



Leitfaden für die Planung, Durchführung und Auswertung von Bioabfallanalysen

Erstellt von

Peter Beigl, Anna Happenhofer, Christian Zafiu,
Reinhold Ottner und Erwin Binner

Institut für Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien

Im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft

Oberösterreichischer Landesabfallverband

Amt der Oberösterreichischen Landesregierung

Niederösterreichische Umweltverbände

Dachverband der Steirischen Abfallwirtschaftsverbände

Abfallwirtschaftsverbände Kärnten

Amt der Salzburger Landesregierung

Kompost & Biogas Verband Österreich

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie

Wien, November 2020

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund und Motivation	1
1.2	Anwendung des Leitfadens	2
1.3	Begriffsbestimmungen	3
1.4	Abkürzungen	5
1.5	Bioabfall-Leitfaden im Überblick	6
2	Leitfaden	8
2.1	Zieldefinition	8
2.2	Dimensionierung von Analysen	15
2.3	Probenahmeplanung	25
2.4	Durchführung von Probenahme und Sortierung	27
2.5	Ergebnisauswertung	34
3	Quellen	35
4	ANNEX	36
4.1	Relevante Abfallströme und Fraktionskatalog	36
4.1.1	Sortierfraktionen	36
4.1.2	Festlegungen	37
4.1.3	Sortierkatalog inklusive Zuordnungsliste	37
4.2	Hochrechnung der Fraktionsanteile von heterogenen Materialien	42
4.2.1	Schätzmethode	42
4.2.2	Ermittlung der fraktionspezifischen Heterogenität	44
4.2.3	Annahme des erwarteten Fraktionsanteils	47
4.2.4	Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobemasse	47
4.2.5	Hochrechnung auf die Grundgesamtheit	49
4.2.6	Ermittlung der Konfidenzintervalle für mittlere Fraktionsanteile	50
4.2.7	Ermittlung der Fraktionsanteile von Teilgesamtheiten	50
4.3	Sozio-ökonomische Schichtung	51
4.4	Analysebericht	54
4.4.1	Struktur des Analyseberichts	55
4.5	Checklisten	56
4.5.1	Anforderungen an Sortierstandort und Personal	56
4.5.2	Ausrüstung	57

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Motivation

Bis 2035 müssen 65 % der Siedlungsabfälle entweder recycelt oder für die Wiederverwendung vorbereitet werden. Die getrennte Erfassung von biogenen Abfällen kann zu diesem Ziel maßgeblich beitragen (Umweltbundesamt, 2020). Einerseits soll der Anteil biogener Abfälle im Restabfall möglichst stark reduziert werden, andererseits sollen die Sammelmengen für die biologische Verwertung gesteigert werden. Für die Erfassung biogener Abfälle hat sich in Österreich die Sammlung über die Biotonne etabliert. Dadurch kann eine entsprechende Verwertung dieser Abfälle zu hochwertigem Kompost oder Biogas bewerkstelligt werden. Die Qualität der gesammelten Abfälle ist dabei ausschlaggebend für die Qualität des Endprodukts. Optimierungspotentiale in der Erfassung sollen durch Bioabfallanalysen identifiziert und mittels geeigneter abgeleiteter Maßnahmen in weiterer Folge ausgeschöpft werden.

Bestehende Methodenvorschriften zur Analyse der Bioabfallzusammensetzung, allen voran jene der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. zur Chargen- und Gebietsanalyse (BGK, 2018a; BGK, 2018b), geben keine Anhaltspunkte, welche Genauigkeit einer Fraktion (z.B. Störstoffe) mit einer bestimmten Probenmasse (bzw. -anzahl) erreichbar ist. Vice versa ist die erforderliche Probenmasse bei einer einzuhaltenden Genauigkeit nicht ermittelbar. Auf dieser Basis ist nicht einschätzbar, welche Aussagekraft bzw. Unsicherheiten z.B. Bioabfallanalysen zur Störstoffbestimmung mit z.B. 50, 500 oder 2.000 Kilogramm Probenmasse aufweisen.

Sowohl für Betreiber von Kompost- oder Biogasanlagen, als auch für Kommunen und andere abfallwirtschaftliche Akteure besteht Bedarf an einheitlichen und – im Sinne von Aufwand (v.a. Probenanzahl, und -masse) und Informationsgewinn (Genauigkeit) – effizienten Analysevorschriften.

Das Institut für Abfallwirtschaft an der Universität für Bodenkultur (ABF-BOKU) wurde 2019 vom Oberösterreichischen Landesabfallverband sowie seinen Konsortialpartnern beauftragt, eine Voruntersuchung in zwei oberösterreichischen Städten durchzuführen, um darauf aufbauend in weiterer Folge einen Leitfaden zur einheitlichen Charakterisierung der Bioabfallzusammensetzung zu entwickeln. Die Erarbeitung der inhaltlichen und insbesondere technischen Fragestellungen erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeberkonsortium sowie mit fachlicher Unterstützung von den Abfalltechnikern Gerhard Fritz (FHA - Gesellschaft für chemisch-technische Analytik GmbH) und DI Philipp Hietler (pulswerk GmbH). Dieser Leitfaden stellt eine Empfehlung für die Planung, Durchführung und Auswertung zukünftiger Bioabfallanalysen dar.

1.2 Anwendung des Leitfadens

In der abfallwirtschaftlichen Praxis ergeben sich aus der Sicht von Abfallverbänden, Kommunalbetrieben, Bioabfallverwertern, Gebietskörperschaften und weiteren Akteuren **konkrete Anwendungsfälle** bei der Beurteilung von biogenen Abfällen (lt. Annex 4.1), wie z.B.

1. die Einhaltung des Störstoffanteils der Sammelmasse eines Sammelfahrzeugs,
2. die Beurteilung des Störstoffanteils nach Sammeltouren eines Abfallverbandes mit unterschiedlicher Siedlungsstruktur und Verteilung nach Sammelbehältnissen,
3. die Hochrechnung der Zusammensetzung der jährlichen Sammelmenge an biogenen Abfällen in einer Region (z.B. Bundesland) unter Berücksichtigung von Saison, Gemeindestrukturen und relevanten, abfallwirtschaftlichen Maßnahmen, oder
4. das Monitoring der Verwendung von biologisch abbaubaren Kunststoffsäcken als Vorsammelhilfen im regionalen Vergleich sowie im Zeitverlauf.

Je nach Zielsetzung stellen sich unter anderem folgende **Fragen zur Planung von Analysen**,

- welche Fraktionen nach Detailgrad und erforderlicher Genauigkeit von Interesse sind,
- welche Einflussfaktoren, wie Bebauungstyp, Behältervolumen, Abfuhrintervall, Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit zu berücksichtigen sind,
- ob Proben aus Behältern oder Sammelfahrzeugen zu ziehen sind, oder
- welcher Umfang bezüglich Gesamtprobemasse und Probenanzahl dazu 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 4) und für Analyseteams bezüglich Planung, Durchführung und Auswertung (s. Regeln 5 bis 13) an, wobei praktische Hilfestellung in folgenden Bereichen angeboten wird:

- Präzisierung von Untersuchungszielen (s. Regel 1) mit Vorschlägen zur Anpassung von Fraktionskatalogen (s. Tabelle 3) und Auswahl von Einflussfaktoren (s. Tabelle 4)
- Auslegung von Analysen (s. Regel 2) auf Basis von möglichen Analysemethoden (s. Tabelle 6), Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobemasse je nach Genauigkeitsanforderung (s. Tabelle 13) mit konkreten Vorschlägen zur Auslegung
- Detailplanung zur Spezifikation von Analyseleistungen (s. Regeln 3 und 4) mit erforderlichem Umfang bezüglich Probemasse, Probenanzahl, Zugriffsebene (Behälter, Sammelfahrzeug) für die Teilleistungen Probenahmeplanung, Probenahme, Störstoff- und Organikanalysen, Detailanalysen zu Anhaftungen und Kunststoffanalytik sowie Ergebnisauswertung
- konkrete Empfehlungen für die Durchführung von Probenahmeplanung (s. Regeln 5 bis 7), Probenahme und Sortierung (s. Regeln 8 bis 10), Detailanalysen (s. Regeln 11 und 12) sowie Ergebnisauswertung (s. Regel 13)

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

Die erste Version des Leitfadens kann als Ausgangspunkt für die Verbesserung und Erweiterung von Analysedaten und Methoden in Abstimmung zwischen Akteuren gesehen werden.

1.3 Begriffsbestimmungen

Kunststoffe	Biologisch abbaubare sowie biologisch nicht abbaubare Polymere auf Basis von nachwachsenden oder fossilen Rohstoffen. Biologisch abbaubare Kunststoffe können für Säcke (inklusive ausgegebener Vorsammelhilfen) oder sonstige Verpackungen (z.B. Trays) eingesetzt werden.
Organikanalysen	Untersuchung der Zusammensetzung von biogenen Abfällen aus Haushalt und Garten mittels Sortieranalyse von beprobten Sammelbehältnissen
Störstoffanalysen	Ermittlung des Störstoffanteils und ggf. dessen Zusammensetzung mittels Sortieranalyse von Proben aus Sammelbehältnissen oder Sammelfahrzeugen (Ziehung aus Haufen)
Grundgesamtheit (M), <u>Masse in kg</u>	Die Grundgesamtheit ist definiert als die Art und Menge an Abfällen, die mittels Sortieranalyse beurteilt werden soll, d.h. die über ein bestimmtes Sammelsystem (Abholung am Anfallsort) erfasste Menge an biogenen Abfällen. 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.
Qualifizierte Stichprobe (q), Masse in kg	Probe, die aus mehreren Einzelstichproben besteht und einer bestimmten Entnahmestelle (Schurf, Bohrung, Grabung u. dgl.) zugeordnet werden kann (ÖNORM S 2127). Im Kontext dieses Leitfadens ist die Entnahmestelle entweder ein Haufen eines Ladeinhalts eines Sammelfahrzeugs oder eine Gruppe von nach Zufallsprinzip gezogenen Behältern eines Sammelbezirks. Die Masse pro qualifizierter Stichprobe ist in Regel 3 festgelegt, wobei die Probemasse 250 Kilogramm als Richtwert nicht überschreiten soll.
Einzelstichprobe (i), Masse in kg	Probe, die an einem bestimmten Ort an einem bestimmten Zeitpunkt gezogen wird. Die Stichprobe bzw. Einzelstichprobe ist Teil einer qualifizierten Stichprobe (ÖNORM S 2127).
Kunststoffprobe	Als Kunststoffprobe im Rahmen dieses Leitfadens wird die Gesamtheit einer zu untersuchenden Fraktion einer Einzelstichprobe im Rahmen einer Sortieranalyse definiert. Je nach Fragestellung können Kunststoffsäcke, -folien oder sonstige Behältnisse aggregiert oder auf Ebene der einzelnen Kunststoffteile bezüglich Wassergehalt, Anhaftungen und Polymertyp analysiert werden.
Leitfraktion (f)	Festgelegte Fraktion laut Untersuchungsfrage (laut Regel 2).
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. Haushalt, Sammelbehälter, Sammelfahrzeug). Laut Regel 8 kann der Zugriff vom Sammelfahrzeug oder Behältnis erfolgen.
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. 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).
Stichprobenumfang (n)	Anzahl der Einzelstichproben der Analyse.
Vertrauensniveau (Signifikanzniveau) ($1-\alpha$)	Das Signifikanzniveau wird beschrieben als $1-\alpha$, wobei α als Irrtumswahrscheinlichkeit definiert ist. Üblicherweise wird ein Signifikanzniveau von 95 % gewählt (d.h. $\alpha=0,05$ bzw. $z=1,96$). Das Vertrauensniveau 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. Laut Regel 1 wird die Irrtumswahrscheinlichkeit mit $\alpha=0,05$ festgelegt.
Massenanteil der Leitfraktion (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 $a_{f,i}$
Fraktionsspezifisches Heterogenitätsmaß (u_f)	Heterogenitätsmaß laut binomiale Ansatz als Standardmethode, das für die Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobemasse erforderlich ist
Erforderliche Probenmasse (m_{erf})	Erforderliche Probenmasse 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 $1-\alpha$
Erforderliche Gesamtprobemasse (m_{erf})	Erforderliche Probenmasse 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 $1-\alpha$
Masse der Einzelstichprobe (m_i)	Masse der i -ten Einzelstichprobe in kg, die gemäß Regel 6 bei Zugriff auf Behälter die Nettomasse eines Sammelbehälters bzw. bei Ziehung der Einzelstichprobe aus dem Haufen als Richtwert 30 bis 40 Kilogramm betragen soll.
Fraktionsmasse der Stichprobe ($m_{f,i}$)	Masse der Fraktion f der i -ten Stichprobe in kg

**Hochrechnungsfaktor
nach Untersuchungseinheit (h_e)**

Die Summe der Proben von einer Untersuchungseinheit repräsentieren die jeweils um den Faktor h_e größere Masse in der Grundgesamtheit.

