



Das Lebensministerium



Richtlinie Abfallanalytik

Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen

Freistaat  Sachsen

Landesamt für Umwelt und Geologie

Impressum

Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen



Titelbild:
Sortierung von Restabfällen aus Haushalten
Foto: LfUG

Herausgeber:
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Öffentlichkeitsarbeit
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden
E-Mail: Abteilung1@lfug.smul.sachsen.de (kein
Zugang für elektronisch signierte sowie für
verschlüsselte elektronische Dokumente)

Bearbeitung:
ARGUS e.V., Einsteinufer 25, 10587 Berlin
ITU system GmbH, Jessenstr. 13, 22767 Hamburg
INFA GmbH, Beckumer Str. 36, 59229 Ahlen

Landesamt für Umwelt und Geologie
Günther Langner
Dr. Jens Albrecht
Eberhard Ohst
Babette von der Herberg
Referat Abfallwirtschaft/Siedlungsabfälle
Abteilung Abfall/Altlasten

Redaktionsschluss: April 1998

Redaktion:
Abteilung Abfall/Altlasten
Stabstelle 1, Öffentlichkeitsarbeit

Hinweis:
Diese Veröffentlichung wird im Rahmen der
Öffentlichkeitsarbeit des Sächsischen Landesamtes für Umwelt
und Geologie (LfUG) herausgegeben. Sie darf weder von
Parteien noch von Wahlhelfern im Wahlkampf zum Zwecke der
Wahlwerbung verwendet werden. Auch ohne zeitlichen Bezug
zu einer bevorstehenden Wahl darf die Veröffentlichung nicht
in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme des
Landesamtes zugunsten einzelner Gruppen verstanden
werden kann. Den Parteien ist es gestattet, die
Veröffentlichung zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu
verwenden.

Copyright:
Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Alle
Rechte sind dem Herausgeber vorbehalten.

Oktober 1998

Artikel-Nr.: L III-4/1

Vorwort	10
1 Zweck der Richtlinie und der Untersuchung von Masse und Zusammensetzung von Siedlungsabfällen	11
2 Definition des Untersuchungsgegenstandes "Feste Siedlungsabfälle"	12
2.1 Systematik der in dieser Richtlinie thematisierten Siedlungsabfallarten	14
2.2 Beschreibung der in dieser Richtlinie thematisierten Siedlungsabfallarten	15
3 Allgemeine Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung der Masse und Zusammensetzung	18
3.1 Bestimmung der Masse.....	18
3.2 Bestimmung der Zusammensetzung	19
3.2.1 Sortierung	19
3.2.2 Siebung	19
3.2.3 Sichtung	20
3.2.4 Stoffgruppen	20
3.2.5 Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen.....	24
3.2.5.1 „Gefüllte Verpackungen“ bzw. nicht restentleerte Verpackungen	25
3.2.5.2 Fraktion < 10 mm im Beutel, wie z. B. Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehrlicht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.	25
3.2.5.3 Relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen.....	25
3.2.5.4 „Reine“ Fraktionen größerer Abmessung mit geringen Anteilen anderer Fraktionen	26
3.3 Ermittlung spezifischer abfallwirtschaftlicher Kenngrößen bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle	26
3.3.1 Allgemeines	26
3.3.1.1 Anzahl und Zeitpunkt der Analysen	27
3.3.1.2 Kampagnenzeitraum.....	27
3.3.1.3 Erfassung von Rahmendaten	27
3.3.1.4 Schichtung der Grundgesamtheit.....	28
3.3.1.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	28
3.3.1.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	29
3.3.1.7 Technische und personelle Voraussetzung.....	29
3.3.1.8 Praktische Durchführung	29
3.3.1.9 Mess- bzw. Darstellungsgenauigkeit.....	30
3.3.1.10 Hochrechnung und Bestimmung von Durchschnittswerten	31
3.3.1.11 Darlegung der Fehlerrechnung	32
3.3.2 Bestimmung des Füllgrades	32
3.3.3 Bestimmung des Bereitstellungsgrades	34
3.3.4 Bestimmung der Abfall-/Altstoffmasse	35
3.3.5 Bestimmung der Raum- und Schüttdichte.....	36
3.3.6 Bestimmung des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens	37

3.3.7	Bestimmung des beanspruchten einwohnerspezifischen Behältervolumens.....	38
3.3.8	Bestimmung des Nutzungsgrades des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens.....	39
3.3.9	Bestimmung der einwohnerspezifischen Abfall-/Altstoffmasse.....	40
3.4	Zuordnung der Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene zu Beseitigungs- und Verwertungsverfahren	42
Glosar	37
Anhang	47
Zu 3.2.4:	Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen.....	47
Zu 3.2.4.1:	„Gefüllte Verpackungen“ bzw. nicht restentleerte Verpackungen.....	47
Zu 3.2.4.2:	Fraktion < 10 mm im Beutel, wie z. B. Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.	48
Zu 3.2.4.3:	Relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen.....	49
Zu 3.2.4.4:	„Reine“ Fraktionen größerer Abmessung mit geringen Anteilen anderer Fraktionen	50
Zu 3.2.4.5:	Flüssigkeiten im Sammelgefäß (i. w. Biotonne)	51
4	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Abfallart.....	52
4.1	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten.....	52
4.1.1	Bestimmung der Masse	52
4.1.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	52
4.1.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen	52
4.1.2.2	Kampagnenzeitraum.....	53
4.1.2.3	Erfassung von Rahmendaten	53
4.1.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit.....	54
4.1.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	55
4.1.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	56
4.1.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	56
4.1.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen.....	57
4.1.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	57
4.1.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	58
Anhang	60
Zu 4.1:	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten	60
Erläuterungen	61
I.	Untersuchungsgebiet und Schichten.....	61
II.	Fehlerquellen bei Abfalluntersuchungen.....	62
III.	Stichprobeneinheit	63

IV.	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfanges	66
A.	Genauigkeitsanforderung.....	66
B.	Umfang und Beschaffenheit der Grundgesamtheit.....	67
C.	Berechnung des notwendigen Stichprobenumfanges	68
D.	Probleme bei der Ermittlung des notwendigen Stichprobenumfanges	73
E.	Auswirkung einer Ausdehnung der Untersuchungsdauer auf ein Jahr (entsprechend dem Untersuchungszeitraum) auf den notwendigen Stichprobenumfang.....	75
V.	Berechnung des notwendigen Stichprobenumfanges für die gemeinsame Untersuchung von Restabfall aus Haushalten und Geschäftsabfall	75
4.2	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Bioabfällen aus Haushalten	80
4.2.1	Bestimmung der Masse	80
4.2.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	80
4.2.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen	80
4.2.2.2	Kampagnenzeitraum.....	80
4.2.2.3	Erfassung von Rahmendaten	81
4.2.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit.....	82
4.2.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfanges.....	82
4.2.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	83
4.2.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	84
4.2.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen.....	84
4.2.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	85
4.2.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	86
4.2.3	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Gartenabfällen aus Haushalten im Bringsystem.....	87
4.3	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Altstoffen aus Haushalten im Holsystem.....	87
4.3.1	Bestimmung der Masse	87
4.3.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	87
4.3.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen	88
4.3.2.2	Kampagnenzeitraum.....	88
4.3.2.3	Erfassung von Rahmendaten	88
4.3.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit.....	89
4.3.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfanges.....	90
4.3.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	91
4.3.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	92
4.3.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen.....	92
4.3.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	93
4.3.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	94

4.4	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Altstoffen aus Haushalten im Bringsystem	95
4.4.1	Bestimmung der Masse	95
4.4.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	95
4.4.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen	96
4.4.2.2	Kampagnenzeitraum.....	96
4.4.2.3	Erfassung von Rahmendaten	96
4.4.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit.....	97
4.4.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	97
4.4.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	97
4.4.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	98
4.4.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen.....	98
4.4.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	99
4.4.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	100
4.5	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von sperrigen Abfällen aus Haushalten und Gewerbe	101
4.5.1	Bestimmung der Masse	101
4.5.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	101
4.5.2.1	Anzahl und Zeitpunkte der Sortierkampagnen	102
4.5.2.2	Kampagnenzeitraum.....	102
4.5.2.3	Erfassung von Rahmendaten	102
4.5.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit.....	103
4.5.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	103
4.5.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	103
4.5.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	104
4.5.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen.....	104
4.5.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	105
4.5.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	105
4.6	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe I (Geschäftsabfall).....	106
4.6.1	Bestimmung der Masse	106
4.6.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	106
4.6.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen	107
4.6.2.2	Kampagnenzeitraum.....	107
4.6.2.3	Erfassung von Rahmendaten	107
4.6.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit.....	109
4.6.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	109
4.6.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	110
4.6.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	111

4.6.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen.....	111
4.6.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	112
4.6.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	113
Anhang	115
Zu 4.6:	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe I (Geschäftsabfall)	115
Erläuterung	118
I.	Stichprobenverteilung	118
II.	Normalverteilung	118
III.	Wahl der Stichprobeneinheit.....	121
IV.	Verteilungsunabhängige Verfahren.....	121
V.	Lognormalverteilung	123
4.7	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe II.....	127
4.7.1	Bestimmung der Masse	127
4.7.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	127
4.7.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sichtungskampagnen	127
4.7.2.2	Kampagnenzeitraum.....	127
4.7.2.3	Erfassung von Rahmendaten	128
4.7.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit.....	128
4.7.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	129
4.7.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	130
4.7.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	130
4.7.2.8	Voraussetzungen der Sichtung von Restabfällen aus Gewerbe II.....	130
4.7.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	131
4.7.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	131
4.8	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Sortierresten aus Anlagen.....	132
4.8.1	Bestimmung der Masse	133
4.8.2	Bestimmung der Zusammensetzung.....	133
4.8.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen	133
4.8.2.2	Erfassung von Rahmendaten	133
4.8.2.3	Kampagnenzeitraum.....	134
4.8.2.4	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	134
4.8.2.5	Auswahl der Stichprobeneinheiten.....	134
4.8.2.6	Festlegung der Stoffgruppen	135
4.8.2.7	Technische und personelle Voraussetzungen.....	135
4.8.2.8	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung	136
4.8.2.9	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	136

4.9	Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Abfällen von öffentlichen Flächen	137
4.9.1	Garten- und Parkabfälle	137
4.9.1.1	Bestimmung der Masse	137
4.9.1.2	Bestimmung der Zusammensetzung	137
4.9.1.2.1	Anzahl und Zeitpunkte der Untersuchungskampagnen	138
4.9.1.2.2	Kampagnenzeitraum	138
4.9.1.2.3	Erfassung von Rahmendaten	138
4.9.1.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit	139
4.9.1.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs	139
4.9.1.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten	140
4.9.1.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	140
4.9.1.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen	140
4.9.1.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchungen	140
4.9.1.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	141
4.9.2	Marktabfälle	142
4.9.2.1	Bestimmung der Masse	142
4.9.2.2	Bestimmung der Zusammensetzung	142
4.9.2.2.1	Anzahl und Zeitpunkte der Untersuchungskampagnen	142
4.9.2.2.2	Kampagnenzeitraum	143
4.9.2.2.3	Erfassung von Rahmendaten	143
4.9.2.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit	143
4.9.2.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs	144
4.9.2.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten	144
4.9.2.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	144
4.9.2.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen	145
4.9.2.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchungen	145
4.9.2.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	145
4.9.3	Straßenkehrschutt	146
4.9.3.1	Bestimmung der Masse	146
4.9.3.2	Bestimmung der Zusammensetzung	146
4.9.3.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Untersuchungskampagnen	147
4.9.3.2.2	Kampagnenzeitraum	147
4.9.3.2.3	Erfassung von Rahmendaten	147
4.9.3.2.4	Berücksichtigung von Einflussfaktoren	147
4.9.3.2.5	Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs	148
4.9.3.2.6	Auswahl der Stichprobeneinheiten	148
4.9.3.2.7	Festlegung der Stoffgruppen	148
4.9.3.2.8	Technische und personelle Voraussetzungen	148
4.9.3.2.9	Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchungen	149
4.9.3.2.10	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	149
4.9.4	Papierkorbabfälle	149
4.9.4.1	Bestimmung der Masse	150
4.9.4.2	Bestimmung der Zusammensetzung	150
4.9.4.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen	150
4.9.4.2.2	Kampagnenzeitraum	150
4.9.4.2.3	Erfassung von Rahmendaten	151
4.9.4.2.4	Schichtung der Grundgesamtheit	151

4.9.4.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs.....	152
4.9.4.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten	152
4.9.4.2.7 Festlegung der Stoffgruppen	152
4.9.4.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen	152
4.9.4.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung.....	153
4.9.4.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.....	154

Vorwort

Die Anforderungen an eine moderne Abfallwirtschaft werden zunehmend umfangreicher und spezifischer. Zahlreiche Regelwerke treffen hierzu Festlegungen auf europäischer und nationaler Ebene.

Das Kernstück der abfallwirtschaftlichen Planung in Deutschland bilden Abfallwirtschaftskonzepte nach § 19 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/ AbfG) sowie die Abfallwirtschaftspläne der Länder nach § 29 Krw-/AbfG.

Grundlage für die abfallwirtschaftliche Planung sind Daten über die gegenwärtige Situation, wie z. B. Aufkommen und Verbleib der Abfälle sowie Abfallzusammensetzung.

So vielschichtig wie die Zusammensetzung von Abfällen ist, so umfangreich sind auch die Lösungsansätze für Abfallanalysen. Die Ergebnisse der Abfallanalysen sind deshalb nur eingeschränkt vergleichbar

Zur Vereinheitlichung von Abfallanalysen wurde die vorliegende Richtlinie erarbeitet.

Sie beschreibt die Vorgehensweise bei der Durchführung von Abfallanalysen. Die Versuchsvorbereitung wird ebenso dargelegt, wie die Entnahme der Stichproben und deren Auswertung. Die Verwendung von Differenzierungsebenen erlaubt den Vergleich detaillierter Analysen mit weniger aufwendigen Untersuchungen.

Anregungen und Hinweise zu dieser Richtlinie nimmt das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie gern entgegen.

Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Kinze

Präsident des Sächsischen Landesamtes

für Umwelt und Geologie

1 Zweck der Richtlinie und der Untersuchung von Masse und Zusammensetzung von Siedlungsabfällen

Diese Richtlinie dient der Vereinheitlichung der Durchführung von Untersuchungen für feste Siedlungsabfälle. Die Daten zur Masse und/oder Zusammensetzung von Siedlungsabfällen sollen vergleichbar, fortschreibbar und zusammenführbar sein.

Grundsätzlich bilden Siedlungsabfalluntersuchungen die Basis für die Erstellung von kommunalen Abfallwirtschaftskonzepten sowie für die Planung von Verwertungs- und Beseitigungsanlagen. Deshalb sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger aufgefordert, zukünftig stattfindende Untersuchungen dahingehend zu überprüfen, ob die in dieser Richtlinie genannten Anforderungen erfüllt werden.

Im Einzelnen dient die Untersuchung fester Siedlungsabfälle auf ihre Masse und Zusammensetzung folgenden Zwecken:

- Siedlungsabfalluntersuchungen sind zur Erhebung von Ausgangsdaten für Planungen hinsichtlich Vermeidung, Verwertung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen unerlässlich. Sie müssen ausreichende Kenntnis über die tatsächliche Masse, Zusammensetzung und Herkunft fester Siedlungsabfälle geben.
- Siedlungsabfalluntersuchungen sind zur Feststellung von induzierten Veränderungen der Masse und Zusammensetzung von Siedlungsabfällen durch eingeführte Maßnahmen der Altstofferrfassung oder infolge geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen notwendig.
- Siedlungsabfalluntersuchungen dienen als unabdingbare Grundlage für Prognosen hinsichtlich der Entwicklung des Aufkommens von Siedlungsabfällen.
- Für allgemeine statistische Auswertungen im Bereich der Abfallwirtschaft sind Siedlungsabfalluntersuchungen grundsätzlich erforderlich.

2 Definition des Untersuchungsgegenstandes "Feste Siedlungsabfälle"

Um die Masse und/oder Zusammensetzung von festen Siedlungsabfällen einheitlich bestimmen zu können, ist es erforderlich, dass die Grundgesamtheit eindeutig definiert ist und diese Definition in den Ländern allgemein anerkannt wird.

Der häufig benutzte Begriff "feste Siedlungsabfälle" ist aber bisher weder bundeseinheitlich noch im Freistaat Sachsen abschließend definiert worden. Eine Abgrenzung des Begriffes kann je nach Zielsetzung und Regelungsbedarf auf verschiedene Weise erfolgen:

- Abgrenzung nach der gesetzlich festgelegten Entsorgungspflicht,
- Abgrenzung nach der Herkunft,
- Abgrenzung nach dem Erfassungssystem,
- Abgrenzung nach der stofflichen Zusammensetzung.

Durch eine Abgrenzung nach der gesetzlich festgelegten Entsorgungspflicht kann eine Einteilung der festen Siedlungsabfälle in Abfälle, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen werden, und in Abfälle, die von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern nach Art und Menge ausgeschlossen werden, erfolgen. Eine landeseinheitliche Unterteilung der Abfälle, die den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern überlassen werden, ist jedoch nicht möglich, da von den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern unterschiedliche Abfälle ausgeschlossen werden. Im Rahmen der Richtlinie werden nur die Abfallarten behandelt, die der Entsorgungspflicht der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger unterliegen könnten.

Eine Abgrenzung und Einteilung der festen Siedlungsabfälle nach Herkunft wird geleitet von dem Gedanken des Verursacherprinzips. Diese Einteilung ist sinnvoll für die Entwicklung von Konzepten zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen.

Eine weitere Unterteilung nach den bestehenden Entsorgungssystemen stellt den Zugriff auf die Abfallarten bei Untersuchungen auf Masse und Zusammensetzung sicher.

Die Abgrenzung nach stofflicher Zusammensetzung erfolgt unter dem Gesichtspunkt der Verwertung oder Beseitigung der Abfälle. Für die Definition von Abfallarten ist eine Abgrenzung nach stofflicher Zusammensetzung nicht zweckmäßig. Einheitlich zu verwendende Stoffgruppen für alle Abfallarten werden in 3.2.4 festgelegt.

Überschneidungen bei der Abgrenzung nach Herkunft und Erfassungssystem sind nicht auszuschließen. So werden Abfälle verschiedener Herkunft (Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe) gemeinsam entsorgt. Ein unmittelbarer Zugriff auf die Abfallart Restabfälle aus Haushalten (z. B. Verwiegung an der Entsorgungsanlage) ist nicht möglich.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Abgrenzung der festen Siedlungsabfälle nach der Herkunft (Abfälle aus Haushalten, Abfälle aus Gewerbe, Abfälle von öffentlichen Flächen). Eine detaillierter Abgrenzung nach dem Erfassungssystem ist in 2.1 dargestellt und wird durch eine verbale Beschreibung in 2.2 vervollständigt.

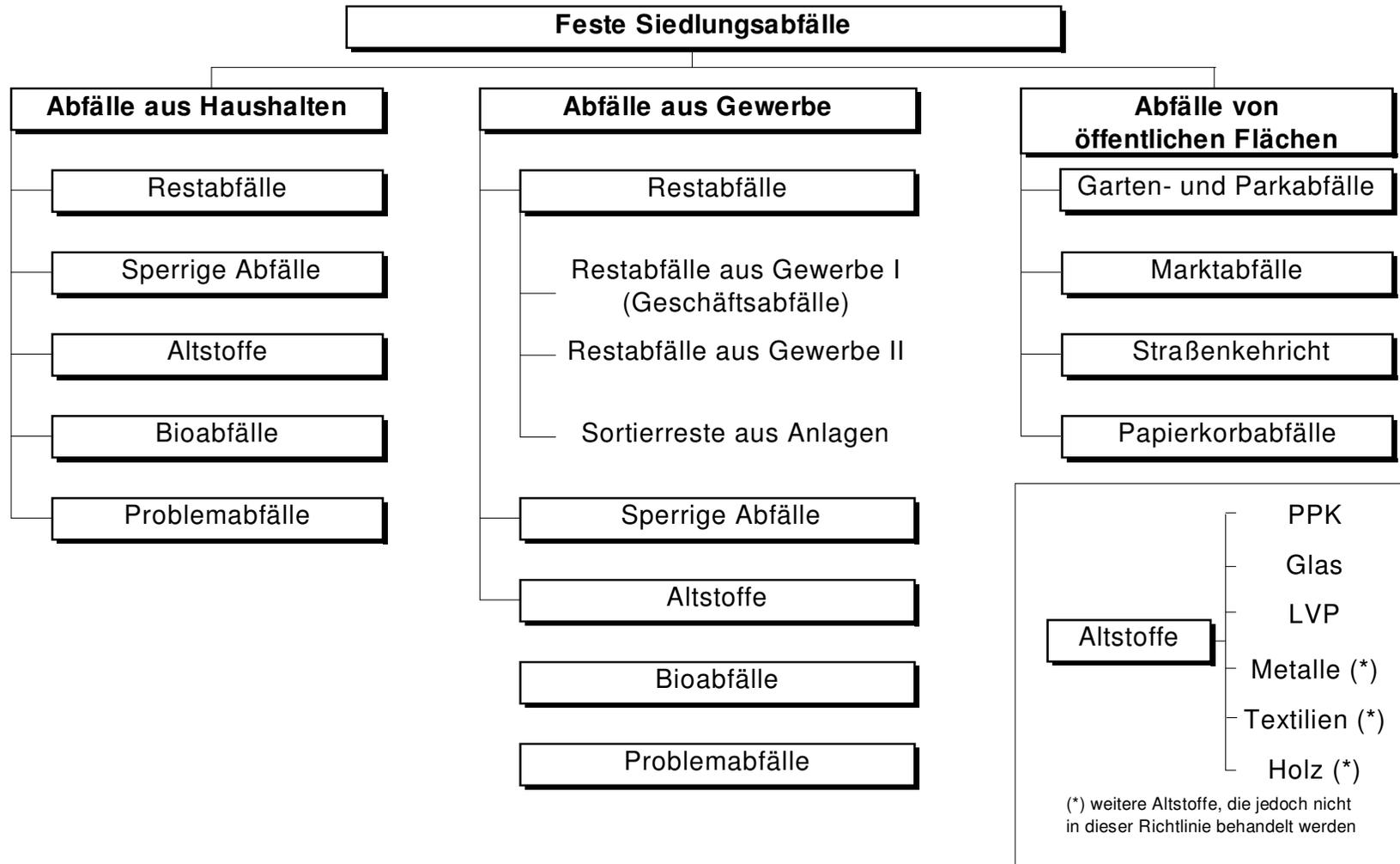


Abbildung 1

2.1 Systematik der in dieser Richtlinie thematisierten Siedlungsabfallarten

Abgrenzung nach dem Erfassungssystem	
Grobgliederung	Feingliederung
Restabfälle aus Haushalten	<ul style="list-style-type: none"> * Holsystem: <ul style="list-style-type: none"> - Umleerbehälter - Abfallsäcke
Sperrige Abfälle aus Haushalten und Gewerbe	<ul style="list-style-type: none"> * Holsystem: <ul style="list-style-type: none"> - Straßensammlungen - Abrufsammlungen * Bringsystem: <ul style="list-style-type: none"> - (Kleinmengen-)Selbstanlieferungen
Bioabfälle aus Haushalten und Gewerbe	<ul style="list-style-type: none"> * Holsystem: <ul style="list-style-type: none"> - Umleerbehälter (Biotonne) oder Wechselbehälter - Laubsäcke - Grünabfallsammlung * Bringsystem: <ul style="list-style-type: none"> - Laubsäcke - Grünabfallsammlung - (Kleinmengen-)Selbstanlieferungen
Altstoffe aus Haushalten und Gewerbe	<ul style="list-style-type: none"> * Holsystem: <ul style="list-style-type: none"> - Umleer- oder Wechselbehälter - Sacksammlung - Bündelsammlung * Bringsystem: <ul style="list-style-type: none"> - Umleer- oder Wechselbehälter für Straßensammlungen (Depotcontainer für Glas-, PPK- und Leichtverpackungen) - (Kleinmengen-)Selbstanlieferungen

Restabfälle
aus Gewerbe

- * Holsystem:
 - Umleerbehälter für Geschäftsabfall (Restabfälle aus Gewerbe I)
 - Abfallsäcke für Geschäftsabfall
 - Wechselbehälter für Restabfälle aus Gewerbe II und Sortierreste aus Anlagen
- * Bringsystem:
 - Selbstanlieferungen von Restabfällen aus Gewerbe II und Sortierresten aus Anlagen

Abfälle von
öffentlichen Flächen

- * Holsystem:
 - Wechselbehälter
 - Papierkorbentleerung
 - Straßenreinigung
- * Bringsystem:
 - Selbstanlieferungen

2.2 Beschreibung der in dieser Richtlinie thematisierten Siedlungsabfallarten

Abfallbezeichnung	Beschreibung
Abfälle aus Haushalten	Abfälle aus Haushalten umfassen →Restabfälle, →sperrige Abfälle, →Bioabfälle, →Altstoffe und (im Rahmen dieser Richtlinie nicht thematisierte) Problemabfälle aus Haushalten.
Restabfälle aus Haushalten (Hausmüll)	Feste Abfälle aus Haushalten, die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten in genormten, im Entsorgungsgebiet vorgeschriebenen Behältern gesammelt und transportiert werden.

<p>Sperrige Abfälle aus Haushalten</p>	<p>Feste Abfälle, die in Haushalten anfallen, wegen ihrer Sperrigkeit nicht in die im Entsorgungsgebiet vorgeschriebenen Behälter passen und von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten getrennt von den Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I über kommunale Sammlungen erfasst werden oder von den Abfallerzeugern selbst zur Beseitigungsanlage gebracht werden.</p>
<p>Bioabfälle aus Haushalten</p>	<p>Getrennt erfasste, feste, biologisch abbaubare organische Küchen- und Gartenabfälle aus Haushalten, die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten erfasst werden oder von den Erzeugern selbst zur Verwertungsanlage gebracht werden.</p>
<p>Altstoffe aus Haushalten</p>	<p>Getrennt erfasste Abfallstoffgruppen oder -Bestandteile aus Haushalten (Glas, Pappe/Papier/Kartonagen, Leichtverpackungen), die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten über kommunale Sammlungen oder von gewerblichen Dritten über gewerbliche Sammlungen erfasst werden oder von den Erzeugern selbst zur Verwertungsanlage gebracht werden.</p>
<p>Abfälle aus Gewerbe</p>	<p>Abfälle aus Gewerbe umfassen →Restabfälle, →sperrige Abfälle, →Bioabfälle, →Altstoffe und (im Rahmen dieser Richtlinie nicht thematisierte) Problemabfälle aus Gewerbebetrieben.</p>
<p>Restabfälle aus Gewerbe</p>	
<p>a) Restabfälle aus Gewerbe I (Geschäftsabfall)</p>	<p>Abfälle, die gemeinsam mit Restabfällen aus Haushalten von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten gesammelt werden. Die Inhaltsstoffe sind im Einzelnen dieselben wie bei den Restabfällen aus Haushalten; sie fallen nur üblicherweise räumlich konzentriert in anderer branchenabhängiger Zusammensetzung an. Geschäftsabfall fällt vorwiegend in Dienstleistungsbetrieben (Anstalten, Hotels, Gaststätten, Kantinen, Wirtschafts- und Verwaltungsgebäuden, Speditionen, Bürogebäuden, Schulen), Geschäften und Kleingewerbebetrieben (Handwerksbetrieben) an.</p>

<p>b) Restabfälle aus Gewerbe II (ohne Sortierreste)</p>	<p>Abfälle, die in Gewerbebetrieben anfallen. Sie werden von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten getrennt von den Restabfällen aus Haushalten und nicht über die kommunale Behälterabfuhr abgefahren oder von den Abfallerzeugern selbst an der Beseitigungsanlage angeliefert. Restabfälle aus Gewerbe II werden aber nach Art und Menge gemeinsam mit Restabfällen aus Haushalten der Beseitigung zugeführt.</p>
<p>c) Sortierreste aus Anlagen</p>	<p>Feste Abfälle, die als Sortierreste bzw. Störstoffe in Aufbereitungs- und Verwertungsanlagen (z. B. Sortieranlagen) für Abfälle anfallen.</p>

<p>Sperrige Abfälle aus Gewerbe</p>	<p>Feste Abfälle, die in Gewerbebetrieben anfallen, wegen ihrer Sperrigkeit nicht in die im Entsorgungsgebiet vorgeschriebenen Behälter passen und von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten getrennt von den Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I über kommunale Sammlungen erfasst werden oder von den Abfallerzeugern selbst zur Beseitigungsanlage gebracht werden.</p>
-------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Bioabfälle aus Gewerbe</p>	<p>Getrennt erfasste, feste, biologisch abbaubare organische Küchen- und Gartenabfälle aus Gewerbebetrieben, die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten erfasst werden oder von den Erzeugern selbst zur Verwertungsanlage gebracht werden.</p>
-------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Altstoffe aus Gewerbe</p>	<p>Getrennt erfasste Abfallstoffgruppen oder -bestandteile aus Gewerbebetrieben (Glas, Pappe/Papier/Kartonen, Leichtverpackungen), die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von ihnen beauftragten Dritten über kommunale Sammlungen oder von gewerblichen Dritten über gewerbliche Sammlungen erfasst werden oder von den Erzeugern selbst zur Verwertungsanlage gebracht werden.</p>
------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Abfälle von öffentlichen Flächen</p>	<p>Abfälle von öffentlichen Flächen umfassen →Garten- und Parkabfälle, →Marktabfälle, →Straßenkehricht und →Papierkorbabfälle.</p>
-----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Garten- und Parkabfälle	Überwiegend pflanzliche Abfälle aus der Pflege öffentlicher Flächen und Anlagen, wie z. B. Parkanlagen, Gärten, Grünflächen, Friedhöfe sowie Straßenbegleitgrün.
Marktabfälle	Feste Abfälle aus Betrieb und Reinigung öffentlicher Märkte (außer Groß- und Einkaufsmärkte), wie z. B. Obst- und Gemüseabfälle und nicht verwertbare Verpackungsmaterialien.
Straßenkehrricht	Feste Abfälle aus der öffentlichen Straßenreinigung (Kehrmaschinen und Handreinigung), wie z. B. Straßen- und Reifenabrieb, Laub sowie Streumittel des Winterdienstes.
Papierkorbabfälle	Feste Abfälle aus der Papierkorbentleerung.

3 Allgemeine Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung der Masse und Zusammensetzung

3.1 Bestimmung der Masse

- Die Bestimmung der Abfallmasse hat durch Verwiegung der im Untersuchungsgebiet anfallenden Siedlungsabfallarten zu erfolgen:
- Die Verwiegung soll möglichst als Vollerhebung ganzjährig fortlaufend an der Beseitigungs- oder Verwertungsanlage durchgeführt werden.
- Sofern eine Vollerhebung über den Untersuchungszeitraum nicht realisierbar ist, sind repräsentative Teilerhebungen zulässig. Die Abfallmasse wird durch stichprobenartige, repräsentative Teilverwiegungen an der Beseitigungs- oder Verwertungsanlage oder an den Orten der Abfallbereitstellung bestimmt. Teilverwiegungen an den Orten der Abfallbereitstellung sind dann erforderlich, wenn eine Abfallart vermischt mit anderen Abfallarten an der Beseitigungs- oder Verwertungsanlage angeliefert wird (z. B. Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe I). Die Stichproben werden gemäß den Methoden Sortierung (siehe 3.2.1 bzw. 4, je nach Abfallart) oder Sichtung (siehe 3.2.3 bzw. 4, je nach Abfallart) geplant und durchgeführt.
- Wenn neben der Abfallmasse auch die Zusammensetzung ermittelt werden soll (siehe 3.2), hat die Verwiegung am Ort der Sortierung bzw. Sichtung zu erfolgen. Die Untersuchungen auf Masse und Zusammensetzung sind aus Vergleichs- und Praktikabilitätsgründen zeitgleich durchzuführen.

3.2 Bestimmung der Zusammensetzung

Die Bestimmung der Abfallzusammensetzung hat in Abhängigkeit von der Abfallart durch Sortierung und/oder Sichtung der im Untersuchungsgebiet anfallenden Abfallarten zu erfolgen:

- Die Sortierung und die Sichtung werden als stichprobenartige, repräsentative Teilerhebungen realisiert (siehe 3.2.1 bzw. 4, je nach Abfallart, oder 3.2.3 bzw. 4, je nach Abfallart).
- Als Ergebnis der Sortierung oder Sichtung werden die Stoffgruppen gemäß 3.2.4 ermittelt.

3.2.1 Sortierung

Alle Abfallarten können mittels händischer Sortierung auf ihre Zusammensetzung untersucht werden. Gegenüber der Sichtung ist die Sortierung die genauere Untersuchungsmethode. Die Sortierung ist im Rahmen dieser Richtlinie anzuwenden für:

- Restabfälle aus Haushalten,
- Bioabfälle aus Haushalten,
- Altstoffe aus Haushalten,
- Restabfälle aus Gewerbe I (Geschäftsabfall),
- Sortierreste aus Anlagen,
- Sperrige Abfälle aus Haushalten und Gewerbe,
- Bioabfälle aus Gewerbe,
- Altstoffe aus Gewerbe,
- Papierkorbabfälle,
- Straßenkehrschutt.

3.2.2 Siebung

Durch eine Siebung werden Stoffpartikel mit unterschiedlichen Korngrößen in definierten Korngrößenklassen geteilt (Klassierung).

Die Methode der Siebung ist anzuwenden bei:

- Sortieranalysen
- Korngrößenanalysen

Im Rahmen von Sortieranalysen sind in der Regel die Trennschnitte < 40 mm sowie < 10 mm zu ermitteln.

Für die Trennschnitte sollten maschinelle Siebaggregate mit einer Rundlochung, die objektivere Ergebnisse liefern, eingesetzt werden. Ersatzweise kann auch ein Sortiertisch mit einer entsprechenden Lochung zum Einsatz kommen.

Praktische Durchführung:

Es wird zuerst der Siebschnitt 40 mm (nach Möglichkeit maschinell) durchgeführt. Anschließend wird vom Siebunterlauf eine repräsentative Teilmenge entnommen (mindestens 20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes), die daraufhin bei 10 mm abgeseibt wird (Feinanteil < 10 mm). Die Fraktionen 10 - 40 mm sowie die Fraktion > 40 mm werden jeweils gemäß 3.2.4 in Stoffgruppen der ersten und gegebenenfalls zweiten oder dritten Differenzierungsebene zerlegt.

3.2.3 Sichtung

Die Untersuchungsmethode Sichtung findet Anwendung, wenn:

- die Untersuchungseinheiten der Grundgesamtheit sehr homogen sind, d. h. eine visuelle Klassifizierung möglich ist. Dies ist z. B. der Fall, wenn die Abfälle relativ gering durchmischt sind und aus wenigen Stoffgruppen bestehen.
- die Grundgesamtheit sehr heterogen beschaffen, jedoch eine Sortierung aus wirtschaftlichen bzw. zeitlichen Gründen nicht vertretbar ist. Dies ist z. B. der Fall, wenn Abfälle bei sehr vielen, wenig vergleichbaren Verursachern anfallen (insbesondere Gewerbe).

Für spezielle Fragestellungen kann die Sichtung durch eine Sortierung ergänzt werden.

Folgende Abfallarten können mittels Sichtung untersucht werden:

- Restabfälle aus Gewerbe II,
- Garten- und Parkabfälle,
- Marktabfälle.

3.2.4 Stoffgruppen

Bei der Bestimmung der Zusammensetzung werden die Abfallarten in ihre Bestandteile (Stoffgruppen) und die Fraktion < 10 mm zerlegt. Diese Zerlegung hat in Abhängigkeit von der Abfallart durch Sichtung (visuelle Zerlegung) oder Sortierung (tatsächliche händische Zerlegung) zu erfolgen.

Der vorgeschlagene Stoffgruppenkatalog nimmt eine Einteilung nach drei Differenzierungsebenen vor:

- Die erste Differenzierungsebene folgt strikt einer Einteilung nach stofflicher Zugehörigkeit und stellt eine abschließende Aufzählung dar.
- In der zweiten Differenzierungsebene wird u. a. die stoffliche Zuordnung in Abhängigkeit der Abfallart durch Anforderungen von in Kraft getretenen oder geplanten Verordnungen (z. B. Verpackungs- oder Elektronikschrottverordnung) erweitert.
- In der dritten Differenzierungsebene werden Beispiele für eine weitere Untergliederung gegeben, die bei speziellen Fragestellungen relevant sein können.

Der vorgeschlagene Stoffgruppenkatalog ist keineswegs als vollständig anzusehen. Er kann in der zweiten oder dritten Ebene ergänzt werden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit der

Daten müssen sich aber weitere Untergliederungen immer den Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene zuordnen lassen.

1. Differenzierungsebene	2. Differenzierungsebene	3. Differenzierungsebene
Fe-Metalle	Fe-Verpackungen Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Getränkedosen Konservendosen Fe-Aerosoldosen Umreifungsbänder Sonst. Fe-Verpackungen Sonst. Fe-Metalle (keine Verpackungen)
NE-Metalle	Aluminium-Verpackungen Sonstige NE-Verpackungen Sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)	Alu-Dosen Alu-Aerosoldosen Sonst. Alu-Verpackungen NE-Verschlüsse Blei-Kapseln Sonst. NE-Verpackungen Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)
Pappe/Papier/Kartonagen	PPK-Verpackungen PPK-Druckerzeugnisse u. Administrationspapiere Sonstige PPK (keine Verpackungen)	Pappe Papier Kartonagen Einweggeschirr Sonst. PPK-Verpackungen Zeitschriften Illustrierte Bücher Administrationspapiere Sonst. PPK-Druckerzeugnisse u. Administrationspapiere Pappmöbel Papiertapeten Sonst. PPK

<p>Glas</p>	<p>Glas-Verpackungen (Einweg)</p> <p>Glas-Verpackungen (Mehrweg)</p> <p>Hohlglas (keine Verpackungen)</p> <p>Sonstiges Glas (keine Verpackungen)</p>	<p>Weißglas</p> <p>Braunglas</p> <p>Grünglas</p> <p>Sonst. Glas-Verpackungen</p> <p>Glas-Verpackungen (Mehrweg)</p> <p>Röhrglas</p> <p>Trinkgläser</p> <p>Medizinische Gläser</p> <p>Sonst. Hohlgläser (keine Verpackungen)</p> <p>Flachglas</p> <p>Sonst. Gläser (keine Verpackungen)</p>
<p>Kunststoffe</p>	<p>Kunststoff-Verpackungen</p> <p>Sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)</p>	<p>Becher</p> <p>Blister</p> <p>Folien</p> <p>Schaumstoffe</p> <p>Hohlkörper</p> <p>Einweggeschirr</p> <p>Umreifungsbänder</p> <p>Sonst. Kunststoff-Verpackungen</p> <p>Folien</p> <p>Fensterrahmen</p> <p>Rohre</p> <p>Dämmmaterialien</p> <p>Kunststoffmöbel</p> <p>Sonst. Kunststoffe</p>
<p>Organik (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet)</p>	<p>Küchenabfälle</p>	<p>Fleisch, Fisch, Knochen</p> <p>Gekochte Speisereste</p> <p>Sonst. Küchenabfälle</p>

Organik (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet)	Gartenabfälle	Laub Strauchwerk und Baumschnitt Rasenschnitt Schnitt- und Topfblumen Sonst. Gartenabfälle
	Sonstige Organik	Biologisch abbaubare Verpackungen Hygienepapiere Sonst. nichtgenannte Organik
Holz	Holz-Verpackungen	Holz-Verpackungen
	Sonstiges Holz (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet)	Holzmöbel Sonst. Hölzer
Textilien	Bekleidungstextilien	Bekleidungstextilien
	Sonstige Textilien	Haustextilien (Decken, Handtücher etc.) Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.) Produktionsspezifische Textilien
	Altschuhe	Altschuhe
Mineralstoffe (kein Glas)	Keramik	Keramik-Verpackungen Sonst. Keramik
	Porzellan	Porzellan
	Sonstige Mineralstoffe	Sonst. Mineralstoffe
Verbunde (komplexe Produkte)	Verbund-Verpackungen	Papier-Verbunde Kunststoff-Verbunde Alu-Verbunde Getränkekartonagen Sonst. Verbundverpackungen
	Elektronikschrott	Entladungslampen Sonst. Elektronikschrott

Verbunde (komplexe Produkte)	Verbund-Möbel Fahrzeugteile Sonstige Verbunde	Polstermöbel Matratzen Sonst. Verbundmöbel Fahrzeugteile Holz-Metall-Verbunde Kunststoff-Metall-Verbunde Holz-Metall-Textilien-Verbunde
Schadstoffbelastete Stoffe (Problemabfälle)	Batterien Akkumulatoren Altmedikamente Altchemikalien Altöhlhaltige Materialien Sonstige schadstoffbelastete Stoffe	Batterien Akkumulatoren Altmedikamente Altchemikalien Altöhlhaltige Materialien Sonst. schadstoffbelastete Stoffe
Stoffe, a. n. g.	Leder Gummi Kork Hygieneprodukte Sonstige Stoffe, a. n. g.	Leder-Verpackungen Sonst. Leder Gummi-Verpackungen Sonst. Gummi Kork-Verpackungen Sonst. Kork Windeln Sonst. Hygieneprodukte Sonst. Stoffe, a. n. g.
Fraktion < 10 mm	Fraktion < 10 mm	Fraktion < 10 mm

3.2.5 Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen

Bei der Umsetzung des vorgeschlagenen Stoffgruppenkatalogs sind die nachfolgend beschriebenen Zuweisungsempfehlungen zu beachten.

3.2.5.1 „Gefüllte Verpackungen“ bzw. nicht restentleerte Verpackungen

Definition:

Verpackungen, deren Inhalt erheblich mehr wiegt als die Verpackung selbst (i. w. überlagerte Lebensmittel, gefüllte Flaschen bzw. Gläser, etc.).

Zuweisung:

Gefüllte Verpackungen bzw. nicht restentleerte Verpackungen sind separat auszuweisen und gegebenenfalls stichprobenhaft nachzusortieren (2. Differenzierungsebene).

3.2.5.2 Fraktion < 10 mm im Beutel, wie z. B. Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.

Definition:

Fraktionen < 10 mm, die aufgrund der einfacheren Handhabung im Beutel entsorgt werden (Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.).

Zuweisung:

Aufgrund der relativ einfachen Zuordnung sowie des relativ geringen Fehlers bei der Sortieranalyse ist die Fraktion < 10 mm, die aufgrund der einfacheren Handhabung im Beutel entsorgt wird (Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.) direkt der Fraktion < 10 mm zuzuordnen. Durch die Bestimmung des Glühverlustes kann der Organikanteil ergänzend näher beschrieben werden.

3.2.5.3 Relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen

Definition:

Relativ leicht lösbare Verbunde oder trennbare Kombinationsverpackungen, die sich aus verschiedenen relativ leicht lösbaren Bestandteilen zusammensetzen, wie z. B. Zigaretenschachtel, Gebäck- und Pralinenschachteln, Gläser bzw. Flaschen mit Schraubverschlüssen, Spraydosen mit Verschlusskappen, Joghurtbecher mit Aludeckel etc.

