

Methodenentwicklung zur Bestimmung der Sortenreinheit von Bioabfällen



Herausgeber

Bundsgütegemeinschaft Kompost e.V.
Von-der-Wettern-Straße 25, 51149 Köln
Email: info@kompost.de
Internet: www.kompost.de

Redaktion

Dr. Bertram Kehres,
Bundsgütegemeinschaft Kompost e.V.

Autoren

Dr. Bertram Kehres
Bundsgütegemeinschaft Kompost e.V., Köln

Marko Günther, Janett Baumann,
Intecus GmbH – Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management

Ausgabe

1. Auflage Juni 2017

Abschlussbericht

zum Projekt

Methodenentwicklung zur Bestimmung der Sortenreinheit von Bioabfällen

1. Einleitung

Die Erzeugung hochwertiger Recyclingprodukte aus der Kreislaufwirtschaft setzt voraus, dass auch die verwendeten Ausgangsstoffe geeignet sind und keine Stoffe enthalten, die die Qualität der Endprodukte oder die Akzeptanz der Marktteilnehmer für die Produkte maßgeblich beeinträchtigen. Dies gilt auch für Düngemittel und Bodenverbesserungsmittel, die unter Verwendung von Bioabfällen hergestellt werden.

Bioabfälle aus der getrennten Sammlung können teilweise hohe Gehalte an Fremdstoffen aufweisen. Vorgaben zur Begrenzung von Fremdstoffen und einheitliche Methoden zur Ermittlung gegebener Fremdstoffgehalte gibt es indes nur für die Endprodukte. Für die eingesetzten Bioabfälle gibt es weder Vorgaben noch einheitliche Methoden der Bewertung.

Fremdstoffe, die in den Bioabfall gelangen, können in der weiteren Prozesskette nicht mehr vollständig abgetrennt werden. 'Saubere' Komposte und Gärprodukte können daher nur aus 'sauberen' Ausgangsstoffen hergestellt werden. Dazu sind Anforderungen an die Sortenreinheit der Bioabfälle zu stellen und Untersuchungsmethoden anzuwenden, anhand derer Bewertungen der Sortenreinheit vorgenommen werden können.

Die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK) hat dafür einheitliche Untersuchungsmethoden zur Feststellung der Sortenreinheit von aus privaten Haushaltungen getrennt gesammeltem Biogut in Bezug auf Fremdstoffe wie Kunststoffe, Glas, Metall, u. a. entwickeln lassen.

Diese Methoden zielen auf die Ermittlung des Fremdstoffanteils bezogen auf

- ein Entsorgungsgebiet (Methode Gebietsanalyse) und
- eine Fahrzeugladung (Methode Chargenanalyse)

ab.

Die Gebietsanalyse findet Anwendung bei der Untersuchung des Gehaltes an Fremdstoffen in Bioabfällen aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen (mittels Biotonne erfasstes Biogut) eines bestimmten Entsorgungsgebietes. Sie enthält neben der Beschreibung zum Vorgehen bei der Ermittlung des Fremdstoffanteils auch Vorgaben zur Erhebung gebietspezifischer Kennzahlen und zur Hochrechnung der Einzelwerte auf das Entsorgungsgebiet.

Die Chargenanalyse findet Anwendung bei der Untersuchung des Gehaltes an Fremdstoffen in Bioabfällen aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen, die an Anlagen zur Behandlung und Verwertung solcher Abfälle angeliefert werden. Haupteinsatzzweck ist die Bestimmung des Fremdstoffanteils in einzelnen Fahrzeugladungen (Chargen).

Diese standardisierten Methoden sollen

- die Vorbereitung und Durchführung der Untersuchung des Fremdstoffgehaltes standardisieren,
- die Vergleichbarkeit der Untersuchungen gewährleisten und
- betroffene Akteure zur Durchführung von Analysen veranlassen.