1.4 Abkürzungen

FM	Feuchtmasse
kg/Ew/a	Kilogramm pro Einwohner*in und Jahr
RIC	Resin Identification Code (Code für Polymertypen, z.B. LDPE, HDPE, PET)

1.5 Bioabfall-Leitfaden im Überblick

Tabelle 1: Regeln laut Leitfaden für die Planung, Durchführung und Auswertung von Bioabfallanalysen im Überblick

Nr.	BEREICH	REGEL (GEKÜRZT)
Zieldefinition und Planung hinsichtlich Spezifikation von Leistungen		
1	Analyseziele	Festlegung konkreter Anwendungsfälle im Kontext mit Akteuren und Nutzen, relevanten Fraktionen, Grundgesamtheit und Faktoren
2	Auslegung und Dimensionierung von Analysen	Auswahl von Analysemethoden und Festlegung der erforderlichen Analysemassen auf Basis von Fraktionen mit hohem Genauigkeitsanspruch bezüglich Leitfraktionen, Massenanteil und Heterogenitätsmaß
3	Unterteilung von Grundgesamtheit und Probemasse	Unterteilung der Grundgesamtheit und Probemasse (räumlich, sozio-ökonomisch und saisonal) in Abhängigkeit von der Schichtung oder von Anforderungen an die Repräsentativität Qualifizierte Stichproben umfassen bis zu 250 Kilogramm bei einer optionalen Mindestmasse von 125 Kilogramm
4	Detailplanung	Spezifikation der Teilleistungen inklusive Probenahmeplanung, Probenahme, Störstoffanalyse, Organikanalysen, Detailanalysen und Auswertungen (inkl. Verzeichnis)
Durchführungsbestimmungen		
5	Zugriffsebene	Probenahme aus Behältern bei Organikanalysen, ansonsten auch Beprobung aus Sammelfahrzeugen möglich (Beprobung von Haufen), wobei bei Trommel- bzw. Pressfahrzeugen nicht verdichtet bzw. verpresst werden darf
6	Masse der Einzelstichprobe	Bei Probenahme aus Behältern: Festlegung von einem Sammelbehältnis als Einzelstichprobe Bei Beprobung von Haufen: Richtwert von 30 – 40 kg
7	Probenanzahl und Auswahl von Sammelrouten	Aufkommensaliquote Verteilung der qualifizierten Stichproben gemäß Unterteilung der Grundgesamtheit (Schichten) und Zufallsauswahl der Sammelbezirke / Gemeinden
8	Beprobung von Sammelfahrzeugen bzw. -behältnissen	Zufallsziehung von Stichproben aus Haufen nach Raster Zufallsziehung von Behältern bzw. Liegenschaften

Nr.	BEREICH	REGEL (GEKÜRZT)
9	Sortierung und Dokumentation	Sortierung mit Trennung von Säcken und deren Inhalte zwecks Vergleichbarkeit der Brutto-Störstoffmenge Dokumentation von Probenahme und Sortierung
10	Kontrolle der Probemasse	Abweichung von Input und Output bis 3 % FM (ggf. höhere Toleranz bis 6 % FM bei sehr feuchten Proben)
11	Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen bei Kunststoffen	Zweistufige Bestimmung mit (1) Wassergehaltsbestimmung nach Trocknung und (2) Anhaftungsbestimmung nach Waschen und Trocknen mittels Waage und Trockenschrank
12	Bestimmung des Polymertyps von Kunststoffen	Bestimmung mittels RIC (Resin Identification Code) und EN 13432-Logos zur biologischen Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit, soweit Rückschlüsse auf die Zusammensetzung zulässig sind, und z.B. FTIR-Spektroskopie
13	Ergebnisauswertung	Ergebnisauswertung mit Darstellung der Grundgesamtheit, beschreibende Statistik zur Gesamtprobemasse nach Faktoren und Fraktionen und Hochrechnung der Fraktionsanteile und -massen Auswertung der Verteilung nach Polymertyp von Kunststoffen auf Stückerbene

2 Leitfaden

Der Leitfaden gliedert sich in zwei Abschnitte, nämlich

- **Zieldefinition, Auslegung und Detailplanung** in Regeln 1 bis 4, die von Seiten des Auftraggebers für Leistungsverzeichnisse in Ausschreibungen erforderlich sind, und
- **optionale Regeln zur Durchführung** von Probenahmeplanung, Probenahme, Sortierung, weiteren Analysen und Ergebnisauswertung, die für den Auftragnehmer von Belang sind.

2.1 Zieldefinition

Regel 1: Definition von Analysezielen

Abfallanalysen erlauben in der Regel die Beantwortung mehrerer Untersuchungsfragen. Die Untersuchungsziele sind

- (1) im Kontext von Adressaten (Akteuren) bezüglich des ggf. quantifizierbaren Nutzens zu formulieren (Tabelle 2), weiters sind*
- (2) relevante Fraktionen, für die eine festgelegte Genauigkeit zu erreichen ist (z.B. gesamter Störstoffanteil als Leitfraktion) und die separat zu sortieren sind, festzulegen (Tabelle 3), und*
- (3) die Grundgesamtheit nach Abfallart(en), Region(en) und Zeitraum mit zu untersuchenden Faktoren (Tabelle 4) zu definieren.*

Die Untersuchungsziele sind für die spätere Bestimmung der erforderlichen Gesamtprobemasse maßgeblich¹. Dabei sind massenrelevante Gruppen (> 10 % FM Anteil) mit hoher geforderter Genauigkeit in der Regel bedeutsamer, als Gruppen mit geringem, erwarteten Anteil (< 5 % FM Anteil) und geringer, geforderter Genauigkeit.

¹ Werden Untersuchungsfragen nicht konkret genug formuliert, besteht das Risiko, dass der Stichprobenumfang über- bzw. unterschätzt wird. Dies kann in weiterer Folge zu erhöhtem, finanziellen Aufwand bzw. Genauigkeitseinbußen führen. Aber auch im Fall eines richtig abgeschätzten Stichprobenumfangs, können zu wenig konkretisierte Untersuchungsfragen dazu führen, dass nach der Sortieranalyse der Vergleich von z.B. Faktoren oder Sammelsystemen nicht aussagekräftig ist.

Tabelle 2: Beispiele für Anwendungsfälle und Analyseziele

ANWENDUNGSFALL UND ANALYSEZIEL NACH FRAKTIONSGRUPPEN	AKTEUR	ERWARTETER NUTZEN (GGF. QUANTIFIZIERBAR)
Lebensmittel		
Bundesweites Monitoring des Lebensmittelaufkommens in Biotonnen	Bund, Land, Landesverband	Erfüllung von EU-Berichtspflichten Maßnahmenmonitoring auf Landesebene
Regionales Monitoring des Lebensmittelaufkommens in Biotonnen	Abfallverband, Gemeinde	Angepasste Öffentlichkeitsarbeit für Vermeidung bestimmter Lebensmittel mit hohem Vermeidungspotenzial
Störstoffe (allgemein)		
Störstoffaufkommen nach Regionen und Struktur der Sammelbezirke	Verwerter, Abfallverband	Monitoring Störstoffreduktion und Festlegung von Vertragsbestimmungen
Annahme/Rückweisung von Chargen (Sammelfahrzeuge) entsprechend Störstoffanteil	Verwerter, Abfallverband	Qualitätssicherung bezüglich Outputmaterial, Einhaltung Störstofflimit, Reduktion der Schadensfälle von Aggregaten
Monitoring der Störstoffzusammensetzung	Gemeinde, Abfallverband	Optimierung der Öffentlichkeitsarbeit (Trennanleitungen), Grundlage für Abweisung des Materials
Identifikation von Behältern mit hohem Störstoffanteil (Hotspotanalyse)	Abfallverband	Qualitätssteigerung, negativer Anreiz (ggf. Strafzahlung inkl. Entsorgung als Restmüll)
Identifikation des Reduktionspotentials von Störstoffen nach Strukturen (Ein- / Mehrfamilienhäuser, Behältergrößen)	Abfallverband, Gemeinde	Fokussierung der Öffentlichkeitsarbeit auf die wenigen Abfallerzeuger mit hoher Störstofffracht; ggf. Ausschluss von der Biotonnensammlung
Festlegung der Störstoffgehalte bei Ausschreibung der Verwertung	Verwerter, Abfallverband, Gemeinde	Optimierung (ggf. Auswahl) der Verwertungsmethode (Biogas vs. Kompostierung) bzw. Qualität des Outputmaterials
Auslegung von Aufbereitungsaggregaten (z.B. bei Nachrüstung)	Verwerter	Kostenoptimierung (Anschaffung, Betrieb)
Optimierung Personaleinsatz zur Störstoff-Aussortierung	Verwerter	Kostenoptimierung bei der Abwägung zwischen Personaleinsatz und Betriebskosten für Aufbereitungsaggregate
Kunststoffe (inkl. biologisch abbaubare)		
Monitoring des Anteils an biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen an den Gesamtkunststoffen oder an Vorsammelhilfen aus Kunststoff	Abfallverband, Verwerter	Optimierung/Monitoring der Öffentlichkeitsarbeit
Bilanzierung von regionalen/nationalen Kunststoffflüssen	Bund, Land	Monitoring des Kunststoffinputs in Biotonnenmaterial (netto exkl. Anhaftungen)

Die Festlegung eines geeigneten Fraktionskatalogs ist von den Untersuchungszielen sowie von den jeweiligen regional unterschiedlichen Trennanleitungen abhängig und auf Basis des Annex 4.1 festzulegen. Die genannten Heterogenitätsmaße wurden im Rahmen einer Voruntersuchung in zwei oberösterreichischen Städten im Jahr 2020 ermittelt. Diese Werte werden für die Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobemasse benötigt und können als Richtwerte herangezogen werden, wenn in der Vergangenheit keine vergleichbaren Analysen durchgeführt wurden.

Tabelle 3 zeigt einen Vorschlag für einen umfassenden Katalog von Fraktionen, die im Rahmen von manuell durchgeführten Sortieranalysen sortierbar und identifizierbar sind. Die Differenzierung von Kunststoffsäcken kann dabei anhand des Symbols für den Polymertyp RIC (Resin Identification Code) und von Logos für biologische Abbaubarkeit bzw. Kompostierbarkeit gemäß EN 13432 gemäß Regel 12 erfolgen. Eine detaillierte Beschreibung dieses Katalogs mit zahlreichen Beispielen ist im Annex 4.1 erläutert.

