

# Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen



**Richtlinie  
zur einheitlichen Abfallanalytik  
in Sachsen**

**Sächsische Sortierrichtlinie 2014**

mit Ergänzung zur Identifikation von Lebensmittelabfällen

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Zweck und Inhalt der Richtlinie</b> .....   | <b>8</b>  |
| 1.1.      | Zweck .....  | 8         |
| 1.2.      | Aufbau .....   | 9         |
| <b>2.</b> | <b>Festlegung des Untersuchungsgegenstandes</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>3.</b> | <b>Allgemeine Anforderungen an die Untersuchungen zum Aufkommen und zur Zusammensetzung von Abfällen</b> .....                                     | <b>12</b> |
| 3.1.      | Bestimmung des Aufkommens.....   | 12        |
| 3.2.      | Bestimmung der Zusammensetzung .....   | 12        |
| 3.2.1.    | Sortierung.....  | 12        |
| 3.2.2.    | Siebung .....  | 13        |
| 3.2.3.    | Sichtung .....   | 13        |
| 3.2.4.    | Stoffgruppen.....  | 14        |
| 3.2.5.    | Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen.....  | 17        |
| 3.2.6.    | Chemisch-physikalische Analysen .....  | 18        |
| 3.2.7.    | Anforderungen an den Arbeitsschutz .....   | 20        |
| 3.3.      | Ermittlung spezifischer abfallwirtschaftlicher Kenngrößen bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle .....   | 21        |
| 3.3.1.    | Allgemeines.....   | 21        |
| 3.3.2.    | Bestimmung des Füllgrades .....  | 27        |
| 3.3.3.    | Bestimmung des Bereitstellungsgrades .....   | 28        |
| 3.3.4.    | Bestimmung der Abfallmasse.....  | 28        |
| 3.3.5.    | Bestimmung der Raum- und Schüttdichte .....  | 29        |
| 3.3.6.    | Bestimmung des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens .....  | 29        |
| 3.3.7.    | Bestimmung des beanspruchten einwohnerspezifischen Behältervolumens .....  | 30        |
| 3.3.8.    | Bestimmung des Nutzungsgrades des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens .....   | 30        |
| 3.3.9.    | Bestimmung der einwohnerspezifischen Abfallmenge .....   | 31        |
| <b>4.</b> | <b>Anforderungen an die Untersuchung zu Aufkommen und Zusammensetzung von Abfällen</b> .....   | <b>32</b> |
| 4.1.      | Anforderungen an die Untersuchung zu Aufkommen und Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten .....   | 32        |
| 4.1.1.    | Bestimmung des Aufkommens.....   | 32        |
| 4.1.2.    | Bestimmung der Zusammensetzung .....   | 32        |
| 4.1.3.    | Anzahl, Zeitpunkt und Umfang der Sortierkampagnen.....   | 32        |
| 4.1.4.    | Schichtung nach Bebauungsstrukturen und sonstigen Faktoren.....  | 33        |
| 4.1.5.    | Erfassung von Rahmendaten .....  | 35        |
| 4.1.6.    | Auswahl der Stichprobeneinheiten .....   | 35        |
| 4.1.7.    | Festlegung der Stoffgruppen .....  | 36        |
| 4.1.8.    | Technische und personelle Voraussetzungen .....  | 36        |
| 4.1.9.    | Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen .....  | 36        |
| 4.1.10.   | Stichprobenuntersuchung.....   | 37        |
| 4.2.      | Anforderungen an die Untersuchung zu Aufkommen und Zusammensetzung von festen Siedlungsabfällen, außer Restabfällen aus Haushalten .....           | 42        |
| 4.2.1.    | Anforderungen an die Untersuchungen zu Aufkommen und Zusammensetzung von Bioabfällen, Leichtverpackungen, Glas und Papier, Pappe, Kartonagen ..... | 42        |
| 4.2.2.    | Anforderungen an die Untersuchungen zu Aufkommen und Zusammensetzung von sperrigen Abfällen .....  | 44        |
| 4.2.3.    | Sonstige Abfallarten .....   | 46        |
| <b>5.</b> | <b>Glossar</b> .....   | <b>48</b> |
| <b>6.</b> | <b>Literaturverzeichnis</b> .....  | <b>51</b> |
| <b>7.</b> | <b>Anlagen</b> .....   | <b>52</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Zugriffsebenen bei der Stichprobennahme.....                                  | 37 |
| Abbildung 2: Berücksichtigung der Einwohnerverteilung unterschiedlicher Schichtungen ..... | 41 |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1: Systematik der festen Siedlungsabfälle nach der Siedlungsabfallbilanz des Freistaates Sachsen .....  | 10 |
| Tabelle 2: Erfassungssysteme der festen Siedlungsabfälle .....  | 11 |
| Tabelle 3: Stoffgruppen nach Differenzierungsebenen .....   | 14 |
| Tabelle 4: Stoffgruppen - alternative Zuordnungen .....   | 17 |
| Tabelle 5: Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen .....   | 17 |
| Tabelle 6: Probennahmestrategien .....  | 19 |
| Tabelle 7: Genauigkeitsgrenzen abfallwirtschaftlicher Kenngrößen bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle .....   | 25 |
| Tabelle 8: Hochrechnung der Anzahl der jahreszeitlichen Restabfallkampagnen .....   | 26 |
| Tabelle 9: Schichtung der Bebauungsstruktur in städtischen Entsorgungsgebieten .....  | 34 |
| Tabelle 10: Schichtung der Bebauungsstruktur in ländlichen Entsorgungsgebieten .....  | 34 |
| Tabelle 11: Vergleich der Methoden der Stichprobennahme am Grundstück und mithilfe eines Sammelfahrzeugs.....   | 38 |
| Tabelle 12: Anforderungen an den Stichprobenumfang sowie Anzahl und Zeitpunkt der Kampagnen für Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonagen..... | 43 |
| Tabelle 13: Vergleich der Stichprobennahme sperriger Abfälle am Standplatz und mithilfe eines Sammelfahrzeugs .....   | 44 |
| Tabelle 14: Sichtung und Sortierung von sperrigen Abfällen.....   | 45 |
| Tabelle 15: Übersicht der sonstigen Abfallarten .....   | 46 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                |   |
|----------------|---|
| a              | Jahr  |
| AG             | Auftraggeber  |
| Alu            | Aluminium   |
| a. n. g.       | anderweitig nicht genannte                                      |
| ArbSchG        | Arbeitsschutzgesetz   |
| ArbStättV      | Arbeitsstättenverordnung  |
| AVV            | Abfallverzeichnis-Verordnung                                    |
| Beh.           | Behälter  |
| BGI            | Berufsgenossenschaftliche Information                           |
| BGR            | Berufsgenossenschaftliche Regel                                 |
| BGV            | Berufsgenossenschaftliche Vorschrift                            |
| BiostoffV      | Biostoffverordnung  |
| BS             | Bebauungsstruktur   |
| cm             | Zentimeter  |
| Diff.-Ebene    | Differenzierungsebene   |
| DKR            | Deutsche Gesellschaft für Kreislaufwirtschaft und Rohstoffe mbH |
| E              | Einwohner   |
| EB             | Einzelbehälter  |
| EFH            | Einfamilienhaus   |
| ElektroG       | Elektro- und Elektronikgerätegesetz                             |
| Fe             | Eisen   |
| g              | Gramm   |
| GefStoffV      | Gefahrstoffverordnung   |
| gen.           | genutzt   |
| kg             | Kilogramm   |
| KrWG           | Kreislaufwirtschaftsgesetz                                      |
| k. V.          | keine Verpackungen  |
| KW             | Kalenderwoche   |
| l              | Liter   |
| LAGA           | Länderarbeitsgemeinschaft Abfall                                |
| LK             | Landkreis   |
| LVP            | Leichtverpackungen  |
| m <sup>3</sup> | Kubikmeter  |
| Masse-%        | Masseprozent  |
| max.           | maximal   |
| MFH            | Mehrfamilienhaus  |
| Mg             | Megagramm   |
| mm             | Millimeter  |
| n              | Anzahl  |
| nat.           | natürlich   |
| NE             | Nichteisen  |
| örE            | öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger                         |
| PPK            | Papier, Pappe, Kartonagen                                       |
| rel.           | relativ   |
| Sch            | Schichtung  |
| SPE            | Stichprobeneinheit  |
| spez.          | spezifisch  |

|             |   |
|-------------|---|
| TRBA        | Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe |
| u. Ä.       | und Ähnliches                                   |
| UG          | Untersuchungsgebiet                             |
| V           | Volumen   |
| Var.-Koeff. | Variationskoeffizient                           |
| VerpackV    | Verpackungsverordnung                           |
| Vol.-%      | Volumenprozent                                  |
| w           | Woche   |

# Vorwort

Die Sächsische Sortierrichtlinie aus dem Jahr 1998 war für die sächsischen Landkreise, kreisfreien Städte und Abfallverbände lange Jahre eine gute Grundlage für Sortieranalysen im Bereich ihrer Abfallwirtschaft. Selbst bundesweit fand sie immer wieder Anwendung.

Die Abfallwirtschaft wandelt sich in eine Kreislaufwirtschaft und aus vielen Abfällen sind heute bereits Wertstoffe geworden. Wir sind noch nicht am Ende dieser Entwicklung, denn Rohstoffe sind endlich und wir wollen möglichst viele Abfälle, soweit wir sie nicht vermeiden können, als Sekundärrohstoffe nutzen. Damit leisten wir einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz.

Welche Wertstoffe enthalten unsere Rest- und sperrigen Abfälle noch? Diese Frage haben sich regelmäßig die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zu stellen, wenn es darum geht, Wertstoffe getrennt zu sammeln, um sie hochwertig zu verwerten. Ab 2015 sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz zur getrennten Sammlung von Papier-, Metall-, Kunststoff- und Glasabfällen verpflichtet. Sortieranalysen von Restabfällen und anderen gemischten Abfallfraktionen haben damit an Bedeutung erheblich zugenommen. Für eine Kreislaufwirtschaft mit hoher Qualität sind sie unerlässlich.

Nach 16 Jahren war es an der Zeit, die Sächsische Sortierrichtlinie aus dem Jahr 1998 fortzuschreiben. Dabei haben wir vor allem auf Erfahrungen bei der Anwendung der bisherigen Richtlinie, aber auch auf solche mit entsprechenden Vorschriften anderer Bundesländern zurückgegriffen. Wirtschaftlichkeit und Vereinfachungen bei Erhalt der Wissenschaftlichkeit der Sächsischen Sortierrichtlinie waren unsere Ziele bei der Fortschreibung.

Mein Dank gilt allen Akteuren, die direkt oder indirekt an der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie beteiligt waren.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N. Eichkorn', written over a light blue grid background.

Norbert Eichkorn

Präsident des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

# 1. Zweck und Inhalt der Richtlinie

## 1.1. Zweck

Diese Richtlinie dient der Vereinheitlichung der Sortieranalyse fester Siedlungsabfälle. Die Daten zu Aufkommen und Zusammensetzung von Siedlungsabfällen sollen vergleichbar, fortschreibbar und zusammenführbar sein. Mit der Sächsischen Sortierrichtlinie aus dem Jahr 1998 (nachfolgend „Sächsische Sortierrichtlinie 1998“ genannt) wurde bereits eine gute Basis dafür geschaffen. Die vorliegende Sächsische Sortierrichtlinie von 2014 (nachfolgend „Sächsische Sortierrichtlinie 2014“ genannt) berücksichtigt die geänderten abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie die weitgehende Einführung verursachergerechter Gebührensysteme bei Restabfällen, und neue Anforderungen an die kommunale Abfallwirtschaft aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG), wie die Pflichten zur getrennten Erfassung von Bioabfällen und Wertstoffen sowie Vorgaben für Recyclingquoten.

Sortieranalysen fester Siedlungsabfälle sind die Basis für Abfallwirtschaftskonzepte auf kommunaler Ebene, für den Abfallwirtschaftsplan des Freistaates Sachsen sowie für die Planung von Abfallentsorgungsanlagen. Deshalb sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) in Sachsen aufgefordert, bei zukünftigen Sortieranalysen diese Richtlinie anzuwenden.

Im Einzelnen dient die Sortieranalyse fester Siedlungsabfälle folgenden Zwecken:

- Erhebung von Ausgangsdaten für grundlegende abfallwirtschaftliche Planungen, z. B. Erfüllung abfallrechtlicher Vorgaben bzw. Erreichen abfallwirtschaftlicher Zielstellungen,
- Feststellung von induzierten Veränderungen von Aufkommen und Zusammensetzung von Siedlungsabfällen durch eingeführte abfallwirtschaftliche Maßnahmen (z. B. bei der Wertstoffeffassung) oder infolge geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen,
- Grundlage für Prognosen zur Entwicklung des Aufkommens und der Zusammensetzung von Siedlungsabfällen,
- Planung und Optimierung von Abfallentsorgungsanlagen und
- statistische Auswertungen im Bereich der Abfallwirtschaft.

Die Anforderungen in der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 sind an der Analyse von Restabfällen aus Haushalten ausgerichtet. Die Richtlinie bietet zudem die methodische Grundlage für Abfalluntersuchungen weiterer Abfallarten. Die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 stellt auch weiterhin die methodischen Grundlagen für Abfallanalysen an Abfallentsorgungsanlagen zur Verfügung.

Die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 erfolgte auf Basis der Neubewertung der abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und einer intensiven Diskussion u. a. in einem Fachgespräch mit Erfahrungsträgern. Zur Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 war eine Anzahl von Entscheidungen zu den einzelnen Anforderungen zu treffen. Dieser Prozess ist im Begleitbericht dokumentiert. Der Begleitbericht enthält ergänzend zur Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 weiterführende Informationen zum methodischen Vorgehen bei Abfalluntersuchungen.



## 1.2. Aufbau

Die Struktur der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 lehnt sich an den Aufbau der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 an, um den Anwendern auch in Zukunft eine unkomplizierte Nutzung der Richtlinie zu ermöglichen.

Im Kapitel 2 werden Festlegungen zum Untersuchungsgegenstand, zur Systematik der festen Siedlungsabfälle und zur Zuordnung der Erfassungssysteme zu den festen Siedlungsabfällen getroffen.

Im Kapitel 3 sind die allgemeinen Anforderungen an die Sortieranalyse dargestellt. Beschrieben werden die grundlegenden Anforderungen an die Bestimmung des Aufkommens und der Zusammensetzung der festen Siedlungsabfälle. Die Vorgehensweise bei der Sortierung und Sichtung von Abfällen wird vorgestellt. Das beinhaltet auch die Festlegungen zu den Stoffgruppen in unterschiedlicher Betrachtungstiefe. Grundsätze und Anforderungen an die Gewinnung und das Handling von Proben für eine chemisch-physikalische Analyse werden beschrieben. Die allgemeinen Anforderungen des Arbeitsschutzes bei Sortieranalysen werden dargestellt.

Im Kapitel 4 wird das Vorgehen zur Bestimmung des Aufkommens und der Zusammensetzung dargestellt. Dies erfolgte ausführlich für die Restabfälle im Kapitel 4.1, da hier die meisten Anwendungen der Richtlinie erwartet werden. Soweit bei anderen Abfallarten Abweichungen von den Festlegungen beim Restabfall auftreten, sind diese in Kapitel 4.2 beschrieben.

In den Anlagen der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 werden

- die Abfallarten definiert,
- Beispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Abfallarten und Fragestellungen benannt,
- ein Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen sowie
- ein Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen zur Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung von Sortieranalysen beigelegt und
- eine zusammenfassende Herleitung zum Stichprobenumfang bei Restabfällen aus Haushalten

beschrieben. Anwendungshinweise für die beiden Formulare zur Unterstützung der Vorbereitung und Durchführung von Sortieranalysen werden auf dem Anlagendeckblatt gegeben.

## 2. Festlegung des Untersuchungsgegenstandes

Mit der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 können Aufkommen und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle analysiert werden. In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 wurde die Systematik der Einteilung der festen Siedlungsabfälle der Siedlungsabfallbilanz 2013 [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE 2014] zugrunde gelegt (siehe Tabelle 1). In der Siedlungsabfallbilanz 2013 sind im Anhang die Abfallarten definiert. Zur Anwendung der Sächsischen Sortierrichtlinie wird auf diese Definitionen verwiesen.

**Tabelle 1: Systematik der festen Siedlungsabfälle nach der Siedlungsabfallbilanz des Freistaates Sachsen**

| Abfälle aus privaten Haushalten und Kleingewerbe   |   |
|--|---|
| – Restabfälle  |   |
| – sperrige Abfälle   |   |
| – Bio- und Grünabfälle   | – Bioabfälle (Biotonne)<br>– Grünabfälle  |
| – Wertstoffe<br><i>inkl. den Systemen nach VerpackV überlassenen Verpackungsabfällen aus Haushalten</i>  | – Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)<br>– Glas<br>– Leichtverpackungen (LVP)   |
| – sonstige Wertstoffe  | – Bekleidung, Textilien<br>– Metalle<br>– Kunststoffe<br>– Holz<br>– Reifen<br>– sonstige Wertstofffraktionen a. n. g.  |
| – Problemstoffe (Kleinmengen)  |   |
| Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen   |   |
| – Abfälle von öffentlichen Flächen   | – Garten- und Parkabfälle<br>– Straßenkehricht<br>– Papierkorbabfälle<br>– Marktabfälle<br>– andere nicht biologisch abbaubare Abfälle  |
| – Abfälle aus Gewerbe und Industrie<br><i>über Wechselbehälter/durch Selbstanlieferer separat erfasste Restabfälle, sperrige Abfälle, Holzabfälle, produktionsspezifische Abfälle, Aschen, Schlacken, Krankenhausabfälle, Bioabfälle</i> | – Abfälle aus Gewerbe und Industrie<br>– Bioabfälle aus Gewerbe und Industrie   |
| – Bau- und Abbruchabfälle  | – Boden und Steine<br>– Gemische aus bzw. getrennte Abfallfraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik<br>– Bitumengemische<br>– gemischte Bau- und Abbruchabfälle<br>– sonstige nicht gefährliche Bauabfälle |
| – Abfälle aus Sortier- und Behandlungsanlagen  | – Abfälle aus Sortieranlagen<br>– Abfälle aus Behandlungsanlagen<br>– Abfälle aus Behandlungsanlagen für Bio-, Grün-, Garten- und Parkabfälle<br>– Abfälle aus Behandlungsanlagen für Restabfälle                   |

Eine Übersicht der Erfassungssysteme der Abfallarten zeigt Tabelle 2.

**Tabelle 2: Erfassungssysteme der festen Siedlungsabfälle**

| Abfallart                                   | Erfassungssystem   |
|---|--|
| Restabfälle aus Haushalten                  | Holsystem:<br>- Umleerbehälter<br>- Abfallsäcke  |
| Sperrige Abfälle aus Haushalten und Gewerbe | Holsystem:<br>- Straßensammlungen<br>- Abrufsammlungen<br>Bringsystem:<br>- (Kleinmengen-)Selbstanlieferungen  |
| Bioabfälle aus Haushalten und Gewerbe       | Holsystem:<br>- Umleerbehälter (Biotonne) oder Wechselbehälter<br>- Laubsäcke<br>- Grünabfallsammlungen<br>Bringsystem:<br>- Laubsäcke<br>- Grünabfallsammlungen<br>- (Kleinmengen-)Selbstanlieferungen  |
| Wertstoffe aus Haushalten und Gewerbe       | Holsystem:<br>- Umleer- oder Wechselbehälter<br>- Sacksammlungen<br>- Bündelsammlungen<br>Bringsystem:<br>- Umleer- oder Wechselbehälter für Straßensammlungen<br>(Depotcontainer für Glas-, PPK- und Leichtverpackungen)<br>- (Kleinmengen-)Selbstanlieferungen   |
| Restabfälle aus Gewerbe                     | Holsystem:<br>- Umleerbehälter für Geschäftsabfälle (Restabfälle aus Gewerbe)<br>- Abfallsäcke für Geschäftsabfall<br>- Wechselbehälter für Restabfälle aus dem Gewerbe und Sortierreste aus Anlagen<br>Bringsystem:<br>- Selbstanlieferung von Restabfällen aus dem Gewerbe und Sortierresten aus Anlagen |
| Abfälle von öffentlichen Flächen            | Holsystem:<br>- Wechselbehälter<br>- Papierkorbentleerung<br>- Straßenreinigung<br>Bringsystem:<br>- Selbstanlieferungen   |

# 3. Allgemeine Anforderungen an die Untersuchungen zum Aufkommen und zur Zusammensetzung von Abfällen

## 3.1. Bestimmung des Aufkommens

Das Abfallaufkommen wird bestimmt durch die Verwiegung der Abfallmasse und der Zuordnung der Abfallmasse zu einem definierten Zeitraum. Für abfallwirtschaftliche Planungen wird das Aufkommen durch den Bezug auf die Anzahl der angeschlossenen Einwohner häufig einwohnerspezifisch angegeben, z. B. kg/(E•a).

Die Verwiegung ist im Idealfall als Vollerhebung für die gesamte Grundgesamtheit im festgelegten Zeitraum an der Entsorgungsanlage vorzunehmen. Soweit eine Vollerhebung nicht möglich ist, sind repräsentative Teilerhebungen durchzuführen.

Die Abfallmasse ist durch stichprobenartige, repräsentative Teilverwiegungen an der Entsorgungsanlage oder an den Orten der Abfallbereitstellung zu bestimmen. Teilverwiegungen an den Orten der Abfallbereitstellung sind auch dann erforderlich, wenn eine Abfallart vermischt mit anderen Abfallarten an der Entsorgungsanlage angeliefert wird (z. B. Restabfälle und gewerbliche Abfälle in gemeinsamer Sammlung).

Wenn neben der Abfallmasse auch die Zusammensetzung ermittelt werden soll, ist die Verwiegung am Ort der Sortierung bzw. Sichtung vorzunehmen. Die Untersuchungen auf Masse und Zusammensetzung sollten aus Vergleichs- und Praktikabilitätsgründen zeitgleich durchgeführt werden.

Das Abfallaufkommen wird in den meisten Fällen gemeinsam mit der Zusammensetzung der Abfälle bestimmt. Aus diesem Grund wird für die Stichprobenplanung und -durchführung für die Verwiegung der Abfälle auf die Methoden der Sortierung (siehe Kapitel 3.2.1 bzw. Kapitel 4, je nach Abfallart) und Sichtung (siehe Kapitel 3.2.3 bzw. Kapitel 4, je nach Abfallart) verwiesen.

## 3.2. Bestimmung der Zusammensetzung

Die Abfallzusammensetzung ist in Abhängigkeit von der Abfallart und der Aufgabenstellung durch Sortierung und/oder Sichtung zu bestimmen. Von der Grundgesamtheit der zu analysierenden Abfälle sind stichprobenartig repräsentative Teilmengen zu untersuchen. Die Anforderungen an den Stichprobenumfang werden im Kapitel 4 beschrieben. Die Zusammensetzung der Abfälle ist in definierten Stoffgruppen zu ermitteln. Die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 definiert Stoffgruppen in unterschiedlicher Betrachtungstiefe (erste bis dritte Differenzierungsebene, siehe Kapitel 3.2.4). Stoffgruppenbeispiele für konkrete Aufgabenstellungen und unterschiedliche Abfallarten sind in Anlage 2 benannt.