2. Begriffe und Abkürzungen

Im Zusammenhang mit dieser Methodenvorschrift werden Begriffe wie folgt verwendet:

| | |
|---------------------|---|
| Biogut | Mittels Biotonne erfasste Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus privaten Haushaltungen inkl. miterfasster gewerblicher Bioabfälle. |
| Biotonne | Sammelbehälter zur Erfassung von Biogut (i.d.R. 2-Rad-Behälter mit 80, 120 oder 240 Liter Fassungsvermögen). |
| Fremdstoff | Bestandteile aller Stoffgruppen, die nach den Vorgaben der Anlagen 2 und 3 nicht dem Biogut zuzuordnen sind. |
| Sortenreinheit | Anteil des Inhaltes der Biotonne, der nicht der Stoffgruppe der Fremdstoffe zuzuordnen ist. |
| Stichprobenahme | Vorgehen zur Gewinnung repräsentativer Stichprobeneinheiten eines Untersuchungsgebietes. |
| Einzelstichprobe | Inhalt einer Biotonne, die zur Gewinnung einer Stichprobeneinheit herangezogen wird. |
| Stichprobeneinheit | Summe von Einzelstichproben, die zu einer Stichprobeneinheit zusammengeführt werden. |
| Umleerverfahren 1 | Verfahren zur Sammlung des Probenvolumens Ausgewählte Biotonnen werden vor Ort in andere Behältnisse umgeleert und gesammelt (z.B. in Bigbags oder MGB auf einem Pritschenwagen). Soweit die örtlichen Gegebenheiten es zulassen, können die Biotonnen auch gegen leere Behälter getauscht werden. |
| Umleerverfahren 2 | Verfahren zur Sammlung des Probenvolumens Ausgewählte Biotonnen werden in ein separates Sammelfahrzeug umgeleert und gesammelt. Es dürfen ausschließlich Pressplattenfahrzeuge eingesetzt werden, die mit einer geringen Anpresskraft arbeiten. |
| Entsorgungsgebiet | Gebiet, für das die Sortenreinheit bzw. der Fremdstoffgehalt des Biogutes erhoben werden soll (i.d.R. das Gebiet eines öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers). |
| Untersuchungsgebiet | Bereich des Entsorgungsgebietes, welches aufgrund seiner repräsentativen Merkmale der jeweiligen Schichtung für die Stichprobenahme ausgewählt wird. |
| Schichtung | Aufteilung des Entsorgungsgebietes nach charakteristischen Merkmalen, i.d.R. nach Bebauungsstrukturen. |
| Bebauungsstruktur | Charakterisierung von Gebieten anhand der Größe einzelner Häuser und der Grundstücksgröße. |
| Kampagne | Zeitraum, in dem eine Untersuchung (Probenahme, Sortierung) durchgeführt wird. |
| Sammeltturnus | Minimale Zeitdauer zwischen möglichen Behälterleerungen, Festlegung durch öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) in der Abfallwirtschaftssatzung. |
| Stoffgruppe | Zusammenfassung von Einzelstücken nach Beschaffenheit. |
| Sammelmenge | Biogut, das zur Gewinnung der Stichprobeneinheiten gesammelt wird. |

Probenmenge Biogut, das in den Stichprobeneinheiten enthalten ist; bei der Probenahme für die Gebietsanalyse identisch der Sammelmenge.

Abkürzungen

| | |
|-----|--|
| SPE | Stichprobeneinheit |
| MGB | Müllgroßbehälter; nach aktueller DIN 840 Abfall- und Wertstoffbehälter |
| BS | Bebauungsstruktur |
| BAW | Biologisch abbaubare Werkstoffe |

3. Berichtsinhalte

Die in diesem Projekt entwickelten Methodenbeschreibungen der Gebiets-/bzw. Chargeanalyse sind dem Abschlussbericht als Anlagen 1 und 2 beigefügt. In den Methoden sind die die wichtigen Arbeitsgänge und Inhalte der Untersuchung bestimmt.