Tabelle 3: Fraktionen nach Sortierbarkeit

HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	UNTERGRUPPE 3
Biogene Abfälle – Garten	Baum-, Strauchschnitt („holzige“)		
	Laub, Rasenschnitt, Unkraut („krautig“)		
	Sonstige Gartenabfälle und vergleichbare Abfälle		
Biogene Abfälle – Haushalt/Küche	Küchenabfälle (nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle, Zubereitungsreste)		
	Vermeidbare Lebensmittelabfälle	Milchprodukte	
		Fleisch/Fisch (roh und gekocht)	
		Brot/Gebäck	
		Gemüse	
		Obst	
		Sättigungsspeisen/-beilagen	
		Speisereste	
		Sonstige Lebensmittel	
Sonstige Organik (z.B. nicht mineral. Kleintierstreu)			
Papier inkl. Hygienepapier			
Störstoffe inkl. biologisch abbaubare Kunststoffsäcke			
Kunststoffe	Kunststoffsäcke	Biologisch abbaubar	
		Nicht biologisch abbaubar	
		Nicht zuordenbar	
	Kunststofffolien ¹⁾		
	Sonstige Kunststoffe (z.B. Trays, Netze) ¹⁾		
	Glas		
	Metall	Eisenmetalle	
Nichteisenmetalle			
Problemstoffe und Elektroaltgeräte			
Sonstige Störstoffe			
Restfraktion (Nicht zuordenbar)			

¹⁾Ggf. Unterteilung in biologisch abbaubare, nicht biologisch abbaubare und nicht zuordenbare Kunststoffe

Tabelle 4: Erforderliche und übliche Faktoren und mögliche Ausprägungen im Überblick

EINFLUSSFAKTOREN ALS MÖGLICHE SCHICHTUNGSKRITERIEN [ERFORDERLICHE FAKTOREN IN KLAMMERN]	AUSPRÄGUNGEN MIT BEISPIELEN
Zeitlich	
<u>Saisonal</u> <i>[Erforderlicher Faktor bei Repräsentativität im Jahresmittel lt. Regel 3]</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Vegetationsarm (z.B. November-März) - Vegetationsreich (z.B. April-Oktober)
Umsetzung von Maßnahmen im Zeitverlauf in definierter Region (z.B. Öffentlichkeitsarbeit)	<ul style="list-style-type: none"> - Keine bzw. vor Umsetzung - Einführungsphase/Pilotphase - Flächendeckende Umsetzung
Regional (Verwaltung inkl. Verband, Sammelbezirk)	
Sozio-ökonomische Einteilung auf Gemeindeebene	<ul style="list-style-type: none"> - Vorwiegend städtisch - Intermediär, nicht-touristisch - Intermediär, touristisch (wenn relevant) - Vorw. ländlich, nicht-touristisch - Vorw. ländlich, touristisch (wenn relevant)
<u>Sammeltour /-bezirke nach dominierenden Behältergrößen</u> <i>[Erforderlicher Faktor bei Repräsentativität lt. Regel 3]</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Sacksammlung - Vorw. Kleinbehälter (z.B. ≤ 80 Liter) - Vorw. Großbehälter (z.B. > 80 Liter)
Biotonnen-Anschlussgrad nach Anteil der Haushalte im Regionsvergleich	<ul style="list-style-type: none"> - Gering (z.B. <30 %) - Mittel (z.B. 30-80 %) - Hoch (z.B. >80 %)
Bioabfall-Sammelmenge pro Einwohner*in und Jahr im Regionsvergleich	<ul style="list-style-type: none"> - Gering (z.B. <10 kg/Ew/a) - Mittel (z.B. 10-50 kg/Ew/a) - Hoch (z.B. >50 kg/Ew/a)
Separate Grünschnittsammlung nach Sammelmenge pro Einwohner*in und Jahr im Regionsvergleich	<ul style="list-style-type: none"> - Gering (z.B. <10 kg/Ew/a) - Mittel (z.B. 20-50 kg/Ew/a) - Hoch (z.B. >50 kg/Ew/a)
Separate Sammlung von biogenen Abfällen aus Gastronomie- und Tourismusbetrieben (u.a. Spültrank) nach Sammelmenge pro Einwohner*in und Jahr im Regionsvergleich	<ul style="list-style-type: none"> - Gering (z.B. <10 kg/Ew/a) - Mittel (z.B. 20-50 kg/Ew/a) - Hoch (z.B. >50 kg/Ew/a)
Umsetzung von Maßnahmen nach Regionen	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Umsetzung - Teilweise (Teilregion) - Flächendeckend
Struktur (liegenschaftsbezogen)	
<u>Bebauungstyp und Nutzung nach Liegenschaft</u> <i>[Erforderlicher Faktor bei geforderter Repräsentativität lt. Regel 3]</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Einfamilienhaus - Mehrfamilienhaus - Betrieb, öffentliche Einrichtung u.ä.
Behältnisvolumen nach Liegenschaft in Liter	<ul style="list-style-type: none"> - Sacksammlung - Vorw. Kleinbehälter (z.B. ≤ 80 Liter) - Vorw. Großbehälter (z.B. > 80 Liter)
Nutzung von Sammelbehältnissen	<ul style="list-style-type: none"> - Alleinig durch einen Haushalt - Gemeinschaftlich durch mehrere Haushalte
Abfuhrintervall in Wochen	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Woche - ≥2 Wochen

Tabelle 5: Festlegung von Analysezielen nach beispielhaften Anwendungsfällen (auf Basis des Abschnitts ‚Anwendung des Leitfadens‘)

FESTLEGUNG VON ANALYSEZIELEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	KONKRETISIERUNG
1. Einhaltung des Störstoffanteils der Sammelmasse eines Sammelfahrzeugs	
Ziel	Entscheidung über Annahme oder Abweisung der Sammelware bei der Kompostanlage
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion der Störstoffe im Outputmaterial (soweit eine Abscheidung oder Aussortierung nicht oder nur teilweise möglich ist) - Reduktion des Verschleißes von Aggregaten - Reduktion des Personalaufwands für manuelle Aussortierung
Relevante Fraktionen	- Störstoffe gesamt (ohne Unterteilung)
Zu analysierende Faktoren	Keine (Anm.: Sammelfahrzeug wird nach dem Zufallsprinzip oder bei vermutetem, hohem Störstoffanteil, ggf. auf Basis des Anwendungsfall 2 ausgewählt)
2. Beurteilung des Störstoffanteils nach Sammeltouren eines Abfallverbandes mit unterschiedlicher Siedlungsstruktur und Verteilung nach Sammelbehältnissen	
Ziel	- Monitoring bzw. Vergleich des Störstoffanteils nach Siedlungsstrukturen und Behältnisvolumen
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Anlagentechnische Ziele (siehe Anwendungsfall 1) - Gezielte Öffentlichkeitsarbeit nach Gebieten bzw. Liegenschaftstypen - Gezielte Auswahl für Hotspot-Analysen von Behältern
Relevante Fraktionen	Störstoffe nach Untergruppe 1, inkl. Kunststoffe (inkl. Kunststoffsäcke, die bei biologisch abbaubaren keinen Fehlwurf darstellen), Glas, Metalle und sonstige Störstoffe
Zu analysierende Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Bebauung bzw. Nutzung (Ein-/Mehrfamilienhäuser) nach Sammeltour, ggf. nach überwiegenden Anteilen - Verteilung der Behältnisvolumina nach Sammeltour (Anteile) <p>Anm.: Da bei diesem Anwendungsfall Gebiete (z.B. mit Ein- vs. Mehrfamilienhäusern) verglichen werden sollen, ist jedes Gebiet rechnerisch wie eine Schicht bzw. eine separate Grundgesamtheit aufzufassen. Das ist relevant für die folgende Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobemasse pro Grundgesamtheit.</p>

FESTLEGUNG VON ANALYSEZIELEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	KONKRETISIERUNG
3. Hochrechnung der Zusammensetzung der jährlichen Sammelmenge an biogenen Abfällen in einem Bundesland unter Berücksichtigung von Saison, Gemeindestrukturen und abfallwirtschaftlichen Maßnahmen	
Ziel	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring des Störstoffanteils nach Gemeinden und Siedlungsstrukturen - Ermittlung des Jahresgangs der Zusammensetzung - Anteile an vermeidbaren bzw. nicht vermeidbaren Lebensmittelabfällen
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring auf Landesebene (regionaler Vergleich sowie zeitlich, mit letzten und künftigen Analysen) - Berichtspflicht an den Bund bzgl. EU-Vorgaben zu Lebensmittelanteilen
Relevante Fraktionen	<ul style="list-style-type: none"> - Fraktionen nach Untergruppe 2 laut Tabelle 3 für Lebensmittelanalysen (Teilmenge der Analyse) - Gleiche Fraktionsliste für Störstoffanalysen, wobei die biogenen Abfälle aus Haushalt/Küche nicht unterteilt werden
Zu analysierende Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Sozio-ökonomische Charakteristik nach Gemeinden (Klassifikation lt. Anlage 1) - Saison (vegetationsarme bzw. -reiche Saison) - Bebauungstyp bzw. Nutzung der Liegenschaft (Ein- und Mehrfamilienhaus)
4. Monitoring der Verwendung von biologisch abbaubaren Kunststoffsäcken als Vorsammelhilfen im regionalen Vergleich sowie im Zeitverlauf	
Ziel	<ul style="list-style-type: none"> - Erhebung des Anteils an biologisch bzw. nicht biologisch abbaubaren Kunststoffsäcken
Nutzen	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring auf Abfallverbandsebene, ggf. Gemeindeebene - Gezielte Öffentlichkeitsarbeit (falls notwendig)
Relevante Fraktionen	<ul style="list-style-type: none"> - Nur Kunststoffsäcke (bei Verbund mit anderen Analysen, Nachsortierung von Fraktionen)
Zu analysierende Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Abfallverband - Gemeinde - Ggf. Struktur (z.B. im Falle von Nachsortierung im Verbund mit anderen Analysen)

2.2 Dimensionierung von Analysen

Regel 2: Auslegung und Dimensionierung der Analysen

Die Auslegung und Dimensionierung der erforderlichen Analysen nach Methoden lt. Tabelle 6 basiert auf der Konkretisierung der Untersuchungsziele (s. Tabelle 5).

Für jede relevante Fraktion bzw. Leitfraktion sind

- (1) die erforderliche Genauigkeit,
- (2) der erwartete Massenanteil auf Basis der letzten Analysen oder Analysen in vergleichbaren Regionen bzw., wenn nicht verfügbar, auf Basis der Richtwerte in Tabelle 7 festzulegen und
- (3) das Heterogenitätsmaß der Fraktion auf Basis von Daten aus vergleichbaren Analysen bzw., wenn nicht verfügbar, auf Basis der Richtwerte laut Tabelle 7 bzw. Tabelle 12 heranzuziehen.

Auf Basis Formel 1 bzw. Annex 4.2.4 ergibt sich die erforderliche Gesamtprobemasse je Ziel. Der höchste Wert aller Ziele ergibt die zu wählende Gesamtprobemasse.

Im Falle von Analysen auf Stückerbene (z.B. bei der Beurteilung des Anteils von biologisch bzw. nicht biologisch abbaubaren Kunststoffsäcken) ist die erforderliche Stückzahl auf Basis der erforderlichen Genauigkeit und dem erwarteten Stückanteil mit Formel 2 zu ermitteln.

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 **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 α und der Anzahl der zu vergleichenden Fraktionen f^2 mit der Formel

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

² 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.

Die **erforderliche, zu analysierende Stückzahl** kann auf Basis des zu erwarteten Fraktionsanteils a_f (hier abweichend als Stückanteil definiert), Konfidenzintervall KI_{abs} , dem Vertrauensniveau α 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. Am Beispiel von Kunststoffsäcken mit einer erforderlichen Stückzahl von 400 Stück, einer mittleren Stückmasse von 23 Gramm FM (Feuchtmasse inkl. Anhaftungen, lt. Voruntersuchung auf Basis von 309 Einzelproben) und einem angenommenen Massenanteil von 1,5 % FM ergibt sich eine erforderliche Gesamtprobemasse von $\frac{400 \cdot 0,023}{0,015} = 613$ bzw. gerundet 620 Kilogramm.

Die Beschreibung inklusive Tabelle 13 zum Ablesen der erforderlichen Gesamtprobemasse ist in Annex 4.2.4 ersichtlich. Tabelle 13 ist sinngemäß für die Ermittlung der erforderlichen Stückzahl anwendbar, wobei $u_f = 1$ zu setzen ist. Auf Richtwerte ist in Tabelle 7 verwiesen.

Tabelle 6: *Analysemethoden*

ANALYSEMETHODE	ZUGRIFFSEBENE (LT. REGEL 5)	RELEVANTE FRAKTIONEN
Sortieranalyse von biogenen Abfällen	Behälter (Tausch oder Umleerung)	Biogene Abfälle aus Garten und Haushalt (inkl. Untergruppen)
Störstoffanalyse mittels manueller Sortierung	Sammelfahrzeug (unverpresst, unverdichtet) oder Behälter	Störstoffe inkl. biologisch abbaubare Werkstoffe
Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen von Kunststoffen	Repräsentative Kunststoffprobe von Organik- oder Störstoffanalyse	Kunststoffe
Bestimmung des Polymertyps von Kunststoffen (auf Ebene von Stückzahl oder Masseanteil)	Repräsentative Kunststoffprobe von Organik- oder Störstoffanalyse	Kunststoffe

Tabelle 7: Richtwerte für Fraktionsanteile und Heterogenitätsmaße für ausgewählte Fraktionen und Fraktionsgruppen auf Basis der vollständigen Liste in Tabelle 12 (Annex 4.2.2.3)

FRAKTIONSGRUPPE BZW. FRAKTION	FRAKTIONSANTEIL RICHTWERT UND BEREICH FÜR STÄDTE AUF BASIS DER VORUNTERSUCHUNG	RICHTWERTE FÜR HETEROGENITÄTSMASSE (u_f) AUF BASIS DER VORUNTERSUCHUNG
Biogene Abfälle - Garten	15 % (0 % - 50 %)	11,2
Nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle (Küchenabfälle, Zubereitungsreste)	40 % (15 % - 55 %)	10,5
Vermeidbare Lebensmittelabfälle	35 % (20 % - 50 %)	9,0
Papier inkl. Hygienepapier	4 % (2 % - 9 %)	1,2
Störstoffe inkl. biologisch abbaubare Kunststoffsäcke	5 % (1 % - 10 %)	1,1
Kunststoffe (inkl. biologisch abbaubare Kunststoffsäcke)	2 % (1,5 % - 3 %)	0,3
Kunststoffsäcke (inkl. biologisch abbaubare Säcke)	1,5 % (0,5 % - 2 %)	0,2
Sonstige Störstoffe	2 % (1 % - 5 %)	1,4

Tabelle 8 zeigt Beispiele zur Auslegung der Analysen anhand der Berechnung der erforderlichen Gesamtprobemassen nach beispielhaften Anwendungsfällen. Für die Bemessung der gesamten Sortieranalyse ist der höchste Wert aller Unterziele relevant.