Zuweisung:

Aufgrund des geringen Fehlers bei der Sortieranalyse sind relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen ab der Größe einer Zigaretenschachtel separat zu erfassen und nach der jeweiligen Stoffgruppe (2. Differenzierungsebene) getrennt auszuweisen. Entsprechend kleinere Verbunde bzw. Kombinationsverpackungen sind der jeweilig überwiegenden Hauptfraktion zuzuweisen.

3.5.2.4 „Reine“ Fraktionen größerer Abmessung mit geringen Anteilen anderer Fraktionen

Definition:

Relativ „reine“ Fraktionen größerer Abmessung mit einem geringen Anteil (< 20 Masse-%) anderer Fraktionen, welche sich nur sehr schwer vom Hauptbestandteil lösen lassen (Bücher mit Kunststoff- oder Ledereinband, Fahrradlenker mit Kunststoffgriff etc.).

Zuweisung:

Aufgrund der einfacheren Zuordnung sowie des geringen Fehlers bei der Sortieranalyse sind die genannten Bestandteile direkt der jeweiligen Hauptfraktion zuzuordnen.

Flüssigkeiten im Sammelgefäß (i. w. Biotonne)

Definition:

Flüssigkeiten im Sammelgefäß (im Wesentlichen bei der Biotonne), welche in der Regel beim Abbauprozess der kompostierbaren Küchenabfälle entstehen.

Zuweisung:

Aufgrund der einfachen Zuordnung sowie des geringen Fehlers bei der Sortieranalyse sind Flüssigkeiten im Sammelgefäß (im Wesentlichen bei der Biotonne) getrennt zu erfassen und separat auszuweisen. Anschließend sind sie der eigentlichen Hauptfraktion (i. d. R. Organik) zuzuordnen.

3.3 Ermittlung spezifischer abfallwirtschaftlicher Kenngrößen bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle

3.3.1 Allgemeines

Neben der Abfallmasse und -zusammensetzung sind folgende Kenngrößen als Grundlage für abfallwirtschaftliche Planungen zu berücksichtigen:

- Füllgrad der Behälter [%],
- Bereitstellungsgrad der Behälter [%],
- Abfall-/Altstoffmasse je Behälter [kg/Beh.],
- Raum- und Schüttdichte der Abfälle/Altstoffe [kg/m³], [kg/l], [Mg/m³],
- Verfügbares einwohnerspezifisches Behältervolumen [l/(E•Zeiteinheit)],
- Beanspruchtes einwohnerspezifisches Behältervolumen [l/(E•Zeiteinheit)],
- Nutzungsgrad des Erfassungssystems [%] sowie
- Einwohnerspezifische Abfall-/Altstoffmasse [kg/(E•Zeiteinheit)].

Mit Hilfe der in den folgenden Kapiteln beschriebenen Verfahren lassen sich die obigen Kenngrößen für die folgenden Erfassungssysteme (soweit sie für diese relevant sind) bestimmen:

- Sammelbehältergrößen 35, 50, 60, 80 bis 1.100 Liter
- Abfall- bzw. Altstoffsäcke,
- Papierkörbe,
- Depotcontainer, geschlossen,
- Absetzcontainer, offen,
- Abfälle, die nicht mit Hilfe eines festen Behältersystems erfasst werden (z. B. sperrige Abfälle).

3.3.1.1 Anzahl und Zeitpunkt der Analysen

Basisuntersuchung:

Die oben genannten Kenngrößen sind jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Diese Schwankungen werden überwiegend durch Gartenabfälle im Frühjahr und Herbst sowie durch Asche aus festbrennstoffbeheizten Haushaltungen im Winter verursacht. Daher sind mindestens vier über das Jahr zeitlich versetzte Analysen durchzuführen. Eine Ausnahme bildet die Kenngröße „Verfügbares einwohnerspezifisches Behältervolumen“. Da diese Größe keinem jahreszeitlichen Einfluss unterliegt, reicht hier eine Kampagne aus. Für die einzelnen Kampagnen dürfen Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, nicht ausgewählt werden. Wenn weniger als vier Kampagnen realisiert werden, ist der Nachweis der hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse zu erbringen.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient zur Feststellung von Veränderungen der Kenngröße aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden.

3.3.1.2 Kampagnenzeitraum

Jede Kampagne erstreckt sich über einen Zeitraum entsprechend dem Räumturnus vor Ort. Die Mindestdauer umfasst sämtliche Wochentage, an denen eine Abfuhr erfolgt und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen. Die Messungen zu einer Kampagne brauchen nicht zusammenhängend zu sein. In der Regel können die Daten parallel zur Stichprobennahme im Rahmen von Sortieranalysen erhoben werden.

3.3.1.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Folgende Rahmendaten sind zu erheben (mindestens in einer kurzen, qualitativen Beschreibung):

- Daten zur Siedlungsstruktur (aktuelle Gebäude-, Wohnungs- und Einwohnerstatistiken (nur Hauptwohnsitz)),
- System der Abfuhr,
- einwohnerspezifisches Behältervolumen für Restabfall,
- Behältergröße,
- Leerungsintervall (Räumturnus),
- Systeme der getrennten Sammlung von Bioabfällen sowie Altstoffen,
- Gebührensatzung,
- Jahreszeit,
- Anzahl der angeschlossenen Einwohner,
- Heizungsart,
- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit.

Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.) muss die Anzahl der tatsächlichen Abfuhren, wenn möglich je Behälter oder als Durchschnittswert, bestimmt werden.

3.3.1.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. Abfälle aus Haushalten mit Ofenheizung oder Abfälle aus Haushalten mit Restabfallbehälter ≤ 240 Liter bzw. > 240 Liter) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. Abfälle aus allen Haushalten eines Untersuchungsgebietes) mit dem allgemeinen Ziel, Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist ein Parameter nötig, der mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert. Als wesentliche Einflussgrößen auf die oben genannten abfallwirtschaftlichen Kenngrößen sind zu nennen:

- Siedlungs-, Gebiets- oder Bebauungsstruktur,
- Behältergröße sowie
- Heizungsart.

Weitere Faktoren sind die unter den Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Gesamtheit entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten bei der Planung und Auswertung der Untersuchungen wie Untersuchungsgebiete zu behandeln.

3.3.1.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Bisher sind keine empirischen Erhebungen zu den oben genannten Kenngrößen bekannt, aus denen sich ein notwendiger Stichprobenumfang ableiten lässt. Die Erfahrungen der

bisherigen Untersuchungen hinsichtlich des benötigten Stichprobenumfangs sind in den jeweiligen Kapiteln kenngrößenspezifisch beschrieben. Der vorgegebene Untersuchungsumfang darf nur in begründeten Ausnahmefällen unterschritten werden.

3.3.1.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Die stichprobenhafte Datenaufnahme erfolgt am regulären Abfuhrtag unmittelbar vor der eigentlichen Sammlung an den Grundstücken der Abfallerzeuger. Die aufzunehmenden Daten sowie die genaue Vorgehensweise ist den Kapiteln 3.3.2 bis 3.3.9 zu entnehmen.

Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.) kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind eine ausreichende Anzahl an Ersatzadressen je Stichprobeneinheiten oder ggf. Ersatzstichprobeneinheiten vorzusehen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Es wird daher empfohlen in solchen Untersuchungsgebieten mindestens so viele Ersatzadressen wie Stichprobenadressen auszuwählen.

3.3.1.7 Technische und personelle Voraussetzung

Technische und personelle Voraussetzungen:

- netzunabhängige Waage bei Ermittlung der Masse (Messgenauigkeit siehe unten),
- Messstab oder Zollstock bei der Füllgradbestimmung,
- geschultes Personal für die Datenaufnahme.

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Datenaufnahme zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung ist vom Auftragnehmer zur Verfügung zustellen. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe und Schutzschuhe.
- Bei der Stichprobennahme vor Ort ist Signalkleidung (Warnweste) zu tragen.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der Datenaufnahme müssen unverzügliche Erste Hilfe Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.

3.3.1.8 Praktische Durchführung

Die Praktische Durchführung der Datenaufnahme sowie die Berechnung der einzelnen Kenngrößen ist den Kapiteln 3.3.2 bis 3.3.9 zu entnehmen.

Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.) kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind die Stichprobenadressen, die Anzahl der laut Behälterstatistik vorhandenen Behälter und ggf. die Einwohner für die spätere Auswertung und Hochrechnung zu erfassen und durch Ersatzadressen zu ergänzen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Die Adressen, an denen keine Behälter vorgefunden wurden, müssen in die Stichprobeneinheiten mit aufgenommen werden.

Liegen Daten über die tatsächliche Anzahl der Abfuhr der Behälter einer Stichprobenadresse je Jahr vor und ist das Datum der letzten Abfuhr bekannt, kann die Erfassung der Stichprobenadressen, der Behälter und der Einwohner von Stichprobenadressen ohne Behälter entfallen.

3.3.1.9 Mess- bzw. Darstellungsgenauigkeit

Für die Genauigkeit der Messungen und Abschätzungen der Kenngrößen sind folgende Grenzen einzuhalten:

Messgröße	Erfassungssystem	Messgenauigkeit/Darstellung der Ergebnisse
Volumenmessung, Leerhöhe oder Länge der "Blume" (bei Säcken)	Behälter <= 240 l	5 cm
	Behälter > 240 l	5 cm
	Säcke	5 cm
	Papierkörbe	5 cm
Volumenschätzung	Depotcontainer	10 Vol.-%
	Absetzcontainer	10 Vol.-%
Füllgrad	alle Behälter im Holsystem	5%
	Depot und Absetzcontainer	10%
Bereitstellungsgrad	alle Behälter im Holsystem	1%
Massebestimmung (Einzelmessung)	Behälter <= 240 l	100 g
	Behälter > 240 l	1 kg
	Säcke	100 g
	Papierkörbe	100 g
	Depotcontainer	1 kg
	Absetzcontainer	25 kg (in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Waage an der Abfallbeseitigungsanlage o. ä.)
Raum- und Schüttdichte	alle Systeme	1 kg/m ³ ; 0,001 kg/l; 0,001 Mg/m ³
Einwohnerspezifisches Behältervolumen	alle Behältersysteme im Holsystem	0,1 l/(E•w)
Nutzungsgrad	alle Systeme	1%
Einwohnerspezifische Abfall-/ Altstoffmasse	alle Systeme	0,01 kg/(E•w) oder 0,1 kg/(E•a)

3.3.1.10 Hochrechnung und Bestimmung von Durchschnittswerten

Grundsätzlich sind bei der Berechnung der abfallwirtschaftlichen Kenngrößen alle Stichprobenbehälter eines Standplatzes (inkl. nicht herausgestellte Behälter) zu berücksichtigen.

Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.) erfolgt die Berechnung der

einwohnerspezifischen Kenngrößen je Stichprobeneinheit, wie z. B. der einwohnerspezifischen Restabfallmenge in $\text{kg}/(\text{E}\cdot\text{w})$ wie folgt:

- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit bekannt, ist die je Stichprobenadresse vorgefundene Restabfallmasse auf die Zeitspanne zwischen dieser letzten Leerung und dem Probenahmetag zu beziehen (z. B. Masse pro drei Wochen ergibt $1/3$ Masse pro Woche) und dann über die Adressen einer Stichprobeneinheit zu aggregieren. Für die Berechnung des einwohnerspezifischen Wertes sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.
- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit nicht bekannt, ist zur Bestimmung der einwohnerspezifischen Restabfallmasse die Restabfallmasse der Stichprobeneinheit auf die Summe der Einwohner aller Stichprobenadressen (Adressen mit und ohne Behälter) der Stichprobeneinheit zu beziehen.

Mit Hilfe der aufgenommenen Daten ist auf die Grundgesamtheit zu schließen. Die Methode der Hochrechnung ist zu nennen.

Die Jahresdurchschnittswerte ergeben sich aus der Mittelwertbildung der Ergebnisse der vier durchgeführten Kampagnen (beim „Verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumen nur eine Kampagne). Wenn weniger als vier Kampagnen (aber mindestens eine im Sommer, eine im Winter und eine im Frühjahr oder im Herbst) realisiert werden, darf der Jahresdurchschnittswert nicht durch das arithmetische Mittel der Einzelergebnisse bestimmt werden. Vielmehr ist er als gewichteter Mittelwert der Einzelergebnisse zu berechnen, wobei jedem Einzelergebnis ein geeigneter Wert zuzuordnen ist. (Beispiel: Wenn drei verschiedenen Kampagnen durchgeführt werden - eine im Sommer, eine im Winter und eine im Frühjahr oder Herbst -, erhalten die Einzelergebnisse aus der Sommer- und Winterkampagne jeweils ein Gewicht von 0,25 und das eine Einzelergebnis aus der Frühjahrs- oder Herbstkampagne ein Gewicht von 0,5.)

3.3.1.11 Darlegung der Fehlerrechnung

Die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert in der Grundgesamtheit ist durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereichs darzulegen. Dafür ist der Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters eine geeignete statistische Größe. Er ist ein Maß für die relative Zufallsabweichung vom Untersuchungsparameter selbst und wird über den Variationskoeffizienten in der Stichprobe geschätzt.

3.3.2 Bestimmung des Füllgrades

Definition:

Der Füllgrad eines Behälters ist definiert als das Verhältnis des von Abfällen bzw. Altstoffen beanspruchten Behältervolumens zum Nennvolumen des Behälters.

$$\text{Füllgrad} = \frac{\text{beanspruchtes Behältervolumen [l]} \cdot 100}{\text{Nennvolumen des Behälters}} [\%]$$

Messverfahren und Geräte:

Zur Ermittlung des Füllgrades ist bei den festen Sammelbehältern mit einem speziellen Messstab die Höhe in cm des nicht beanspruchten Behälterraumes (Leerhöhe) zu messen. Der Messstab hat eine 20 x 20 cm große Fußplatte, der auf die eingeebnete Oberkante des Abfalls/Altstoffes im Behälter aufgestellt wird, ohne den Inhalt zusammenzudrücken. Alternativ zum Messstab kann auch mit einem Zollstock/Metermaß gemessen werden.

Die Abhängigkeit des beanspruchten Behälterraumes von der Leerhöhe (beim Sack von der Länge der „Blume“) ist, soweit sie nicht der Literatur entnommen werden kann, durch Ausliterung eines Protobehälters je Behältertyp und -größe in Schlüsselkurven (Behältervolumen in Abhängigkeit von der Leerhöhe bzw. „Blume“) darzustellen. Bei den Kunststoffbehältern/-säcken ist wegen der Dehnbarkeit der Wandung eine Ausliterung mit Styroporkügelchen vorzunehmen.

Aufgrund der zum Teil erheblichen Verformungen bei der Ausliterung der Behälter mit Wasser ist dieses Medium hierfür nicht geeignet.

Für die Bestimmung des Füllgrades ist zunächst die vor Ort gemessene Leerhöhe mittels der Schlüsselkurve in beanspruchtes Behältervolumen umzurechnen. Durch Division des beanspruchten Behältervolumens durch das entsprechende Nennvolumen ist der Füllgrad des beprobten Behälters zu berechnen.

Bei der Sacksammlung ist die Länge der „Blume“ des Sackes (Überstand ab der Zuschnürung) aufzunehmen und analog zum zuvor beschriebenen Verfahren umzurechnen.

Bei Depotcontainern, Absetzcontainern sowie sperrigen Abfällen kann in der Regel mit vertretbarem Aufwand nur eine Volumenschätzung vorgenommen werden, da diese Systeme messtechnisch häufig schwer zugänglich sind.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. MGB 120 l),
- Leerhöhe (Länge der „Blume“) des jeweiligen Behälters bzw. Sacks (nicht beanspruchtes Behältervolumen, Umrechnung über Schlüsselkurve) oder
- geschätztes beanspruchtes Volumen [%] bei Depotcontainern bzw. offenen Absetzcontainern.

Der Füllgrad muss für jede Behälterart und -größe separat ermittelt und ausgewiesen werden.

Genauigkeit der Messungen bzw. Schätzungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Messgenauigkeit/Darstellung der Ergebnisse
Volumenmessung Leerhöhe oder Länge der "Blume" (bei Säcken)	Behälter	5 cm
	Säcke	5 cm
	Papierkörbe	5 cm
Volumenschätzung	Depotcontainer	10 Vol.-%
	Absetzcontainer	10 Vol.-%
Füllgrad	alle Behälter im Holsystem	5%
	Depot und Absetzcontainer	10%

Stichprobenumfang:

Für jede Behälterart/-größe je Schicht ist eine Anzahl von mindestens 30 Behältern zu beproben. Erfolgt die Bestimmung im Rahmen der Stichprobennahme für eine Sortieranalyse, so muss die Leerhöhe (Länge der "Blume" bei Sacksammlung) oder Volumenschätzung (Depotcontainer und Absetzcontainer) sämtlicher Stichprobenbehälter aufgenommen werden.

3.3.3 Bestimmung des Bereitstellungsgrades

Definition:

Der Bereitstellungsgrad ist definiert als das Verhältnis der vom Nutzer zur Sammlung (Entleerung) bereitgestellten Behälter zu den laut Statistik des Entsorgungsunternehmens ausgeteilten verfügbaren Behältern.

$$\text{Bereitstellungsgrad} = \frac{\text{Anzahl bereitgestellter Behälter [Stück]} \cdot 100}{\text{Anzahl verfügbarer Behälter [Stück]}} [\%]$$

Messverfahren:

Die Anzahl der zur Entleerung bereitgestellten Behälter ist durch Zählungen in festgelegten Straßenabschnitten zu ermitteln. Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. MGB 120) sowie Anzahl der zur Leerung bereitgestellten Behälter eines Standplatzes vor Ort (Ist-Bestand) und
- Behälterart und -größe (z. B. MGB 120) sowie Anzahl der ausgeteilten Behälter eines Standplatzes aus Behälterstatistiken (Soll-Bestand).

Der erfasste Bestand an zur Entleerung bereitgestellten Behältern ist dem entsprechenden Bestand an ausgeteilten Behältern (aus Behälterstatistik) gegenüberzustellen.

Genauigkeit der Berechnungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Genauigkeit der Ergebnisdarstellung
Bereitstellungsgrad	alle Behälter im Holsystem	1%

Stichprobenumfang:

Für jede Schicht ist eine Anzahl von mindestens 200 Standplätzen zu beproben.

3.3.4 Bestimmung der Abfall-/Altstoffmasse

Definition:

Die Abfall-/Altstoffmasse je Behälter ist die Abfall- bzw. Altstoffmasse, die in einem Behälter enthalten ist.

$$\text{Abfall- /Altstoffmasse} = \text{Masse des gefüllten Behälters} - \text{Masse des Leerbehälters [kg/Beh.] je Behälter}$$

Messverfahren und Geräte:

Zur Ermittlung der Abfall-/Altstoffmasse je Behälter ist die Masse des gefüllten Behälters (Brutto) zu bestimmen. Nach der Behälterentleerung ist die Taramasse desselben aufzunehmen (Vorgehensweise z. B. im Rahmen einer Stichprobennahme bei Sortieranalysen).

Alternativ zur obigen Vorgehensweise kann die mittlere Taramasse des jeweiligen Behältertyps (laut Herstellerangaben oder selbst ermittelt) pauschal von der Bruttomasse subtrahiert werden. Hierdurch kommt es zu einem Fehlereintrag bedingt durch

- Schwankungen bei der Taramasseangabe des Herstellers sowie
- Schwankungen durch Restanhaftungen insbesondere beim Bioabfallbehälter.
- Aufzunehmen sind folgende Daten:
- Behälterart und -größe (z. B. MGB 120),
- Brutto- und Taramasse der Behälter je Standplatz,

Die Abfall-/Altstoffmasse muss für jede Behälterart und -größe separat ermittelt und ausgewiesen werden.

Genauigkeit der Messungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Messgenauigkeit
Massebestimmung	Behälter ≤ 240 l	100 g
	Behälter > 240 l	1 kg
	Säcke und Papierkörbe	100 g
	Depotcontainer	1 kg
	Absetzcontainer	25 kg (in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Waage an der Abfallbeseitigungsanlage o. ä.)

Stichprobenumfang:

Für jede Behälterart/-größe je Schicht ist eine Anzahl von mindestens 30 Behältern zu beproben. Erfolgt die Bestimmung im Rahmen der Stichprobennahme für eine Sortieranalyse, so muss die Abfall-/Altstoffmasse je Behälter sämtlicher Stichprobenbehälter bestimmt werden.

3.3.5 Bestimmung der Raum- und Schüttdichte

Definition:

Die Raumdichte eines Abfalls/Altstoffes im Sammelbehälter ist definiert als die Abfall-/Altstoffmasse je Behälter bezogen auf das Behälternennvolumen.

$$\text{Raumdichte} = \frac{\text{Abfall- /Altstoffmasse je Behälter [kg]}}{\text{Nennvolumen des Behälters [l]}} \quad [\text{kg / l}]; [\text{kg / m}^3]; [\text{Mg / m}^3]$$

Die Schüttdichte eines Abfalls/Altstoffes im Sammelbehälter ist definiert als die Abfall-/Altstoffmasse je Behälter bezogen auf das beanspruchte Behältervolumen.

$$\text{Schüttdichte} = \frac{\text{Abfall- /Altstoffmasse je Behälter [kg]}}{\text{Nennvolumen des Behälters [l]}} \quad [\text{kg / l}]; [\text{kg / m}^3]; [\text{Mg / m}^3]$$

Berechnungsverfahren:

Zur Ermittlung der Raum- bzw. Schüttdichte ist die Abfall-/Altstoffmasse je Behälter sowie das Gesamt- bzw. beanspruchte Behältervolumen zugrundezulegen (Vorgehensweisen hierzu, siehe 3.3.4, 3.3.6 und 3.3.7).

Durch Division der einzelnen Abfall-/Altstoffmassen je Behälter durch das entsprechende Gesamt- bzw. beanspruchte Behältervolumen ist die Raum- bzw. Schüttdichte des beprobten Behälters zu berechnen.

Genauigkeit der Berechnungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Genauigkeit der Ergebnisdarstellung
Raum- und Schüttdichte	alle Systeme	1 kg/m ³ ; 0,001 kg/l; 0,001 Mg/m ³

Stichprobenumfang:

Für jede Behälterart/-größe je Schicht ist eine Anzahl von mindestens 30 Behältern zu beproben. Erfolgt die Bestimmung im Rahmen der Stichprobennahme für eine Sortieranalyse, so muss die Leerhöhe sowie die Abfall-/Altstoffmasse je Behälter sämtlicher Stichprobenbehälter gemessen werden.

3.3.6 Bestimmung des verfügbaren einwohner-spezifischen Behältervolumens

Definition:

Das verfügbare einwohnerspezifische Behältervolumen ist definiert als das dem Nutzer zur Verfügung gestellte Behältervolumen je Einwohner und Zeiteinheit, z. B. je Woche.

$$\text{verfügbares einwohnerspez. Behältervolumen} = \frac{\text{verfügbares Behältervolumen [l]}}{\text{Einwohner} \cdot \text{Zeiteinheit [E} \cdot \text{Zeiteinheit]}} \text{ [l/(E} \cdot \text{Zeiteinheit)]}$$

Berechnungsverfahren:

Zur Ermittlung des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens ist bei festen Sammelbehältern, Säcken und Containern das Nennvolumen sowie das Leerungsintervall (Räumturnus) der beprobten Behälter, Säcke bzw. Container aus den entsprechenden Statistiken (Abfall- bzw. Gebührensatzung) zu entnehmen. Dieses ist auf die entsprechenden Einwohner (ebenfalls aus Statistiken) zu beziehen. In der Regel kann dieses lediglich für die Summe der Behälter bzw. Einwohner eines Standplatzes erfolgen, da eine eindeutige Zuordnung bei mehreren Behältern je Standplatz oft nicht möglich ist.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. MGB 120) sowie Anzahl der jeweiligen Behälter eines Standplatzes aus Behälterstatistiken (Soll-Bestand),
- zugeordnete Einwohner,
- Leerungsintervall (Räumturnus) nach Satzungsvorgabe sowie tatsächliches.

Die Auswertung der ermittelten Daten erfolgt zunächst für jede einzelne Anfallstelle (i. d. R. Behälterstandplatz). Hierzu ist in jedem Fall eine direkte Einwohnerzuordnung erforderlich, was in Ausnahmefällen zu datenschutzrechtlichen Problemen führen kann. Alternativ kann ggf. für eine einzelne Schicht (z. B. zusammenhängendes Gebiet einer Bebauungsstruktur) ein gemittelter Wert bestimmt werden, z. B. durch Betrachtung einzelner Straßenzüge oder Fahrzeugladungen. Auch kann eine Auflistung der beprobten Standplätze mit der Bitte um Bekanntgabe der entsprechenden Gesamteinwohnerzahl für diese Standplätze an das

Einwohnermeldeamt eingeholt werden. Hierdurch werden Datenschutzprobleme umgangen, da keine grundstücksbezogenen Einwohnerdaten erforderlich sind. Jedoch können bei der Bestimmung des Leerungsintervalls Probleme auftreten, falls dieses bei den verschiedenen Behältern unterschiedlich ist.

Genauigkeit der Berechnungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Genauigkeit der Ergebnisdarstellung
verfügbares einwohnerspezifisches Behältervolumen	alle Systeme	0,1 l/(E•w)

Stichprobenumfang:

Für jede Schicht ist eine Anzahl von mindestens 30 Behältern zu beproben. Erfolgt die Bestimmung im Rahmen der Stichprobennahme für eine Sortieranalyse, so muss das einwohnerspezifische Behältervolumen sämtlicher Stichprobenbehälter bestimmt werden.

3.3.7 Bestimmung des beanspruchten einwohner-spezifischen Behältervolumens

Definition:

Das beanspruchte einwohnerspezifische Behältervolumen ist definiert als das vom Nutzer am Leerungstag bereitgestellte, beanspruchte Behältervolumen je Einwohner und Zeitraum, z. B. je Woche.

$$\text{beanspr. einwohnerspez. Behältervol.} = \frac{\text{zur Entleerung bereitgestelltes, beanspruchtes Behältervolumen [l]}}{\text{Einwohner} \cdot \text{Zeiteinheit [E} \cdot \text{Zeiteinheit]}} \quad [l / (E \cdot \text{Zeiteinheit})]$$

Zur Ermittlung des beanspruchten einwohnerspezifischen Behältervolumens ist das bereitgestellte, beanspruchte Behältervolumen (Meßmethode siehe oben) sowie das Leerungsintervall der beprobten Behälter/Container zugrunde zu legen. Dieses ist den entsprechenden Einwohnern (aus Statistiken) gegenüberzustellen. In der Regel kann dieses lediglich für die Summe der Behälter bzw. Einwohner eines Standplatzes erfolgen, da eine eindeutige Zuordnung bei mehreren Behältern je Standplatz oft nicht möglich ist.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. MGB 120) sowie Anzahl der jeweiligen Behälter eines Standplatzes vor Ort (Ist-Bestand) sowie aus Behälterstatistiken (Soll-Bestand),
- Leerhöhe (Länge der „Blume“) des jeweiligen Behälters bzw. Sacks oder
- geschätztes beanspruchtes Volumen [%] bei Depotcontainern bzw. offenen Absetzcontainern,
- zugeordnete Einwohner,
- Leerungsintervall (Räumturnus) nach Satzungsvorgabe sowie tatsächliches,
- Bereitstellungsgrad.

Die Auswertung der ermittelten Daten erfolgt zunächst für jede einzelne Anfallstelle (i. d. R. Behälterstandplatz). Hierzu ist in jedem Fall eine direkte Einwohnerzuordnung erforderlich, was in Ausnahmefällen zu datenschutzrechtlichen Problemen führen kann. Alternativ kann ggf. für eine einzelne Schicht (z. B. zusammenhängendes Gebiet einer Bebauungsstruktur) ein gemittelter Wert bestimmt werden, z. B. durch Betrachtung einzelner Straßenzüge oder Fahrzeugladungen. Auch kann eine Auflistung der beprobten Standplätze mit der Bitte um Bekanntgabe der entsprechenden Gesamteinwohnerzahl für diese Standplätze an das Einwohnermeldeamt eingeholt werden. Hierdurch werden Datenschutzprobleme umgangen, da keine grundstücksbezogenen Einwohnerdaten erforderlich sind. Jedoch können bei der Bestimmung des Leerungsintervalls Probleme auftreten, falls dieses bei den verschiedenen Behältern unterschiedlich ist.

- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit bekannt, ist das je Stichprobenadresse vorgefundene beanspruchte Behältervolumen auf die Zeitspanne zwischen dieser letzten Leerung und dem Probenahmetag zu beziehen (z. B. Volumen pro drei Wochen ergibt 1/3 Volumen pro Woche) und dann über die Adressen einer Stichprobeneinheit zu aggregieren. Für die Berechnung des einwohnerspezifischen Wertes sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.
- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit nicht bekannt, ist zur Bestimmung des einwohnerspezifischen beanspruchten Behältervolumens das beanspruchte Behältervolumen der Stichprobeneinheit auf die Summe der Einwohner aller Stichprobenadressen (Adressen mit und ohne Behälter) der Stichprobeneinheit zu beziehen.

Genauigkeit der Berechnungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Genauigkeit der Ergebnisdarstellung
beanspruchtes einwohnerspezifisches Behältervolumen	alle Systeme	0,1 l/(E•w)

Stichprobenumfang:

Für jede Schicht ist eine Anzahl von mindestens 30 Behältern zu beproben. Erfolgt die Bestimmung im Rahmen der Stichprobennahme für eine Sortieranalyse, so muss das einwohnerspezifische Behältervolumen sämtlicher Stichprobenbehälter bestimmt werden.

3.3.8 Bestimmung des Nutzungsgrades des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens

Definition:

Der Nutzungsgrad eines Behältersystems wird beschrieben durch das Verhältnis des beanspruchten einwohnerspezifischen Behältervolumens zum verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumen.

$$\text{Nutzungsgrad} = \frac{\text{beanspr. einwohnerspz. Behältervol. } [(l / E \cdot \text{Zeiteinheit})] \cdot 100}{\text{verfügb. einwohnerspz. Behältervolumen } [(l / (E \cdot \text{Zeiteinheit})]} [\%]$$

Berechnungsverfahren:

Zur Ermittlung des Nutzungsgrades ist das beanspruchte einwohnerspezifische Behältervolumen (Vorgehensweise hierzu, siehe 3.3.7) der beprobten Behälter/Container dem verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumen gegenüberzustellen (Vorgehensweise hierzu, siehe 3.3.6). Der Nutzungsgrad entspricht dem Produkt aus Füllgrad und Bereitstellungsgrad.

Genauigkeit der Berechnungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Genauigkeit der Ergebnisdarstellung
Nutzungsgrad	alle Systeme	1%

Stichprobenumfang:

Für jede Schicht ist eine Anzahl von mindestens 30 Behältern zu beproben. Erfolgt die Bestimmung im Rahmen der Stichprobennahme für eine Sortieranalyse, so muss das einwohnerspezifische Behältervolumen sämtlicher Stichprobenbehälter bestimmt werden.

3.3.9 Bestimmung der einwohnerspezifischen Abfall-/Altstoffmasse

Definition:

Die einwohnerspezifische Abfall-/Altstoffmasse ist definiert als die erfasste Masse in kg je Einwohner und Zeitabschnitt, z. B. je Woche oder je Jahr.

$$\text{Einwohnerspz. Abfall - / Altstoffmasse} = \frac{\text{Abfall - / Altstoffmasse [kg]}}{\text{Einwohner} \cdot \text{Zeiteinheit [E} \cdot \text{Zeiteinheit]}} [\text{kg} / (\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit})]$$

Berechnungsverfahren:

Zur Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfall-/Altstoffmasse ist die Abfall-/Altstoffmasse je Behälter (Vorgehensweise hierzu, siehe 3.3.4) sowie das Leerungsintervall (Zeitabschnitt zwischen zwei Leerungen) der beprobten Behälter/Container den dazugehörigen Einwohnern (aus Statistiken) gegenüberzustellen und auf einen Wochen- oder Jahreswert zu normieren. In der Regel kann dieses lediglich für die Summe der Behälter bzw. Einwohner eines Standplatzes erfolgen, da eine eindeutige Einwohnerzuordnung bei mehreren Behältern je Standplatz oft nicht möglich ist.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. MGB 120) sowie Anzahl der jeweiligen Behälter eines Standplatzes vor Ort (Ist-Bestand),
- Bruttomasse der Behälter je Standplatz,

- Taramasse der Behälter je Standplatz,
- zugeordnete Einwohnerdaten,
- Leerungsintervall (Räumturnus) nach Satzungsvorgabe sowie tatsächliches.

Auswertung:

Die Auswertung der ermittelten Daten erfolgt zunächst für jede einzelne Anfallstelle (i. d. R. Behälterstandplatz). Hierzu ist in jedem Fall eine direkte Einwohnerzuordnung erforderlich, was in Ausnahmefällen zu datenschutzrechtlichen Problemen führen kann. Alternativ kann ggf. für eine einzelne Schicht (z. B. zusammenhängendes Gebiet einer Bebauungsstruktur) ein gemittelter Wert bestimmt werden, z. B. durch Verwiegung einzelner Fahrzeugladungen oder Verwiegungen der Abfall-/Altstoffmassen je Behälter ganzer Straßenzüge. Auch kann eine Auflistung der beprobten Standplätze mit der Bitte um Bekanntgabe der entsprechenden Gesamteinwohnerzahl für diese Standplätze an das Einwohnermeldeamt eingeholt werden. Hierdurch werden Datenschutzprobleme umgangen, da keine grundstücksbezogenen Einwohnerdaten erforderlich sind. Jedoch können bei der Bestimmung des Leerungsintervalls Probleme auftreten, falls dieses bei den verschiedenen Behältern unterschiedlich ist.

- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit bekannt, ist die je Stichprobenadresse vorgefundene Restabfallmasse auf die Zeitspanne zwischen dieser letzten Leerung und dem Probenahmetag zu beziehen (z. B. Masse pro drei Wochen ergibt 1/3 Masse pro Woche) und dann über die Adressen einer Stichprobeneinheit zu aggregieren. Für die Berechnung des einwohnerspezifischen Wertes sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.
- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit nicht bekannt, ist zur Bestimmung der einwohnerspezifischen Restabfallmasse die Restabfallmasse der Stichprobeneinheit auf die Summe der Einwohner aller Stichprobenadressen (Adressen mit und ohne Behälter) der Stichprobeneinheit zu beziehen.

Genauigkeit der Berechnungen:

Messgröße	Erfassungssystem	Genauigkeit der Ergebnisdarstellung
Einwohnerspezifische Abfall-/ Altstoffmasse	alle Systeme	0,01 kg/(E•w) oder 0,1 kg/(E•a)

Stichprobenumfang:

Für jede Schicht ist eine Anzahl von mindestens 30 Behältern zu beproben. Erfolgt die Bestimmung im Rahmen der Stichprobennahme für eine Sortieranalyse, so muss das einwohnerspezifische Behältervolumen sämtlicher Stichprobenbehälter bestimmt werden.

3.4 Zuordnung der Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene zu Beseitigungs- und Verwertungsverfahren

Als Grundlage für die Berechnung der Anteile des Restabfalls, die grundsätzlich für die einzelnen Beseitigungs- und Verwertungsverfahren geeignet sind, werden die Stoffgruppen der 2. Differenzierungsebene den einzelnen Verfahren zugeordnet. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei den Stoffgruppen um Bestandteile des Restabfalls handelt und nicht um getrennt gesammelte Fraktionen. Grundsätzlich lassen sich alle Stoffgruppen thermisch behandeln, so dass dieses Verfahren nicht in der Tabelle dargestellt wird.

Stoffgruppe	Grundsätzlich geeignet für die				
	energetische Verwertung	stoffliche Verwertung	biologische Verwertung	mechanisch-biologische Behandlung	Ablagerung
Fe-Verpackungen		X			X
Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)		X			X
Aluminium-Verpackungen		X			X
Sonstige NE-Verpackungen		X			X
Sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)		X			X
PPK-Verpackungen	X	X		X	
PPK-Druckerzeugnisse und Administrationspapiere	X	X		X	
Sonstige PPK (keine Verpackungen)	X	X		X	
Glas-Verpackungen (Einweg)		X			X
Glas-Verpackungen (Mehrweg)		X			X
Hohlglas (keine Verpackungen)		X			X
Sonstiges Glas (keine Verpackungen)		X			X
Kunststoff-Verpackungen	X	X			
sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	X	X			
Küchenabfälle		X	X	X	
Gartenabfälle		X	X	X	
Sonstige Organik		X	X	X	

Stoffgruppe	Grundsätzlich geeignet für die				
	energetische Verwertung	stoffliche Verwertung	biologische Verwertung	mechanisch- biologische Behandlung	Ablagerung
Holz-Verpackungen	X	X		X	
Sonstiges Holz	X	X		X	
Bekleidung	X	X			
Sonstige Textilien	X	X			
Keramik		X			X
Sonstige Mineralstoffe		X			X
Verbund-Verpackungen	X	X			
Elektronikschrott *)	X	X			
Verbund-Möbel *)	X	X			
Fahrzeugteile *)	X	X			
Sonstige Verbunde *)	X	X			
Batterien		X			
Akkumulatoren		X			
Altmedikamente					
Altchemikalien					
Altölhaltige Materialien					
Sonstige schadstoffbelastete Materialien					
Leder	X				
Gummi	X	X			
Kork	X	X			
Hygieneprodukte				X	
Stoffe anderweitig nicht genannt					
Fraktion < 10 mm				X	

*) Bei relevanten Anteilen anderer Stoffgruppen (z. B. Metallen oder Kunststoffen) ist eine entsprechend differenzierte Zuordnung vorzunehmen.

Glossar

Arithmetisches Mittel,
Mittelwert \bar{x}

Empirisches Lagemaß; Summe aller Stichprobenwerte x_i ,
geteilt durch den Stichprobenumfang n

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Basisuntersuchung
Folgeuntersuchung

Grundlegende Untersuchung des Abfallaufkommens.
Auf der Basisuntersuchung aufbauende Untersuchung zur
Feststellung längerfristiger Veränderungen des
Abfallaufkommens.

Grundgesamtheit

Die gesamte Abfallmasse (je Abfallart) eines
Untersuchungsgebietes bezogen auf ein Jahr. Die
Grundgesamtheit muss zu Untersuchungszwecken in Ein-
heiten gleicher Größe (U_i) mit der Anzahl N zerlegbar sein.
Der Umfang der Grundgesamtheit wird mit N bezeichnet.

Kampagnezeitraum

Zeitdauer der zu einer Abfalluntersuchung gehörenden
Sortier- oder Sichtungskampagnen bzw. Zeitdauer, über die
sich die Probenahme erstrecken.

Median, Zentralwert \tilde{x}

Empirisches Lagemaß; mindestens 50% der
Stichprobenwerte x_i sind größer oder gleich und 50% kleiner
oder gleich dem Median; sind $x_{(1)} \dots x_{(n)}$ die der Größe nach
geordneten Stichprobenwerte x_i , dann

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}, & \text{falls } n \text{ ungerade} \\ \frac{1}{2} \left(x_{\left(\frac{n}{2}\right)} + x_{\left(\frac{n+2}{2}\right)} \right), & \text{falls } n \text{ gerade} \end{cases}$$

Notwendige Rahmendaten

Notwendige Daten zur Planung und Auswertung der
Abfalluntersuchungen (Mindestanforderung).

Schichtung

Bildung von homogenen Teilgesamtheiten aus einer
heterogenen Grundgesamtheit mit den Zielen, Aussagen
über die Teilgesamtheit zu treffen oder aus stichpro-
bentheoretischer Sicht bei gleichbleibendem Stich-
probenumfang die Genauigkeit der Untersuchung zu
erhöhen bzw. bei gleichbleibender Genauigkeit den Stich-
probenumfang zu reduzieren.

Sortier- bzw.

Sichtungskampagne

Ein Sortier- oder Sichtungsdurchgang.

Standardabweichung s

Empirisches Streuungsmaß in der gleichen Dimension wie
die einzelnen Stichprobenwerte x_i ; positiv genommene
Wurzel aus der Varianz s^2

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{für } n \geq 2$$

Stichprobe	Probe vom Umfang n aus einer Grundgesamtheit vom Umfang N , wobei $n \ll N$.
Stichprobeneinheit	Die kleinste Einheit, die ausgewählt und getrennt sortiert oder gesichtet wird.
Stichprobenumfang n	Anzahl der Stichprobeneinheiten pro Stichprobe, hier: pro Sortier- oder Sichtungskampagne; eine auf der Normalverteilung basierende Näherung des minimalen Stichprobenumfangs zur Schätzung eines Mittelwerts (eines Untersuchungsparameter) bei vorgegebener relativer Genauigkeit für die Mittelwertschätzung $d_{\bar{x};rel}$, bei vorgegebener statistischer Sicherheit (Irrtumswahrscheinlichkeit α), bei bekanntem Umfang der Grundgesamtheit N und bei bekanntem Variationskoeffizienten der Grundgesamtheit γ ist

$$n > \frac{(z_{\alpha} \cdot \gamma)^2}{d_{\bar{x};rel}^2 + \frac{(z_{\alpha} \cdot \gamma)^2}{N}}$$

z_{α} ist einer Tabelle mit ausgewählten Schranken der Standardnormalverteilung (zweiseitiger Test) für die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit α zu entnehmen. Insbesondere wenn γ durch den (Stichproben-)Variationskoeffizienten v anhand einer weiteren (ggf. älteren) Stichprobe geringen Umfangs geschätzt wird, unterschätzt diese Formel den benötigten Stichprobenumfang (kann durch Multiplikation mit in der Literatur genannten Korrekturfaktoren größer 1 ausgeglichen werden). Ist das so bestimmte n kleiner als 5% der Grundgesamtheit N (d. h. Auswahlsatz $\frac{n}{N} < 0,05$) oder ist N unbekannt, gilt die Näherung

$$n > \left(\frac{z_{\alpha} \cdot \gamma}{d_{\bar{x};rel}} \right)^2$$

Teilerhebung	Die Abfallmasse und -zusammensetzung wird von einer Teilmenge der Grundgesamtheit erhoben.
Teilgesamtheit	Aufgegliederte Einheit des Untersuchungsgebietes, um Unterschiede in der Siedlungsstruktur, im Abfuhrsystem, im Heizungssystem, in den Verwertungsmöglichkeiten etc. mit der Methode der Schichtung zu untersuchen.
Untersuchungsgebiet	Das Gebiet (Stadt, Kreis etc.), dessen Grundgesamtheit zu untersuchen ist (räumliche Abgrenzung der Grundgesamtheit).
Untersuchungsparameter	Untersuchungsgrößen wie die gesamte Abfallmasse, die gesamte Abfallmasse einzelner Stoffgruppen oder die einwohnerspezifische Abfallmasse.