### 3.2.1. Sortierung

Alle festen Abfallarten können mittels händischer Sortierung auf ihre Zusammensetzung untersucht werden. Gegenüber der Sichtung ist die Sortierung die genauere Untersuchungsmethode. Die Sortierung ist als Regelmethode zur Bestimmung der Abfallzusammensetzung anzuwenden. Um den Aufwand bei der Sortierung von kleinen Abfallbestandteilen zu reduzieren, ist bei der Sortierung von Abfällen mit kleinen Abfallbestandteilen eine Siebung bei den Siebschnitten 10 mm und 40 mm durchzuführen (siehe Kapitel 3.2.2).

### 3.2.2. Siebung

Durch eine Siebung werden Bestandteile der zu untersuchenden Abfälle mit unterschiedlichen Korngrößen in definierte Korngrößenklassen verteilt.

Die Siebung zur Reduzierung des händischen Sortieraufwandes für kleine Abfallbestandteile ist mit Rundlochsieben bei 10 mm und 40 mm durchzuführen.

Für andere Aufgabenstellungen ist die Siebung der Fragestellung anzupassen. Es sind Festlegungen zur der Größe des Siebschnittes, der Art der Lochung, der Siebgeschwindigkeit, der Siebbeladung usw. zu treffen. Als typische Siebschnitte bei abfallwirtschaftlichen Fragestellungen werden 10 mm, 20 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, 120 mm oder 200 mm verwendet.

Für die Siebung können maschinelle Siebaggregate und Flachsiebe eingesetzt werden. Die Qualität der Siebung ist bei beiden Methoden durch erfahrenes Personal zu gewährleisten.

### 3.2.3. Sichtung

Die Sichtung kann alternativ zur Sortierung angewandt werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

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

Die Sichtung ist für Garten- und Parkabfälle, Marktabfälle und gewerblichen Abfälle mit den oben genannten Voraussetzungen geeignet.

Die Sichtung kann bei der Bestimmung der Zusammensetzung von sperrigen Abfällen, mit Einschränkungen in der Qualität der Ergebnisse, angewandt werden. Die Sichtung sperriger Abfälle ist geeignet für:

- eine überschlägige Abschätzung der Zusammensetzung zur Prüfung der Eignung von Behandlungsverfahren bzw. -schritten und
- eine Bestimmung der Funktionalität von einzelnen Teilen der sperrigen Abfälle (im Sinne der Möglichkeit der Wiederverwendung).

Für eine genaue Bestimmung der Zusammensetzung sind die sperrigen Abfälle zu sortieren. Die Sichtung der sperrigen Abfälle nach der Sammlung ist aufgrund der mechanischen Beanspruchung und Zerkleinerung durch die Sammlung nicht zur Bestimmung der Zusammensetzung der sperrigen Abfälle geeignet.

Die Ergebnisse der Sichtung sind im Vergleich zur Sortierung weniger genau. Der subjektive Einfluss bei der Bestimmung des Volumens der einzelnen Abfallbestandteile und die Umrechnung der volumenbezogenen Sichtungsergebnisse in massebezogene Ergebnisse mithilfe geeigneter Dichten beeinflussen das Ergebnis. Die Sichtungen sind durch mindestens zwei Personen vorzunehmen und die Einzelergebnisse hochzurechnen, um den subjektiven Fehler zu minimieren.

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

Die Dichten der gesichteten Abfallbestandteile sind nach den konkreten Bedingungen bei der Sichtung (z. B. Art der Sammlung, Erfassungssystem, Grad der Verpressung) auszuwählen. Die zugrunde gelegten Dichten sind bei der Darstellung der Ergebnisse anzugeben.

### 3.2.4. Stoffgruppen

Für die Bestimmung der Zusammensetzung sind die Abfallarten in ihre Bestandteile (Stoffgruppen) zu zerlegen. Diese Zerlegung hat durch Sichtung (visuelle Zerlegung) oder Sortierung (tatsächliche händische Zerlegung) zu erfolgen.

Der Stoffgruppenkatalog in Tabelle 3 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 die stoffliche Zuordnung u. a. durch Anforderungen von in Kraft getretenen oder geplanten Gesetzen und Verordnungen erweitert.
- In der dritten Differenzierungsebene werden Beispiele für eine weitere Untergliederung gegeben. Die dritte Differenzierungsebene ist erweiterbar.

Der 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. Bei speziellen Aufgabenstellungen, wie bei der Analyse von Bioabfällen zur Beurteilung der Eignung für Verwertungsverfahren, sind Abweichungen möglich. In Anlage 2 sind Analysebeispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Aufgabenstellungen (vertiefende Betrachtung der Verpackungsanteile, vertiefende Betrachtung der Lebensmittelabfälle) und zu den Abfallarten Bioabfall und sperriger Abfall dargestellt.

**Tabelle 3: Stoffgruppen nach Differenzierungsebenen**

| 1. Differenzierungsebene  | 2. Differenzierungsebene                        | 3. Differenzierungsebene   |
|---------------------------|---|--|
| Fe-Metalle                | Fe-Verpackungen                                 | Getränkedosen<br>Konservendosen<br>Fe-Aerosoldosen<br>Umreifungsbänder<br>Sonstige Fe-Verpackungen |
|                           | Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)        | Sonstige Fe-Metalle  |
| NE-Metalle                | NE-Verpackungen                                 | Aluminium-Dosen<br>Aluminium-Aerosoldosen<br>NE-Verschlüsse<br>Sonstige NE-Verpackungen            |
|                           | Sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)        | Sonstige NE-Metalle  |
| Papier, Pappe, Kartonagen | PPK-Verpackungen                                | Papier<br>Pappe<br>Kartonagen<br>Einweggeschirr<br>Sonstige PPK-Verpackungen                       |
|                           | PPK-Druckerzeugnisse und Administrationspapiere | Zeitungen<br>Zeitschriften/Illustrierte<br>Bücher<br>Administrationspapiere                        |

| 1. Differenzierungsebene                                    | 2. Differenzierungsebene   | 3. Differenzierungsebene  |
|---|--|---|
|   |  | Sonstige PPK-Druckerzeugnisse und Administrationspapiere  |
| Papier, Pappe, Kartonagen (Fortsetzung)                     | Sonstige PPK (keine Verpackungen)                                  | Pappmöbel<br>Papiertapeten<br>Sonstige PPK  |
| Glas  | Glas-Verpackungen  | Weißglas<br>Braunglas<br>Grünglas<br>Sonstige Glas-Verpackungen   |
|   | Hohlglas   | Röhrglas<br>Trinkgläser<br>Medizinische Gläser<br>Sonstige Hohlgläser (keine Verpackungen)  |
|   | Sonstiges Glas (keine Verpackungen)                                | Flachglas<br>Sonstige Gläser  |
| Kunststoffe   | Kunststoff-Verpackungen  | Becher<br>Blister<br>Folien > DIN A4<br>Folien < DIN A4<br>Schaumstoffe<br>Hohlkörper<br>Einweggeschirr<br>Umreifungsbänder<br>Polystyrol<br>Sonstige Kunststoff-Verpackungen |
|   | Sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)                          | Folien<br>Fensterrahmen<br>Rohre<br>Dämmmaterial<br>Kunststoffmöbel<br>Sonstige Kunststoffe   |
| Organik (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet) | Küchenabfälle  | Fleisch, Fisch, Knochen<br>Gekochte Speisereste<br>Sonstige Küchenabfälle   |
|   | Gartenabfälle  | Laub<br>Strauchwerk und Baumschnitt<br>Rasenschnitt<br>Schnitt- und Topfblumen<br>Sonstige Gartenabfälle  |
|   | Sonstige Organik   | Biologisch abbaubare Verpackungen<br>Sonstige nicht genannte Organik  |
| Hygienepapiere  | Hygienepapiere   | Taschentücher<br>Küchenkrepp, Servietten<br>Sonstige Hygienepapiere   |
| Holz  | Holz-Verpackungen  | Holz-Verpackungen   |
|   | Sonstiges Holz (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet) | Holzmöbel<br>Sonstige Hölzer  |

| 1. Differenzierungsebene                    | 2. Differenzierungsebene   | 3. Differenzierungsebene  |
|---|--|---|
| Textilien                                   | Bekleidungstextilien   | Bekleidungstextilien  |
| Textilien (Fortsetzung)                     | Sonstige Textilien<br><br>Altschuhe  | Haustextilien (Decken, Handtücher etc.)<br>Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.)<br>Produktionsspezifische Textilien<br>Altschuhe   |
| Mineralstoffe (kein Glas)                   | Keramik/Porzellan<br><br>Sonstige Mineralstoffe  | Keramik/Porzellan-Verpackungen<br>Sonstige Keramik/Porzellan<br>Sonstige Mineralstoffe  |
| Verbunde (komplexe Produkte)                | Verbund-Verpackungen<br><br>Elektro- und Elektronik-Altgeräte<br><br>Verbund-Möbel<br><br>Fahrzeugteile<br>Sonstige Verbunde                         | Papier-Kunststoff-Verbunde<br>Kunststoff-Metall-Verbunde<br>Papier-Metall-Verbunde<br>Getränkekartons<br>Sonstige Verbundverpackungen<br>Gasentladungslampen<br>Sonstige Leuchtmittel<br>Sonstige Elektro- und Elektronik-Altgeräte<br>Polstermöbel<br>Matratzen<br>Sonstige Verbundmöbel<br>Fahrzeugteile<br>Holz-Metall-Verbunde<br>Kunststoff-Metall-Verbunde<br>Holz-Metall-Textilien-Verbunde<br>Sonstige Verbunde |
| Schadstoffbelastete Stoffe (Problemabfälle) | Batterien<br>Akkumulatoren<br>Altmedikamente<br>Altchemikalien<br>Altöhlhaltige Materialien<br>Sonstige schadstoffbelastete Stoffe                   | Batterien<br>Akkumulatoren<br>Altmedikamente<br>Altchemikalien<br>Altöhlhaltige Materialien<br>Sonstige schadstoffbelastete Stoffe  |
| Stoffe, a. n. g.                            | Leder<br><br>Gummi<br><br>Kork<br><br>Hygieneprodukte<br><br>Gefüllte Verpackungen/nicht restentleerte Verpackungen<br><br>Sonstige Stoffe, a. n. g. | Leder-Verpackungen<br>Sonstiges Leder<br>Gummi-Verpackungen<br>Sonstiges Gummi<br>Kork-Verpackungen<br>Sonstiges Kork<br>Windeln<br>Sonstige Hygieneprodukte<br>Organik<br>Sonstige Füllungen<br>Verpackungen<br>Sonstige Stoffe, a. n. g.  |
| Fraktion < 10 mm                            | Fraktion < 10 mm   | Fraktion < 10 mm  |

Beispiele für weitere mögliche Unterteilungen von Stoffgruppen zeigt Tabelle 4:



**Tabelle 4: Stoffgruppen - alternative Zuordnungen**

| Stoffgruppe  | Unterteilung nach  |
|--|--|
| Papier, Pappe, Kartonagen                              | Altpapiersortenliste   |
| Kunststoffverpackungen                                 | Produktspezifikation der DKR   |
| Elektro- und Elektronik-Altgeräte                      | Sammelgruppen des ElektroG   |
| gefüllte Verpackungen/nicht restentleerte Verpackungen | - gefüllte Verpackungen<br>- nicht restentleerte Verpackungen<br>ODER<br>- Lebensmittelverpackungen<br>- sonstige Verpackungen |

Basisanalysen sind mindestens nach den Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene zu analysieren.

### 3.2.5. Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen

Bei der Anwendung des Stoffgruppenkatalogs gelten die in Tabelle 5 beschriebenen Festlegungen bei der Zuweisung zu Stoffgruppen.

**Tabelle 5: Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen**

| Besonderheit   | Definition  | Zuweisung  |
|--|---|--|
| „gefüllte“ bzw. nicht restentleerte Verpackungen   | Verpackungen, deren Inhalt erheblich mehr wiegt als die Verpackung selbst (im Wesentlichen überlagerte Lebensmittel, gefüllte Flaschen, Gläser, etc.)   | der Stoffgruppe „Stoffe, a. n. g.“ zuzuordnen, je nach Aufgabenstellung ist über eine abweichende bzw. weiterführende Zuordnung in der Auswertung zu befinden (z. B. bei Organikanteilen bzw. -potenzialen) <sup>1</sup>   |
| Fraktion < 10 mm im Beutel, wie z. B. Staubsaugerbeutel, Streu aus Kleintierhaltung, Kehricht, Inhalt von Kaffeefiltertüten etc. | Fraktionen < 10 mm, die aufgrund der einfacheren Handhabung im Beutel entsorgt werden   | aufgrund der relativ einfachen Zuordnung sowie des relativ geringen Fehlers direkt der Fraktion < 10 mm zuzuordnen   |
| relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen   | relativ leicht lösbare Verbunde oder trennbare Kombinationsverpackungen, die sich aus verschiedenen relativ leicht lösbaren Bestandteilen zusammensetzen, wie z. B. Zigarettenschachteln, Gebäck- und Pralinschachteln, Gläser bzw. Flaschen mit Schraubverschlüssen, Spraydosen mit Verschlusskappen, Joghurtbecher mit Aludeckel etc. | relativ leicht lösbare Verbunde sowie trennbare Kombinationsverpackungen ab der Größe einer Zigarettenschachtel sind, soweit möglich (unter Berücksichtigung von Verschmutzungen), nach der jeweiligen Stoffgruppe getrennt auszuweisen, entsprechend kleinere Verbunde bzw. Kombinationsverpackungen sind der jeweilig überwiegenderen Stoffgruppe zuzuweisen |
| „reine“ Stoffgruppen größerer Abmessung mit geringen Anteilen anderer Stoffgruppen   | relativ „reine“ Stoffgruppen größerer Abmessung mit einem geringen Anteil (< 20 Masse-%) anderer Stoffgruppen, welche sich nur sehr schwer vom Hauptbestandteil lösen lassen (Bücher mit Kunststoff- oder Ledereinband, Fahrradlenker mit Kunststoffgriff etc.)   | aufgrund der einfacheren Zuordnung sowie des geringen Fehlers direkt der dominierenden Stoffgruppe zuzuordnen  |
| Flüssigkeiten im Sammelgefäß (z. B.  | Flüssigkeiten im Sammelgefäß (im We-  | Zuordnung zur dominierenden Stoffgruppe  |

<sup>1</sup> der durchschnittliche Anteil an „gefüllten bzw. nicht restentleerten Verpackungen“ wird in den Restabfällen auf 2-3 % und weniger als 1 % in den Bioabfällen geschätzt

| Besonderheit  | Definition  | Zuweisung   |
|---|---|---|
| Biotonne)   | sentlichen bei der Biotonne), welche z. B. durch den Eintrag sehr feuchter Abfälle entstehen können   | (i. d. R. Organik), bei Bedarf getrennt auszuweisen   |
| Küchenabfälle bei vertiefender Untersuchung zu Lebensmittelabfällen | Im Rahmen der vertiefenden Untersuchung zur Vermeidbarkeit von Lebensmittelabfällen sind die Küchenabfälle den Lebensmittelabfällen gleichgesetzt | Es erfolgt eine vertiefende Untersuchung der Küchenabfälle/Lebensmittelabfälle in die Fraktionen vermeidbare, nicht vermeidbare und teilweise vermeidbare Lebensmittelabfälle |

### 3.2.6. Chemisch-physikalische Analysen

Die weitere Charakterisierung der Abfälle kann durch chemisch-physikalische Laboruntersuchungen erfolgen. Konkrete Anforderungen an die Analytik finden sich in der LAGA PN 98. Spezielle Anforderungen sind in Anhang 4 AltholzV, Anhang 4 DepV oder Anhang 4 AbfAbIV sowie in verschiedenen DIN-Vorschriften (z. B. DIN EN 14778:2011-09, DIN EN 14899, DIN EN 15442:2011-05, DIN EN 16179:2012-11) enthalten. Die Anforderungen an die Analytik beziehen sich auf Probengewinnung, Probenvolumen, Probenbeschaffenheit, Probenlagerung und -transport sowie Probenaufbereitung/-verjüngung.

Probennahme und Laboruntersuchung sollten nur von sach- und fachkundigem Personal durchgeführt werden (z. B. Erwerb der Sachkunde zur Probennahme nach LAGA PN 98, akkreditiertes Labor nach DIN EN ISO/ICE 17025). Im Vorfeld der Analysen sind Festlegungen zu folgenden Punkten zu treffen:

- Anzahl der zu analysierenden Parameter,
- Probennahmeverfahren,
- Probennahmetechnik,
- Verpackung und Versand der Proben sowie
- benötigte Menge als Rückstellprobe.

Die Anzahl der Laborproben richtet sich u. a. nach dem Volumen der Grundmenge, ungeachtet des Probennahmeverfahrens (z. B. Probennahme aus Haufwerk oder aus bewegten Abfallströmen). Die LAGA PN 98 gibt z. B. bei einem Volumen bis zu 30 m<sup>3</sup> zwei Laborproben vor. Die Genauigkeitsanforderungen an die zu bestimmenden Parameter bestimmen den Probenumfang.

Für die Probennahmestrategie existieren die in Tabelle 6 dargestellten Varianten.

**Tabelle 6: Probennahmestrategien**

| Variante   | Beschreibung  | Bemerkung  |
|------------|---|--|
| Variante a | einzelne Stoffgruppen werden nach stofflicher Ähnlichkeit zu Analysenstoffgruppen zusammengefasst, die Proben je Stichprobeneinheiten werden vermischt und für die Laborprobe verjüngt  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Außerachtlassen von nicht aufschließbaren Stoffen (Metallen), nicht repräsentativ zu beprobenden Stoffgruppen (z. B. Problemstoffe) bzw. nicht relevanten Stoffgruppen (z. B. Metalle bei der Bestimmung organischer Parameter) möglich</li> <li>– Ergebnisse qualitativ sehr hoch</li> <li>– Analytikskosten sehr hoch</li> <li>– Berechnung des Gesamtergebnisses auf Basis der Einzelergebnisse und der Zusammensetzung des Abfalls</li> </ul> |
| Variante b | wie Variante a Gewinnung von Analysenstoffgruppen, Einfrieren der Analysenstoffgruppen, nach Berechnung der Zusammensetzung der Abfälle werden entsprechend der Anteile die Analysenstoffgruppen zu einer Mischprobe vermischt, Verjüngung zur Laborprobe (auch mehrere Proben für das Labor möglich) | <ul style="list-style-type: none"> <li>– technischer Aufwand sehr hoch</li> <li>– Analytikskosten geringer als Variante a</li> <li>– Ergebnisse liegen ggf. später vor, da die Sortierung erst ausgewertet werden muss (Bestimmung der Zusammensetzung des Abfalls)</li> </ul>   |
| Variante c | Gewinnung von Sammelproben aus mehreren Stichprobeneinheiten, Gewinnung der Mischprobe aus den Sammelproben und Verjüngung zur Laborprobe (auch mehrere Proben für das Labor möglich)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– kostengünstige Methode</li> <li>– Genauigkeit der Ergebnisse geringer als bei den Varianten a und b</li> </ul>  |
| Variante d | Entnahme von Einzelproben aus einem Haufwerk und Gewinnung einer Gesamtmischprobe, Homogenisierung der Gesamtmischprobe und Entnahme von mehreren Teilproben für das Labor  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– relevant für Beprobung von Haufwerken</li> </ul>  |

Das Volumen der Laborproben richtet sich nach der Korngröße bzw. der Stückigkeit. Die LAGA PN 98 gibt einige Orientierungswerte vor. Es gilt: je größer die Korngröße, desto größer sollte das Volumen ausfallen. Im Bereich 20-50 mm wird ein Mindestvolumen von 4 l benannt. Stücke mit einer Kantenlänge größer als 120 mm sind als Einzelprobe aufzufassen. Bei Restabfällen ist eine Zerkleinerung der Stoffgruppen bzw. Mischproben aufgrund des Korngrößenspektrums vorzunehmen. Durch die Zerkleinerung darf die Qualität der Probe nicht verändert werden. Verunreinigungen sind auszuschließen.

Folgende Methoden zur Probenverjüngung existieren:

- fraktionierendes Schaufeln,
- Aufkegeln und Vierteln mittels Probenkreuz,
- Schürfschlitze,
- Teilen mittels Probenstecher und
- Riffelteiler/Rotationsteiler.

Die Probengefäße müssen sauber sowie licht- und luftundurchlässig sein. Die Proben sind unverzüglich zur Untersuchungsstelle zu transportieren. Die Zeitspanne zwischen Probennahme und Analyse ist so kurz wie möglich zu halten (tagfrisch). Je nach Analyseparameter sind die Proben kühl zu lagern bzw. einzufrieren.

### 3.2.7. Anforderungen an den Arbeitsschutz

Nach geltenden Arbeitsschutzbestimmungen ist der Durchführende von Abfallanalysen zu Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit und Prävention verpflichtet.

Laut § 7 Biostoffverordnung (BioStoffV) sind vor Arbeitsbeginn Gefährdungsbeurteilungen durchzuführen und entsprechende Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiter abzuleiten. Vor dem Arbeitsbeginn ist anhand von Unterweisungen auf mögliche Gefährdungen hinzuweisen, Schutzmaßnahmen sind zu erläutern.

Neben den bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie den Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind folgende Arbeitsschutzmaßnahmen zu anzuwenden:

- Eine geeignete Arbeitsschutzausrüstung für die mit der Abfalluntersuchung beauftragten Personen ist sicherzustellen. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie schnittsichere, an der Oberseite diffusionsfähige Handschuhe, Atemschutz, Schutzschuhe und ggf. Kopfbedeckung, Schutzbrillen und Gehörschutz.
- Zum Zwecke des Brandschutzes ist ein Handfeuerlöscher bereitzuhalten.
- Eine Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf Tetanus, Diphtherie, Hepatitis A und B sowie Poliomyelitis wird empfohlen.
- Bei Arbeitsunfällen müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie ggf. eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu untersagen.
- Der tägliche Abtransport der sortierten Abfälle ist anzustreben. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.
- Bei der Stichprobennahme bzw. Sortierung vor Ort (im Verkehrsraum) ist Signalkleidung (Warnweste) zu tragen.

Folgende Rechtsvorschriften und Informationsschriften sind bei Sortieranalysen zu beachten:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),
- Biostoffverordnung (BioStoffV),
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV),
- TRBA 214 (Abfallentsorgungsanlagen, auch Sortieranalysen),
- TRBA 220 (Abfallsortieranlagen: Schutzmaßnahmen),
- TRBA 500 (Allgemeine Hygienemaßnahmen),
- BGV A4 (Arbeitsmedizinische Vorsorge),
- BGI 5135 (Sicherheits-Check Entsorgungswirtschaft – Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung),
- BGR 238-1 (Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten der Abfallwirtschaft – Teil 1: Sammlung und Transport von Abfall) und
- Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen (2008): Handlungshilfe zur Umsetzung der Biostoffverordnung – Gefährdungsbeurteilung für Unternehmen der Abfallwirtschaft.