Tabelle 8: Auslegung von Analysen nach beispielhaften Anwendungsfällen (Fortsetzung von Tabelle 5)

AUSLEGUNG VON ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	KONKRETISIERUNG
1. Einhaltung des Störstoffanteils der Sammelmasse eines Sammelfahrzeugs	
Leitfraktion(en)	Störstoffanteil gesamt bzw. brutto inkl. Anhaftungen und Wassergehalt (inkl. biologisch abbaubarer Kunststoffsäcke)
Erwarteter Massenanteil	<p>Der akzeptierte Störstoffanteil ist ggf. auf Basis von Vertragsbestimmungen mit Verwertern und ggf. von gesetzlichen Vorgaben/Richtwerten festzulegen</p> <p>Annahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - >3 % FM Störstoffanteil führt zur Abweisung einer Charge, d.h. dem Inhalt jedes Sammelfahrzeugs bzw. jeder Sammeltour - Mittlerer Störstoffanteil von 1,5 %
Erforderliche Genauigkeit	Abweisung, wenn der Störstoffanteil nicht im Bereich von $\leq 3 \%$ (also $1,5 \% \pm 1,5 \%$) liegt
Heterogenitätsmaß (u_f)	1,1 lt. Richtwerte (Tabelle 7)
Erforderliche Gesamtprobemasse	<p>$m_{\text{erf}} = 252 \text{ kg}$ (für $a_f = 1,5 \%$ und $Kl_{\text{abs}} = 1,5 \%$ lt. Tabelle 13) . $1,1 (u_f) =$ 277 kg</p> <p>Anmerkung: Die Charge ist dann abzuweisen, wenn die Störstoffmasse 3 % FM der Gesamtprobenmasse, also 8,3 Kilogramm, übersteigt.</p>
2. Beurteilung des Störstoffanteils nach Sammelreisen eines Abfallverbandes mit unterschiedlicher Siedlungsstruktur und Verteilung nach Sammelbehältnissen	
Leitfraktion(en)	Störstoffanteil gesamt (wie Anwendungsfall 1)
Erwarteter Massenanteil	Annahme: 5 % lt. Tabelle 7
Erforderliche Genauigkeit	<p>$5 \% \pm 1,5 \%$</p> <p>Die Genauigkeit erlaubt signifikante Aussagen, wenn sich zwischen den Schichten Unterschiede ab 3 %, also das Doppelte der Genauigkeit ergeben</p>
Heterogenitätsmaß (u_f)	1,1 lt. Richtwerte (Tabelle 7)
Erforderliche Gesamtprobemasse	<p>Probemasse pro Schicht:</p> <p>$m_{\text{erf}} = 811 \text{ kg}$ (für $a_f = 5 \%$ und $Kl_{\text{abs}} = 1,5 \%$ lt. Tabelle 13) . $1,1 (u_f) =$ 892 kg</p> <p>Gesamtprobemasse:</p> <p>Bei 2 Schichten (z.B. Ein-/Mehrfamilienhäuser): $m_{\text{erf}} =$ 1.784 kg</p>

AUSLEGUNG VON ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGS- FÄLLEN	KONKRETISIERUNG
3. Hochrechnung der Zusammensetzung der jährlichen Sammelmenge an biogenen Abfällen in einem Bundesland unter Berücksichtigung von Saison, Gemeindestrukturen und abfallwirtschaftlichen Maßnahmen	
Leitfraktion(en)	<ul style="list-style-type: none"> - Störstoffanteil gesamt (s. Anwendungsfall 1) - Nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle - Vermeidbare Lebensmittelabfälle (als Gruppe)
Erwarteter Massenanteil	Alle Annahmen auf Landesebene (ohne Unterteilung): <ul style="list-style-type: none"> - Störstoffanteil: 3 % (Annahme eines niedrigeren Wertes, da Landgemeinden geringere Werte aufweisen dürften) - Nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle: 40 % - Vermeidbare Lebensmittelabfälle: 30 %
Erforderliche Genauigkeit	Auf Landesebene: <ul style="list-style-type: none"> - Störstoffanteil: 3 % ± 1,0 % (Anm.: Bei nachfolgenden Analysen können somit zeitliche Veränderungen als signifikant beurteilt werden, wenn sie im Bereich von 2 %-Punkten ausfallen) - Nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle: 40 % ± 5 % - Vermeidbare Lebensmittelabfälle: 30 % ± 5 % Auf Ebene der Teilgesamtheiten (z.B. sozio-ökonomische Schichten, Saison) können weitere Genauigkeitsanforderungen im Sinne von Schichten definiert werden.
Heterogenitätsmaß (u_f)	Richtwerte lt. Tabelle 7: <ul style="list-style-type: none"> - Störstoffe (gesamt): 1,1 - Nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle: 10,5 - Vermeidbare Lebensmittelabfälle: 9,0
Erforderliche Gesamtprobemasse	Gesamtprobemasse auf Landesebene lt. Tabelle 13: <ul style="list-style-type: none"> - Störstoffe: $m_{\text{erf}} = 1.118$ (für $a_f = 3\%$ und $K_{\text{labs}}=1,0\%$) . $1,1 (u_f) = \mathbf{1.230\ kg}$ - Nicht vermeidbare Lebensmittelabf.: $m_{\text{erf}} = 576$ für $a_f = 40\%$ und $K_{\text{labs}}=4\%$. $10,5 (u_f) = \mathbf{6.048\ kg}$ - Vermeidbare Lebensmittelabfälle: $m_{\text{erf}} = 504$ (für $a_f = 30\%$ und $K_{\text{labs}}=4\%$). $9,0 (u_f) = \mathbf{4.536\ kg}$ Je nach Analyseverfahren ergeben sich folgende Gesamtprobemassen: <ul style="list-style-type: none"> - Störstoffanalyse: $m_{\text{erf}} = \mathbf{1.230\ kg}$ - Organikanalyse: $m_{\text{erf}} = \mathbf{6.048\ kg}$ (Anm.: Größter Wert wird herangezogen) Da Organikanalysen den Umfang von Störstoffanalysen beinhalten, beträgt die erforderliche Gesamtprobemasse 6.048 kg .

AUSLEGUNG VON ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGS- FÄLLEN	KONKRETISIERUNG
4. Monitoring der Verwendung von biologisch abbaubaren Kunststoffsäcken als Vorsammelhilfen im regionalen Vergleich sowie im Zeitverlauf	
Leitfraktion(en)	Kunststoffsäcke
Erwarteter Massenanteil	Annahme auf Basis von Abschätzungen oder früheren Analysen Annahme: 35 %
Erforderliche Genauigkeit	40 % ± 5 % (Anm.: Damit können später Änderungen von 10 % als signifikant gezeigt werden.)
Erforderliche Gesamtprobemasse	Ablesen aus der Tabelle 13: Erforderliche Stückzahl: n_{erf} = 369 (für a _f = 40 % und Kl _{abs} =5 %) lt. Formel 2 Unter Annahme einer Stückmasse von 23 Gramm FM (Feuchtmasse inkl. Anhaftungen, lt. Voruntersuchung auf Basis von 309 Einzelproben) und einem angenommenen Massenanteil von 1,5 % FM ergibt sich eine erforderliche Gesamtprobemasse von $\frac{369 \cdot 0,023}{0,015} = 566$ bzw. gerundet 570 Kilogramm .

Regel 3: Unterteilung von Grundgesamtheit und Gesamtprobemasse

Die Grundgesamtheit ist nach allen Faktoren zu unterteilen, für die Genauigkeiten sowie Probemassen nach Schichten im Sinne von Tabelle 8 einzuhalten sind.

Ist die Repräsentativität einer Region gefordert, ist auf Gemeindeebene nach relevanten sozio-ökonomischen Klassen (Tabelle 4) sowie innerhalb von Gemeinden nach Bebauungstyp auf Liegenschaftsebene oder nach vorwiegendem Bebauungstyp einer Sammeltour (Tabelle 4) zu unterteilen.

Ist die Repräsentativität im Jahresmittel gefordert, ist die jährliche Sammelmenge nach der vegetationsarmen und vegetationsreichen Saison zu unterteilen, wobei mindestens zwei entsprechende Analysedurchgänge durchzuführen sind.

Die Verteilung der Sammelmenge nach Unterteilungen ist nach Maßgabe der Datengrundlagen so detailliert wie notwendig³ darzustellen. Die erforderliche Gesamtprobemasse ist den Unterteilungen aufkommensaliquot zuzuordnen.

Je Unterteilung ist pro angefangenen 250 Kilogramm Gesamtprobemasse eine qualifizierte Stichprobe zu ziehen (in Anlehnung an Kehres et al., 2017). Entfällt auf eine Unterteilung weniger als 125 Kilogramm Probemasse, kann diese Unterteilung mit einer Unterteilung mit zu erwartender, ähnlicher Zusammensetzung zusammengelegt werden.

Tabelle 9 zeigt die Unterteilung von Grundgesamtheit und Gesamtprobemasse anhand von Musterberechnungen für beispielhafte Anwendungsfälle.

Tabelle 9: Unterteilung von Grundgesamtheit und Probemasse nach beispielhaften Anwendungsfällen (Fortsetzung von Tabelle 8)

UNTERTEILUNG DER GRUNDGESAMTHEIT NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	KONKRETISIERUNG
1. Einhaltung des Störstoffanteils der Sammelmasse eines Sammelfahrzeugs	
Unterteilung der Grundgesamtheit und Zuteilung der Probemasse nicht erforderlich	
2. Beurteilung des Störstoffanteils nach Sammeltouren eines Abfallverbandes	
Unterteilung der Grundgesamtheit	Unterteilung auf Basis von <ul style="list-style-type: none"> - jährlichen Sammelmengen nach Sammeltouren (ggf. im Jahresverlauf) - Verteilung nach Ein-/Mehrfamilienhäuser sowie Behältnisvolumina nach Sammeltouren (nach überwiegendem Anteil)

³ Die Verteilung der Sammelmenge ist so detailliert wie notwendig, aber explizit **nicht** wie möglich darzustellen. Es ist nicht ratsam, die Unterteilung der Grundgesamtheit nach einer großen Anzahl an Schichtungskriterien vorzunehmen, da der Mehraufwand für eine allfällige Datenerhebung nicht in Relation zum zusätzlichen Informationsgewinn für die Erstellung eines ausgewogenen Stichprobenplans steht.

