050	4 022	2 263	1 448	1 006	566	362	161	91	
40% 60%	36 878	9 220	4 098	2 305	1 475	1 024	576	369	164	92	
42% 58%	37 431	9 358	4 159	2 339	1 497	1 040	585	374	166	94	
44% 56%	37 861	9 465	4 207	2 366	1 514	1 052	592	379	168	95	
46% 54%	38 169	9 542	4 241	2 386	1 527	1 060	596	382	170	95	
48% 52%	38 353	9 588	4 261	2 397	1 534	1 065	599	384	170	96	
50% 50%	38 415	9 604	4 268	2 401	1 537	1 067	600	384	171	96	

## Hochrechnung auf die Grundgesamtheit

Die Hochrechnung auf die Grundgesamtheit hat zu gewährleisten, dass die analysierten Proben aliquot zum Abfallaufkommen in der jeweiligen Teilgesamtheit (z.B. Schicht) gewichtet sind, um ein getreues Abbild der Zusammensetzung nach Fraktionsanteilen zu ermöglichen.

Dazu sind für jede Untersuchungseinheit  $e$  und dementsprechende Teilgesamtheit  $M_e$  Hochrechnungsfaktoren  $h_e$  zu ermitteln, wobei auf Basis von

- der Definition der Untersuchungseinheit  $e$  (z.B. alle ländlichen Gemeinden),
- der analysierten Probemasse  $m_e$  in der jeweiligen Untersuchungseinheit (z.B. 500 kg)
- der Masse der entsprechenden Teilgesamtheit  $M_e$  (z.B. 30.000 Tonnen) sowie
- der Masse der Grundgesamtheit  $M$  (z.B. 300.000 Tonnen biogene Abfälle in einem Bundesland)

der Hochrechnungsfaktor der Untersuchungseinheit mittels

$$h_e = \frac{M_e}{m_e} \quad (\text{Formel 9})$$

ermittelt wird (z.B. mit  $h_e = \frac{30.000 \text{ t}}{0,5 \text{ t}} = 60.000$  als dimensionslosen Faktor, wobei im erwähnten Rechenbeispiel 1 kg Probemasse 60 Tonnen in der Grundgesamtheit repräsentiert), und sich die hochgerechneten Fraktionsanteile der Grundgesamtheit  $a_{f,M}$  für eine Fraktion  $f$  mit

$$a_{f,M} = \frac{1}{M} \sum_e h_e * m_{f,e} \quad (\text{Formel 10})$$

ergibt, wobei  $m_{f,e}$  die Fraktionsmasse nach Untersuchungseinheit bezeichnet.

Für die Ermittlung der Konfidenzintervalle der geschätzten Fraktionsanteile einer beliebigen Fraktion  $f$  werden die Probemassen von allen Untersuchungseinheiten, die stärker repräsentiert sind als die am schwächsten repräsentierte, entsprechend heruntergewichtet. Damit sind alle Untersuchungseinheiten exakt mengenaliquot repräsentiert, wobei sich die Referenzprobemasse  $m_{ref}$  reduziert. Die Referenzprobemasse  $m_{ref}$  wird mit Hilfe des höchsten Hochrechnungsfaktors aller Untersuchungseinheiten  $h_{e,max}$  mittels

$$m_{ref} = \frac{M}{h_{e,max}} \quad (\text{Formel 11})$$

ermittelt. Die Konfidenzintervalle der mittleren Fraktionsanteile für eine beliebige Fraktion  $f$  ergeben sich mit den Formeln 12 und 13 im Anhang (S. 47), wobei die Referenzprobemasse  $m_{ref}$ , Fraktionsanteile der Grundgesamtheit  $a_{f,M}$  und das jeweilige Heterogenitätsmaß  $u_f$  zu verwenden ist.

## Ermittlung der Konfidenzintervalle für mittlere Fraktionsanteile

Bisher wurden die Konfidenzintervalle von geschätzten, mittleren Fraktionsanteilen in der Praxis mittels Student-Verteilung oder Normalverteilungsannahme berechnet. Dabei haben sich bei kleinen heterogenen Fraktionen teilweise Konfidenzintervalle ergeben, die in den negativen Bereich gereicht haben. Auf Basis der verwendeten Beta-Verteilung ergeben sich asymmetrische Konfidenzintervalle mit unteren Schranken im positiven Bereich.

Die Konfidenzintervalle für einen ermittelten Fraktionsanteil  $a_f$  mit ermittelter Heterogenität  $u_f$  für Fraktion  $f$  werden für die Grundgesamtheit und jede Teilgesamtheit mit Masse  $m$  anhand der inversen, kumulierten Verteilungsfunktion der Beta-Verteilung mit den Parametern

$$a = \frac{m \cdot a_f}{u_f} + 1 \quad (\text{Formel 12})$$

und

$$b = \frac{m \cdot (1 - a_f)}{u_f} \quad (\text{Formel 13})$$

ermittelt<sup>17</sup>. Die obere bzw. untere Schranke des Konfidenzintervalls  $a_{f,min}$  bzw.  $a_{f,max}$  für die Wahrscheinlichkeiten gemäß Vertrauensniveau für  $\frac{\alpha}{2}$  bzw.  $1 - \frac{\alpha}{2}$  rechnerisch mit Tabellenkalkulations- oder Statistiksoftware ermittelt werden<sup>18</sup>.

## Ermittlung der Fraktionsanteile von Teilgesamtheiten

Auf Basis der ermittelten Fraktionsanteile nach Untersuchungseinheiten (z.B. sozio-ökonomische Schichten, Kombinationen von sozio-ökonomischen Schichten und Sammelsystemen) können Fraktionsanteile für andere Teilgesamtheiten (z.B. Bezirke oder Bezirksgruppen) abgeschätzt werden.

Der geschätzte Fraktionsanteil  $\hat{a}_{f,t}$  einer Teilgesamtheit  $t$  (z.B. Bezirksgruppe) wird durch aufkommensaliquote Gewichtung der Fraktionsanteile der Untersuchungseinheiten  $\hat{a}_{f,e}$  ermittelt.

<sup>17</sup> Von der Approximation an die Normalverteilung ist dann auszugehen, wenn die Bedingung  $\frac{m \cdot a_f \cdot (1 - a_f)}{u_f} > 9$  entsprechend Grenzwertsatz von Moivre-Laplace erfüllt ist. Bei Leitfraktionen mit sehr großer Heterogenität ( $u_f \sim 3$ ) und kleinen Fraktionsanteilen ( $a_f \sim 2\%$ ) wäre erst ab Probemassen ab 1,4 Tonnen von der Normalverteilung auszugehen. Bei großen Fraktionen ( $a_f \sim 15\%$ ) mit üblicher Heterogenität ( $u_f \sim 1,5$ ) ist die Bedingung schon ab 100 kg erfüllt.

<sup>18</sup> Die Ermittlung der Schranken des Konfidenzintervalls des geschätzten Fraktionsanteils  $a_{f,min}$  bzw.  $a_{f,max}$  mittels Microsoft Excel © erfolgt auf Basis der entsprechenden Eingangsparametern  $u_f$  ( $u_f$ ),  $a_f$  ( $a_f$ ),  $\alpha$  ( $\alpha$ ) und  $m$  ( $m$ ) mittels

$a_{f,min} = \text{BETA.INV}(\alpha/2; (m/u_f \cdot a_f) + 1; (m/u_f) \cdot (1 - a_f))$  bzw.

$a_{f,max} = \text{BETA.INV}(1 - \alpha/2; (m/u_f \cdot a_f) + 1; (m/u_f) \cdot (1 - a_f))$  .

## Sozio-ökonomische Schichtung

### **Berücksichtigung sozioökonomischer Faktoren**

*Bestehen innerhalb des Untersuchungsgebiets deutliche Unterschiede bezüglich Siedlungs- und Bebauungsdichte, spezifischem Pendlersaldo und Haushaltsgrößen z.B. im Sinne unterschiedlicher Stadt-Land-Strukturen, ist eine sozioökonomische Unterteilung auf Gemeindeebene (ggf. Sammelbezirke innerhalb von Städten) in vier Klassen (städtisch, intermediär, ländlich, touristisch) durchzuführen.*

Die regionale Unterteilung im Sinne eines Stadt-Land-Index bringt Vorteile hinsichtlich der Genauigkeit und Übertragbarkeit der Ergebnisse bzw. Zusatzinformation bezüglich der abfallwirtschaftlichen Infrastruktur. Zur sozio-ökonomischen Schichtung auf Gemeindeebene soll ein bundeseinheitlicher Zuordnungsschlüssel unter Verwendung der von Statistik Austria bereitgestellten Indikatoren angewendet werden<sup>19</sup>:

- Siedlungsdichte (Siedlungsraum in Einwohner\*in pro Hektar),
- Anteil der Wohnbevölkerung in Mehrfamilienhäusern
- relativer Pendlersaldo (Einpendler abzüglich Auspendler pro Einwohner\*in lt. Erwerbsstatistik und
- durchschnittliche Haushaltsgröße lt. Erwerbsstatistik.