## 3.3. Ermittlung spezifischer abfallwirtschaftlicher Kenngrößen bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle

### 3.3.1. Allgemeines

Kenngrößen, die bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle erhoben werden müssen, sind für abfallwirtschaftliche Planungen von Bedeutung. Als Beispiele sind zu nennen:

- Füllgrad der Behälter [%],
- Bereitstellungsgrad der Behälter [%],
- Abfallmasse je Behälter [kg/Beh.],
- Raum- und Schüttdichte der Abfälle im Behälter [kg/m<sup>3</sup>],
- verfügbares einwohnerspezifisches Behältervolumen [l/(E•Zeiteinheit)],
- beanspruchtes einwohnerspezifisches Behältervolumen [l/(E•Zeiteinheit)],
- Nutzungsgrad des Erfassungssystems [%] sowie
- einwohnerspezifische Abfallmenge [kg/(E•Zeiteinheit)].

Die obigen Kenngrößen können für die folgenden Erfassungssysteme bestimmt werden:

- Sammelbehältergrößen (z. B. 60-l-, 80-l-, 120-l-, 240-l-, 660-l-, 1.100-l-Behälter),
- Abfallsäcke,
- Papierkörbe,
- Depot- und Absetzcontainer,
- Wertstoffhöfe,
- sonstige Systeme (z. B. Holsystem für sperrige Abfälle).

#### 3.3.1.1. Anzahl und Zeitpunkt der Analysen

Kenngrößen, die bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle erhoben werden (siehe Kapitel 3.3.1), sind je Abfallart mehr oder weniger großen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. In Abhängigkeit von der monatlichen Schwankung ist festzulegen, in welcher Form jahreszeitlich versetzte Kampagnen erforderlich sind (Festlegungen siehe Kapitel 4).

Für die einzelnen Kampagnen sind Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, nicht auszuwählen. Gleiches trifft auch für bekannte Einmalereignisse, wie z. B. Stadt- und Gemeindefeste, zu.

#### Folgeuntersuchung

Eine Folgeuntersuchung dient zur Feststellung von Veränderungen der Kenngröße aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Für Folgeuntersuchungen ist entsprechend der Aufgabenstellung der Analyseumfang gesondert festzulegen.

#### 3.3.1.2. Kampagnenzeitraum

Die Kampagne beginnt mit der Aufnahme der Analysetätigkeit vor Ort und endet mit Abschluss der Analysetätigkeit. Bei langen Behälterstandzeiten sind die in der Kampagne betrachteten Abfälle bereits weit vor dem Beginn der Kampagne angefallen. Dies ist bei der Planung der Kampagnen zu berücksichtigen.

### 3.3.1.3. Erfassung von Rahmendaten

Rahmendaten sind alle Informationen die sowohl zur Planung der Sortieranalyse als auch zur Auswertung der erhobenen Daten erforderlich sind. Die Notwendigkeit der Erfassung von Rahmendaten ist im Vorfeld jeder Analyse festzulegen. Folgende Rahmendaten können für die Beantwortung abfallwirtschaftlicher Fragestellungen von Bedeutung sein:

- Daten zur Siedlungsstruktur (aktuelle Gebäude-, Wohnungs- und Einwohnerstatistiken),
- System der Abfuhr,
- einwohnerspezifisches Behältervolumen für Restabfälle,
- Behältergröße,
- Sammeltturnus,
- Systeme der getrennten Sammlung von Bioabfällen, Wertstoffen und anderen Abfallarten,
- Gebührensystem,
- Jahreszeit,
- Anzahl der angeschlossenen Einwohner,
- Heizungsart und
- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit.

Bei Einsatz von Behälterbereitstellungssystemen ist die Anzahl der tatsächlichen Abfahrten bzw. der letzten Abholung vor dem Kampagnenzeitraum, wenn möglich je Behälter oder als Durchschnittswert, zu bestimmen.

### 3.3.1.4. Schichtung der Grundgesamtheit

Heterogene Grundgesamtheiten, wie z. B. beim Restabfall, weisen meist große natürliche Schwankungen auf. Bei einer Schichtung werden homogene Teilgesamtheiten aus einer heterogenen Grundgesamtheit gebildet, mit dem Ziel, Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen. Die Schichtung dient zusätzlich der Varianzreduktion und damit der Verringerung des Stichprobenumfangs. Eine Schichtung ist nur vorzunehmen, wenn die benötigten Rahmendaten schichtungsspezifisch beschafft werden können.

Zur Bildung von Teilgesamtheiten ist ein Parameter nötig, der mit dem Untersuchungsmerkmal korreliert. Als wichtige Parameter mit Einfluss auf abfallwirtschaftliche Kenngrößen sind zu nennen:

- Siedlungs-, Gebiets- oder Bebauungsstruktur,
- Behältergröße,
- Gestaltung der Erfassungssysteme für Bioabfälle und Wertstoffe sowie
- Heizungsart.

Die Schichtung nach Bebauungsstrukturen wird ausführlich Kapitel 4.1.2 (Sortierung der Restabfälle) beschrieben.

Wird der für das Entsorgungsgebiet geplante Gesamtstichprobenumfang (z. B. 24 Stichprobeneinheiten je Kampagne) auf Schichtungen aufgeteilt (z. B. je sechs Stichprobeneinheiten aus vier Bebauungsstrukturen), so wird gewünschte die Aussagegenauigkeit für das Entsorgungsgebiet gewährleistet. Für die Schichtungen ist auf Basis der sechs Stichprobeneinheiten je Kampagne diese Aussagegenauigkeit nicht mehr gegeben. Jedoch können tendenzielle Aussagen gewonnen werden. Für die Gewinnung von Tendenzen ist der Mindestumfang von sechs Stichprobeneinheiten je Schichtung nicht zu unterschreiten.

### 3.3.1.5. Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs

Für die Kenngrößen, die bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle (siehe Kapitel 3.3.1) ermittelt werden, wie z. B.

- Füllgrad und Bereitstellungsgrad der Behälter,
- Raum- und Schüttdichte der Abfälle,
- Abfallmasse je Behälter,
- verfügbares und beanspruchtes einwohnerspezifisches Behältervolumen und
- Nutzungsgrad des Erfassungssystems

liegen keine allgemeingültigen Aussagen vor, aus denen sich ein notwendiger, allgemeingültiger Stichprobenumfang ableiten lässt.

Für Basisanalysen können mit einem Stichprobenumfang von mindestens 30 Behältern je Behälterart/-größe und Schichtung bzw. beim Bereitstellungsgrad von mindestens 200 Standplätzen grundlegende Erkenntnisse gewonnen werden.

Für Aufgabenstellungen mit hohen Genauigkeitsanforderungen (Tourenplanung oder Datenbasis für degressive Gestaltung der Entleerungsgebühren anhand der Abfallbehältergröße) ist der Stichprobenumfang gesondert festzulegen.

### 3.3.1.6. Auswahl der Stichprobeneinheiten

Aus den erfassten Rahmendaten ist eine Auswahlgrundlage für die Stichprobennahme zu erstellen. Aus der Auswahlgrundlage sind die Stichprobeneinheiten anhand des Straßennamens und der Hausnummer nach dem Prinzip der Zufallsauswahl auszuwählen. Alle Elemente der Grundgesamtheit müssen mit der gleichen Wahrscheinlichkeit in die Stichprobe gelangen können, so dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen ist.

Erfolgt die Sammlung der Stichproben mit Abfallsammelfahrzeugen, können aus praktischen Erwägungen die Stichproben fortlaufend beginnend an einer Hausnummer einer Straße gesammelt werden.

Da nicht davon auszugehen ist, dass an allen geplanten Stichprobenadressen tatsächlich Stichproben gewonnen werden können, ist eine ausreichend große Anzahl an Ersatzadressen für die Stichprobennahme vorzusehen. Dies ist z. B. bei Einsatz von Ident-Systemen der Fall, da für die Abfallbehälter nur ein geringer Bereitstellungsgrad zu erwarten ist.

### 3.3.1.7. Technische und personelle Voraussetzungen

Technische und personelle Voraussetzungen sind:

- Waage mit eigener Stromversorgung für die Ermittlung der Masse,
- Messstab oder Gliedermaßstab für die Füllgradbestimmung sowie
- geschultes Personal.

#### **3.3.1.8. Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen**

Die Anforderungen an den Arbeitsschutz sind ausführlich im Kapitel 3.2.6 beschrieben. Bei der Aufnahme von Kenngrößen für die Sammlung von festen Siedlungsabfällen ist vor allem das Tragen von Signalkleidung (Warnwesten) bei der Datenaufnahme vor Ort notwendig.

#### **3.3.1.9. Praktische Durchführung**

Liegen durch Ident-System bzw. Ident-Wäge-System Daten über die tatsächliche Anzahl der Abfuhr der Behälter einer Stichprobenadresse je Jahr vor und ist das Datum der letzten Abfuhr vor dem Kampagnenzeitraum bekannt, kann die Erfassung der Stichprobenadressen, der Behälter und der Einwohner von Stichprobenadressen ohne bereitgestellte Behälter im Rahmen der Stichprobennahme entfallen.

Die Datenaufnahme ist am regulären Abfuhrtag unmittelbar vor der eigentlichen Sammlung der Abfälle an den Grundstücken der Abfallerzeuger durchzuführen. Soweit Abweichungen von dieser Vorgehensweise notwendig sind, ist die geänderte Vorgehensweise zu dokumentieren und bei der Auswertung zu berücksichtigen.

#### **3.3.1.10. Mess- bzw. Darstellungsgenauigkeit**

Für die Genauigkeit der Messungen und Abschätzungen der Kenngrößen bei der Abfallsammlung (Kapitel 3.3.2 bis 3.3.9) sind die Genauigkeitsgrenzen der Tabelle 7 einzuhalten. Soweit diese Anforderungen aufgrund der konkreten Bedingungen bei der Datenaufnahme nicht eingehalten werden können, sind die Abweichungen von den festgelegten Genauigkeitsgrenzen zu dokumentieren.



**Tabelle 7: Genauigkeitsgrenzen abfallwirtschaftlicher Kenngrößen bei der Sammlung fester Siedlungsabfälle**

| Messgröße                                      | Erfassungssystem                  | Messgenauigkeit/Darstellung der Ergebnisse   |
|--|-----------------------------------|--|
| Volumenmessung, 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                   | 20 kg (in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Waage an der Entsorgungsanlage u. Ä.) |
| Raum- und Schüttdichte                         | alle Systeme                      | 1 kg/m <sup>3</sup> bzw. entsprechende Umrechnungen                                  |
| einwohnerspezifisches Behältervolumen          | alle Behältersysteme im Holsystem | 0,1 l/(E•w)  |
| Nutzungsgrad                                   | alle Systeme                      | 1 %  |
| einwohnerspezifische Abfallmasse               | alle Systeme                      | 0,1 kg/(E•a) oder 0,01 kg/(E•w)  |

### 3.3.1.11. Hochrechnung und Bestimmung von Durchschnittswerten

Bei der Berechnung abfallwirtschaftlicher Kenngrößen sind alle Stichprobenbehälter eines Standplatzes (inklusive nicht herausgestellte Behälter) zu berücksichtigen.

Werden im Untersuchungsgebiet Ident-Systeme eingesetzt, ist die Berechnung der einwohnerspezifischen Kenngrößen je Stichprobeneinheit, wie z. B. die einwohnerspezifische Restabfallmenge in kg/(E•a), wie folgt durchzuführen: Die je Stichprobenadresse vorgefundene Restabfallmasse ist auf die Zeitspanne zwischen der letzten Leerung vor dem Kampagnenzeitraum und dem Probennahmetag zu beziehen. Für die Berechnung des einwohnerspezifischen Wertes sind nur die Einwohner derjenigen Stichprobenadressen zu berücksichtigen, bei denen ein Behälter vorgefunden wurde.

Falls das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter einer Stichprobeneinheit nicht bekannt ist, wird zur Bestimmung der einwohnerspezifischen Restabfallmenge die Restabfallmasse der Stichprobeneinheit auf die Summe der Einwohner aller Stichprobenadressen (Adressen mit und ohne bereitgestellte Behälter) und den Sammeltturnus bezogen.

Die Teilergebnisse der Schichtungen sind auf das Entsorgungsgebiet hochzurechnen. Die Grundlagen der Hochrechnung sind in der Auswertung anzugeben, z. B. durch Darstellung der Verteilung der Einwohner des Entsorgungsgebietes auf die Schichtungen.

In Abhängigkeit von der Anzahl der jahreszeitlichen Analysen ist die Hochrechnung der einzelnen Kampagnen auf den Betrachtungszeitraum vorzunehmen. Tabelle 8 zeigt die Hochrechnung am Beispiel der Restabfälle. Für andere Abfallarten sind anhand der Jahresganglinien in den Entsorgungsgebieten geeignete Berechnungsmethoden festzulegen.

**Tabelle 8: Hochrechnung der Anzahl der jahreszeitlichen Restabfallkampagnen**

| Anzahl Kampagnen | Zeitpunkt                                    | Hochrechnung   |
|------------------|--|--|
| 4                | Frühjahr, Sommer, Herbst, Winter             | jede Kampagne je 25 %  |
| 3                | Frühjahr/Herbst, Sommer, Winter              | Frühjahr/Herbst zu 50 %<br>Sommer und Winter je 25 %                                     |
| 2                | vegetationsreiche Zeit, vegetationsarme Zeit | vegetationsreiche Zeit zu 67 %<br>vegetationsarme Zeit zu 33 %<br>oder regional variabel |

### 3.3.1.12. Fehlerquellen, statistische Auswertung

Sortieranalysen können analog zur Methodik bei chemisch-physikalischen Analysen in die Schritte

- Probennahme (Entnahme einer Teilmenge aus der zu untersuchenden Grundgesamtheit),
- Probenaufbereitung (Siebung bei z. B. 10 mm und 40 mm, Sortierung in Stoffgruppen) und
- Analyse (Verwiegung der Stoffgruppe)

eingeteilt werden. In jedem dieser Schritte sind Fehler möglich, wobei nach systematischen und zufälligen Fehlern zu unterscheiden ist.

Zufällige Fehler treten dort auf, wo Stichproben einer Grundgesamtheit entnommen werden (daher auch Stichprobenfehler). Es bleibt eine gewisse Unsicherheit der Ergebnisse, da die Grundgesamtheit nicht vollständig untersucht wurde. Bei Sortieranalysen treten die größten zufälligen Fehler bei der Stichprobennahme auf. Ein weiterer zufälliger Fehler tritt bei der Verjüngung der Stichprobe 10-40 mm auf. Bei fachgerechter Probenteilung ist dieser Fehler deutlich geringer als der zufällige Fehler durch die Stichprobennahme.

Der systematische Fehler bei der Stichprobennahme liegt vorwiegend in der Repräsentativität der Stichprobe. Mit der Festlegung der Stichproben (Anzahl, Untersuchungsgebiete) ist die Repräsentativität für die Grundgesamtheit zu gewährleisten. Die mittlere stoffliche Zusammensetzung der Abfälle ist nach der Probennahme nicht zu verändern. Es darf keine Probenteilung vorgenommen werden, der Einsatz von Drehtrommelfahrzeugen bei der Probensammlung ist auszuschließen. Bei der Probenaufbereitung liegen mögliche systematische Fehler z. B. in der falschen Zuordnung von Stoffgruppen, der Anhaftung von Fremdstoffen an einzelnen Stoffgruppen und dem Feuchtigkeitsübergang innerhalb von Stoffgruppen. Systematische Fehler sind zudem beim Sieben nach Korngrößen sowie bei der Verwiegung der Stoffgruppen möglich. Systematische Fehler sind durch geschultes und erfahrenes Fachpersonal zu vermeiden bzw. zu minimieren.

Die Fehler einer Untersuchung werden durch die Varianz beschrieben. Der Gesamtfehler ergibt sich entsprechend der Fehlerfortpflanzung durch Addition der Einzelvarianzen. Der Gesamtfehler wird maßgeblich von der größten Einzelkomponente bestimmt. In der Praxis wird die belastbare Quantifizierung der einzelnen Fehler meist nicht gelingen bzw. mit unverträglich hohem Aufwand verbunden sein.

Bei Basisanalysen sind die Ergebnisse auf Plausibilität zu prüfen und die Spannbreite der Einzelergebnisse für jede Schichtung darzustellen.

Bei der Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfallmenge ist es durch Auswertung von Wiegescheinen meist möglich, die Abweichung des hochgerechneten Ergebnisses vom wahren Wert zu bestimmen. Der wahre Wert ist die Abfallmenge des Vergleichszeitraumes. Bei Abweichungen des Hochrechnungsergebnisses vom wahren Wert des Entsorgungsgebietes sind die Ergebnisse zu korrigieren. Die Ursachen für mögliche Abweichungen sind zu diskutieren und bei nachfolgenden Kampagnen zu berücksichtigen.

Bei Kenngrößen, für die kein wahrer Wert zur Verfügung steht, ist eine Fehlerdiskussion bzw. statistische Auswertung durchzuführen. Es sind mindestens Mittel-, Median-, Maximal- und Minimalwerte darzustellen, optional kann der Variationskoeffizient angegeben werden.

### 3.3.2. Bestimmung des Füllgrades

#### Definition

Der Füllgrad eines Behälters ist das Verhältnis des von Abfällen beanspruchten Behältervolumens zum Nennvolumen des Behälters.

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

#### Messverfahren und Geräte

Zur Ermittlung des Füllgrades ist bei festen Abfallsammelbehältern mit einem speziellen Messstab die Höhe (in cm) des nicht beanspruchten Behälterraumes (Leerhöhe) zu messen. Der Messstab hat eine ca. 20 x 20 cm große Fußplatte. Der Messstab wird auf die eingeebnete Oberkante der Abfälle im Behälter aufgestellt, ohne den Inhalt zusammenzudrücken. Alternativ ist die Messung durch einen Gliedermaßstab möglich, bei unebener Abfallobersfläche ist die Messung mehrfach vorzunehmen.

Das beanspruchte Behältervolumen in Abhängigkeit von der Leerhöhe (beim Sack von der Länge der „Blume“) ist der Literatur oder den Angaben des Behälterherstellers zu entnehmen. Liegen keine Daten vor, ist durch Ausliterung des Behälters die Funktion zwischen Leerhöhe und beanspruchtem Behältervolumen zu bestimmen. Das Medium (z. B. Wasser oder Styroporkügelchen) zur Ausliterung ist in Abhängigkeit des Materials der Behälter/Säcke auszuwählen (Dehnbarkeit insbesondere von Kunststoffsäcken).

Die gemessene Leerhöhe ist mittels der Funktion zwischen Leerhöhe und beanspruchtem Behältervolumen in beanspruchtes Behältervolumen umzurechnen. Durch Division des beanspruchten Behältervolumens durch das Nennvolumen ist der Füllgrad des beprobten Behälters zu berechnen. Bei der Sacksammlung ist die Länge der „Blume“ des Sackes (Überstand ab der Zuschnürung) aufzunehmen. Bei Zugbandsäcken ist die „Blume“ durch „Umfassen“ selbst zu erzeugen. Bei Depot- und Absetzcontainern kann 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. 120-l-Behälter),
- beanspruchtes Behältervolumen in Abhängigkeit von der Leerhöhe,
- Leerhöhe (Länge der „Blume“) des jeweiligen Behälters bzw. Sackes oder
- geschätztes beanspruchtes Volumen [%] bei Depotcontainern bzw. offenen Absetzcontainern.

Der Füllgrad ist für jede Behälterart und -größe separat zu ermitteln und auszuweisen.

### 3.3.3. Bestimmung des Bereitstellungsgrades

#### Definition

Der Bereitstellungsgrad ist das Verhältnis der vom Nutzer zur Sammlung (Entleerung) bereitgestellten Behälter zu den 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 Zählung in den Untersuchungsgebieten zu ermitteln. Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. 120-l-Behälter) sowie Anzahl der zur Leerung bereitgestellten Behälter eines Standplatzes vor Ort und
- Behälterart und -größe (z. B. 120-l-Behälter) sowie Anzahl der verfügbaren Behälter eines Standplatzes (aus Behälterstatistiken).

### 3.3.4. Bestimmung der Abfallmasse

#### Definition

Die Abfallmasse je Behälter ist die Abfallmasse, die in einem Behälter enthalten ist.

$$\text{Abfallmasse je Behälter} = \text{Masse des gefüllten Behälters} - \text{Masse des Leerbehälters} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{Beh.}} \right]$$

#### Messverfahren und Geräte

Zur Ermittlung der Abfallmasse je Behälter ist die Masse des gefüllten Behälters (brutto) zu bestimmen. Nach der Entleerung ist die Masse des Behälters (Tara) zu wiegen.

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

- Abweichungen von der Taramasseangabe des Herstellers sowie
- Restanhaftungen im Behälter (insbesondere Rest- und Bioabfallbehälter)

kommen.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. 120-l-Behälter) und
- Brutto- und Taramasse der Behälter.

Die Abfallmasse ist für jede Behälterart und -größe separat zu ermitteln und auszuweisen. Alternativ können bei eingesetztem Ident-Wäge-System die Messungen der Abfallmassen am Sammelfahrzeug genutzt werden.

### 3.3.5. Bestimmung der Raum- und Schüttdichte

#### Definition

Die Raumdichte der Abfälle im Sammelbehälter ist die Abfallmasse je Behälter bezogen auf das Behälter-nennvolumen.

$$\text{Raumdichte} = \frac{\text{Abfallmasse je Behälter [kg]}}{\text{Nennvolumen des Behälters [l]}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{l}} \right] \text{ oder auch } \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]; \left[ \frac{\text{Mg}}{\text{m}^3} \right]$$

Die Schüttdichte der Abfälle im Sammelbehälter ist die Abfallmasse je Behälter bezogen auf das beanspruchte Behältervolumen.

$$\text{Schüttdichte} = \frac{\text{Abfallmasse je Behälter [kg]}}{\text{beanspruchtes Behältervolumen [l]}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{l}} \right] \text{ oder auch } \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]; \left[ \frac{\text{Mg}}{\text{m}^3} \right]$$

#### Berechnungsverfahren

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

### 3.3.6. Bestimmung des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens

#### Definition

Das verfügbare einwohnerspezifische Behältervolumen ist das dem Nutzer zur Verfügung gestellte Behältervolumen je Einwohner und Zeiteinheit (z. B. je Woche).

$$\text{verfügbares einwohnerspez. Behältervolumen} = \frac{\text{verfügbares Behältervolumen [l]}}{\text{Einwohner} \cdot \text{Sammeltturnus [E} \cdot \text{Zeiteinheit]}} \left[ \frac{\text{l}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]$$

#### Berechnungsverfahren

Das verfügbare einwohnerspezifische Behältervolumen bestimmt sich aus dem verfügbaren Nennvolumen der Behälter und Container unter Berücksichtigung des Sammeltturnus bezogen auf die angeschlossenen Einwohner. Die Bestimmung ist auf die Summe der Behälter bzw. Einwohner eines Standplatzes beschränkt, da eine eindeutige Zuordnung der Einwohner bei mehreren Behältern je Standplatz oft nicht möglich ist.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. 120-l-Behälter) sowie Anzahl der verfügbaren Behälter eines Standplatzes
- Anzahl der angeschlossenen Einwohner und
- Sammeltturnus.