Der Abschlussbericht leitet Entscheidungen für einzelne Problemstellungen her, die in den Methoden Berücksichtigung finden und erklärt/begründet sie. Selbsterklärende Inhalte der Methoden sind nicht nochmals im Bericht dargestellt. Deshalb ist der Abschlussbericht nur in Verbindung mit den Methodenbeschreibungen verständlich.

4. Grundlagen

Als fachliche Grundlagen der Methodenentwicklungen sind folgende Quellen zu nennen:

Fortschreibung der Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen [3]

Die Fortschreibung der Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen (Sächsische Sortierrichtlinie von 2014) und der zugehörige Begleitbericht sind die aktuellsten und umfanglichsten Dokumente zur Anleitung der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Sortieranalysen. Die sächsische Sortierrichtlinie wird deshalb bundesweit als Grundlage dafür verwendet. Sie bildet auch die Grundlage für die hier beschriebenen Methodenentwicklungen.

Schwerpunkt der sächsischen Sortierrichtlinie ist die Sortieranalyse von Restabfällen für Entsorgungsgebiete. Trotz vieler Gemeinsamkeiten sind für die Methodenentwicklung der Sortierreinheit von Bioabfällen grundlegende Anpassungen erforderlich. Zu nennen sind insbesondere die Art und Anzahl der Stoffgruppen und der Umfang der Auswertung.

Daten aus früheren Biogut-Sortieranalysen/Praktische Erfahrungen

Insgesamt bildeten Daten aus insgesamt 22 Projekten zur Sortierung von Biogut mit über 450 Einzelstichproben die Datenbasis für die Herleitung wichtiger Kenndaten wie Größe der Stichprobeneinheit, Anzahl der Stichprobeneinheiten, Kampagnenanzahl und Festlegung von Schichten.

Regeln und Standards

Regeln und Standards bilden die Grundlage für die Durchführung von Sortieranalysen. Wichtigste Anwendungsgebiete sind der Arbeitsschutz und die Probenahme.

Die für die Bearbeitung des Projektes relevanten Regeln und Standards sind in den jeweiligen Kapiteln thematisiert.

5. Gebietsanalyse

5.1. Statistische Grundlagen

Eine Kernaufgabe des Projektes ist die Herleitung einer optimalen Konfiguration der Parameter

- Saisonaler Einfluss,
- Schichtung mit Schwerpunkt Bebauungsstruktur,
- Größe der Stichprobeneinheit und
- Anzahl der Stichprobeneinheiten

unter Abwägung von Wirtschaftlichkeit und statistischer Belastbarkeit der Ergebnisse.

Für die quantitative Bewertung der Streuung der Messergebnisse auf der Basis vorhandener Daten und folgend der Ableitung des notwendigen Stichprobenumfangs wurde der relative Variationskoeffizient des Fremdstoffanteils (bei Nennung des relativen Variationskoeffizienten ist immer der des Fremdstoffanteils gemeint) herangezogen. Nachfolgend werden die theoretischen Grundlagen dazu dargestellt. Die Herleitung der optimalen Konfiguration erfolgt in Kapitel 5.6.3.

Der relative Variationskoeffizient ist allgemein definiert als Quotient der Standardabweichung und des arithmetischen Mittelwertes:

$$\gamma = \frac{s}{\bar{x}} \quad (1)$$

γ relativer Variationskoeffizient

\bar{x} arithmetischer Mittelwert (des Fremdstoffanteils)

s Standardabweichung bezogen auf den Mittelwert \bar{x}

mit

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

n Anzahl der Messwerte

Der relative (oder auch natürliche) Variationskoeffizient bedingt unmittelbar die Anzahl der nötigen Stichprobeneinheiten, andere in nachfolgender Formel aufgeführte Parameter haben direkten Einfluss auf den relativen Variationskoeffizienten.