Die Vorteile des nachfolgend erläuterten Zuordnungsschlüssels<sup>20</sup> umfassen die

- starke Korrelation mit abfallwirtschaftlich relevanten Einflussfaktoren (z.B. relative Anzahl an Beschäftigten bzw. Arbeitsstätten (indirekt relevant für allfällige Geschäftsstraßensammlung),
- deutliche Staffelung der Pro-Kopf-Sammelmenge von Organik und Lebensmitteln im Restmüll mit erhöhtem Aufkommen in städtischen Gemeinden (z.B. in der bundesweiten Restmüllanalyse, Beigl 2020),
- deutliche Staffelung des Organik- und Lebensmittelanteils im Restmüll mit höchsten Massenanteilen in städtisch geprägten Regionen (z.B. in der Auswertung der Restmüllzusammensetzung in Österreich 2018/2019, Beigl 2020),
- Nachvollziehbarkeit der Berechnung mittels Koeffizienten (z.B. Vergleich zu Clusteransätzen),
- gute Datenverfügbarkeit über gemeindebezogene Erhebungen der Statistik Austria
- regionale Trennschärfe auf Gemeindeebene (v.a. gegenüber der Aggregation auf Bezirksebene, die in den meisten Fällen mit der Vermischung von unterschiedlichen Strukturen, z.B. der Bezirkshauptstadt und ländlich geprägten Gemeinden, einhergeht),
- regionale Vergleichbarkeit zwischen Bundesländern

<sup>19</sup> Wird keine räumliche Schichtung durchgeführt, besteht das Risiko, dass Gemeinden mit ländlicher Struktur überrepräsentiert werden. Auch die Verwendung von unterschiedlichen und nicht nachvollziehbaren Schichtungsansätzen erschwert die Aktualisierbarkeit und Vergleichbarkeit, v.a. wenn die Schichtungsansätze auf unterschiedlichen Ebenen (z.B. Gemeinden, Bezirke) aufbauen.

<sup>20</sup> Der Zuordnungsschlüssel ist diesem Dokument in Form einer MS Excel-Datei beigelegt.

- Möglichkeit einer nachvollziehbaren Einteilung in drei, fünf oder eine andere Anzahl an Klassen und hohe Aussagekraft bezüglich spezifischer Sammelmenge.

Ein weiteres sozio-ökonomisches Kriterium für die Klassifizierung kann der Fremdenverkehr einer Region darstellen, welcher als Verhältnis aus der Anzahl an Übernachtungen zur Wohnbevölkerung einer Region definiert ist. Bei Einteilung in zwei Klassen (touristisch/ nicht touristisch) kann die Anzahl von 50 Nächtigungen pro Einwohner\*in herangezogen werden.

Der **bundeseinheitliche Zuordnungsschlüssel** für die sozioökonomische Schichtung von Gemeinden baut auf den vier erwähnten, signifikanten Einflussfaktoren auf das kommunale Abfallaufkommen auf, die im Rahmen der Auswertung und Modellierung von kommunalen Sammelmengen von 542 Gemeinden über 17 Jahre identifiziert wurden<sup>21</sup>. Die Kriterien für die Auswahl dieser Einflussfaktoren sind

- ausreichende Signifikanz ( $R > 0,5$ ),
- gute Datenverfügbarkeit,
- möglichst geringe Korrelation zwischen den Indikatoren und
- inhaltliche bzw. sachlogische Aussagekraft für bekannte Einflüsse auf das Restmüll-Aufkommen, wie z.B.
  - das Konsumverhalten von Privathaushalten (Haushaltsgröße),
  - in der kommunalen Sammlung miterfasstes Gewerbe (Pendlersaldo),
  - Einfluss der verwendeten Behältergrößen (Anteil an Mehrfamilienhäusern) und
  - ländlicher Charakter bzw. Neigung zur Eigenkompostierung (Siedlungsdichte).

Auf Basis der Daten für alle österreichischen Gemeinden (mit der Ausnahme von Wien) im jeweils aktuell verfügbaren Jahr wurde ein Faktor mittels Hauptkomponentenanalyse ermittelt, der vereinfachend einen dimensionslosen Stadt-Land-Index darstellt. Der sozioökonomische Schichtungsfaktor **SSF**<sup>22</sup> errechnet sich mit

$$SSF = 1,255 - 0,044 * SD - 1,132 * MFH - 0,691 * SPS + 0,614 * HHG$$

SD .....Siedlungsdichte (Siedlungsraum in Einwohner pro Hektar)

MFH.....Anteil der Wohnbevölkerung in Mehrfamilienhäusern

SPS .....spezifischem Pendlersaldo (Einpendler abzüglich Auspendler pro Einwohner)

HHG .....Haushaltsgröße

Der ermittelte Schichtungsfaktor **SSF** kann in drei Schichten

- Vorwiegend städtisch (mit  $SSF < 1,5$ ),
- Intermediär (mit  $1,5 \leq SSF < 2,5$ ) und
- Vorwiegend ländlich (mit  $SSF \geq 2,5$ )

oder in die fünf Schichten

- Städtisch (mit  $SSF < 1$ ),
- Vorwiegend städtisch (mit  $1 \leq SSF < 1,9$ ) und

<sup>21</sup> Beigl und Lebersorger, 2010; verfügbar unter

[http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/11328747\\_4335176/da0191e7/Endbericht\\_Abfallmengenprognose\\_Stmk\\_2020.pdf](http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/11328747_4335176/da0191e7/Endbericht_Abfallmengenprognose_Stmk_2020.pdf)

<sup>22</sup> Der Faktor entspricht dem Schichtungsfaktor, der im Rahmen des bundesweiten Leitfadens für Restmüllsortieranalysen (BMNT, 2017) verwendet wurde.

- Intermediär (mit  $1,9 \leq SSF < 2,3$ ) und
- Vorwiegend ländlich (mit  $2,3 \leq SSF < 2,6$ ) und
- Ländlich (mit  $SSF \geq 2,6$ )

klassifiziert werden. Eine Zuordnungsliste für alle österreichischen Gemeinden ist als Beilage zu diesem Dokument verfügbar. Die Zuordnungsliste wird regelmäßig aktualisiert (aktuelle Datengrundlage 2020). Hierzu liegen Daten der abgestimmten Erwerbsstatistik auf Gemeindeebene vor.

Die Ermittlung der Schichtungsfaktoren erfolgte auf Basis einer Hauptkomponentenanalyse, bei der die erwähnten vier Indikatoren zu einem Faktor konsolidiert wurden<sup>23</sup>. Die Gemeinden wurden anhand dieser Schichtungsfaktoren so gruppiert, dass auf jede Schicht österreichweit (exklusive Wien) jeweils ungefähr der gleiche Bevölkerungsanteil entfällt.

## Metaanalyse bestehender Analysen

Um die Datenlage zu Litteringabfällen in Österreich abzubilden und daraus eine Bedarfsanalyse für zukünftige Erhebungen abzuleiten, wurde zunächst eine Literaturstudie durchgeführt. Der Fokus lag dabei auf Studien, die (bevorzugt)

- in den letzten 5 Jahren,
- mittels empirischer Erhebungsmethoden,
- in Österreich / mit österreichischen Daten

durchgeführt wurden. Die Kernergebnisse aus neun relevanten Quellen sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Um bestehende Literatur und Studien zu Litteringaufkommen und/oder -zusammensetzung systematisch aufzubereiten und vor allem deren Eignung für eine bundesweite Hochrechnung des österreichischen Litteringaufkommens zu evaluieren, wurde zunächst ein Set an Beurteilungskriterien gewählt (siehe Tabelle 14). Eingangs wurde geprüft, ob die Systemgrenzen bzw. das Untersuchungsgebiet in den betrachteten Studien definiert wurde (wie viele beprobte Gemeinden, Herkunft des beprobten Materials). In allen Studien war der Untersuchungsrahmen klar dargestellt und abgegrenzt. Weiters wurde untersucht, ob der angewendete Sortierkatalog (alle) SUP-relevanten Fraktionen umfasst bzw. ob diese zumindest (teilweise) umgelegt werden können. Aufgrund der Aktualität relevanter EU-Rechtsgrundlagen zu Litteringabfällen, waren aktuell gültige Definitionen zum Zeitpunkt der Analysen noch nicht bekannt und die verwendeten Sortierkataloge umfassen daher je nach Untersuchungszielen der einzelnen Studien unterschiedliche Fraktionen. In allen Studien können die Fraktionen zumindest teilweise auf Fraktionen der SUP-Richtlinie umgelegt werden, eine vollständige Hochrechnung der SUP-kostenrelevanten Massenanteile ist allerdings nicht möglich. Ein weiterer relevanter Punkt für die Eignung der Studienergebnisse für eine bundesweite Hochrechnung umfasst die Angabe von Anzahl bzw. Größe öffentlicher Sammelbehälter in den Untersuchungsgebieten, wobei diese Daten in der Praxis laut Studienautor\*innen häufig nicht

---

<sup>23</sup> Der ermittelte Faktor entspricht der ersten Hauptkomponente, die 55 % der Gesamtvarianz der vier Indikatoren erklärt.