Die Auswertung der ermittelten Daten ist zunächst für jede einzelne Anfallstelle (Behälterstandplatz) vorzunehmen. Da eine direkte Einwohnerzuordnung erforderlich ist, kann dies zu datenschutzrechtlichen Problemen führen. Alternativ kann für eine einzelne Schicht (z. B. zusammenhängendes Untersuchungsgebiet) ein gemittelter Wert bestimmt werden. Dies gilt auch für die Bestimmung des beanspruchten einwohnerspezifischen Behältervolumens (Kapitel 3.3.7) und der einwohnerspezifischen Abfallmenge (Kapitel 3.3.9).

### 3.3.7. Bestimmung des beanspruchten einwohnerspezifischen Behältervolumens

#### Definition

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

$$\text{beanspr. einwohnerspez. Behältervolumen} = \frac{\text{beanspruchtes Behältervolumen [l]}}{\text{Einwohner} \cdot \text{Sammeltturnus [E} \cdot \text{Zeiteinheit]}} \left[ \frac{\text{l}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]$$

#### Berechnungsverfahren

Das beanspruchte einwohnerspezifische Behältervolumens bestimmt sich aus dem bereitgestellten, beanspruchten Behältervolumen unter Berücksichtigung des Sammeltturnus bezogen auf die angeschlossenen Einwohner. Die Bestimmung ist auf die Summe der Behälter bzw. Einwohner eines Standplatzes beschränkt, da eine eindeutige Zuordnung der Einwohner bei mehreren Behältern je Standplatz oft nicht möglich ist.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. 120-l-Behälter) sowie Anzahl der bereitgestellten Behälter eines Standplatzes,
- Leerhöhe des jeweiligen Behälters bzw. Länge der „Blume“ beim Sack oder
- geschätztes beanspruchtes Volumen bei Depotcontainern bzw. offenen Absatzcontainern,
- Anzahl der angeschlossenen Einwohner,
- Sammeltturnus und
- Bereitstellungsgrad.

Die Hochrechnung hat abhängig davon, ob das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter bekannt oder nicht bekannt ist, entsprechend der Vorgaben des Kapitels 3.3.1.11 zu erfolgen.

### 3.3.8. Bestimmung des Nutzungsgrades des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens

#### Definition

Der Nutzungsgrad ist das Verhältnis des beanspruchten einwohnerspezifischen Behältervolumens zum verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumen.

$$\text{Nutzungsgrad} = \frac{\text{beanspruchtes einwohnerspezifisches Behältervolumen} \left[ \frac{\text{l}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]}{\text{verfügbares Behältervolumen} \left[ \frac{\text{l}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]} [\%]$$

#### Berechnungsverfahren

Zur Ermittlung des Nutzungsgrades ist das beanspruchte einwohnerspezifische Behältervolumen (Vorgehensweise hierzu siehe Kapitel 3.3.7) der beprobten Behälter und Container durch das verfügbare einwohnerspezifische Behältervolumen zu teilen. Der Nutzungsgrad entspricht dem Produkt aus Füllgrad und Bereitstellungsgrad.

### 3.3.9. Bestimmung der einwohnerspezifischen Abfallmenge

#### Definition

Die einwohnerspezifische Abfallmenge ist die erfasste Masse in kg je Einwohner und Zeiteinheit, z. B. je Woche oder je Jahr.

$$\text{einwohnerspezifische Abfallmenge} = \frac{\text{Abfallmasse [kg]}}{\text{Einwohner} \cdot \text{Zeitraum [E} \cdot \text{Zeiteinheit]}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]$$

#### Berechnungsverfahren

Zur Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfallmenge ist die Abfallmasse je Behälter (siehe Kapitel 3.3.4) sowie die Behälterstandzeit der beprobten Behälter auf die an die Behälter angeschlossenen Einwohner zu beziehen und auf einen Wochen- oder Jahreswert zu normieren. Die Bestimmung ist auf die Summe der Behälter bzw. Einwohner eines Standplatzes beschränkt, da eine eindeutige Zuordnung der Einwohner bei mehreren Behältern je Standplatz oft nicht möglich ist.

Aufzunehmen sind folgende Daten:

- Behälterart und -größe (z. B. 120-l-Behälter) sowie Anzahl der jeweiligen Behälter eines Standplatzes,
- Bruttomasse der Behälter je Standplatz,
- Taramasse der Behälter je Standplatz,
- Anzahl der angeschlossenen Einwohner und
- Behälterstandzeit.

#### Auswertung

Die Hochrechnung hat in Abhängigkeit davon, ob das Datum der letzten Leerung aller beprobten Behälter bekannt oder nicht bekannt ist, entsprechend der Vorgaben des Kapitels 3.3.1.11 zu erfolgen.

In den meisten Fällen wird die einwohnerspezifische Abfallmenge in Verbindung mit der Sortierung von Abfällen bestimmt. Am Beispiel der Restabfälle ist in Kapitel 4.1.10.3 die Berechnung und Hochrechnung über verschiedene Schichtungen beschrieben.

# 4. Anforderungen an die Untersuchung zu Aufkommen und Zusammensetzung von Abfällen

## 4.1. Anforderungen an die Untersuchung zu Aufkommen und Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten

### 4.1.1. Bestimmung des Aufkommens

Das Restabfallaufkommen wird aus der Masse der Restabfälle und der Zuordnung der Abfallmasse auf einen definierten Zeitraum bestimmt. Für abfallwirtschaftliche Planungen wird das Aufkommen durch den Bezug auf die Anzahl der angeschlossenen Einwohner häufig einwohnerspezifisch ausgedrückt, z. B. in  $\text{kg}/(\text{E}\cdot\text{a})$ .

Eine Vollerhebung der Masse der Restabfälle aus Haushalten ist meist nicht realisierbar, da Restabfälle aus Haushalten und Gewerbe vermischt an der Entsorgungsanlage angeliefert werden. Die Masse der Restabfälle aus Haushalten kann wie folgt bestimmt werden:

- über den Anteil der Restabfälle aus Haushalten bzw. aus Gewerbe am bereitgestellten Behältervolumen oder
- durch Berücksichtigung von Einwohnergleichwerten für das Gewerbe.

### 4.1.2. Bestimmung der Zusammensetzung

Die Zusammensetzung der Restabfälle aus Haushalten ist entsprechend der Festlegung in Kapitel 3.2 zu bestimmen. Für Restabfälle aus Haushalten ist die Methode der Sortierung anzuwenden. In den Kapiteln 4.1.3 bis 4.1.10 werden die Anforderungen an die Restabfallsortieranalysen formuliert.

### 4.1.3. Anzahl, Zeitpunkt und Umfang der Sortierkampagnen

Der notwendige Stichprobenumfang der Grundgesamtheit bzw. der Teilgesamtheit ist von den Genauigkeitsanforderungen an die zu erzielenden Ergebnisse, den Anforderungen an die statistische Sicherheit der Ergebnisse und der natürlichen Streuung der Grundgesamtheit abhängig. In der Anlage 5 ist die Herleitung zum Stichprobenumfang unter Berücksichtigung dieser Faktoren dargestellt.

Restabfallaufkommen und -zusammensetzung sind jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Diese Schwankungen werden überwiegend durch Gartenabfälle in der Vegetationsperiode sowie durch Asche aus festbrennstoffbeheizten Haushalten in der Heizungsperiode verursacht.

Die Bebauungsstrukturen beeinflussen ebenfalls Restabfallkommen und -zusammensetzung, da sich das Verhalten der Abfallerzeuger in den Bebauungsstrukturen unterscheidet.

Mit einer ausreichenden Anzahl an Stichproben ist zu gewährleisten, dass die Analysen statistisch abgesichert sind. Folgende Mindestanforderungen sind für eine Basisanalyse einzuhalten:

- **mindestens zwei jahreszeitlich versetzte Sortierkampagnen** (mindestens eine Analyse in der Vegetationsperiode und eine Analyse außerhalb der Vegetationsperiode) **und**
- **mindestens drei Schichtungen** (i. d. R. nach Bebauungsstrukturen) **und**
- **mindestens sechs Einzelstichproben** (1.100-l-Behälter) je Schichtung **und**
- **mindestens 48 Einzelstichproben** je Basisanalyse.



Den Mindestanforderungen für Basisanalysen werden beispielsweise zwei jahreszeitlich versetzte Kampagnen bei vier Schichtungen (48 Einzelstichproben) oder drei jahreszeitlich versetzte Kampagnen bei drei Schichtungen (54 Einzelstichproben) gerecht.

Mit den Mindestanforderungen für Basisanalysen und der Berücksichtigung einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % kann eine relative maximale Zufallsabweichung von 10 % für die Gesamtmenge der Stichprobe und auch für mengenrelevante und regelmäßig anfallende Stoffgruppen im Restabfall, wie die „Organik“, eingehalten werden.

Für unregelmäßig anfallende Stoffgruppen, wie z. B. „Sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)“, sind deutlich höhere Stichprobenumfänge erforderlich, um diese Genauigkeitsanforderungen einzuhalten.

Die Anlage 5 zeigt die Berechnungsgrundlagen des Stichprobenumfanges in Abhängigkeit des Variationskoeffizienten. Für ausgewählte Stoffgruppen sind in Anlage 5 Variationskoeffizienten zur Orientierung angegeben. Diese können jedoch in den jeweiligen Entsorgungsgebieten aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen stark variieren.

Für Sortierkampagnen sind Wochen, die von Feiertagen oder Ferienzeiträumen beeinflusst werden, von der Auswahl auszuschließen. Gleiches trifft für planbare Einmalereignisse, wie z. B. Stadt- und Gemeindefeste, zu.

### **Folgeuntersuchung**

Eine Folgeuntersuchung dient der Feststellung von Veränderungen der Kenngröße aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher (z. B. bei Pilotvorhaben) oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen. Für Folgeuntersuchungen ist der Analyseumfang gesondert festzulegen.

#### **4.1.4. Schichtung nach Bebauungsstrukturen und sonstigen Faktoren**

Die Schichtung des gesamten Entsorgungsgebietes nach charakteristischen Merkmalen erfolgt mit dem Ziel, bei gleichbleibender Ergebnisgenauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren. Mit dieser Vorgehensweise können zusätzlich zur gesicherten Aussage zu Aufkommen und Zusammensetzung von Restabfällen für das gesamte Entsorgungsgebiet (Grundgesamtheit) Tendenzen für die jeweiligen Schichtungen gewonnen werden.

Bei Restabfallsortieranalysen ist nach Bebauungsstrukturen zu schichten. Typische Schichtungskriterien nach Bebauungsstrukturen sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 dargestellt. Abweichend davon können unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten in den Entsorgungsgebieten auch andere Zuordnungen vorgenommen werden.

**Tabelle 9: Schichtung der Bebauungsstruktur in städtischen Entsorgungsgebieten**

| <b>vier Schichtungen</b>                     | <b>Beschreibung</b>  |
|--|--|
| Großwohnanlagen (BS1)                        | fünf- und mehrgeschossige Wohnbebauung mit weitgehend anonymer Abfallentsorgung, geringer Anteil an Grünfläche (insbesondere Bäume und Sträucher), überwiegend 1.100-l-Behälter (vereinzelt 240-l-Behälter), meist eingehauste Standplätze, zum Teil Müllschleusen |
| geschlossene Mehrfamilienhausbebauung (BS 2) | Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, dichte Bebauung mit geringem Anteil an Grünflächen, überwiegend 240-l-Behälter, oft eingehauste Standplätze, ggf. hoher Gewerbeanteil                                  |
| offene Mehrfamilienhausbebauung (BS 3)       | Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, offene Bebauung mit hohem Anteil an Grünfläche, überwiegend 240-l-Behälter, oft eingehauste Standplätze, ggf. hoher Gewerbeanteil                                      |
| Ein- und Zweifamilienhäuser* (BS 4)          | Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern   |

\* ggf. weitere Unterteilung nach unterschiedlichem Anteil an Grünfläche (z. B. bei relevantem Anteil von Eingemeindungen mit altländlicher Struktur) sinnvoll

**Tabelle 10: Schichtung der Bebauungsstruktur in ländlichen Entsorgungsgebieten**

| <b>vier Schichtungen</b>                                  | <b>Beschreibung</b>  |
|---|--|
| Großwohnanlagen (BS 1)                                    | fünf- und mehrgeschossige Wohnbebauung mit weitgehend anonymer Abfallentsorgung, geringer Anteil an Grünfläche (insbesondere Bäume und Sträucher), überwiegend 1.100-l-Behälter (vereinzelt 240 l-Behälter), meist eingehauste Standplätze, zum Teil Müllschleusen   |
| städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung (BS 2/3) | Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang, dichte und offene Bebauung mit unterschiedlichem Anteil an Grünflächen, überwiegend 240-l-Behälter, oft eingehauste Standplätze, ggf. hoher Gewerbeanteil  |
| alt-ländliche Struktur (BS 4.1)                           | Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke unterschiedlicher Größe in gewachsener Struktur, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern  |
| neu-ländliche Struktur (BS 4.2)*                          | Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke im Vergleich zur alt-ländlichen Struktur meist kleiner und geringerer Grünflächenanteil, überwiegend in einem Zug errichtete „Wohnparks“ bzw. „Neubausiedlungen“, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern (vergleichbar mit Ein- und Zweifamilienhausbebauung in städtischen Entsorgungsgebieten) |

\* soweit relevant

Neben der Schichtung nach Bebauungsstrukturen können weitere Schichtungen für die Beantwortung von Fragestellungen von Bedeutung sein. Einfluss auf die einwohnerspezifische Restabfallmenge und -zusammensetzung üben aus:

- Vorhandensein einer Biotonne bzw. Eigenkompostierung und
- Größe des Restabfallsammelbehälters.

Weitere Schichtungskriterien können sein:

- Sammeltturnus,
- Wertstoffsammlung im Hol- und/oder Bringsystem,
- Art der Erfassung (konventionelle Behältersysteme, Müllschleusensysteme) und
- Art des Heizungssystems.

#### 4.1.5. Erfassung von Rahmendaten

Rahmendaten sind alle Informationen, die zur Planung und Auswertung der Sortieranalyse, zur Beantwortung besonderer Fragestellungen und zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen notwendig sind. Welche Rahmendaten tatsächlich zu erheben sind, hängt von folgenden Faktoren ab:

- Methode der Stichprobennahme,
- Vorhandensein von Daten (z. B. Verteilungsschlüssel zu den Bebauungsstrukturen aus vorhandenen Analysen) sowie
- Fragestellung(en), mit der die Abfalluntersuchung verbunden ist.

Im Vorfeld der Abfalluntersuchungen sind Festlegungen zur Erfassung von Rahmendaten zu treffen. Anhaltspunkte dazu gibt das Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen in Anlage 3. Folgende Rahmendaten werden im Regelfall benötigt:

- allgemeine abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen des Untersuchungsgebietes (Gebührensysteem, Grobskizzierung der abfallwirtschaftlichen Erfassungssysteme),
- Restabfallbehälterverzeichnis aller Grundstücke des Untersuchungsgebietes zur Stichprobenplanung, welches Anzahl und Größe der aufgestellten Behälter, Abfuhrtage und Sammeltturnus enthält,
- Zeitpunkt der letzten Behälterentleerung sowie
- Gesamteinwohnerzahl des Entsorgungsgebietes, Einwohnerzahlen der Schichtungen sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit.

Weiterführende Rahmendaten können sein:

- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit,
- Daten zur Siedlungsstruktur (Volkszählungen, Gebäude- und Wohnungszählungen u. Ä.),
- Schwankungen der Einwohnerzahlen in Abhängigkeit von der Jahreszeit (z. B. Urlaubsgäste in Fremdenverkehrsgebieten, abwesende Einwohner in Ferienzeiten, Pendler, Studenten),
- Behältergrößen/-arten unter Beachtung der Anzahl der angeschlossenen Einwohner,
- Heizungsart,
- Entfernung des Entsorgungsgebietes zum Wertstoffhof,
- angebotene Wertstoffbehälter (Glas, Leichtverpackungen, Papier, Pappe, Kartonagen) oder Bioabfallbehälter im Hol- oder Bringsystem,
- Umfang und Förderung der Eigenkompostierung,
- Organisation der Abfuhr von sperrigen Abfällen, Elektro- und Elektronik-Altgeräten und anderen Abfällen bzw. Entsorgungsmöglichkeiten für Problemabfälle,
- Höhe und Staffelung der Abfallgebühren für Abfallarten aus Haushalten.

#### 4.1.6. Auswahl der Stichprobeneinheiten

Eine Stichprobeneinheit umfasst ein Abfallvolumen von ca. 1 m<sup>3</sup>. Mehrere kleinere Restabfallbehälter bilden eine Stichprobeneinheit, wenn die Summe ihrer Abfallvolumina ca. 1 m<sup>3</sup> entspricht. Zur Gewinnung einer Stichprobeneinheit werden in Abhängigkeit vom Volumen und dem Füllgrad unterschiedliche viele der an den Grundstücken bereitgestellten Restabfallbehälter benötigt.

Die Bildung kleinerer Stichprobeneinheiten (z. B. 240 l) ist nur zulässig, wenn spezielle Fragestellungen eine angepasste Methodik erfordern. Dies gilt nicht für Basisanalysen.

Bei der Stichprobennahme am Grundstück sind nur die kompletten Inhalte von Abfallbehältern als Stichprobe zu nehmen.

Aus den Rahmendaten ist eine Auswahlgrundlage für die Stichprobennahme zu erstellen. Daraus sind die Stichprobeneinheiten anhand des Straßennamens und der Hausnummer entsprechend des notwendigen Stichprobenumfangs nach dem Prinzip der Zufallsauswahl auszuwählen. Alle Elemente der Grundgesamtheit müssen mit der gleichen Wahrscheinlichkeit in die Stichprobe gelangen können, so dass die Auswahl frei von subjektiven Einflüssen ist.

Erfolgt die Sammlung der Stichproben mit Abfallsammelfahrzeugen, können aus praktischen Erwägungen die Stichproben fortlaufend, beginnend an einer Hausnummer einer Straße, gesammelt werden.

Ersatzadressen für die Stichprobeneinheiten sind im Vorfeld auszuwählen. Bei Bereitstellungssystemen liegt teilweise nur ein geringer Behälterbereitstellungsgrad vor.

#### **4.1.7. Festlegung der Stoffgruppen**

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten sind die Massenanteile der Stoffgruppen gemäß Kapitel 3.2.4 zu ermitteln. Die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene sind obligatorisch. Die Stoffgruppen der zweiten und dritten Differenzierungsebene sind wahlweise in Abhängigkeit von der speziellen Fragestellung der Untersuchung anzuwenden. Die Sortierung der Fraktion 10-40 mm ist mindestens nach den Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene vorzunehmen.

Anlage 2 zeigt ein Beispiel für die Stoffgruppen bei der Restabfallsortierung, wenn die in den Restabfällen enthaltenen Wertstoffe auf den Verpackungsanteil hin untersucht werden sollen.

#### **4.1.8. Technische und personelle Voraussetzungen**

##### **Technische Voraussetzungen**

- Sortierhalle (überdacht, windgeschützt und mit Stromanschluss),
- Fahrzeug für das Einsammeln und Transportieren der Stichprobenbehälter,
- Behälter für die Stichproben,
- maschinelles Siebaggregat oder Sortiertisch(e) mit Rundlochung bei 10 mm und 40 mm,
- Behälter für die sortierten Stoffgruppen,
- Waage(n),
- Container für die Zwischenlagerung der sortierten Stichproben sowie
- ggf. Probennahmebehälter für den Fall chemisch-physikalischer Analysen.

##### **Personelle Voraussetzungen**

- Sortierleiter mit Sortiererfahrung und
- geschulte Sortierkräfte.

#### **4.1.9. Arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen**

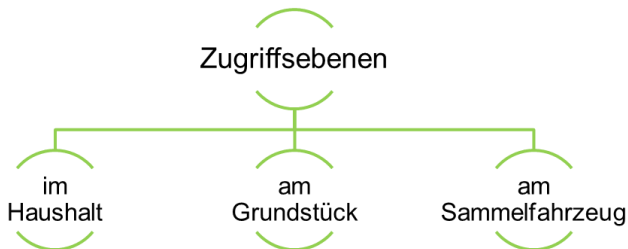
Die Anforderungen an den Arbeitsschutz sind in Kapitel 3.2.6 formuliert. Bei der Sortierung von Restabfällen ist darauf zu achten, dass Abfälle aus dem medizinischen Bereich (Kanülen) enthalten sind und die Gefahr von Stichverletzungen besteht.

Bei Sortierungen in Entsorgungsanlagen ist gemeinsam mit dem Anlagenbetreiber zu gewährleisten, dass die Sortierung außerhalb von Fahrwegen stattfindet und das Sortierpersonal sich nicht im Bereich der Fahrwege aufhält. Bei Probenahme im Annahmehbereich der Entsorgungsanlage (Abfallbunker) sind die Mitarbeiter mit entsprechender Signalbekleidung auszustatten.

#### 4.1.10. Stichprobenuntersuchung

##### 4.1.10.1. Methode zur Stichprobennahme

Der Zugriff auf die zu untersuchenden Abfälle kann auf folgenden Ebenen erfolgen (siehe Abbildung 1):



**Abbildung 1: Zugriffsebenen bei der Stichprobennahme**

Die Zugriffsebene „im Haushalt“ verbietet sich für Basisanalysen aufgrund des direkten Kontaktes mit dem Abfallerzeuger und einer damit verbundenen möglichen Beeinflussung des Abfallverhaltens für eine repräsentative Stichprobennahme. Ungeachtet dieser Einschränkung kann die Stichprobennahme im Haushalt jedoch bei ganz speziellen Fragestellungen zum Einsatz gelangen. Eine solche Fragestellung kann der direkte Nachweis der Abfalltrennung beim Abfallerzeuger sein.

Der Zugriff auf die Abfälle hat bei Basisanalysen „am Grundstück“ bzw. „am Sammelfahrzeug“ zu erfolgen. Die Vor- und Nachteile der Methoden zeigt Tabelle 11.