Untersuchungszeitraum	Zeitraum, auf die sich die gesamte Abfalluntersuchung bezieht (z. B. ein Jahr, zeitliche Abgrenzung der Grundgesamtheit).
Verhältnisschätzung	Hochrechnungsmethode, für die ein Untersuchungs- (z. B. Abfallmasse) und Basismerkmal (z. B. Anzahl der Einwohner) ins Verhältnis gesetzt werden, das dann als Schätzwert für die Grundgesamtheit dient.
Varianz s^2	Empirisches Streuungsmaß dafür, wie stark die Stichprobenwerte x_i durchschnittlich von ihrem Mittelwert \bar{x} abweichen, mit der quadrierten Maßeinheit der Stichprobenwerte x_i als Dimension; prinzipiell Mittelwert der quadrierten Abweichungen $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \text{ für } n \geq 2$
Variationskoeffizient v	Relatives dimensionsloses empirisches Streuungsmaß mit dem Mittelwert \bar{x} als Einheit (von \bar{x} bereinigt, also ohne Nennung von \bar{x} interpretierbar); geeignet zum Vergleich der Variabilität von Untersuchungsparametern mit verschiedenen Mittelwerten bzw. zum Vergleich von Stichproben eines Grundgesamtheitstyps $v = \frac{s}{\bar{x}} \text{ mit } x_i > 0$
Variationskoeffizient des Schätzwertes	Der Variationskoeffizient wird durch \sqrt{n} geteilt. Man erhält ein relatives Streuungsmaß, das die Abweichung vom Untersuchungsparameter charakterisiert.
Vollerhebung	Die Abfallmasse und -zusammensetzung wird von allen Elementen der Grundgesamtheit erhoben.
Zusätzliche Rahmendaten	Über die notwendigen Rahmendaten hinausgehende Größen zur Durchführung von Schichtungen.

Anhang

Zu 3.2.4: Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen

Bei der Umsetzung des vorgeschlagenen Stoffgruppenkatalogs sind die nachfolgend beschriebenen Zuweisungsempfehlungen zu beachten. Hierbei sind zunächst jeweils die möglichen Zuweisungen sowie die damit verbundenen Vor- und Nachteile zusammenfassend dargestellt.

Zu 3.2.4.1: „Gefüllte Verpackungen“ bzw. nicht restentleerte Verpackungen

Definition:

Verpackungen, deren Inhalt erheblich mehr wiegt als die Verpackung selbst (i. w. überlagerte Lebensmittel, gefüllte Flaschen bzw. Gläser, etc.).

Zuweisung	Vorteil	Nachteil
1. Fraktion „Rest“	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis	großer Fehler bei der Sortieranalyse
2. Verpackungen	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis	relativ großer Fehler bei der Sortieranalyse, insbesondere bei der Bestimmung des Verpackungsanteils großer Störstoffeintrag im Getrennterfassungssystem in der Praxis
3. Hauptfraktion	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis relativ geringer Fehler bei der Sortieranalyse	großer Störstoffeintrag im Getrennterfassungssystem in der Praxis (i. d. R. Bioabfall)
4. separat ausweisen und ggf. anteilig zuordnen	geringer Fehler bei der Sortieranalyse geringer Störstoffeintrag im jeweiligen Getrennterfassungssystem in der Praxis	relativ großer Aufwand bei der Sortieranalyse relativ großer Aufwand für den Bürger in der Praxis

Zuweisung:

Gefüllte Verpackungen bzw. nicht restentleerte Verpackungen sind separat auszuweisen und gegebenenfalls stichprobenhaft nachzusortieren (2. Differenzierungsebene).

Zu 3.2.4.2: Fraktion < 10 mm im Beutel, wie z. B. Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.

Definition:

Fraktionen < 10 mm, die aufgrund der einfacheren Handhabung im Beutel entsorgt werden (Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.).

Zuweisung	Vorteil	Nachteil
1. Fraktion „Rest“	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis	relativ großer Fehler bei der Sortieranalyse
2. Hauptfraktion, (Fraktion < 10 mm)	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis relativ geringer Fehler bei der Sortieranalyse	unbedeutend
3. separat ausweisen und ggf. anteilig zuordnen	geringer Fehler bei der Sortieranalyse	großer nicht vertretbarer Aufwand bei der Sortieranalyse bei maschineller Siebung keine getrennte Erfassung und separate Ausweisung möglich subjektiver Einfluss bei händischer Siebung sehr groß Vergleich der Sortierergebnisse bei unterschiedlichen Siebtechniken nicht möglich großer Aufwand für den Bürger in der Praxis

Zuweisung:

Aufgrund der relativ einfachen Zuordnung sowie des relativ geringen Fehlers bei der Sortieranalyse ist die Fraktion < 10 mm, die aufgrund der einfacheren Handhabung im Beutel entsorgt wird (Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc.) direkt der Fraktion < 10 mm zuzuordnen. Durch die Bestimmung des Glühverlustes kann der Organikanteil ergänzend näher beschrieben werden.

Zu 3.2.4.3: Relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen

Definition:

Relativ leicht lösbare Verbunde oder trennbare Kombinationsverpackungen, die sich aus verschiedenen relativ leicht lösbaren Bestandteilen zusammensetzen, wie z. B. Zigaretenschachtel, Gebäck- und Pralinenschachteln, Gläser bzw. Flaschen mit Schraubverschlüssen, Spraydosen mit Verschlusskappen, Joghurtbecher mit Aludeckel etc.

Zuweisung	Vorteil	Nachteil
1. Verbunde/ Fraktion „Rest“	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis	relativ großer Fehler bei der Sortieranalyse
2. Hauptfraktion	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis relativ geringer Fehler bei der Sortieranalyse	relativ großer Störstoffeintrag im Getrennterfassungssystem in der Praxis
3. separat ausweisen und ggf. anteilig zuordnen	geringer Fehler bei der Sortieranalyse geringer Störstoffeintrag im Getrennterfassungssystem in der Praxis	relativ großer Aufwand bei der Sortieranalyse relativ großer Aufwand für den Bürger in der Praxis

Zuweisung:

Aufgrund des geringen Fehlers bei der Sortieranalyse sind relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen ab der Größe einer Zigaretenschachtel separat zu erfassen und nach der jeweiligen Stoffgruppe (2. Differenzierungsebene) getrennt auszuweisen. Entsprechend kleinere Verbunde bzw. Kombinationsverpackungen sind der jeweilig überwiegenden Hauptfraktion zuzuweisen.

Zu 3.2.4.4: „Reine“ Fraktionen größerer Abmessung mit geringen Anteilen anderer Fraktionen

Definition:

Relativ „reine“ Fraktionen größerer Abmessung mit einem geringen Anteil (< 20 Masse-%) anderer Fraktionen, welche sich nur sehr schwer vom Hauptbestandteil lösen lassen (Bücher mit Kunststoff- oder Ledereinband, Fahrradlenker mit Kunststoffgriff etc.).

Zuweisung	Vorteil	Nachteil
1. Verbunde/ Fraktion „Rest“	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis	relativ großer Fehler bei der Sortieranalyse
2. Hauptfraktion	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis relativ geringer Fehler bei der Sortieranalyse	relativ großer Störstoffeintrag im Getrennterfassungssystem in der Praxis
3. separat ausweisen und ggf. anteilig zuordnen	geringer Fehler bei der Sortieranalyse geringer Störstoffeintrag im Getrennterfassungssystem in der Praxis	relativ großer Aufwand bei der Sortieranalyse relativ großer Aufwand für den Bürger in der Praxis

Zuweisung:

Aufgrund der einfacheren Zuordnung sowie des geringen Fehlers bei der Sortieranalyse sind relativ „reine“ Fraktionen größerer Abmessung mit geringen Anteilen anderer Fraktionen, welche sich nur sehr schwer vom Hauptbestandteil lösen lassen, direkt der jeweiligen Hauptfraktion zuzuordnen.

Zu 3.2.4.5: Flüssigkeiten im Sammelgefäß (i. w. Biotonne)

Definition:

Flüssigkeiten im Sammelgefäß (im Wesentlichen bei der Biotonne), welche in der Regel beim Abbauprozess der kompostierbaren Küchenabfälle entstehen.

Zuweisung	Vorteil	Nachteil
1. vernachlässigen	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis	großer Fehler bei der Sortieranalyse (Anteile werden falsch bestimmt, i. d. R. Organikanteil zu gering)
2. Hauptfraktion (i. d. R. Organik)	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis geringer Fehler bei der Sortiererergebnisse, insbesondere bei der Ausweisung der Organik	
3. separat ausweisen und ggf. anteilig zuordnen	geringer Aufwand bei der Sortieranalyse geringer Aufwand für den Bürger in der Praxis geringer Fehler bei der Sortiererergebnisse, insbesondere bei der Ausweisung der Organikfraktion	

Zuweisung:

Aufgrund der einfachen Zuordnung sowie des geringen Fehlers bei der Sortieranalyse sind Flüssigkeiten im Sammelgefäß (im Wesentlichen bei der Biotonne) getrennt zu erfassen und separat auszuweisen. Anschließend sind sie der eigentlichen Hauptfraktion (i. d. R. Organik) zuzuordnen.

4 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Abfallart

4.1 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten

4.1.1 Bestimmung der Masse

- Die Bestimmung der Masse von Restabfällen aus Haushalten hat grundsätzlich entsprechend 3.1 zu erfolgen. Der Ort der Bereitstellung von Restabfällen aus Haushalten ist das Grundstück der Restabfallerzeuger (Zugriffsebene).
- Im speziellen ist zu beachten, dass eine Vollerhebung der Masse der Restabfälle aus Haushalten in der Regel nicht realisierbar ist, da Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe I (Geschäftsabfall) vermischt an der Beseitigungsanlage angeliefert werden. Für diesen Fall kann die Masse der Restabfälle aus Haushalten ersatzweise rechnerisch bestimmt werden
 - über den Anteil der Restabfälle aus Haushalten bzw. aus Gewerbe I am bereitgestellten Behältervolumen oder
 - durch Berücksichtigung von Einwohnerequivalenzen für das Gewerbe.

4.1.2 Bestimmung der Zusammensetzung

- Die Bestimmung der Zusammensetzung der Restabfälle aus Haushalten hat grundsätzlich entsprechend 3.2 zu erfolgen.
- Für Restabfälle aus Haushalten ist die Methode der Sortierung anzuwenden. Unter 4.1.2.1 bis 4.1.2.10 werden die Anforderungen an die Sortierung im speziellen erläutert.

4.1.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen

Basisuntersuchung:

Das Restabfallaufkommen aus Haushalten ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Diese Schwankungen werden überwiegend durch Gartenabfälle im Frühjahr und Herbst sowie durch Asche aus festbrennstoffbeheizten Haushalten im Winter verursacht. Daher sind mindestens vier über das Jahr zeitlich versetzte Sortierkampagnen durchzuführen (Frühjahrs-, Sommer-, Herbst- und Wintersortierkampagne). Für die einzelnen Sortierkampagnen sollten Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, nicht ausgewählt werden. Wenn weniger als vier Sortierkampagnen realisiert werden, ist der Nachweis der hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse zu erbringen.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Restabfallaufkommens aus Haushalten aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden. Wird eine Folgeuntersuchung im Rahmen des regelmäßig fortzuschreibenden kommunalen Abfallwirtschaftskonzeptes gemäß dem "Ersten Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen" durchgeführt, entspricht sie auf jeden Fall einer Basisuntersuchung.

4.1.2.2 Kampagnenzeitraum

Jede Sortierkampagne erstreckt sich über einen Kampagnenzeitraum entsprechend der Abfuhrhythmen vor Ort. Die Mindestdauer umfasst sämtliche Wochentage, an denen eine Abfuhr erfolgt, und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen. Die Probenahme zu einer Kampagne brauchen nicht zusammenhängend zu sein.

4.1.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Es wird in notwendige und zusätzliche Rahmendaten unterschieden.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben (Mindestanforderung):

- Abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes, die in Form einer kurzen, qualitativen Beschreibung der bei den zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Punkte dargelegt werden sollten.
- Restabfallbehälterverzeichnis aller Grundstücke des Untersuchungsgebietes zur Stichprobenplanung, das Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtage und -rhythmus enthält.
- Dabei ist zu beachten, dass das so genannte Restabfallbehälterverzeichnis oftmals auch Geschäftsabfallbehälter enthält. Sofern keine parallele Sortierkampagne für Restabfälle aus Gewerbe I mit separater Identifizierung der Geschäftsabfallbehälter durchgeführt wird (siehe 4.6.2.3), kann der Anteil der Geschäftsabfallbehälter mit Hilfe der im nächsten Punkt aufgeführten angeschlossenen Einwohner pro Stichprobeneinheit abgeschätzt werden. Falls ein Restabfallbehälterverzeichnis nicht vorliegt, kann ersatzweise ein Einwohnerverzeichnis zur Stichprobenplanung herangezogen werden.
- Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.), muss die Anzahl der tatsächlichen Abfuhr, wenn möglich je Behälter oder als Durchschnittswert, bestimmt werden.

- Gesamteinwohnerzahl des Untersuchungsgebietes und im Falle von Schichtungen der Teilgesamtheiten sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit zur Auswertung der Kerndaten und ggf. zur Stichprobenplanung.

Es sollte gewährleistet sein, dass sich die notwendigen und die folgenden zusätzlichen Rahmendaten während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig ändern.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit,
- Daten zur Siedlungsstruktur (Volkszählungen, Gebäude- und Wohnungszählungen u. ä.),
- Schwankungen der Einwohnerzahlen in Abhängigkeit der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten, abwesende Einwohner in Ferienzeiten, Pendler),
- Konsumgewohnheiten und häusliche Tätigkeiten in Abhängigkeit der Jahreszeit und Witterungsbedingungen (z. B. Schwankungen des Verpackungsaufkommens nach Festtagen oder des Gartenabfallaufkommens),
- Behältergrößen/-arten unter Beachtung der Anzahl der angeschlossenen Einwohner,
- Heizungsart,
- Nähe des Entsorgungsgebietes zur Beseitigungs-/Umladeanlage bzw. zum Recyclinghof,
- angebotene Altstoffbehälter (Glas, Pappe/Papier/Kartonagen, Leichtverpackungen) oder Biobehälter im Hol- oder Bringsystem, Umfang und Förderung der Eigenkompostierung,
- Organisation der Abfuhr von sperrigen Abfällen und Entsorgungsmöglichkeiten für Problemabfälle,

Höhe und Staffelung der Gebührenordnung.

4.1.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. alle Haushalte mit Ofenheizung) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. alle Haushalte eines Untersuchungsgebietes) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,

und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,

- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert (z. B. Heizungsart mit Masse der Restabfälle aus Haushalten). Als gesicherte und in einer Vielzahl von Untersuchungen bestätigte Einflussgrößen auf Masse und Zusammensetzung der Restabfälle aus Haushalten gelten

- Siedlungsstruktur,
- spezifisches Behältervolumen,
- Behältergröße,
- Heizungsart der Wohneinheiten,
- Räumturnus.

Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

- Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten bei der Planung und Auswertung der Untersuchung wie Untersuchungsgebiete zu behandeln.

4.1.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

- Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. pro Teilgesamtheit ist abhängig
 - von der Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse,
 - von der Anforderung an die statistische Sicherheit der zu erzielenden Ergebnisse und
 - der natürlichen Streuung der Grundgesamtheit (Varianz der Einzelwerte).

Die Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse wird mit $\pm 10\%$ (relativer maximaler Zufallsabweichung) vorgegeben. Aus den Erfahrungswerten bisheriger Untersuchungen für die natürliche Streuung der Grundgesamtheit von ca. 30% (vgl. dazu Tabelle der Variationskoeffizienten im Anhang) und unter Berücksichtigung der bei vier Sortierkampagnen pro Jahr (siehe 4.1.2.1) bestehenden Autokorrelation der Untersuchungsergebnisse folgt ein notwendiger Stichprobenumfang von mindestens 20 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne bzw. 80 Stichprobeneinheiten pro Untersuchung.

- Soll die für die Grundgesamtheit angestrebte Genauigkeit auch im Rahmen von Schichtungen für einzelne Teilgesamtheiten erreicht werden, ist der notwendige Stichprobenumfang von mindestens 20 Einheiten für jede Teilgesamtheit erforderlich.
- Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann die Genauigkeit für einzelne Teilgesamtheiten unterschritten werden. Aus statistischen Gründen sind mindestens sechs Stichprobeneinheiten pro Teilgesamtheit zu untersuchen. Die erreichbare Genauigkeit liegt dann bei 25 bis 30% pro Schichtergebnis. Um die Qualität des Gesamtergebnisses nicht zu vermindern, darf die Summe der Stichprobeneinheiten aller Teilgesamtheiten die o. g. 20 Einheiten pro Sortierkampagne aber nicht unterschreiten.
- Des Weiteren kann sich aus der Einwohnerzahl im Untersuchungsgebiet oder in der Teilgesamtheit eine Unterschreitung des Stichprobenumfangs ergeben. In kleinen

Untersuchungsgebieten (mit weniger als 5.000 Einwohnern) reduziert sich der Stichprobenumfang aufgrund des Verhältnisses des Umfangs der Grundgesamtheit (N) zum Umfang der Stichprobe (n). Der Nachweis der statistisch hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse ist zu erbringen.

4.1.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

- Eine Stichprobeneinheit umfasst ein Abfallvolumen von ca. 1 m³ und wird durch einen 1,1-m³-Restabfallbehälter repräsentiert. Mehrere kleinere Restabfallbehälter können eine Stichprobeneinheit bilden, wenn nach Umfüllen die Summe ihrer Behältervolumina ca. 1 m³ entspricht (z. B. vier 240-l-Behälter, acht 120-l-Behälter). Die Bildung kleinerer Stichprobeneinheiten (z. B. 240 l oder 120 l) ist zulässig, wenn die gleich bleibende Genauigkeit der Ergebnisse nachgewiesen wird.
- Es dürfen jeweils nur die kompletten Inhalte von Abfallbehältern zu einer Stichprobeneinheit zusammengefasst werden.
- Aus den erfassten Rahmendaten gemäß 4.1.2.3 ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Daraus werden die Stichprobeneinheiten anhand des Straßennamens und der Hausnummer entsprechend des notwendigen Stichprobenumfangs nach dem Prinzip der Zufallsauswahl ausgewählt. Das heißt, alle Elemente der Grundgesamtheit sollen so ausgewählt werden, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen, und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen des Untersuchungspersonals ist.
- Ersatzadressen für die Stichprobeneinheiten sind ebenfalls auszuwählen, um beispielsweise den Ausschluss von Restabfällen aus Gewerbe I (Geschäftsabfall) bei den Probenahmen gewährleisten zu können. Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Bänderolensysteme u. ä.), kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind eine ausreichende Anzahl an Ersatzadressen je Stichprobeneinheit oder ggf. Ersatzstichprobeneinheiten vorzusehen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Es wird daher empfohlen, in solchen Untersuchungsgebieten mindestens so viele Ersatzadressen wie Stichprobenadressen auszuwählen. Die Adressen, an denen keine Behälter vorgefunden wurden, müssen in die Stichprobeneinheiten mit aufgenommen werden.
- Bei den auf die erste Sortierkampagne folgenden Kampagnen ist ein Teil der Stichprobeneinheiten durch neue zu ersetzen.

4.1.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten sind die Massenanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung (z. B. Bestimmung der Anteile der Bioabfälle als vorrangiges Untersuchungsziel) zu bestimmen. Für die Erstellung von kommunalen Abfallwirtschaftskonzepten wird generell empfohlen, die Stoffgruppen der ersten und zweiten Differenzierungsebene zu bestimmen.

4.1.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Fahrzeug für das Einsammeln und Transportieren der Stichprobenbehälter,
- Behälter für die Stichproben,
- Sortierhalle,
- Sortiertisch(e),
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen,
- Waage,
- ggf. maschinelles Siebaggreat,

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung,
- geschulte Sortierkräfte.

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung von Restabfällen aus Haushalten zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer der Sortierung von Restabfällen aus Haushalten zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und Kopfbedeckung.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der Sortierung von Restabfällen aus Haushalten müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.
- Für eine getrennte Lagerung der sortierten Restabfälle aus Haushalten in geschlossenen Behältern oder ihren täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.

4.1.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

Die Durchführung der Untersuchung hat in folgenden Schritten zu erfolgen:

- Die Stichprobeneinheiten werden an den festgelegten Grundstücken der Restabfallerzeuger durch Umleerung bzw. Austausch der ausgewählten Behälter am Tage der regulären Abfuhr eingesammelt. Die Stichprobenadressen, die Anzahl der beprobten Behälter, die angeschlossenen Einwohner, bei einer reinen Massenbestimmung die Wiegeergebnisse einer Verwiegung vor Ort u. ä. sind zu protokollieren. Ungeeignete Stichprobeneinheiten sind durch die ausgewählten Ersatzadressen zu ersetzen.

- Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.), kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind die Stichprobenadressen, die Anzahl der laut Behälterstatistik vorhandenen Behälter und die angeschlossenen Einwohner für die spätere Auswertung und Hochrechnung zu erfassen und durch Ersatzadressen zu ergänzen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Die Adressen, an denen keine Behälter vorgefunden wurden, müssen in die Stichprobeneinheiten mit aufgenommen werden.
- Liegen Daten über die tatsächliche Anzahl der Abfuhr der Behälter einer Stichprobenadresse je Jahr vor und ist das Datum der letzten Abfuhr bekannt, kann die Erfassung der Stichprobenadressen, der Behälter und der angeschlossenen Einwohner von Stichprobenadressen ohne Behälter entfallen.
- Transport der Stichproben zur Sortierhalle
- Behandlung der Stichproben
 - Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung der Ergebnisse pro Stichprobeneinheit.
- Durch einen Trennschnitt bei 10 mm ist der Anteil der Fraktion < 10 mm und durch einen Trennschnitt bei 40 mm ist der Anteil der Fraktion 10 - 40 mm in den Restabfällen aus Haushalten festzustellen. Für beide Trennschnitte sollten maschinelle Siebaggregate, die objektivere Ergebnisse liefern, eingesetzt werden. Ersatzweise können auch Sortiertische zum Einsatz kommen. Es ist zur Erzielung der Sortiererergebnisse folgendermaßen vorzugehen: Es wird zuerst der Siebschnitt 40 mm (nach Möglichkeit maschinell) durchgeführt, dann vom Siebunterlauf eine repräsentative Teilmenge entnommen (mindestens 20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes), die daraufhin bei 10 mm abgesiebt wird. Die Fraktion < 10 mm stellt gemäß 4.1.2.7 eine Stoffgruppe dar. Die Teilmenge der Fraktion 10 - 40 mm und die Fraktion > 40 mm werden jeweils gemäß 3.2.4 in Stoffgruppen der ersten und ggf. zweiten und dritten Differenzierungsebene zerlegt. Die Ergebnisse werden pro Stichprobeneinheit nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung wie folgt protokolliert: Fraktion < 10 mm, Fraktion 10 - 40 mm nach Stoffgruppen und Fraktion > 40 mm nach Stoffgruppen. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der Fraktionen < 10 mm und 10 - 40 mm auf hochgerechneten Teilmengen beruhen. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen ist durch die mögliche Zusammenfassung der Fraktionen 10 - 40 mm und > 40 mm gewährleistet. Für weitergehende chemisch-physikalische Untersuchungen ist die Entnahme von tagfrischen Proben notwendig.

4.1.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortiererergebnisse:

- Die gemäß 4.1.2.9 protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne jeweils pro Stichprobeneinheit in kg/w, einwohnerspezifisch in kg/(E•w) und in Masse-% anzugeben.
- Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.), ist die Berechnung je Stichprobeneinheit in kg/w und der einwohnerspezifischen Restabfallmasse in kg/(E•w) wie folgt durchzuführen:

- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit bekannt, ist die je Stichprobenadresse vorgefundene Restabfallmasse auf die Zeitspanne zwischen dieser letzten Leerung und dem Probenahmetag zu beziehen (z. B. Masse pro drei Wochen ergibt 1/3 Masse pro Woche) und dann über die Adressen einer Stichprobeneinheit zu aggregieren. Für die Berechnung des einwohnerspezifischen Wertes sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.
- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit nicht bekannt, ist zur Bestimmung der einwohnerspezifischen Restabfallmasse die Restabfallmasse der Stichprobeneinheit auf die Summe der Einwohner aller Stichprobenadressen (Adressen mit und ohne Behälter) der Stichprobeneinheit zu beziehen.
- Die einzelne Stichprobeneinheit ist durch Nennung der beprobten Straße zu charakterisieren, eine Nennung der beprobten Hausnummer ist aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht möglich.

Hochrechnung und Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte:

- Mit Hilfe der Sortiererergebnisse wird auf die Grundgesamtheit geschlossen. Die Methode der Hochrechnung ist zu nennen. (Empfohlen wird eine Verhältnisschätzung mit Hilfe der angeschlossenen Einwohner pro Stichprobeneinheit, siehe Müllhandbuch, Kennziffer 1712, Stichprobenverfahren.)
- Die Jahresdurchschnittswerte ergeben sich aus der Mittelwertbildung der Ergebnisse der durchgeführten Sortierkampagnen. Sie sind in Mg/a und einwohnerspezifisch in kg/(E•a) anzugeben.
- Wenn weniger als vier Sortierkampagnen (aber mindestens eine im Sommer, eine im Winter und eine im Frühjahr oder im Herbst) realisiert werden, darf der Jahresdurchschnittswert nicht durch das arithmetische Mittel der Einzelergebnisse bestimmt werden. Vielmehr ist er als gewichteter Mittelwert der Einzelergebnisse zu berechnen, wobei jedem Einzelergebnis ein geeignetes Gewicht zuzuordnen ist. (Beispiel: Wenn drei verschiedene Sortierkampagnen durchgeführt werden - eine im Sommer, eine im Winter und eine im Frühjahr oder im Herbst -, erhalten die Einzelergebnisse aus der Sommer- und der Winterkampagne jeweils ein Gewicht von 0,25 und das eine Einzelergebnis aus der Frühjahrs- bzw. Herbstkampagne ein Gewicht von 0,5.)
- Die prozentuale Zusammensetzung der Restabfälle aus Haushalten ist in Masse-% anzugeben.

Darlegung der Fehlerrechnung:

- Die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert in der Grundgesamtheit sollte durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereichs dargelegt werden. Dafür ist der Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters (z. B. die gesamte Masse an Restabfällen aus Haushalten eines Untersuchungsgebiets) eine geeignete statistische Größe. Er ist ein Maß für die relative Zufallsabweichung vom Untersuchungsparameter selbst und wird über den Variationskoeffizienten in der Stichprobe geschätzt (Berechnung und Beispiele für die Höhe des Variationskoeffizienten siehe Anhang).

Anhang

Zu 4.1: Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten

Berechnung des Variationskoeffizienten (siehe 4.1.2.10):

$$\text{var koeff} (x_i) = \frac{\sqrt{\text{var}(x_i)}}{\bar{x}}$$

$$\text{var koeff} (\hat{x}_\Sigma) = \frac{\sqrt{\text{var}(x_i)}}{\sqrt{n}\bar{x}}$$

- $\text{var koeff} (x_i)$ = Variationskoeffizient der Stichprobenergebnisse,
- $\text{var koeff} (\hat{x}_\Sigma)$ = Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters,
- $\text{var} (x_i)$ = Varianz der (nicht einwohnerspezifischen) Stichprobenergebnisse,
- \bar{x} = arithmetischer Mittelwert der Stichprobenergebnisse,
- n = Stichprobenumfang.

Untersuchungsgebiet			Variationskoeffizienten der Abfallstoffgruppen								
	Sortier-kampagne	Stichproben-umfang	Papier/Pappe	Glas	Kunststoffe	Metalle	Organik	Problem-abfälle	Feinabfall <10mm	Rest	Insgesamt
		[1,1m³]									
BHMA 1979/80	-	2860	42	46	61	51	42	(a)	94	87	31
BHMA 1983/85	-	1234	43	58	41	59	46	215	116	83	31
Berlin 1989/90	1.	24	44	54	43	66	37	145	64	62	32
	2.	23	45	48	43	31	37	226	81	89	29
Berlin 1991/92	1.	22	36	50	34	35	35	108	81	84	30
	2.	26	58	74	46	49	52	297	82	91	36
Berlin 1992/93	1.	26	64	48	37	41	39	385	69	87	29
	2.	26	51	71	37	49	35	189	82	51	23
Bad Salzungen 1994	1.	29	63	54	36	89	46	83	90	71	35
Dortmund 1994	1.	57	34	68	35	40	40	138	83	62	29
	2.	58	37	57	49	81	45	193	84	52	26
	3.	61	37	56	44	53	62	197	79	54	32
Paderborn 1994/95	1.	50	39	77	39	59	36	147	(a)	50	23
	2.	50	45	83	34	56	37	183	(a)	47	25
Hannover 1995	1.	43	43	61	42	59	42	242	62	63	27
	2.	44	49	56	35	73	52	131	83	62	32
Perleberg 1991	1.	28	75	67	41	49	46	150	77	87	41
Perleberg 1993/94	1.	30	54	39	27	43	63	130	81	51	39
	2.	32	114	82	67	56	79	125	69	57	41
Hamburg 1992	1.	59	90	69	38	63	(a)	146	(a)	40	32

(a) Stoffgruppe wurde als Rest erfaßt

Erläuterungen

I. Untersuchungsgebiet und Schichten

Das Untersuchungsgebiet stellt die räumliche Begrenzung des Untersuchungsgegenstandes oder auch der Grundgesamtheit dar. Untersuchungsgebiete können Bundesländer, entsorgungspflichtige Körperschaften, Landkreise, Städte, Stadtteile usw. sein. Teilgebiete eines Untersuchungsgebietes für die Ergebnisse gewonnen werden sollen, sind wie eigenständige Untersuchungsgebiete bei der Planung und Auswertung der Untersuchung zu behandeln.

Wird die Grundgesamtheit des Untersuchungsgebietes nicht nach räumlichen Gesichtspunkten, sondern nach anderen gemeinsamen Merkmalen wie z.B. gleiche Behälterart und -größe unterteilt, werden die gewonnenen Teilgesamtheiten als Schichten, die Merkmale als Schichtungsmerkmale bezeichnet. Mögliche Schichtungsmerkmale sind die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind auch die Schichten wie Untersuchungsgebiete bei der Planung und Auswertung der Untersuchung zu behandeln.

Sollen Tendenz und Trenaussagen für die Schichten gewonnen werden, so kann der Stichprobenumfang, wie für das Untersuchungsgebiet geplant, beibehalten und auf die Schichten aufgeteilt werden. Der Mindestumfang pro Schicht darf 5 Stichprobeneinheiten nicht unterschreiten.

Die Schichtung dient als statistische Methode weiterhin dem Zweck der Varianzreduktion bzw. der Verringerung des Stichprobenumfanges und damit der Untersuchungskosten. Heterogene Grundgesamtheiten wie z.B. der Restabfall aus Haushalten weisen große zufallsbedingte Schwankungen auf. Eine geschichtete Probenahme ist im Falle von heterogenen Grundgesamtheiten von Vorteil. Voraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens sind abgesicherte Erkenntnisse über den Zusammenhang (Korrelation) von Untersuchungsmerkmal und Schichtungsmerkmal.

Als gesicherte und in einer Vielzahl von Untersuchungen bestätigte Einflussgrößen auf die Abfallmenge und -zusammensetzung gelten die Siedlungsstruktur, das Behältervolumen und insbesondere in den neuen Bundesländern die Beheizungsart der Wohneinheiten. Bei einer geschichteten Probenahme nach diesen Schichtungsmerkmalen kann von einer Reduzierung des Zufallsfehlers (Varianz des Schätzwertes) ausgegangen werden. Die genannten Einflussgrößen sind unter den notwendigen Rahmendaten aufgenommen und eine Schichtung nach diesen Merkmalen ist mindestens vorzunehmen.

Eine Schichtung kann entfallen, wenn:

- homogene Untersuchungsgebiete (bezüglich der genannten Einflussgrößen) vorliegen
- die benötigten Rahmendaten nicht beschafft werden können

II. Fehlerquellen bei Abfalluntersuchungen

Abfalluntersuchungen können in die Teilschritte Probennahme, Probenaufbereitung und Analyse unterteilt werden (übliche Einteilung z.B. bei chem./phys. Analysen). Unter der Probennahme versteht man die Entnahme einer Teilmenge aus der Grundgesamtheit. Die Probenaufbereitung umfasst bei Abfalluntersuchungen die Arbeitsschritte Klassierung nach Korngröße und Sortierung nach Stoffgruppen. Korngrößen, die nicht vollständig händisch zerlegt werden können (Zumutbarkeit), müssen durch eine geeignete Probenteilung verjüngt werden. Die so gewonnenen Teilmengen der Proben werden im Arbeitsschritt der Analyse gewogen.

Die Fehlerquellen bei Abfalluntersuchungen können sowohl systematischer/verfahrenstechnischer als auch zufälliger/statistischer Art sein.

Zufällige Fehler treten immer dort auf, wo Stichproben einer Grundgesamtheit entnommen werden (daher auch Stichprobenfehler). Es verbleibt eine gewisse „Unsicherheit“ der Ergebnisse, da die Grundgesamtheit nicht vollständig untersucht wurde. Bei Abfalluntersuchungen haben sie ihre größte Bedeutung bei der Probennahme. Wird bei der Probenaufbereitung eine Unterauswahl vorgenommen, sind ebenfalls Zufallsfehler zu berücksichtigen. Der zufällige Fehler oder auch Stichprobenfehler kann durch eine sorgfältige Planung und Durchführung der Probennahme nach oben begrenzt werden.

Systematische Fehlerquellen sind bei der Probennahme vorwiegend in der Repräsentativität der Stichprobe zu suchen. Die mittlere Stoffzusammensetzung des Abfalls darf durch die Probennahmeprozedur nicht verändert werden. Bei der Probenaufbereitung liegen mögliche Fehler in der falschen Zuordnung zu Stoffgruppen, der Anhaftung von Fremdstoffen an einzelnen Stoffgruppen, dem ungewollten Feuchtigkeitseintrag usw. Weitere systematische Fehler bei der Probenaufbereitung sind durch die Klassierung nach Korngrößen gegeben. Durch Versuchsreihen kann der Fehlkornanteil von Siebverfahren bestimmt und damit der Fehler quantifiziert werden. Bei den Analysen kommen als systematische Fehler Verwiegungenauigkeiten in Betracht. Systematische Fehler sind durch geschultes Fachpersonal und erfahrene Untersuchungsleiter zu vermeiden bzw. zu minimieren.

Die Fehler einer Untersuchungsprozedur werden durch die Varianz beschrieben. Der Gesamtfehler ergibt sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz durch Addition der Einzelvarianzen.

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{PN,z}^2 + \sigma_{PN,sys}^2 + \sigma_{PA,z}^2 + \sigma_{PA,sys}^2 + \sigma_{A,sys}^2 \quad (Gl. 1)$$

$\sigma_{PN,z}$: zufälliger Fehler bei der Probennahme

$\sigma_{PN,sys}$: systematischer Fehler bei der Probennahme

$\sigma_{PA,z}$: zufälliger Fehler bei der Probenaufbereitung

$\sigma_{PA,sys}$: systematischer Fehler bei der Probenaufbereitung

$\sigma_{A,sys}$: systematischer Fehler bei der Analyse

Es wird deutlich, dass durch Addition der Fehlerquadrate der Gesamtfehler maßgeblich von der größten Einzelkomponente bestimmt wird.

Der Stichprobenfehler bei der Probennahme liegt bei vertretbarem Aufwand (Wirtschaftlichkeit) bei ca. 10 % für die Gesamtmenge aus den Stoffgruppen. Wird ein Fehler für die Einzelkomponenten von 10 % nicht überschritten, so ergibt sich ein Gesamtfehler von maximal 22 %.

Probleme:

- Ein Stichprobenfehler für einzelne Stoffgruppen von 10 % ist bei vertretbarem Aufwand nicht realisierbar.
- Die Gesamtmenge pro Untersuchungseinheit durchläuft keine Probenaufbereitung.
- Klassierung betrifft nicht alle Stoffgruppen.

Fragen:

- Wie sinnvoll sind 40 Sortier-Stoffgruppen bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit bei der praktizierten Probennahme?
- Wie sinnvoll sind hohe technischen Anforderungen (z.B. Siebtrommel) zur Abtrennung der Mittel- und Feinfraktion bei großen Eingangsfehlern durch die Probennahme? Siehe dazu angeführte Beispielbetrachtung.

Beispiel:

Es soll der Einfluss der Klassierung auf die Genauigkeit der Feinabfallmenge abgeschätzt werden. Die relative, maximale Zufallsabweichung für die Feinabfallmenge ($d < 10$ mm) soll $\delta_{X(FM), r} = 20$ % betragen (abgeschätzt aus HMA Dortmund).

Annahmen:

$$\sigma_{PN, Z} = \delta_{X(FM), r} = 20 \%$$

$$\sigma_{PN, sys} = \sigma_{PA, Z} = \sigma_{A, sys} = 0$$

σ_{FM} soll 22 % nicht übersteigen

$$\sigma_{PA, sys}^2 = 0,22^2 - 0,2^2 \text{ (Gl. 2)}$$

$$\sigma_{PA, sys} = 0,09 = 9 \%$$

Das heißt, dass z.B. der systematisch/verfahrenstechnische Fehler durch den Einsatz verschiedener Siebtechniken von 9 % den Gesamtfehler um lediglich 2 % erhöht.

III. Stichprobeneinheit

Die erste und wichtigste Entscheidung für die Aufstellung eines Stichprobenplans ist die Festlegung der Auswahlinheiten. Mit Auswahlinheiten sind diejenigen Einheiten gemeint, die dem Auswahlvorgang zugrunde liegen. Die Auswahlinheiten müssen nicht mit den

Untersuchungseinheiten übereinstimmen. Die Untersuchungseinheiten können durch eine Unterauswahl aus den Auswahleinheiten gewonnen werden. Es liegt dann ein mehrstufiges Auswahlverfahren vor.

Praktisch kommen auf verschiedenen Zugriffsebenen folgende Auswahleinheiten bei Abfalluntersuchungen in Betracht:

1. einzelner Abfalleimer im Haushalt
2. bereitgestellter Abfallbehälter am Grundstück
3. Abfallladung eines Sammelfahrzeuges

Da bei der Abfallentsorgung verschiedene Behälter- und Fahrzeuggrößen zum Einsatz kommen, muss eine einheitliche Größe der Auswahleinheiten bzw. eine Einteilung in verschiedene Klassen festgelegt werden. Die Größe kann nach folgenden Bezugsgrößen definiert werden.

- Volumen [l/Einheit]
- Menge [kg/Einheit]
- angeschlossene Haushalte bzw. Einwohner [EW/Einheit]

Bei der Entscheidung für die richtige Auswahleinheit müssen vor allem folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- (1) steht eine Auswahlgrundlage zur Verfügung
- (2) werden annähernd gleiche Auswahlwahrscheinlichkeiten realisiert
- (3) ist die Auswahl verfahrenstechnisch möglich und wirtschaftlich vertretbar
- (4) stellt die Auswahleinheit eine reine Teilmenge der Grundgesamtheit dar
- (5) Auswirkungen der Auswahleinheiten auf die Genauigkeit der Ergebnisse
- (6) Auswirkungen der Auswahleinheiten auf das Abfallverhalten der untersuchten Haushalte

Werden als Auswahleinheiten die Abfalleimer im Haushalt festgelegt, so werden die Kriterien (1) bis (5) zwar optimal erfüllt, da aber ein Einfluss der untersuchten Haushalte auf das Abfallverhalten nicht auszuschließen ist, kommt die Auswahleinheit Abfalleimer im Haushalt nicht in Betracht.

Werden als Auswahleinheiten die Sammelfahrzeuge festgelegt, sind die Kriterien (1) bis (3) und (6) gut erfüllt. Es treten jedoch mehrere gravierende Nachteile auf: Mit dem Sammelfahrzeug wird nicht nur der Untersuchungsgegenstand Restabfall aus Haushalten erfasst. Die Auswahleinheiten umfassen mehr als die Grundgesamtheit. Weiterhin ist es schwierig, den gesamten Inhalt von Sammelfahrzeugen ohne Unterauswahl aufzubereiten. Die Ergebnisse, die durch die Auswahl von Sammelfahrzeugen erzielt werden, sind wegen des „Klumpeneffektes“ relativ ungenau. Der Vergrößerungsfaktor (F) durch die Klumpenauswahl berechnet sich zu:

$$F = \sqrt{1 + \delta(\bar{N} - 1)}$$

δ = Homogenitätsmaß

\bar{N} = durchschnittliche Klumpengröße

Für ein Homogenitätsmaß von $\bar{a} = 0,5$ (da meist benachbarte Haushalte abgefahren werden) und eine durchschnittliche Klumpengröße von $\bar{N} = 200$ Haushalte ergibt sich eine Erhöhung der relativen Ungenauigkeit um den Faktor 10. Anders ausgedrückt müsste bei gleich bleibender Genauigkeit die 100-fache Probenmenge aufbereitet werden.

Werden als Auswahleinheiten die Abfallbehälter am Grundstück festgelegt, führt keines der genannten Kriterien zur Ablehnung. Eine Auswahlgrundlage (1) steht nicht in jedem Fall wie bei den bereits genannten Auswahleinheiten zur Verfügung. Die Auswahl von Abfallbehältern ist verfahrenstechnisch aufwendiger als die Auswahl über Sammelfahrzeuge (3). Durch Ausschluss von Grundstücken, an denen eine Mischnutzung der Abfallbehälter vorliegt, kann (4) gewährleistet werden. Auswirkungen auf die Genauigkeit der Ergebnisse (5) sind dann zu erwarten, wenn mehrere Abfallbehälter eines Grundstücks oder von benachbarten Grundstücken zu einer Sammelprobe vereinigt werden (Klumpeneffekt). Dies ist vor allem dann erforderlich, wenn das Auswahlverfahren so durchgeführt werden soll, dass annähernd gleiche Auswahlwahrscheinlichkeiten (2) vorliegen. Eine Auswirkung auf das Abfallverhalten (6) kann ausgeschlossen werden.

Die Festlegung der Auswahleinheit „bereitgestellte Abfallbehälter am Grundstück“ kann als guter Kompromiss angesehen werden.

Bleibt die Frage zu klären, über welche Bezugsgröße soll die Auswahleinheit definiert werden und welche Größe soll sie letztlich annehmen. Soll die Menge als Bezugsgröße dienen, müssen teilweise die Inhalte der bereitgestellten Abfallbehälter aufgeteilt werden. Die heterogene Zusammensetzung des Untersuchungsgegenstandes macht eine derartige Aufteilung schwierig (Repräsentativität). Der Weg über die angeschlossenen Haushalte/Einwohner ist denkbar, sollte aber aus den (bei der Menge) genannten Gründen an die Behältervolumina gekoppelt sein.

Der Anzahl der festgelegten Haushalte sollte annähernd einer bestimmte Behältergröße oder einem Vielfachen davon zuordenbar sein.

Wird als Bezugsgröße das Volumen gewählt, muss eine vollständige Behälterstatistik vorliegen. Aus praktischen Erwägungen kommen als Größe die Volumina 120, 240 und 1100 l in Betracht.

Soll eine einheitliche Größe der Auswahleinheit für das gesamte Untersuchungsgebiet festgelegt werden, so muss als Größe das kleinste gemeinsame Vielfache, also der 1100 l-Behälter angenommen werden. (In der Praxis vereinzelt vorkommende größere Behälter zur Restabfallentsorgung müssen separat beprobt werden.) Wird nach Behältergrößen separat beprobt, kann das jeweilige Behältervolumen (120, 240 und 1100 l) als Auswahleinheit herangezogen werden. Die relative Genauigkeit nimmt für kleinere Auswahleinheiten zu.

Beispiel:

Es soll die Auswahleinheit 1100 l mit der Auswahleinheit 120 l bezüglich der relativen Genauigkeit verglichen werden.