vorhanden sind. Zwei der Studien (Hietler et al., 2021b, ABF-BOKU, 2020) gaben Informationen zu Anzahl bzw. Größe der Sammelbehälter im Untersuchungsgebiet an. Diese Information gibt Aufschluss darüber, ob vor Ort Entsorgungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen oder ob Litteringabfälle mangels Vorhandensein dieser angefallen sein könnten. Weiters ist für die Hochrechnung der Ergebnisse das Reinigungsintervall des jeweiligen Untersuchungsgebiets relevant. Drei der neun Studien (Hietler et al., 2021b; Hietler, P. & Pladerer, C., 2018; ÖÖI, 2012) gaben Informationen zum Reinigungsintervall an. Alle Studien gaben den jeweiligen Untersuchungszeitpunkt/-raum an, in drei der neun Studien wurde außerdem mehr als ein Analysedurchgang durchgeführt (Steger, L. & Graml, B., 2019; ABF-BOKU, 2021; Hietler et al., 2021b), was Aufschluss über etwaige saisonale Schwankungen geben kann bzw. bessere Abschätzungen über den Jahresgang von Litteringabfällen zulässt. Im nächsten Schritt wurde geprüft, ob spezifische Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung der Litteringabfälle bei der Planung der Analysen berücksichtigt bzw. ausgewertet wurden. Hietler & Steger (2019) untersuchten die Zusammensetzung nach Stadt, Land und Gewässer, Hietler et al. (2021b) nach Stadt-Land-Strukturen. Ein Faktor, der großen Einfluss auf das ermittelte Aufkommen haben kann, ist der Anteil an potentiell miterfassten illegal abgelagerten, sperrigen Abfällen. In allen Studien wurde dies berücksichtigt bzw. wurden die Mengen exkludiert. Eine bundesweite Hochrechnung der Litteringabfälle aus den vorhandenen Studienergebnissen ist aufgrund der unterschiedlichen Studiendesigns und Untersuchungsrahmen nicht direkt möglich. Dennoch liefern die Studien eine gute Grundlage, welche Faktoren bisher bereits berücksichtigt wurden bzw. was zukünftig noch erhoben und vereinheitlicht werden sollte. Die Ergebnisse aus den Studien sowie aus Gesprächen mit einzelnen Studienautor\*innen sind in die Entwicklung des Leitfadens eingeflossen.

#### Ausgewählte Studien:

- Hietler, P. (2021), pulswerk GmbH - Flurreinigungsaktion im Bezirk Ried im Innkreis, 2021
- Hietler, P. (2021b) – pulswerk GmbH - Hotspotanalysen im Bezirk Ried im Innkreis, 2021
- Hietler, P. (2021c) – pulswerk GmbH - Analyse der Flurreinigungsaktion in Oberösterreich, 2021
- Hietler, P., Bernhofer, G. & Pladerer, C. (2017) – pulswerk GmbH - Littering in Salzburg – eine Situationsanalyse 2017, 2017
- Hietler, P. & Pladerer, C. (2018) – pulswerk GmbH - Littering in Salzburg – Hotspotanalyse 2017, 2018
- FHA – Gesellschaft für chemisch-technische Analytik GmbH (2019) - Endbericht zur Bestimmung der Materialzusammensetzung von Sammelmateriale von Flurreinigungsaktionen mit Unterstützung von Coca Cola, 2019
- Österreichisches Ökologie-Institut (2012) - Erhebung IST-Situation Littering entlang ausgewählter Untersuchungsgebiete im Bezirk Rohrbach mittels Abfallmengenerhebung und Abfallsortieranalyse, 2012
- Institut für Abfallwirtschaft (ABF-BOKU) (2021) – PlasticFreeDanube, Projektbericht
- Hietler, P & Steger, L. (2019) - Global 2000 - Müll in Österreichs Natur – Stadt, Land, Fluss (Global 2000 Report)

Tabelle 13: Zusammenfassung ausgewählter Studien

Studie	Analysegebiet	Analysezeitpunkt/-raum	Wahl der Erhebungsmethode	Untersuchte Mengen / Flächen
Flurreinigung Bezirk Ried im Innkreis, Hietler, P. (2021), pulswerk GmbH	Ausgewählte Gemeinden aus dem Bezirk Ried im Innkreis (im Zuge der Flurreinigungsaktion in OÖ);	gemeinsam mit den Abfallberaterinnen des BAV Ried im Innkreis und Mitarbeiter*innen der pulswerk GmbH wurde an zwei Tagen analysiert;	Die Abfälle der Flurreinigungsaktion wurden nach Masse, Volumen und Stückzahl analysiert;	Probe von 424 kg in 83 Säcken mit einem Volumen von rd. 4.400 Litern (Füllgrad liegt bei berechneten 90 %);
Analyse Flurreinigungsaktion OÖ, Hietler, P. (2021c) – pulswerk GmbH	Im Zuge der Flurreinigungsaktionen in Oberösterreich im Jahr 2021 wurden vier ländliche und urbane Gemeinden aus zwei Bezirken in Oberösterreich analysiert.	Die gesammelten Säcke aus den Flurreinigungsaktionen wurden für die Sortierung aufbewahrt und innerhalb von 9 Tagen analysiert;	Es wurden 24 Fraktionen nach Masse, Volumen und teilweise nach Stück analysiert. Das Volumen wurden mit Abfallbehälter, Kübel oder Maurertrögen abgeschätzt.	Die Probemasse entspricht 1.768,7 kg bzw. 814 Säcken mit einem Volumen von 19.091 Liter (424,0 kg aus ländlichen Flurreinigungsaktionen und 1.344,7 kg aus urbanen Strukturen)
Hotspotanalyse Bezirk Ried im Innkreis, Hietler, P. (2021b) – pulswerk GmbH	Hotspot Parkplatz des Messegeländes, Ried im Innkreis; In Oberberg am Inn wurden 9 km der Altheimer Straße (B 148) zwischen der Autobahnausfahrt Ort im Innkreis und der Ortseinfahrt Obernberg gesammelt.	Das Material für die Analyse wurde im Vorfeld für vier Wochen gesammelt; Die Abfallsortieranalyse fand am 09. November 2020 in Ried im Innkreis am Wirtschaftshof und am 10. November 2020 bei der Straßenmeisterei in Oberberg am Inn statt.	Für die Zusammensetzung der gesammelten Abfälle wurden alle gesammelten Proben analysiert und für die Hochrechnung der gelitterten Jahresmenge nur die Mengen herangezogen, die in vier Wochen gesammelt wurde; Erhebung von Masse, Stück und Volumen;	Am Hotspot Parkplatz wurden 23 Säcke mit einem Gesamtgewicht von rd. 74,1 kg gesammelt und analysiert; weiters wurden 3.433 Stück an Littering-Abfällen gezählt und ein Volumen von rd. 856 Liter abgeschätzt; am Hotspot entlang der Altheimer Straße B 148 wurden 24 Säcke und auch größere Teile (bspw. Autoteile) die Analyse gesammelt; in Summe wurden rd. 110 kg an Abfällen gesammelt, davon entfielen rd. 55 % auf typische Littering-Abfälle;

Studie	Analysegebiet	Analysezeitpunkt/-raum	Wahl der Erhebungsmethode	Untersuchte Mengen / Flächen
Anti-Littering Rohrbach, Österreichisches Ökologie-Institut (2012)	Im Bezirk Rohrbach wurden für die Bestandsaufnahme Littering zwei Streckenabschnitte festgelegt, einer im Stadtgebiet und einer an der Bundesstraße 127 (B127);	Die gesamte Abfallmenge im Untersuchungsgebiet, die über 4 Wochen anfiel, wurde für die Abfallsortieranalyse erfasst; der Untersuchungszeitraum umfasste 28 Tage (10.09.2012 bis 08.10.2012) für beide Streckenabschnitte.	Der angelieferte Litteringabfall wurde nach den festgelegten Sortierfraktionen händisch sortiert (gesamt rund 1100l), die einzelnen Sortierfraktionen wurden verwogen, das Volumen abgeschätzt und die Daten für die Auswertung erfasst; bei bestimmten Fraktionen (z.B. GVP, Zigarettenschachteln) wurden zusätzlich die Stückzahlen bestimmt; bei den Zigarettensammel wurde ein Liter Zigarettensammel ausgezählt und anschließend hochgerechnet;	Die untersuchte Probe vom „Streckenabschnitt Busbahnhof Rohrbach“ umfasste 10,8 kg und ein abgeschätztes Volumen von 240l; Die untersuchte Probe vom „Streckenabschnitt B127“ umfasste 50 kg und ein abgeschätztes Volumen von 800l;
Littering in Salzburg, Hietler, P., Bernhofer, G. & Pladerer, C. (2017) – pulswerk GmbH	In Summe wurden 400 Säcke aus sieben Gemeinden in Salzburg für die Analyse zur SAB transportiert;	Die Flurreinigungsaktion fand im Zeitraum von 1. März bis 30. Juni 2017 statt; die Sortierung fand von 10. und 14.4.2017 bei der Salzburger SAB statt;	Die einzelnen Sortierfraktionen wurden verwogen, das Volumen abgeschätzt und die Daten für die Auswertung erfasst; für bestimmte Fraktionen (z.B. GVP, Zigarettensammel) wurden zusätzlich die Stückzahlen bestimmt;	Es wurden rd. 11.800 Liter bzw. rd. 1.120 kg an Abfällen in die einzelnen Sortierfraktionen händisch sortiert und verwogen, dabei wurden 400 Säcke sortiert und zu 270 Datensätze zusammengefasst;
Müll in unserer Natur (Global), Hietler, P & Steger, L. (2019) - Global 2000	österreichweit (über App-Nutzung)	Beobachtungszeitraum (Mai 2017 – September 2020)	Über die App können Abfälle, die im öffentlichen Raum liegen, fotografiert und Kategorien (z.B. Plastik, Metall, Papier,...) zugeordnet werden; Anzahl, Marke des gesichteten Litterings sowie Sichtungsorte (jeder Eintrag ist mit Koordinaten hinterlegt) können erfasst werden;	105.800 Abfälle wurden dokumentiert;
Littering in Salzburg – Hotspot-analyse,	Hotspotanalyse an der Salzachkai-Böschung auf beiden Salzachseiten vom Pioniersteg bis zur Staatsbrücke und im Lehener Park;	Analyse wurde von Mitarbeiter*innen der pulswerk GmbH am 26.09.2017 nach einer	Abfälle wurden per Sichtung an den jeweiligen Standorten gezählt und im Sichtungskatalog aufgezeichnet; die gesichteten Abfälle wurden auf ein Jahr hochgerechnet (Bezugsgröße	Salzachkai: beide Salzachseiten der Böschung des Kais wurden vom Pioniersteg bis zur Staatsbrücke auf einer Breite von ca. 3 Meter abgegangen