**Tabelle 11: Vergleich der Methoden der Stichprobennahme am Grundstück und mithilfe eines Sammelfahrzeugs**

|              | <b>Stichprobennahme am Grundstück</b>  | <b>Stichprobennahme mit Sammelfahrzeug und Stichprobenmenge = Sortiermenge</b>   | <b>Stichprobennahme mit Sammelfahrzeug und Stichprobenmenge &gt;&gt; Sortiermenge</b>   |
|--------------|--|--|---|
| Beschreibung | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Austausch der Behälter oder Umleerung der Behälterinhalte in Stichprobennahmebehälter</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswahl von Gebieten je Schichtung, Begleitung der Touren (Aufnahme behälterspezifischer Daten)</li> <li>– einwohnerspezifische Abfallmenge bestimmt über Gesamtmasse, angeschlossene Einwohner und Behälterstandzeit der geleerten Tonnen</li> <li>– Sortierung des gesamten abgelagerten Haufwerks</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswahl von Gebieten je Schichtung, Begleitung der Touren (Aufnahme behälterspezifischer Daten)</li> <li>– einwohnerspezifische Abfallmenge bestimmt über Gesamtmasse, angeschlossene Einwohner und Behälterstandzeit der geleerten Tonnen</li> <li>– Stichprobennahme zur Sortierung aus abgelagertem Haufwerk</li> </ul> |
| Vorteile     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswertung der Stichprobeneinheiten ist unverfälscht möglich (Statistik)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– einfache, nachvollziehbare Vorbereitung, Probennahme und Begleitung kann mit geringerem Aufwand realisiert werden</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– deutlich größere Stichprobenmenge ist realisierbar (besseres Ergebnis bei der Bestimmung der einwohnerspezifischen Mengen)</li> <li>– einfache, nachvollziehbare Vorbereitung, Probennahme und Begleitung kann mit geringerem Aufwand realisiert werden</li> </ul>   |
| Nachteile    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– hoher personeller und zeitlicher Aufwand</li> <li>– ggf. bedenklich bei Umleermethode in Bezug auf Hygiene und Arbeitsschutz</li> <li>– Austauschmethode bei Transponder am Behälter nicht anwendbar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– statistische Kennwerte der Stichprobeneinheiten (Min-/Max-Werte der Stoffgruppen) werden beeinflusst</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– statistische Kennwerte der Stichprobeneinheiten (Min-/Max-Werte der Stoffgruppen) werden beeinflusst</li> <li>– hohe Anforderungen an Stichprobennahme aus Haufwerk (Entmischung der Einzelproben, ggf. verschobenes Korngrößenspektrum)</li> </ul>  |

In Abhängigkeit von den regionalen Bedingungen ist eine der in Tabelle 11 genannten Methoden zur Stichprobennahme zu nutzen. Die Stichprobennahme ist in der Auswertung zu dokumentieren (Hinweise zur Dokumentation siehe Anlage 4).

Die Stichprobenadressen, die Anzahl der beprobten Behälter und bei Massebestimmungen die Wiegeergebnisse vor Ort sind zu protokollieren. Die Anzahl der an die Behälter angeschlossenen Einwohner ist im Vorfeld oder im Nachgang der Beprobung zu bestimmen. Weiterhin sind die Massen der Stichproben zu ermitteln. Ungeeignete Stichprobeneinheiten sind durch die ausgewählten Ersatzadressen zu ersetzen. Bei geringen Bereitstellungsgraden sind die gewählten Stichprobenadressen um ausreichende Ersatzadressen zu ergänzen.

In der kommunalen Sammlung von Restabfällen aus Haushalten ist ein geschätzter Anteil von 5-10 % aus dem kleingewerblichen Bereich enthalten. Je nach Aufgabenstellung sind in der genannten Größenordnung ggf. zusätzlich Behälter aus dem kleingewerblichen Bereich mit zu beproben. Die Festlegung dazu ist zu dokumentieren.

Sind Restabfallbehälter zu beproben, welche mehrmals die Woche entleert werden, so ist die Stichprobennahme auch mehrmals die Woche vorzunehmen.

#### 4.1.10.2. Sortierung der Restabfälle

Die Restabfälle sind vor der Sortierung bei 10 mm und 40 mm zu sieben. Für die Siebung können wahlweise maschinelle Siebaggregate oder Sortiertische (beide mit Rundlochung) eingesetzt werden (siehe auch Kapitel 3.2.2). Aus der Fraktion 10-40 mm ist eine repräsentative Teilmenge zur Sortierung zu entnehmen. Dies kann z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes mittels Probenkreuz erfolgen (methodische Beschreibung siehe LAGA PN 98 [LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL 2004]). Für Basisanalysen sind mindestens 5 l je Stichprobeneinheit<sup>2</sup> zu entnehmen. Bei Fragestellungen, die die Zusammensetzung der Fraktion 10-40 mm betreffen, sind mindestens 20 l je Stichprobeneinheit erforderlich.

Die Fraktion < 10 mm stellt gemäß Kapitel 3.2.4 eine Stoffgruppe dar. Eine Sortierung ist nicht durchzuführen.

Die Teilmenge der Fraktion 10-40 mm ist bei Restabfallsortierungen mindestens nach den Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene, je nach Aufgabenstellung auch tiefergehender, zu sortieren. Die Fraktion > 40 mm ist gemäß Kapitel 3.2.4 in Stoffgruppen der ersten und ggf. zweiten und dritten Differenzierungsebene zu sortieren. Die Ergebnisse sind pro Stichprobeneinheit (1.100-l-Behälter) nach Siebung, Sortierung und Verwiegung wie folgt zu protokollieren:

- Fraktion < 10 mm,
- Fraktion 10-40 mm nach Stoffgruppen und
- Fraktion > 40 mm nach Stoffgruppen.

Die Ergebnisse der Fraktion 10-40 mm sind hochzurechnen, da nur Teilmengen analysiert werden. Die Anteile der gesiebten Fraktionen (Korngrößenverteilung) sind anzugeben.

#### 4.1.10.3. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

##### Sortierergebnisse

Die wichtigsten Rahmenbedingungen der Sortieranalyse sind zu dokumentieren. Dazu kann das „Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen von Sortieranalysen“ (Anlage 4) genutzt werden, z. B. als Anlage zum Sortierbericht.

Für jede Schichtung ist die gesamte sortierte Restabfallmenge und die Anzahl der beprobten Restabfallbehälter anzugeben. Die Untersuchungsgebiete sind kurz zu beschreiben.

Die gemäß Kapitel 4.1.10.2 protokollierten Ergebnisse sind für jede Stichprobeneinheit prozentual (Masse-%) anzugeben, unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufgabenstellung auch absolut (z. B. in kg) bzw. einwohnerspezifisch (z. B. in kg/(E•a)).

Für jede Schichtung (z. B. sechs Stichprobeneinheiten) ist eine statistische Charakterisierung der Stoffgruppen mindestens durch die Angaben Mittel-, Median-, Minimal- und Maximalwert vorzunehmen. Weiterführende statistische Auswertungen sind bei Bedarf durchzuführen (z. B. Angabe des Variationskoeffizienten).

##### Bestimmung der einwohnerspezifischen Restabfallmengen und Hochrechnung der Ergebnisse auf das Entsorgungsgebiet

Die einwohnerspezifischen Restabfallmengen sind in folgenden Schritten zu bestimmen und auf das Entsorgungsgebiet (Grundgesamtheit) hochzurechnen.

<sup>2</sup> bei 48 Stichprobeneinheiten einer Basisanalyse ergibt sich für die Fraktion 10-40 mm ein in Summe zu sortierendes Volumen von 240 l

## ■ Schritt 1: Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfallmenge je Schichtung

### ■ bei unregelmäßig bereitgestellten Behältern (Einsatz von Ident-/Ident-Wäge-Systemen)

Bei Vorlage der Abfallmassen der einzelnen Behälter (durch Verwiegung oder Auswertung von Daten von Ident-Wäge-Systemen) ist die Berechnung über die Behältermasse und die Behälterstandzeit jedes einzelnen beprobten Behälters vorzunehmen:

$$\text{einwohnerspezifische Abfallmenge}_{\text{Sch}} = \frac{\sum \frac{\text{Abfallmasse}_{\text{EB}}}{\text{Behälterstandzeit}_{\text{EB}}}}{\text{Einwohnerzahl}_{\text{Sch}}}$$

Liegen für die einzelnen Behälter keine Angaben zur Abfallmasse vor und wurde die Abfallmasse nur für die gesamte Stichprobe bestimmt, ist die Berechnung über das genutzte Behältervolumen und die Behälterstandzeit jedes einzelnen beprobten Behälters vorzunehmen:

$$\text{einwohnerspezifische Abfallmenge}_{\text{Sch}} = \frac{\text{Masse}_{\text{Sch}}}{\sum \text{gen. Behältervolumen}_{\text{EB}}} \cdot \frac{\sum \frac{\text{gen. Behältervolumen}_{\text{EB}}}{\text{Behälterstandzeit}_{\text{EB}}}}{\text{Einwohnerzahl}_{\text{Sch}}}$$

Im Begleitbericht sind die verschiedenen Möglichkeiten der Berechnung der einwohnerspezifischen Restabfallmengen diskutiert und die Abweichungen der ermittelten Werte vom wahren Wert dargestellt und bewertet. Mit der oben genannten Formel lassen sich für die einwohnerspezifische Restabfallmenge Werte berechnen, welche 1-2 % vom wahren Wert (bei einer Stichprobenmenge von 150-200 Einzelbehältern) abweichen.

### ■ bei regelmäßig bereitgestellten Behältern

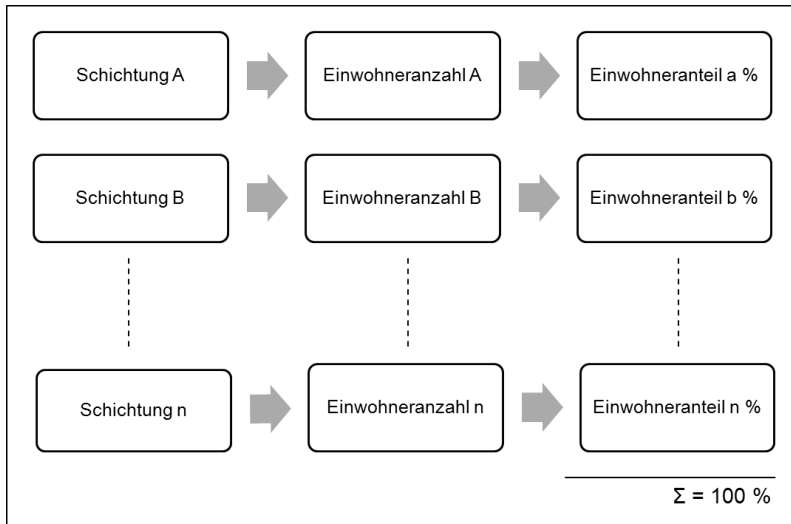
Bei regelmäßig bereitgestellten Behältern hat die Berechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge nach der folgenden Formel zu erfolgen. Es sind die Einwohner aller Stichprobenadressen zu berücksichtigen, auch die Einwohner, welche ihren Abfallbehälter nicht bereitgestellt haben.

$$\text{einwohnerspezifische Abfallmenge}_{\text{Sch}} = \frac{\text{eingesammelte Abfallmasse}_{\text{Sch}}}{\text{Einwohnerzahl}_{\text{Sch, gesamt}} \cdot \text{Sammeltturnus}_{\text{Sch}}}$$

## ■ Schritt 2: Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge der Schichtungen auf das Entsorgungsgebiet je Kampagne

Die Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmengen ist auf Basis der Einwohnerzahlen je Schichtung im Entsorgungsgebiet vorzunehmen (siehe Abbildung 2):





**Abbildung 2: Berücksichtigung der Einwohnerverteilung unterschiedlicher Schichtungen**

- Schritt 3: Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge des Entsorgungsgebietes der Kampagnen auf das Entsorgungsgebiet im Betrachtungszeitraum  
Die ermittelten einwohnerspezifischen Abfallmengen je Kampagne sind auf den Betrachtungszeitraum (Jahr) hochzurechnen. Die Hochrechnungsschlüssel für zwei, drei und vier Kampagnen sind in Tabelle 8 im Kapitel 3.3.1.11 beschrieben.

Die Jahresdurchschnittswerte des Abfallaufkommens sind einwohnerspezifisch in  $\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{a})$  anzugeben. Die prozentuale Zusammensetzung der Restabfälle aus Haushalten ist in Masse-% anzugeben.

### Statistische Auswertung/Vorgehensweise bei auftretenden Abweichungen

Die ermittelten einwohnerspezifischen Abfallmengen können vom wahren Wert (bestimmt über die Wiegescheine an der Entsorgungsanlage im Kampagnenzeitraum) abweichen. Bei der Auswertung der Wiegescheine hat sich eine rückwirkende Betrachtung der Abfallmenge, z. B. der letzten drei Jahre, bewährt. Abweichungen zwischen dem Hochrechnungsergebnis der Sortieranalyse und den Wiegescheinen sind zu dokumentieren. Bei großen Abweichungen ist eine Korrektur vorzunehmen. Die Ursachen für die möglichen Abweichungen sind zu diskutieren und bei der Fortführung der Abfalluntersuchung entsprechend zu berücksichtigen. Denkbar sind:

- Auswahl anderer Untersuchungsgebiete,
- Auswahl anderer Schichtungskriterien,
- Nutzung eines anderen Verteilungsschlüssels für die Schichtung des Untersuchungsgebietes und
- Wechsel der Methode bei der Stichprobennahme.

Je Schichtung ist die Spannweite der Ergebnisse der Stichprobeneinheiten (Mittel-, Median-, Minimal- und Maximalwert) anzugeben. Für eine Basisanalyse ist diese Auswertung ausreichend.

Ist seitens der Aufgabenstellung eine tiefere Fehlerdiskussion und statistische Auswertung vonnöten, wird auf weiterführende Literatur (Zusammenfassung der Literaturquellen siehe Anlage 5) verwiesen, da fall-spezifische Betrachtungen erforderlich sind.

## 4.2. Anforderungen an die Untersuchung zu Aufkommen und Zusammensetzung von festen Siedlungsabfällen, außer Restabfällen aus Haushalten

Im Kapitel 4.1 sind die Anforderungen an Sortieranalysen für Restabfälle aus Haushalten formuliert. Im folgenden Kapitel werden weiterführende Anforderungen zur Untersuchung der anderen festen Siedlungsabfälle, soweit diese von den Anforderungen für Restabfallanalysen abweichen, dargestellt. Wenn keine Anforderungen an die Analyse der anderen Abfallarten in diesem Kapitel beschrieben werden, gelten die Anforderungen aus Kapitel 3 und Kapitel 4.1.

### 4.2.1. Anforderungen an die Untersuchungen zu Aufkommen und Zusammensetzung von Bioabfällen, Leichtverpackungen, Glas und Papier, Pappe, Kartonagen

#### Stichprobenumfang und Anzahl der Analysen

Die Anforderungen an den Stichprobenumfang sowie die Anzahl von Kampagnen für Bioabfälle (Biotonne), Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonagen zeigt Tabelle 12.

**Tabelle 12: Anforderungen an den Stichprobenumfang sowie Anzahl und Zeitpunkt der Kampagnen für Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonagen**

| Anzahl und Zeitpunkt      | Stichprobenumfang   | Bemerkung   |   |
|---------------------------|---|---|---|
| Bioabfälle                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– starke jahreszeitliche<sup>3</sup> und lokale Schwankungen<sup>4</sup> in der Zusammensetzung</li> <li>– Erfordernis mehrerer jahreszeitlicher Kampagnen, keine explizite Vorgabe, da die konkreten Bedingungen vor Ort (hier auch die Gestaltung der Erfassung der Grünabfälle) und die Aufgabenstellung die Planung bestimmen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mindestens 20 SPE (240-l-Behälter) je Kampagne, mindestens sechs SPE je Schichtung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– durch Erhöhung der Anzahl der SPE und auch durch eine tiefergehende Schichtung ist eine Reduzierung der Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen möglich</li> </ul> |
| Leichtverpackungen        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mindestens eine Kampagne, Berücksichtigung der Anzahl der Schichtungen und SPE bei der Wahl der Anzahl der Kampagnen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mindestens 20 SPE (1.100-l-Behälter) je Kampagne, mindestens sechs SPE je Schichtung</li> <li>– 2-Rad-Behälter sind zu SPE von 1.100-l-Behälter zusammenzufassen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– die gleichbleibende Genauigkeit kleinerer Stichprobengrößen ist nur in Ausnahmefällen zu erwarten, da die Fehlwürfe massebezogen relevant sind</li> </ul>        |
| Glas                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mindestens eine Kampagne, Berücksichtigung der Anzahl der Schichtungen* und SPE bei der Wahl der Anzahl der Kampagnen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mindestens 20 SPE, sechs SPE je Schichtung* bei SPE-Volumen 240-l-Behälter oder 1.100-l-Behälter</li> <li>– bei Depotcontainer entsprechend vergleichbares Gesamtvolumen, keine Probeteilung aus methodischen und praktischen Gründen (Arbeitsschutz)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Unterscheidung in Hol- und Bringsystem</li> <li>– Stichprobenvolumen ist den Anforderungen der Aufgabenstellung anzupassen</li> </ul>                      |
| Papier, Pappe, Kartonagen | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mindestens eine Kampagne<sup>5</sup>, Berücksichtigung der Anzahl der Schichtungen und SPE bei der Wahl der Anzahl der Kampagnen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mindestens 20 SPE, sechs SPE je Schichtung bei SPE-Volumen 240-l-Behälter oder 1.100-l-Behälter</li> <li>– bei Depotcontainern entsprechend vergleichbares Gesamtvolumen, keine Probeteilung aus methodischen Gründen</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Unterscheidung in Hol- und Bringsystem</li> <li>– Stichprobenvolumen ist den Anforderungen der Aufgabenstellung anzupassen</li> </ul>                      |

\* soweit möglich/sinnvoll

Die Anforderungen an den Stichprobenumfang in Tabelle 12 dienen der Orientierung. Der Stichprobenumfang richtet sich nach den Genauigkeitsanforderungen der konkreten Fragestellung.

Das Entsorgungsgebiet (Grundgesamtheit) kann wie bei den Restabfällen in Bebauungsstrukturen geschichtet werden (siehe Tabelle 9 und Tabelle 10 im Kapitel 4.1.4). Werden Restabfälle und andere Abfälle in einer Analyse gemeinsam untersucht, sollten die gleichen Untersuchungsgebiete und Schichtungen gewählt werden.

### Sortierung

Die Sortierung hat aus Gründen der Vergleichbarkeit in die Stoffgruppen der ersten bis dritten Differenzierungsebene zu erfolgen. Ausnahmen sind möglich, wenn es die Aufgabenstellung erfordert. Ein Beispiel zeigt

<sup>3</sup> typische jahreszeitliche Verläufe der Bioabfallmengen sind im Begleitbericht dargestellt

<sup>4</sup> z. B. durch Rasenschnitt

<sup>5</sup> Es wird die Auswertung der Jahresganglinie der PPK-Menge empfohlen, da im direkten Anschluss an die Sommerferien bzw. zu Jahresbeginn abweichende Mengen (durch verstärkte Entsorgung von Katalogen, Telefonbüchern, Schulmaterialien) in Einzelfällen festgestellt wurden.

die Anlage 2 für die Sortierung von Bioabfällen, bei der eine Eignung der Bioabfälle für Verwertungsverfahren untersucht werden soll.

Flüssigkeiten im Sammelgefäß von Bioabfällen sind getrennt aufzunehmen und auszuweisen (siehe Kapitel 3.2.5). Bei den Bioabfällen kann es zudem in Einzelfällen vorkommen, dass durch die Konsistenz (breiig/teigig) eine eindeutige Zuordnung bestimmter Bestandteile zu Stoffgruppen nicht möglich ist. Die gewählte Vorgehensweise (Zuordnung zu einer Stoffgruppe, Schätzung der Zusammensetzung oder Verwerfen dieser Bestandteile aus der Untersuchung) und die betreffenden Mengen sind zu dokumentieren.

Die Siebung bei 10 mm und 40 mm ist bei den Bioabfällen, Leichtverpackungen, Glas und Papier, Pappe, Kartonagen nur anzuwenden, wenn es die Aufgabenstellung erfordert bzw. der Aufwand bei der Zuordnung kleiner Bestandteile zu den Stoffgruppen reduziert werden kann. Die Siebung von Bioabfällen kann unter bestimmten Voraussetzungen (z. B. bei sehr feuchten Bioabfällen) technisch nicht bzw. nur unter Akzeptanz eines großen Fehlers möglich sein. In diesen Fällen sind die Festlegungen für die Siebung und die Beobachtungen bei der Siebung zu dokumentieren.

#### 4.2.2. Anforderungen an die Untersuchungen zu Aufkommen und Zusammensetzung von sperrigen Abfällen

##### Stichprobenumfang und Anzahl der Kampagnen

Für die Stichprobennahme der sperrigen Abfälle stehen die in Tabelle 13 gegenübergestellten Methoden zur Verfügung.

**Tabelle 13: Vergleich der Stichprobennahme sperriger Abfälle am Standplatz und mithilfe eines Sammelfahrzeugs**

|           | Stichprobennahme am Standplatz  | Stichprobennahme mit Sammelfahrzeug   |
|-----------|---|---|
| Vorteile  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswertung der Einzelstichproben im Anfallzustand möglich (Statistik)</li> <li>– kein separater Sortierplatz vonnöten</li> <li>– keine Technik zur Sammlung und Probenahme nötig</li> <li>– Einschätzung zur Funktionsfähigkeit der Einzelstücke (wiederverwendbar/defekt) weitgehend möglich</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sortierung einer deutlich größeren Stichprobenmenge pro Zeiteinheit realisierbar</li> <li>– einfache, nachvollziehbare Vorbereitung</li> <li>– Probennahme und Begleitung kann mit weniger personellem und zeitlichem Aufwand realisiert werden</li> <li>– Zusammensetzung entspricht derjenigen, die auch für weitere Behandlungsschritte zur Verfügung steht (Vorzerkleinerung im Sammelfahrzeug)</li> </ul> |
| Nachteile | <ul style="list-style-type: none"> <li>– hoher personeller, organisatorischer und zeitlicher Aufwand</li> <li>– Behinderung des Verkehrs möglich</li> <li>– Belästigung der Anwohner durch Staub und Lärm möglich</li> <li>– bedenklich in Bezug auf Hygiene und Arbeitsschutz</li> <li>– Aussagen zur weiteren Behandlung eingeschränkt möglich (Änderungen der Stückigkeit durch Abfallsammlung)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Rückverfolgung auf Standplatz möglich</li> <li>– ggf. hohe Anforderungen an Stichprobennahme aus Hauswerk (Entmischung der Einzelproben, verschobenes Korngrößenspektrum) – entfällt bei Komplettsortierung</li> </ul>   |

Entsprechend der in Tabelle 13 benannten Vor- und Nachteile ist in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung und der Entsorgungsbedingungen die Methode zur Stichprobennahme auszuwählen.

**Für die Bestimmung der Zusammensetzung der sperrigen Abfälle sind mindestens zehn Einzelstichproben mit jeweils ca. 20 m<sup>3</sup> unter Berücksichtigung von Bebauungsstrukturen und gebietsspezifischen Besonderheiten zu sortieren.**

Bei der Festlegung zu Anzahl und Zeitpunkt der jahreszeitlichen Kampagnen sind neben der Jahresganglinie auch das Verhältnis der Erfassungsmengen von Hol- und Bringsystem bei gemischter Sammlung oder die Art der Sammlung (gemeinsame Erfassung mit Elektro- und Elektronik-Altgeräten, Schrott u. Ä.) in den Entsorgungsgebieten zu beachten.

### Sortierung/Sichtung

Die zur Sammlung bereitgestellten sperrigen Abfälle erfüllen die Voraussetzung für die Sichtung als Methode zur Bestimmung der Zusammensetzung. Die Sichtung von sperrigen Abfällen ist geeignet für eine überschlägige Ermittlung der Zusammensetzung der sperrigen Abfälle und Datenerhebung ohne Beeinflussung des Sammelvorgangs. Als Beispiele für eine mögliche Anwendung sind

- die Voruntersuchung zur Prüfung der Eignung zur Verwertung und
- die Ermittlung von Abfällen, welche gemäß jeweiliger Abfallwirtschaftssatzung von der Sammlung sperriger Abfälle ausgeschlossen sind (z. B. Altreifen, Bauabfälle),

zu nennen. Für Fragestellungen, welche präzise Ergebnisse benötigen, ist die Sichtung nicht geeignet.