UNTERTEILUNG DER GRUNDGESAMTHEIT NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	KONKRETISIERUNG
	<ul style="list-style-type: none"> - ggf. Berücksichtigung von unterschiedlichen Füllgraden nach Behältervolumina
Zuteilung der Probemasse nach Unterteilungen	Bei repräsentativer Probenahme: Aufkommensaliquot Bei Schichtung: <ul style="list-style-type: none"> - Für Unterteilungen mit Genauigkeitsanspruch entsprechend der erforderlichen Probemasse. - Für alle anderen Unterteilungen: Repräsentative Verteilung (aufkommensaliquot)
Aufteilung der Gesamtprobemasse	Aufteilung der qualifizierten Stichproben nach Schichten Bei 892 kg Probemasse pro Schicht → 4 qualifizierte Stichproben zu je 223 kg (= 1 qualifizierte Stichprobe pro angefangenen 250 Kilogramm)
3. Hochrechnung der Zusammensetzung der jährlichen Sammelmenge an biogenen Abfällen in einem Bundesland unter Berücksichtigung von Saison, Gemeindestrukturen und abfallwirtschaftlichen Maßnahmen	
Unterteilung der Grundgesamtheit	<ul style="list-style-type: none"> - Unterteilung sinngemäß wie Anwendungsfall 2, jedoch mit mehreren Faktoren
Zuteilung der Probemasse nach Unterteilungen sowie Probenzuteilung	Wie bei Anwendungsfall 2
4. Monitoring der Verwendung von biologisch abbaubaren Kunststoffsäcken als Vorsammelhilfen im regionalen Vergleich sowie im Zeitverlauf	
Unterteilung der Grundgesamtheit und Zuteilung der Probemasse nicht erforderlich	

Regel 4: Detailplanung der Analyse zur Spezifikation der Leistungen

Die Leistungen der Gesamtanalyse sind so konkret wie möglich zu spezifizieren, insbesondere

(1) die Probenahmeplanung inklusive Datenerhebung und Zufallsauswahl nach Gebieten und Liegenschaften entsprechend gewählter Faktoren,

(2) Probenahme inklusive Zugriffsebene mit zu ziehender Gesamtprobemassen und Anzahl und Masse nach qualifizierten Stichproben und Einzelstichproben nach Unterteilungen,

(3) Störstoff- und Organikanalysen mit zu analysierenden Gesamtprobemassen sowie Masse und Anzahl an Einzelstichproben nach Unterteilungen nach Fraktionskatalog,

(4) Detailanalysen zu Anhaftungen und Kunststoffanalytik mit zu analysierender Masse und Stückzahl der Teilproben und

(5) Ergebnisauswertung mit optionaler beschreibender Statistik und Hochrechnung der Fraktionsanteile.

Tabelle 10 zeigt die Darstellung des Leistungsumfangs für Analysen anhand von beispielhaften Anwendungsfällen.

Tabelle 10: Leistungsumfang für Analysen nach beispielhaften Anwendungsfällen (Fortsetzung von Tabelle 9)

LEISTUNGSUMFANG FÜR ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	ECKDATEN (FIKTIVE BEISPIELE)
1. Einhaltung des Störstoffanteils der Sammelmasse eines Sammelfahrzeugs	
Probenahme	Probenahme aus dem Haufen (lt. Regel 8)
Störstoffanalyse	Bis zu 265 kg Probemasse pro Sammelfahrzeug (s. Tabelle 8)
Ergebnisauswertung	Vereinfachte Auswertung (ohne Berücksichtigung der Konfidenzintervalle)
2. Beurteilung des Störstoffanteils nach Sammeltouren eines Abfallverbandes	
Probenahmeplanung	<ul style="list-style-type: none"> - Erhebung von Sammelmengen nach Unterteilungen mit relevanten Faktoren lt. Tabelle 4 - Geschichtete Zufallsauswahl der zu ziehenden Sammeltouren - Ermittlung der Probemasse nach Unterteilungen (s. Tabelle 8)
Probenahme	<ul style="list-style-type: none"> - Abholung von biogenen Abfällen von 4 Sammelrouten mit je einem Sammelfahrzeug ohne Pressung bzw. Verdichtung in Abstimmung mit Entsorgungsunternehmen (Aufgrund der geringeren Ladekapazität ist nur die Abholung einer Teilmenge möglich) - Probenahme aus vier qualifizierten Stichproben á ca. 223 Kilogramm aus dem Haufen (lt. Regel 8)
Störstoffanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - Sortierung von Störstoffen gemäß Sortierkatalog lt. Tabelle 5 - Gesamtprobemasse: 892 kg

LEISTUNGSUMFANG FÜR ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	ECKDATEN (FIKTIVE BEISPIELE)
	<ul style="list-style-type: none"> - Sortierung und Dokumentation nach ca. 23 bis 30 Einzelproben (Einzelprobenmasse von 30 bis 40 kg mittels Ziehung aus dem Haufen lt. Regel 6)
Ergebnisauswertung	<ul style="list-style-type: none"> - Ergebnisauswertung lt. Regel 13, Pkt. 1 und 2 - Keine Hochrechnung erforderlich, wenn Repräsentativität nicht gefordert ist
3. Hochrechnung der Zusammensetzung der jährlichen Sammelmenge an biogenen Abfällen in einem Bundesland	
Probenahmeplanung	<ul style="list-style-type: none"> - Erhebung von Sammelmengen nach Unterteilungen mit relevanten Faktoren lt. Tabelle 4 unter Verwendung der sozio-ökonomischen Klassifikation der Gemeinden in Anlage 1 - Berücksichtigung von zwei Analysedurchgängen mit festgelegten Zeiträumen der möglichen Probenahme - Geschichtete Zufallsauswahl der zu beprobenden Gebiete für jeden Analysedurchgang - Ermittlung der Probemasse nach Unterteilungen (s. Tabelle 8) inklusive jeweiliger Anzahl und Masse der qualifizierten Proben - Zufallsauswahl von Liegenschaftsadressen (inkl. Ersatzadressen), die vom Auftraggeber zur Verfügung zu stellen sind
Probenahme	<ul style="list-style-type: none"> - Probenahme von Liegenschaften aus festgelegten Sammeltouren bzw. -bezirken (d.s. qualifizierte Stichproben) - Abholung von Sammelbehältern (d.s. Einzelstichproben) mittels Behältertausch lt. Regeln 5 und 8 (alternativ Umleerung) mit Markierung der Proben-ID - Probenahme von ca. 250 Behältern bzw. Einzelstichproben unter der Annahme von 6,3 Tonnen Gesamtprobemasse und ca. 25 Kilogramm Einzelprobenmasse (Bei Ziehung von Behältern entspricht eine Einzelstichprobe lt. Regel 8 einem Behälter)
Störstoffanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - Sortierung von Störstoffen gemäß Sortierkatalog lt. Tabelle 3 - Erforderliche Gesamtprobemasse von 6.048 kg unter Einhaltung von Mindestmassen pro Unterteilungen (zwecks Repräsentativität) - Sortierung und Dokumentation nach ca. 250 Einzelstichproben lt. Regel 9
Ergebnisauswertung	<ul style="list-style-type: none"> - Ergebnisauswertung lt. Regel 13 - Hochrechnung der Fraktionsanteile und Vergleich nach Schichten und Faktoren inklusive Ermittlung von Konfidenzintervallen
4. Monitoring der Verwendung von biologisch abbaubaren Kunststoffsäcken als Vorsammelhilfen im regionalen Vergleich sowie im Zeitverlauf	
Probenahmeplanung und Probenahme	Da Detailanalysen in der Regel auf Störstoff- oder Organikanalysen aufbauen, in Zuge derer Teilproben gezogen werden, ist keine separate Probenahmeplanung und Probenahme dargestellt.

LEISTUNGSUMFANG FÜR ANALYSEN NACH BEISPIELHAFTEN ANWENDUNGSFÄLLEN	ECKDATEN (FIKTIVE BEISPIELE)
Analyse des Polymertyps von Kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> - Manuelle Positivsortierung der Kunststoffsäcke im Zuge der Nachsortierung des Fraktionsoutputs von Organik- oder Störstoffanalysen - Positivsortierung lt. Regel 12 auf Basis des Polymertyps laut RIC bzw. EN 13432-Logos zur biologischen Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit - Für nicht zuordenbare Säcke: Identifizierung z.B. mittels Fourier Transform Infrarot (FTIR)- Spektroskopie
Ergebnisauswertung	<ul style="list-style-type: none"> - Ergebnisauswertung lt. Regel 13 inkl. Konfidenzintervalle nach Stückanteilen

2.3 Probenahmeplanung

Regel 5: Zugriffsebene für die Probenahme

Für Organikanalysen zur Bestimmung der Zusammensetzung von biogenen Abfällen aus Haushalt und Garten ist die Probenahme aus Behältern erforderlich, wobei jede Umlagerung (inkl. Umleerung) zu vermeiden ist. Der Behältertausch ist empfohlen.

Bei Störstoffanalysen kann die Probenahme aus dem Sammelfahrzeug erfolgen, wobei bei der Sammlung mit Trommel- oder Pressfahrzeugen das Sammelgut nicht verdichtet oder verpresst werden darf.

Regel 6: Masse der Einzelstichprobe

Bei Probenahme aus Behältern soll eine Einzelstichprobe ein Sammelbehältnis (Sack oder Sammelbehälter) umfassen, wobei Sammelbehältnisse mit geschätztem Füllgrad unter 25 % oder unter 5 Kilogramm Sammelmasse aggregiert werden dürfen.

Bei Probenahme aus dem Sammelfahrzeug bzw. Haufen soll die Masse der Einzelstichprobe als Richtwert 30 bzw. 40 Kilogramm nicht unter- bzw. überschreiten.

Als Kriterium für die Masse der Einzelstichprobe werden die Abmessungen (bzw. Länge der Längsachse) der größten Einzelteile in Anlehnung an ÖNORM S 2127 herangezogen, wobei die Fraktion „biogene Abfälle aus dem Garten“ in der Regel relevant ist. Auf Basis von Schätzungen der Größenverteilung nach Fraktionen wird der Richtwert eingegrenzt. Werden Einzelstichproben mit deutlich größerer Masse, z.B. aggregierte Proben mit mehr als 100 kg

gezogen, sinkt die Effizienz der Analyse⁴, da die Information zur Heterogenität der Stichproben innerhalb eines Sammelbezirks (d.h. qualifizierte Stichprobe) sowie zur Heterogenität zwischen Sammelbezirken verschiedener Gemeinden im Zuge der Reduktion der Probenanzahl auch reduziert wird.

Regel 7: Probenanzahl und Zufallsauswahl von zu beprobenden Sammelrouten

Die Anzahl der zu beprobenden Sammelrouten (d.h. qualifizierten Stichproben) ist auf Basis der Unterteilung der Grundgesamtheit so durchzuführen, dass die Masse der Einzelstichproben (als Teil der jeweiligen qualifizierten Stichproben) das Bioabfallaufkommen massenaliquot repräsentiert. Die Anzahl der Einzelstichproben pro qualifizierter Stichprobe ergibt sich aus der Masse pro Einzelstichprobe laut Regel 6.

Die Auswahl der Sammelrouten hat nach dem geschichteten Zufallsprinzip (z.B. gemäß ÖNORM S 2127) zu erfolgen, wobei die Wahrscheinlichkeit der Ziehung mit steigendem Abfallaufkommen linear zunimmt und die Schichtung jedenfalls nach der Siedlungsstruktur (z.B. vorwiegenden Anteil an Ein- bzw. Mehrfamilienhäusern) zu erfolgen hat.

Ist die Probenahme bei einer gezogenen Sammelroute aus logistischen Gründen nicht möglich, ist eine nachgereichte Sammelroute zu wählen. Im Rahmen dieses Leitfadens wird festgelegt, dass die Stichprobenauswahl zur Förderung der Repräsentativität und zur Berücksichtigung der räumlichen Streuung als mehrstufig geschichtete Stichprobe zu erfolgen hat. Sammelrouten sind nach dem Zufallsprinzip zu wählen. Dabei ist die Probenahmeplanung vorausschauend auf Entleerungstermine laut der jeweiligen Abfuhrordnung auszurichten. Sollte die zu beprobende Sammelroute nicht oder mit hohem Mehraufwand durchführbar sein, ist eine weitere Sammelroute in der gleichen Gruppe nach dem Zufallsprinzip auszuwählen. Um eine ausreichende Repräsentativität zu gewährleisten, ist eine Zufallsauswahl auf jeden Fall erforderlich.

⁴ Eine Verdreifachung der Probengröße jeder einzelnen Stichprobe (z.B. 100 kg statt 33 kg) bewirkt eine Verdoppelung des Variationskoeffizienten des verwendeten Heterogenitätsmaßes bei unveränderter Gesamtprobenmasse (s. Annex 3.2).

2.4 Durchführung von Probenahme und Sortierung

Regel 8: Beprobung aus Sammelfahrzeugen bzw. -behältnissen

Die Beprobung aus Sammelfahrzeugen erfolgt durch Ziehung von Einzelstichproben aus dem Haufen. Die Stichproben sind mittels Zufallsauswahl, z.B. gemäß ÖNORM S 2127, zu ziehen, wobei die Probenahmegefäße bzw. die Probenahme selbst auf die größten Fraktionen ausgelegt sein müssen.

Die Beprobung von Behältnissen gemäß Regel 5 erfolgt durch Zufallsauswahl und Ziehung von Einzelbehältern, um Proben mit geeigneter Größe laut Regel 6 zu erhalten.