Studie	Analysegebiet	Analysezeitpunkt/-raum	Wahl der Erhebungsmethode	Untersuchte Mengen / Flächen
Hietler, P. & Pladerer, C. (2018) – pulswerk	aufgrund der Gegebenheiten vor Ort wurde eine Abfallsichtung und -zählung durchgeführt;	Woche Schönwetter durchgeführt;	durchschnittlichen Schönwettertage bzw. nicht Regentage von Salzburg);	(entspricht einer Fläche von rund 11.000 m <sup>2</sup> ); Lehener Park: wurde systematisch und zur Gänze abgegangen; in Summe wurden auf der gesamten Fläche von etwa 30.000 m <sup>2</sup> 57 Stück Abfälle (exklusive Zigarettenstummel) gesichtet;
Coca-Cola Studie, FHA – Gesellschaft für chemisch-technische Analytik GmbH (2019)	Ziel der Analysen war die Bestimmung der Materialzusammensetzung von Sammelmaterial aus Flurreinigungsaktionen an verschiedenen Analysestandorten ausgewählten Gemeinden (→ 5 in der Steiermark, 5 in Tirol, 4 in Niederösterreich, 3 in Oberösterreich, 1 Region Burgenland	Die Analysen wurden an den verschiedenen Analysestandorten im Zeitraum 08.05.2019 bis 07.06.2019 durchgeführt;	Das für die Untersuchungen zur Verfügung gestellte Sammelmaterial wurde von den Mitarbeitern der FHA GmbH an den Analysestandorten manuell sortiert, nach einzelnen Fraktionen verwogen und dokumentiert;	1.000kg (961,4kg) Sammelmaterial aus diversen Flurreinigungsaktionen verschiedener Gemeinden wurde nach einer vorab abgestimmten Fraktionsliste bestimmt;

## Methodische Grundlagen vorangegangener Studien

Tabelle 14: Beurteilungskriterien zu methodischen Grundlagen vorangegangener Studien

	Hietler, P. (2021a) <sup>1</sup>	Hietler, P. (2021b) <sup>2</sup>	Hietler, P. (2021c) <sup>3</sup>	Hietler, P., Bernhofer, G. & Pladerer, C. (2017) <sup>4</sup>	Hietler, P. & Pladerer, C. (2018) <sup>5</sup>	FHA (2019) <sup>6</sup>	ÖÖI (2012) <sup>7</sup>	ABF-BOKU (2021) <sup>8</sup>	Steger, L. & Hietler, P. (2019) <sup>9</sup>
Systemgrenzen / Untersuchungsgebiet definiert (beprobte Gemeinden, Herkunft des beprobten Materials bekannt)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Sortierkatalog umfasst SUP-relevante Fraktionen bzw. diese können abgeleitet werden	tlw.	tlw.	tlw.	tlw.	tlw.	tlw.	tlw.	tlw.	tlw.
Anzahl/Große öffentlicher Sammelbehälter im Untersuchungsgebiet angegeben	nein	ja (Abschätzung basierend auf Beobachtungen)	nein	nein	nein	nein	nein	ja (Gis-Karte)	nein
Reinigungsintervall des Untersuchungsgebiets angegeben	nein	ja (Abschätzung basierend auf Beobachtungen)	nein	nein	ja	nein	ja	größtenteils (Donauinsel, NPDA)	nein

<sup>1</sup> Hietler, P. (2021), pulswerk GmbH - Flurreinigungsaktion im Bezirk Ried im Innkreis, 2021

<sup>2</sup> Hietler, P. (2021b) – pulswerk GmbH - Hotspotanalysen im Bezirk Ried im Innkreis, 2021

<sup>3</sup> Hietler, P. (2021c) – pulswerk GmbH - Analyse der Flurreinigungsaktion in Oberösterreich, 2021

<sup>4</sup> Hietler, P., Bernhofer, G. & Pladerer, C. (2017) – pulswerk GmbH - Littering in Saiburg – eine Situationsanalyse 2017, 2017

<sup>5</sup> Hietler, P. & Pladerer, C. (2018) – pulswerk GmbH - Littering in Saiburg – Hotspotanalyse 2017, 2018

<sup>6</sup> FHA – Gesellschaft für chemisch-technische Analytik GmbH (2019) - Endbericht zur Bestimmung der Materialzusammensetzung von Sammelmaterial von Flurreinigungsaktionen mit Unterstützung von Coca Cola, 2019

<sup>7</sup> Österreichisches Ökologie-Institut (2012) - Erhebung IST-Situation Littering entlang ausgewählter Untersuchungsgebiete im Bezirk Rohrbach mittels Abfallmengenhebung und Abfallsortieranalyse, 2012

<sup>8</sup> Institut für Abfallwirtschaft (ABF-BOKU) (2021) – PlasticFreeDanube, Projektbericht

<sup>9</sup> Hietler, P. & Steger, L. (2019) - Global 2000 - Müll in Österreichs Natur – Stadt, Land, Fluss (Global 2000 Report)

	Hietler, P. (2021a) <sup>1</sup>	Hietler, P. (2021b) <sup>2</sup>	Hietler, P. (2021c) <sup>3</sup>	Hietler, P., Bernhofer, G. & Pladerer, C. (2017) <sup>4</sup>	Hietler, P. & Pladerer, C. (2018) <sup>5</sup>	FHA (2019) <sup>6</sup>	ÖÖI (2012) <sup>7</sup>	ABF-BOKU (2021) <sup>8</sup>	Steger, L. & Hietler, P. (2019) <sup>9</sup>
Zeitpunkt/-raum der Analysen bekannt	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
wurde mehr als ein Analysedurchgang durchgeführt	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja
spezifische Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung der Litteringabfälle wurden bei der Planung der Analysen berücksichtigt	nein	nein	ja (Stadt-Land Strukturen)	nein	nein	nein	nein	nein	ja (Stadt, Land, Gewässer)
Einflussfaktoren, die berücksichtigt wurden, wurden ausgewertet	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
illegal abgelagerte Abfälle waren vom Untersuchungsgegenstand exkludiert / können differenziert werden	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

## Sortierfraktionen vorangegangener Studien

Tabelle 15 zeigt Sortierfraktionen aus vorangegangenen Studien, die nach Hauptgruppen subsummiert wurden. Die Fraktionen Kunststoff, Verpackungen, Glas, sonstige Kunst-/Verbundstoffe, Papier, Metall, Zigaretten und Biogenes wurden in unterschiedlichen Ausformungen in allen Analysen verwendet. Eine Umlegung auf SUP-relevante Fraktionen ist nur bedingt möglich (siehe auch Tabelle 14).

Tabelle 15: Sortierfraktionen aus vorangegangenen Studien, subsummiert nach Hauptgruppen

Fraktionsgruppe	Beispiele
Kunststoff	Plastik, GVP PET, Kunststoffverpackungen, GVP HDPE, sonstige KST GVP, Kunststoff Nicht-VP
Verpackungen	Verpackungen, Take-Away-Verpackungen, Einweg-Geschirr, Fast Food VP (McDonalds), Fast Food VP (sonstige Fast Food Ketten)
Glas	GVP Glas, Glas-Einweg, Glas Mehrweg, Glas & Keramik, Glas sonstige VP, sonstige Glasverpackungen
sonstige Kunst-/Verbundstoffe	GVP GVK, GVP Sonstige Kunst- und Verbundstoffe, sonstige LVP, sonstige Kunststoffverpackungen, sonstige Kunststoff- und MaterialverbundVP, sonstige Materialverbunde VP
Papier	Papier/Karton VP, Papier, Papier/Karton Nicht-VP, Gratiszeitungen, Altpapier (Zeitungen, Flyer)
Metall	Metall, Metall VP, Metall Getränke VP, Alu- und Weissblech – Getränkedosen, GVP Dosen (Alu, Eisen), Metall sonstige VP, MET VP für LM, Tierfutter, entleerte Spraydosen, etc., Metall Nicht-VP
Zigaretten	Zigarettschachteln, Zigarettenabfälle, Zigaretten, Zigarettenstummel
Biogenes	Biogenes sonstiges, Biogene Abfälle, Garten- und Küchenabfälle, Speisereste, weggew. LM, etc., Lebensmittelreste, Pflanzliche Bestandteile (kein Littering)
Gesichtsmaske	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe bzw. nur in einer Studie verwendet
Textilien	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet
Sonstiges (Restabfall), Restmüll, Sonstiges, z.B. Textilien, Hygieneartikel, Windeln, NVP aus Verbundstoffen	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet
Nicht-Littering-Abfälle (bspw. Autoteile)	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet

Problemstoffe / gef. Abfälle, Problemstoffe, z.B. Batterien und Akkus, Farben und Lacke, Spritzen mit Nadel, etc.	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet
VP mit Restinhalten $\geq 10\%$ NFM (NFM = Nennfüllmenge)	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet
Inertes (Steine, Ziegel, Glas NVP, Keramik, etc.)	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet
Elektroaltgeräte	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet
Sortierrest	keine weitere Unterteilung der Fraktionsgruppe oder Fraktion nur in einer Studie verwendet

## Abfalltechnische Charakterisierung von Zigarettenstummeln

Die abfalltechnische Charakterisierung verfolgt das Ziel, die Sortieranalysen unter Verwendung von Näherungswerten (z.B. Anzahl der Zigarettenstummel pro Liter Sammelvolumen, Schüttdichte von Kunststoffverpackungen) zu vereinfachen. Je nach Abfallart sind unterschiedliche Aspekte relevant. Beispielsweise bei Tabakprodukten erscheint die Ermittlung des Anteils von Zigarettenstummeln mit und ohne Kunststoff im Abfallstrom als vorteilhaft, da diese aufgrund von ggf. unterschiedlichem Entsorgungsverhalten von der Verteilung in den in Verkehr gebrachten Mengen abweichen. Weiters sollen Vorgaben für Sortieranalysen im Zusammenspiel mit Zusatzanalysen, die je nach Zielsetzung, einen kleineren Anteil der Einzelstichproben umfassen, gegeben werden. Erwartete Ergebnisse umfassen Näherungswerte für die Größenverteilung von relevanten Abfallgruppen (z.B. Lebensmittelverpackungen, Zigarettenstummel) sowie die Vorgehensweise für die Sortieranalysen und ggf. erforderlichen Zusatzanalysen.