8 x 120 l-Behälter werden zu einer Auswahlinheit von 1100 l zusammengefasst. Es werden 30 Untersuchungseinheiten gebildet und untersucht.

240 x 120 l-Behälter werden separat ausgewählt und untersucht. Das zu untersuchende Gesamtvolumen entspricht dem oben genannten Auswahlverfahren.

Durch einen „Klumpeneffekt“ wird die relative Genauigkeit bei der Auswahlinheit 1100 l vergrößert. Unter der Annahme, dass der aus benachbarten Haushalten stammende Restabfall ähnliche Mengen und Zusammensetzungen aufweist, wird ein Homogenitätsmaß von $\bar{a} = 0,5$ angenommen.

$$F = \sqrt{1 + 0,5(8 - 1)}$$

$$F = 2,1$$

Unter den getroffenen Annahmen würde sich die relative Genauigkeit um den Faktor 2 reduzieren. Anders ausgedrückt würde es ausreichen, bei gleicher relativer Genauigkeit 60 x 120 l-Behälter auszuwählen und zu sortieren.

Zur Beurteilung des Aufwandes ergibt sich damit:

- Die Auswahlmenge bei kleinen Auswahlheiten (120 l) reduziert sich deutlich (Faktor 4).
- Der Aufbereitungsvorgang (Sortierung) bei kleiner Auswahlheit (120 l) erhöht sich (Faktor 2).

IV. Festlegung des notwendigen Stichprobenumfanges

Die Parameter der Grundgesamtheit sind ausreichend genau zu schätzen. Dazu ist die Stichprobe so zu planen, dass das Ergebnis einer Abfalluntersuchung weder zu ungenau wird, noch durch einen zu hohen Aufwand eine Genauigkeit erreicht wird, die nicht erforderlich ist. Der Stichprobenumfang, das heißt die Anzahl n der Stichprobeneinheiten ist der maßgebende Faktor auf die Genauigkeit einer Schätzung.

Bei der Ermittlung des optimalen Stichprobenumfangs einer Untersuchung muss zuerst die Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse festgelegt werden.

A. Genauigkeitsanforderung

Durch die Genauigkeitsanforderung an das zu erzielende Ergebnis wird die Unsicherheit (auch Stichprobenfehler), die durch das Schätzverfahren verursacht wird eingegrenzt. Es wird eine maximal zulässige oder noch tolerierbare Abweichung festgelegt. Die Genauigkeitsanforderungen können absolut oder relativ formuliert werden.

4. (1) Absolute Genauigkeitsanforderung

Ausgehend von der Standardabweichung als Streuungsmaß einer Zufallsvariable wird die absolute maximale Zufallsabweichung festgelegt.

- Die Standardabweichung des geschätzten Parameters ($\sigma_{\hat{\Theta}}$) berechnet sich zu:

$$\sigma_{\hat{\Theta}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{Gl. 13})$$

Sie gibt eine Größenordnung der möglichen Abweichung des Schätzwertes vom Parameter an. Unter der Annahme, dass der Schätzparameter normalverteilt ist, ist in rund 68 % der Schätzungen die tatsächliche Abweichung kleiner als die Standardabweichung.

- Die absolute maximale Zufallsabweichung des geschätzten Parameters berechnet sich zu:

$$\delta_{\hat{\Theta}} = u_{\alpha} * \sigma_{\hat{\Theta}} \quad (\text{Gl. 14})$$

Sie gibt die (praktisch) höchste zu erwartende Abweichung des Schätzwertes vom wahren Wert an. Die Irrtumswahrscheinlichkeit α wird so gewählt, dass bei einer Realisierung nicht mit einer größeren Abweichung als $\delta_{\hat{\Theta}}$ zu rechnen ist.

Wird die absolute Genauigkeitsanforderung zum Erwartungswert des gesuchten Parameters ($E(\Theta)$) ins Verhältnis gesetzt, so erhält man ein relatives Genauigkeitsmaß. Relative Angaben (plusminus Prozentangaben) erleichtern den Vergleich verschiedener Untersuchungen.

5. (2) Relative Genauigkeitsanforderung

Die relative maximale Zufallsabweichung berechnet sich nach Gleichung 15:

$$\delta_{\hat{\Theta},r} = \frac{u_{\alpha} \sigma_{\hat{\Theta}}}{E(\Theta)} \quad (\text{Gl. 15})$$

Die relative maximale Zufallsabweichung ist ein geeignetes Maß zur Formulierung der Unsicherheit von Schätzverfahren.

Zur Berechnung des notwendigen Stichprobenumfanges sind außer der festzulegenden Genauigkeitsanforderung an die zu schätzenden Parameter weiterhin Kenntnisse über den Umfang und die Beschaffenheit der Grundgesamtheit erforderlich.

B. Umfang und Beschaffenheit der Grundgesamtheit

Der Umfang der Grundgesamtheit N entspricht der Anzahl der Untersuchungseinheiten (z.B. Abfallbehälter mit einem Volumen von $1,1 \text{ m}^3$) eines Untersuchungsgebietes. Oftmals ist diese Größe bei Abfalluntersuchungen nicht bekannt. Mithilfe der meist bekannten Größen durchschnittlich bereitgestelltes Behältervolumen pro Einwohner und Woche und angeschlossene Einwohner oder Beschäftigte kann das Behältervolumen eines Untersuchungsgebietes und damit der Umfang der Grundgesamtheit abgeschätzt werden.

Die Beschaffenheit der Grundgesamtheit (Homo- bzw. Heterogenität) wird durch die Varianz der Einzelwerte in der Grundgesamtheit beschrieben.

$$\text{var}(X_i) = \sum_{i=1}^N \frac{(X_i - \bar{X})^2}{N-1} \quad (\text{Gl. 16})$$

Sie wird auch als natürliche Variabilität der Grundgesamtheit bezeichnet. Ist die Varianz der Einzelwerte gering, so ist die Grundgesamtheit homogen. Bei großen Varianzen spricht man von heterogenen Grundgesamtheiten.

Es gilt: Je heterogener eine Grundgesamtheit ist, desto größer wird die Unsicherheit für den zu schätzenden Parameter (bei gleich bleibendem Stichprobenumfang). Anders ausgedrückt heißt das, dass für heterogene Grundgesamtheiten der notwendige Stichprobenumfang größer werden muss, um gleich bleibende Genauigkeit der Schätzparameter zu erreichen.

Die relative maximale Zufallsabweichung des Schätzparameters ist wie der Schätzparameter selbst eine Zufallsvariable und für Stichprobenumfänge größer 30 approximativ normalverteilt. D.h. die formulierte Genauigkeit über die relative maximale Zufallsabweichung ist wie alle Zufallsvariablen mit einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. Irrtumswahrscheinlichkeit behaftet. Diese Unsicherheit wird durch den Faktor u_α in Gleichung 15 ausgedrückt. Üblicherweise werden Irrtumswahrscheinlichkeiten kleiner 5 % angestrebt.

C. Berechnung des notwendigen Stichprobenumfanges

Um nun den notwendigen Stichprobenumfang für die Ermittlung der gesuchten Parameter bestimmen zu können, wird Gleichung 15 für die relative maximale Zufallsabweichung des gesuchten Parameters nach dem Stichprobenumfang n umgestellt. Da die Standardabweichung in der Grundgesamtheit im Allgemeinen nicht bekannt ist, wird sie in Gleichung 17 durch die Standardabweichung der Stichprobe geschätzt. Der Konfidenzkoeffizient u_α ist dann durch den Konfidenzkoeffizienten $t_{\alpha;n-1}$ aus der t-Verteilung mit $n-1$ Freiheitsgraden zu ersetzen.

$$\delta_{\hat{\Theta},r} = \frac{t_{\alpha;n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}}{E(\Theta)} = \frac{t_{\alpha;n-1} \sqrt{\frac{\text{var}(x_i)}{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}}{E(\Theta)} \quad (\text{Gl. 17})$$

s = Standardabweichung der Einzelwerte in der Stichprobe

Bezieht man die Standardabweichung der Einzelwerte in der Stichprobe (Wurzel aus der Varianz) auf den Erwartungswert ($E(\Theta)$), so erhält man den Variationskoeffizienten. Der Variationskoeffizient der Einzelwerte (v) berechnet sich nach Gleichung 18:

$$v = \frac{\sqrt{\text{var}(x_i)}}{E(\Theta)} \quad (\text{Gl. 18})$$

Einsetzen in Gleichung 17 ergibt:

$$\delta_{\hat{\theta},r} = \frac{t_{\alpha;n-1} * \nu}{\sqrt{n}} * \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (\text{Gl. 19})$$

Umstellen der Gleichung 19 nach n ergibt:

$$n = \frac{(t_{\alpha;n-1} * \nu)^2}{\delta_{\hat{\theta},r}^2 + \frac{(t_{\alpha;n-1} * \nu)^2}{N}} \quad (\text{Gl. 20})$$

bzw.

$$n = \left(\frac{t_{\alpha;n-1} * \nu}{\delta_{\hat{\theta},r}} \right)^2 \quad (\text{Gl. 21})$$

Der notwendige Stichprobenumfang ist damit abhängig von:

- der natürlichen Streuung in der Grundgesamtheit (ausgedrückt durch den Koeffizienten ν)
- der relativen maximalen Zufallsabweichung (ausgedrückt durch den Koeffizienten $\delta_{\hat{\theta},r}$)
- der Irrtumswahrscheinlichkeit (ausgedrückt durch den Koeffizienten der t-Verteilung $t_{\alpha;n-1}$)

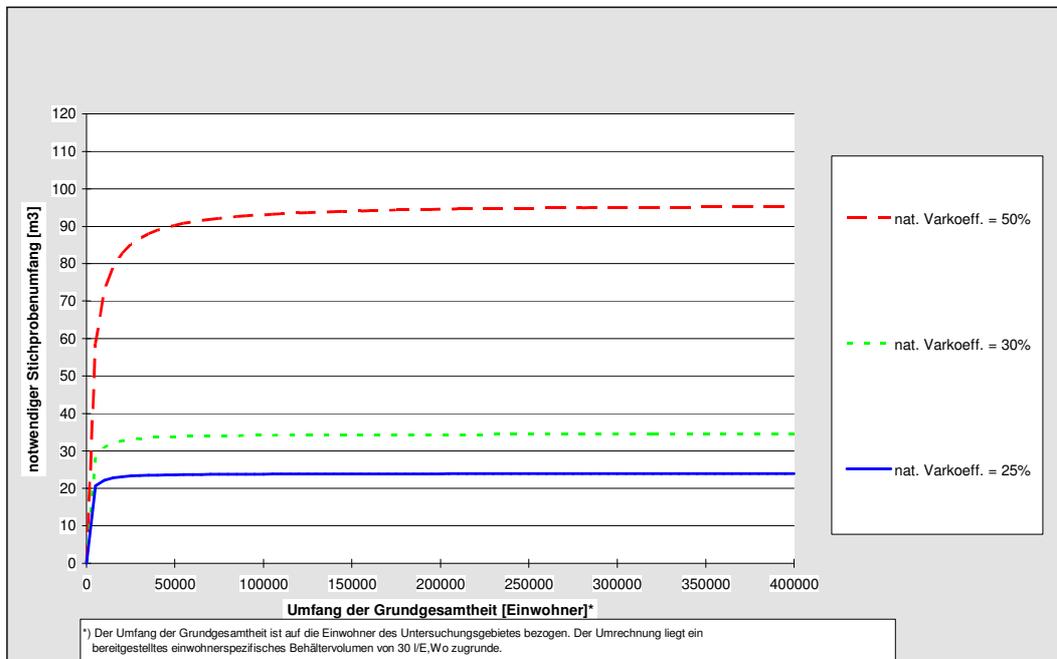
Während die maximale relative Zufallsabweichung und die Irrtumswahrscheinlichkeit Größen sind, die in Abhängigkeit der zu erzielenden Genauigkeit der Untersuchung festgelegt werden, ist die natürliche Streuung der Grundgesamtheit eine Art "Naturkonstante", die durch Voruntersuchungen oder vergleichbare Untersuchungen in der Vergangenheit bestimmt werden muss.

Der nachfolgenden Tabelle sind die berechneten notwendigen Stichprobenumfänge für unterschiedliche natürliche Streuungen (hier ausgedrückt durch den Variationskoeffizienten) und für drei angenommene relative maximale Zufallsabweichungen zu entnehmen.

Berechnung des notwendigen Stichprobenumfangs für fünf angenommene relative maximale Zufallsabweichungen und unterschiedliche natürliche Variationskoeffizienten (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 5\%$)

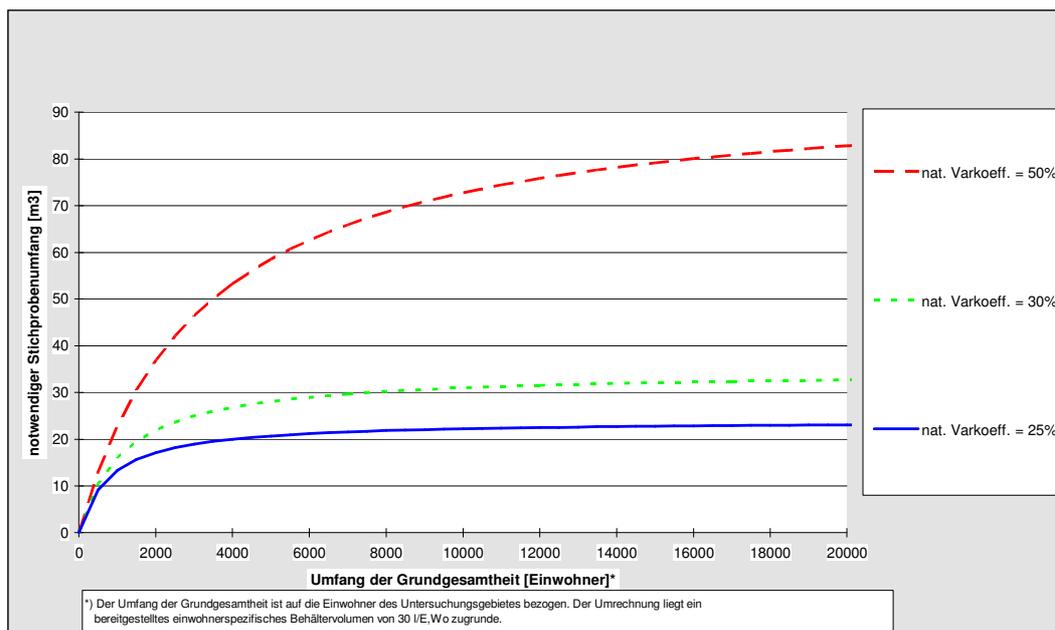
natürlicher Variationskoeffizient	notwendiger Stichprobenumfang n				
	bei einer relativen maximalen Zufallsabweichung von:				
	5%	10%	15%	20%	30%
25%	96	24	11	6	3
30%	138	35	15	9	4
35%	188	47	21	12	5
40%	246	61	27	15	7
45%	311	78	35	19	9
50%	384	96	43	24	11
55%	465	116	52	29	13
60%	553	138	61	35	15
70%	753	188	84	47	21
80%	983	246	109	61	27
90%	1245	311	138	78	35
100%	1537	384	171	96	43
120%	2213	553	246	138	61
140%	3012	753	335	188	84
160%	3934	983	437	246	109
200%	6147	1537	683	384	171

Ist der Auswahlsatz f klein, d.h. die Anzahl der Elemente in der Grundgesamtheit ist im Verhältnis zur Anzahl der Stichprobeneinheiten groß, so wird der notwendige Stichprobenumfang maßgeblich vom so genannten natürlichen Variationskoeffizienten bestimmt. In nachstehender Abbildung ist die Abhängigkeit des Stichprobenumfangs vom Umfang der Grundgesamtheit bei einer vorgegebenen relativen Genauigkeitsanforderung von 10% für drei ausgewählte natürliche Variationskoeffizienten dargestellt.



Notwendiger Stichprobenumfang für unterschiedliche natürliche Variationskoeffizienten bei einer maximalen relativen Zufallsabweichung von 10 % für Grundgesamtheiten bis 400.000 Einwohner (Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt 5%)

Für die Beprobung kleiner Grundgesamtheiten, wie z.B. Teilgebiete von Städten oder Landkreisen, die versuchsweise Bioabfälle separat erfassen oder Untersuchungen mit umfangreicher Schichtung (Untersuchung vieler Teilgesamtheiten), ist der Auswahlatz bei der Berechnung des notwendigen Stichprobenumfanges zu berücksichtigen. In der nachfolgenden Abbildung ist die Abhängigkeit des Stichprobenumfanges für kleine Grundgesamtheiten bis 20.000 Einwohner bei einer vorgegebenen relativen Genauigkeitsanforderung von 10% für drei ausgewählte natürliche Variationskoeffizienten dargestellt.



Notwendiger Stichprobenumfang für unterschiedliche natürliche Variationskoeffizienten bei einer maximalen relativen Zufallsabweichung von 10 % für Grundgesamtheiten bis 20.000 Einwohner (Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt 5%)

Die entscheidende Größe für die Berechnung des notwendigen Stichprobenumfanges ist die Varianz der Einzelwerte in der Grundgesamtheit bzw. der daraus abgeleitete Variationskoeffizient.

Diese Größe ist für die zu untersuchenden Grundgesamtheiten unbekannt. Sie kann nur durch eigene Voruntersuchungen, Heranziehung ähnlich gelagerter älterer Untersuchungen oder durch Annahme bestimmter Verteilungen geschätzt werden. (Die Vorgehensweise ist in Kennziffer 1712 Müllhandbuch beschrieben.)

Die Ergebnisse von durchgeführten Abfalluntersuchungen verschiedener Untersuchungsgebiete können zur Bestimmung der natürlichen Streuung des Untersuchungsgegenstandes Abfall herangezogen werden. Umfangreiche Kenntnisse zur Beschaffenheit der Grundgesamtheit liegen bislang nur für die Abfallart Restabfall aus Haushalten vor. In Tabelle 2 sind die Variationskoeffizienten, in Tabelle 3 die entsprechenden Mittelwerte für ausgewählte Abfalluntersuchungen in Deutschland für die Gesamtmenge sowie für die wichtigsten Stoffgruppen zu entnehmen. Die Angaben

berechnen sich aus den Einzelergebnissen der Stichprobeneinheiten bezogen auf ein Stichprobenvolumen von 1100 Liter. Liegen mehrere Sortierkampagnen pro Untersuchung vor, wird der Variationskoeffizient bzw. der Mittelwert für jede Sortierkampagne einzeln ausgewiesen. Jahreszeitliche Einflüsse, die zur Vergrößerung der Varianz (und damit auch des Variationskoeffizienten) führen würden, können damit ausgeschlossen werden.

Die Variationskoeffizienten bzw. die natürliche Streuung der Gesamtmengen zeigen relativ geringe Unterschiede und schwanken um einen Wert von ca. 30 %. Für die einzelnen Stoffgruppen ergibt sich erwartungsgemäß eine größere Grundstreuung. Sie ist abhängig von der Regelmäßigkeit und dem Gewichtsanteil mit der die Stoffgruppe im Restabfall aus Haushalten erwartet wird.

Die Varianz der Einzelwerte von Abfall ist keine feststehende Kenngröße. Sie ist von lokalen Gegebenheiten abhängig und kann sich durch Veränderungen im Abfallverhalten (z.B. hervorgerufen durch gesetzliche Maßnahmen wie die Verpackungsverordnung) zeitlich ändern.

Die in der anschließenden Tabelle zusammengestellten Variationskoeffizienten ermöglichen es den Stichprobenumfang für die zu untersuchenden Parameter festzulegen. Die zugrunde liegende natürliche Streuung sollte nach jeder Untersuchungskampagne überprüft werden. Eine Fortschreibung der Varianz der Einzelwerte von Abfall ist anzustreben.

Variationskoeffizienten der Einzelwerte ausgewählter Untersuchungsgebiete (bezogen auf ein Stichprobenvolumen von 1100 l)

Untersuchungsgebiet			Variationskoeffizienten der Abfallstoffgruppen								
	Sortier- kampagne	Stichproben- umfang	Papier/ Pappe	Glas	Kunststoffe	Metalle	Organik	Problem- abfälle	Feinabfall <10mm	Rest	Insgesamt
BHMA 1979/80	-	2860	42	46	61	51	42	(a)	94	87	31
BHMA 1983/85	-	1234	43	58	41	59	46	215	116	83	31
Berlin 1989/90	1.	24	44	54	43	66	37	145	64	62	32
	2.	23	45	48	43	31	37	226	81	89	29
Berlin 1991/92	1.	22	36	50	34	35	35	108	81	84	30
	2.	26	58	74	46	49	52	297	82	91	36
Berlin 1992/93	1.	26	64	48	37	41	39	385	69	87	29
	2.	26	51	71	37	49	35	189	82	51	23
Bad Salzungen 1994	1.	29	63	54	36	89	46	83	90	71	35
Dortmund 1994	1.	57	34	68	35	40	40	138	83	62	29
	2.	58	37	57	49	81	45	193	84	52	26
	3.	61	37	56	44	53	62	197	79	54	32
Paderborn 1994/95	1.	50	39	77	39	59	36	147	(a)	50	23
	2.	50	45	83	34	56	37	183	(a)	47	25
Hannover 1995	1.	43	43	61	42	59	42	242	62	63	27
	2.	44	49	56	35	73	52	131	83	62	32
Perleberg 1991	1.	28	75	67	41	49	46	150	77	87	41
Perleberg 1993/94	1.	30	54	39	27	43	63	130	81	51	39
	2.	32	114	82	67	56	79	125	69	57	41
Hamburg 1992	1.	59	90	69	38	63	(a)	146	(a)	40	32

(a) Stoffgruppe wurde als Rest erfasst

Mittelwerte ausgewählter Untersuchungsgebiete (bezogen auf ein Stichprobenvolumen von 1100 l)

Untersuchungsgebiet			Mittelwerte der Abfallstoffgruppen								
	Sortier- kampagne	Stichproben- umfang	Papier/ Pappe	Glas	Kunststoffe	Metalle	Organik	Problem- abfälle	Feinabfall <10mm	Rest	Insgesamt
			[t,1m ³]		[kg/1,1m ³]						
BHMA 1979/80	-	2860	29	18	9	6	64	(a)	13	18	146
BHMA 1983/85	-	1234	23	12	7	4	49	0	10	10	116
Berlin 1989/90	1.	24	25	16	10	6	37	1	14	16	125
	2.	23	21	13	10	5	40	1	16	18	124
Berlin 1991/92	1.	22	18	18	5	5	29	1	25	19	121
	2.	26	14	14	4	4	30	1	8	18	93
Berlin 1992/93	1.	26	17	11	6	4	36	1	17	16	109
	2.	26	16	11	5	3	37	0	10	19	103
Bad Salzungen 1994	1.	29	9	13	7	7	63	3	43	47	192
Dortmund 1994	1.	57	19	7	7	4	47	0	9	29	122
	2.	58	19	9	8	4	48	1	15	28	131
	3.	61	18	7	6	4	67	0	14	23	139
Paderborn 1994/95	1.	50	15	7	8	4	84	1	(a)	43	161
	2.	50	12	6	7	3	108	0	(a)	31	167
Hannover 1995	1.	43	16	7	7	3	65	0	12	21	131
	2.	44	17	7	7	4	83	0	10	14	141
Perleberg 1991	1.	28	7	15	4	7	34	1	51	20	141
Perleberg 1993/94	1.	30	13	14	7	5	72	0	35	25	171
	2.	32	21	26	11	8	71	2	65	34	238
Hamburg 1992	1.	59	16	11	4	3	(a)	1	(a)	55	89

(a) Stoffgruppe wurde als Rest erfaßt

D. Probleme bei der Ermittlung des notwendigen Stichprobenumfangs

Die Betrachtungen zur Ermittlung des notwendigen Stichprobenumfangs beziehen sich auf das Stichprobenverfahren der einfachen Zufallsauswahl. Die weitergehenden Stichprobenverfahren wie die Verhältnisschätzung und die geschichtete Verhältnisschätzung (beschrieben in Kennziffer 1712) führen im allgemeinen zu einer Varianzreduktion, d.h. die Ermittlung des Stichprobenumfangs bei der einfachen Zufallsauswahl kann als obere Schranke oder maximal notwendiger Stichprobenumfang angesehen werden.

Für jedes Untersuchungsmerkmal (die Stoffgruppen bei Abfalluntersuchungen) ergibt sich ein charakteristischer Variationskoeffizient. Der Variationskoeffizient der Stoffgruppen ist abhängig von der Menge und der Regelmäßigkeit des Anfalls der Stoffgruppe. Es liegt eine erhebliche Schwankungsbreite vor, die bei der Ermittlung des notwendigen Stichprobenumfangs berücksichtigt werden muss. Soll eine bestimmte Genauigkeitsanforderung auch für unregelmäßig auftretende Stoffgruppen eingehalten werden, so führt das zu Stichprobenumfängen, die in der Praxis nicht mehr realisierbar sind. Orientiert sich der Stichprobenumfang an der Gesamtabfallmenge, so wird die Genauigkeit einzelner Stoffgruppen stark herabgesetzt.

Berücksichtigung der Autokorrelation durch mehrere Sortierkampagnen bei der Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Bei der Schätzung der Varianz der Jahreswerte (Summe und Durchschnitt) muss eine zeitliche Abhängigkeitsstruktur zwischen den vier vorgeschriebenen jahreszeitlich versetzten Sortierkampagnen angenommen werden. Diese Annahme beruht zum einen darauf, dass die

anfallenden Restabfallmengen sinnvoll durch Jahresganglinien darstellbar sind, und zum anderen, dass die Stichprobeneinheiten von Sortierkampagne zu Sortierkampagne nicht von Neuem zufällig ausgewählt werden (Rückgriff auf alte Stichproben wegen Vergleichbarkeit). Wird die genannte Abhängigkeit nicht berücksichtigt, so wird der tatsächliche Fehler (die geschätzte Varianz der Jahreswerte) unterschätzt.

Durch einen Vergrößerungsfaktor (VF) bei der Berechnung der Varianz kann die Abhängigkeit berücksichtigt werden¹. Der Vergrößerungsfaktor berechnet sich nach folgender Gleichung:

$$VF = \left[1 + 2 \sum_{\delta=1}^{n-1} \left(1 - \frac{\delta}{n} \right) * \rho_{k\delta} \right] \quad \delta = 1, 2, \dots \quad (Gl. 1)$$

n = Anzahl der Sortierkampagnen

$\rho_{k\delta}$ = Autokorrelation der um **kδ** Zeiteinheiten auseinander liegenden X_i

k = zeitlicher Abstand zweier aufeinander folgender Stichprobeneinheiten

Werden vier Sortierkampagnen in gleichen Abständen über ein Jahr verteilt, ergibt sich ein zeitlicher Abstand von $k = 13$ Wochen.

Die $\rho_{k\delta}$ (Autokorrelationskoeffizienten) wurden in der Bundesweiten Hausmüllanalyse 1979/80² empirisch ermittelt. Es ergaben sich folgende Werte:

$$\bar{\delta}_{13} = 0,309$$

$$\bar{\delta}_{26} = 0,140$$

$$\bar{\delta}_{39} = 0,030$$

Durch Einsetzen der Autokorrelationskoeffizienten in Gleichung 1 ergibt sich ein Vergrößerungsfaktor von $VF = 1,6$.

D.h. die Varianz der Jahreswerte wird durch die Abhängigkeit der vier Sortierkampagnen um das 1,6-fache erhöht. Soll die Genauigkeit des Gesamtergebnisses beibehalten werden, muss der Stichprobenumfang um $1,6^2 = 2,56$ vergrößert werden.

Geht man von einer einmaligen Untersuchung (eine Sortierkampagne) mit $n = 30$ Stichprobeneinheiten aus, so müssen bei einer Untersuchung mit vier Sortierkampagnen $30 * 2,56 = 77$ Stichprobeneinheiten bzw. ca. 20 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne beprobt werden.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass eine einmalige Sortierkampagne über einen Zeitraum von ca. ein bis vier Wochen keine zuverlässige Angabe für den Jahreswert zulässt.

¹ vgl. Chatfield, C., 1975, S.33ff

² ARGUS - Bundesweite Hausmüllanalyse 1979/80; Forschungsbericht 103 03 503 UBA; 1981; Berlin

E. Auswirkung einer Ausdehnung der Untersuchungsdauer auf ein Jahr (entsprechend dem Untersuchungszeitraum) auf den notwendigen Stichprobenumfang

Wird die Stichprobe zeitlich verteilt auf das ganze Jahr gezogen, wird durch den Jahreszeiteinfluss eine zusätzliche Streukomponente eingetragen, für die bislang keine Erfahrungswerte vorliegen. Die Varianz der Einzelwerte für eine solche Grundgesamtheit wäre mit Sicherheit höher als die Varianz der Einzelwerte, die bislang für einzelne Sortierkampagnen abgeschätzt wurde.

Um eine Vorstellung über die Veränderung des notwendigen Stichprobenumfanges zu erhalten, wenn über das gesamte Untersuchungsjahr beprobt wird, wird in dem nachfolgenden Beispiel ein natürlicher Variationskoeffizient für Restabfall aus Haushalten über ein ganzes Jahr von 40% angenommen.

$Varkoeff(X_{\Sigma T=1Wo}) = 30\%$ angen. Standardfehler, wenn über eine Woche beprobt wird

$Varkoeff(X_{\Sigma T=1a}) = 40\%$ angen. Standardfehler, wenn über ein Jahr beprobt wird

T = Untersuchungsdauer

Der Vergrößerungsfaktor durch die zusätzliche jahreszeitbedingte Streuung beträgt:
VF = 1,25.

Der Stichprobenumfang bei Beprobung über eine Untersuchungsdauer von einer Woche von

$$n_{t=1Wo} = 30$$

erhöht sich auf

$$n_{t=1a} = 30 \cdot 1,25^2 = 47$$

für eine Untersuchungsdauer von einem Jahr unter der Bedingung gleich bleibender Genauigkeit der Schätzparameter.

V. Berechnung des notwendigen Stichprobenumfanges für die gemeinsame Untersuchung von Restabfall aus Haushalten und Geschäftsabfall

Der notwendige Stichprobenumfang berechnet sich nach Gleichung 1:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha, n-1} \cdot v}{\delta_{\hat{\theta}, r}} \right)^2 \quad (\text{Gl. 1})$$

v = Variationskoeffizient der Einzelwerte (Maß für die natürliche Streuung in der Grundgesamtheit)

$\delta_{\hat{\Theta},r}$ = die relative maximale Zufallsabweichung (zulässige Abweichung des Schätzwertes vom Untersuchungsparameter)

$t_{\alpha,n-1}$ = die Irrtumswahrscheinlichkeit (ausgedrückt durch den Koeffizienten der t-Verteilung mit n-1 Freiheitsgraden)

Der Variationskoeffizient für Restabfall aus Haushalten und Geschäftsabfall berechnet sich aus den Variationskoeffizienten der Teilgesamtheiten nach Gleichung 2:

$$\text{var } \textit{coeff} (X) = v_{HM/GM} = \sqrt{v_{HM}^2 + v_{GM}^2} \quad (\text{Gl. 2})$$

$v_{HM/GM}$ = Variationskoeffizient der Einzelwerte für Restabfall aus Haushalten und Geschäftsabfall

v_{HM} = Variationskoeffizient der Einzelwerte für Restabfall aus Haushalten

v_{GM} = Variationskoeffizient der Einzelwerte für Geschäftsabfall

Herleitung:

Die Varianz von zwei Teilgesamtheiten berechnet sich nach Gleichung 3:

$$\text{var}(X_1 + X_2) = \text{var}(X_1) + \text{var}(X_2) \quad (\text{Gl.3})$$

Der Variationskoeffizient berechnet sich nach Gleichung 4:

$$\text{var } \textit{coeff} (X) = \frac{\sqrt{\text{var}(X)}}{\bar{X}} \quad (\text{Gl. 4})$$

Einsetzen von Gleichung 4 in Gleichung 3 ergibt Gleichung 5:

$$\text{var } \textit{coeff} (X) = \frac{1}{\bar{X}} \cdot \sqrt{\text{var}(X_1) + \text{var}(X_2)} \quad (\text{Gl. 5})$$

Unter der Annahme, dass sich zwar die Varianzen nicht aber die Mittelwerte aus den Teilgesamtheiten erheblich unterscheiden folgt:

$$\text{var } \textit{coeff} (X) = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \quad (\text{Gl. 2})$$

Einfache Berechnung

Aus den bislang vorliegenden Untersuchungen kann ein Variationskoeffizient für Restabfall und für Geschäftsabfall wie folgt angenommen werden:

$$v_{HM} = 0,3$$

$$v_{GM} = 0,6$$

Daraus errechnet sich ein Variationskoeffizient für die gemeinsame Grundgesamtheit Restabfall und Geschäftsabfall von:

$$v_{HM/GM} = 0,67$$

Der notwendige Stichprobenumfang für die Untersuchung der gemeinsamen Grundgesamtheit errechnet sich nach Gleichung 1 und ergibt:

$$n = 173$$

Geschichtete Berechnung

Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit an die Untersuchung der Grundgesamtheit Rest- und Geschäftsabfall geschichtet heranzugehen, um den Stichprobenumfang bei vorgegebener Genauigkeit des Schätzparameters zu reduzieren.

Der Stichprobenumfang errechnet sich dann nach der Beziehung für die geschichtete Hochrechnung entsprechend Gleichung 6:

$$n = \frac{v_{HM/GM}^2}{\left(\frac{N_1}{N}\right)^2 \cdot \frac{v_1^2}{n_1} + \left(\frac{N_2}{N}\right)^2 \cdot \frac{v_2^2}{n_2}} \quad (\text{Gl. 6})$$

wobei angenommen wird, dass:

$$\frac{N_1}{N} = 0,85 \text{ und entsprechend } \frac{N_2}{N} = 0,15$$

Aus Gleichung 6 ist weiterhin zu erkennen, dass der Stichprobenumfang auch vom gewählten Stichprobenverhältnis der Teilgesamtheiten n_1 und n_2 abhängt.

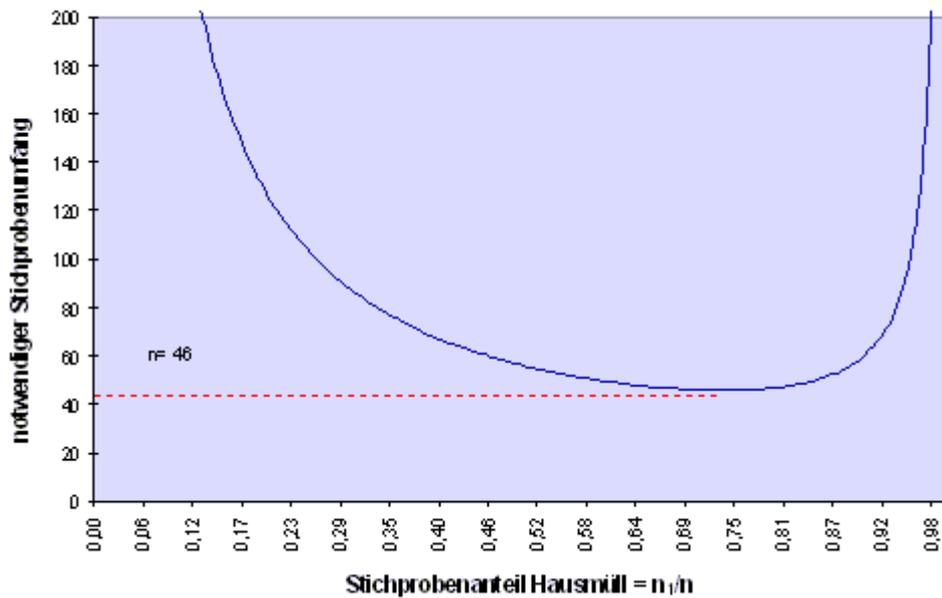
Eine optimale Aufteilung errechnet sich nach der Beziehung:

$$n_h = \frac{n \cdot N_h \cdot \sqrt{\text{var}(X_h)}}{\sum_{h=1}^L (N_h \cdot \sqrt{\text{var}(X_h)})} \quad (\text{Gl.7})$$

Umformen unter Verwendung von Gleichung 4 ergibt Gleichung 8:

$$n_1 = \frac{n \cdot N_1 \cdot v_1}{N_1 \cdot v_1 + N_2 \cdot v_2} \quad (\text{Gl.8})$$

Die Abbildung zeigt den Stichprobenumfang für den geschichteten Fall in Abhängigkeit des Verhältnisses Stichprobenumfang Restabfall (n_1) zu Stichprobenumfang Restabfall und Geschäftsabfall (n).

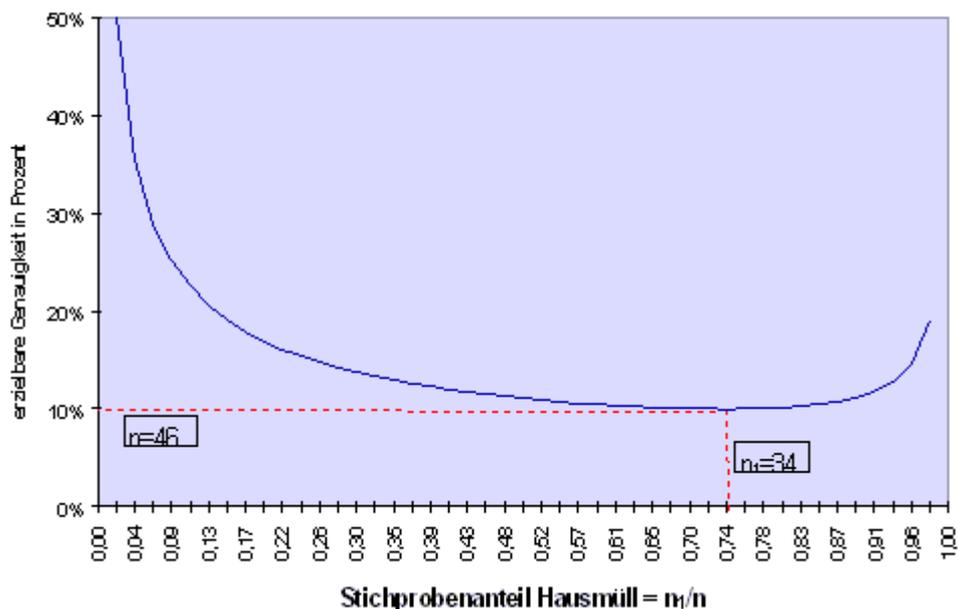


Notwendiger Stichprobenumfang in Abhängigkeit des Stichprobenanteils von Restabfall aus Haushalten bei einer vorgegebenen Genauigkeitsanforderung von 10 %

Daraus ergibt sich eine optimale Aufteilung von:

$n_1 = 34$ bzw. $n_2 = 12$ Stichprobeneinheiten

In der folgenden Abbildung ist erkennbar, wie die erzielbare Genauigkeit abnimmt, wenn von diesem optimalen Verhältnis abgewichen wird.



Erzielbare Genauigkeit des Schätzwertes für Rest- und Geschäftsabfall in Abhängigkeit des Stichprobenanteils Restabfall (n_1/n)

Fazit:

Zur gemeinsamen Untersuchung von Restabfall aus Haushalten und Geschäftsabfall kommen theoretisch drei Varianten in Frage:

Rest- und Geschäftsabfall werden wie bisher getrennt untersucht. Dann sind der Restabfall mit 35 Stichprobeneinheiten und der Geschäftsabfall mit 138 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne zu beproben. Es wird jeweils eine Genauigkeit des Schätzers von 10 Prozent erreicht. Die Ergebnisse sind sowohl für Restabfall aus Haushalten als auch für Geschäftsabfall belastbar. Es ist jeweils ein Auswahlverzeichnis für Rest- und für Geschäftsabfall zu erstellen.

Soll Rest- und Geschäftsabfall als eine Grundgesamtheit ohne Schichtung beprobt werden, sind ebenfalls 173 Stichprobeneinheiten erforderlich (egal ob Restabfall- oder Geschäftsabfalleinheiten gezogen werden). Es sind keine getrennten Aussagen für Restabfall aus Haushalten und Geschäftsabfall möglich. Es kann aus einem gemeinsamen Behälterverzeichnis gezogen werden (einfachere Auswahlgrundlage). Es kann aus dem meist gemeinsam vorliegenden Behälterverzeichnis gezogen werden.

Wird aus der Grundgesamtheit Restabfall und Geschäftsabfall geschichtet gezogen, verringert sich der Stichprobenumfang auf 46 Stichprobeneinheiten bei einer Genauigkeit für das Gesamtergebnis von 10% (die erreichte Genauigkeit gilt nur für das Gesamtergebnis und nicht wie im ersten Fall für die Schichten Restabfall aus Haushalten und Geschäftsabfall). Die optimale Aufteilung beträgt 34 Stichprobeneinheiten für Restabfall und 12 Stichprobeneinheiten für Geschäftsabfall. Die Genauigkeit der einzelnen Schichten Restabfall kann berechnet werden und wird sich für Restabfall nicht verändern, aber für Geschäftsabfall erheblich verschlechtern. Der Aufwand bei der Erstellung einer Auswahlgrundlage ist genauso aufwendig wie im ersten Fall der vollständig separaten Untersuchung.

4.2 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Bioabfällen aus Haushalten

4.2.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse von Bioabfällen aus Haushalten im Holsystem hat grundsätzlich entsprechend 3.1 zu erfolgen. Der Ort der Bereitstellung von Bioabfällen aus Haushalten im Holsystem ist das Grundstück der Bioabfallerzeuger (Zugriffsebene). Zum Bringsystem siehe 4.2.3.

4.2.2 Bestimmung der Zusammensetzung

- Die Bestimmung der Zusammensetzung der Bioabfälle aus Haushalten hat grundsätzlich entsprechend 3.2 zu erfolgen.
- Für Bioabfälle aus Haushalten im Holsystem ist die Methode der Sortierung anzuwenden. Unter 4.2.2.1 bis 4.2.2.10 werden die Anforderungen an die Sortierung im speziellen erläutert. Zum Bringsystem siehe 4.2.3.

4.2.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen

Basisuntersuchung:

Das Bioabfallaufkommen aus Haushalten ist aufgrund der Vegetationsperioden jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Daher sind mindestens vier über das Jahr zeitlich versetzte Sortierkampagnen durchzuführen (Frühjahrs-, Sommer-, Herbst- und Wintersortierkampagne). Für die einzelnen Sortierkampagnen sollten Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, nicht ausgewählt werden. Wenn weniger als vier Sortierkampagnen realisiert werden, ist der Nachweis der hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse zu erbringen.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Bioabfallaufkommens aus Haushalten aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden. Wird eine Folgeuntersuchung im Rahmen des regelmäßig fortzuschreibenden kommunalen Abfallwirtschaftskonzeptes gemäß dem "Ersten Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen" durchgeführt, entspricht sie auf jeden Fall einer Basisuntersuchung.

4.2.2.2 Kampagnenzeitraum

Jede Sortierkampagne erstreckt sich über einen Kampagnenzeitraum entsprechend der Abfuhrhythmen vor Ort. Die Mindestdauer umfasst sämtliche Wochentage, an denen eine Abfuhr erfolgt, und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen. Die Probenahme zu einer Kampagne braucht nicht zusammenhängend zu sein.