Probenahme aus Haufen erfolgt repräsentativ nach Zufallsauswahl, wobei anhand eines Rasters mit zufällig ermittelten Feldern gezogen werden kann.

Regel 9: Sortierung und Dokumentation

Die Sortierung nach Zusammensetzung von biogenen Abfällen aus Haushalt und Garten hat manuell zu erfolgen. Die Dokumentation der Probenahmen und Sortierung hat anhand von Probenahme- und Sortierprotokollen zu erfolgen. Die Sortierung hat auf Basis des Sortierkatalogs inklusive Zuordnungsliste laut Annex 4.1 zu erfolgen, wobei die Fraktionsliste je nach Untersuchungsziel auf Hauptgruppen- oder Untergruppenebene unterschiedlich detailliert sein kann.

Vorsammelhilfen werden dabei zwecks Trennung von Inhalt und Vorsammelhilfe entleert und hierzu, wenn notwendig, zerschnitten. Das gilt sinngemäß auch für Störstoffanalysen, um im Fall von Störstoffabtrennung mit Harken oder Rechen den Großteil der Restinhalte nicht dem Brutto-Störstoffanteil zuzuordnen.

Grundsätzlich ist der nicht identifizierbare Sortierrest so gering wie technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar zu halten. Der Massenanteil des Sortierrestes darf maximal 3 % bezogen auf die gesamte Probenmasse betragen. Einzelproben mit hohem Anteil an nicht identifizierbarem Sortierrest (> 10 %) sind fotografisch zu dokumentieren.

Im Zweifelsfall gilt bei der Probenahme sowie bei der Sortierung: Proben, die aus Gründen der Arbeitssicherheit nicht gezogen oder sortiert werden können, sind zu verwerfen (z.B. Gefährdung durch gefährliche Abfälle und spitze Gegenstände). Die Probe ist in diesem Fall zu ersetzen. Das Umfeld des Probenahmeortes und die Probenahme sind zu dokumentieren. Der Sortierkatalog darf um Kategorien unterhalb der Untergruppe 2 laut Annex 4.1 erweitert werden.

Die Dokumentation hat folgende Informationen zu enthalten (vgl. Abbildung 1):

- Identifikationscode der qualifizierten Stichprobe sowie der Einzelstichprobe
- Gemeinde inkl. Schichtzuordnung bzw. Sammelbezirk inkl. Angaben zur Siedlungsstruktur bei Städten mit zahlreichen (>10) Sammelbezirken inklusive Angaben zu Ein- und Mehrfamilienhäusern, Betrieben und öffentliche Gebäuden (z.B. Schulen)
- Datum der Sammlung bzw. Entleerung (Abfuhrtermin)
- Datum der Probenahme und Sortierung
- Entleerungsintervall
- Ggf. Information zu den Sammelgebinden (wenn erhebbar, auch ex post)
- Ggf. Information zum Sammelfahrzeug (geschätzte Ladekapazität)
- Bei Beprobung von Sammelfahrzeug bzw. Haufen
 - Anmerkungen zum Material
 - Anmerkungen bei abweichender Beprobung
- Bei Beprobung von Behältnissen:
 - Adresse (Straße/Gasse inkl. Hausnummern)
 - Typ und Volumen des Sammelbehältnisses
 - Füllgrad des Gebindes (lt. Schätzung)
 - Probenahme bezüglich Entnahme mittels Umleerung oder Behältertausch, (Aggregation kleiner Behälter) und Art und Anzahl der aggregierten Behälter.

Abbildung 1: Muster-Probenahmeprotokoll für eine Bioabfallanalyse

Muster – Probenahmeprotokoll Bioabfallanalyse 2020				
Probennummer / ID-C	«ProbenID» «Teilprobe_»			
Datum	25.02.2020	Uhrzeit der Probenahme		
Probennehmer/In				
Ort der Probenahme	Gemeinde ID	A-«PLZ» «Gemeinde»		
	Straßenbezeichnung	«Straßenbezeichnung_1»		
	Hausnummer	«HausNr»		
Ersatzadresse, wenn nötig (Vermerk des Grundes in den Anmerkungen)				
Ort der Probenahme (nur bei Ersatzadressen)	Gemeinde ID			
	Straßenbezeichnung			
	Hausnummer			
Informationen über Art / Herkunft des Bioabfalls				
Abfuhrtag / Intervall	«Intervall»			
Art der Liegenschaft	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Betrieb	nicht bekannt
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Tourismus/Hotel/Gastronomiebetrieb	Schulen/öffentliche Einrichtungen		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Schichtzuordnung	städtisch <input checked="" type="checkbox"/>			
Informationen zur Probenahme				
beprobtes Gebinde	Behälter			
	60 l	80 l	120 l	240 l
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Füllgrad des beprobten Gefäßes (in %) %			
Art der Probenahme	gesamter Behälter ist Stichprobe			
	Behältertausch	Umleerung		
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Datum der Anlieferung der Probe				
sonstige Anmerkungen (Abweichungen vom Probenahmeplan, Behälter verworfen / Ersatzbehälter gewählt, etc.)				

grün = MUSS Felder zum Ausfüllen

orange = optional, bei Bedarf einer Ersatzadresse

Regel 10: Kontrolle der Probenmasse pro Stichprobe

Die Summe der Massen der Einzelfraktionen einer Einzelstichprobe ist unmittelbar nach der Sortierung mit der ursprünglichen Einzelstichprobenmasse zu vergleichen. Die Abweichung dieser beiden Werte sollte so gering wie möglich gehalten werden und 3 % der Feuchtmasse der Einzelstichprobe nicht überschreiten. Bei sehr feuchten Proben wird eine Abweichung von bis zu 6 % der Feuchtmasse der Einzelstichprobe toleriert (in Anlehnung an ÖNORM S 2097-4).

Regel 11: Ermittlung von Wassergehalt und Anhaftungen an Kunststoffen

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 Bestimmung von Trockenmasse, Wassergewicht und Masse der Anhaftungen erfolgt für Kunststoffproben, wobei jede Kunststoffprobe im Rahmen dieses Leitfadens die Gesamtheit einer zu untersuchenden Fraktion einer Einzelstichprobe im Rahmen einer Sortieranalyse umfasst. Je nach Fragestellung können Kunststoffsäcke, -folien oder sonstige Behältnisse aggregiert oder auf Ebene der einzelnen Kunststoffteile analysiert werden.

Kunststoffproben sind möglichst luftdicht in Probenahmegebinde (z.B.: Säcke oder Boxen) zu verpacken und bereits am Sortierstandort abzuwiegen. Die Analyse des Wassergehaltes (Wassergewicht in % FM) erfolgt mit Hilfe einer Waage (± 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.

Als Orientierungswerte für den Massenanteil von Wassergehalt und Anhaftungen an verschiedenen Fraktionen bei der Ziehung aus Sammelfahrzeugen können Ergebnisse von mehrjährigen Bioabfallanalysen im Bezirk Neunkirchen von Fritz (2020) in Tabelle 11 herangezogen werden. Hier ist zu berücksichtigen, dass bei der Ziehung aus Sammelfahrzeugen (in diesem Fall teilweise Trommelfahrzeugen) höhere Gewichtsanteile von Wassergewicht und Anhaftungen der Feuchtmasse zu erwarten sind als bei der Ziehung aus Behältern im weitgehend unverpressten Zustand.

Tabelle 11: Brutto- und Nettomassen bei Bioabfallanalysen im Bezirk Neunkirchen 2017 bis 2020 mit Ziehung aus dem Sammelfahrzeug nach Fraktionen (Quelle: Fritz, 2020, mit freundlicher Genehmigung der RHV Grüne Tonne GmbH)

FRAKTION	BRUTTO-MASSEN 2017-2020 GESAMT [MASSE-%]	GEWICHTSVERLUST NACH REINIGUNG UND TROCKNUNG [ANTEIL IN %]	NETTO-MASSEN 2017-2020 GESAMT [MASSE-%]
Verpackungen	1,80	-	0,68
Holz VP	0,01	39,70	0,01
Biogene VP	0,10	64,69	0,04
Keramik, Textil VP	0,01	-	0,01
Fe-Getränke VP	0,00	-	0,00
Fe-sonst. VP	0,03	8,47	0,03
Al-Getränke VP	0,02	46,99	0,01
Al-sonst. VP	0,03	40,72	0,02
Papier/Karton VP	0,17	72,33	0,05
PET-Getränke VP (alle Farben)	0,04	8,95	0,04
sonst. KST-Getränke VP	0,02	37,77	0,01
sonst. KST VP	1,14	73,63	0,30
GVK (Tetra Pak)	0,02	16,25	0,02
sonst. MV VP	0,11	46,56	0,06
Weißglas - Getränke VP	0,01	0,35	0,01
Weißglas - sonst. VP	0,07	1,99	0,06
Buntglas - Getränke VP	0,02	1,15	0,02
Buntglas - sonst. VP	0,01	-	0,01
Biogene Abfallsäcke NVP	0,52	83,13	0,09
Papier/Karton NVP	0,18	42,47	0,10
Nichtverpackungen	98,20	-	99,32
Holz behandelt NVP	0,11	-	0,11
Inertes, Steine	2,41	-	2,41
MET NVP	0,07	-	0,07
KST NVP	1,10	73,62	0,29
Restmüll, Sonstiges	2,87	63,54	1,04
Biogene Abfälle	90,94	-	95,21
Summe	100,00	-	100,00

Regel 12: Bestimmung des Polymertyps von Kunststoffen

Zur Bestimmung des Polymertyps sind alle Kunststoffteile auf RIC (Resin Identification Code, s. Abbildung 2) und Logos zur biologischen Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit auf Basis EN 13432 (s. Abbildung 3) zu untersuchen, wobei der Code augenscheinlich bei der Sortieranalyse erkannt werden kann. Polymere der Typen 1 bis 6 nach RIC können hierbei eindeutig als nicht biologisch abbaubar und nicht kompostierbar eingestuft werden. Kann kein Code gefunden werden, wird ein Stück des Kunststoffteiles ausgeschnitten und z.B. mittels Fourier Transform Infrarot (FTIR)- Spektroskopie und einer Spektren-Datenbank identifiziert.



Abbildung 2: Resin Identification Code (Quelle: <https://openclipart.org>)

Für die Bestimmung des Polymertyps in Hinblick auf die biologische Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit ist die EN 13432 und die diesbezüglichen Logos, die in Österreich verwendet werden, relevant (s. Abbildung 3).

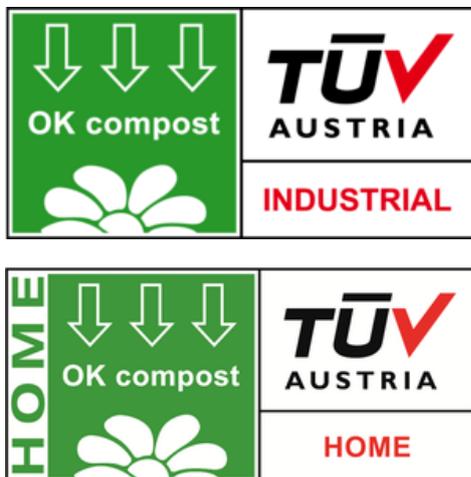


Abbildung 3: Beispiele für in Österreich verwendete Logos für biologisch abbaubare und kompostierbare Produkte gemäß EN 13432: OK compost INDUSTRIAL, OK compost HOME und Seedling (Quelle: TÜV®, <https://www.tuv-at.be/de/green-marks/zertifizierungen/ok-compost-seedling/>)

Der Vergleich mit der Spektren-Datenbank ergibt meist mehrere Treffer (mehrere Polymertypen), von denen aber nur jener mit der höchsten Übereinstimmung gewertet wird. Die beiden Identifikationsmethoden (RIC und FTIR) kommen teils zu unterschiedlichen detaillierten Ergebnissen, wobei z.B. eine Differenzierung von Polyethylen nach LDPE und HDPE oft nicht als relevant zu sehen ist. Diesbezüglich ist es z.B. möglich, LDPE von HDPE anhand der

RIC zu identifizieren, während durch FTIR eine derart genaue Unterscheidung nicht möglich ist. Im Regelfall ist eine Differenzierung nach biologischer Abbaubarkeit und Polymergruppe (PE, PP etc.) ausreichend.

2.5 Ergebnisauswertung

Regel 13: Ergebnisauswertung

Die Auswertungen der Sortieranalysen im Rahmen von Störstoffanalysen und Analysen der Zusammensetzung von biogenen Abfällen 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 qualifizierten Stichproben und Einzelstichproben inklusive der Verteilung des Behälterfüllgrads laut Schätzung im Rahmen der Probenahme 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.