### Hintergrund

Die abfalltechnische Charakterisierung verfolgt das Ziel, die Sortieranalysen unter Verwendung von Näherungswerten zu vereinfachen. Als ein Aspekt sind Zigarettenstummeln mit und ohne Kunststoff zu unterscheiden. Es soll ein einfaches Verfahren entwickelt werden, um gelitterte, als bioabbaubar gekennzeichnete von nicht bioabbaubaren Zigarettenfiltern zu unterscheiden. Die beiden Zigarettenfiltertypen sollen dabei aus einer Mischfraktion von eingesammelten Stücken unterschieden werden.

Zigarettenfilter werden nach Stand der Technik aus Zelluloseacetat (Zersetzung  $T=250^{\circ}\text{C}$ , zellulose di-actetat; technisch  $330^{\circ}\text{C}$  onset TGA) hergestellt, das als nicht biobasiertes Polymer klassifiziert wird. Zelluloseacetat brennt sehr leicht und muss daher für viele Anwendungen mit Flammhemmern ausgestattet werden, wodurch sich die Verbrennung verzögern lassen kann (Gaan et al. 2011).

Es werden einige Materialien für abbaubare Zigarettenfilter verwendet. Unter anderem stellt Bio-on Filter auf Basis von PHAs (Polyhydroxyalkanoates), vor allem aus PHBs oder Polyhydroxybutyrate

her<sup>24</sup>. Die Zersetzungstemperatur hängt von der Substituierung ab und liegt im Bereich von 260-300°C. Ob Flammhemmer eingesetzt werden, ist bislang unbekannt<sup>25</sup>.

## Ergebnisse nach Methoden

### Thermische Methoden

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, Zigarettenfilter durch Verbrennung zu differenzieren. Dabei kann eine Stichprobe von mehreren Filtern in einen weiten Tiegel aufgelegt und auf 300°C langsam und lange im Muffelofen aufgeheizt werden. Aus den Trockenmassen der Probe vor und nach der Verbrennung (abzüglich der Asche) kann dadurch die Masse an Zigarettenfiltern, die abbaubar ist, abgeleitet werden. Zusätzlich können nicht verbrannte Stück abgezählt werden und gegenüber der Gesamtstückzahl in Relation gesetzt werden. Über ein mittleres Gewicht der Filter könnte unter Berücksichtigung der Verbrennungscharakteristik und Masse der Asche auf die Zusammensetzung der Reinproben geschlossen werden.

Art und Menge möglicher Flammhemmer können allerdings die Zersetzungstemperatur der Materialien verschieben, bzw. angleichen, wodurch eine thermische Methode ungeeignet wäre. Da Art und Menge zwischen den Herstellern variieren können, müssten hier viele Proben untersucht werden, um ein statistisch abgesichertes Ergebnis zu erhalten. Eine Identifizierung zwischen Marken (z.B. Camel) und Produkten (z.B.: blue, red, etc.) wäre über die Logos auf Filterzigaretten möglich, scheint aber zu aufwändig für eine in der Praxis praktikable Methode.

### Versuchsaufbau

Zunächst wurde jeweils ein Filter einer als bioabbaubar gekennzeichneten und benutzten, sowie ein nicht abbaubarer, benutzter Filter mittels thermogravimetrischer Analyse (TGA) bei gleichzeitiger Messung der absorbierten Wärmemenge mittels differentieller kalorimetrischer Analyse (DSC) untersucht. Die Ergebnisse in Abbildung 2 zeigen, dass sich beide Filtermaterialien ab ca. 280°C rasant abbauen und bei ca. 300°C zu 50% verbrennen. Die nicht abbaubaren Filter weisen dabei einen etwas verzögerten Masseverlust auf, der aber ab ca. 300°C (Schnittpunkt, siehe Abbildung 2) die Verbrennung von abbaubaren Filtern übersteigt. Bei Temperaturen > 330°C bleiben bei nicht abbaubaren Materialien noch ca. 20% erhalten, die dann rasch ab ca. 400°C verbrennen, während der biologisch abbaubare Zigarettenfilter sehr langsam verbrennt. Daraus lässt sich ableiten, dass Unterscheidungen bei Temperaturen vor dem Onset der Verbrennung von nicht biologisch abbaubaren Kunststoffen am besten geeignet erscheinen, um die beiden Materialien über thermische Methoden zu differenzieren. Nach dem Schnittpunkt wäre diese Unterscheidung zwar auch möglich, doch müsste man mit Temperaturen über 430°C arbeiten und es ist nicht ausgeschlossen, dass sich das biologisch abbaubare Material nicht auch bei längeren Behandlungszeiten verbrennen lässt.

---

<sup>24</sup> <https://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/20191106Bio-on-patents-new-cigarette-filter-material-.php>

<sup>25</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC8468435/>

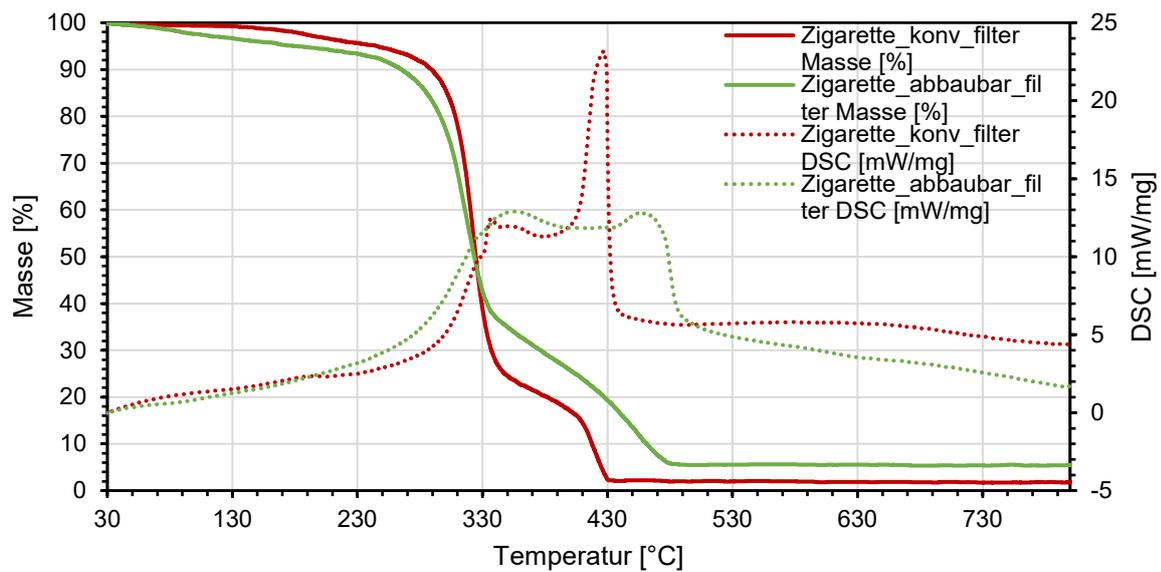


Abbildung 2: Thermogravimetrische Analyse (linke Ordinate) und differentielle kalorimetrische Analyse (rechte Ordinate). Von abbaubaren Zigarettenfiltern (grün) und nicht abbaubaren Zigarettenfiltern (rot).

Im ersten Versuch wurden vier gebrauchte Zigarettenfilter aus biologisch abbaubaren Materialien und vier nicht abbaubare Zigarettenfilter in einzelnen Keramikgefäßen im Muffelofen mit 300°C für 6 Stunden erhitzt (siehe Abbildung 3). Bioabbaubare Filter weisen dabei eine gleiche (CV = 4%) und signifikant höhere Massereduktion (T-Test;  $p=0.0014$ ) gegenüber nicht abbaubaren Filtern (CV=29%) auf. Damit ist eine klare Differenzierung von biologisch abbaubaren und nicht biologisch abbaubaren Filtern möglich. Die höhere Varianz bei Letzteren ist nicht ungewöhnlich, da die vier Filter von unterschiedlichen Zigarettenherstellern stammen und zum Teil andere Formfaktoren haben (siehe Abbildung 4). Die Filter bleiben unter diesen Bedingungen allerdings zum größten Teil erhalten. Die Unterschiede sind zwar signifikant, jedoch stand von den abbaubaren Zigarettenfiltern nur ein Filtertyp zur Verfügung, sodass hier von einer geringeren Varianz auszugehen ist. Bei unterschiedlichen Filtertypen und anzunehmender entsprechend höherer Varianz ist eine Unterscheidung zwischen abbaubaren und konventionellen Filtern eventuell nicht mehr möglich.