4.2.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Es wird in notwendige und zusätzliche Rahmendaten unterschieden.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben (Mindestanforderung):

- Abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes, die in Form einer kurzen, qualitativen Beschreibung der bei den zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Punkte dargelegt werden sollten.
- Bioabfallbehälterverzeichnis aller Grundstücke des Untersuchungsgebietes zur Stichprobenplanung, das Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtage und -rhythmus enthält.
- Dabei ist zu beachten, dass Behälter für Bioabfälle aus Gewerbe (zumindest bei der Bestimmung der Masse) nicht einzubeziehen sind (s. a. 4.9.2.3).
- Ist es im Untersuchungsgebiet den Bioabfallerzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, muss die Anzahl der tatsächlichen Abfuhr, wenn möglich je Behälter oder als Durchschnittswert, bestimmt werden.
- Gesamteinwohnerzahl des Untersuchungsgebietes und im Falle von Schichtungen der Teilgesamtheiten sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit zur Auswertung der Kerndaten und ggf. zur Stichprobenplanung.

Es sollte gewährleistet sein, dass sich die notwendigen und die folgenden zusätzlichen Rahmendaten während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig ändern.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit,
- Anschlussgrad an die Bioabfallsammlung,
- Daten zur Siedlungsstruktur (Volkszählungen, Gebäude- und Wohnungszählungen u. ä.),
- Schwankungen der Einwohnerzahlen in Abhängigkeit der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten, abwesende Einwohner in Ferienzeiten, Pendler),
- Konsumgewohnheiten und häusliche Tätigkeiten in Abhängigkeit der Jahreszeit und Witterungsbedingungen (z. B. Schwankungen des Gartenabfallaufkommens),
- Behältergrößen/-arten unter Beachtung der Anzahl der angeschlossenen Einwohner,
- Nähe des Entsorgungsgebietes zur Beseitigungs-/Umladeanlage bzw. zum Recyclinghof,

- angebotene Restabfallbehälter oder Altstoffbehälter (Glas, Pappe/Papier/Kartonaugen, Leichtverpackungen) im Hol- oder Bringsystem, Umfang und Förderung der Eigenkompostierung,
- Höhe und Staffelung der Gebührenordnung (insbesondere: werden Gebühren erhoben?).

4.2.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. alle Haushalte aus Einfamilienhäusern) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. alle Haushalte eines Untersuchungsgebietes) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,

und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,

- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert (z. B. Gebäudetyp mit Masse der Bioabfälle aus Haushalten). Als gesicherte und in einer Vielzahl von Untersuchungen bestätigte Einflussgrößen auf Masse und Zusammensetzung der Bioabfälle aus Haushalten gelten

- Siedlungsstruktur,
- Umfang und Förderung der Eigenkompostierung,
- spezifisches Restabfallbehältervolumen,
- Restabfallbehältergröße,
- Räumturnus der Restabfallbehälter.

Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten bei der Planung und Auswertung der Untersuchung wie Untersuchungsgebiete zu behandeln.

4.2.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

- Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. pro Teilgesamtheit ist abhängig
 - von der Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse,
 - von der Anforderung an die statistische Sicherheit der zu erzielenden Ergebnisse und
 - der natürlichen Streuung der Grundgesamtheit (Varianz der Einzelwerte).

- Die Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse wird mit $\pm 10\%$ (relativer maximaler Zufallsabweichung) vorgegeben. Aus den Erfahrungswerten bisheriger Untersuchungen für die natürliche Streuung der Grundgesamtheit von ca. 25% unter Berücksichtigung der bei vier Sortierkampagnen pro Jahr (siehe 4.2.2.1) bestehenden Autokorrelation der Untersuchungsergebnisse folgt ein notwendiger Stichprobenumfang von mindestens 16 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne bzw. 64 Stichprobeneinheiten pro Untersuchung.
- Soll die für die Grundgesamtheit angestrebte Genauigkeit auch im Rahmen von Schichtungen für einzelne Teilgesamtheiten erreicht werden, ist der notwendige Stichprobenumfang von mindestens 16 Einheiten für jede Teilgesamtheit erforderlich.
- Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann die Genauigkeit für einzelne Teilgesamtheiten unterschritten werden. Aus statistischen Gründen sind mindestens sechs Stichprobeneinheiten pro Teilgesamtheit zu untersuchen. Die erreichbare Genauigkeit liegt dann bei 20 bis 25% pro Schichtergebnis. Um die Qualität des Gesamtergebnisses nicht zu vermindern, darf die Summe der Stichprobeneinheiten aller Teilgesamtheiten die o. g. 16 Einheiten pro Sortierkampagne aber nicht unterschreiten.

Des Weiteren kann sich aus der Einwohnerzahl im Untersuchungsgebiet oder in der Teilgesamtheit eine Unterschreitung des Stichprobenumfangs ergeben. In kleinen Untersuchungsgebieten (mit weniger als 5.000 Einwohnern) reduziert sich der Stichprobenumfang aufgrund des Verhältnisses des Umfangs der Grundgesamtheit (N) zum Umfang der Stichprobe (n). Der Nachweis der statistisch hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse ist zu erbringen.

4.2.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

- Eine Stichprobeneinheit umfasst ein Abfallvolumen von ca. 0,25 m³ und wird durch einen 240-l-Bioabfallbehälter repräsentiert. Mehrere kleinere Bioabfallbehälter können eine Stichprobeneinheit bilden, wenn nach Umfüllen die Summe ihrer Behältervolumina ca. 0,25 m³ entspricht (z. B. zwei 120-l-Behälter).
- Es dürfen jeweils nur die kompletten Inhalte von Abfallbehältern zu einer Stichprobeneinheit zusammengefasst werden.
- Aus den erfassten Rahmendaten gemäß 4.2.2.3 ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Daraus werden die Stichprobeneinheiten anhand des Straßennamens und der Hausnummer entsprechend des notwendigen Stichprobenumfangs nach dem Prinzip der Zufallsauswahl ausgewählt. Das heißt, alle Elemente der Grundgesamtheit sollen so ausgewählt werden, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen, und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen des Untersuchungspersonals ist.
- Ersatzadressen für die Stichprobeneinheiten sind ebenfalls auszuwählen, um beispielsweise den Ausschluss von Bioabfällen aus Gewerbe bei der Probenahme gewährleisten zu können. Ist es im Untersuchungsgebiet den Bioabfallerzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind eine ausreichende Anzahl an Ersatzadressen je Stichprobeneinheit oder ggf. Ersatzstichprobeneinheiten vorzusehen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Es wird daher empfohlen, in

solchen Untersuchungsgebieten mindestens so viele Ersatzadressen wie Stichprobenadressen auszuwählen.

- Bei den auf die erste Sortierkampagne folgenden Kampagnen ist ein Teil der Stichprobeneinheiten durch neue zu ersetzen.

4.2.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Bioabfällen aus Haushalten sind die Massenanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung zu bestimmen. Bei der Festlegung der Stoffgruppen ist zu beachten, dass Bioabfälle in der ersten Differenzierungsebene den Stoffgruppen Organik und ggf. Papier (z. B. Bioabfalltüte) zuzuordnen sind und sämtliche weiteren Stoffgruppen Störstoffe darstellen. Es wird generell empfohlen, die Stoffgruppen mindestens der zweiten Differenzierungsebene zu bestimmen.

4.2.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Fahrzeug für das Einsammeln und Transportieren der Stichprobenbehälter,
- Behälter für die Stichproben,
- Sortierhalle,
- Sortiertisch(e),
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen,
- Waage,
- ggf. maschinelles Siebaggreat.

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung,
- geschulte Sortierkräfte.

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung von Bioabfällen aus Haushalten zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer der Sortierung von Bioabfällen aus Haushalten zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und Kopfbedeckung.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der Sortierung von

Bioabfällen aus Haushalten müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.

- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.
- Für eine getrennte Lagerung der sortierten Bioabfälle aus Haushalten in geschlossenen Behältern oder ihren täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.

4.2.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

Die Durchführung der Untersuchung hat in folgenden Schritten zu erfolgen:

- Die Stichprobeneinheiten werden an den festgelegten Grundstücken der Bioabfall-erzeuger durch Umleerung bzw. Austausch der ausgewählten Behälter am Tage der regulären Abfuhr eingesammelt. Die Stichprobenadressen, die Anzahl der beprobten Behälter, die angeschlossenen Einwohner, bei einer reinen Massenbestimmung die Wiegeergebnisse einer Verwiegung vor Ort u. ä. sind zu protokollieren. Ungeeignete Stichprobeneinheiten sind durch die ausgewählten Ersatzadressen zu ersetzen.
 - Ist es im Untersuchungsgebiet den Bioabfall-erzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind die Stichprobenadressen, die Anzahl der laut Behälterstatistik vorhandenen Behälter und die angeschlossenen Einwohner für die spätere Auswertung und Hochrechnung zu erfassen und durch Ersatzadressen zu ergänzen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Die Adressen, an denen keine Behälter vorgefunden wurden, müssen in die Stichprobeneinheiten mit aufgenommen werden.
 - Liegen Daten über die tatsächliche Anzahl der Abfuhr der Behälter einer Stichprobenadresse je Jahr vor und ist das Datum der letzten Abfuhr bekannt, kann die Erfassung der Stichprobenadressen, der Behälter und der angeschlossenen Einwohner von Stichprobenadressen ohne Behälter entfallen.
- Transport der Stichproben zur Sortierhalle
- Behandlung der Stichproben
 - Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung der Ergebnisse pro Stichprobeneinheit.
 - Die Durchführung einer Siebung der Bioabfälle aus Haushalten ist optional.
 - Wenn eine Siebung durchgeführt wird, hat sie gemäß 3.2.2 zu erfolgen. Wenn Teilmengen der vorgenommenen Siebschnitte sortiert werden, sind sie jeweils gemäß 3.2.4 und 4.2.2.7 in Stoffgruppen der ersten und ggf. zweiten und dritten Differenzierungsebene zu zerlegen. Die Ergebnisse sind dann pro Stichprobeneinheit nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung wie folgt zu protokollieren: jeweils ermittelter Siebschnitt nach Stoffgruppen.
 - Für weitergehende chemisch-physikalische Untersuchungen ist die Entnahme von tagfrischen Proben notwendig.

4.2.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortiererergebnisse:

Die gemäß 4.2.2.9 protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne jeweils pro Stichprobeneinheit in kg/w, einwohnerspezifisch in kg/(E·w) und in Masse-% anzugeben.

Ist es im Untersuchungsgebiet den Bioabfallerzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, ist die Berechnung je Stichprobeneinheit in kg/w und der einwohnerspezifischen Bioabfallmasse in kg/(E·w) wie folgt durchzuführen:

- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit bekannt, ist die je Stichprobenadresse vorgefundene Bioabfallmasse auf die Zeitspanne zwischen dieser letzten Leerung und dem Probenahmetag zu beziehen (z. B. Masse pro drei Wochen ergibt 1/3 Masse pro Woche) und dann über die Adressen einer Stichprobeneinheit zu aggregieren. Für die Berechnung des einwohnerspezifischen Wertes sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.
- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit nicht bekannt, ist zur Bestimmung der einwohnerspezifischen Bioabfallmasse die Bioabfallmasse der Stichprobeneinheit auf die Summe der Einwohner aller Stichprobenadressen (Adressen mit und ohne Behälter) der Stichprobeneinheit zu beziehen.

Die einzelne Stichprobeneinheit ist durch Nennung der beprobten Straße zu charakterisieren, eine Nennung der beprobten Hausnummer ist aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht möglich.

Hochrechnung und Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte:

- Mit Hilfe der Sortiererergebnisse wird auf die Grundgesamtheit geschlossen. Die Methode der Hochrechnung ist zu nennen. (Empfohlen wird eine Verhältnisschätzung mit Hilfe der angeschlossenen Einwohner pro Stichprobeneinheit, siehe Müllhandbuch, Kennziffer 1712, Stichprobenverfahren.)
- Die Jahresdurchschnittswerte ergeben sich aus der Mittelwertbildung der Ergebnisse der durchgeführten Sortierkampagnen. Sie sind in Mg/a und einwohnerspezifisch in kg/(E·a) anzugeben.
- Die Zusammensetzung der Bioabfälle aus Haushalten ist in Masse-% anzugeben.

Darlegung der Fehlerrechnung:

Die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert in der Grundgesamtheit sollte durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereichs dargelegt werden. Dafür ist der Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters (z. B. die gesamte Masse an Bioabfällen aus Haushalten eines Untersuchungsgebiets) eine geeignete statistische Größe. Er ist ein Maß für die relative Zufallsabweichung vom Untersuchungsparameter selbst und wird über den Variationskoeffizienten in der Stichprobe geschätzt.

4.2.3 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Gartenabfällen aus Haushalten im Bringsystem

Bestimmung der Masse:

Erfolgt ausschließlich oder parallel zur Bioabfallsammlung im Holsystem eine Sammlung von Gartenabfällen im Bringsystem (Sammelstellen sind z. B. Laubsacksammlung am Straßenrand, vorübergehend aufgestellte Container an zentralen Sammelstellen, Annahmestellen für Gartenabfälle an Recyclinghöfen, Verwertungsanlagen u. ä.), sind die jährlich so erfassten Massen getrennt von den Bioabfällen aus dem Holsystem anzugeben. Es ist darauf zu achten, dass ausschließlich Gartenabfälle aus Haushalten angegeben werden (s. a. 4.9; 4.10).

Bestimmung der Zusammensetzung:

Die Bestimmung der Zusammensetzung von Gartenabfällen aus Haushalten im Bringsystem hat durch Sichtung an den Sammelstellen zu erfolgen. Die Auswahl der Sammelstellen und die Dauer der Sichtung sind an den örtlichen Gegebenheiten zu orientieren; die Repräsentativität ist nachzuweisen. Abweichend von der dritten Differenzierungsebene gemäß 3.2.4 hat die Differenzierung der Stoffgruppen mindestens nach strukturreichem Material (Strauchwerk und Baumschnitt etc.) und nach strukturarmem Material (Laub, Rasenschnitt, Schnitt- und Topfblumen etc.) zu erfolgen.

4.3 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Altstoffen aus Haushalten im Holsystem

4.3.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse von Altstoffen aus Haushalten (Glas, Pappe/Papier/Kartonagen, Leichtverpackungen) im Holsystem hat grundsätzlich entsprechend 3.1 zu erfolgen. Der Ort der Bereitstellung von Altstoffen aus Haushalten im Holsystem ist das Grundstück der Altstofferzeuger (Zugriffsebene). Zum Bringsystem siehe 4.4.

4.3.2 Bestimmung der Zusammensetzung

- Die Bestimmung der Zusammensetzung der Altstoffe aus Haushalten hat grundsätzlich entsprechend 3.2 zu erfolgen.
- Für Altstoffe aus Haushalten im Holsystem ist die Methode der Sortierung anzuwenden. Unter 4.3.2.1 bis 4.3.2.10 werden die Anforderungen an die Sortierung im speziellen erläutert. Zum Bringsystem siehe 4.4.

4.3.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen

Basisuntersuchung:

Zur Untersuchung des jeweiligen Altstoffaufkommens aus Haushalten ist innerhalb eines Jahres pro Altstoff (Glas, Pappe/Papier/Kartonagen, Leichtverpackungen) mindestens eine Sortierkampagne durchzuführen. Für die einzelnen Sortierkampagnen sollten Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, nicht ausgewählt werden.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des jeweiligen Altstoffaufkommens aus Haushalten aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden. Wird eine Folgeuntersuchung im Rahmen des regelmäßig fortzuschreibenden kommunalen Abfallwirtschaftskonzeptes gemäß dem "Ersten Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen" durchgeführt, entspricht sie auf jeden Fall einer Basisuntersuchung.

4.3.2.2 Kampagnenzeitraum

Jede Sortierkampagne erstreckt sich über einen Kampagnenzeitraum entsprechend der Abfuhrhythmen vor Ort. Die Mindestdauer umfasst sämtliche Wochentage, an denen eine Abfuhr erfolgt, und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen. Die Probenahme zu einer Kampagne braucht nicht zusammenhängend zu sein.

4.3.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Es wird in notwendige und zusätzliche Rahmendaten unterschieden.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben (Mindestanforderung):

- Abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes, die in Form einer kurzen, qualitativen Beschreibung der bei den zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Punkte dargelegt werden sollten.
- Pro Altstoff ein Behälterverzeichnis aller Grundstücke des Untersuchungsgebietes zur Stichprobenplanung, das Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtage und -rhythmus enthält.
- Dabei ist zu beachten, dass Behälter für Altstoffe aus Gewerbe (zumindest bei der Bestimmung der Masse) nicht einzubeziehen sind (s. a. 4.9.2.3).
- Ist es im Untersuchungsgebiet den Altstoffherzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, muss die Anzahl der tatsächlichen Abfahren, wenn möglich je Behälter oder als Durchschnittswert, bestimmt werden.

- Gesamteinwohnerzahl des Untersuchungsgebietes und im Falle von Schichtungen der Teilgesamtheiten sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit zur Auswertung der Kerndaten und ggf. zur Stichprobenplanung.

Es sollte gewährleistet sein, dass sich die notwendigen und die folgenden zusätzlichen Rahmendaten während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig ändern.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit,
- Anschlussgrad an die jeweilige Altstoffsammlung,
- Daten zur Siedlungsstruktur (Volkszählungen, Gebäude- und Wohnungszählungen u. ä.),
- Schwankungen der Einwohnerzahlen in Abhängigkeit der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten, abwesende Einwohner in Ferienzeiten, Pendler),
- Konsumgewohnheiten und häusliche Tätigkeiten in Abhängigkeit der Jahreszeit (z. B. Schwankungen des Verpackungsaufkommens nach Festtagen),
- Behältergrößen/-arten unter Beachtung der Anzahl der angeschlossenen Einwohner,
- Heizungsart (für Pappe/Papier/Kartonagen und Leichtverpackungen),
- Nähe des Entsorgungsgebietes zur Beseitigungs-/Umladeanlage bzw. zum Recyclinghof,
- angebotene Reststoffbehälter, Art der Altstoffsammlung (z. B. Pappe/Papier/Kartonagen im Hol- oder Bringsystem für Leichtverpackungen) oder Biobehälter im Hol- oder Bringsystem,
- Organisation der Abfuhr von sperrigen Abfällen (für Pappe/Papier/Kartonagen),
- Höhe und Staffelung der Gebührenordnung.

4.3.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. für Pappe/Papier/Kartonagen alle Haushalte mit Ofenheizung) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. alle Haushalte eines Untersuchungsgebietes) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,

und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,

- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert (z. B. Heizungsart mit Masse an Pappe/Papier/Kartonagen aus Haushalten). Als gesicherte und in einer Vielzahl von Untersuchungen bestätigte Einflussgrößen auf Masse und Zusammensetzung der Altstoffe aus Haushalten gelten

- Siedlungsstruktur,
- Art der Altstoffsammlung (z. B. Pappe/Papier/Kartonagen im Hol- oder Bringsystem für Leichtverpackungen),
- spezifisches Restabfallbehältervolumen,
- Restabfallbehältergröße,
- Heizungsart der Wohneinheiten (für Pappe/Papier/Kartonagen und Leichtverpackungen),
- Räumturnus der Restabfallbehälter.

Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten bei der Planung und Auswertung der Untersuchung wie Untersuchungsgebiete zu behandeln.

4.3.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

- Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. pro Teilgesamtheit ist abhängig
 - von der Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse,
 - von der Anforderung an die statistische Sicherheit der zu erzielenden Ergebnisse und
 - der natürlichen Streuung der Grundgesamtheit (Varianz der Einzelwerte).
- Die Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse wird mit $\pm 10\%$ (relativer maximaler Zufallsabweichung) vorgegeben. Aus den Erfahrungswerten bisheriger Untersuchungen für die natürliche Streuung der Grundgesamtheit von ca. 25% folgt für jeden Altstoff ein notwendiger Stichprobenumfang von mindestens 25 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne und damit pro Untersuchung.
- Soll die für die Grundgesamtheit angestrebte Genauigkeit auch im Rahmen von Schichtungen für einzelne Teilgesamtheiten erreicht werden, ist der notwendige Stichprobenumfang von mindestens 25 Einheiten für jede Teilgesamtheit erforderlich.
- Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann die Genauigkeit für einzelne Teilgesamtheiten unterschritten werden. Aus statistischen Gründen sind mindestens sechs Stichprobeneinheiten pro Teilgesamtheit zu untersuchen. Die erreichbare Genauigkeit liegt dann bei 20 bis 25% pro Schichtergebnis. Um die Qualität des Gesamtergebnisses nicht zu vermindern, darf die Summe der Stichprobeneinheiten aller Teilgesamtheiten die o. g. 25 Einheiten pro Sortierkampagne aber nicht unterschreiten.

- Des Weiteren kann sich aus der Einwohnerzahl im Untersuchungsgebiet oder in der Teilgesamtheit eine Unterschreitung des Stichprobenumfangs ergeben. In kleinen Untersuchungsgebieten (mit weniger als 5.000 Einwohnern) reduziert sich der Stichprobenumfang aufgrund des Verhältnisses des Umfangs der Grundgesamtheit (N) zum Umfang der Stichprobe (n). Der Nachweis der statistisch hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse ist zu erbringen.

4.3.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

- Abhängig vom zu untersuchenden Altstoff sind Stichprobeneinheiten wie folgt zu bilden:
 - Für Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen umfasst eine Stichprobeneinheit ein Abfallvolumen von ca. 0,25 m³ und wird durch einen 240-l-Altstoffbehälter repräsentiert. Mehrere kleinere Altstoffbehälter können eine Stichprobeneinheit bilden, wenn nach Umfüllen die Summe ihrer Behältervolumina ca. 0,25 m³ entspricht (z. B. zwei 120-l-Behälter). 1,1-m³-Behälter sind separat zu behandeln.
 - Für Leichtverpackungen umfasst eine Stichprobeneinheit ein Abfallvolumen von ca. 1 m³ und wird durch einen 1,1-m³-Altstoffbehälter repräsentiert. Mehrere kleinere Altstoffbehälter können eine Stichprobeneinheit bilden, wenn nach Umfüllen die Summe ihrer Behältervolumina ca. 1 m³ entspricht (z. B. vier 240-l-Behälter, acht 120-l-Behälter). Die Bildung kleinerer Stichprobeneinheiten (z. B. 240 l oder 120 l) ist zulässig, wenn die gleich bleibende Genauigkeit der Ergebnisse nachgewiesen wird.
- Es dürfen jeweils nur die kompletten Inhalte von Abfallbehältern zu einer Stichprobeneinheit zusammengefasst werden.
- Aus den erfassten Rahmendaten gemäß 4.3.2.3 ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Daraus werden die Stichprobeneinheiten anhand des Straßennamens und der Hausnummer entsprechend des notwendigen Stichprobenumfangs nach dem Prinzip der Zufallsauswahl ausgewählt. Das heißt, alle Elemente der Grundgesamtheit sollen so ausgewählt werden, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen, und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen des Untersuchungspersonals ist.
- Ersatzadressen für die Stichprobeneinheiten sind ebenfalls auszuwählen, um beispielsweise den Ausschluss von Altstoffen aus Gewerbe bei der Probenahme gewährleisten zu können. Ist es im Untersuchungsgebiet den Altstoffherzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind eine ausreichende Anzahl an Ersatzadressen je Stichprobeneinheit oder ggf. Ersatzstichprobeneinheiten vorzusehen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Es wird daher empfohlen, in solchen Untersuchungsgebieten mindestens so viele Ersatzadressen wie Stichprobenadressen auszuwählen.
- Bei den auf die erste Sortierkampagne folgenden Kampagnen ist ein Teil der Stichprobeneinheiten durch neue zu ersetzen.

4.3.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Altstoffen aus Haushalten sind die Massenanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Abhängig vom zu untersuchenden Altstoff sind Stoffgruppen der Differenzierungsebenen wie folgt zu bestimmen:

- Für Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung zu bestimmen. Für Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen ist bei der Festlegung der Stoffgruppen zu beachten, dass diese Altstoffe in der ersten Differenzierungsebene den Stoffgruppen Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen zuzuordnen sind und sämtliche weiteren Stoffgruppen Störstoffe darstellen (ausgeschlossene Glasqualitäten, wie z. B. Quarzglas, Glaskeramik, Autoglas, und Fremdstoffe, wie z. B. Keramik, bzw. papierfremde Bestandteile und unerwünschte Papiere und Pappen, wie z. B. Wachspapiere, Kohlepapiere). Es wird generell empfohlen, die Stoffgruppen mindestens der zweiten Differenzierungsebene zu bestimmen.
- Für Leichtverpackungen sind abweichend von 3.2.4 die Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene obligatorisch. Es ist aber zu empfehlen, die Stoffgruppen der dritten Differenzierungsebene zu bestimmen.

4.3.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Fahrzeug für das Einsammeln und Transportieren der Stichprobenbehälter,
- Behälter für die Stichproben,
- Sortierhalle,
- Sortiertisch(e),
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen,
- Waage,
- ggf. maschinelles Siebaggregat,

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung,
- geschulte Sortierkräfte.

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung von Altstoffen aus Haushalten zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer der Sortierung von Altstoffen aus Haushalten zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und Kopfbedeckung.

- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der Sortierung von Altstoffen aus Haushalten müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.
- Für eine getrennte Lagerung der sortierten Altstoffe aus Haushalten in geschlossenen Behältern oder ihren täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.

4.3.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

Die Durchführung der Untersuchung des jeweiligen Altstoffs (Glas, Pappe/Papier/Kartonaugen, Leichtverpackungen) hat in folgenden Schritten zu erfolgen:

- Die Stichprobeneinheiten werden an den festgelegten Grundstücken der Altstoff-erzeuger durch Umleerung bzw. Austausch der ausgewählten Behälter am Tage der regulären Abfuhr eingesammelt. Die Stichprobenadressen, die Anzahl der beprobten Behälter, die angeschlossenen Einwohner, bei einer reinen Massenbestimmung die Wiegeergebnisse einer Verwiegung vor Ort u. ä. sind zu protokollieren. Ungeeignete Stichprobeneinheiten sind durch die ausgewählten Ersatzadressen zu ersetzen.
- Ist es im Untersuchungsgebiet den Altstoffherzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind die Stichprobenadressen, die Anzahl der laut Behälterstatistik vorhandenen Behälter und die angeschlossenen Einwohner für die spätere Auswertung und Hochrechnung zu erfassen und durch Ersatzadressen zu ergänzen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Die Adressen, an denen keine Behälter vorgefunden wurden, müssen in die Stichprobeneinheiten mit aufgenommen werden.
- Liegen Daten über die tatsächliche Anzahl der Abfahrten der Behälter einer Stichprobenadresse je Jahr vor und ist das Datum der letzten Abfuhr bekannt, kann die Erfassung der Stichprobenadressen, der Behälter und der angeschlossenen Einwohner von Stichprobenadressen ohne Behälter entfallen.
- Transport der Stichproben zur Sortierhalle
- Behandlung der Stichproben
 - Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung der Ergebnisse pro Stichprobeneinheit.

Für den Altstoff Leichtverpackungen gilt:

Durch einen Trennschnitt bei 10 mm ist der Anteil der Fraktion < 10 mm und durch einen Trennschnitt bei 40 mm ist der Anteil der Fraktion 10 - 40 mm im Altstoff Leichtverpackungen festzustellen. Für beide Trennschnitte sollten maschinelle Siebaggregate, die objektivere Ergebnisse liefern, eingesetzt werden. Ersatzweise können auch Sortiertische zum Einsatz kommen. Es ist zur Erzielung der Sortierergebnisse folgendermaßen vorzugehen:

Es wird zuerst der Siebschnitt 40 mm (nach Möglichkeit maschinell) durchgeführt, dann vom Siebunterlauf eine repräsentative Teilmenge entnommen (mindestens

20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes), die daraufhin bei 10 mm abgesiebt wird. Die Fraktion < 10 mm stellt gemäß 4.3.2.7 eine Stoffgruppe dar. Die Teilmenge der Fraktion 10 - 40 mm und die Fraktion > 40 mm werden jeweils gemäß 3.2.4 und 4.3.2.7 in Stoffgruppen der zweiten und ggf. dritten Differenzierungsebene zerlegt.

Die Ergebnisse sind pro Stichprobeneinheit nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung wie folgt zu protokollieren: Fraktion < 10 mm, Fraktion 10 - 40 mm nach Stoffgruppen und Fraktion > 40 mm nach Stoffgruppen.

Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der Fraktionen < 10 mm und 10 - 40 mm auf hochgerechneten Teilmengen beruhen. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen ist durch die mögliche Zusammenfassung der Fraktionen 10 - 40 mm und > 40 mm gewährleistet.

Für die Altstoffe Glas und Pappe/Papier/Kartonagen gilt:

Die Durchführung einer Siebung des Altstoffs Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen sind optional.

Wenn eine Siebung durchgeführt wird, hat sie gemäß 3.2.2 zu erfolgen. Wenn Teilmengen der vorgenommenen Siebschnitte sortiert werden, sind sie jeweils gemäß 3.2.4 und 4.3.2.7 in Stoffgruppen der ersten und ggf. zweiten und dritten Differenzierungsebene zu zerlegen. Die Ergebnisse sind dann pro Stichprobeneinheit nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung wie folgt zu protokollieren: jeweils ermittelter Siebschnitt nach Stoffgruppen.

- Für weitergehende chemisch-physikalische Untersuchungen ist die Entnahme von tagfrischen Proben notwendig.

4.3.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortierergebnisse:

Die gemäß 4.3.2.9 für jeden Altstoff protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne jeweils pro Stichprobeneinheit in kg/w, einwohnerspezifisch in kg/(E•w) und in Masse-% anzugeben.

Ist es im Untersuchungsgebiet den Altstoffherzeugern überlassen, Behälter zur Abfuhr bereitzustellen, ist die Berechnung für jeden Altstoff je Stichprobeneinheit in kg/w und für die zugehörige einwohnerspezifische Altstoffmasse in kg/(E•w) wie folgt durchzuführen:

- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit bekannt, ist die je Stichprobenadresse vorgefundene Altstoffmasse auf die Zeitspanne zwischen dieser letzten Leerung und dem Probenahmetag zu beziehen (z. B. Masse pro drei Wochen ergibt 1/3 Masse pro Woche) und dann über die Adressen einer Stichprobeneinheit zu aggregieren. Für die Berechnung des einwohnerspezifischen Wertes sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.
- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit nicht bekannt, ist zur Bestimmung der einwohnerspezifischen Altstoffmasse die Altstoffmasse der Stichprobeneinheit auf die Summe der Einwohner aller Stichprobenadressen (Adressen mit und ohne Behälter) der Stichprobeneinheit zu beziehen.

Die einzelne Stichprobeneinheit ist durch Nennung der beprobten Straße zu charakterisieren, eine Nennung der beprobten Hausnummer ist aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht möglich.

Hochrechnung und Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte:

- Mit Hilfe der Sortiererergebnisse wird auf die Grundgesamtheit geschlossen. Die Methode der Hochrechnung ist zu nennen. (Empfohlen wird eine Verhältnisschätzung mit Hilfe der angeschlossenen Einwohner pro Stichprobeneinheit, siehe Müllhandbuch, Kennziffer 1712, Stichprobenverfahren.)
- Die Jahresdurchschnittswerte ergeben sich je Altstoff aus der Mittelwertbildung der Ergebnisse der durchgeführten Sortierkampagnen. Sie sind in Mg/a und einwohnerspezifisch in kg/(E·a) anzugeben.
- Die Zusammensetzung der Altstoffe aus Haushalten ist in Masse-% anzugeben.

Darlegung der Fehlerrechnung:

Die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert in der Grundgesamtheit sollte durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereichs dargelegt werden. Dafür ist der Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters eine geeignete statistische Größe. Er ist ein Maß für die relative Zufallsabweichung vom Untersuchungsparameter selbst und wird über den Variationskoeffizienten in der Stichprobe geschätzt.

4.4 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Altstoffen aus Haushalten im Bringsystem

Ziel ist die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung und des Aufkommens von Altstoffen, die über Erfassungsbehälter im Bringsystem eingesammelt werden. Altstoffe im Sinne der Richtlinie sind getrennt erfasstes Glas, Pappe/Papier/Kartonagen sowie Leichtverpackungen im Sinne des DSD. Die Untersuchung der Altstoffe dient der Bestimmung der Gesamtmasse und des Anteils an verwertbaren Altstoffen.

4.4.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse hat grundsätzlich gemäß 3.1 (Bestimmung der Masse) zu erfolgen. Die Orte der Bereitstellung sind die jeweiligen Altstoff-Erfassungsbehälter auf öffentlichem Straßenland (Zugriffsebene) oder die Anlieferungsstellen an den jeweiligen Altstoffsortieranlagen.

4.4.2 Bestimmung der Zusammensetzung

- Die Bestimmung der Zusammensetzung hat grundsätzlich gemäß 3.2 (Bestimmung der Zusammensetzung) zu erfolgen.
- Für die Bestimmung der Zusammensetzung der Altstoffe ist die Methode der Sortierung anzuwenden. Als Ergebnis der Sortierung werden die Stoffgruppen gemäß 3.2.4 ermittelt.

4.4.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen

Basisuntersuchung:

- Das Aufkommen an Altstoffen ist nach den bisherigen Erkenntnissen keinen nennenswerten jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Daher ist die Durchführung einer einmaligen Untersuchungskampagne zur Bestimmung von Aufkommen und Zusammensetzung der Altstoffe ausreichend. Für die Sortierkampagne sollte ein Zeitraum ausgewählt werden, der nicht durch Feiertage oder Ferientage beeinflusst ist.
- Eine zusätzliche Sortierkampagne sollte die Basisuntersuchung ergänzen, wenn gebiets- oder jahreszeitbedingte Ereignisse (Saisonzeiten in Fremdenverkehrsgebieten, Auswirkungen von regionalen Veranstaltungen usw.) zu erfassen sind.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Aufkommens an Altstoffen aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen wie z. B. der Änderung des Altstofffassungssystems. Eine Folgeuntersuchung kann in reduziertem Umfang stattfinden.

4.4.2.2 Kampagnenzeitraum

Jede Sortierkampagne erstreckt sich über einen Kampagnenzeitraum entsprechend der Abfuhrhythmen vor Ort. Die Mindestdauer umfasst sämtliche Wochentage, an denen eine Abfuhr erfolgt und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen. Die Probenahme zu einer Kampagne braucht nicht zusammenhängend zu sein.

4.4.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Zu den Rahmendaten zählen sämtliche Informationen, die für die Planung und für die Durchführung der Untersuchung sowie für die spätere Auswertung von Bedeutung sind. Es wird zwischen notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten unterschieden.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten für jede der zu untersuchenden Altstoffarten zu erheben bzw. zu berücksichtigen (Mindestanforderungen):

- Standortverzeichnis aller Behälter, die auf öffentlichem Straßenland aufgestellt sind (Adresse oder eindeutige Beschreibung des Standplatzes),
- Tourenplan, der die Daten über die Abfuhrtage und die Entleerungsrhythmen hinsichtlich der verschiedenen Standorte enthält.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Informationen über die vorhandenen Gebietsstrukturen des Untersuchungsgebietes für eine mögliche Gruppierung der Behälterstandorte,
- Schwankungen der Einwohnerzahl in Abhängigkeit der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten),
- Höhe und Staffelung der Abfallgebühren als mögliche Gründe für Ausweicheffekte bei der Restabfallentsorgung.

4.4.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstige Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter einer Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. eine Altstoffart einer bestimmten Gebietsstruktur) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (eine Altstoffart des gesamten Untersuchungsgebietes). Die Schichtung hat das allgemeine Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen

und die aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Ziele,

- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit der Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.
- Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert. Als Einflussgrößen bei der Bestimmung von Aufkommen und Zusammensetzung können die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen herangezogen werden.
- Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten wie Untersuchungsgebiete bei der Planung und Auswertung zu behandeln.

4.4.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. der Teilgesamtheit ist abhängig

- von der Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse,
- von der Anforderung an die statistische Sicherheit der zu erzielenden Ergebnisse und
- der natürlichen Streuung der Grundgesamtheit (Varianz der Einzelwerte).

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen ist für die Bestimmung des Aufkommens und der Zusammensetzung von Altstoffen ein Stichprobenumfang von 20 Stichprobeneinheiten je Altstoffart vorzusehen.

4.4.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

- Als Stichprobeneinheiten sind die einzelnen Altstofferfassungsbehälter heranzuziehen.

- Aus den erfassten Rahmendaten ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Die Stichprobeneinheiten sind unter Beachtung der Rahmendaten so auszuwählen, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen durch das Probenahmepersonal ist.
- Für den Fall, dass bei den Altstoffen Glas und Pappe/Papier/Kartonagen keine Schichtung vorgesehen ist, kann eine Beprobung auch direkt an den Anlieferungsstellen der jeweiligen Verwertungsanlagen durchgeführt werden. Bei den Probenahmen sind insgesamt 20 zeitlich versetzte Teilproben zu gewinnen. Jede Teilprobe ist unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen so auszuwählen, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzt, in die Stichprobe zu gelangen. Das Volumen jeder Teilprobe muss der Größe der eingesetzten Erfassungsbehälter entsprechen.

4.4.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Altstoffen aus Haushalten sind die Massenanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Abhängig vom zu untersuchenden Altstoff sind Stoffgruppen der Differenzierungsebenen wie folgt zu bestimmen:

- Für Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung zu bestimmen. Für Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen ist bei der Festlegung der Stoffgruppen zu beachten, dass diese Altstoffe in der ersten Differenzierungsebene den Stoffgruppen Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen zuzuordnen sind und sämtliche weiteren Stoffgruppen Störstoffe darstellen (ausgeschlossene Glasqualitäten, wie z. B. Quarzglas, Glaskeramik, Autoglas, und Fremdstoffe, wie z. B. Keramik, bzw. papierfremde Bestandteile und unerwünschte Papiere und Pappen, wie z. B. Wachspapiere, Kohlepapiere). Es wird generell empfohlen, die Stoffgruppen mindestens der zweiten Differenzierungsebene zu bestimmen.
- Für Leichtverpackungen sind abweichend von 3.2.4 die Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene obligatorisch. Es ist aber zu empfehlen, die Stoffgruppen der dritten Differenzierungsebene zu bestimmen.

4.4.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Fahrzeug für die Einsammlung und den Transport der Stichproben
- Sortierhalle
- Sortiertisch (e)
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen
- Waage
- ggf. maschinelles Siebaggreat

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung

- geschulte Sortierkräfte

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung der Sortierreste aus Anlagen zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer der Restabfallsortierung zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und gegebenenfalls Kopfbedeckung.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Im Falle von Betriebsunfällen während der Restabfallsortierung müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.
- Für eine getrennte Lagerung des sortierten Restabfalls in geschlossenen Behältern oder seinen täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.

4.4.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

- Die Stichprobeneinheiten werden an den festgelegten Standorten durch Mitnahme oder Austausch der Behälter gewonnen.
- Bei den Probenahmen werden Datum und die Bezeichnung des Standortes (Adresse) protokolliert. Zusätzlich werden der Füllgrad und die Standzeit des jeweiligen Behälters aufgenommen. Die Stichprobeneinheiten sind voneinander getrennt zu halten. Für jede Stichprobeneinheit wird ein separates Probenahmeprotokoll erstellt, auf dem die Daten des jeweiligen beprobten Standortes festgehalten sind.
- Die Stichprobeneinheiten werden zur Sortierhalle transportiert.
- Behandlung der Stichproben
 - Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung der Ergebnisse pro Stichprobeneinheit.

Für den Altstoff Leichtverpackungen gilt:

Durch einen Trennschnitt bei 10 mm ist der Anteil der Feinfraktion < 10 mm und durch einen Trennschnitt bei 40 mm ist der Anteil der Fraktion 10 - 40 mm in den Leichtverpackungen festzustellen. Für beide Trennschnitte sollten maschinelle Siebaggregate, die objektivere Ergebnisse liefern, eingesetzt werden. Ersatzweise können auch Sortiertische mit Rundlochsiebung zum Einsatz kommen. Für die Ermittlung der Sortierergergebnisse ist folgendermaßen vorzugehen:

Es wird zuerst der Siebschnitt 40 mm (nach Möglichkeit maschinell) durchgeführt. Dann wird vom Siebunterlauf eine repräsentative Teilmenge entnommen (mindestens 20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes), die daraufhin bei 10 mm abgesiebt wird. Die Fraktion < 10 mm stellt eine Stoffgruppe

dar. Die Teilmenge der Fraktion 10 - 40 mm und die Fraktion > 40 mm werden jeweils gemäß 3.2.3 durch händische Sortierung in Stoffgruppen der zweiten und ggf. der dritten Differenzierungsebene zerlegt. Die Ergebnisse werden pro Stichprobeneinheit nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung wie folgt protokolliert: Fraktion < 10 mm, Fraktion 10 - 40 mm nach Stoffgruppen und die Fraktion > 40 mm nach Stoffgruppen. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der Fraktionen <10 mm und 10 - 40 mm auf hochgerechneten Teilmengen beruhen. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen ist durch die mögliche Zusammenfassung der Fraktionen 10 - 40 mm und > 40 mm gewährleistet.

Für die Altstoffe Glas und Pappe/Papier/Kartonagen gilt:

Die Durchführung einer Siebung des Altstoffs Glas bzw. Pappe/Papier/Kartonagen ist optional.

Wenn eine Siebung durchgeführt wird, hat sie gemäß 3.2.2 zu erfolgen. Wenn Teilmengen der vorgenommenen Siebschnitte sortiert werden, sind sie jeweils gemäß 3.2.4 und 4.3.2.7 in Stoffgruppen der ersten und ggf. zweiten und dritten Differenzierungsebene zu zerlegen. Die Ergebnisse sind dann pro Stichprobeneinheit nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung wie folgt zu protokollieren: jeweils ermittelter Siebschnitt nach Stoffgruppen.

- Für weitergehende chemisch-physikalische Untersuchungen ist die Entnahme von tagfrischen Proben notwendig.
- Wenn bei der Untersuchung der Altstoffe Glas und Pappe/Papier/Kartonagen keine Differenzierung nach Schichten vorgenommen werden soll, kann die Stichprobenahme auch direkt an der Verwertungsanlage vorgenommen werden.

4.4.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortiererergebnisse:

Die protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne in kg/w und in Masse-% anzugeben.

Hochrechnung und Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte:

Mit Hilfe der Sortiererergebnisse wird auf die Grundgesamtheit geschlossen. Für den Fall, dass anhand der Stichprobenergebnisse eine Hochrechnung durchgeführt wird, ist die Methode der Hochrechnung zu beschreiben.

Darlegung der Fehlerrechnung:

Die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert in der Grundgesamtheit sollte durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereiches dargelegt werden. Dafür ist der Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters (z. B. die gesamte Masse einer Altstoffart im Untersuchungsgebiet) eine geeignete statistische Größe. Er ist ein Maß für die relative Zufallsabweichung vom Untersuchungsparameter selbst und wird über den Variationskoeffizienten in der Stichprobe geschätzt.