Falls Polymertypen (z.B. nach biologischer Abbaubarkeit) bestimmt werden, erfolgt die Auswertung auf Stückerbene auf Basis des Urnenmodells (Binomialverteilung) gemäß Annex 4.2.

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 Annex 4.2 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

3 Quellen

- Amt der Oberösterreichischen Landesregierung. (2017). Oberösterreichischer Abfallwirtschaftsplan 2017 - Abfall ist wertvoll. Retrieved from Linz: www.land-oberoesterreich.gv.at/Publikationen
- Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) e.V. (2018a). Chargenanalyse - Bestimmung der Sortenreinheit einer Fahrzeugladung von Biogut. Retrieved from Köln-Gremberghoven: https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Themen/Methoden/5.6.1_Chargenanalyse.pdf
- Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) e.V. (2018b). Gebietsanalyse - Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut eines Entsorgungsgebietes. Retrieved from Köln-Gremberghoven: https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Themen/Methoden/5.6.1_Gebietsanalyse.pdf
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. (2019). Abfall-Trenn ABC. In. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.
- Fritz, G. (2020). Endbericht zur Durchführung von Biomüll-Analysen des Sammelmaterials der Grünen Tonne im Bezirk Neunkirchen für das Kalenderjahr 2020 im Auftrag der RHV Grüne Tonne GmbH.
- Kaspar G. (2019, 11.12.2019). [Impfschutz für Bioabfall-Sortierungen].
- Kehres, B., Günther, M., & Baumann, J. (2017). Methodenentwicklung zur Bestimmung der Sortenreinheit von Bioabfällen. Retrieved from Köln: https://www.kompost.de/fileadmin/user_upload/Dateien/HUK-Dateien/2018/Q2_2018/Abschlussbericht-final.pdf
- Kranert, M., Fritzsche, A., Böhme, L., & Gottschall, R. (2016). Einflussgrößen auf die separate Bioguterfassung unter besonderer Berücksichtigung der Qualität. Paper presented at the 13. Recy & DepoTech 2016, Leoben, Österreich.
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall. (2001). LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen. In (Vol. LAGA PN 98). Mainz: Vorsitz der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).
- Schneider, F., & Lebersorger, S. (2009). Untersuchung der Lebensmittel in einer oberösterreichischen Region. Retrieved from https://www.land-oberoesterreich.gv.at/files/publikationen/US_lebensmittel_restmuell.pdf
- Technische Arbeitsgruppe Sortieranalysen. (2017). Leitfaden für die Durchführung von Restmüll-Sortieranalysen. Retrieved from Wien:
- Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die getrennte Sammlung biogener Abfälle, (1992).
- Zwisele, B. (2004) Entwicklung einer neuen Probenahmemethode für heterogene Abfälle geringer Schüttdichte. Dissertation; TU Berlin; Rhombus-Verlag.

4 ANNEX

4.1 Relevante Abfallströme und Fraktionskatalog

Der vorliegende Leitfaden ist auf **biogene Abfälle** anzuwenden. Biogene Abfälle im Sinne der BioabfallVO (BGBl. Nr. 68/1992 idF BGBl. Nr. 456/1994) sind, sofern § 2 BioabfallVO nicht anderes bestimmt, nachstehend genannte Abfälle, die auf Grund ihres hohen organischen, biologisch abbaubaren Anteils für die aerobe und anaerobe Verwertung besonders geeignet sind:

1. natürliche, organische Abfälle aus dem Garten- und Grünflächenbereich, wie insbesondere Grasschnitt, Baumschnitt, Laub, Blumen und Fallobst;
2. feste pflanzliche Abfälle, wie insbesondere solche aus der Zubereitung von Nahrungsmitteln;
3. pflanzliche Rückstände aus der gewerblichen und industriellen Verarbeitung und dem Vertrieb land- und forstwirtschaftlicher Produkte;
4. Papier, sofern es sich um unbeschichtetes Papier, welches mit Nahrungsmitteln in Berührung steht oder zur Sammlung und Verwertung von biogenen Abfällen geeignet ist, handelt.

Nach den Vorgaben der **AbfallverzeichnisVO**, des aktuellen Abfallverzeichnisses und Auskunft des Umweltbundesamtes (2020) sind biogene Abfälle den Schlüsselnummern 92401 mit der Abfallbezeichnung „Mischungen von Abfällen der Abfallgruppen 924 und 921, die tierische Anteile enthalten, zur Kompostierung“ oder 92450 mit der Abfallbezeichnung „Mischungen von Abfällen der Abfallgruppen 924 und 921, die tierische Anteile enthalten, zur Vergärung“ zuzuordnen. Sind tierische Anteile von der Sammlung ausgeschlossen, könnte durchaus auch die Schlüsselnummer 92101 „Mischungen von Abfällen der Abfallgruppe 921, zur Kompostierung“ zugeordnet werden.

4.1.1 Sortierfraktionen

Um die betrachteten Fraktionen eindeutig und einheitlich klassifizieren zu können, wurde ein allgemein gültiger und im Zuge der Umsetzung des vorliegenden Leitfadens anzuwendender **Sortierkatalog** inklusive der entsprechenden **Zuordnungsliste** erstellt. Sortierkatalog und Zuordnungsliste berücksichtigen die bis dato durchgeführten Sortieranalysen. Die **Einteilung in Sortierfraktionen** orientiert sich einerseits am Material sowie dessen Verwendungszweck und andererseits an bestimmten Produktgruppen. Die **Zuordnung von Fraktionen zu Fehlwürfen** kann regional variieren, z.B. wenn biologisch abbaubare Kunststoffe, z.B. ausgegebene Vorsammelhilfen, nicht getrennt zu erfassen sind. Die Einteilung der Sortierfraktionen berücksichtigt die bis dato durchgeführten Sortieranalysen und orientiert sich einerseits am Material sowie dessen Verwendungszweck und andererseits an bestimmten Produktgruppen. Grundsätzlich kann überall dort, wo keine Untergruppe vorgesehen ist, diese weitere Unterteilung noch erfolgen. Die Zuordnungsliste enthält demonstrative Beispiele sowie Klarstellungen bei Zweifelsfällen und soll im Zuge der zukünftigen Sortieranalysen gegebenenfalls ergänzt werden.

4.1.2 Festlegungen

- Die nachfolgend dargestellte Zuordnungsliste ist generell und soweit wie möglich wertfrei definiert und kann regional unterschiedliche Trennvorgaben daher nicht berücksichtigen, womit im Einzelfall festgelegt werden muss, ob z.B. biologisch abbaubare Vorsammelhilfen als Störstoff zu sehen sind oder nicht.
- Papier inkl. Hygienepapier: Taschentücher sind als Fehlwürfe den sonstigen Störstoffen zuzuordnen, während Küchenrollen, Servietten der Fraktionsgruppe ‚Papier inkl. Hygienepapier‘ zuzuordnen ist.
- „Vermeidbare Lebensmittelabfälle“ umfassen jene Lebensmittelabfälle, die zum Zeitpunkt ihrer Entsorgung noch uneingeschränkt genießbar sind oder die bei rechtzeitiger Verwendung genießbar gewesen wären, welche jedoch aus verschiedenen Gründen nicht marktgängig sind (landwirtschaftliche Produktion, (Weiter-) Verarbeitung, Distribution, Groß- und Einzelhandel) bzw. aus unterschiedlichen Gründen nicht gegessen (Großküchen- und Gastronomiebetriebe, Konsument*in) und daher entsorgt werden.
- „Nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle“ umfassen jene Lebensmittelabfälle, die üblicherweise im Zuge der Speisenzubereitung entfernt werden. Sie inkludieren hauptsächlich nicht essbare Bestandteile (z.B. Knochen, Bananenschalen) von Lebensmitteln.
- Verpackungen von original verpackten Lebensmittelabfälle sind dann mittels Entleerung separat zu erfassen, wenn die Masse der Verpackung in Relation zum Lebensmittelabfall nicht vernachlässigbar ist, z.B. bei Glasverpackungen oder Konservendosen. Ist die Masse der Verpackung in Relation zum Lebensmittel vernachlässigbar, ist eine Trennung nicht notwendig, wobei das original verpackte Lebensmittel zur Gänze der jeweiligen Produktgruppe zuzuordnen ist.
- Zum Umgang mit hohem Wassergehalt ist Regel 10 zu beachten, wobei bei sehr feuchten Proben eine Abweichung von bis zu 6 % der Feuchtmasse der Einzelstichprobe toleriert werden kann
- Ist die Abgrenzung von Verpackungen und Nichtverpackungen relevant, kann die Fraktionsliste entsprechend Tabelle 11 nach Fritz (2020) verwendet werden.

4.1.3 Sortierkatalog inklusive Zuordnungsliste

HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	BESCHREIBUNG, BEISPIELE (GGF. FOTO)
Biogene Abfälle – Garten			
	Baum-, Strauch- schnitt („holzig“)		
	Laub, Rasenschnitt, Unkraut („krautig“)		

HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	BESCHREIBUNG, BEISPIELE (GGF. FOTO)
	Sonstige Gartenabfälle und vergleichbare Abfälle		z.B. Fallobst, Topfpflanzen, Blumen
Biogene Abfälle – Haushalt/Küche	Küchenabfälle		nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle, Zubereitungsreste z.B. Bananenschalen, Salatstrunk, Kaffeesud 
	Vermeidbare Lebensmittelabfälle		
		Milchprodukte	
		Fleisch, Fisch	z.B. Wurst, Speck 
		Brot/Gebäck	z.B. süßes Gebäck 
	Gemüse		

HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	BESCHREIBUNG, BEISPIELE (GGF. FOTO)
		Obst	
		Sättigungsspeisen/-beilagen	<p>Teigwaren, Reis, Linsen, Kartoffel inkl. sonstige Knollenfrüchte</p> 
		Speisereste	<p>Verbund mehrerer Lebensmittel, die zum Verzehr verarbeitet wurden und nicht einer anderen Kategorie zuzuordnen sind z.B. Gemüsepfanne, Pizzareste, Suppe</p> 
		Sonstige Lebensmittel	<p>alle sonstigen vermeidbaren Lebensmittelabfälle, die nicht einer der anderen Kategorien zuzuordnen sind z.B. Eier, Schokolade, Gewürze</p>

HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	BESCHREIBUNG, BEISPIELE (GGF. FOTO)
	Sonstige Organik		z.B. nicht mineralische Kleintierstreu, nicht zuordenbare Organik
Papier inkl. Hygienepapier			z.B. Zeitungspapier, Servietten, Küchenrolle (exklusive gebrauchte Taschentücher) 
Störstoffe inkl. biologisch abbaubare Kunststoffsätze			
	Kunststoffe		
		Kunststoffsäcke ¹⁾	
		Kunststofffolien ¹⁾	
		Sonstige Kunststoffe (z.B. Trays, Netze) ¹⁾	

HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	BESCHREIBUNG, BEISPIELE (GGF. FOTO)
	Glas		
	Metall		
		Eisenmetalle	
		Nichteisenmetalle	
	Problemstoffe und Elektroaltgeräte		
	Sonstige Störstoffe		<p>alle sonstigen Fraktionen, die nicht über die Biotonne entsorgt werden sollen und nicht einer der anderen Kategorien zuzuordnen sind; z.B. Keramikabfälle, Inertstoffe (inkl. Steine), Taschentücher</p> 
Restfraktion			Nicht zuordenbar

¹⁾Ggf. Unterteilung in biologisch abbaubare, nicht biologisch abbaubare und nicht zuordenbare Kunststoffe

4.2 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.

4.2.1 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.

4.2.1.1 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.

4.2.1.2 Methoden

Methoden zur Schätzung von Fraktionsanteilen von Abfällen umfassen:

1. **SWA-Tool⁵ / ÖNORM S 2097⁶**: 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 Probenmasse**: Wie in Pkt. 1 wird der Schätzwert als Mittelwert der Fraktionsanteile der Einzelproben ermittelt, wobei die Proben nach Probenmasse 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 Probenmassen) 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. Die Methode ist in den Abschnitten 3.2 bis 3.7 dargestellt.

⁵ Verfügbar unter <https://www.wien.gv.at/meu/fdb/pdf/swa-tool-759-ma48.pdf>.