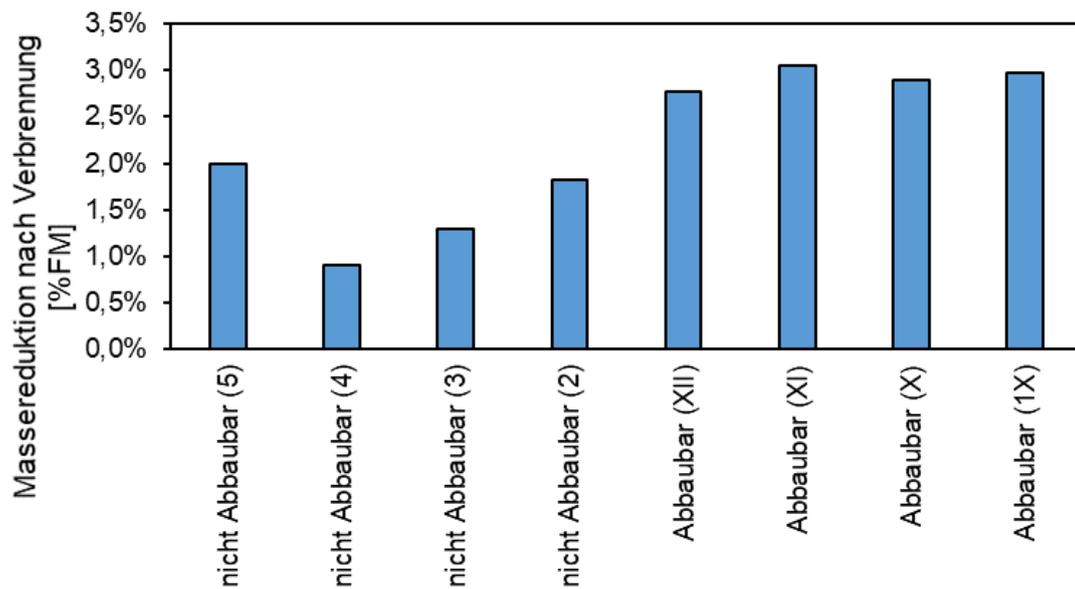


Abbildung 3: Relativer Masseverlust von biologisch abbaubaren und nicht abbaubaren Zigarettenfilter nach thermischer Behandlung bei 300 °C im Muffelofen unter Luftzufuhr



Abbildung 4: Beprobte konventionelle und abbaubare Zigarettenfilter inklusive Probennummern

In einem weiteren Versuch wurde die Temperatur von 300 °C für 3 Stunden gehalten und eine zweite, andere Marke abbaubarer Filter wurde für die Versuche herangezogen. Bei längerem halten der Temperatur ist die thermische Zersetzung der Proben weiter fortgeschritten. Über die Restmasse ist keine Unterscheidung möglich (siehe Abbildung 5), optisch ist jedoch ein deutlicher Unterschied erkennbar. Konventionelle Filter verlieren stark an Volumen und gewinnen an Festigkeit, die abbaubaren Filter verändern ihr Volumen kaum und behalten ihre weiche Struktur (Abbildung 6). Eine optische Unterscheidung nach der thermischen Behandlung ist somit möglich.

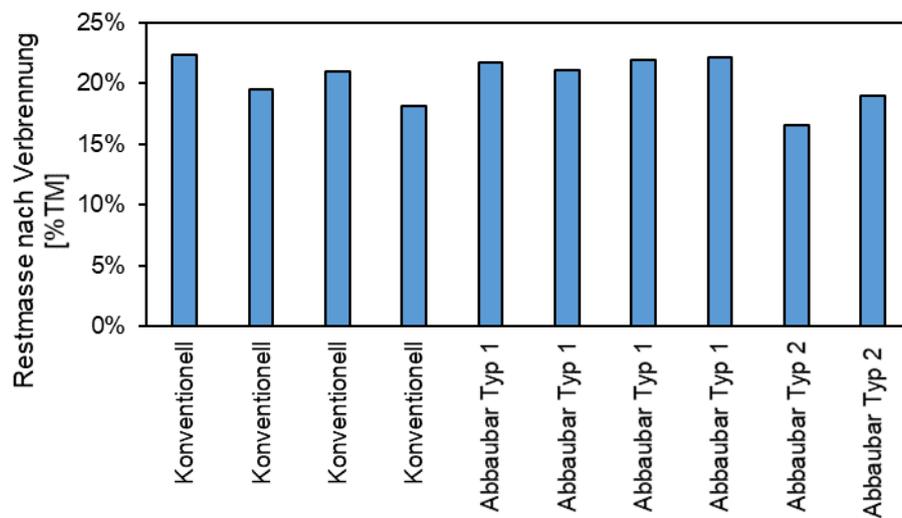


Abbildung 5: Restmasse von biologisch abbaubaren und nicht abbaubaren Zigarettenfilter nach thermischer Behandlung über 3 Stunden bei 300 °C im Muffelofen unter Luftzufuhr



Abbildung 6: Zigarettenfilter vor (links) und nach (rechts) einer Behandlung für 3 Stunden bei 300 °C im Muffelofen unter Luftzufuhr

## FTIR

Alternativ steht die Erfassung über Infrarotmessungen zur Verfügung. Dabei könnten die Haupt(bio)polymere identifiziert werden, wobei dies stückweise erfolgen muss. Es ist mit Messzeiten pro Stück von zwei Minuten zu rechnen, dafür kann die Analyse auch im Feld (tragbares FTIR) durchgeführt werden. Unbekannt ist, inwiefern Anhaftungen das Signal stören können.

### Versuchsaufbau

FTIR Untersuchungen wurden an getrocknetem Filtermaterial (55°C) von vier unterschiedlichen nicht abbaubaren, benutzten Zigarettenfiltern unterschiedlicher Marken, sowie vier abbaubaren, benutzten Filtern durchgeführt. Die Filter wurden mittels ATR einzeln vermessen und anhand der resultierenden FTIR Spektren ausgewertet (siehe Abbildung 7). Die Spektren der beiden Filterarten sind sehr unterschiedlich, mit Ausnahme des Filters *Konv3*, der aus zwei Teilen mit jeweils unterschiedlichen Materialien bestand. Teil A von *Konv3* wies ein sehr ähnliches Spektrum wie die anderen nicht abbaubaren Filter auf, mit charakteristischen Peaks bei  $1731\text{ cm}^{-1}$  (C=O, ester),  $1366\text{ cm}^{-1}$  (O-H alcohol or carboxylic acid),  $1213\text{ cm}^{-1}$  (C-O stretching, ester) und  $1013\text{ cm}^{-1}$  (fingerprint). Diese Spektren haben eine starke Ähnlichkeit zu mit Lösungsmittel getrockneten Zelluloseacetat Materialien (Murphy und Pinho 1995). Die biologisch abbaubaren Filter und *Konv3B* zeigen charakteristische Banden im Bereich  $3300 - 3000\text{ cm}^{-1}$  um  $2900\text{ cm}^{-1}$  sowie bei  $1015\text{ cm}^{-1}$ .

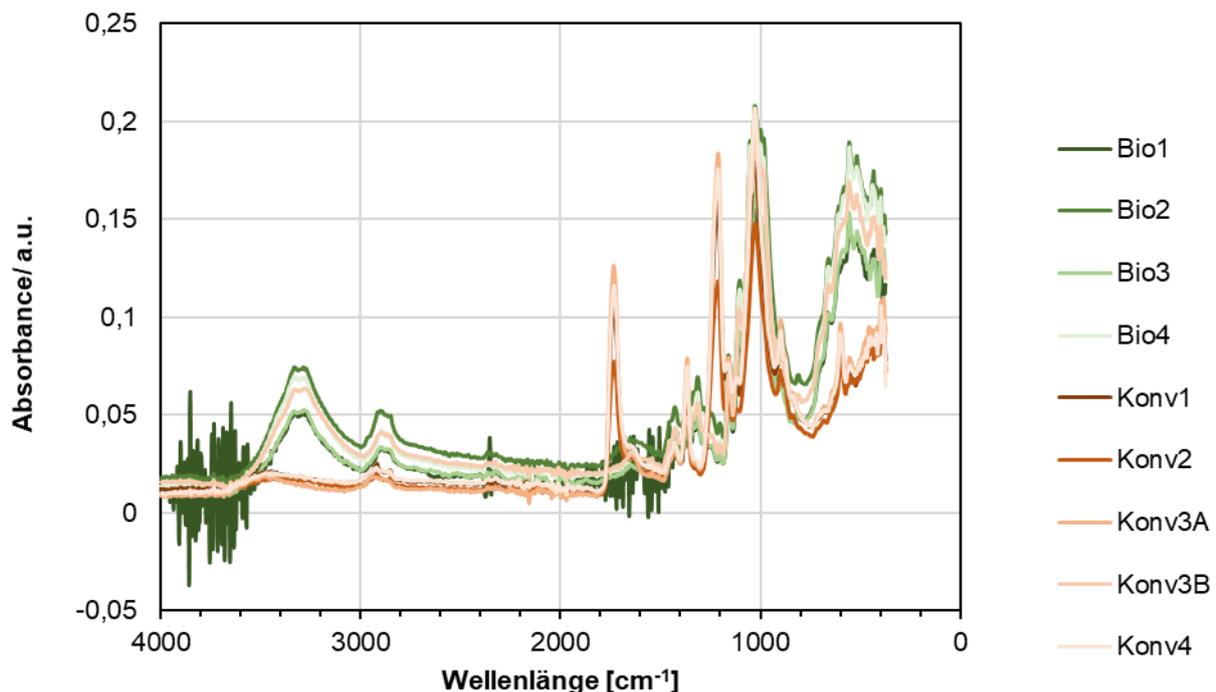


Abbildung 7: ATR-FTIR Spektren von vier unterschiedlichen nicht abbaubaren, benutzten Filtern (*Konv1-4*), wobei Filter *Konv3* aus zwei unterschiedlichen und getrennten Materialien bestand (*KonvA und KonvB*) und biologisch abbaubarer Filter (*Bio1-4*).