4.5 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von sperrigen Abfällen aus Haushalten und Gewerbe

4.5.1 Bestimmung der Masse

Für eine Vollerhebung der Masse ist eine Betrachtung aller möglichen Entsorgungswege notwendig. In der Regel sind dies:

- öffentliche Abfuhr am Grundstück (Holsystem),
 - regelmäßiger Räumturnus
 - Sammlung auf Abruf
- Direktanlieferungen sperriger Abfälle (Bringsystem, gewerbliche Anlieferungen).

Die Bestimmung der Masse für das gesamte Entsorgungsgebiet hat grundsätzlich entsprechend 3.1 (Bestimmung der Masse) zu erfolgen.

Die Bestimmung der einwohnerspezifischen Masse ist grundsätzlich entsprechend 3.3 (Ermittlung abfallwirtschaftlicher Kenngrößen) vorzunehmen.

Der Ort der Bereitstellung sperriger Abfälle ist das Grundstück des Erzeugers (beim Holsystem) bzw. der öffentliche Gehweg/Straßenrand (Zugriffsebene, soweit keine Beeinträchtigung des fließenden Verkehrs gegeben ist).

4.5.2 Bestimmung der Zusammensetzung

Die Bestimmung der Zusammensetzung hat durch Verwiegung der herausgestellten Bestandteile der sperrigen Abfälle (Einzelverwiegung) am Ort der Bereitstellung (**Untersuchung am Ort der Abfallbereitstellung**) entsprechend 3.2. zu erfolgen. Hierbei kann nach verschiedenen Einflussgrößen (siehe 4.5.2.4) differenziert werden.

Ferner ist aufgrund der großen Anzahl an Einzelmesswerten eine Fehlerberechnung möglich.

Sollte aufgrund äußerer Einflüsse (z. B. starke Behinderung durch fließenden Verkehr) eine Verwiegung der herausgestellten Bestandteile am Ort der Bereitstellung nicht möglich sein, so kann alternativ eine **zentrale Sortierung, z. B. an der Sortieranlage oder an einem geeigneten Sortierplatz (z. B. Deponie)** erfolgen. Dieses Verfahren ist auch bei Direktanlieferungen (Bringsystem) anzuwenden.

Unter den Kapiteln 4.5.2.1 bis 4.5.2.10 werden die grundsätzlichen Anforderungen (unabhängig vom Ort der Untersuchung) bei der Bestimmung der Zusammensetzung sperriger Abfälle erläutert.

4.5.2.1 Anzahl und Zeitpunkte der Sortierkampagnen

Basisuntersuchung:

Soweit Strauch- und Baumschnitt sowie Baustellenabfälle satzungsrechtlich von der Abfallart "sperrige Abfälle" ausgeschlossen sind, ist ein jahreszeitlicher Einfluss nicht zu erwarten. Daher reicht eine einmalige Durchführung der Analysen als so genannte Basisuntersuchung.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient zur Feststellung von Veränderungen des Aufkommens und der Zusammensetzung sperriger Abfälle und wird notwendig, wenn Veränderungen in den abfallwirtschaftlichen Bedingungen vorliegen.

4.5.2.2 Kampagnenzeitraum

Jede Sortierkampagne muss sich über mindestens fünf Analysentage entsprechend der Abfuhrorganisation vor Ort (Abfuhr auf Abruf oder regelmäßige Sammlung) erstrecken. In der Regel sind ein oder mehrere Sammeltouren über den gesamten Tag zu begleiten. Für die einzelnen Kampagnen dürfen Wochen, die von Ferienzeiträumen oder generellen Modernisierungsmaßnahmen beeinflusst sind, nicht ausgewählt werden. Die Analysentage einer Kampagne brauchen nicht zusammenhängend zu sein.

4.5.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Folgende Rahmendaten sind zu erheben (mindestens in einer kurzen, qualitativen Beschreibung):

- System der Abfuhr sperriger Abfälle (Art der Abfuhr):
 - periodischer Räumungsturnus oder
 - Sammlung auf Abruf,
 - stationäre Annahmestellen (Anzahl, Lage),
 - getrennte Erfassung sperriger Abfälle über karitative Einrichtungen etc.
- Gebührensatzung,
- Behälterstatistiken (Behältergröße in Verbindung mit Abfuhrturnus) für Restabfälle aus Haushalten,
- zusätzliche Erfassung verschiedener Altstoffe sowie schadstoffhaltiger Problemabfälle (z. B. Elektronikschrott, Kühlschränke),
- Ausschluss bestimmter Abfälle (z. B. Elektronikschrott, Baustellenabfälle, Grünabfälle),
- Daten zur Siedlungsstruktur (aktuelle Gebäude-, Wohnungs- und Einwohnerstatistiken (nur Hauptwohnsitz)),
- Heizungsart,
- Berücksichtigung möglicher Ausweicheffekte in angrenzende Einzugsgebiete (Auswirkung unterschiedlicher Gebührensatzungen).

4.5.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. sperrige Abfälle aus Haushalten mit Ofenheizung oder aus Haushalten mit Restabfallbehältern ≤ 240 Liter bzw. > 240 Liter) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. sperrige Abfälle aus allen Haushalten eines Untersuchungsgebietes) mit dem allgemeinen Ziel, Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist ein Parameter nötig, der mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert. Einflussgrößen auf die Masse und -zusammensetzung sperriger Abfälle sind zum Beispiel:

- System der Abfuhr,
- Restabfallbehältergröße,
- einwohnerspezifisches Behältervolumen für Restabfall.

Weitere Faktoren sind die unter den Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Einflussfaktoren Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Gesamtheit entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten bei der Planung und Auswertung der Untersuchungen wie Untersuchungsgebiete zu behandeln.

4.5.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Die Erfahrungen der bisherigen Untersuchungen zeigen, dass die Begleitung/Beprobung von fünf Tagestouren (jeweils ca. zwei Fahrzeugladungen mit ca. 20 m³ verpresstem Abfall je Analysetag) für ein hinreichend genaues Ergebnis ausreichen. Dieser Umfang darf nur in begründeten Ausnahmefällen unterschritten werden.

4.5.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Untersuchung am Ort der Abfallbereitstellung:

Bei der Abfuhr sperriger Abfälle auf Abruf umfasst eine Stichprobeneinheit jeweils ein klar der Adresse des Antragstellers zuzuordnender Ort der Bereitstellung. Bei der Straßensammlung sind ebenfalls soweit möglich die einzelnen Bereitstellungsorte zu analysieren.

Untersuchung zentral, z. B. an der Sortieranlage oder einem geeigneten Sortierplatz:

Bei Untersuchungen zentral, z. B. an der Sortieranlage oder einem geeigneten Sortierplatz umfasst eine Stichprobeneinheit in der Regel eine ganze Fahrzeugladung. Alternativ ist auch eine Analyse von einzelnen Straßenabschnitten oder die Zusammenfassung mehrerer Bereitstellungsorte (z. B. Gruppierung nach Einflussgrößen) möglich.

Grundsätzlich sind möglichst alle während einer Sammeltour angefahrenen Bereitstellungsorte zu untersuchen. Die Auswahl der zu begleitenden Sammeltouren richtet sich nach der regionalen Verteilung der Touren innerhalb der zu untersuchenden Kommune. Falls mehr als 20% der Gesamtjahresmasse sperriger Abfälle über Direktanlieferungen erfasst wird, so ist mindestens der an einem Analysentag dort angelieferte Abfall zu analysieren. Es ist sicherzustellen, dass alle Einflussgrößen (siehe oben) entsprechend ihres Anteils an der Gesamtheit beprobt werden.

4.5.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung sperriger Abfälle sind die Anteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch zu bestimmen. Ab der zweiten und dritten Differenzierungsebene sind die Stoffgruppen in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung näher zu bestimmen.

4.5.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Fahrzeug für das Einsammeln und Transportieren der Stichproben (bei Sortierung am Bereitstellungsort nicht erforderlich),
- Sortierhalle oder Sortierplatz (bei Sortierung am Bereitstellungsort nicht erforderlich),
- Behälter/Container für die sortierten Stoffgruppen (bei Sortierung am Bereitstellungsort nicht erforderlich),
- netzunabhängige Waage (Messgenauigkeit 100 g).

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung,
- geschulte Sortierkräfte.

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung sperriger Abfälle zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung ist vom Auftragnehmer der Abfallanalyse zur Verfügung zu stellen. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Schutzschuhe sowie gegebenenfalls eine Kopfbedeckung.
- Bei der Stichprobennahme bzw. Sortierung vor Ort ist Signalkleidung (Warnweste) zu tragen.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten (bei Sortierung am Bereitstellungsort nicht erforderlich).
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis wird empfohlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der

Sortierung müssen unverzügliche Erste Hilfe Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.

- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.
- Für eine getrennte Lagerung des sortierten Abfalls oder seinen täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.

4.5.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

Untersuchung am Ort der Abfallbereitstellung:

Die Stichprobennahme erfolgt am regulären Abfuhrtag unmittelbar vor der eigentlichen Sammlung an den Grundstücken der Abfallerzeuger durch Verwiegung der herausgestellten Abfälle (Einzelstückverwiegung). Die Stichprobenadresse, die zugehörige Gebietsstruktur und die vorhandene Behältergröße für den Restabfall sind zu protokollieren. Die zur Abfuhr bereitgestellten Gegenstände sind den einzelnen Stoffgruppen zuzuordnen und zu protokollieren.

Untersuchung zentral, z. B. an der Sortieranlage oder an geeigneten Sortierplätzen:

Die Stichproben sind an festgelegten Grundstücken der Abfallerzeuger am Tage der regulären Abfuhr einzusammeln (i. d. R. durch reguläre Sammelfahrzeuge). Die Stichprobenadresse, die zugehörige Gebietsstruktur und die vorhandene Behältergröße für den Restabfall sind zu protokollieren. Anschließend sind die Stichproben zur Sortierhalle/Sortierplatz zu transportieren und zu sortieren. Die aussortierten Stoffgruppen sind für jede Stichprobe (i. d. R. eine Fahrzeugladung) zu verwiegen und zu protokollieren.

Grundsätzlich ist bei beiden Verfahren die Gesamtmasse des über das begleitete Fahrzeug gesammelten Abfalls zu erfassen.

4.5.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortiererergebnisse:

Die protokollierten Ergebnisse gemäß 4.5.2.9 sind für jede Sortierkampagne und pro Stichprobe in kg und in Masse-% anzugeben. Die einzelne Stichprobe ist durch Nennung der Stichprobenadresse zu charakterisieren.

Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte für die Zusammensetzung:

Mit Hilfe der Sortiererergebnisse ist auf die Grundgesamtheit zu schließen. Die Methode der Hochrechnung ist zu nennen. Für die Bestimmung der Gesamtmasse sind sämtliche Verwiege- und Sperrdaten der sperrigen Abfälle eines Kalenderjahres zugrunde zu legen.

Der Jahresdurchschnittswert ergibt sich aus der Mittelwertbildung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Jahresabfallmasse. Sollte der Jahresdurchschnittswert über Teilergebnisse der verschiedenen Einflussgrößen ermittelt werden, so sind diese entsprechend ihres Anteils auf die Gesamtheit hochzurechnen.

Die Jahresdurchschnittswerte sind in Mg/a und einwohnerspezifisch in kg/(E•a) anzugeben. Die Zusammensetzung der sperrigen Abfälle ist in Masse-% darzustellen.

Die Repräsentativität des Analysenzeitraums bezogen auf den Jahresdurchschnittswert ist zu prüfen und darzulegen.

4.6 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe I (Geschäftsabfall)

4.6.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse von Restabfällen aus Gewerbe I (Geschäftsabfall) hat grundsätzlich entsprechend 3.1 zu erfolgen. Der Ort der Bereitstellung von Restabfällen aus Gewerbe I ist das Grundstück der Restabfallerzeuger (Zugriffsebene).

Im speziellen ist zu beachten, dass eine Vollerhebung der Masse der Restabfälle aus Gewerbe I häufig nicht realisierbar ist, da Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe I vermischt an der Beseitigungsanlage angeliefert werden. Für diesen Fall kann die Masse der Restabfälle aus Gewerbe I ersatzweise rechnerisch bestimmt werden

- über die Differenz zwischen der an den Beseitigungsanlagen angelieferten (vermischten) Masse der Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe I und der entsprechend 4.1.2.10 mithilfe angeschlossener Einwohner hochgerechneten Masse der Restabfälle aus Haushalten,
- über den Anteil der Restabfälle aus Haushalten bzw. aus Gewerbe I am bereitgestellten Behältervolumen oder
- ggf. über Hochrechnung arbeitsstättenspezifischer Untersuchungsergebnisse mithilfe angeschlossener Arbeitsstätten (siehe 4.6.2.10).

Sind zwei oder drei der genannten Berechnungsmethoden möglich, sollten sie zur Kontrolle der Ergebnisse parallel angewendet werden.

4.6.2 Bestimmung der Zusammensetzung

Die Bestimmung der Zusammensetzung der Restabfälle aus Gewerbe I (Geschäftsabfall) hat grundsätzlich entsprechend 3.2 zu erfolgen.

Zu bestimmen ist die Zusammensetzung derjenigen Restabfälle aus Gewerbe I, die in separaten Behältern getrennt von den Restabfällen aus Haushalten gesammelt werden. Für Restabfälle aus Gewerbe I ist die Methode der Sortierung anzuwenden. Unter 4.6.2.1 bis 4.6.2.10 werden die Anforderungen an die Sortierung erläutert.

Eine Untersuchung der Restabfälle aus Gewerbe I mit dem vorrangigen Ziel, die Zusammensetzung der Gesamtmasse von Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I zu bestimmen, kann entfallen, wenn die Untersuchung der Restabfälle aus Haushalten ergeben hat, dass der Anteil der Restabfälle aus Gewerbe I an der an den Beseitigungsanlagen an-

gelieferten Gesamtmasse von Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Fragestellung nicht erheblich ist.

4.6.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen

Basisuntersuchung:

Zur Untersuchung des Geschäftsabfallaufkommens ist innerhalb eines Jahres mindestens eine Sortierkampagne durchzuführen. Für die Sortierkampagne sollten Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, nicht ausgewählt werden. Sie sollte, soweit möglich, parallel zu einer Sortierkampagne für Restabfälle aus Haushalten durchgeführt werden.

Eine weitere Sortierkampagne sollte die Basisuntersuchung ergänzen, wenn gebiets- oder jahreszeitspezifische Ereignisse (Saisonzeiten in Fremdenverkehrsgebieten, Auswirkungen von saisonaler Produktion u. ä.) zu erfassen sind oder Detailkenntnisse (z. B. Zusammensetzung des Geschäftsabfalls einer bestimmten Branche, Zusammensetzung derjenigen Restabfälle aus Gewerbe I, die in gemeinsamen Behältern zusammen mit Restabfällen aus Haushalten gesammelt werden) zu erlangen sind.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Geschäftsabfallaufkommens aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden. Wird eine Folgeuntersuchung im Rahmen des regelmäßig fortzuschreibenden kommunalen Abfallwirtschaftskonzeptes gemäß dem "Ersten Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen" durchgeführt, entspricht sie auf jeden Fall einer Basisuntersuchung.

4.6.2.2 Kampagnenzeitraum

Jede Sortierkampagne erstreckt sich über einen Kampagnenzeitraum entsprechend der Abfuhrhythmen vor Ort. Die Mindestdauer umfasst sämtliche Wochentage, an denen eine Abfuhr erfolgt, und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen. Die Probenahme zu einer Kampagne braucht nicht zusammenhängend zu sein.

4.6.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Unterschieden werden notwendige und zusätzliche Rahmendaten.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben (Mindestanforderung):

- abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes, die in Form einer kurzen, qualitativen Beschreibung der bei den zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Punkte dargelegt werden sollten,
- Geschäftsabfallbehälterverzeichnis aller Grundstücke des Untersuchungsgebietes zur Stichprobenplanung, das Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtag und Abfuhrhythmus enthält.
- Dabei ist zu beachten, dass das so genannte Geschäftsabfallbehälterverzeichnis als solches nicht immer existiert, dass vielmehr Behälter für Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe I in einem gemeinsamen Restabfallbehälterverzeichnis aufgeführt werden. Wenn allerdings eine getrennte Gebühr existiert, sollte ein separates Geschäftsabfallbehälterverzeichnis vorhanden sein. Ansonsten sind z. B. mittels des Branchentelefonbuches (oder eines ähnlichen Verzeichnisses) und mittels eines Behördenverzeichnisses genügend Geschäftsabfallbehälter zufällig auszuwählen. Die ausgewählten Geschäftsabfallbehälter sind entweder vor der Sortieranalyse oder während des Einsammelns der Stichproben daraufhin zu prüfen, ob sie ausschließlich von Gewerbetreibenden genutzt werden. Gegebenenfalls notwendige Ersatzadressen sind zufällig auszuwählen.
- Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.), muss die Anzahl der tatsächlichen Abfahrten, wenn möglich je Behälter oder als Durchschnittswert, bestimmt werden.

Es sollte gewährleistet sein, dass sich die notwendigen und die folgenden zusätzlichen Rahmendaten während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig ändern.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit,
- Branchenzugehörigkeit der Geschäftsabfallerzeuger nach der vom Statistischen Bundesamt erarbeiteten Klassifikation der Wirtschaftszweige (oder zukünftig nach dem NACE-Schlüssel, der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige der EU), möglichst in 3-stelliger Tiefengliederung,
- Anzahl der Beschäftigten oder Betriebsgrößenklasse des jeweiligen Geschäftsabfallerzeugers,
- Daten zur Siedlungsstruktur (Arbeitsstättenzählungen, Gebäude-, Nutzflächen- und Wohnflächenerhebungen u. ä.),
- Behältergrößen/-arten unter Beachtung der Anzahl der angeschlossenen Arbeitsstätten,
- Nähe des Entsorgungsgebietes zur Beseitigungs-/Umladeanlage bzw. zum Recyclinghof,
- angebotene Altstoffbehälter (Glas, Pappe/Papier/Kartonagen, Leichtverpackungen) oder Bioabfallbehälter im Hol- oder Bringsystem,
- Organisation der Abfuhr von sperrigen Abfällen und Entsorgungsmöglichkeiten für Problemabfälle,

- Höhe und Staffelung der Gebührenordnung,
- innerbetriebliche Konzepte,
- Daten zur ökonomischen Lage (Umsätze, Investitionen).

4.6.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. alle Geschäftsabfallerzeuger aus dem Einzelhandel mit Nahrungsmitteln, Getränken, Tabakwaren) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. alle Geschäftsabfallerzeuger eines Untersuchungsgebietes) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,
- und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,
- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert (z. B. betriebliche Nutzfläche mit Masse der Restabfälle aus Gewerbe I). Wegen der praktischen Schwierigkeiten bei der Umsetzung wurden die Restabfälle aus Gewerbe I bisher nicht sehr oft analysiert. Die durchgeführten Untersuchungen haben aber die Vermutung erhärtet, dass die Masse der Restabfälle aus Gewerbe I von der Betriebsgröße und die Zusammensetzung der Restabfälle aus Gewerbe I vom 2-stelligen, meistens sogar vom 3-stelligen Wirtschaftszweig einer Arbeitsstätte beeinflusst werden. Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten wie Untersuchungsgebiete bei der Planung und Auswertung der Untersuchung zu behandeln.

4.6.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. pro Teilgesamtheit ist abhängig

- von der für die zu erzielenden Ergebnisse geforderten Genauigkeit (absolut oder relativ),
- von der für die zu erzielenden Ergebnisse geforderten statistischen Sicherheit und
- von der natürlichen Streuung um den Erwartungswert (Varianz der Einzelwerte).

Die relative Genauigkeit für die zu erzielenden Ergebnisse wird mit $\pm 12,5\%$ vorgegeben. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wird auf 5% festgelegt. Für die natürliche Streuung der Grundgesamtheit erlauben die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen eine Schätzung des

Variationskoeffizienten auf 60%. Mit diesen Vorgaben und Schätzungen folgt bei einer Sortierkampagne pro Jahr (siehe 4.6.2.1) ein notwendiger Stichprobenumfang von mindestens 90 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne und damit pro Untersuchung.

Ist mehr als eine Sortierkampagne pro Jahr beabsichtigt, sind mindestens 90 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne zu untersuchen. Wird abweichend von dieser Vorgabe der Stichprobenumfang pro Sortierkampagne geringer als 90 gewählt, ist die statistisch hinreichende Genauigkeit der Ergebnisse nachzuweisen.

Soll die für die Grundgesamtheit angestrebte Genauigkeit auch im Rahmen von Schichtungen für einzelne Teilgesamtheiten erreicht werden, ist der notwendige Stichprobenumfang von mindestens 90 Einheiten für jede Teilgesamtheit erforderlich.

Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann die Genauigkeit für einzelne Teilgesamtheiten unterschritten werden. Aus statistischen Gründen sind mindestens sechs Stichprobeneinheiten pro Teilgesamtheit zu untersuchen. Die erreichbare relative Genauigkeit ergibt sich aus den im Glossar zum Stichprobenumfang genannten Formeln. Um die Qualität des Gesamtergebnisses nicht zu vermindern, darf die Summe der Stichprobeneinheiten aller Teilgesamtheiten die o. g. 90 Einheiten pro Sortierkampagne nicht unterschreiten.

In kleinen Untersuchungsgebieten reduziert sich der Stichprobenumfang aufgrund des Verhältnisses des Umfanges der Grundgesamtheit zum Umfang der Stichprobe (siehe Glossar zum Stichprobenumfang). Der Nachweis der statistisch hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse ist zu erbringen.

4.6.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Eine Stichprobeneinheit ist jeweils der Inhalt aller für einen Geschäftsabfallerzeuger, d. h. für eine Arbeitsstätte bereitgestellten Behälter. Es dürfen jeweils nur die kompletten Inhalte von Abfallbehältern zu einer Stichprobeneinheit zusammengefasst werden.

Aus den erfassten Rahmendaten gemäß 4.6.2.3 ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Daraus werden die Stichprobeneinheiten anhand des Straßennamens und der Hausnummer entsprechend des notwendigen Stichprobenumfangs nach dem Prinzip der Zufallsauswahl ausgewählt. Das heißt, alle Elemente der Grundgesamtheit sollen so ausgewählt werden, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen, und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen des Untersuchungspersonals ist.

Ersatzstichprobeneinheiten (d. h. Ersatzadressen) sind ebenfalls auszuwählen, um beispielsweise den Ausschluss von Restabfällen aus Haushalten bzw. von in gemeinsamen Behältern gesammelten Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I bei der Probenahme gewährleisten zu können. Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Bänderolensysteme u. ä.), kann es sein, daß einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind eine ausreichende Anzahl an Ersatzadressen vorzusehen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln. Es wird daher empfohlen, in solchen Untersuchungsgebieten mindestens so viele Ersatzadressen wie Stichprobenadressen auszuwählen.

4.6.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe I sind die Massenanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung (z. B. Bestimmung der Anteile der Bioabfälle als vorrangiges Untersuchungsziel) zu bestimmen. Für die Erstellung von kommunalen Abfallwirtschaftskonzepten wird generell empfohlen, die Stoffgruppen der ersten und zweiten Differenzierungsebene zu bestimmen. Außerdem ist zu empfehlen, daß pro Stichprobeneinheit produktions- bzw. branchenspezifisch anfallende Bestandteile der Restabfälle aus Gewerbe I als solche vermerkt werden.

4.6.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Fahrzeug für das Einsammeln und Transportieren der Stichprobenbehälter,
- Behälter für die Stichproben,
- Sortierhalle,
- Sortiertisch(e),
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen,
- Waage,
- ggf. maschinelles Siebaggreat.

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung,
- geschulte Sortierkräfte.

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung von Restabfällen aus Gewerbe I zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer der Sortierung von Restabfällen aus Gewerbe I zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und Kopfbedeckung.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der Sortierung von Restabfällen aus Gewerbe I müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.

- Für eine getrennte Lagerung der sortierten Restabfälle aus Gewerbe I in geschlossenen Behältern oder ihren täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.

4.6.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

Die Durchführung der Untersuchung hat in folgenden Schritten zu erfolgen:

- Die Stichprobeneinheiten werden an den festgelegten Grundstücken der Geschäftsabfallerzeuger durch Umleerung bzw. Austausch der ausgewählten Behälter am Tage der regulären Abfuhr eingesammelt. Die Stichprobenadressen, die Anzahl der beprobten Behälter, bei einer reinen Massenbestimmung die Wiegeergebnisse einer Verwiegung vor Ort u. ä. sind zu protokollieren. Ungeeignete Stichprobeneinheiten sind durch die ausgewählten Ersatzadressen zu ersetzen.

Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.), kann es sein, dass einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden. Für diesen Fall sind die Stichprobenadressen und die Anzahl der laut Behälterstatistik vorhandenen Behälter für die spätere Auswertung und Hochrechnung zu erfassen und durch Ersatzadressen zu ergänzen. Ersatzadressen, an denen keine Behälter vorgefunden werden, sind analog zu behandeln.

Liegen Daten über die tatsächliche Anzahl der Abfahrten der Behälter einer Stichprobenadresse je Jahr vor und ist das Datum der letzten Abfuhr bekannt, kann die Erfassung der Stichprobenadressen und der Behälter von Stichprobenadressen ohne Behälter entfallen.

- Transport der Stichproben zur Sortierhalle
- Behandlung der Stichproben
 - Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung der Ergebnisse pro Stichprobeneinheit.
 - Durch einen Trennschnitt bei 10 mm ist der Anteil der Fraktion < 10 mm und durch einen Trennschnitt bei 40 mm ist der Anteil der Fraktion 10 - 40 mm in den Restabfällen aus Gewerbe I festzustellen. Für beide Trennschnitte sollten maschinelle Siebaggregate, die objektivere Ergebnisse liefern, eingesetzt werden. Ersatzweise können auch Sortiertische zum Einsatz kommen. Es ist zur Erzielung der Sortiererergebnisse folgendermaßen vorzugehen:

Es wird zuerst der Siebschnitt 40 mm (nach Möglichkeit maschinell) durchgeführt, dann vom Siebunterlauf eine repräsentative Teilmenge entnommen (mindestens 20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes), die daraufhin bei 10 mm abgesiebt wird. Die Fraktion < 10 mm stellt gemäß 4.6.2.7 eine Stoffgruppe dar. Die Teilmenge der Fraktion 10 - 40 mm und die Fraktion > 40 mm werden jeweils gemäß 3.2.4 in Stoffgruppen der ersten und ggf. zweiten und dritten Differenzierungsebene zerlegt.

Die Ergebnisse werden pro Stichprobeneinheit nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung wie folgt protokolliert: Fraktion < 10 mm, Fraktion 10 - 40 mm nach Stoffgruppen und Fraktion > 40 mm nach Stoffgruppen.

Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der Fraktionen < 10 mm und 10 - 40 mm auf hochgerechneten Teilmengen beruhen. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen ist durch die mögliche Zusammenfassung der Fraktionen 10 - 40 mm und > 40 mm gewährleistet.

- Für weitergehende chemisch-physikalische Untersuchungen ist die Entnahme von tagfrischen Proben notwendig.

4.6.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortierergebnisse:

Die gemäß 4.6.2.9 protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne jeweils pro Stichprobeneinheit (und damit arbeitsstättenspezifisch) in $\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{w})$ und in Masse-% anzugeben.

Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt (z. B. kodierte Tonne, Wertmarken- oder Banderolensysteme u. ä.), ist die Berechnung je Stichprobeneinheit in $\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{w})$ und damit der arbeitsstättenspezifischen Geschäftsabfallmasse in $\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{w})$ wie folgt durchzuführen:

- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter der ausgewählten Stichprobeneinheiten bekannt, ist die je Stichprobenadresse vorgefundene Geschäftsabfallmasse auf die Zeitspanne zwischen dieser letzten Leerung und dem Probenahmetag zu beziehen (z. B. Masse pro drei Wochen ergibt $1/3$ Masse pro Woche). Für die Berechnung des arbeitsstättenspezifischen Wertes sind nur diejenigen Arbeitsstätten (d. h. Stichprobenadressen) zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.
- Ist das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter der ausgewählten Stichprobeneinheiten nicht bekannt, ist zur Bestimmung der arbeitsstättenspezifischen Geschäftsabfallmasse in $\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{w})$ eine Gewichtung vorzunehmen. Die Gewichtung erfolgt, indem die Masse pro Arbeitsstätte einer Stichprobeneinheit mit dem Quotienten aus der Anzahl der Arbeitsstätten mit Behältern zu der Anzahl aller Arbeitsstätten (mit und ohne Behälter) multipliziert wird.

Die einzelne Stichprobeneinheit ist - soweit es datenschutzrechtlich zulässig ist - durch Nennung des beprobten Wirtschaftsbereiches zu charakterisieren.

Hochrechnung und Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte:

- Mit Hilfe der Sortierergebnisse wird auf die Grundgesamtheit geschlossen. Die Vorgehensweise ist im Anhang zur Lognormalverteilung erläutert. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass nicht das arithmetische Mittel, sondern der im Anhang genannte Term als Schätzer für den Mittelwert anzuwenden ist. Die Methode der Hochrechnung ist zu nennen. Sofern ein vollständiges Geschäftsabfallbehälterverzeichnis vorhanden ist, ist die Geschäftsabfallmasse durch Hochrechnung der arbeitsstättenspezifischen Untersuchungsergebnisse mithilfe angeschlossener Arbeitsstätten (Anzahl der Arbeitsstätten) zu bestimmen. In diesem Fall oder auch wenn die Geschäftsabfallmasse mithilfe des Anteils am bereitgestellten Behältervolumen berechnet wird, ist zur Kontrolle die Differenz zwischen der an den Beseitigungsanlagen angelieferten (vermischten) Masse der Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe I und der entsprechend 4.1.2.10 mithilfe angeschlossener Einwohner hochgerechneten Masse der Restabfälle aus Haushalten zu bestimmen. Diese Masse sollte größer oder gleich der hochgerechneten Geschäftsabfallmasse sein.

- Ist die Abweichung positiv und dem Betrage nach beachtenswert und unterscheidet sich die ermittelte Geschäftsabfallzusammensetzung wesentlich von der Zusammensetzung der Restabfälle aus Haushalten, ist eine weitere Sortierkampagne in Erwägung zu ziehen, um die Zusammensetzung derjenigen Restabfälle aus Gewerbe I zu untersuchen, die in gemeinsamen Behältern zusammen mit Restabfällen aus Haushalten gesammelt werden.
- Ist die Abweichung dagegen negativ und dem Betrage nach sehr groß, ist die Repräsentativität der durchgeführten Untersuchungen zu überprüfen (z. B. waren Arbeitsstätten mit vielen Beschäftigten überproportional vertreten?).
- Die Jahresdurchschnittswerte sind in Mg/a, als Einwohnergleichwerte in kg/(E·a) und ggf. arbeitsstättenpezifisch in Mg/(A·a) anzugeben.
- Wenn mehr als eine Sortierkampagne realisiert wird, um gebiets- oder jahreszeit-spezifische Ereignisse (Saisonzeiten in Fremdenverkehrsgebieten, Auswirkungen von saisonaler Produktion u. ä.) zu erfassen, berechnen sich die Jahresdurchschnittswerte als gewichtete Mittelwerte der Einzelergebnisse, wobei jedem Einzelergebnis ein geeignetes Gewicht zuzuordnen ist.
- Die Zusammensetzung der Restabfälle aus Gewerbe I ist in Masse-% anzugeben.

Bestimmung der Zusammensetzung der Gesamtmasse von Haus- und Geschäftsabfall:

Zur Bestimmung der Zusammensetzung der Gesamtmasse an Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I sind die Massenanteile der Stoffgruppen an der Gesamtmasse wie folgt zu berechnen:

$$\begin{aligned} & \text{Massenanteil}_{\text{StGr an HM}} \cdot \text{Massenanteil}_{\text{HM an Ges}} \\ + & \text{Massenanteil}_{\text{StGr an GM}} \cdot \text{Massenanteil}_{\text{GM an Ges}} \\ + & \underline{\text{Massenanteil}_{\text{StGr an GM}^*} \cdot \text{Massenanteil}_{\text{GM}^* \text{ an Ges}}} \\ = & \text{Massenanteil}_{\text{StGr an Ges}} \end{aligned}$$

mit StGr Stoffgruppe

HM Masse der Restabfälle aus Haushalten

GM Masse der Restabfälle aus Gewerbe I

GM* Masse der Restabfälle aus Gewerbe I, gemeinsam gesammelt mit Restabfällen aus Haushalten

Ges Gesamtmasse an Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I

Die Zusammensetzung der Restabfälle aus Gewerbe I, die in gemeinsamen Behältern zusammen mit Restabfällen aus Haushalten gesammelt werden, kann in der Regel vernachlässigt werden. Um den Massenanteil einer Stoffgruppe auf die Gesamtmasse an Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe I hochzurechnen, ist der wie oben - unter Auslassung des dritten Summanden - berechnete Massenanteil einer Stoffgruppe Massenanteil_{StGr an Ges} durch die Summe (Massenanteil_{HM an Ges} + Massenanteil_{GM an Ges}) zu teilen.

Darlegung der Fehlerrechnung:

Die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert in der Grundgesamtheit sollte durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereichs dargelegt werden (siehe Anhang zum Vertrauensbereich).

Anhang

Zu 4.6: Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe I (Geschäftsabfall)

Normalverteilung:

Angenommen wird in der Regel, dass die N Einheiten der Grundgesamtheit angenähert normalverteilt sind. Da mit einer Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen werden soll, sollten die n Stichprobenwerte x_i ebenfalls angenähert normalverteilt sein. Faustregeln: Stichprobenverteilung angenähert normalverteilt für

$$(1) 0,9 < \frac{\tilde{\bar{x}}}{\bar{x}} < 1,1 \quad (2) 3s < \bar{x} \Rightarrow \text{für } x_i > 0 \quad v < \frac{1}{3}$$

Stichprobenumfang n :

Anzahl der Stichprobeneinheiten pro Stichprobe, hier: pro Sortier- oder Sichtungskampagne; eine auf der Normalverteilung basierende Näherung des minimalen Stichprobenumfangs zur Schätzung eines Mittelwerts (eines Untersuchungsparameter) bei vorgegebener relativer Genauigkeit für die Mittelwertschätzung $d_{\bar{x},rel}^2$ bei vorgegebener statistischer Sicherheit (Irrtumswahrscheinlichkeit α), bei bekanntem Umfang der Grundgesamtheit N und bei bekanntem Variationskoeffizienten der Grundgesamtheit γ ist

$$n > \frac{(z_{\alpha} \cdot \gamma)^2}{d_{\bar{x},rel}^2 + \frac{(z_{\alpha} \cdot \gamma)^2}{N}}$$

z_{α} ist einer Tabelle mit ausgewählten Schranken der Standardnormalverteilung (zweiseitiger Test) für die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit α zu entnehmen. Insbesondere wenn γ durch den (Stichproben-)Variationskoeffizienten v anhand einer weiteren (ggf. älteren) Stichprobe geringen Umfangs geschätzt wird, unterschätzt diese Formel den benötigten Stichprobenumfang (kann durch Multiplikation mit in der Literatur genannten Korrekturfaktoren größer 1 ausgeglichen werden). Ist das so bestimmte n kleiner als 5% der Grundgesamtheit N (d. h. Auswahlatz $\frac{n}{N} < 0,05$) oder ist N unbekannt, gilt die Näherung

$$n > \left(\frac{z_{\alpha} \cdot \gamma}{d_{\bar{x},rel}} \right)^2$$

Vertrauensbereich, Konfidenzintervall für Mittelwert und Summe (1- α)-VB:

Ein aus Stichprobenwerten berechnetes (d. h. in Lage und Breite zufälliges) Intervall, das den wahren, aber unbekanntem Untersuchungsparameter mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit überdeckt; mit Stichprobenwerten x_i aus einer normalverteilten Grundgesamtheit, mit vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit α und mit bekannter Varianz σ^2 liegt mit einer Vertrauenswahrscheinlichkeit $(1-\alpha)$ der unbekanntem Mittelwert μ bzw. die unbekanntem Summe X (geschätzt über $N \cdot \bar{x}$) im Konfidenzintervall

$$(1-\alpha)\text{-VB}_{\mu} : \left[\bar{x} - \frac{z_{\alpha} \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}} ; \bar{x} + \frac{z_{\alpha} \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \right]$$

$$(1-\alpha)\text{-VB}_{x} : \left[N \cdot \bar{x} - \frac{N \cdot z_{\alpha} \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}} ; N \cdot \bar{x} + \frac{N \cdot z_{\alpha} \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \right]$$

z_{α} ist einer Tabelle mit ausgewählten Schranken der Standardnormalverteilung (zweiseitiger Test) für die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit α zu entnehmen. Ist σ^2 unbekannt, wird σ durch die (Stichproben-)Standardabweichung s ersetzt. Bei kleinem n oder bei (nicht allzu starken) Abweichungen von der Normalverteilung wird z_{α} durch $t_{n-1, \alpha}$, den Faktor der Student- oder t-Verteilung (zweiseitiger Test), ersetzt. Ist n kleiner als 5% der Grundgesamtheit N (d. h. Auswahlsatz $\frac{n}{N} < 0,05$), kann die Endlichkeitskorrektur $(1 - \frac{n}{N})$ vernachlässigt werden.

Logarithmische Normalverteilung, Lognormalverteilung:

In vielen Fällen kann man nicht davon ausgehen, dass die Stichprobenwerte x_i einer normalverteilten Grundgesamtheit entstammen (vergleiche Faustregeln zur Normalverteilung). Viele Verteilungen laufen als rechtsschiefe, linkssteile Verteilungen rechts flach aus. Erklärung ist oft ein Schrankenwert, der nicht unterschritten wird und somit die Variationsmöglichkeit hemmt. Ein Beispiel hierfür ist die Verteilung von Zeiten (untere Grenze: Null). Besonders wenn eine Verteilung links durch den Wert Null begrenzt wird, kommt man durch Logarithmieren der Stichprobenwerte x_i zu angenähert normalverteilten Werten $\ln x_i$ (falls es Stichprobenwerte x_i zwischen 0 und 1 gibt, kann man vor dem Logarithmieren zu allen x_i 1 addieren, das Ergebnis der Transformation ist dann $\ln(x_i+1)$). Zurückgeführt werden kann eine Lognormalverteilung auf das multiplikative Zusammenwirken vieler Zufallsgrößen, während die Normalverteilung durch additives Zusammenwirken vieler Zufallsgrößen entsteht.

Bisherige Untersuchungen lassen vermuten, dass zumindest die Geschäftsabfallmasse pro Arbeitsstätte angenähert lognormalverteilt ist. Überprüft werden können Stichproben mit den Faustregeln zur Normalverteilung, die auf die logarithmierten Stichprobenwerte $\ln x_i$ (bzw. $\ln(x_i+1)$) angewendet werden. Der minimale Stichprobenumfang kann sowohl mit Vorgaben und Schätzungen für die Originalwerte als auch mit entsprechend transformierten Vorgaben und Schätzungen für logarithmierte Werte nach der auf Normalverteilung basierenden Näherung bestimmt werden, da



Mittelwert \bar{x}_{\ln} und Varianz s_{\ln}^2 der logarithmierten Stichprobenwerte $\ln x_i$ sind zu bestimmen, um Schätzwerte für die unbekanntenen Untersuchungsparameter der lognormalverteilten Grundgesamtheit zu erhalten

$e^{\bar{x}_{\ln}}$ Schätzer für den Median

$e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2}$ Schätzer für den Mittelwert

$e^{2\bar{x}_{\ln} + s_{\ln}^2} \cdot (e^{s_{\ln}^2} - 1)$ Schätzer für die Varianz

$\sqrt{e^{s_{\ln}^2} - 1}$ Schätzer für den Variationskoeffizienten

Für Mittelwert bzw. Summe der lognormalverteilten Grundgesamtheit erhält man durch Rücktransformation einen unsymmetrischen $(1-\alpha)$ -Vertrauensbereich

$$(1-\alpha)\text{-VB}_{\mu} : \left[e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{-\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1-\frac{n}{N}}} ; e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1-\frac{n}{N}}} \right]$$

$$(1-\alpha)\text{-VB}_x : \left[N \cdot e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{-\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1-\frac{n}{N}}} ; N \cdot e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1-\frac{n}{N}}} \right]$$

Erläuterung

I. Stichprobenverteilung

Ziel ist, Schlüsse von einer „gezogenen“ Stichprobe auf das interessierende Grundgesamt zu ziehen. Bei Stichprobenerhebungen müssen deshalb u. a. Verteilungsannahmen gemacht werden.

II. Normalverteilung

Ist eine Zufallsvariable normalverteilt, hat die Häufigkeitsverteilung von n ihrer Merkmalsausprägungen (Einzelwerte) eine symmetrische glockenförmige Gestalt.

Aufgrund des Zentralen Grenzwertsatzes kann eine Zufallsvariable, die sich additiv aus unabhängigen Zufallsgrößen zusammensetzt, als angenähert normalverteilt angenommen werden. Die Theorie normalverteilter Beobachtungen ist weit entwickelt. Die zahlreichen Schätzer und Tests sind gegenüber Abweichungen von der Normalverteilungsannahme relativ unempfindlich (zumindest für große Stichprobenumfänge). In vielen Fällen lassen sich Beobachtungen, die nicht aus einer normalverteilten Grundgesamtheit stammen, durch geeignete Transformationen in Daten aus einer Normalverteilung überführen.

Ob Stichprobenwerte aus einer Grundgesamtheit stammen, die bzgl. des betrachteten Merkmals normalverteilt ist, kann mit Anpassungstests (z.B. χ^2 -~, Kolmogoroff-Smirnov-~) geprüft werden. Es gibt aber auch Faustregeln, die einen Test zwar nicht ersetzen, dafür aber schnell Hinweise liefern können:

$$(1) 0,9 < \frac{\tilde{x}}{\bar{x}} < 1,1 \qquad (2) 3s < \bar{x} \Rightarrow \nu < \frac{1}{3} \\ \text{für } x_i > 0$$

Gleichung (1) überprüft durch den Quotienten aus Median und Mittelwert die Symmetrie der Stichprobenverteilung, Gleichung (2) vergleicht anhand des Verhältnisses von Standardabweichung zu Mittelwert die Variabilität der Stichprobenverteilung mit der einer Normalverteilung.

In der folgenden Tabelle sind u. a. die Ergebnisse der Verwendung dieser Faustregeln wiedergegeben. Sie wurden auf Daten aus den Geschäftsabfallsortierungen angewendet, die im Rahmen der Bundesweiten Gewerbeabfalluntersuchung (BWGU) im Zeitraum von Mitte Januar bis Mitte Mai 1992 durchgeführt wurden. (Die Spaltenüberschriften „BH“ etc. sind Abkürzungen für beprobte kreisfreien Städte und Landkreise bzw. Kreise.) Den Kenndaten ist zu entnehmen, dass die Stichprobenverteilungen unsymmetrisch (schief) sind. Beispielsweise lässt sich an den Abständen zwischen Minimum und Median einerseits und Median und Maximum andererseits ablesen, dass sich der Hauptanteil jeweils auf der linken Seite (linkssteil) konzentriert. Die Variationskoeffizienten liegen zwischen 57% und 111%.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die ermittelten Vertrauensbereiche für den jeweiligen Mittelwert beträgt also infolge der erheblichen Abweichungen von der Normalverteilung nicht mehr 5%, sondern vielmehr **mindestens** 5%.