Der mathematische Zusammenhang zwischen Anzahl der Stichprobeneinheiten und relativem Variationskoeffizienten wird analog des Vorgehens der sächsischen Sortierrichtlinie unter Anwendung der Studentschen t-Verteilung beschrieben. Abweichend von der Normalverteilung wird bei der Studentschen Verteilung von einer rechtsschiefen Verteilung der Einzelwerte ausgegangen, wie sie für Abfälle typisch ist [4].

$$n = \frac{(z_{\alpha} \cdot \gamma)^2}{d_{\bar{x},rel}^2} \quad (3)$$

n Anzahl der benötigten Stichprobeneinheiten

z_{α} Zufallsgröße für vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit α ¹

$d_{\bar{x},rel}$ relative maximale Zufallsabweichung²

Die Formel ist in Tabelle 1 nochmals visualisiert. Sie zeigt, dass der wirtschaftlich vertretbare Geltungsbereich, hier orange markiert, sehr klein ist. Dies begründet sich mit der quadratischen Abhängigkeit zwischen relativem Variationskoeffizienten und Anzahl der Stichprobeneinheiten (Formel (3)). Dadurch ist die Optimierung der Methoden auf die Minimierung des relativen Variationskoeffizienten aus Sicht einer hohen Akzeptanz des Ergebnisses, aber auch aus wirtschaftlicher Sicht geboten.

¹ Die Zufallsgröße z_{α} 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 festgelegt.

² Die relative maximale Zufallsabweichung wird auf Basis der in den nachfolgenden Kapiteln dargestellten Untersuchungen festgelegt.

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

| natürlicher Var.-Koeffizient | Notwendiger Stichprobenumfang n 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 |

Wirtschaftlich darstellbarer Bereich

In Kapitel 5.6 werden alle den relativen Variationskoeffizienten beeinflussenden Kenndaten einer auf praktischen Daten beruhenden Untersuchung unterzogen.

5.2. Herleitung der Untersuchungszeiträume

Saisonaler Einfluss auf das Aufkommen

Das jahreszeitliche Biogut-Aufkommen schwankt im Vergleich zu anderen Abfallarten saisonal stark (Abbildung 1).