## Weitere Methodenoptionen - Bildanalyse

Über Logos und Form wäre es möglich, auch Bildauswertesoftware zu verwenden um über Marke, Musterung und andere Merkmale (Silberner Ring) das Produkt zu identifizieren und mit einer zuvor angelegten Datenbank abzugleichen. Hier interferieren aber Anhaftungen (Unlesbarkeit des Logos), mechanische Bedingungen (Zerdrücken, Zertreten), Umweltbedingungen (Ausbleichung), sowie der Konsum bis zum Filter. In diesen Fällen wäre eine Identifikation nicht vollständig möglich.

## Methodenempfehlung

Zum Zweck der Differenzierung von biologisch abbaubaren und nicht biologisch abbaubaren Zigarettenstummeln bzw. -filtern als Teil von Litteringabfällen wurden zwei gängige Methoden, d.s. thermische Verfahren mit thermogravimetrischer Analyse (TGA) und differentielle kalorimetrische Analyse (DSC) sowie über Infrarotmessungen (FTIR) getestet.

Die **thermischen Verfahren** zeigten anhand der Massenreduktion in Kombination mit der absorbierten Wärmemenge eine gute Differenzierbarkeit, wobei jedoch die Unsicherheit besteht, dass das Verfahren auf Zigarettenfilter von anderen Herstellern übertragbar ist. Klarere Ergebnisse brachte der optische Vergleich von Zigarettenfiltern nach der thermischen Behandlung. Allerdings besteht hier noch die Problematik, dass bestimmte Hersteller zweiteilige Zigarettenstummel mit biologisch abbaubaren und nicht biologisch abbaubaren Zigarettenfilterabschnitten verwenden. Im Rahmen der Beurteilung dieses Verfahrens ist neben der genannten Unschärfen zu berücksichtigen, dass diese Versuchsanordnung für eine statistisch aussagekräftige Anzahl von Zigarettenfiltern in der Größenordnung von ca. 100 Stück mit sehr hohen Sach- und Personalkosten verbunden ist.

Die Ergebnisse der **Infrarotmessungen**, die mittels tragbarem FTIR-Gerät durchführbar sind, erlaubten anhand der ATR-FTIR-Spektren, drei charakteristischen Banden zur Differenzierung von biologisch abbaubaren und nicht biologisch abbaubaren Zigarettenfiltern zu identifizieren. Das deutliche Ergebnis führt zur klaren Präferenz der FTIR-Methode, die neben der Trennschärfe auch schnell und kostengünstig durchführbar ist.

Zusammenfassend ist wird daher für die Differenzierung von biologisch abbaubaren und nicht biologisch abbaubaren Zigarettenfiltern die Anwendung von Infrarotmessungen mittels tragbarem FTIR-Gerät empfohlen.

## Analysebericht

Im Folgenden werden Formalkriterien, die ein Analysebericht zu erfüllen hat sowie eine Empfehlung für die strukturelle Aufbereitung des Berichts angeführt. Basierend auf Erfahrungswerten hat sich gezeigt, dass es sinnvoll sein kann, zwei Berichtsversionen zu erstellen. Eine interne Version, welche die vollständige Dokumentation des gesamten Arbeitsprozesses sowie sämtliche Detailergebnisse umfasst und eine Version, die für eine Veröffentlichung konzipiert ist. Diese Version wird in der Regel kürzer sein und nur die relevantesten Ergebnisse beinhalten.

Welche (Teil-)Ergebnisse nur für eine interne Verwendung zugelassen sind, muss bereits vorab zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer eindeutig festgelegt werden.

Der Analysebericht hat auf Basis der ÖNORM S 2097-4 folgende Punkte zu umfassen:

- 1) Namen der Untersuchungsinstitution und des Auftraggebers
- 2) Aufgabe und Zielsetzung
- 3) Fraktionsliste (entspricht Sortierkatalog)
- 4) Art der Probenahme und Zugriffsebene
- 5) Probenahmeort(e)
- 6) Analyseort(e) (entspricht Sortierstandort)
- 7) Datum bzw. Zeitraum der Probenahme und Analyse
- 8) Probenanzahl und ausgewertete Proben
- 9) Tabellarische Darstellung der Ergebnisse (Mittelwert, Standardabweichung, Konfidenzintervall) für jede Fraktion und jede Untersuchungseinheit/ Schicht
- 10) Graphische Darstellung der Ergebnisse
- 11) Besondere Beobachtungen (z.B. Extremwerte, Ausreißer)
- 12) Fotodokumentation (fakultativ)
- 13) Datum und Unterschrift

## Struktur des Analyseberichts

Für die strukturelle Aufbereitung des Berichts wird folgendes empfohlen:

### 1. Vorwort/ Einleitung

---

- 1.1. Auftraggeber/-nehmer
- 1.2. Zeitraum
- 1.3. Ausgangssituation
- 1.4. Zielsetzung/-definition

### 2. Methodik

---

- 2.1. Voruntersuchung
  - 2.1.1. *Untersuchungsdesign*
  - 2.1.2. *Untersuchungsgebiet/ Grundgesamtheit*
  - 2.1.3. *Datengrundlagen/Mengengerüst*
  - 2.1.4. *Beschreibung der abfallwirtschaftlichen Infrastruktur*
  - 2.1.5. *Schichtung bzw. Unterteilung der Grundgesamtheit*
- 2.2. Probenahmeplanung
  - 2.2.1. *Stichprobenplan*
    - Stichprobengröße
    - Berücksichtigung der Heterogenität nach Fraktionen
    - Stichprobenumfang/Gesamtprobemasse
    - Probemasse/-anzahl von qualifizierten Stichproben und Einzelstichproben
    - Zufallsauswahl der Probenanzahl
  - 2.2.2. *Probenahmeplan & operative Planung*
- 2.3. Durchführung
  - 2.3.1. *Probenahme und Umfelderkhebung (inkl. Protokollen o.ä.)*
  - 2.3.2. *Sortierung (inkl. Fotodokumentation, Protokollen o.ä.)*
- 2.4. Ergebnisauswertung
  - 2.4.1. *Datenerfassung und Dokumentation*
  - 2.4.2. *Zusammensetzung gemäß Sortierkatalog/Zuordnungsliste nach Schichten und Untersuchungseinheiten sowie für die Grundgesamtheit*
  - 2.4.3. *Weitere Auswertungen bezüglich der Fragestellungen*
- 2.5. Diskussion
  - 2.5.1. *Diskussion potentieller Einflussfaktoren*
  - 2.5.2. *Vergleich mit früheren Analysen*
  - 2.5.3. *Schlussfolgerungen/Empfehlungen*
- 2.6. Zusammenfassung
- 2.7. Anhang

## Checklisten

### Anforderungen an Sortierstandort und Personal

#### Sortierstandort

---

Eine rechtzeitige Rücksprache mit den vor Ort zuständigen Personen bezüglich der Erfüllung der unten genannten Anforderungen an die Sortierstandorte ist empfehlenswert:

- umschlossener Raum (an 4 Seiten, überdacht), frostfrei, mit Licht, rund 40 m<sup>2</sup> freie Fläche zur Durchführung der Analyse, ungestörte Arbeitsmöglichkeit,
- Stromanschluss, Zugang zu WC und Aufenthaltsraum,
- Entsprechende zur Verfügung Stellung der Proben (z.B. Haufen je qualifizierter Stichprobe, gemischt mittels Radlader etc.)
- Möglichkeit zur Entsorgung der bereits sortierten Abfälle,
- Ansprechperson/Verantwortlicher vor Ort (als Ansprechpartner für die Probenehmer, welche die Proben anliefern; als Ansprechpartner für das Sortierteam, zur Abstimmung der Details; vor Ort erreichbar)

#### Sortierpersonal

---

Der/die Sortierleiter\*in muss bezüglich des Untersuchungsgegenstandes über umfangreiche Praxiserfahrung (beispielsweise aus Teilnahme an mindestens 3 Sortieranalysen) verfügen. Empfohlen wird zusätzlich der Nachweis der Sachkunde.

Aufgaben des/der Sortierleiters\*in:

- Vorbereitung der Analysen gemäß Leitfaden,
- Unterweisung des eingesetzten Personals bezüglich der einzuhaltenden arbeitsschutzrechtlichen Bestimmungen, Hinweise auf Gefährdungen, Erläuterung von Schutzmaßnahmen (schriftliche Dokumentation der Unterweisung sowie Unterzeichnung derselben durch alle Arbeitnehmer\*innen),
- Einweisungen des eingesetzten Personals in ihre jeweiligen Aufgaben (Probenahme, Sortierung nach Fraktionsliste, u.a.),
- Dokumentation der Datenerfassung und Plausibilitätsprüfung

Neben dem/der Sortierleiter\*in ist eine für die Durchführung der Untersuchung im vorgesehenen Zeitraum ausreichende Anzahl an Sortier- und Hilfskräften vorzusehen. Alle Personen sollten mindestens über Schutzimpfungen gegen Tetanus, Diphtherie, Hepatitis A und B sowie Poliomyelitis verfügen (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., 2018).