BWGU 1992	Gesamt	BH	BS	GT	HD	KA	KH	MA	MD	ML	OS	PF	RN	RO	WA
Stichprobeneinheit: m ³ /A	Menge pro Arbeitsstätte [kg/A,Wo]														
Umfang	655	54	26	71	43	37	55	60	38	57	58	26	35	39	56
Minimum	1,8	21,0	22,5	18,0	5,1	5,4	4,9	6,1	1,8	19,9	16,6	2,4	8,2	19,1	12,8
Median	60,1	110,1	55,7	79,3	64,1	50,0	68,5	55,5	25,7	81,9	65,8	20,7	41,3	78,8	66,6
Maximum	615,9	349,2	280,7	260,6	297,6	190,8	615,9	371,6	86,3	615,2	316,2	125,3	299,3	196,9	264,8
Mittelwert	80,2	117,0	88,5	91,1	77,9	53,2	107,0	65,0	28,8	104,3	78,1	34,5	53,8	83,8	84,0
Summe	52.512	6.320	2.300	6.467	3.349	1.969	5.886	3.898	1.095	5.946	4.533	896	1.882	3.270	4.703
Standardabweichung	70,7	75,3	68,0	56,6	54,2	43,3	119,3	57,1	20,3	87,3	65,2	36,3	55,8	47,4	59,1
Standardfehler	2,8	10,3	13,3	6,7	8,3	7,1	16,1	7,4	3,3	11,6	8,6	7,1	9,4	7,6	7,9
Variationskoeffizient	88%	64%	77%	62%	70%	81%	111%	88%	70%	84%	83%	105%	104%	57%	70%
z (5%;2-seitig)	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
Rang LS Median (95%)	302	20	8	27	15	13	20	22	13	21	22	8	12	13	21
Rang RS Median (95%)	354	35	19	45	29	25	36	39	26	37	37	19	24	27	36
LS Median (95%)	57,5	73,8	44,0	59,8	53,4	26,9	28,7	45,6	15,1	73,7	53,3	11,8	29,6	57,8	57,5
RS Median (95%)	65,5	132,7	106,5	95,8	90,5	60,0	121,2	61,9	35,8	102,4	75,7	37,5	52,0	97,5	82,3
t (5%;n-1;2-seitig)	1,96	2,01	2,06	1,99	2,02	2,03	2,00	2,00	2,03	2,00	2,00	2,06	2,03	2,02	2,00
absolute Genauigkeit (95%)	5,4	20,6	27,5	13,4	16,7	14,4	32,2	14,7	6,7	23,2	17,2	14,7	19,2	15,4	15,8
relative Genauigkeit (95%)	7%	18%	31%	15%	21%	27%	30%	23%	23%	22%	22%	43%	36%	18%	19%
LS Mittelwert (95%)	74,7	96,5	61,0	77,7	61,2	38,8	74,8	50,2	22,2	81,1	61,0	19,8	34,6	68,5	68,2
RS Mittelwert (95%)	85,6	137,6	115,9	104,5	94,6	67,6	139,3	79,7	35,5	127,5	95,3	49,1	72,9	99,2	99,8
Faustregeln für angenäherte Normalverteilung:															
0,9 < Median/Mittelwert < 1,1 ?	nein	0,94	nein	nein	nein	0,94	nein	0,94	nein						
Variationskoeffizient < 1/3 ?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
LS: linke (untere) Schranke eines Vertrauensbereiches RS: rechte (obere) Schranke eines Vertrauensbereiches															

Statistische Kennwerte zur Geschäftsbafallsortierung (Stichprobenvolumen: Inhalt aller bereitgestellten Umleerbehälter pro Arbeitsstätte)

III. Wahl der Stichprobeneinheit

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass Abweichungen von der Normalverteilungsannahme durch eine „ungeschickte“ Wahl der Stichprobeneinheit verursacht werden könnten.

Im Unterschied zur Hausmüllsortierung sind für eine Geschäftsabfallsortierung die angeschlossenen Arbeitsstätten ([A]) bzw. Beschäftigten ([B]) eine mögliche Bezugsgröße. Die Festlegung der Auswahleinheit auf „bereitgestellte Abfallbehälter am Grundstück“ erfolgt aus gleichen Gründen, für den Geschäftsabfall gekoppelt an angeschlossene Arbeitsstätten (aktuelle Beschäftigtenzahlen sind i. d. R. nicht zu ermitteln). Zu hinterfragen bleibt, ob eine einheitliche Größe der Auswahleinheit zu bevorzugen bzw. zu realisieren ist oder welche Auswirkungen der Verzicht auf eine einheitliche Größe hat. Als Größe in Betracht kommen kann lediglich das Volumen $1,1\text{m}^3$. Ein Vergleich von „Klumpeneffekten“ ist daher nicht möglich, zumal sich die Frage stellt, ob sich vertretbare Annahmen machen lassen über Masse und Zusammensetzung des aus benachbarten Arbeitsstätten stammenden Geschäftsabfalls.

Als Anhaltspunkt können die Ergebnisse der BWGU dienen. Stichprobeneinheit war der Inhalt aller für einen Geschäftsabfallerzeuger (Arbeitsstätte) bereitgestellter Behälter, die Daten wurden also arbeitsstätten-spezifisch erhoben (siehe Tabelle 1). Nachträglich wurden diejenigen Arbeitsstätten betrachtet, deren aufgestelltes Behältervolumen genau $1,1\text{m}^3$ entsprach. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 angegeben. Eine „Normierung“ ist zwar zu erkennen (die Variationskoeffizienten liegen zwischen 52% und 86%), aber die Stichprobenverteilungen sind schwerlich als angenähert normalverteilt einzustufen. Deshalb kann für eine Geschäftsabfallsortierung eine einheitliche Größe der Auswahleinheit nicht als unabdingbar angesehen werden.

IV. Verteilungsunabhängige Verfahren

Bei erheblichen Abweichungen von der Normalverteilungsannahme kann auf verteilungsunabhängige oder auch nichtparametrische Methoden zurückgegriffen werden. Sie sind meistens numerisch einfach zu handhaben und kommen weitgehend ohne Kenntnisse über die den Daten zugrunde liegende Verteilungsfunktion aus. Werden sie auf normalverteilte Daten angewendet, sind sie weniger leistungsfähig als ein entsprechendes parametrisches Verfahren. Wenn allerdings eine Untersuchung gerade die Schätzung eines bestimmten Parameters zum Ziel hat oder aber bestimmte Vorgaben zu realisieren sind, können nichtparametrische Methoden u. U. nicht zum Einsatz gebracht werden. (So lässt sich beispielsweise der benötigte Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der Irrtumswahrscheinlichkeit und dem Mindestanteil der Stichprobe an der Grundgesamtheit schätzen: Eine zufällige Stichprobe des Umfangs 30 enthält in durchschnittlich 95% aller Fälle mindestens 85% der Grundgesamtheit, mit einem Umfang von 90 in durchschnittlich 95% aller Fälle mindestens 94% der Werte der Grundgesamtheit.)

In der vorstehenden und folgenden Tabelle ist beispielhaft ein 95%-Vertrauensbereich für den jeweiligen Median -nach einem verteilungsunabhängigen Verfahren- angegeben.

BWGU 1992	Gesamt	BH	BS	GT	HD	KA	KH	MA	ML	OS	PF	RN	RO	WA
Stichprobeneinheit: 1,1 m³/A	Menge pro Arbeitsstätte [kg/A,Wo]													
Umfang	407	39	15	48	28	22	37	45	44	29	8	21	38	33
Minimum	4,9	34,5	38,2	31,1	28,4	5,4	4,9	7,3	26,7	20,0	10,3	23,1	19,1	17,5
Median	78,2	114,0	85,7	87,6	77,7	54,9	124,0	59,7	93,4	72,9	84,8	52,0	76,2	82,6
Maximum	615,9	246,4	280,7	260,6	297,6	190,8	615,9	371,6	615,2	208,8	125,3	299,3	196,9	264,8
Mittelwert	96,7	111,6	113,5	99,4	95,7	58,1	147,3	70,5	114,8	76,6	72,8	73,9	84,0	102,2
Summe	39.371	4.351	1.702	4.773	2.680	1.278	5.449	3.171	5.049	2.220	583	1.552	3.191	3.373
Standardabweichung	72,1	57,6	75,8	52,0	56,2	41,5	126,8	57,7	91,7	38,1	43,8	63,8	48,1	63,6
Standardfehler	3,6	9,2	19,6	7,5	10,6	8,8	20,9	8,6	13,8	7,1	15,5	13,9	7,8	11,1
Variationskoeffizient	75%	52%	67%	52%	59%	71%	86%	82%	80%	50%	60%	86%	57%	62%
z (5%;2-seitig)	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96
Rang LS Median (95%)	184	13	4	17	9	6	13	16	15	9	1	6	13	11
Rang RS Median (95%)	224	27	12	32	20	17	25	30	30	21	8	16	26	23
LS Median (95%)	73,5	73,8	48,7	68,6	61,7	26,9	97,4	50,7	78,2	59,0	10,3	41,3	55,6	62,6
RS Median (95%)	82,9	136,1	190,8	117,3	97,6	69,5	158,2	68,6	119,6	82,5	125,3	74,5	92,1	124,0
t (5%;n-1;2-seitig)	1,97	2,02	2,14	2,01	2,05	2,08	2,03	2,02	2,02	2,05	2,36	2,09	2,03	2,04
absolute Genauigkeit (95%)	7,0	18,7	42,0	15,1	21,8	18,4	42,3	17,3	27,9	14,5	36,6	29,0	15,8	22,5
relative Genauigkeit (95%)	7%	17%	37%	15%	23%	32%	29%	25%	24%	19%	50%	39%	19%	22%
LS Mittelwert (95%)	89,7	92,9	71,5	84,3	73,9	39,7	105,0	53,1	86,9	62,1	36,2	44,9	68,2	79,7
RS Mittelwert (95%)	103,8	130,2	155,5	114,5	117,5	76,5	189,6	87,8	142,6	91,1	109,5	102,9	99,8	124,7
Faustregeln für angenäherte Normalverteilung:														
0,9 < Median/Mittelwert < 1,1 ?	nein	1,02	nein	nein	nein	0,94	nein	nein	nein	0,95	nein	nein	0,91	nein
Variationskoeffizient < 1/3 ?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
LS: linke (untere) Schranke eines Vertrauensbereiches RS: rechte (obere) Schranke eines Vertrauensbereiches														

Statistische Kennwerte zur Geschäftsabfallsortierung (Stichprobenvolumen: 1,1m³ pro Arbeitsstätte)

V. Lognormalverteilung

In vielen Fällen laufen Verteilungen als linkssteile Verteilungen rechts flach aus. Erklärung ist oft ein Schrankenwert, der nicht unterschritten wird und somit die Variationsmöglichkeit hemmt. Ein Beispiel hierfür ist die Verteilung von Zeiten (untere Grenze: Null). Besonders wenn eine Verteilung links durch den Wert Null begrenzt wird, kommt man durch Logarithmieren der Stichprobenwerte x_i zu angenähert normalverteilten Werten $\ln x_i$ (falls es Stichprobenwerte x_i zwischen 0 und 1 gibt, kann man vor dem Logarithmieren zu allen x_i 1 addieren, das Ergebnis der Transformation ist dann $\ln(x_i + 1)$). Zurückgeführt werden kann eine Lognormalverteilung auf das multiplikative Zusammenwirken vieler Zufallsgrößen, während die Normalverteilung durch additives Zusammenwirken vieler Zufallsgrößen entsteht.

Der minimale Stichprobenumfang kann sowohl mit Vorgaben und Schätzungen für die Originalwerte als auch mit entsprechend transformierten Vorgaben und Schätzungen für logarithmierte Werte nach der auf Normalverteilung basierenden Näherung bestimmt werden. Des Weiteren lassen sich alle Schätzer und Tests, die eine Normalverteilung voraussetzen, auf die logarithmierten Daten anwenden. Insbesondere auf Lognormalverteilung überprüft werden können Stichproben mit den Faustregeln zur Normalverteilung, die auf die logarithmierten Stichprobenwerte $\ln x_i$ (bzw. $\ln(x_i + 1)$) angewendet werden. Die Schätzer für die Originalwerte sind prinzipiell durch Rücktransformieren gemäß nachstehender Formeln zu erhalten.

$e^{\bar{x}_{\ln}}$	Schätzer für den Median
$e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2}$	Schätzer für den Mittelwert
$e^{2\bar{x}_{\ln} + s_{\ln}^2} \cdot (e^{s_{\ln}^2} - 1)$	Schätzer für die Varianz
$\sqrt{e^{s_{\ln}^2} - 1}$	Schätzer für den Variationskoeffizienten

Für Mittelwert bzw. Summe der lognormalverteilten Grundgesamtheit erhält man durch Rücktransformation einen unsymmetrischen $(1 - \alpha)$ -Vertrauensbereich.

$$(1 - \alpha)\text{-VB}_{\mu} : \left[e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{-\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}}} ; e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}}} \right]$$

$$(1 - \alpha)\text{-VB}_{x} : \left[N \cdot e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{-\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}}} ; N \cdot e^{\bar{x}_{\ln} + \frac{1}{2}s_{\ln}^2} \cdot e^{\frac{z_{\alpha} \cdot s_{\ln}}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1 - \frac{n}{N}}} \right]$$

In den beiden folgenden Tabellen sind die Ergebnisse dieser Transformation für die Geschäftsabfallmassen der BWGU angeführt (jeweils für die beiden zuvor genannten Betrachtungsweisen hinsichtlich der Stichprobeneinheit). Gemäß den Faustregeln sind die Stichprobenverteilungen angenähert lognormalverteilt, so dass die Verteilungsannahmen die

Berechnung der Schätzer rechtfertigt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die ermittelten (unsymmetrischen) Vertrauensbereiche für den jeweiligen Mittelwert kann also mit 5% angegeben werden.

BWGU 1992	Gesamt	BH	BS	GT	HD	KA	KH	MA	MD	ML	OS	PF	RN	RO	WA
Stichprobeneinheit: m ³ /A	logarithmierte Menge pro Arbeitsstätte [ln kg/A, Wo]														
Umfang	655	54	26	71	43	37	55	60	38	57	58	26	35	39	56
Minimum	0,588	3,045	3,114	2,890	1,629	1,686	1,589	1,808	0,588	2,991	2,809	0,875	2,104	2,950	2,549
Median	4,096	4,701	4,017	4,373	4,160	3,912	4,227	4,016	3,238	4,405	4,186	3,025	3,721	4,367	4,198
Maximum	6,423	5,856	5,637	5,563	5,696	5,251	6,423	5,918	4,458	6,422	5,756	4,831	5,701	5,283	5,579
Mittelwert	4,045	4,555	4,238	4,330	4,108	3,638	4,110	3,884	3,092	4,429	4,103	3,017	3,637	4,261	4,209
Standardabweichung	0,878	0,675	0,694	0,619	0,792	0,896	1,140	0,798	0,810	0,645	0,709	1,093	0,836	0,612	0,681
Variationskoeffizient	21,7%	14,8%	16,4%	14,3%	19,3%	24,6%	27,8%	20,5%	26,2%	14,6%	17,3%	36,2%	23,0%	14,4%	16,2%
Faustregeln für angenäherte Normalverteilung (der logarithmierten Stichprobenwerte):															
0,9 < Median/Mittelwert < 1,1 ?	1,01	1,03	0,95	1,01	1,01	1,08	1,03	1,03	1,05	0,99	1,02	1,00	1,02	1,02	1,00
Variationskoeffizient < 1/3 ?	21,7%	14,8%	16,4%	14,3%	19,3%	24,6%	27,8%	20,5%	26,2%	14,6%	17,3%	nein	23,0%	14,4%	16,2%
Rücktransformation zu Schätzwerten der lognormalverteilten Grundgesamtheit:															
	Menge pro Arbeitsstätte [kg/A, Wo]														
Schätzer Median	57,1	95,1	69,3	75,9	60,8	38,0	60,9	48,6	22,0	83,9	60,5	20,4	38,0	70,9	67,3
Schätzer Mittelwert	84,0	119,4	88,2	92,0	83,3	56,8	116,7	66,8	30,6	103,2	77,8	37,1	53,8	85,5	84,9
Schätzer Standardabweichung	90,5	90,7	69,4	62,9	77,8	63,1	190,8	63,1	29,4	74,1	62,8	56,3	54,1	57,6	65,2
Schätzer Variationskoeffizient	108%	76%	79%	68%	93%	111%	163%	94%	96%	72%	81%	152%	101%	67%	77%
t (5%;n-1;2-seitig)	1,96	2,01	2,06	1,99	2,02	2,03	2,00	2,00	2,03	2,00	2,00	2,06	2,03	2,02	2,00
LS Mittelwert (95%)	78,5	99,3	66,6	79,4	65,2	42,1	85,8	54,4	23,4	87,0	64,6	23,9	40,4	70,1	70,7
RS Mittelwert (95%)	89,8	143,6	116,7	106,5	106,3	76,6	158,9	82,1	39,9	122,5	93,7	57,7	71,7	104,2	101,8
LS: linke (untere) Schranke eines Vertrauensbereiches															
RS: rechte (obere) Schranke eines Vertrauensbereiches															

Statistische Kennwerte zur Geschäftsabfallsortierung auf der Basis logarithmierter Stichprobenwerte (Stichprobenvolumen: Inhalt aller bereitgestellten Umleerbehälter pro Arbeitsstätte)

BWGU 1992	Gesamt	BH	BS	GT	HD	KA	KH	MA	ML	OS	PF	RN	RO	WA
Stichprobeneinheit: 1,1 m³/A	logarithmierte Menge pro Arbeitsstätte [ln kg/A,Wo]													
Umfang	407	39	15	48	28	22	37	45	44	29	8	21	38	33
Minimum	1,589	3,541	3,643	3,437	3,346	1,686	1,589	1,988	3,285	2,996	2,332	3,140	2,950	2,862
Median	4,359	4,736	4,451	4,472	4,353	4,003	4,820	4,089	4,536	4,289	4,434	3,951	4,332	4,414
Maximum	6,423	5,507	5,637	5,563	5,696	5,251	6,423	5,918	6,422	5,341	4,831	5,701	5,283	5,579
Mittelwert	4,352	4,573	4,527	4,475	4,428	3,807	4,651	4,011	4,566	4,231	4,020	4,085	4,258	4,439
Standardabweichung	0,683	0,558	0,664	0,506	0,511	0,793	0,925	0,738	0,562	0,477	0,904	0,615	0,619	0,643
Variationskoeffizient	15,7%	12,2%	14,7%	11,3%	11,5%	20,8%	19,9%	18,4%	12,3%	11,3%	22,5%	15,1%	14,5%	14,5%
Faustregeln für angenäherte Normalverteilung (der logarithmierten Stichprobenwerte):														
0,9 < Median/Mittelwert < 1,1 ?	1,00	1,04	0,98	1,00	0,98	1,05	1,04	1,02	0,99	1,01	nein	0,97	1,02	0,99
Variationskoeffizient < 1/3 ?	15,7%	12,2%	14,7%	11,3%	11,5%	20,8%	19,9%	18,4%	12,3%	11,3%	22,5%	15,1%	14,5%	14,5%
Rücktransformation zu Schätzwerten der lognormalverteilten Grundgesamtheit:														
	Menge pro Arbeitsstätte [kg/A,Wo]													
Schätzer Median	77,6	96,8	92,4	87,8	83,8	45,0	104,7	55,2	96,2	68,8	55,7	59,5	70,7	84,7
Schätzer Mittelwert	98,0	113,1	115,2	99,8	95,5	61,6	160,6	72,4	112,6	77,1	83,8	71,8	85,6	104,2
Schätzer Standardabweichung	75,6	68,3	85,8	53,9	52,2	57,6	186,7	61,6	68,6	38,9	94,2	48,7	58,6	74,5
Schätzer Variationskoeffizient	77%	60%	74%	54%	55%	93%	116%	85%	61%	51%	112%	68%	68%	72%
t (5%;n-1;2-seitig)	1,97	2,02	2,14	2,01	2,05	2,08	2,03	2,02	2,02	2,05	2,36	2,09	2,03	2,04
LS Mittelwert (95%)	91,7	94,4	79,8	86,1	78,3	43,4	118,0	58,0	94,9	64,3	39,4	54,3	69,9	82,9
RS Mittelwert (95%)	104,8	135,5	166,5	115,6	116,4	87,6	218,6	90,4	133,6	92,4	178,4	95,0	105,0	130,8
LS: linke (untere) Schranke eines Vertrauensbereiches														
RS: rechte (obere) Schranke eines Vertrauensbereiches														

Statistische Kennwerte zur Geschäftsabfallsortierung auf der Basis logarithmierter Stichprobenwerte (Stichprobenvolumen: 1,1m³ pro Arbeitsstätte)

4.7 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe II

4.7.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse von Restabfällen aus Gewerbe II hat grundsätzlich entsprechend 3.1 zu erfolgen. Der Ort der Bereitstellung von Restabfällen aus Gewerbe II ist die Entsorgungsanlage (Zugriffsebene). Die Masse der Restabfälle aus Gewerbe II wird im Allgemeinen an der Entsorgungsanlage separat erhoben, so dass auf diese Daten im Rahmen der Untersuchung zurückgegriffen werden kann.

4.7.2 Bestimmung der Zusammensetzung

4.7.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sichtungskampagnen

Basisuntersuchung:

Zur Untersuchung des Restabfallaufkommens aus Gewerbe II ist innerhalb eines Jahres mindestens eine Sichtungskampagne durchzuführen. Für die Sichtungskampagne sollten Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, nicht ausgewählt werden.

Eine weitere Sichtungskampagne sollte die Basisuntersuchung ergänzen, wenn gebiets- oder jahreszeitspezifische Ereignisse (Saisonzeiten in Fremdenverkehrsgebieten, Auswirkungen von saisonaler Produktion u. ä.) zu erfassen sind oder Detailkenntnisse (z. B. Zusammensetzung der Restabfälle aus Gewerbe II einer bestimmten Branche) zu erlangen sind.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Restabfallaufkommens aus Gewerbe II aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden. Wird eine Folgeuntersuchung im Rahmen des regelmäßig fortzuschreibenden kommunalen Abfallwirtschaftskonzeptes gemäß dem "Ersten Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen" durchgeführt, entspricht sie auf jeden Fall einer Basisuntersuchung.

4.7.2.2 Kampagnenzeitraum

Der Kampagnenzeitraum umfasst mindestens zwei Kalenderwochen, und zwar sämtliche Wochentage, an denen Anlieferungen erfolgen. Sofern die Anlieferungsrythmen vor Ort es ermöglichen, muss innerhalb der Kampagne der Inhalt von mindestens 250 Anlieferungen (Wechselbehälter, Container, LKWs u. ä.) beprobt werden (siehe auch 4.7.2.6). Auf jeden

Fall ist die Mindestdauer von zwei Kalenderwochen auch bei mehr als 250 Anlieferungen nicht zu unterschreiten.

4.7.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Unterschieden werden notwendige und zusätzliche Rahmendaten.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben (Mindestanforderung):

- Anzahl und Art der Entsorgungsanlagen im Untersuchungsgebiet,
- Anlieferungsstatistiken der Entsorgungsanlagen, denen die Anzahl der jährlichen Anlieferungen, die Massen und/oder die geleerten Behältervolumina zu entnehmen sind.
- Es sollte gewährleistet sein, dass sich die notwendigen und die folgenden zusätzlichen Rahmendaten während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig ändern.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit,
- Branchenzugehörigkeit der Erzeuger der angelieferten Restabfälle aus Gewerbe II nach der vom Statistischen Bundesamt erarbeiteten Klassifikation der Wirtschaftszweige (oder zukünftig nach dem NACE-Schlüssel, der statistischen Systematik der Wirtschaftszweige der EU), möglichst in 3-stelliger Tiefengliederung
- Anzahl der Beschäftigten oder Betriebsgrößenklasse des jeweiligen Erzeugers der angelieferten Restabfälle aus Gewerbe II,
- Daten zur Siedlungsstruktur (Arbeitsstättenzählungen, Gebäude-, Nutzflächen- und Wohnflächenerhebungen u. ä.),
- Behältergrößen/-arten der angelieferten Restabfälle aus Gewerbe II,
- Maßnahmen zur getrennten Sammlung,
- Organisation der Abfuhr von sperrigen Abfällen und Entsorgungsmöglichkeiten für Problemabfälle,
- Höhe und Staffelung der Gebührenordnung,
- innerbetriebliche Konzepte,
- Daten zur ökonomischen Lage (Umsätze, Investitionen).

4.7.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter

Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. alle Restabfälle aus Gewerbe II aus dem Einzelhandel mit Nahrungsmitteln, Getränken, Tabakwaren) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. alle Restabfälle aus Gewerbe II eines Untersuchungsgebietes) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,
- und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,
- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert (z. B. betriebliche Nutzfläche mit Masse der Restabfälle aus Gewerbe II). Wegen der praktischen Schwierigkeiten bei der Umsetzung wurden die Restabfälle aus Gewerbe II bisher nicht sehr oft analysiert. Die durchgeführten Untersuchungen haben aber die Vermutung erhärtet, dass die Masse der Restabfälle aus Gewerbe II von der Betriebsgröße und die Zusammensetzung der Restabfälle aus Gewerbe II vom 2-stelligen, meistens sogar vom 3-stelligen Wirtschaftszweig einer Arbeitsstätte beeinflusst werden. Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten wie Untersuchungsgebiete bei der Planung und Auswertung der Untersuchung zu behandeln.

4.7.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. pro Teilgesamtheit ist abhängig

- von der für die zu erzielenden Ergebnisse geforderten Genauigkeit (absolut oder relativ),
- von der für die zu erzielenden Ergebnisse geforderten statistischen Sicherheit und
- von der natürlichen Streuung um den Erwartungswert (Varianz der Einzelwerte).

Die relative Genauigkeit für die zu erzielenden Ergebnisse wird mit $\pm 12,5\%$ vorgegeben. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wird auf 5% festgelegt. Für die natürliche Streuung der Grundgesamtheit erlauben die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen eine Schätzung des Variationskoeffizienten auf 100%. Mit diesen Vorgaben und Schätzungen folgt bei einer Sichtungskampagne pro Jahr (siehe 4.6.2.1) ein notwendiger Stichprobenumfang von mindestens 250 Stichprobeneinheiten pro Sichtungskampagne und damit pro Untersuchung.

Wird die relative Genauigkeit für die zu erzielenden Ergebnisse mit $\pm 10\%$ vorgegeben, folgt ein notwendiger Stichprobenumfang von mindestens 400 Stichprobeneinheiten pro Sichtungskampagne und damit pro Untersuchung.

Ist mehr als eine Sichtungskampagne pro Jahr beabsichtigt, sind mindestens 250 Stichprobeneinheiten pro Sichtungskampagne zu untersuchen. Wird abweichend von dieser Vorgabe der Stichprobenumfang pro Sichtungskampagne geringer als 250 gewählt, ist die statistisch hinreichende Genauigkeit der Ergebnisse nachzuweisen.

Soll die für die Grundgesamtheit angestrebte Genauigkeit auch im Rahmen von Schichtungen für einzelne Teilgesamtheiten erreicht werden, ist der notwendige Stichprobenumfang von mindestens 250 Einheiten für jede Teilgesamtheit erforderlich.

Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann die Genauigkeit für einzelne Teilgesamtheiten unterschritten werden. Aus statistischen Gründen sind mindestens sechs Stichprobeneinheiten pro Teilgesamtheit zu untersuchen. Die erreichbare relative Genauigkeit ergibt sich aus den im Glossar zum Stichprobenumfang genannten Formeln. Um die Qualität des Gesamtergebnisses nicht zu vermindern, darf die Summe der Stichprobeneinheiten aller Teilgesamtheiten die o. g. 250 Einheiten pro Sichtungskampagne nicht unterschreiten.

In kleinen Untersuchungsgebieten reduziert sich der Stichprobenumfang aufgrund des Verhältnisses des Umfanges der Grundgesamtheit zum Umfang der Stichprobe (siehe Glossar zum Stichprobenumfang). Der Nachweis der statistisch hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse ist zu erbringen.

Sofern die Anlieferungsrythmen vor Ort es nicht ermöglichen, 250 Stichprobeneinheiten innerhalb des Kampagnenzeitraumes zu beproben, ist der Stichprobenumfang die Anzahl der innerhalb des Kampagnenzeitraumes realisierbaren Stichprobeneinheiten. Auf jeden Fall ist die Mindestdauer der Sichtungskampagne auch bei mehr als 250 Stichprobeneinheiten nicht zu unterschreiten (siehe auch 4.7.2.2).

4.7.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Eine Stichprobeneinheit ist der Inhalt einer Anlieferung (Inhalt eines Wechselbehälters, eines Containers, eines LKWs u. ä.) von Restabfällen aus Gewerbe II an die Entsorgungsanlage.

4.7.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Restabfällen aus Gewerbe II sind die Volumenanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.3 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch (ohne Fraktion < 10 mm) und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung (z. B. Bestimmung der Anteile der Bioabfälle als vorrangiges Untersuchungsziel) zu bestimmen. Außerdem ist zu empfehlen, daß pro Stichprobeneinheit produktions- bzw. branchenspezifisch anfallende Bestandteile der Restabfälle aus Gewerbe II als solche vermerkt werden.

4.7.2.8 Voraussetzungen der Sichtung von Restabfällen aus Gewerbe II

Folgende Voraussetzungen müssen gegeben sein:

- Das eingesetzte Personal muss in der Sichtung (Einschätzung der Volumina und Dichten) geübt sein.
- Bei Sichtungen auf Entsorgungsanlagen sind neben der Einhaltung der dortigen Sicherheitsbestimmungen mindestens Sicherheitsschuhe und Kleidung in Warnfarbe (rot, orange, bei Dunkelheit mit Rückstrahlflächen) zu tragen.
- Bei Sichtungen auf Entsorgungsanlagen mit Tiefbunker ist eine Fläche zum Auskippen und Auseinanderziehen der Abfälle vor dem Bunker erforderlich.

4.7.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

Generell sind Sichtungen wie folgt durchzuführen:

- Für jede Stichprobeneinheit sind an der Waage bzw. Annahmestelle aufzunehmen: Masse der Restabfälle aus Gewerbe II (soweit möglich), Volumen des Wechselbehälters, des Containers, des LKWs u. ä., Herkunft (Name, Adresse, Branche), Datum, Uhrzeit.
- Für jede Stichprobeneinheit sind an der Sichtungsstelle aufzunehmen: Zusammensetzung der Restabfälle aus Gewerbe II optisch getrennt gemäß 3.2.3 und 4.7.2.7 nach Stoffgruppen in Vol.-% (Schrittbreite 5%), Füllgrad des Wechselbehälters, des Containers, des LKWs u. ä., Besonderheiten einzelner Stoffgruppen (z. B. ungewöhnlich hohe oder niedrige Dichte, produktions- bzw. branchenspezifisch angefallener Bestandteil).
- Auf Entsorgungsanlagen mit einem hohen Fahrzeugaufkommen ist sicherzustellen, dass für jede Stichprobeneinheit die Masse der Restabfälle aus Gewerbe II und das Sichtungsergebnis einander zugeordnet werden können. In der Regel erfolgt dies durch die zusätzliche Aufnahme des Kfz-Kennzeichens.

4.7.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sichtungsergebnisse:

Für jede Sichtungskampagne sind jeweils pro Stichprobeneinheit (und damit pro Anlieferung) die gemäß 4.7.2.9 protokollierte Masse der Restabfälle aus Gewerbe II in Mg/Anl., das Volumen der Restabfälle aus Gewerbe II in m³/Anl. und die Zusammensetzung nach Stoffgruppen in Vol.-% und m³/Anl. anzugeben.

Die einzelne Stichprobeneinheit ist - soweit es datenschutzrechtlich zulässig ist - durch Nennung des beprobten Wirtschaftsbereiches zu charakterisieren.

Bestimmung der Zusammensetzung:

- Sofern jeder Stichprobeneinheit eine Branche zugeordnet ist, sind für jede Sichtungskampagne die Volumina der Stoffgruppen von Stichprobeneinheiten gleicher Branche zu addieren und in m³ (mit Nennung der Kampagnendauer) und Vol.-% anzugeben. Ist eine Gewichtung erforderlich, ist dies zu begründen und zu dokumentieren.
- Für jede Sichtungskampagne sind die Volumina der Stoffgruppen von Stichprobeneinheiten aller Branchen zu addieren und in m³ (mit Nennung der Kampagnendauer) und Vol.-% anzugeben. Ist eine Gewichtung erforderlich, ist dies zu begründen und zu dokumentieren.

- Für jede Sichtungskampagne ist die durchschnittliche Dichte jeder Stoffgruppe zu ermitteln (ggf. auch nach Branchen). Die durchschnittlichen Dichten sind so zu bestimmen, dass die pro Stichprobeneinheit mittels Dichten aus den Volumina der Stoffgruppen errechneten Massen der Stoffgruppen aufaddiert möglichst gering von der gewogenen Masse pro Stichprobeneinheit (wenn vorhanden) abweichen. Die so ermittelten durchschnittlichen Dichten sind mit den Werten aus der vorliegenden Tabelle des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie zu vergleichen. Die nach Vergleich gewählten Dichten sind in Mg/m^3 anzugeben, und die Wahl ist zu begründen.
- Für jede Sichtungskampagne sind mit den durchschnittlichen Dichten aus den für eine Branche bzw. für alle Branchen ermittelten Volumina der Stoffgruppen die Massen der Stoffgruppen für eine Branche bzw. für alle Branchen zu berechnen und in Mg (mit Nennung der Kampagnendauer) und Masse-% anzugeben.
- Wenn mehr als eine Sichtungskampagne realisiert wird, ist zu jeder Sichtungskampagne der zugehörige Anteil der Jahresmasse an Restabfällen aus Gewerbe II zu bestimmen (Auswertung von Wiegedaten und/oder Schätzung). Entsprechend diesem Anteil sind die Kampagnenergebnisse gewichtet zu mitteln, und die Gewichtung ist anzugeben.
- Die durchschnittliche Zusammensetzung der Jahresmasse an Restabfällen aus Gewerbe II ist in Masse-% anzugeben.

Bestimmung von durchschnittlichen Massen:

- Die Vorgehensweise zur Ermittlung von durchschnittlichen Massen ist im Anhang zu 4.6 zur Lognormalverteilung erläutert. Insbesondere ist zu berücksichtigen, dass nicht das arithmetische Mittel, sondern der im Anhang genannte Term als Schätzer für den Mittelwert anzuwenden ist.
- Wenn aus Stichprobeneinheiten derselben Arbeitsstätte bzw. der gleichen Branche eine mittlere Masse pro Arbeitsstätte bzw. pro Branche ermittelt werden soll, müssen aus statistischen Gründen mindestens sechs Stichprobeneinheiten pro Arbeitsstätte bzw. pro Branche untersucht werden. Die erreichbare relative Genauigkeit ergibt sich aus den im Glossar zum Stichprobenumfang genannten Formeln.

4.8 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Sortierresten aus Anlagen

Ziel ist die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung und des Aufkommens von Sortierresten an Anlagen. Als Sortierreste einer Anlage werden die Stoffströme bezeichnet, die nicht zu Produkten in der Anlage konfektioniert werden. Die Untersuchung der Sortierreste dient der Überprüfung der Leistungsfähigkeit der entsprechenden Anlage. Dazu wird der Sortierrest auf seinen Gehalt an verbliebenen Altstoffen untersucht. Für die Untersuchung der Sortierreste ist eine Teilerhebung hinsichtlich Masse und Zusammensetzung erforderlich.

4.8.1 Bestimmung der Masse

- Die Bestimmung der Masse hat grundsätzlich gemäß 3.1 (Bestimmung der Masse) zu erfolgen. Die Masse der Gesamtsortierreste, die eine Anlage verlassen, wird im Allgemeinen ganzjährig fortlaufend erhoben und kann für die Untersuchung herangezogen werden.
- Für den Fall, dass Sortierreste an mehreren Anfallstellen einer Anlage entstehen, müssen zur Bestimmung der Gesamtzusammensetzung der Sortierreste Teilerhebungen durchgeführt werden. Diese Teilerhebungen haben zum Ziel, das Masseverhältnis der einzelnen Teilströme zueinander zu quantifizieren. Hierzu müssen sämtliche möglichen Anfallstellen von Sortierreste in einer Anlage erfasst und in die Erhebung einbezogen werden.
- Zur Bestimmung des Masseverhältnisses der Teilströme muss die Beprobung im laufenden Betrieb der Anlage vorgenommen werden. Die Beprobung sollte nach Möglichkeit zeitlich parallel durchgeführt werden. Ist dies aus anlagentechnischen Gründen nicht möglich, wird die Probenahme an den einzelnen Punkten zeitlich versetzt, jedoch über einen gleichlangen Zeitabschnitt durchgeführt, so dass der Entstehungszeitraum der Einzelproben an allen Stichprobenpunkten identisch ist. Die Teilproben sind voneinander getrennt zu halten.

4.8.2 Bestimmung der Zusammensetzung

- Die Bestimmung der Zusammensetzung erfolgt grundsätzlich gemäß 3.2 (Bestimmung der Zusammensetzung).
- Für die Bestimmung der Zusammensetzung der Sortierreste ist die Methode der Sortierung anzuwenden. Für den Fall, dass mehrere Teilströme untersucht werden müssen, ist jede der beprobten Teilmengen separat zu sortieren.
- Sperrige Gegenstände, die vor oder bei der Sortierung als Störstoffe aussortiert werden, sind hinsichtlich ihrer Zusammensetzung sehr inhomogen. Für den Fall, dass ihre stoffliche Zusammensetzung bestimmt werden soll, ist das Material, das innerhalb einer Woche angefallen ist oder maximal ein Stichprobenumfang von 20 m³ vorzusehen.
- Als Ergebnis der Sortierung werden die Stoffgruppen gemäß 3.2.4 ermittelt.
- Bei der Sortierung mehrerer Teilproben werden die Ergebnisse für jede Teilprobe separat ausgewiesen.

4.8.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen

- Da die in die Sortierung gelangenden Altstoffe in der Regel keinen nennenswerten jahreszeitbedingten Schwankungen hinsichtlich Aufkommen und Zusammensetzung unterworfen sind, reicht die Durchführung einer einmaligen Untersuchungskampagne aus.
- Der Zeitpunkt der Sortierkampagne ist so zu wählen, dass eine Beeinflussung durch Ferienzeiten, Feiertage, regionale Veranstaltungen etc. ausgeschlossen ist.

4.8.2.2 Erfassung von Rahmendaten

Zu den Rahmendaten zählen sämtliche Informationen, die für die Planung und für die Durchführung der Untersuchung sowie für die spätere Auswertung von Bedeutung sind. Folgende Rahmendaten sind als Mindestanforderung zu erheben bzw. heranzuziehen:

- Beschreibung des Einzugsgebietes,
- Erfassungssysteme und Abfuhrturnus im Einzugsgebiet,
- Durchsatzleistung der Anlage (Regelbetrieb),
- Verfahrenstechnischer Aufbau der Sortieranlage (Anzahl der Sortierstrecken, Anfallpunkte der Sortierreste, Anordnung des Fe-Abscheiders im Verfahrensablauf, ...),
- Gestaltung des Schichtbetriebes der jeweiligen Sortieranlage, personelle Ausstattung,
- Wiegedaten der Inputmaterialien (Tageswerte, Wochenwerte etc.),
- Wiegedaten der Outputmaterialien, differenziert nach Produkten und Sortierresten (Tageswerte, Wochenwerte etc.),
- Sicherstellung des Regelbetriebs der Anlage für die Dauer der Probenahme zur Gewährleistung einer repräsentativen Untersuchung (personelle Ausstattung, Durchsatzleistung der Anlage, Beschaffenheit des Inputmaterials, ..),

4.8.2.3 Kampagnenzeitraum

Die Wahl des Kampagnenzeitraums für die Beprobung der Sortierreste muss sicherstellen, dass die oben genannten Einflussfaktoren bei der Planung der Stichprobe berücksichtigt werden.

4.8.2.4 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

- Resultierend aus den bisherigen Erfahrungen zur LVP-Sortierung und der Sortierung von Pappe/Papier/Kartonagen ist ein Stichprobenumfang von mindestens 10 m³ vorzusehen.
- Bei der Untersuchung mehrerer Teilströme sollte ein Mindeststichprobenumfang von 2 m³ pro Teilstrom nicht unterschritten werden.
- Für die Untersuchung der Sortierreste aus der Glassortierung ist ein Stichprobenumfang von 5 m³ vorzusehen.

4.8.2.5 Auswahl der Stichprobeneinheiten

- Aus den erfassten Rahmendaten ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Die Stichprobeneinheiten sind unter Beachtung der Rahmendaten so auszuwählen, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen durch das Probenahmepersonal ist.
- Für den Fall, dass Sortierreste lediglich an einer Anfallstelle innerhalb einer Anlage entstehen, sind 10 zeitlich versetzte Teilproben zu gewinnen. Bei einem Stichprobenumfang von 10 m³ hat jede Teilprobe folglich ein Volumen von etwa 1 m³. Jede der Teilproben stellt eine Stichprobeneinheit dar.
- Für den Fall, dass Sortierreste an mehreren Stellen in einer Anlage anfallen, sind ebenfalls insgesamt 10 zeitlich versetzte Teilproben zu gewinnen. Jede der Teilproben muss die gegebenenfalls vorhandenen verschiedenen Teilströme einer Sortieranlage berücksichtigen, d.h. eine Teilprobe setzt sich dann aus verschiedenen Unterproben zusammen. Jede dieser Unterproben stellt eine Stichprobeneinheit dar. Fallen beispielsweise an zwei verschiedenen Stellen

Sortierreste an, werden 10 zeitlich versetzte Teilproben gewonnen, wobei jede der Teilproben aus zwei Unterproben besteht. Insgesamt würden demnach bei diesem Beispiel 20 Unterproben (Stichprobeneinheiten) zur Untersuchung anstehen.

- Bei der parallelen Beprobung mehrerer Teilströme können in den definierten Zeiträumen unterschiedlich große Stichprobeneinheiten entstehen.

4.8.2.6 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung der Sortierreste sind die Gewichtsanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit der jeweiligen Fragestellung der Untersuchung zu bestimmen. Für die Untersuchung von Sortierresten aus DSD-Anlagen ist die zweite Differenzierungsebene obligatorisch.

4.8.2.7 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Behälter für die Stichproben
- Sortierhalle
- Sortiertisch(e) mit Rundlochung 10 mm
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen
- Waage
- ggf. maschinelles Siebaggregat

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung
- geschulte Sortierkräfte

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

- Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung der Sortierreste aus Anlagen zu berücksichtigen:
- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und gegebenenfalls Kopfbedeckung.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Im Falle von Betriebsunfällen während der Sortierung müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.

- Für eine getrennte Lagerung des sortierten Materials in geschlossenen Behältern oder seinen täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich zu reinigen.