Nach der Sammlung sperriger Abfälle ist die Sichtung infolge der mechanischen Beanspruchung und Zerkleinerung bei der Sammlung sowie aufgrund der geringeren sichtbaren Oberfläche beim Haufwerk keine geeignete Methode. Tabelle 14 zeigt eine Gegenüberstellung der Methoden Sichtung und Sortierung, welche bei der Entscheidungsfindung heranzuziehen ist.

**Tabelle 14: Sichtung und Sortierung von sperrigen Abfällen**

|              | <b>Sichtung<br/>(am Anfallort)</b>  | <b>Sortierung<br/>(nach Sammlung am zentralen Sortierort)</b>   |
|--------------|---|---|
| Beschreibung | – visuelle Einschätzung der Oberfläche/volumenspezifische Zusammensetzung eines Haufwerks, danach Umrechnung auf massenspezifische Zusammensetzung  | – händische Abtrennung von Stoffgruppen und nachfolgend Verwiegung  |
| Vorteile     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– hohe Geschwindigkeit, während der Tourenbegleitung möglich</li> <li>– bei Tourenbegleitung auch zusätzliche Datenaufnahme, zum Beispiel zur Logistik, zu artfremden Stücken oder zum bereitgestellten Volumen möglich</li> <li>– Einschätzung der Funktionsfähigkeit im Sinne einer Wiederverwendung</li> <li>– geringer Vorbereitungs- und Durchführungsaufwand (keine Technik, wenig Personal)</li> <li>– Durchführung wahlweise am Anfallort und am Wertstoffhof</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verringerung des Fehlerrisikos bei Ermittlung der Zusammensetzung</li> <li>– Analyse von mehr Stoffgruppen möglich</li> <li>– präzisere Analyse für Stoffgruppen mit geringem Anteil an der Gesamtmenge</li> </ul> |
| Nachteile    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– hoher subjektiver Einfluss</li> <li>– mögliche Beeinflussung des Endergebnisses durch <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschätzen</li> <li>• Gefahr der Überschätzung von leichten, flächenhaften Stoffgruppen</li> <li>• falsche/gebietsunspezifische Datengrundlage zur Abfalldichte</li> </ul> </li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– personal- und technikintensiv</li> <li>– geringere Stichprobenmenge</li> <li>– hoher organisatorischer Aufwand</li> </ul>  |

Für die Sichtung ist erfahrenes Personal unabdingbar. Sichtungen sind durch mindestens zwei Personen unabhängig voneinander vorzunehmen. Zusätzlich kann die Sichtung durch eine Probesortierung zur Prüfung der Plausibilität und zur Sicherung der Qualität der Ergebnisse unterstützt werden.

Die Sichtung sperriger Abfälle erfordert eine geeignete Datenbasis für die Dichten der Stoffgruppen. Sie müssen den konkreten Bedingungen des Entsorgungssystems entsprechen. Aus Gründen der Transparenz sind die angesetzten Abfalldichten bei der Ergebnisdarstellung mit anzugeben.

Die Sichtung/Sortierung hat in die Stoffgruppen gemäß Kapitel 3.2.4 (erste bis dritte Differenzierungsebene) zu erfolgen. Je nach Aufgabenstellung sind auch abweichende Stoffgruppen möglich. Ein Beispiel für die sperrigen Abfälle zeigt Anlage 2.

### 4.2.3. Sonstige Abfallarten

Es können auch für die in Tabelle 15 aufgeführten Abfallarten unterschiedlicher Herkunftsbereiche Informationen zu Aufkommen und Zusammensetzung von Interesse sein.

**Tabelle 15: Übersicht der sonstigen Abfallarten**

| Bezeichnung                                 | Spezifizierung  | Herkunft                       |
|---|---|--------------------------------|
| Bio- und Grünabfälle                        | – Grünabfälle   | aus Haushalt und Kleingewerbe  |
| sonstige Wertstoffe                         | – Bekleidung, Textilien<br>– Metalle<br>– Kunststoffe<br>– Holz<br>– Reifen<br>– sonstige Wertstofffraktionen a. n. g.  | aus Haushalt und Kleingewerbe  |
| Abfälle von öffentlichen Flächen            | – Garten- und Parkabfälle<br>– Straßenkehricht<br>– Papierkorbabfälle<br>– Marktabfälle<br>– andere nicht biologisch abbaubare Abfälle  | aus anderen Herkunftsbereichen |
| Abfälle aus Gewerbe und Industrie*          | – Abfälle aus Gewerbe und Industrie<br>– Bioabfälle aus Gewerbe und Industrie   | aus anderen Herkunftsbereichen |
| Bau- und Abbruchabfälle                     | – Boden und Steine<br>– Gemische aus bzw. getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik<br>– Bitumengemische<br>– gemischte Bau- und Abbruchabfälle<br>– sonstige nicht gefährliche Bauabfälle | aus anderen Herkunftsbereichen |
| Abfälle aus Sortier- und Behandlungsanlagen | – Abfälle aus Sortieranlagen<br>– Abfälle aus Behandlungsanlagen für Bio-, Grün-, Garten- und Parkabfälle<br>– Abfälle aus Behandlungsanlagen für Restabfälle   | aus anderen Herkunftsbereichen |

\* über Wechselbehälter/durch Selbstanlieferer separat erfasste Restabfälle, sperrige Abfälle, Holzabfälle, produktionsspezifische Abfälle, Aschen, Schlacken, Krankenhausabfälle, Bioabfälle

Informationen zur Grundgesamtheit stehen für die Ableitung des Stichprobenumfangs in der Regel nicht zur Verfügung, da die betroffenen Abfallarten nur selten analysiert werden. Der Stichprobenumfang ist im Einzelfall auf die konkrete Aufgabenstellung (Festlegung der Genauigkeitsanforderungen) auszurichten. Die in der

LAGA PN 98 formulierten Grundsätze sind bei der Festlegung des Mindeststichprobenumfangs für die anderen Abfallarten zu beachten:

*„Die Probenahme ist integraler Bestandteil der physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchung und bestimmt maßgeblich die Qualität der Ergebnisse. Eine detailliert festgelegte, alle Prüfgüter umfassende Vorgehensweise ist bei der Abfallprobenahme nicht möglich; vielmehr muss ein pragmatischer, abfallbezogener Ansatz unter Einbeziehung aller Vorinformationen gefunden werden. Ziel der Probenahme ist die Gewinnung von Teilmengen, die zur Ermittlung charakteristischer Merkmale von Abfällen oder abgelagerten Materialien geeignet sind. Hierbei ist von besonderer Bedeutung, inwieweit diese Teilmengen als repräsentativ für die Gesamtmenge hinsichtlich der zu beurteilenden Eigenschaften (Merkmale) gelten können. ... Es ist zu beachten, dass es sich bei diesen Vorgaben um grundlegende Anforderungen handelt, die je nach Zielsetzung (z. B. Forschungsvorhaben mit erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit/Vertrauenswürdigkeit), der Heterogenität der Abfallzusammensetzung sowie der stofflichen Inhomogenität des Materials sehr viel höher liegen können.“*

Es kann sinnvoll sein, mit vergleichsweise geringem Aufwand Voruntersuchungen durchzuführen und auf deren Basis den Umfang der Sortieranalyse zu planen.

Alle wesentlichen Schritte der Sortieranalyse sind zu dokumentieren. Soweit Einflüsse auf das Aufkommen und die Zusammensetzung vermutet werden bzw. bekannt sind, ist diesen Einflüssen durch Schichtung Rechnung zu tragen. Folgende Einflüsse können beispielsweise vorliegen:

- Bebauungsstruktur,
- jahreszeitliche Einflüsse,
- Unterschiede im Erfassungssystem oder
- zeitlich versetzte Proben bei Stoffströmen von Abfallentsorgungsanlagen<sup>6</sup>.

Die Stichprobennahme ist den Gegebenheiten und Erfordernissen anzupassen. Falls Abfälle in Abfallbehältern erfasst werden, ist eine Teilung der Proben zu vermeiden. Für die Stichprobennahme aus einem Haufwerk bzw. für die Beprobung von Abfällen in Abfallentsorgungsanlagen sind die Vorgaben der LAGA PN 98 in der Vorbereitung und Durchführung der Abfallanalysen zu berücksichtigen.

Die Sortierung bzw. Siebung ist entsprechend der bei den Restabfällen beschriebenen Methodik durchzuführen. Die Siebschnitte und die Sortierung nach Stoffgruppen sind der konkreten Aufgabenstellung anzupassen. Die Vorgaben zu den Stoffgruppen der ersten bis dritten Differenzierungsebene sind, soweit sinnvoll, anzuwenden.

Die Sichtung als Methode für die Bestimmung der Zusammensetzung von Abfällen ist für Restabfälle aus Gewerbe und Industrie, Garten- und Parkabfälle sowie Marktabfälle zumeist geeignet. Über die Eignung der Sichtung zur Bestimmung der Abfallzusammensetzung ist bei den anderen Abfallarten am konkreten Beispiel zu entscheiden.

<sup>6</sup> bei Abfallentsorgungsanlagen sollte bei zeitlich versetzt gewonnenen Proben zudem berücksichtigt werden, mit welchem Anlageninput (ggf. auch Bunkerfüllstand) und welchen relevanten Einstellungen zu diesem Zeitpunkt die Anlage betrieben wurde

# 5. Glossar

## Abfallanalyse

Alle Untersuchungen zur Charakterisierung von Abfällen; kann Siebung, Sortierung, Untersuchungen zum Behälterfüllstand und/oder chemisch-/physikalische Analysen beinhalten; der Untersuchungsumfang kann von den Vorgaben der Sortierrichtlinie abweichen.

## Basisanalyse (Basis-Restabfall-Sortieranalyse)

Grundlegende Untersuchung zum Aufkommen und der Zusammensetzung von Restabfällen zur kommunalen abfallwirtschaftlichen Planung durch die öRE nach den Vorgaben der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014.

## Bebauungsstruktur

Schichtung eines Entsorgungsgebietes vorrangig anhand der Größe der Wohnhäuser.

## Behälterstandzeit

Zeitraum zwischen der Leerung des Behälters bei Beprobung und der vorhergehenden Leerung.

## Bereitstellungssysteme

Systeme zur Erfassung von Abfällen, bei denen die einzelne Entleerung des Abfallbehälters registriert und abgerechnet wird (z. B. Ident-Systeme, Ident-Wäge-Systeme, aber auch Müllmarken und Ähnliches). Durch die Abrechnung bei Bereitstellung der Behälter wird der Abfallerzeuger finanziell motiviert, die Behälter erst ab einem bestimmten Füllgrad zur Sammlung bereitzustellen.

## Differenzierungsebene

Charakterisierung der Sortiertiefe; siehe im Detail Kapitel 3.2.4.

## Drehtrommelfahrzeug

Sammelfahrzeug, in dem die Verdichtung der gesammelten Abfälle in einer rotierenden Trommel erfolgt; im Prozess werden die Abfälle stark vermischt und physisch beansprucht, so dass es zu Verformung, Zerkleinerung und Anhaftungen kommt und damit die Siebergebnisse verfälscht werden und Einzelstücke schwieriger zu identifizieren sind.

## Entsorgungsgebiet

Das Gebiet (Stadt, Landkreis, Abfallverband etc.), dessen Grundgesamtheit zu untersuchen ist (räumliche Abgrenzung der Grundgesamtheit).

## Folgeuntersuchung

Folgeuntersuchungen dienen zur Feststellung von Veränderungen der Kenngröße insbesondere aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Bedingungen (z. B. bei Pilotvorhaben). Der Analyseumfang ist gesondert festzulegen.

## Grundgesamtheit

Die gesamte Abfallmasse (je zu betrachtende Abfallart) eines Entsorgungsgebietes bezogen auf einen definierten Zeitraum (z. B. ein Jahr).

## Kampagnenzeitraum

Zeitdauer der zu einer Abfalluntersuchung gehörenden Sortier- oder Sichtungskampagnen; beinhaltet die Probenahme und die Sortierung.



### **Sammelturnus**

Minimale Zeitdauer zwischen theoretisch möglichen Behälterleerungen; Festlegung durch öRE in der Abfallwirtschaftssatzung.

### **Schichtung**

Bildung von homogenen Teilgesamtheiten aus einer heterogenen Grundgesamtheit mit den Zielen, Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen oder aus stichprobentheoretischer Sicht bei gleichbleibendem Stichprobenumfang die Genauigkeit der Untersuchung zu erhöhen bzw. bei gleichbleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren. Bei Abfällen aus Haushalten werden als Schichtungskriterien meist die Bebauungsstruktur sowie die Gestaltung der abfallwirtschaftlichen Systeme (z. B. mit/ohne getrennte Biotonnen-sammlung) angewandt.

### **Sortieranalyse**

Ermittlung von Aufkommen und Zusammensetzung von Abfällen; die Anforderungen sind in dieser Sortier-richtlinie beschrieben.

### **Standplatz**

Ort der Bereitstellung der Abfälle/Abfallbehälter zur Abholung.

### **Stichprobe**

Probe eines bestimmten Umfangs aus einer Grundgesamtheit, wobei die Probe sehr viel kleiner ist als die Grundgesamtheit.

### **Stichprobeneinheit**

Die kleinste Einheit, die ausgewählt und getrennt sortiert oder gesichtet wird. Bei den behälterbezogen erfassten Abfallarten meist der größte Abfallbehälter (bei den Restabfällen ein 1.100-l-Behälter).

### **Stichprobenumfang**

Anzahl der Stichprobeneinheiten, eine auf der Normalverteilung basierende Näherung des minimalen Stichprobenumfangs zur Schätzung eines Mittelwerts (eines Untersuchungsparameter) bei vorgegebener relativer Genauigkeit für die Mittelwertschätzung, bei vorgegebener statistischer Sicherheit (Irrtumswahrscheinlichkeit), bei bekanntem Umfang der Grundgesamtheit und bei bekanntem Variationskoeffizienten der Grundgesamtheit (Berechnung zum Stichprobenumfang unter Berücksichtigung bestimmter Genauigkeitsanforderungen siehe Anlage 5).

### **Stoffgruppen**

Zusammenfassung von einzelnen Stücken mit stoffähnlichen Eigenschaften. Die Fraktion < 10 mm ist im Sinne der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 eine eigenständige Stoffgruppe.

### **Teilerhebung**

Abfallaufkommen und -zusammensetzung werden von einer Teilmenge der Grundgesamtheit erhoben, die Teilerhebung findet bei den meisten Abfallanalysen Anwendung.

### **Teilgesamtheit**

Aufgegliederte Einheit des Entsorgungsgebietes, um Unterschiede in der Siedlungsstruktur, im Abfuhrsystem, im Heizungssystem, in den Verwertungsmöglichkeiten etc. mit der Methode der Schichtung zu untersuchen.

### **Untersuchungsgebiet**

Der Bereich des Entsorgungsgebietes, welches aufgrund seiner repräsentativen Merkmale der jeweiligen Schichtung für die konkrete Stichprobennahme ausgewählt wurde (z. B. Gemeinde eines Landkreises).

### **Untersuchungsparameter**

Untersuchungsgrößen, wie z. B. die gesamte Abfallmasse, die gesamte Abfallmasse einzelner Stoffgruppen oder die einwohnerspezifische Abfallmasse, die stoffliche Zusammensetzung von Abfällen oder behälterbezogene Kenngrößen.

### **Verjüngung**

Das statistisch repräsentative Teilen einer Probe, vor allem die Teilung der Fraktion 10-40 mm bis zur Größe der zu sortierenden Menge.

### **Vollerhebung**

Abfallaufkommen und -zusammensetzung werden von allen Elementen der Grundgesamtheit erhoben.

## 6. Literaturverzeichnis

- BÜLL 2006: Büll, U.: Sortieranalysen für die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung fester Abfälle, Müllhandbuch Band 2, Beitrags-Nr. 1671, Lfg. 01/2006
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL 2004: LAGA PN 98 – Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Stand Dezember 2011, herausgegeben in dieser Fassung im Juli 2004
- MARB 2005: Marb, Dr.-Ing., C., Przybilla, I., Weigand, Dr. H.: Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen – Teil I – Methodischer Ansatz , Müll und Abfall, 09/2005
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE 2014: Siedlungsabfallbilanz 2013, Entwurf November 2014, unveröffentlicht
- WEIGAND 2005: Weigand, Dr. H., Marb, Dr.-Ing., C.: Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen– Teil II – Restmüllzusammensetzung als Funktion von Siedlungsstruktur und Abfallwirtschaftssystem, 10/2005
- WEIGAND 2006: Weigand, Dr. H., Marb, Dr.-Ing., C.: Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen– Teil III – Physikalisch-chemische Eigenschaften und Schadstoffgehalte, Müll und Abfall, 05/2006
- WINTERSTEIN 2012: Probennahmestrategien für eine repräsentative und kostenoptimierte Beprobung von Abfallhaufwerken, Müll und Abfall, 11/2012
- ZWISELE 2005: Zwisele, Dr.-Ing., B.: Probenahmemethoden für die Bestimmung von Menge und Zusammensetzung fester Abfälle, Müllhandbuch Band 2, Beitrags-Nr. 1661, Lfg. 05/2005
- ZWISELE 2012: Zwisele, Dr.-Ing., B., Nogueira, Dr.-Ing., M.: Haus- und Geschäftsmülluntersuchung Berlin 2008, Müllhandbuch Band 2, Beitrags-Nr. 1741, Lfg. 01/2012

# 7. Anlagen

|          |   |
|----------|---|
| Anlage 1 | Systematik der Abfälle  |
| Anlage 2 | Beispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Abfallarten und Fragestellungen |
| Anlage 3 | Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen                    |
| Anlage 4 | Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen      |
| Anlage 5 | Herleitung zum Stichprobenumfang bei Restabfällen aus Haushalten          |

## Hinweise zu den Formularen der Anlage 3 und Anlage 4

Die Formulare in Anlage 3 und 4 wurden zur Unterstützung der Anwender der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Sortieranalysen erstellt.

Das Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen (Anlage 3) beschreibt die wesentlichen Punkte, welche im Vorfeld einer Sortieranalyse festzulegen sind. Das Formular soll die Stellen, welche Sortieranalysen ausschreiben, bei der Formulierung der Leistungsbeschreibung unterstützen. Nur durch die Festlegung der wesentlichen Rahmenbedingungen sind eindeutige Leistungsbeschreibungen und somit vergleichbare Angebote möglich. Das Formular ist als Checkliste für die Erstellung von Leistungsbeschreibungen für Sortieranalysen zu verstehen. Das Formular kann aber auch in Verbindung mit erläuterndem Text zum Gegenstand der Leistungsbeschreibung werden.

Das Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen (Anlage 4) enthält die wesentlichen Punkte, welche bei der Auswertung von Sortieranalysen zu dokumentieren sind. Eine Dokumentation der Randbedingungen ist erforderlich, um zum einen die Qualität der Ergebnisse der Sortieranalyse beurteilen zu können und zum anderen die spätere Auswertung der Ergebnisse für verschiedene Fragestellungen zu ermöglichen. Das Formular ist ebenfalls als Checkliste für die Dokumentation der Rahmenbedingungen zu verstehen und kann mit weiteren Erläuterungen auch Gegenstand der Auswertung von Sortieranalysen werden.

## Anlage 1 Systematik der Abfälle<sup>7</sup>

### Systematik der Abfälle aus privaten Haushalten und Kleingewerbe

|  |  |
|--|--|
| Restabfälle                              |  |
|  | Restabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 01) sind nach Vermeidung und getrennter Erfassung von Wertstoffen, Bioabfällen und Problemstoffen verbleibende Abfälle, hauptsächlich aus privaten Haushalten, die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von beauftragten Dritten in genormten, im Entsorgungsgebiet vorgegebenen Behältern regelmäßig gesammelt, transportiert und der weiteren Entsorgung zugeführt werden (gemeinsame Restabfallsammeltour).  |
| sperrige Abfälle                         |  |
|  | Sperrige Abfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 07) sind feste Siedlungsabfälle, die aufgrund ihrer Größe und Beschaffenheit nicht in die im Entsorgungsgebiet vorgegebenen Behälter passen und getrennt von den Restabfällen gesammelt und transportiert werden.  |
| Bio- und Grünabfälle                     |  |
| Bioabfälle (Biotonne)<br>Grünabfälle     | Bioabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 01) sind gemäß § 2 Nr. 1 Bioabfallverordnung (Bio-AbfV) Abfälle tierischer oder pflanzlicher Herkunft zur Verwertung, die durch Mikroorganismen, bodenbürtige Lebewesen oder Enzyme abgebaut werden können (z. B. organische Küchenabfälle, Gartenabfälle, Speisereste), die getrennt von den Restabfällen in genormten, im Entsorgungsgebiet vorgegebenen Behältern gesammelt, transportiert und der Verwertung zugeführt werden. Zu Grünabfällen (Abfallschlüssel nach AVV: 20 02 01) zählen biologisch abbaubare Pflanzenabfälle, die getrennt von den Bioabfällen und Restabfällen gesammelt, transportiert und der Verwertung zugeführt werden. |
| Wertstoffe                               |  |
|  | Wertstoffe sind Abfallbestandteile oder -fraktionen, die grundsätzlich zur Verwertung geeignet sind. Verkaufsverpackungen werden entweder den Systemen nach VerpackV oder den öRE überlassen. Papier, Glas und Leichtverpackungen (LVP) werden gemäß VerpackV über die Systeme nach § 6 Abs. 3 flächendeckend getrennt erfasst.  |
| Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)          | Abfallschlüssel nach AVV: 15 01 01, 20 01 01   |
| Glas                                     | Abfallschlüssel nach AVV: 15 01 07, 20 01 02   |
| Leichtverpackungen (LVP)                 | Abfallschlüssel nach AVV: 15 01 02, 15 01 04, 15 01 05, 15 01 06   |
| sonstige Wertstoffe                      | Neben den flächendeckend erfassten Wertstoffen Papier, Glas und LVP werden weitere verwertbare Abfallfraktionen getrennt von den Restabfällen, z. B. über Recyclinghöfe oder Straßensammlungen, erfasst.   |
| Bekleidung, Textilien                    | Abfallschlüssel nach AVV: 20 01 10, 20 01 11   |
| Metalle                                  | Abfallschlüssel nach AVV: 20 01 40   |
| Kunststoffe                              | Abfallschlüssel nach AVV: 20 01 39   |
| Holz                                     | Abfallschlüssel nach AVV: 20 01 38   |
| Reifen                                   | Abfallschlüssel nach AVV: 16 01 03   |
| sonstige Wertstofffraktionen<br>a. n. g. | Abfallschlüssel nach AVV: 20 01 99   |
| Problemstoffe (Kleinmengen)              |  |
|  | Problemstoffe sind von den Restabfällen getrennt gesammelte schadstoffhaltige feste, flüssige und gefasste gasförmige Abfälle aus Haushalten, an deren weitere Entsorgung besondere Anforderungen gestellt werden (vorwiegend gefährliche Abfälle).  |