⁶ Erhältlich unter Austrian Standards (<https://www.austrian-standards.at>)

4.2.2 Ermittlung der fraktionsspezifischen Heterogenität

4.2.2.1 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 Probenmasse 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 Probenmasse 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 Probenmasse kann mit technischen Mitteln nur reduziert, nicht vermieden werden. Ein weiteres Mittel zur Reduktion der Verzerrung ist eine Gewichtung nach Probenmasse. 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).

4.2.2.2 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 Probenmasse der Stichproben m_i und des Fraktionsanteils der Stichproben $a_{f,i}$ von insgesamt n Stichproben mittels

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

berechnet, wobei der geschätzte Fraktionsanteil der Probenmasse mit

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

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

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

ermittelt⁷. 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.

⁷ Die Ermittlung der Schranken des Konfidenzintervalles für die fraktionsspezifische Heterogenität **uf_min** bzw. **uf_max** mittels Microsoft Excel © erfolgt auf Basis der entsprechenden Eingangsparametern **uf** (u_f), Stichprobenanzahl **n** (n) und, **alpha** (α) mittels

$$\begin{aligned} \text{uf_min} &= \text{uf} * \text{CHI QU. INV}(\text{al pha}/2; n-1) / (n-1) \text{ bzw.} \\ \text{uf_max} &= \text{uf} * \text{CHI QU. INV}(1- \text{al pha}/2; n-1) / (n-1) \end{aligned}$$

4.2.2.3 Ausgewählte Richtwerte für Heterogenitätsmaße

Auf Basis der durchgeführten Voruntersuchungen von Bioabfällen in zwei oberösterreichischen Städten sind Richtwerte für Fraktionen in Tabelle 12 ersichtlich.

Tabelle 12: Fraktionen nach Sortierbarkeit und die jeweiligen Heterogenitätsmaße

HAUPTGRUPPE	UNTERGRUPPE 1	UNTERGRUPPE 2	UNTERGRUPPE 3	HETEROGENITÄTS- MAß NACH FRAKTION (u_f)
Biogene Abfälle – Garten				11,2
	Baum-, Strauchschnitt („holzige“)			11,2
	Laub, Rasenschnitt, Unkraut („krautig“)			-
	Sonstige Gartenabfälle (z.B. Fallobst)			-
Biogene Abfälle – Haushalt/Küche				17,3
	Küchenabfälle (nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle, Zubereitungsreste)			10,5
	Vermeidbare Lebensmittelabfälle			9,0
		Milchprodukte		0,4
		Fleisch/Fisch (roh und gekocht)		1,7
		Brot/Gebäck		1,8
		Gemüse		4,6
		Obst		4,7
		Sättigungsspeisen/-beilagen		2,4
		Speisereste		2,2
		Sonstige Lebensmittel		2,2
	Sonstige Organik (z.B. nicht mineral. Kleintierstreu)			9,0
Papier inkl. Hygienepapier (z.B. Servietten, Küchenrolle)				1,2
Störstoffe inkl. biologisch abbaubare Werkstoffe				1,1
	Kunststoffe			0,2
		Kunststoffsäcke		0,21
			Biologisch abbaubar	0,21
			Nicht biol. abbaubar	0,21
			Nicht zuordenbar	0,21
		Kunststofffolien ¹⁾		0,13
		Sonstige Kunststoffe (z.B. Trays, Netze) ¹⁾		0,31
	Glas			0,26
	Metall			0,24
		Eisenmetalle		0,24
		Nichteisenmetalle		0,24
	Problemstoffe und EAG			1,4
	Sonstige Störstoffe			1,4
Restfraktion (Nicht zuordenbar)				0,6

¹⁾Ggf. Unterteilung in biologisch abbaubare, nicht biologisch abbaubare und nicht zuordenbare Kunststoffe

4.2.3 Annahme des erwarteten Fraktionsanteils

Für die Schätzung der erforderlichen Probenmasse ist die ex-ante Abschätzung des erwarteten Fraktionsanteils erforderlich. Dazu sind Ergebnisse der aktuellsten Untersuchungen (< 10 Jahre) in der betroffenen Region oder in abfallwirtschaftlich und siedlungsstrukturell vergleichbaren Regionen heranzuziehen (vgl. Tabelle 7).

4.2.4 Ermittlung der erforderlichen Gesamtprobenmasse

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 Probenmasse m_{erf} mittels

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

ermittelt⁸. Wird eine Schichtung durchgeführt, werden die Probenmasse separat für jede Schicht (ggf. mit unterschiedlichem Genauigkeitsanspruch) ermittelt.

Die erforderliche Probenmasse kann anhand von Tabelle 13 ermittelt werden. Falls u_f von 1 Kilogramm abweicht, wird die erforderliche Probenmasse auf Basis der Tabelle mittels

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

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 Probenmasse für jede Untersuchungsfrage (ggf. mit unterschiedlicher Schichtung) zu ermitteln, wobei die jeweils höchste Probenmasse zu wählen ist.

⁸ Die Ermittlung der erforderlichen Probenmasse m_{erf} mittels Microsoft Excel © erfolgt auf Basis der entsprechenden Eingangsparametern u_f (u_f), a_f (a_f), α (α) und KI_{abs} (KI_{abs}) mittels

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

Tabelle 13: Erforderliche Probenmasse 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

4.2.5 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 Probenmasse 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 Probenmasse 60 Tonnen in der Grundgesamtheit repräsentiert), und sich die hochgerechneten Fraktionsanteile der Grundgesamtheit $a_{f,M}$ für eine Fraktion f sich 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 Probenmassen von allen Untersuchungseinheiten, die stärker repräsentiert sind als die am schwächsten repräsentierte, entsprechend heruntergewichtet. Damit sind alle Untersuchungseinheiten exakt mengenaliquot repräsentiert, wobei sich die Referenzprobenmasse m_{ref} reduziert. Die Referenzprobenmasse 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 der Formel im Annex 4.2.6, wobei die Referenzprobenmasse m_{ref} , Fraktionsanteile der Grundgesamtheit $a_{f,M}$ und das jeweilige Heterogenitätsmaß u_f zu verwenden ist.

4.2.6 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 verwendete 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

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

ermittelt⁹. 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 werden¹⁰.

4.2.7 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.

⁹ 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 Probenmassen 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.

¹⁰ Die Ermittlung der Schranken des Konfidenzintervalls des geschätzten Fraktionsanteils **af_min** bzw. **af_max** mittels Microsoft Excel © erfolgt auf Basis der entsprechenden Eingangsparametern **uf** (u_f), **af** (a_f), **alpha** (α) und **m** (m) mittels

af_min =BETA.INV(alpha/2; (m/uf*af)+1; (m/uf)*(1-af)) bzw.
af_max =BETA.INV(1-alpha/2; (m/uf*af)+1; (m/uf)*(1-af)) .

4.3 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 mindestens drei Klassen 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 werden¹¹:

- Siedlungsdichte (Siedlungsraum in Einwohner pro Hektar),
- Anteil der Mehrfamilienhäuser mit mehr als drei Wohnungen an allen Wohngebäuden
- relativer Pendlersaldo (Einpendler abzüglich Auspendler pro Einwohner lt. Erwerbsstatistik und
- durchschnittliche Haushaltsgröße lt. Erwerbsstatistik.

Die Vorteile des nachfolgend erläuterten Zuordnungsschlüssels¹² 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
- 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

¹¹ 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.

¹² Der Zuordnungsschlüssel ist in Form einer MS Excel-Datei diesem Dokument beigelegt.

Wohnbevölkerung einer Region definiert ist. Bei Einteilung in zwei Klassen 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 wurden¹³. 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**¹⁴ errechnet sich mit

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

SDSiedlungsdichte (Siedlungsraum in Einwohner pro Hektar)

MFH.....Anteil der Mehrfamilienhäuser mit mehr als drei Wohnungen an allen Wohngebäuden

SPSspezifischem Pendlersaldo (Einpendler abzüglich Auspendler pro Einwohner)

HHGHaushaltsgröße

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

¹³ Beigl und Lebersorger, 2010; verfügbar unter

http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/11328747_4335176/da0191e7/Endbericht_Abfallmengenprognose_Stmk_2020.pdf

¹⁴ Der Faktor entspricht dem Schichtungsfaktor, der im Rahmen des bundesweiten Leitfadens für Restmüllsortieranalysen (BMNT, 2017) verwendet wurde.

klassifiziert werden. Eine Zuordnungsliste für alle österreichischen Gemeinden ist als Beilage zu diesem Dokument verfügbar. Die Zuordnungsliste wird regelmäßig aktualisiert. 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 wurden¹⁵. Die Gemeinden wurden anhand dieser Schichtungsfaktoren so gruppiert, dass auf jede Schicht österreichweit (exklusive Wien) jeweils ungefähr der gleiche Bevölkerungsanteil entfällt. Wien wurde wegen des städtischen Charakters und der Größe ausgenommen. Abbildung 4 zeigt die Bevölkerungsverteilung nach Schichten und Bundesländern im Jahr 2016. Die Verteilung zwischen den Schichten der einzelnen Bundesländer ist relativ ausgewogen, d.h. jede Schicht umfasst zumeist zwischen 20 % und 40 % der Bevölkerung. Nur in Ausnahmefällen entfallen weniger als 10 % der Bevölkerung eines Bundeslandes auf eine der drei Schichten. Im Fall von Wien bringt die Zuordnung anhand von drei bzw. fünf Schichten keinen Informationsgewinn. Es kann jedoch eine alternative Gruppierung nach Sammelbezirken vorgenommen werden.

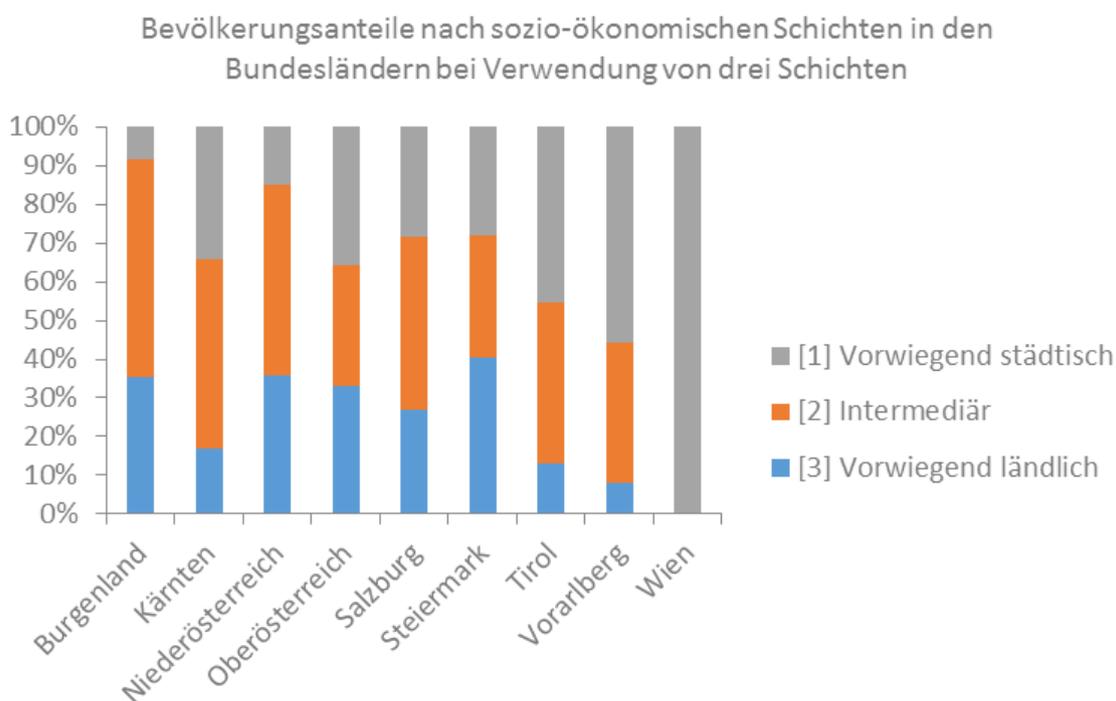


Abbildung 4: Bevölkerungsanteile nach drei sozioökonomischen Schichten in den Bundesländern (2016)

¹⁵ Der ermittelte Faktor entspricht der ersten Hauptkomponente, die 55 % der Gesamtvarianz der vier Indikatoren erklärt.

4.4 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

4.4.1 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*
 - 2.1.4. *Beschreibung der abfallwirtschaftlichen Infrastruktur*
 - 2.1.5. *Schichtung*
 - 2.1.6. *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

4.5 Checklisten

4.5.1 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 m² 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)

4.5.2 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