Das gesamte Sortierpersonal sollte in guter körperlicher Verfassung sein. Unempfindlichkeit gegenüber Staub und Allergenen, als auch starken Gerüchen ist von Vorteil. Auch die potentielle Notwendigkeit mit großen beziehungsweise schweren Behältern zu hantieren, sollte bei der Auswahl des Sortierpersonals berücksichtigt werden. Zu den potentiellen Gefahren während der Probenahme, der Sortierung und den Analyseschritten zählen unter anderem:

- Schnitte und Einstiche durch den Umgang mit spitzen Gegenständen
- Ausrutschen und Hinfallen

- Wärmebelastung und Ermüdung
- Schweres Heben/Tragen, Lärmbelastung
- Geruchsbelästigung
- Infektionsrisiko über Augen, Nase und Mund (z.B. Pilzsporen)

## **Ausrüstung**

### **Sortierausrüstung**

---

- Laptop (inkl. USB zur Sicherung)
- Kamera (inkl. Akku, Batterien, Speicherchips)
- Verlängerungskabel, Verteilerstecker
- Werkzeug (kleiner Besen, großer Besen, Schaufel, Rechen, Spagat, Rollmaßstab, Zollstock, Kabelbinder, Kunststoffsäcke, Schlitzschraubenzieher, Schere, Messer etc.)
- Protokolle für Sortierung (elektronisch und/oder ausgedruckt)
- Fraktionsliste inkl. Beschreibung der Zuordnung
- Hauptsortiertisch
- Waage (inkl. Kabel, Reservebatterien)
- Mörtelkästen/Kübel inkl. Beschriftung (je Fraktion+ Reserve)

### **Persönliche Schutzausrüstung**

---

- Staubmaske, schnittfeste Handschuhe, Blauzeug, Schutzbrille
- Festes Schuhwerk
- Warnweste, Sicherheitsschuhe
- Apotheke (Pflaster, Desinfektion, Verband), Erste-Hilfe Set

## Literatur

- Blarer, P. und Kull, G. (2018): Swiss Litter Report. WWF Schweiz und Stop Plastic Pollution Switzerland. [Zugriff Jänner 2022]
- Breitbarth, M. und Urban A.I. (2014): Littering im öffentlichen Raum – ein altbekanntes und doch brandaktuelles Problem. Müll und Abfall, 11, 2014 S. 604 - 610
- De Sadeleer, I., Askham, C., Baxter, J. und Stensgård, A. (2021): Integration of plastic littering in LCA methodology and eco-design tips for the avoidance of littering. Norsus – Norwegian Institute for Sustainability Research. [Zugriff Jänner 2022]
- FHA – Gesellschaft für chemisch-technische Analytik GmbH (2019): Endbericht zur Bestimmung der Materialzusammensetzung von Sammelmateriale von Flurreinigungsaktionen mit Unterstützung von Coca Cola im Auftrag der ARA AG, Projekt-Nr. 688/19.
- Gaan, S., Mauclaire, L., Rupper, P., Salimova, V., Tran, T.-T. and Heuberger, M. (2011) Thermal degradation of cellulose acetate in presence of bis-phosphoramidates. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 90(1), 33-41.
- Hauer, W. (2021): Littering im Sinne der EU-Richtlinie 2019/904 Artikel 8: Erweiterte Produzentenverantwortung, Ermittlung von Kennzahlen hinsichtlich Aufwand und Kosten für Straßenreinigung.
- Hietler, P. (2020): Hotspotanalysen im Bezirk Ried im Innkreis. Stop Littering - Situationsanalyse der Litteringabfälle im Fördergebiet INTERREG V-A Österreich-Tschechische Republik und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Reduzierung von Litteringabfällen als wichtiger Beitrag zur Kreislaufwirtschaft.
- Hietler, P. (2020): Literaturstudie zum Thema „Littering“. Stop Littering - Situationsanalyse der Litteringabfälle im Fördergebiet INTERREG V-A Österreich-Tschechische Republik und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Reduzierung von Litteringabfällen als wichtiger Beitrag zur Kreislaufwirtschaft. Verfügbar in: [https://cbc.wien/sonstiges/CEWA/CEWA\\_Literaturstudie\\_Littering\\_Optimized.pdf](https://cbc.wien/sonstiges/CEWA/CEWA_Literaturstudie_Littering_Optimized.pdf) [Zugriff Jänner 2022]
- Hietler, P. (2021): Analyse der Flurreinigungsaktion in Oberösterreich. Stop Littering - Situationsanalyse der Litteringabfälle im Fördergebiet INTERREG V-A Österreich-Tschechische Republik und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Reduzierung von Litteringabfällen als wichtiger Beitrag zur Kreislaufwirtschaft.
- Hietler, P. (2021): Flurreinigungsaktion im Bezirk Ried im Innkreis. Stop Littering - Situationsanalyse der Litteringabfälle im Fördergebiet INTERREG V-A Österreich-Tschechische Republik und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen zur Reduzierung von Litteringabfällen als wichtiger Beitrag zur Kreislaufwirtschaft.
- Hietler, P. und Pladerer, C. (2018): Littering in Salzburg – Hotspotanalyse 2017
- Hietler, P., Bernhofer, G. und Pladerer, C. (2017): Littering in Salzburg – eine Situationsanalyse in Salzburg im Rahmen der Flurreinigungsaktion „Sauberes Salzburg“
- INFA – Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH (2020): Ermittlung von Mengenanteilen und Kosten für die Sammlung und Entsorgung von Einwegkunststoffprodukten im öffentlichen Raum. Erstellt für den Verband Kommunaler Unternehmen (VKU).

IVL Swedish Environmental Research Institute (2018): Overview of available methods to monitor marine plastic litter - Incl. method for riverine litter monitoring developed within BLASTIC.

Jepsen, D., Zimmermann, T., Spengler, L., Rödig, L., Bliklen, R., Wagner, J., Struck, K., Hiestermann, L. und Schulz, H. (2020): Kunststoffe in der Umwelt – Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien. Texte 198/2020, Studie im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes.

KPLUSV (2020): Littering in the MWE member states - An inventory of costs, amounts and assessments, Municipal Waste Europe. Arnhem, 5th of June 2020, Rep. 1019337-008. Verfügbar in: <https://kenniswijzerzwerfafval.nl/sites/default/files/KplusV%20-%20i.o.v.%20MWE%20-%20Inventory%20of%20costs%2C%20amounts%20and%20assessments.pdf> [Zugriff Jänner, 2022]

Maier, N. (2019): Littering. Discussion Paper from the Interest Group Plastics of the European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network).

Mayr, J. (2019): Flurreinigungsaktionen in Österreich - Überblick und Datenerfassung auf nationaler Ebene, Dr. Johann Mayr – Bundeskoordinator. Workshop zum Thema „Littering“, BMNT, Stubenbastei 5, 1010 Wien am 8. Okt. 2019.

Muñoz-Cadena, C.E., Lina-Manjarrez, P., Estrada-Izquierdo, I. und Ramón-Gallegos, E. (2012): An Approach to Litter Generation and Littering Practices in a Mexico City Neighborhood. Sustainability, 2012, 4, 1733-1754, doi: 10.3390/su4081733. [Zugriff Jänner 2022]

Murphy, Damien; Pinho, Maria Norberta de (1995): An ATR-FTIR study of water in cellulose acetate membranes prepared by phase inversion. In: Journal of Membrane Science 106 (3), S. 245–257. DOI: 10.1016/0376-7388(95)00089-U.

Ong, I.B.L. und Sovacool, B.K. (2012) A comparative study of littering and waste in Singapore and Japan. Resources, Conservation and Recycling 61 (2012) 35– 42. Verfügbar in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344911002552?via%3Dihub> [Zugriff Jänner, 2022]

Österreichisches Ökologie-Institut (2012): Erhebung IST-Situation Littering entlang ausgewählter Untersuchungsgebiete im Bezirk Rohrbach mittels Abfallmengenerhebung und Abfallsortieranalyse.

Richtlinie (EU) 2019/904 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Juni 2019 über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt.

Schneider, F., Kunz, A., Hu, C.-S., Yen, N., Lin, H.-T. (2021): Rapid-Survey Methodology to Assess Litter Volumes along Large River Systems—A Case Study of the Tamsui River in Taiwan. Sustainability 2021, 13, 8765. <https://doi.org/10.3390/su13168765>. [Zugriff Jänner 2022]

Steger, L und Graml, B. (2020): Müll in der Natur – Welche Marken verschmutzen unsere Umwelt. Global 2000 Report

Stoifl, B. und Oliva, J. (2020): Littering in Österreich. Studie des Umweltbundesamts GmbH

Valiente, R., Escobar, F., Pearce, J., Bilal, U., Franco, M. und Sureda, X. Estimating and mapping cigarette butt littering in urban environments: A GIS approach. Environmental Research 183 (2020) 109142. Verfügbar in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120300347?via%3Dihub> [Zugriff Jänner 2022]

Zero Waste Scotland (2018): Litter Monitoring Methodology - Guidance for practitioners, April 2018