<sup>7</sup> Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2014: Siedlungsabfallbilanz 2013

## Systematik der Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen

| Abfälle von öffentlichen Flächen          |  |
|---|--|
| Garten- und Parkabfälle                   | Garten- und Parkabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 02 01) sind überwiegend pflanzliche Abfälle aus der Pflege öffentlicher Flächen und Anlagen wie z. B. Parkanlagen, Gärten, Grünflächen, Friedhöfen oder Straßenbegleitgrün.  |
| Straßenkehrriecht                         | Straßenkehrriecht (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 03) sind feste Abfälle aus der öffentlichen Straßenreinigung, wie z. B. Straßen- und Reifenabrieb, Laub sowie Streumittel des Winterdienstes.   |
| Papierkorbabfälle                         | Papierkorbabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 01) sind Abfälle aus Abfallbehältern, die im öffentlichen Raum durch die öRE aufgestellt werden und der Erfassung von Kleinmengen an gemischten Siedlungsabfällen aus dem öffentlichen Leben dienen.  |
| Marktabfälle                              | Marktabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 02) sind feste Abfälle aus Betrieb und Reinigung öffentlicher Märkte (außer Groß- und Einkaufsmärkte), wie z. B. nicht verwertbare Verpackungsmaterialien vermischt mit Obst- und Gemüseabfällen.  |
| andere nicht biologisch abbaubare Abfälle | Andere nicht biologisch abbaubare Abfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 02 03) von öffentlichen Flächen, wie z. B. Kunststoffe, Metalle, Glas oder andere Materialien.   |
| Abfälle aus Gewerbe und Industrie         |  |
| Abfälle aus Gewerbe und Industrie         | Abfälle aus Gewerbe und Industrie sind nach Vermeidung und getrennter Erfassung von Wertstoffen, Bioabfällen und Problemstoffen verbleibende Abfälle aus Gewerbebetrieben, Geschäften, Dienstleistungsbetrieben, öffentlichen Einrichtungen und Industrie soweit sie nach Art, Schadstoffgehalt und Reaktionsverhalten wie Restabfälle aus Haushalten entsorgt werden können, jedoch nicht mit diesem gemeinsam eingesammelt werden. Dazu zählen über Wechselbehälter oder Selbstanlieferer separat erfasste Restabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 01), sperrige Abfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 07), Holzabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 20 01 38), Aschen und Schlacken, produktionspezifische Abfälle sowie getrennt erfasste Bioabfälle aus Gewerbe und Industrie (Abfallschlüssel nach AVV: 20 03 01, 20 02 01). |
| Bioabfälle aus Gewerbe und Industrie      | Unter getrennt erfassten Bioabfällen aus Gewerbe und Industrie werden biologisch abbaubare organische Abfälle verstanden, die unter Berücksichtigung der einschränkenden Bestimmungen des Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetzes (TierNebG) für eine Verwertung geeignet sind.   |
| Bau- und Abbruchabfälle                   |  |
|   | Bau- und Abbruchabfälle sind ein Sammelbegriff für weitestgehend verwertbare Abfälle aus Bau- und Abbruchmaßnahmen.  |
| Boden und Steine                          | Boden und Steine (Abfallschlüssel nach AVV: 17 05 04) sind nicht kontaminiertes, natürlich gewachsenes bzw. bereits verwendetes Erd- oder Felsmaterial, das bei Baumaßnahmen ausgehoben oder abgetragen wird und bis zu 10 Vol.-% mineralische Fremdbestandteile wie Bauschutt, Schlacke und Ziegelbruch enthalten darf.   |
| Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik        | Gemische aus bzw. getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen, Keramik (Abfallschlüssel nach AVV: 17 01 01, 17 01 02, 17 01 03, 17 01 07) sind mineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, auch mit geringfügigen nichtmineralischen Fremdbestandteilen.  |
| Bitumengemische                           | Bitumengemische (Abfallschlüssel nach AVV: 17 03 02) sind mineralische Stoffe, die hydraulisch, oder mit Bitumen gebunden oder ungebunden in Straßen, Wegen oder sonstigen Verkehrsflächen verwendet werden.   |
| gemischte Bau- und Abbruchabfälle         | Gemischte Bau- und Abbruchabfälle (Abfallschlüssel nach AVV: 17 09 04) sind nicht kontaminierte Gemische aus mineralischen und nichtmineralischen Stoffen, die vorwiegend aus Bautätigkeiten stammen.  |

---

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| sonstige nicht gefährliche Bauabfälle | Zu den sonstigen nicht gefährlichen Bauabfällen gehören folgende Abfallschlüssel nach AVV: 17 02 01, 17 02 02, 17 02 03, 17 04 01, 17 04 02, 17 04 03, 17 04 04, 17 04 05, 17 05 06, 17 04 07, 17 04 11, 17 05 06, 17 05 08, 17 06 04, 17 08 02) aufgrund der geringen, den öRE überlassenen Mengen als Summe erhoben. |
|---------------------------------------|--|

#### Abfälle aus Sortier- und Behandlungsanlagen

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Abfälle aus Sortieranlagen | Abfälle aus Sortieranlagen (Abfallschlüssel nach AVV: 19 12 12) entstehen durch das Trennen verwertbarer Abfallanteile von unverwertbaren Abfallanteilen aus Gewerbeabfall, sperrigem Abfall, Bauabfall, Papier und Leichtverpackungen. |
|----------------------------|---|

|   |   |
|---|---|
| Abfälle aus Behandlungsanlagen<br>-für Bio-, Grün-, Garten- und Parkabfälle<br>-für Restabfälle | Abfälle aus Entsorgungsanlagen bei der Kompostierung bzw. Vergärung von Bio-, Grün- und Parkabfällen (Unterkapitel nach AVV: 19 05, 19 06), bei der thermischen (Unterkapitel nach AVV: 19 01) und bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (Abfallschlüssel nach AVV: 19 05 02). |
|---|---|

---

## Anlage 2 Beispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Abfallarten und Fragestellungen

### Basisanalyse mit vertiefender Betrachtung der Verpackungsanteile

| Stoffgruppen Restabfallanalyse |  |  |
|--------------------------------|--|--|
|                                | 1. Differenzierungsebene                               | 2. Differenzierungsebene differenziert nach    |
| 1                              | Fe-Metalle   | Fe-Verpackungen                                |
|                                |  | Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)       |
| 2                              | NE-Metalle   | NE-Verpackungen                                |
|                                |  | Sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)       |
| 3                              | Papier,<br>Pappe,<br>Kartonagen                        | PPK-Verpackungen                               |
|                                |  | PPK-Druckerzeugnisse und Administrationspapier |
|                                |  | Sonstige PPK (keine Verpackungen)              |
| 4                              | Glas   | Glas-Verpackungen                              |
|                                |  | Sonstiges Glas (keine Verpackungen)            |
| 5                              | Kunststoffe  | Kunststoff-Verpackungen                        |
|                                |  | sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)      |
| 6                              | Organik (soweit nicht anderen Stoffgruppen zugeordnet) |  |
| 7                              | Holz   | Holz-Verpackungen                              |
|                                |  | sonstiges Holz (keine Verpackungen)            |
| 8                              | Textilien  |  |
| 9                              | Mineralstoffe  |  |
| 10                             | Verbunde   | Verbund-Verpackungen                           |
|                                |  | Elektro- und Elektronik-Altgeräte              |
|                                |  | Sonstige Verbunde (keine Verpackungen)         |
| 11                             | Schadstoffbelastete Stoffe                             |  |
| 12                             | Stoffe, a. n. g.                                       |  |
| 13                             | Hygienepapier  |  |
| 14                             | < 10 mm  |  |



## Basisanalyse mit vertiefender Betrachtung von Lebensmittelabfällen

| Stoffgruppen Restabfallanalyse |                                 |   |   |
|--------------------------------|---------------------------------|---|---|
|                                | 1. Differenzierungsebene        | 2. Differenzierungsebene differenziert nach           | 3. Differenzierungsebene differenziert nach |
| 1                              | FE-Metalle                      |   |   |
| 2                              | NE-Metalle                      |   |   |
| 3                              | Pappe/Papier/Kartonagen         |   |   |
| 4                              | Glas                            |   |   |
| 5                              | Kunststoffe                     |   |   |
| 6                              | Organik                         | Küchenabfälle/Lebensmittelabfälle                     | vermeidbare                                 |
|                                |                                 |   | nicht vermeidbare                           |
|                                |                                 | sonstige Organik                                      | teilweise vermeidbare                       |
| 7                              | Hygienepapiere                  |   |   |
| 8                              | Holz                            |   |   |
| 9                              | Textilien                       |   |   |
| 10                             | Mineralstoffe                   |   |   |
| 11                             | Verbunde                        |   |   |
| 12                             | Schadstoffbelastete Materialien |   |   |
| 13                             | Stoffe, a. n. g.                | gefüllte/nicht restentleerte Lebensmittelverpackungen | vermeidbare                                 |
|                                |                                 |   | nicht vermeidbare                           |
|                                |                                 | sonstige Stoffe, a. n. g.                             | teilweise vermeidbare                       |
| 14                             | Fraktion <10 mm                 |   |   |

Die gefüllten/nicht restentleerten Lebensmittelverpackungen sind soweit möglich zu trennen. Die Zuordnung hat dann zu den entsprechenden Fraktionen zu erfolgen.

Schwer- oder nicht trennbare bzw. noch nicht geöffnete Lebensmittelverpackungen sind den gefüllten, nicht restentleerten Lebensmittelverpackungen und hier den entsprechenden Differenzierungen nach Vermeidbarkeit zuzuordnen.

### Zuweisungsempfehlungen zu vermeidbaren, nicht vermeidbaren bzw. teilweise vermeidbaren Lebensmittelabfällen:

| vermeidbare Lebensmittelabfälle   | nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle                       | teilweise vermeidbare Lebensmittelabfälle                        |
|---|---|--|
| überlagerte Lebensmittel<br>ungeöffnete/verpackte Lebensmittel<br>nicht restentleerte Verpackungen<br>Speisereste | Knochen<br>Bananenschalen<br>Orangenschalen<br>Ananasstrunk | Kartoffelschalen<br>Apfelschalen<br>Speisengemische<br>Brotrinde |

## Bioabfallanalyse mit vertiefender Betrachtung zur Eignung der organischen Stoffgruppen für Verwertungsverfahren

| Stoffgruppen Bioabfallanalyse |  |
|-------------------------------|--|
| 1                             | Metalle  |
| 2                             | Papier, Pappe, Kartonagen inkl. Hygienepapiere |
| 3                             | Kunststoff                                     |
| 4                             | Organik - gut vergärbar                        |
| 5                             | Organik - weniger gut vergärbar                |
| 6                             | Organik - schlecht vergärbar                   |
| 7                             | Mineralische Stoffe inklusive Glas             |
| 8                             | Schadstoffbelastete Stoffe                     |
| 9                             | Stoffe, a. n. g.                               |

Je nach zu betrachtendem Verfahren zur Bioabfallverwertung sind die organischen Stoffgruppen festzulegen und die organischen Bestandteile entsprechend zuzuordnen (z. B. Gartenabfälle holzig, Gartenabfälle halmgutartig, Brot- und Backwaren, fett- und eiweißreiche Küchenabfälle, sonstige Küchenabfälle).

## Analyse sperriger Abfälle für grundlegende kommunale Planungen

| Stoffgruppen Analyse sperriger Abfälle |   |                                   |   |
|--|---|-----------------------------------|---|
|  | 1. Differenzierungsebene                                    | Zusatzebene                       | optional: sperrige Abfälle gemäß Satzung? ja/nein |
| 1                                      | Fe-Metalle  |                                   |   |
| 2                                      | NE-Metalle  |                                   |   |
| 3                                      | Papier, Pappe, Kartonagen                                   |                                   |   |
| 4                                      | Glas  |                                   |   |
| 5                                      | Kunststoffe   |                                   | X   |
| 6                                      | Organik (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet) |                                   |   |
| 7                                      | Holz (Vollholz und Holzwerkstoff)                           | Holzanteil 95-100 %               | X   |
|  |   | Holzanteil 50-95 %                | X   |
| 8                                      | Textilien   | Teppiche, textile Fußbodenbeläge  |   |
|  |   | Sonstige                          |   |
| 9                                      | Mineralstoffe   |                                   |   |
| 10                                     | Verbunde  | Holzanteil 25-50 %                | X   |
|  |   | Matratzen                         |   |
|  |   | Polstermöbel                      | X   |
|  |   | Elektro- und Elektronik-Altgeräte |   |
|  |   | Sonstige                          | X   |
| 11                                     | Schadstoffbelastete Stoffe                                  |                                   |   |
| 12                                     | Stoffe, a. n. g.  |                                   |   |
|  | <i>ggf. Siebfraktionen</i>                                  |                                   |   |

### Anlage 3 Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen

#### **1. Abfallart**

- Restabfälle aus Haushalten
- Restabfälle aus Kleingewerbe
- sperrige Abfälle
- Bioabfälle (Biotonne)
- Grünabfälle
- Papier, Pappe, Kartonagen
- Leichtverpackungen
- Sonstige \_\_\_\_\_

#### **2. Stichprobennahme**

- am Anfallort
  - Umleeren/Austausch der Behälter
  - Stichprobennahme während einer Sammeltour
  - keine Festlegung
- Abfallentsorgungsanlage/Umschlagstation
- Sonstige \_\_\_\_\_

#### **Leistung(en) des AG**

- Stellung Sammelfahrzeug/Fahrer/Lader bzw. Pritschenfahrzeug/Fahrer/Lader
- Stellung Radlader/Bagger
- Stellung Behälter zur Stichprobennahme (240- bzw. 1.100-l-Behälter)
- Sonstige/Bemerkungen \_\_\_\_\_

#### **3. Stichprobenmenge**

- \_\_\_ 1.100-l-Behälter je Untersuchungsgebiet (kleinere Behältergrößen sind zu 1.100-l-Behältereinheiten zusammenzufassen)
- Sonstige \_\_\_\_\_

#### **4. Anzahl der Untersuchungsgebiete**

- \_\_\_ Untersuchungsgebiete (Schichtung nach Bebauungsstruktur, Sammelsysteme, wie z. B. Anschluss an Biotonnensammlung; ggf. nähere Angaben zu den Untersuchungsgebieten - Benennung)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Sonstige \_\_\_\_\_

## **5. Jahreszeitliche Kampagnen**

- Frühjahr (ggf. genaue Benennung (KW) \_\_\_\_\_)
- Sommer (ggf. genaue Benennung (KW) \_\_\_\_\_)
- Herbst (ggf. genaue Benennung (KW) \_\_\_\_\_)
- Winter (ggf. genaue Benennung (KW) \_\_\_\_\_)
- Sonstige \_\_\_\_\_

## **6. Sortierung/Sichtung**

- Sortierung nach
- 1. Differenzierungsebene
  - 2. Differenzierungsebene
  - 3. Differenzierungsebene
  - Sonstige \_\_\_\_\_ [ggf. gesondert aufführen]

### Fraktion 10-40 mm

1. Differenzierungsebene
- Sonstige \_\_\_\_\_
- Keine

### Siebung

- 10 mm
- 40 mm
- Sonstige \_\_\_\_\_

- Sichtung nach
- 1. Differenzierungsebene
  - Sonstige \_\_\_\_\_ [ggf. gesondert aufführen]

### **Leistung(en) des AG**

*Stellung Sortierhalle (Stromanschluss, Beleuchtung)*

*Bemerkungen (Ort, Öffnungszeiten, ....)* \_\_\_\_\_

*Stellung Sortierpersonal*

\_\_\_\_\_ Mitarbeiter, \_\_\_\_\_ Tage, \_\_\_\_\_ Stunden/Tag

*Stellung Radlader/Bagger*

*Abtransport/Entsorgung der Proben inkl. Gestellung eines Containers*

*Sonstige* \_\_\_\_\_

## **7. Chemisch-physikalische Analysen**

- ja, gesonderte Beschreibung (Abfallart, Parameter, Anzahl, Mischproben und Siebschnitte)
- nein

## **8. Aufzunehmende Rahmendaten sowie zusätzlich zu erhebende Daten**

- Bereitstellungsgrad der Behälter
  - Füllgrad der Behälter
  - spezifische Behälterdaten (Raumgewicht, Schüttgewicht, Behältervolumina je Einwohner)  
(Benennung) \_\_\_\_\_
  - Nebenablagerungen
  - Einwohnerdaten (Einwohner je beprobter Standplatz, Einwohner je Schichtung; Daten liegen im Regelfall bei den Kommunen vor)
  - Beschreibung abfallwirtschaftlicher Rahmenbedingungen der Untersuchungsgebiete  
(abfallwirtschaftliches Angebot/Gebührensysteem, Sammelturm, Besonderheiten Gebietsstruktur, ...)
  - Sonstiges (Benennung) \_\_\_\_\_
- 

### **Leistung(en) des AG**

- Behälterstatistik*
- Einwohnerdaten (je beprobter Behälter, je Schichtung)*

## **9. Auswertung**

- Kurzbericht (inkl. transparenter Darstellung der Einzelergebnisse und Hochrechnungsfaktoren, Darstellung der Ergebnisse je Schichtung/Untersuchungsgebiet bzw. Untersuchungskampagnen, zusammenfassende Darstellung (grafisch/tabellarisch) sowie Darstellung der Zusammensetzung und einwohnerspezifische Werte; Plausibilitätsprüfung)
- Langbericht (zusätzlich zum Kurzbericht: ausführliche Interpretation der Ergebnisse, vertiefende Betrachtung der Unterschiede in den Ergebnissen der Schichtungen und jahreszeitlichen Untersuchungen; Vergleich mit Ergebnissen anderer Sortierungen)
- Statistische Auswertung  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Konzeptionelle Empfehlungen (z. B. Gebührensysteem, einzelne abfallwirtschaftliche Maßnahmen)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- bei mehreren Untersuchungskampagnen folgende Vorgabe (z. B. Ergebnisübergabe in tabellarischer Form nach einzelnen Kampagnen)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- Übergabe der Daten (Anzahl der schriftlichen Exemplare, Übergabe in elektronischer Form, ggf. Anforderungen an Software)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Präsentation der Ergebnisse beim AG

---

---

---

Sonstiges

---

**10. Zeitplan**

| <input type="checkbox"/> Auftaktberatung:      | _____ | Bericht/Ergebnisse |
|--|-------|--------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Sortierkampagne:   | _____ | _____              |
| <input type="checkbox"/> 2. Sortierkampagne:   | _____ | _____              |
| <input type="checkbox"/> 3. Sortierkampagne:   | _____ | _____              |
| <input type="checkbox"/> 4. Sortierkampagne:   | _____ | _____              |
| <input type="checkbox"/> Endbericht:           | _____ |                    |
| <input type="checkbox"/> Präsentation beim AG: | _____ |                    |

**11. Sonstiges/Erläuterungen zu den einzelnen Punkten**

---

---

---

---

**Anlage 4 Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen**

**1. Analyisierte Abfallart(en)\***

---

---

**2. Untersuchungszeitpunkt**

Zeitpunkt der Untersuchung (KW): \_\_\_\_ 20\_\_\_\_

Untypische, besondere Witterungsverhältnisse (Beschreibung bei Bedarf)

---

---

Analyse umfasst weitere Kampagnen: \_\_\_\_\_

Frühjahr  Sommer  Herbst  Winter

**3. Stichprobennahme**

am Anfallort

Umleeren/Austausch der Behälter

Stichprobennahme während einer Sammeltour

Abfallentsorgungsanlage/Umschlagstation

Sonstige (z. B. Anteil Gewerbe) \_\_\_\_\_

**4. Analysenumfang**

Stichprobenmenge gesamt: \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>

(bei signifikanten Abweichungen in den Untersuchungsgebieten getrennte Angabe)

Sortierte Menge gesamt: \_\_\_\_\_kg

Gesichtete Menge gesamt: \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>

**5. Schichtung in Untersuchungsgebiete**

| UG   | Kennzeichnung (z. B. verdichtete Bebauung mit Biotonne, ggf. Benennung des Gebietes) | Anteil am Entsorgungsgebiet [%] |
|------|--|---------------------------------|
| 1.   | _____  | _____                           |
| 2.   | _____  | _____                           |
| 3.   | _____  | _____                           |
| 4.   | _____  | _____                           |
| 5.   | _____  | _____                           |
| 6.   | _____  | _____                           |
| 7.   | _____  | _____                           |
| 8.   | _____  | _____                           |
| .... | _____  | _____                           |

\* bitte getrennt für jede Sortierkampagne angeben



**6. Sortierung/Sichtung**

Sortierung (> 40 mm) nach

1. Differenzierungsebene

2. Differenzierungsebene

3. Differenzierungsebene

Sonstige \_\_\_\_\_ [ggf. gesondert aufführen]

Fraktion 10-40 mm

1. Differenzierungsebene

Sonstige \_\_\_\_\_

Keine

Siebschnitte

10 mm

40 mm

Sonstige \_\_\_\_\_

Maschinelle Siebung (Siebtrommel)

Händische Siebung (Flachsiebe)

Sonstiges

Sichtung nach

1. Differenzierungsebene

Sonstige \_\_\_\_\_ [ggf. gesondert aufführen]

**7. Chemisch-physikalische Analysen**

ja (Abfallart, Parameter, Anzahl, Mischproben, Siebschnitte ...)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

nein

**8. Sonstiges/Besonderheiten**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**9. Ansprechpartner**

|                   | <u>Auftraggeber</u> | <u>Auftragnehmer</u> |
|-------------------|---------------------|----------------------|
| Name:             | _____               | _____                |
| Adresse:          | _____               | _____                |
| Verantwortlicher: | _____               | _____                |
| Telefon:          | _____               | _____                |

## **Anlage 5 Herleitung zum Stichprobenumfang bei Restabfällen aus Haushalten**

Die Größe einer Stichprobeneinheit ist mit der Dimension des größten üblichen Restabfallbehälters (1.100-l-Behälter) als gewissermaßen kleinstes gemeinsames Vielfaches aller Behältergrößen festgelegt. Demnach entsprechen beispielsweise vier 240-l-Behälter bzw. acht 120-l-Behälter einer Stichprobeneinheit.

Die Festlegung zur Stichprobenanzahl in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 resultierte aus der Tatsache, dass bei den Restabfällen die Variationskoeffizienten der Gesamtmengen der Stichprobe mit einem Wert von ca. 30 % relativ geringe Unterschiede zeigen. Für einzelne Stoffgruppen können jedoch deutlich größere Grundstreuungen auftreten, insbesondere für nicht mengenrelevante bzw. unregelmäßig anfallende Stoffgruppen. Mit der Festlegung der Anforderungen an die Ergebnisgenauigkeit (Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 % und relative maximale Zufallsabweichung von 10 %) ergab sich auf Basis der zur Erarbeitung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 vorliegenden Restabfallanalysen ein Stichprobenumfang von 30 Stichprobeneinheiten. Die Berechnung des Stichprobenumfangs in Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderungen zeigt Tabelle A-1.

Mit der Vorgabe der vier jahreszeitlich versetzten Kampagnen wurde ein Gesamtstichprobenumfang für die Restabfallanalysen von  $4 \cdot 30$  Stichprobeneinheiten je 1.100-l-Behälter in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 festgelegt. Für eine Einzelkampagne wären 30 Stichprobeneinheiten notwendig gewesen.