4.8.2.8 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

- Die Stichprobeneinheiten werden direkt in den Sortieranlagen an den jeweiligen Entstehungspunkten erfasst. Nach Möglichkeit werden die Stichprobeneinheiten im laufenden Betrieb der Anlage gewonnen. Ist dies aus anlagentechnischen Gründen nicht möglich, wird die Probe aus dem ruhenden Gut genommen. In diesem Fall ist das Verhältnis der Teilströme zueinander aus den Verwiegungsdaten der Sortieranlage zu entnehmen.
- Bei der Probenahme werden Datum, Uhrzeit, Bezeichnung der Sortieranlage, Bezeichnung des beprobten Sortierreststroms und die Dauer der Probenahme protokolliert.
- Die Stichprobeneinheiten sind während des üblichen Regelbetriebs der Anlage zu nehmen. Dabei sind die bei der Aufnahme der Rahmendaten festgehaltenen Einflussfaktoren zu berücksichtigen.
- Die Stichprobeneinheiten müssen immer einzeln, wie folgt, behandelt werden:
- Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung pro Stichprobeneinheit.
- Durch einen obligatorischen Trennschnitt bei 10 mm ist der Anteil der Feinfraktion (Fraktion < 10 mm) im Sortierrest festzustellen. Die Siebung sollte maschinell durchgeführt werden. Ersatzweise kann ein Sortiertisch mit Rundlochsieb zum Einsatz kommen.
- Die Fraktion ≥ 10 mm wird gemäß 3.2.4 durch manuelle Sortierung in Stoffgruppen der ersten und ggf. zweiten und dritten Differenzierungsebene zerlegt.
- Die Sortiererergebnisse werden pro Stichprobeneinheit protokolliert.

4.8.2.9 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortiererergebnisse:

Die protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne in kg und in Masse-% anzugeben.

Hochrechnung und Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte:

- Mit Hilfe der Sortiererergebnisse wird auf die Grundgesamtheit geschlossen. Für den Fall, dass anhand der Stichprobenergebnisse eine Hochrechnung durchgeführt wird, ist die Methode der Hochrechnung zu nennen.
- Für die Bestimmung der Jahresmasse sind die Verwiegungsdaten der entsprechenden Sortieranlage heranzuziehen. Die Verwiegungsdaten sind mit den hochgerechneten Massen, sofern diese bestimmt werden, abzugleichen.
- Bei der Sortierung mehrerer Teilströme werden die Ergebnisse für jeden Teilstrom separat ausgewiesen. Die Aggregation der Teilergebnisse zum Gesamtergebnis wird entsprechend dem Masseverhältnis der einzelnen Teilströme vorgenommen.
- Die Zusammensetzung der Sortierreste aus Anlagen ist in Masse-% anzugeben.

Darlegung der Fehlerrechnung:

Die Streuung der Einzelergebnisse ist darzustellen. Dafür ist der Variationskoeffizient eine geeignete statistische Größe.

4.9 Anforderungen an die Untersuchungen zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung von Abfällen von öffentlichen Flächen

4.9.1 Garten- und Parkabfälle

Garten- und Parkabfälle zur Beseitigung sowie Abfälle aus der Straßenbegleitgrünpflege zur Beseitigung können erhebliche Anteile an organischen Abfällen (Laub, Strauchschnitt, Mähgut etc.) aufweisen. Die in 4.10.1.1 und 4.10.1.2 beschriebene Vorgehensweise zur Bestimmung von Masse und Zusammensetzung zielt in erster Linie auf die Untersuchung dieser verwertbaren Bestandteile.

Bestehen die Garten- und Parkabfälle zur Beseitigung überwiegend aus Abfällen aus der Nutzung dieser Flächen durch die Bevölkerung, ist wie bei der Untersuchung von Papierkorbabfällen (siehe 4.10.4) vorzugehen.

Getrennt gesammelte Garten- und Parkabfälle, die einer Verwertung zugeführt werden (Abfälle zur Verwertung), unterliegen nicht der Überlassungspflicht an die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Garten- und Parkabfälle zur Verwertung können in die in 4.10.1.1 und 4.10.1.2 beschriebenen Untersuchungen einbezogen werden, sind jedoch getrennt auszuweisen.

4.9.1.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse hat grundsätzlich entsprechend 3.1 zu erfolgen. Der Ort der Bereitstellung von Garten- und Parkabfällen ist das Grundstück des Abfallerzeugers (Park, Garten, Friedhof etc.). Bei Straßenbegleitgrün ist die Zugriffsebene die Entsorgungsanlage, da einige Abfälle unmittelbar nach dem Anfall abgefahren werden.

Wenn Garten- und Parkabfälle zur Beseitigung in Umleerbehältern am Anfallort gesammelt werden, ist zur Bestimmung der Masse dieser Abfälle die Behältergröße und das Abfuhrintervall zu ermitteln und unter Zuhilfenahme von Dichte und Füllgrad über die Sichtungsergebnisse hochzurechnen.

Die Bestimmung der Masse von eigenkompostierten Garten- und Parkabfällen kann zusätzlich entsprechend 3.1 durch Teilverwiegung von Stichproben erfolgen. Die eigenkompostierte Masse ist jedoch nicht Bestandteil der Masse von Garten- und Parkabfällen.

4.9.1.2 Bestimmung der Zusammensetzung

Die Bestimmung der Zusammensetzung der Garten- und Parkabfälle hat grundsätzlich entsprechend 3.2 zu erfolgen.

Für Garten- und Parkabfälle ist die Methode der Sichtung anzuwenden. Unter 4.10.1.2.1 bis 4.10.1.2.10 werden die Anforderungen an die Sichtung im speziellen erläutert.

4.9.1.2.1 Anzahl und Zeitpunkte der Untersuchungskampagnen

Basisuntersuchung:

Die Zusammensetzung der Garten- und Parkabfälle ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Aus diesem Grund ist eine Frühjahrs-, eine Sommer- und eine Herbstsichtung erforderlich.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Aufkommens und der Zusammensetzung. In der Regel reicht jedoch auch zur Bestimmung von Veränderungen der Zusammensetzung eine Bestimmung der Masse je Monat aus, da die einzelnen Stoffgruppen zu unterschiedlichen Jahreszeiten anfallen.

4.9.1.2.2 Kampagnenzeitraum

Der Kampagnenzeitraum umfasst zwei Sichtungstage im Frühjahr (überwiegend Strauchschnitt), zwei Sichtungstage im Sommer (überwiegend Rasenschnitt, Mähgut) und zwei Sichtungstage im Herbst (überwiegend Strauchschnitt und Laub).

4.9.1.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Unterschieden werden notwendige und zusätzliche Rahmendaten.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben (Mindestanforderung):

- Organisation der Entsorgung (Hol- oder Bringsysteme, Entsorgungs- oder
- und/oder geleerte Behältervolumina nach Herkunftsbereichen (z. B. aus Gärten und Parks, von Friedhöfen, Straßenbegleitgrün).

Es sollte gewährleistet sein, dass sich die notwendigen und die folgenden zusätzlichen Rahmendaten während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig ändern.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Maßnahmen zur getrennten Sammlung (z. B. Sammelstellen für kompostierbare und nicht kompostierbare Abfälle auf Friedhöfen),

- Umfang der Eigenkompostierung.

4.9.1.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. Abfälle von Friedhöfen) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. Abfälle von Gärten, Parks und Friedhöfen) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,
- und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,
- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert. Als Einflussgröße auf Masse und Zusammensetzung der Garten- und Parkabfälle gilt die Herkunft (z. B. Abfälle aus Gärten und Parks, Abfälle von Friedhöfen, Straßenbegleitgrün). Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den gewählten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. In der Regel sollte mindestens eine Schichtung nach der Herkunft vorgenommen werden. Sollen weitere schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind Teilgesamtheiten bei der Planung und Auswertung der Untersuchung wie Untersuchungsgebiete zu behandeln.

4.9.1.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfanges

Der Anfall von Garten- und Parkabfällen sowie ihre Anlieferung an den Entsorgungsanlagen sind wegen der jahreszeitlichen Schwankungen und der regionalen Entsorgungslogistik sehr unterschiedlich. Es wird daher folgendes Vorgehen empfohlen:

- Auswertung der Anlieferungsstatistiken der Entsorgungsanlage/n nach Monaten und nach der Herkunft (getrennt je Garten, Park, Friedhof etc.).
- Auswertung der Behälterstatistiken bei Entsorgung über Umleerbehälter nach Monaten und nach der Herkunft (getrennt je Garten, Park, Friedhof etc.).
- Festlegung der je zwei Sichtungstage (Frühjahr, Sommer, Herbst) derart, dass Abfälle aus denjenigen Herkunftsbereichen mindestens einmal je Kampagne gesichtet werden, aus denen zusammen 80% der saisonalen Masse stammen. Stellen z. B. zwei Gärten, Parks oder Friedhöfe 80% der Masse, die im Frühjahr anfällt, liefern ihre Abfälle aber nur an zwei Tagen im Monat an die Entsorgungsanlage, so sind diese zwei Tage als Sichtungstage auszuwählen. Der Stichprobenumfang ist dann die gesamte Anzahl der Anlieferungen von Garten- und Parkabfällen an diesen zwei Tagen (unabhängig von der Herkunft).
- Bei der Sammlung von Abfällen in Umleerbehältern ist analog vorzugehen.

4.9.1.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Eine Stichprobeneinheit ist der Inhalt einer Anlieferung an die Entsorgungsanlage (Inhalt eines Wechselcontainers, eines LKW u. ä.) und/oder der Inhalt aller an allen Standplätzen eines Gartens, Parks, Friedhofs aufgestellten Umleerbehälter unmittelbar vor deren Entleerung.

Die Auswahl der Stichprobeneinheiten hat mit dem unter 4.10.1.2.5 beschriebenen Ziel (Erfassung der Abfälle der wesentlichen Erzeuger) zu erfolgen.

4.9.1.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Garten- und Parkabfällen sind die Volumenanteile mindestens der folgenden Stoffgruppen zu bestimmen:

- Störstoffe (nicht biologisch abbaubare Stoffe, wie z. B. Kunststoffe und Verbunde von Friedhöfen, Verpackungsabfälle aus Parks).
- Wenn gewünscht, kann auch differenziert werden nach
- strukturreichem Material (z. B. Baum- und Strauchschnitt, Baumstämme),
- strukturarmem Material (z. B. Rasenschnitt, Mähgut, Laub).

Weitere Differenzierungen können in Abhängigkeit von der Fragestellung der Untersuchung vorgenommen werden (z. B. strukturarmes Material getrennt nach Rasenschnitt, Mähgut und Laub).

4.9.1.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Folgende Voraussetzungen müssen gegeben sein:

- Das eingesetzte Personal muss in der Sichtung (Einschätzung der Volumina und Dichten) geübt sein.
- Bei Sichtungen auf Entsorgungsanlagen sind neben der Einhaltung der dortigen Sicherheitsbestimmungen mindestens Sicherheitsschuhe und Kleidung in Warnfarbe (rot, orange, bei Dunkelheit mit Rückstrahlflächen) zu tragen.
- Bei Sichtungen auf Entsorgungsanlagen mit Tiefbunker ist eine Fläche zum Auskippen und Auseinanderziehen der Abfälle vor dem Bunker erforderlich.

4.9.1.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchungen

Generell sind die Sichtungen wie folgt durchzuführen:

- Für jede Stichprobeneinheit ist an der Waage bzw. Annahmestelle oder am Umleerbehälterstandplatz aufzunehmen: Masse des Abfalls (soweit möglich), Volumen des Behälters, des Containers, Herkunft (Name, Adresse), Datum, Uhrzeit.
- Für jede Stichprobeneinheit sind an der Sichtungsstelle aufzunehmen: Zusammensetzung der Garten- und Parkabfälle optisch getrennt gemäß 4.10.1.2.7 nach Stoffgruppen in Vol.-% (Schrittbreite 5%), Füllgrad des Wechselbehälters, des Containers, des LKWs u. ä., Besonderheiten einzelner Stoffgruppen (z. B. ungewöhnlich hohe oder niedrige Dichte).

- Auf Entsorgungsanlagen mit einem hohen Fahrzeugaufkommen ist sicherzustellen, dass die Masse des Abfalls und das Sichtungsergebnis zusammengestellt werden können. In der Regel erfolgt dies durch die zusätzliche Aufnahme des Kfz-Kennzeichens.

4.9.1.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sichtungsergebnisse:

Für jede Sichtungskampagne sind jeweils pro Stichprobeneinheit (und damit pro Anlieferung) die gemäß 4.10.1.2.9 protokollierte Masse der Garten- und Parkabfälle in Mg/Anl., das Volumen der Garten- und Parkabfälle in m³/Anl. und die Zusammensetzung nach Stoffgruppen in Vol.-% und m³/Anl. anzugeben.

Bestimmung der Zusammensetzung:

- Sofern jeder Stichprobeneinheit ein Herkunftsbereich zugeordnet ist, sind für jede Sichtungskampagne die Volumina der Stoffgruppen von Stichprobeneinheiten gleicher Herkunft zu addieren und in m³ (mit Nennung der Kampagnendauer) und Vol.-% anzugeben. Ist eine Gewichtung erforderlich, ist dies zu begründen und zu dokumentieren.
- Für jede Sichtungskampagne sind die Volumina der Stoffgruppen von Stichprobeneinheiten aller Herkunftsbereiche zu addieren und in m³ (mit Nennung der Kampagnendauer) und Vol.-% anzugeben. Ist eine Gewichtung erforderlich, ist dies zu begründen und zu dokumentieren.
- Für jede Sichtungskampagne ist die durchschnittliche Dichte jeder Stoffgruppe zu ermitteln (ggf. auch nach Herkunftsbereich). Die durchschnittlichen Dichten sind so zu bestimmen, dass die pro Stichprobeneinheit mittels Dichten aus den Volumina der Stoffgruppen errechneten Massen der Stoffgruppen aufaddiert möglichst gering von der gewogenen Masse pro Stichprobeneinheit (wenn vorhanden) abweichen. Die so ermittelten durchschnittlichen Dichten sind mit den Werten aus der vorliegenden Tabelle des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie zu vergleichen. Die nach Vergleich gewählten Dichten sind in Mg/m³ anzugeben, und die Wahl ist zu begründen.
- Für jede Sichtungskampagne sind mit den durchschnittlichen Dichten aus den für einen Herkunftsbereich bzw. für alle Herkunftsbereiche ermittelten Volumina der Stoffgruppen die Massen der Stoffgruppen für einen Herkunftsbereich bzw. für alle Herkunftsbereiche zu berechnen und in Mg (mit Nennung der Kampagnendauer) und Masse-% anzugeben.
- Zu jeder Sichtungskampagne ist der zugehörige Anteil der Jahresmasse an Garten- und Parkabfällen zu bestimmen (Auswertung von Wiegedaten und/oder Schätzung). Entsprechend diesem Anteil sind die drei Kampagnenergebnisse gewichtet zu mitteln, und die Gewichtung ist anzugeben.
- Die durchschnittliche Zusammensetzung der Jahresmasse an Garten- und Parkabfällen ist in Masse-% anzugeben.

4.9.2 Marktabfälle

Märkte sind regelmäßige oder unregelmäßige Veranstaltungen im öffentlichen Straßenraum, auf denen Waren oder Dienstleistungen angeboten werden und bei denen spezifische Abfälle anfallen. Abfälle von Veranstaltungen, die in dafür vorgesehenen Gebäuden stattfinden (z. B. Messen, Konzerte, Sportveranstaltungen), gehören nicht zu den Marktabfällen, sondern zu den Restabfällen aus Gewerbe I oder II.

Getrennt gesammelte Marktabfälle, die einer Verwertung zugeführt werden (Abfälle zur Verwertung), unterliegen nicht der Überlassungspflicht an die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Marktabfälle zur Verwertung können in die in 4.10.2.1 und 4.10.2.2 beschriebenen Untersuchungen einbezogen werden, sind jedoch getrennt auszuweisen.

4.9.2.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse erfolgt grundsätzlich entsprechend 3.1. Der Ort der Bereitstellung von Marktabfällen ist die Abfallsammelstelle des Marktes (Zugriffsebene).

Wenn Marktabfälle zur Beseitigung in Umleerbehältern am Anfallort gesammelt werden, ist zur Bestimmung der Masse dieser Abfälle die Behältergröße und das Abfuhrintervall zu ermitteln und unter Zuhilfenahme von Dichte und Füllgrad über die Sichtungsergebnisse hochzurechnen, wenn keine getrennte Verwiegung der Fahrzeuge erfolgt.

4.9.2.2 Bestimmung der Zusammensetzung

Die Bestimmung der Zusammensetzung der Marktabfälle hat grundsätzlich entsprechend 3.2 zu erfolgen.

Für Marktabfälle ist die Methode der Sichtung anzuwenden. Unter 4.10.2.2.1 bis 4.10.2.2.10 werden die Anforderungen an die Sichtung im speziellen erläutert.

4.9.2.2.1 Anzahl und Zeitpunkte der Untersuchungskampagnen

Basisuntersuchung:

Die Zusammensetzung der Marktabfälle ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Der Grund für die Schwankungen liegt einerseits in dem saisonal unterschiedlichen Warenangebot (insbesondere bei Obst und Gemüse) und dem jeweiligen Veranstaltungszeitpunkt (insbesondere bei Fest- und Feiertagen).

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Aufkommens und der Zusammensetzung. In der Regel reicht jedoch auch zur Bestimmung von Veränderungen der Zusammensetzung eine Bestimmung der Masse je Monat aus.

4.9.2.2 Kampagnenzeitraum

Der Kampagnenzeitraum richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Sind Märkte mit Obst und Gemüse zu berücksichtigen, wird eine eintägige Sichtung im Sommer oder Winter und eine eintägige Sichtung im Frühjahr oder Herbst durchgeführt; andernfalls erfolgt eine zweitägige Sichtung. Zusätzlich ist für jede relevante Veranstaltung (mehr als 15% der Jahresmasse an Marktabfällen aus einer Veranstaltung) je ein Sichtungstag einzuplanen (z. B. Weihnachtsmarkt, Kirmes).

4.9.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Unterschieden werden notwendige und zusätzliche Rahmendaten.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben (Mindestanforderung):

- Organisation der Entsorgung (Hol- oder Bringsysteme, Entsorgungs- oder Verwertungswege),
- Masse und/oder geleerte Behältervolumina nach Herkunftsbereichen (z. B. je Markt, je Veranstaltung).

Es sollte gewährleistet sein, dass sich die notwendigen und die folgenden zusätzlichen Rahmendaten während des Untersuchungszeitraums nur geringfügig ändern.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Maßnahmen zur getrennten Sammlung (z. B. Sammelstellen für kompostierbare und nicht kompostierbare Abfälle auf Märkten, Rücknahmesysteme für Verpackungen).

4.9.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. Abfälle von Obst- und Gemüsemärkten) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. Abfälle von Märkten) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,

und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,

- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder

- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert. Als Einflussgröße auf Masse und Zusammensetzung der Marktabfälle gilt die Herkunft (z. B. Abfälle von regelmäßigen Obst- und Gemüsemärkten oder Märkten für andere Waren, Abfälle von unregelmäßigen Veranstaltungen). Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den gewählten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. In der Regel sollte mindestens eine Schichtung nach der Herkunft vorgenommen werden. Sollen weitere schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind Teilgesamtheiten wie Untersuchungsgebiete bei der Planung und Auswertung der Untersuchung zu behandeln.

4.9.2.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Der Anfall von Marktabfällen sowie ihre Anlieferung an den Entsorgungsanlagen ist wegen der jahreszeitlichen Schwankungen und der regionalen Entsorgungslogistik sehr unterschiedlich. Es wird daher folgendes Vorgehen empfohlen:

- Auswertung der Anlieferungsstatistiken der Entsorgungsanlage/n nach Monaten und nach der Herkunft (getrennt je Markt, Veranstaltung etc.).
- Auswertung der Behälterstatistiken bei Entsorgung über Umleerbehälter nach Monaten und nach der Herkunft (getrennt je Markt, Veranstaltung etc.)
- Festlegung der zwei Sichtungstage sowie der zusätzlichen Sichtungstage derart, dass Abfälle aus denjenigen Herkunftsbereichen mindestens einmal je Kampagne gesichtet werden, aus denen zusammen 60-80% der saisonalen Masse stammen. Der Stichprobenumfang ist dann die gesamte Anzahl der Anlieferungen von Marktabfällen an diesen zwei Tagen (unabhängig von der Herkunft).
- Bei der Sammlung von Abfällen in Umleerbehältern ist analog vorzugehen.

4.9.2.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Eine Stichprobeneinheit ist der Inhalt einer Anlieferung an die Entsorgungsanlage (Inhalt eines Wechselcontainers, eines LKW u. ä.) und/oder der Inhalt aller an allen Standplätzen eines Marktes aufgestellten Umleerbehälter unmittelbar vor deren Entleerung.

Die Auswahl der Stichprobeneinheiten erfolgt mit dem unter 4.10.2.2.5 beschriebenen Ziel (Erfassung der Abfälle der wesentlichen Erzeuger).

4.9.2.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Marktabfällen sind die Volumenanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.3 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch (ohne Fraktion < 10 mm) und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fra-

gestellung der Untersuchung (z. B. Bestimmung der Anteile des Verpackungsmaterials bei Veranstaltungen als vorrangiges Untersuchungsziel) zu bestimmen.

4.9.2.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Folgende Voraussetzungen müssen gegeben sein:

- Das eingesetzte Personal muss in der Sichtung (Einschätzung der Volumina und Dichten) geübt sein.
- Bei Sichtungen auf Entsorgungsanlagen sind neben der Einhaltung der dortigen Sicherheitsbestimmungen mindestens Sicherheitsschuhe und Kleidung in Warnfarbe (rot, orange, bei Dunkelheit mit Rückstrahlflächen) zu tragen.
- Bei Sichtungen auf Entsorgungsanlagen mit Tiefbunker ist eine Fläche zum Auskippen und Auseinanderziehen der Abfälle vor dem Bunker erforderlich.

4.9.2.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchungen

Generell sind die Sichtungen wie folgt durchzuführen:

- Für jede Stichprobeneinheit ist an der Waage bzw. Annahmestelle oder am Umleerbehälterstandplatz aufzunehmen: Masse des Abfalls (soweit möglich), Volumen des Behälters, des Containers, Herkunft (Name, Adresse), Datum, Uhrzeit.
- Für jede Stichprobeneinheit sind an der Sichtungsstelle aufzunehmen: Zusammensetzung der Marktabfälle optisch getrennt gemäß 3.2.3 und 4.10.2.2.7 nach Stoffgruppen in Vol.-% (Schrittbreite 5%), Füllgrad des Wechselbehälters, des Containers, des LKWs u. ä., Besonderheiten einzelner Stoffgruppen (z. B. ungewöhnlich hohe oder niedrige Dichte).
- Auf Entsorgungsanlagen mit einem hohen Fahrzeugaufkommen ist sicherzustellen, dass die Masse des Abfalls und das Sichtungsergebnis zusammengestellt werden können. In der Regel erfolgt dies durch die zusätzliche Aufnahme des Kfz-Kennzeichens.

4.9.2.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sichtungsergebnisse:

Für jede Sichtungskampagne sind jeweils pro Stichprobeneinheit (und damit pro Anlieferung) die gemäß 4.10.2.2.9 protokollierte Masse der Marktabfälle in Mg/Anl., das Volumen der Marktabfälle in m³/Anl. und die Zusammensetzung nach Stoffgruppen in Vol.-% und m³/Anl. anzugeben.

Bestimmung der Zusammensetzung:

- Sofern jeder Stichprobeneinheit ein Herkunftsbereich zugeordnet ist, sind für jede Sichtungskampagne die Volumina der Stoffgruppen von Stichprobeneinheiten gleicher Herkunft zu addieren und in m³ (mit Nennung der Kampagnendauer) und Vol.-% anzugeben. Ist eine Gewichtung erforderlich, ist dies zu begründen und zu dokumentieren.
- Für jede Sichtungskampagne sind die Volumina der Stoffgruppen von Stichprobeneinheiten aller Herkunftsbereiche zu addieren und in m³ (mit Nennung der Kampa-

gnendauer) und Vol.-% anzugeben. Ist eine Gewichtung erforderlich, ist dies zu begründen und zu dokumentieren.

- Für jede Sichtungskampagne ist die durchschnittliche Dichte jeder Stoffgruppe zu ermitteln (ggf. auch nach Herkunftsbereich). Die durchschnittlichen Dichten sind so zu bestimmen, dass die pro Stichprobeneinheit mittels Dichten aus den Volumina der Stoffgruppen errechneten Massen der Stoffgruppen aufaddiert möglichst gering von der gewogenen Masse pro Stichprobeneinheit (wenn vorhanden) abweichen. Die so ermittelten durchschnittlichen Dichten sind mit den Werten aus der vorliegenden Tabelle des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie zu vergleichen. Die nach Vergleich gewählten Dichten sind in Mg/m^3 anzugeben, und die Wahl ist zu begründen.
- Für jede Sichtungskampagne sind mit den durchschnittlichen Dichten aus den für einen Herkunftsbereich bzw. für alle Herkunftsbereiche ermittelten Volumina der Stoffgruppen die Massen der Stoffgruppen für einen Herkunftsbereich bzw. für alle Herkunftsbereiche zu berechnen und in Mg (mit Nennung der Kampagnendauer) und Masse-% anzugeben.
- Zu jeder Sichtungskampagne ist der zugehörige Anteil der Jahresmasse an Markt- abfällen zu bestimmen (Auswertung von Wiegedaten und/oder Schätzung). Entsprechend diesem Anteil sind die Kampagnenergebnisse gewichtet zu mitteln, und die Gewichtung ist anzugeben.
- Die durchschnittliche Zusammensetzung der Jahresmasse an Markt- abfällen ist in Masse-% anzugeben.

4.9.3 Straßenkehricht

Getrennt gesammeltes Granulat aus dem Winterdienst, das einer Verwertung zugeführt wird (Abfälle zur Verwertung), unterliegt nicht der Überlassungspflicht an die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Dieser Straßenkehricht zur Verwertung kann in die im Folgenden beschriebenen Untersuchungen einbezogen werden, ist jedoch getrennt auszuweisen.

4.9.3.1 Bestimmung der Masse

Die Bestimmung der Masse erfolgt grundsätzlich entsprechend 3.1.

Der Ort der Bereitstellung von Straßenkehricht ist die Entsorgungsanlage. Die Masse des Straßenkehrichts wird im Allgemeinen an der Entsorgungsanlage separat erhoben, so dass auf diese Daten im Rahmen der Untersuchung zurückgegriffen werden kann.

4.9.3.2 Bestimmung der Zusammensetzung

Die Bestimmung der Zusammensetzung des Straßenkehrichts wird durch den hohen Anteil an Feinsand und den relativ hohen Wassergehalt erschwert. Um eine quantitative Abtrennung des Feinsandes durch eine Siebung sicherzustellen, ist eine vorherige Trocknung der Stichproben erforderlich. Die Bestimmung der Zusammensetzung erfolgt nach der Trocknung durch eine Sortierung entsprechend 3.2.1.

4.9.3.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Untersuchungskampagnen

Basisuntersuchung:

Die Zusammensetzung des Straßenkehrriechts ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Aus diesem Grund ist je eine Sortierung im Winter, im Frühjahr, im Sommer und im Herbst erforderlich.

4.9.3.2.2 Kampagnenzeitraum

Innerhalb einer Kampagne muss der Inhalt von mindestens fünf Kehrmaschinen und Kleinfahrzeugen der manuellen Handreinigung beprobt werden. Es ist je eine Untersuchungskampagne im Winter (Hauptbestandteil: Granulat aus dem Winterdienst), im Frühjahr (Hauptbestandteil: Granulat, Blüten) im Sommer (Hauptbestandteil: Feinsand) und im Herbst (Hauptbestandteil: Laub) durchzuführen.

4.9.3.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Als Rahmendaten werden alle Informationen bezeichnet, die sowohl zur Planung der Untersuchung und zur Auswertung der Kerndaten (Abfallmasse und -zusammensetzung) als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind.

Notwendige Rahmendaten:

- Durchführung der Reinigung (z. B. Zukehrung durch Straßenkehrer),
- Art der Kehrriechtaufnahme (z. B. Zugabe von Wasser bei der Kehrriechtaufnahme),
- Masse der Inhalte der einzelnen Kehrmaschinen- und Fahrzeugladungen differenziert nach Sammeltouren,
- Masse des Straßenkehrriechts nach Herkunftsbereichen (z. B. aus Gebieten mit und ohne Straßenbaumbestand, Fußgängerzonen etc.).

4.9.3.2.4 Berücksichtigung von Einflussfaktoren

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstigen Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. Straßenkehrriecht von Straßen mit hohem Baumbestand) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. Straßenkehrriecht sämtlicher Straßen) mit dem allgemeinen Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen,
- und den aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Zielen,
- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit einer Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.
- Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den gewählten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden.

4.9.3.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfanges

Resultierend aus den Erfahrungen bisher durchgeführter Untersuchungen von Straßenkehrrecht ist ein Stichprobenumfang von mindestens 20 kg je Fahrzeug bei mindestens 5 Fahrzeugen pro Schicht und Kampagne vorzusehen.

4.9.3.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

Aus den erfassten Rahmendaten ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Die Teilproben sind unter Beachtung der Rahmendaten so auszuwählen, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen durch das eingesetzte Personal ist.

Bei den Probenahmen sind insgesamt jeweils 20 kg aus dem Inhalt eines Straßenkehrrecht-Sammelfahrzeuges zu entnehmen. Die Probenahme kann bei der Entleerung oder im Anschluss an die Entleerung des Straßenkehrrecht-Sammelfahrzeuges erfolgen.

4.9.3.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Nach der Trocknung der Probe werden mit Hilfe einer Labor-Siebmaschine Kornklassen erzeugt. Als größte Sieblochung sollte 10 mm eingesetzt werden. Die Größe weiterer eingesetzter Sieblochungen ist abhängig von der Fragestellung der Untersuchung (z. B. Bestimmung des Feinanteils oder des Anteils an Granulat aus dem Winterdienst). Für die Bestimmung der Zusammensetzung der Kornklasse > 10 mm sind die Massenanteile gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch zu bestimmen.

4.9.3.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzung

- Trockenschrank mit ausreichender Kapazität,
- Siebmaschine mit verschiedenen Siebeinsätzen,
- Sortiertisch(e),
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen,
- Waage.

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung,
- Geschulte Sortierkräfte.

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblätter der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach

Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und/oder Kopfbedeckung.

- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der Untersuchung müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.
- Für eine getrennte Lagerung des sortierten Straßenkehrichts in geschlossenen Behältern oder seinen täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich zu reinigen.

4.9.3.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchungen

Die Stichprobeneinheiten werden direkt an der Entsorgungsanlage aus dem anliefernden Straßenkehricht-Sammelfahrzeug entnommen. Sollten die Proben nicht tagfrisch verarbeitet werden können, ist eine entsprechende Lagerung vorzusehen (in dicht schließenden Behältern).

Die verschiedenen Stichprobeneinheiten müssen immer einzeln, wie folgt, behandelt werden:

- Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung pro Stichprobeneinheit.
- Trocknung der Stichproben zur Bestimmung des Wassergehaltes.
- Erzeugung einzelner Kornklassen (mindestens 0 bis 10 mm und > 10 mm).
- Die Kornklasse > 10 mm wird gemäß 3.2.4 durch manuelle Sortierung in Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene zerlegt.
- Die Ergebnisse werden pro Stichprobeneinheit protokolliert.

4.9.3.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne in kg und in Masse-% anzugeben.

Zu jeder Kampagne ist der zugehörige Anteil der Jahresmasse zu bestimmen (Auswertung von Wiegedaten und/oder Schätzung). Entsprechend diesem Anteil sind die vier Kampagnenergebnisse gewichtet zu mitteln, die Gewichtung ist anzugeben. Die durchschnittliche jährliche Zusammensetzung ist in Masse-% anzugeben.

4.9.4 Papierkorbabfälle

Ziel ist die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung und des Aufkommens von Abfällen, die über öffentliche Papierkörbe erfasst werden. Die Untersuchung der Papierkorbabfälle dient der Bestimmung der Gesamtmasse und des Anteils an verwertbaren Altstoffen.

4.9.4.1 Bestimmung der Masse

- Die Bestimmung der Masse hat grundsätzlich gemäß 3.1 (Bestimmung der Masse) zu erfolgen. Die Orte der Bereitstellung sind die jeweiligen Papierkörbe auf öffentlichem Straßenland (Zugriffsebene).
- Es ist zu beachten, dass eine Vollerhebung der Masse der Papierkorbabfälle nicht zu realisieren ist, wenn Papierkorbabfälle vermisch mit Straßenkehricht an den Beseitigungsanlagen angeliefert werden. In diesem Fall muss die Bestimmung der Masse durch Hochrechnung der erzielten Stichprobenergebnisse rechnerisch bestimmt werden.

4.9.4.2 Bestimmung der Zusammensetzung

- Die Bestimmung der Zusammensetzung erfolgt grundsätzlich gemäß 3.2 (Bestimmung der Zusammensetzung).
- Für die Bestimmung der Zusammensetzung der Papierkorbabfälle ist die Methode der Sortierung anzuwenden. Als Ergebnis der Sortierung werden die Stoffgruppen gemäß 3.2.4 ermittelt.

4.9.4.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Sortierkampagnen

Basisuntersuchung:

- Das Aufkommen an Papierkorbabfällen ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Insbesondere in den Sommermonaten ist mit einem erhöhten Aufkommen an Papierkorbabfällen zu rechnen. Daher sind mindestens zwei über das Jahr zeitlich versetzte Sortierkampagnen durchzuführen, von denen eine Kampagne im Sommerzeitraum liegen muss. Für die einzelnen Sortierkampagnen sollten Wochen ausgewählt werden, die nicht durch Feiertage oder Ferientage beeinflusst sind.
- Eine zusätzliche Sortierkampagne sollte die Basisuntersuchung ergänzen, wenn gebiets- oder jahreszeitbedingte Ereignisse (Saisonzeiten in Fremdenverkehrsgebieten, Auswirkungen von regionalen Veranstaltungen usw.) zu erfassen sind.

Folgeuntersuchung:

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen des Aufkommens an Papierkorbabfällen aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen wie z. B. der Einführung der getrennten Altstofferfassung. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden.

4.9.4.2.2 Kampagnenzeitraum

Jede Sortierkampagne erstreckt sich über einen Kampagnenzeitraum entsprechend des Räumturnus vor Ort. Die Mindestdauer umfasst sämtliche Wochentage, an denen eine Abfuhr erfolgt und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen. Die Probenahme zu einer Kampagne brauchen nicht zusammenhängend zu sein.

4.9.4.2.3 Erfassung von Rahmendaten

Zu den Rahmendaten zählen sämtliche Informationen, die für die Planung und für die Durchführung der Untersuchung sowie für die spätere Auswertung von Bedeutung sind. Es wird in notwendige und zusätzliche Rahmendaten unterschieden.

Notwendige Rahmendaten:

Es sind folgende Rahmendaten zu erheben bzw. zu berücksichtigen (Mindestanforderungen):

- Standortverzeichnis aller Behälter, die im öffentlichen Straßenland aufgestellt sind (Adresse oder eindeutige Beschreibung des Standplatzes),
- Tourenplan, der die Daten über die Abfuhrtage und die Entleerungsrhythmen hinsichtlich der verschiedenen Standorte enthält.

Zusätzliche Rahmendaten:

In Abhängigkeit von erweiterten oder speziellen Fragestellungen sind zusätzliche Rahmendaten zu erheben, z. B. wenn eine Aufteilung der Grundgesamtheit in Teilgesamtheiten vorgesehen ist. Mögliche zusätzliche Rahmendaten sind:

- Informationen über die vorhandenen Gebietsstrukturen des Untersuchungsgebietes für eine mögliche Schichtung der Behälterstandorte,
- Monatliche Verwiegungsdaten zur Bestimmung des gegebenenfalls vorhandenen Jahresgangs bezüglich des Aufkommens an Papierkorbabfällen,
- Schwankungen der Einwohnerzahl in Abhängigkeit der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten),
- Durchführung von bedeutenden Großveranstaltungen (Messen, Kulturereignisse, Sportveranstaltungen etc.),
- Höhe und Staffelung der Abfallgebühren als mögliche Gründe für Ausweicheffekte bei der Restabfallentsorgung.

4.9.4.2.4 Schichtung der Grundgesamtheit

Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sowie sonstige Veränderungen gezielter analysiert werden. Unter einer Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. alle Papierkorbabfälle einer bestimmten Gebietsstruktur) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (alle Papierkorbabfälle des gesamten Untersuchungsgebietes). Die Schichtung hat das allgemeine Ziel,

- Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen

und die aus stichprobentheoretischer bzw. wirtschaftlicher Sicht bestehenden Ziele,

- bei gleich bleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit der Untersuchung zu erhöhen oder
- bei gleich bleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist eine Einflussgröße nötig, die mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert. Als Einflussgrößen bei der Bestimmung von Aufkommen

und Zusammensetzung der Papierkorbabfälle können die jeweiligen Papierkorbstandorte (z. B. Innenstadt, Stadtrand) herangezogen werden.

Weitere mögliche Schichtungsmerkmale sind z. B. die unter den notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten aufgeführten Einflussgrößen.

Liegen die benötigten Rahmendaten vor, sind nach den genannten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten zu bilden. Sollen schichtspezifische Ergebnisse gewonnen werden, die bezüglich ihrer Aussagegenauigkeit denen der Untersuchungsgebiete entsprechen, so sind die Teilgesamtheiten bei der Planung und Auswertung wie Untersuchungsgebiete zu behandeln.

4.9.4.2.5 Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. der Teilgesamtheit ist abhängig

- von der Genauigkeitsanforderung an die zu erzielenden Ergebnisse,
- von der Anforderung an die statistische Sicherheit der zu erzielenden Ergebnisse und
- der natürlichen Streuung der Grundgesamtheit (Varianz der Einzelwerte).

Aufgrund der bisher durchgeführten Untersuchungen ist für die Bestimmung des Aufkommens und der Zusammensetzung von Papierkorbabfällen ein Stichprobenumfang von etwa 35 Stichprobeneinheiten vorzusehen.

4.9.4.2.6 Auswahl der Stichprobeneinheiten

- Die Inhalte von acht einzelnen Papierkörben einer Schicht werden zu einer Stichprobeneinheit zusammengeführt.
- Aus den erfassten Rahmendaten ist eine Auswahlgrundlage zu erstellen. Die Stichprobeneinheiten sind unter Beachtung der Rahmendaten so auszuwählen, dass sie die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen, in die Stichprobe zu gelangen und dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen durch das Sortierpersonal ist.

4.9.4.2.7 Festlegung der Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung der Sortierreste sind die Gewichtsanteile der Stoffgruppen gemäß 3.2.4 zu ermitteln. Dabei sind die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene obligatorisch und die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene wahlweise in Abhängigkeit der jeweiligen Fragestellung der Untersuchung zu bestimmen.

4.9.4.2.8 Technische und personelle Voraussetzungen

Technische Voraussetzungen:

- Fahrzeug für die Einsammlung und den Transport der Stichproben
- Sortierhalle
- Sortiertisch(e)

- Behälter für die sortierten Stoffgruppen
- Waage
- ggf. maschinelles Siebaggregat

Personelle Voraussetzungen:

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung
- geschulte Sortierkräfte

Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen:

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Sortierung der Papierkorbabfälle zu berücksichtigen:

- Die Arbeitsschutzausrüstung wird vom Auftragnehmer der Restabfallsortierung zur Verfügung gestellt. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und gegebenenfalls Kopfbedeckung.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie und Poliomyelitis ist zu empfehlen. Im Falle von Betriebsunfällen während der Restabfallsortierung müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu verbieten.
- Für eine getrennte Lagerung des sortierten Restabfalls in geschlossenen Behältern oder seinen täglichen Abtransport ist zu sorgen. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.

4.9.4.2.9 Praktische Durchführung der Stichprobenuntersuchung

- Die Stichprobeneinheiten werden an den festgelegten Standorten durch Umleerung der Papierkörbe in mitgeführte Behälter oder Säcke gewonnen.
- Bei den Probenahmen werden Datum, Bezeichnung des Standortes (Adresse) und der Füllgrad der Papierkörbe protokolliert. Die Stichprobeneinheiten sind voneinander getrennt zu halten. Für jede Stichprobeneinheit wird ein separates Probenahmeprotokoll erstellt, auf dem die Daten der jeweiligen beprobten Standorte festgehalten sind.
- Die Stichprobeneinheiten werden zur Sortierhalle transportiert.
- Die Stichprobeneinheiten müssen stets einzeln, wie folgt, behandelt werden:
- Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung pro Stichprobeneinheit
- Durch einen Trennschnitt bei 10 mm ist der Anteil der Feinfraktion < 10 mm und durch einen Trennschnitt bei 40 mm ist der Anteil der Fraktion 10 - 40 mm in den Papierkorbabfällen festzustellen. Für beide Trennschnitte sollten maschinelle Siebaggregate, die objektivere Ergebnisse liefern, eingesetzt werden. Ersatzweise können auch Sortiertische mit Rundlochsiebung zum Einsatz kommen. Es ist zur Erzielung der Sortierergebnisse folgendermaßen vorzugehen:

- Es wird zuerst der Siebschnitt 40 mm (nach Möglichkeit maschinell) durchgeführt. Dann wird vom Siebunterlauf eine repräsentative Teilmenge entnommen (mindestens 20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes), die daraufhin bei 10 mm abgeseibt wird. Die Fraktion < 10 mm stellt eine Stoffgruppe dar. Die Teilmenge der Fraktion 10 - 40 mm und die Fraktion > 40 mm werden jeweils gemäß 3.2.3 durch händische Sortierung in Stoffgruppen der zweiten und ggf. der dritten Differenzierungsebene zerlegt. Die Ergebnisse werden nach Klassierung, Sortierung und Verwiegung für jede Stichprobeneinheit wie folgt protokolliert: Fraktion < 10 mm, Fraktion 10 - 40 mm nach Stoffgruppen und die Fraktion > 40 mm nach Stoffgruppen. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse der Fraktionen <10 mm und 10 - 40 mm auf hochgerechneten Teilmengen beruhen.
- Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen ist durch die mögliche Zusammenfassung der Fraktionen 10 - 40 mm und > 40 mm gewährleistet.
- Für weitergehende chemisch-physikalische Untersuchungen ist die Entnahme von tagfrischen Proben notwendig.
- Die Ergebnisse werden pro Stichprobeneinheit protokolliert.

4.9.4.2.10 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Sortierergebnisse:

Die protokollierten Ergebnisse sind für jede Sortierkampagne und für jede Stichprobeneinheit in kg/w und in Masse-% anzugeben.

Hochrechnung und Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte:

Mit Hilfe der Sortierergebnisse wird auf die Grundgesamtheit geschlossen. Für den Fall, dass anhand der Stichprobenergebnisse eine Hochrechnung durchgeführt wird, ist die Methode der Hochrechnung zu beschreiben.

Bei der Bestimmung der Jahresdurchschnittswerte sind die monatlichen Verwiegungsdaten, sofern diese vorhanden sind, zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Sortieranalyse sind entsprechend der Monatswerte zu gewichten.

Darlegung der Fehlerrechnung:

Die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert in der Grundgesamtheit sollte durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereiches dargelegt werden. Dafür ist der Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters (z. B. die gesamte Masse an Papierkorbabfällen Untersuchungsgebiet) eine geeignete statistische Größe. Er ist ein Maß für die relative Zufallsabweichung vom Untersuchungsparameter selbst und wird über den Variationskoeffizienten in der Stichprobe geschätzt.