**Tabelle A-1: Berechnung des Stichprobenumfangs in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten und der relativen maximalen Zufallsabweichung**

| natürlicher<br>Var.-Koeffizient | Notwendiger Stichprobenumfang n<br>bei einer relativen maximalen Zufallsabweichung von: |        |       |       |       |       |
|---------------------------------|---|--------|-------|-------|-------|-------|
|                                 | 0,025   | 0,050  | 0,100 | 0,150 | 0,200 | 0,300 |
| 0,15                            | 138   | 35     | 9     | 4     | 2     | 1     |
| 0,20                            | 246   | 61     | 15    | 7     | 4     | 2     |
| 0,25                            | 384   | 96     | 24    | 11    | 6     | 3     |
| 0,30                            | 553   | 138    | 35    | 15    | 9     | 4     |
| 0,35                            | 753   | 188    | 47    | 21    | 12    | 5     |
| 0,40                            | 983   | 246    | 61    | 27    | 15    | 7     |
| 0,45                            | 1.245   | 311    | 78    | 35    | 19    | 9     |
| 0,50                            | 1.537   | 384    | 96    | 43    | 24    | 11    |
| 0,60                            | 2.213   | 553    | 138   | 61    | 35    | 15    |
| 0,70                            | 3.012   | 753    | 188   | 84    | 47    | 21    |
| 0,80                            | 3.934   | 983    | 246   | 109   | 61    | 27    |
| 0,90                            | 4.979   | 1.245  | 311   | 138   | 78    | 35    |
| 1,00                            | 6.147   | 1.537  | 384   | 171   | 96    | 43    |
| 1,25                            | 9.604   | 2.401  | 600   | 267   | 150   | 67    |
| 1,50                            | 13.830  | 3.457  | 864   | 384   | 216   | 96    |
| 1,75                            | 18.824  | 4.706  | 1.176 | 523   | 294   | 131   |
| 2,00                            | 24.586  | 6.147  | 1.537 | 683   | 384   | 171   |
| 2,50                            | 38.416  | 9.604  | 2.401 | 1.067 | 600   | 267   |
| 3,00                            | 55.319  | 13.830 | 3.457 | 1.537 | 864   | 384   |

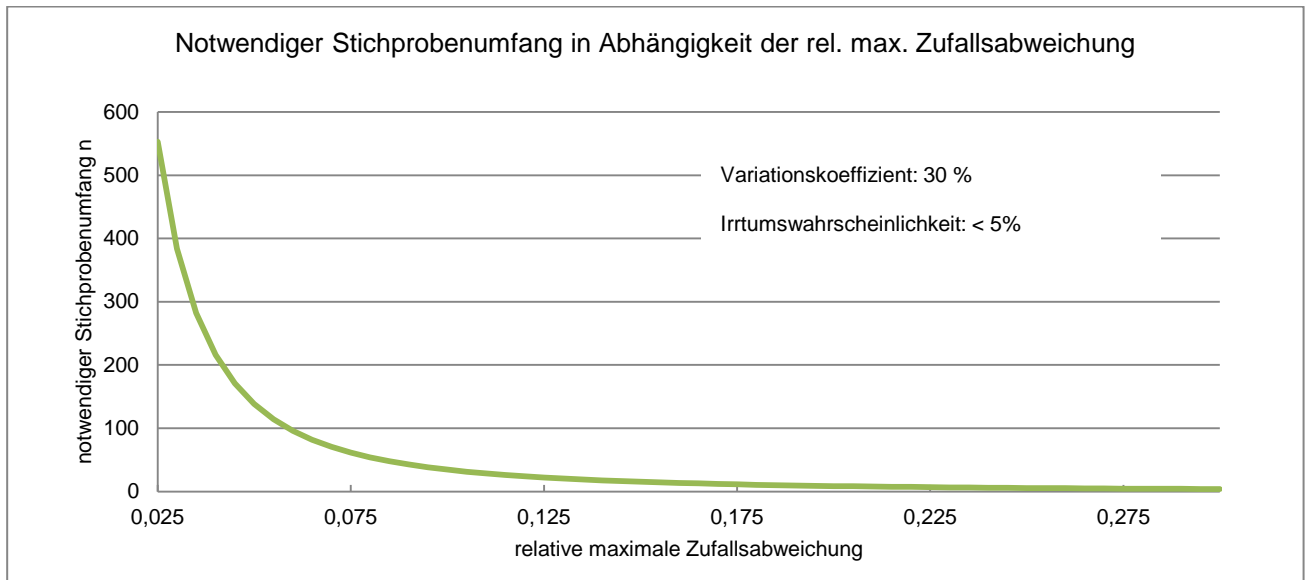
Die Berechnung des Stichprobenumfangs gründet sich auf folgende Formel:

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

mit  $z_{\alpha}$  (Zufallsgröße für vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$ )  
 $\gamma$  (natürlicher Variationskoeffizient)  
 $d_{\bar{x},rel}$  (relative maximale Zufallsabweichung)

Die Zufallsgröße  $z_{\alpha}$  wird hier als Studentfaktor der zweiseitigen t-Verteilung für die Wahrscheinlichkeit  $P = 0,95$  und der Zahl der Freiheitsgrade  $f = \infty$  mit einem Wert von 1,96 beschrieben.

Die Abhängigkeit des Stichprobenumfangs von den Genauigkeitsanforderungen zeigt die Abbildung A-1.



**Abbildung A-1: Stichprobenumfang in Abhängigkeit von den Anforderungen der relativen maximalen Zufallsabweichung**

Einen Vergleich der statistischen Daten, welche bei der Erstellung der Sächsischen Sortierrichtlinie bis 1998 zur Verfügung standen, mit statistischen Daten von aktuellen Analysen aus Entsorgungsgebieten mit verursachergerechten Gebührensystemen zeigt Tabelle A-2.

**Tabelle A-2: Vergleich statistischer Ergebnisse von Restabfall-Sortieranalysen bis 1995 und Restabfall-Sortieranalysen in Entsorgungsgebieten mit verursachergerechten Gebührensystemen ab 2003, Variationskoeffizient in [%]**

|  | SPE    | PPK         | Glas        | Kunststoffe | Organik     | Fraktion < 10 mm | Gesamt      |
|--|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
|  | Anzahl | Var.-Koeff. | Var.-Koeff. | Var.-Koeff. | Var.-Koeff. | Var.-Koeff.      | Var.-Koeff. |
| Zusammenfassung der Ergebnisse der Analysen von 1989-1995<br>(18 Analysen, Basis der Erarbeitung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998) |        |             |             |             |             |                  |             |
| Min  | 22     | 34          | 39          | 27          | 35          | 62               | 23          |
| Max  | 61     | 114         | 83          | 67          | 79          | 90               | 41          |
| Mittel   | 38     | 54          | 62          | 40          | 46          | 78               | 31          |
| Median   |        | 47          | 59          | 39          | 42          | 81               | 31          |
| Analysen aus Entsorgungsgebieten mit verursachergerechtem Gebührensystem   |        |             |             |             |             |                  |             |
| <i>LK mit Identsystem<br/>Winter 2003</i>  | 18     | 62          | 39          | 37          | 22          | 26               | 14          |
| BS 1   | 6      | 31          | 22          | 54          | 28          | 31               | 19          |
| BS 2-3   | 6      | 73          | 48          | 48          | 22          | 23               | 15          |
| BS 4-5   | 6      | 28          | 28          | 22          | 19          | 57               | 24          |
| <i>LK mit Identsystem<br/>Frühjahr 2004</i>  | 16     | 63          | 57          | 53          | 24          | 35               | 14          |
| BS 1   | 6      | 53          | 65          | 76          | 24          | 21               | 12          |
| BS 2-3   | 4      | 51          | 49          | 31          | 34          | 32               | 21          |
| BS 4-5   | 6      | 73          | 45          | 52          | 16          | 42               | 10          |
| <i>LK mit Identsystem<br/>Frühjahr 2009</i>  | 32     | 74          | 58          | 40          | 45          | 81               | 40          |
| Großwohnanlagen  | 8      | 62          | 74          | 51          | 86          | 76               | 68          |
| innerstädtisch   | 8      | 73          | 34          | 50          | 24          | 68               | 30          |
| ländlich, ohne Fremdenverkehr  | 8      | 47          | 67          | 26          | 24          | 53               | 18          |
| ländlich, mit Fremdenverkehr   | 8      | 59          | 52          | 25          | 42          | 103              | 38          |
| <i>LK mit Identsystem<br/>Sommer 2009</i>  | 32     | 64          | 38          | 37          | 35          | 75               | 33          |
| Großwohnanlagen  | 8      | 75          | 48          | 42          | 46          | 76               | 43          |
| innerstädtisch   | 8      | 51          | 45          | 36          | 41          | 76               | 28          |
| ländlich, ohne Fremdenverkehr  | 8      | 55          | 14          | 20          | 26          | 35               | 5           |
| ländlich, mit Fremdenverkehr   | 8      | 73          | 38          | 35          | 32          | 80               | 32          |
| <i>LK mit Identsystem<br/>Herbst 2009</i>  | 32     | 87          | 59          | 30          | 43          | 71               | 33          |
| Großwohnanlagen  | 8      | 31          | 46          | 34          | 67          | 88               | 56          |
| innerstädtisch   | 8      | 43          | 42          | 18          | 22          | 50               | 19          |
| ländlich, ohne Fremdenverkehr  | 8      | 89          | 66          | 20          | 51          | 45               | 21          |
| ländlich, mit Fremdenverkehr   | 8      | 74          | 47          | 25          | 31          | 95               | 33          |

Die Stichprobenmenge der Sortieranalysen aus den Entsorgungsgebieten mit verursachergerechtem Gebührensystem war mit durchschnittlich über 200 kg je 1.100-l-Behälter fast doppelt so hoch wie bei den Sortieranalysen von 1989-1995. Mit Analyse der dargestellten 16, 18 bzw. 32 Stichprobeneinheiten konnten vergleichbare Variationskoeffizienten erzielt werden.

Der Vergleich der Ergebnisse in den Schichtungen mit den Ergebnissen des Untersuchungsgebietes zeigt die Bedeutung der Schichtung für die Gewinnung belastbarer Analysedaten. Die bisherige Praxis mit mindestens sechs Stichprobeneinheiten je Schichtung (und in Summe mindestens 20 Stichprobeneinheiten je Untersuchungskampagne) bei den Restabfällen trägt der Bedeutung der Schichtung bereits Rechnung.

Die sechs Einzelproben werden in der Regel aus einem Untersuchungsgebiet (ein Straßenzug, ein Stadt- bzw. Ortsteil) gewonnen. Alternativ kann die Stichprobennahme der sechs Einzelproben in unterschiedlichen Untersuchungsgebieten der gleichen Schichtung erfolgen. Der Vorteil des Regelfalls ist, dass über die sechs Stichprobeneinheiten ein Mindestmaß an statistischen Informationen für das Untersuchungsgebiet gewonnen wird.

Die Repräsentativität der Stichproben kann bei Einzelproben aus mehreren Untersuchungsgebieten gegebenenfalls verbessert werden. Dies ist der Fall, wenn Zweifel an der Repräsentativität eines einzelnen Untersuchungsgebiets für die Schichtung bestehen. Die statistischen Informationen aus den sechs Stichprobeneinheiten stehen dann aber nur für die gesamte Schichtung zur Verfügung, nicht mehr für das jeweilige Untersuchungsgebiet.

Sollen bestimmte Genauigkeitsanforderungen in einer Basisanalyse durch die öRE auch für unregelmäßig auftretende Stoffgruppen eingehalten werden, führt dies in der Praxis zu nicht mehr zu realisierenden Stichprobenumfängen. Die aus einer Sortieranalyse bestimmten Variationskoeffizienten von ausgewählten Stoffgruppen (ohne Schichtung nach Bebauung) zeigt die Tabelle A-3.

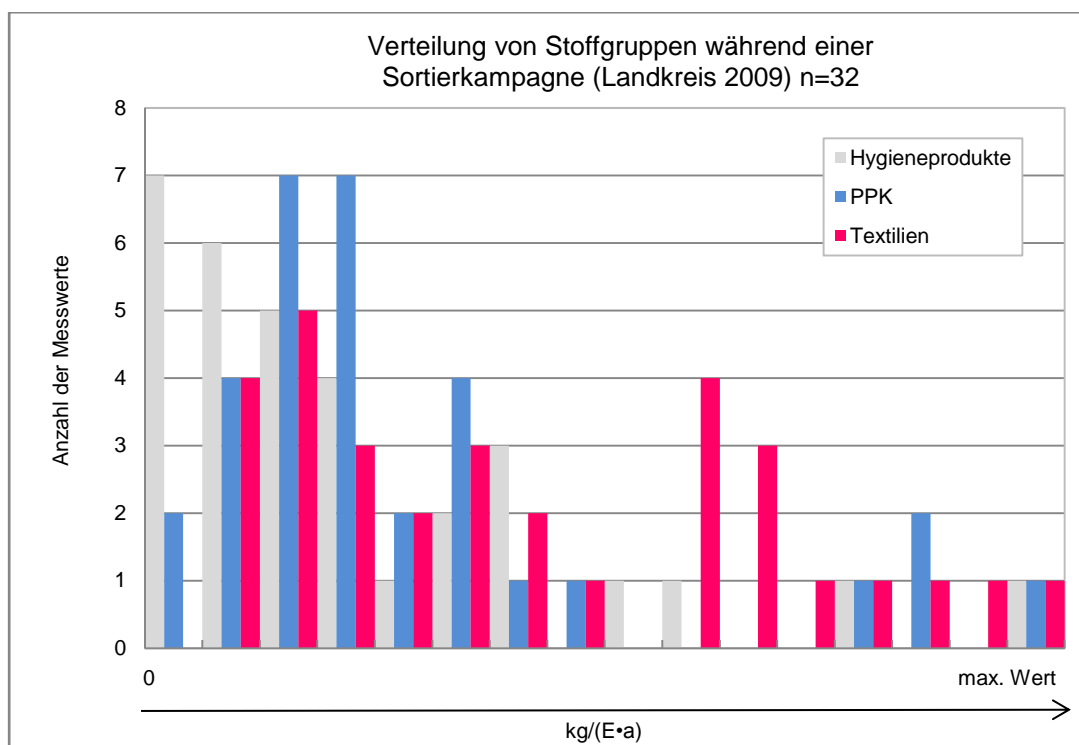
**Tabelle A-3: Variationskoeffizienten ausgewählter, zum Teil nicht regelmäßig anfallender Stoffgruppen**

| Stoffgruppe                | Variationskoeffizient [%] - bei Stichprobenzahl n=32 - |        |        |        |
|----------------------------|--|--------|--------|--------|
|                            | Frühjahr   | Sommer | Herbst | Winter |
| Fe-Metalle (Verpackungen)  | 64 %   | 72 %   | 132 %  | 83 %   |
| Fe-Metalle (Sonstige)      | 134 %  | 133 %  | 158 %  | 131 %  |
| Kunststoffe (Verpackungen) | 44 %   | 36 %   | 28 %   | 25 %   |
| Kunststoffe (Sonstige)     | 136 %  | 225 %  | 169 %  | 169 %  |
| Holz (Verpackungen)        | 416 %  | 218 %  | 478 %  | 269 %  |
| Holz (Sonstige)            | 331 %  | 220 %  | 129 %  | 147 %  |
| Textilien (Bekleidung)     | 93 %   | 86 %   | 63 %   | 64 %   |
| Textilien (Altschuhe)      | 93 %   | 125 %  | 76 %   | 95 %   |
| Textilien (Sonstige)       | 75 %   | 97 %   | 88 %   | 197 %  |

Bei nicht regelmäßig anfallenden Stoffgruppen sind Variationskoeffizienten von 100 % und mehr zu verzeichnen. In Abhängigkeit von den statistischen Genauigkeitsanforderungen lässt sich mithilfe der Tabelle A-1 der erforderliche Stichprobenumfang ermitteln. Bei hohen Genauigkeitsanforderungen ergibt sich folglich ein Stichprobenumfang, welcher für nicht regelmäßig anfallende Stoffgruppen bei Basisanalysen durch einen öRE nicht zu realisieren sein wird.

Bei der Bestimmung des Aufkommens nicht regelmäßig auftretender Stoffgruppen bedarf es gesonderter Überlegungen zum Stichprobenumfang. Diese Stoffgruppen fallen nicht normalverteilt an. Vielmehr ist eine rechtsschiefe Verteilung zu erwarten. Für drei ausgewählte Stoffgruppen wurde am Beispiel einer Sortierkampagne die Häufigkeitsverteilung (hier die Höhe der Einzelwerte in den Stichproben) untersucht<sup>8</sup>.

Bei den untersuchten Stoffgruppen handelt es sich um vergleichsweise regelmäßig anfallende Abfallarten. Für unregelmäßig anfallende Abfallarten, wie z. B. NE-Metalle (keine Verpackungen), traten in den untersuchten Stichproben zu wenig Einzelergebnisse auf, so dass eine statistische Auswertung nicht möglich war. Aus der Abbildung A-2 wird ersichtlich, dass eine allgemeine Formulierung der statistischen Anforderungen an alle in den Restabfällen vorhandenen Abfallarten aufgrund ihrer spezifischen Charakteristik nicht möglich ist.



**Abbildung A-2: Statistische Verteilung von ausgewählten Stoffgruppen in einer Restabfallsortieranalyse (Landkreis, 2009)**

Bei Restabfall-Sortieranalysen haben die Bebauungsstrukturen und jahreszeitliche Schwankungen besonderen Einfluss auf das Aufkommen und die Zusammensetzung. Der Stichprobenumfang in Abhängigkeit der beiden Einflussgrößen und der Festlegung, dass je Schichtung mindestens sechs Einzelstichproben je 1.100-l-Behälter zu analysieren sind, zeigt Tabelle A-4:

<sup>8</sup> die 32 Einzelwerte wurden 16 Korridoren zugeordnet, wobei sich die Korridorgröße aus dem maximalen einwohnerspezifischen Messwert dividiert durch 16 ergab

**Tabelle A-4: Bestimmung der Stichprobenanzahl in Abhängigkeit der jahreszeitlichen Kampagnen und Anzahl der Schichtung nach Bebauungsstrukturen (BS)**

| Anzahl der Schichtungen (BS) | Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen |    |     |     |
|------------------------------|---------------------------------------|----|-----|-----|
|                              | 1                                     | 2  | 3   | 4   |
| 2                            | 12                                    | 24 | 36  | 48  |
| 3                            | 18                                    | 36 | 54  | 72  |
| 4                            | 24                                    | 48 | 72  | 96  |
| 5                            | 30                                    | 60 | 90  | 120 |
| 6                            | 36                                    | 72 | 108 | 144 |
| 7                            | 42                                    | 84 | 126 | 168 |
| 8                            | 48                                    | 96 | 144 | 192 |

Als Mindestanforderungen für Basisanalysen für Restabfälle werden formuliert:

- mindestens sechs Stichprobeneinheiten je Schichtung,
- mindestens zwei jahreszeitlich unabhängige Kampagnen,
- mindestens drei Schichtungen (Bebauungsstrukturen) und
- mindestens 48 Stichprobeneinheiten je Abfallanalyse.

Die Sortiermasse nach der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 ist mit 10,4 Mg je Sortieranalyse<sup>9</sup> vergleichbar der Sortiermasse nach der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 von 10,1 Mg je Sortieranalyse<sup>10</sup>. Ein vergleichbarer Stichprobenumfang von 45 m<sup>3</sup> für Restabfälle wird durch die europäische Methode für die Analyse von festen Abfällen empfohlen [EUROPEAN COMMISSION 2004].

Für weiterführende statistische Grundlagen, Hochrechnungs- und Prognosemethoden, Schätzverfahren, statistische Auswertungen, Fehlerrechnungen etc. wird auf die einschlägige Literatur verwiesen. Sie beinhaltet Informationen, Erkenntnisse und Lösungsvorschläge für spezielle Fragestellungen (siehe Tabelle A-5).

<sup>9</sup> Annahmen: 4 Kampagnen, 20 Stichprobeneinheiten je Kampagne, 130 kg/Stichprobeneinheit

<sup>10</sup> Annahmen: 48 Stichprobeneinheiten insgesamt, 210 kg/Stichprobeneinheit



**Tabelle A-5: Verweis auf weiterführende Literatur**

| Quelle                                | Name  | Inhalte  |
|---------------------------------------|---|--|
| BÜLL 2006                             | Sortieranalysen für die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung fester Abfälle   | Praktische Hinweise zur Durchführung   |
| LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL 2004 | LAGA PN 98 – Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen   | Vorgaben zur Beprobung von Abfällen mit Teilchengröße kleiner 120 mm (95 %), relevant für vorbehandelte (vorzerkleinerte) Siedlungsabfälle in Abfallentsorgungsanlagen |
| MARB 2005                             | Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll und Haushaltungen – Teil I – Methodischer Ansatz  | Methodische Ansätze der Stichprobennahme zur Sortierung und zur Probennahme für chemisch-physikalische Analysen  |
| WEIGAND 2005                          | Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen– Teil II – Restmüllzusammensetzung als Funktion von Siedlungsstruktur und Abfallwirtschaftssystem | Diskussion der Sortiererergebnisse vor dem Hintergrund von Schichtungen und Unterschieden im abfallwirtschaftlichen System   |
| WEIGAND 2006                          | Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen– Teil III – Physikalisch-chemische Eigenschaften und Schadstoffgehalte                            | Erfahrungen bei Beprobung und chemisch-physikalischer Analyse von Restabfall   |
| WINTERSTEIN 2012                      | Probennahmestrategien für eine repräsentative und kostenoptimierte Beprobung von Abfallaufwerken  | Methoden und statistische Möglichkeiten der Beprobung von Aufwerken  |
| ZWISELE 2005                          | Probenahmemethoden für die Bestimmung von Menge und Zusammensetzung fester Abfälle  | Grundlagen der Stichprobennahme fester Abfälle inkl. Herleitung zum Stichprobenumfang  |
| ZWISELE 2012                          | Haus- und Geschäftsmülluntersuchung Berlin 2008   | Methodik zur Beprobung gewerblicher Abfälle  |

**Herausgeber:**

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)  
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden  
Telefon: +49 351 2612-0  
Telefax: +49 351 2612-1099  
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de  
www.smul.sachsen.de/lfulg

**Autor:**

INTECUS GmbH  
Pohlandstraße 17, 01309 Dresden  
Telefon: +49 351 31823-0  
Telefax: +49 351 31823-33  
E-Mail: intecus.dresden@intecus.de

**Redaktion:**

Stefan Zinkler, Micaela Ritscher  
Abteilung Wasser, Boden, Wertstoffe/Referat Wertstoffwirtschaft  
Zur Wetterwarte 11  
01109 Dresden  
Telefon: +49 351 8928-4100  
Telefax: +49 351 8928-4199  
E-Mail: abt4.LfULG@smul.sachsen.de

**Fotos:**

Deckblatt: INTECUS GmbH, Marko Günther

**Redaktionsschluss:**

12.12.2016

**Hinweis:**

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

**Verteilerhinweis**

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.