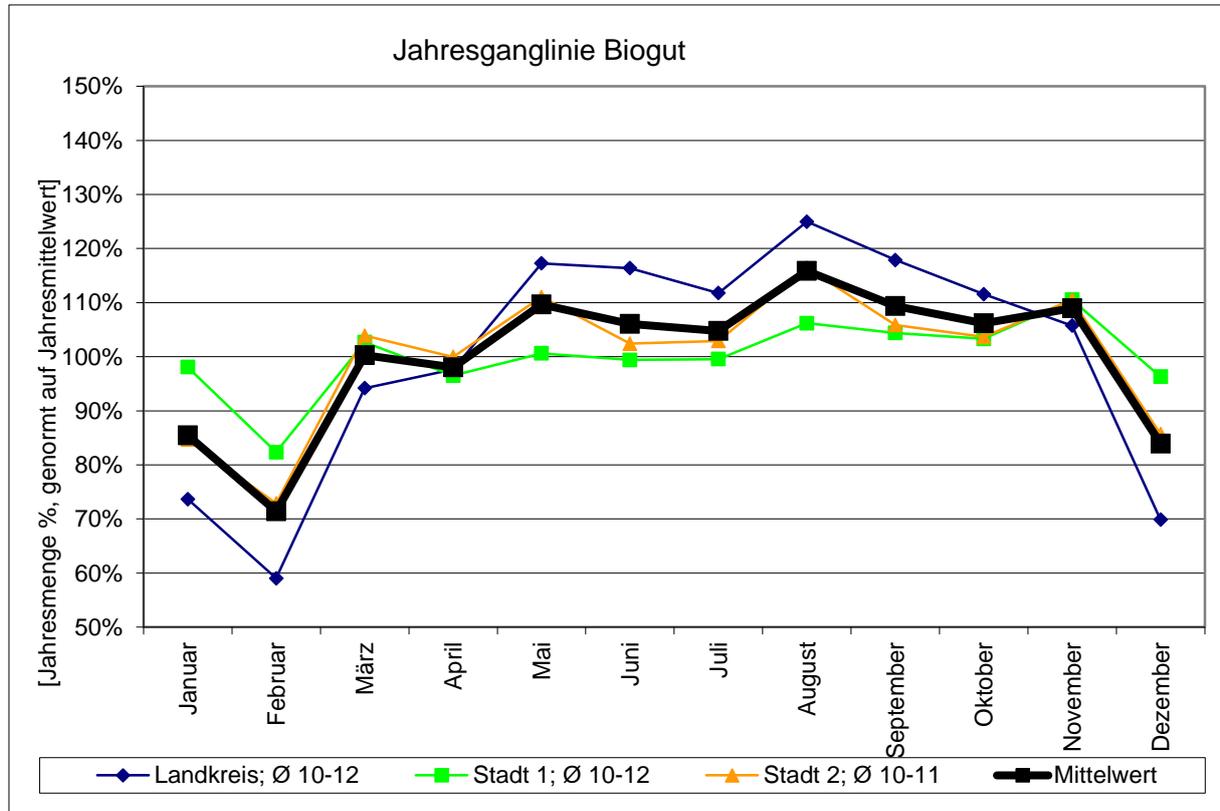


Abbildung 1: Jahresganglinie im Biogutaufkommen dreier öRE (Mittelwerte aus den Jahren 2010-2012)³ [5]

Es wurde angenommen, dass die Schwankungen auf den saisonal bedingten Anfall von Grünschnitt (vegetationsreiche/-arme Periode) zurückzuführen sind, während das anteilige Aufkommen des Küchenabfalls relativ konstant bleibt. Für die untersuchten Aufkommen besteht im Mittel ein deutlicher Aufkommensunterschied zwischen den Perioden März-November und Dezember-Februar.

Die Untersuchung des i.m.a. [1] bestätigt diesen Verlauf für die Vegetationsperiode im Grundsatz. Dort ist sie mit März-Oktober angegeben.

Für die Durchführung von Untersuchungen wird empfohlen, für Kampagnen Zeiträume auszuschießen, soweit diese einer Vegetationsperiode wetterbedingt nicht eindeutig zuzuordnen sind.

Ebenfalls ist zu berücksichtigen, dass klimatisch bedingt mehr oder weniger Monate einer Vegetationsperiode zuzuordnen sind.

³ Der geringe Wert im Februar erklärt sich auch durch die geringere Anzahl an Kalendertagen.

Für die Ermittlung des Fremdstoffanteils werden bei Gebietsanalysen mindestens 2 Kampagnen durchgeführt, jeweils eine in der vegetationsarmen und der vegetationsreichen Periode.

Für die Hochrechnung der Ergebnisse der einzelnen Kampagnen der Gebietsanalyse auf ein Jahr wird ebenfalls die Untersuchung des i.m.a. [1] zugrunde gelegt. Demnach verläuft die Vegetationsperiode von März bis Oktober (8 Monate), die vegetationsarme Periode von November bis Februar (4 Monate).

In die Hochrechnung der Ergebnisse auf ein Jahr gehen die Kampagne der vegetationsreichen Periode zu 67 % und die Ergebnisse der vegetationsarmen Periode zu 33 % ein. Aufgrund regionaler klimatischer Besonderheiten kann von dieser Aufteilung abgewichen werden. Die Abweichung ist quantifiziert zu begründen.

Saisonaler Einfluss auf den Fremdstoffanteil

Im Rahmen der Methodenentwicklung war zu untersuchen, ob es einen saisonalen Einfluss auf den Fremdstoffanteil gibt. Es wurde vermutet, dass der Fremdstoffanteil in häuslichen Gartenabfällen geringer ist als in den organischen Küchenabfällen, so dass in der vegetationsreichen Periode ein unterdurchschnittlicher Fremdstoffanteil erwartet werden kann und in der vegetationsarmen Periode vice versa ein überdurchschnittlicher Anteil.

Herleitung

Die Auswertung von Daten aus 72 Stichprobeneinheiten ist in den nachfolgenden Abbildungen dargestellt.

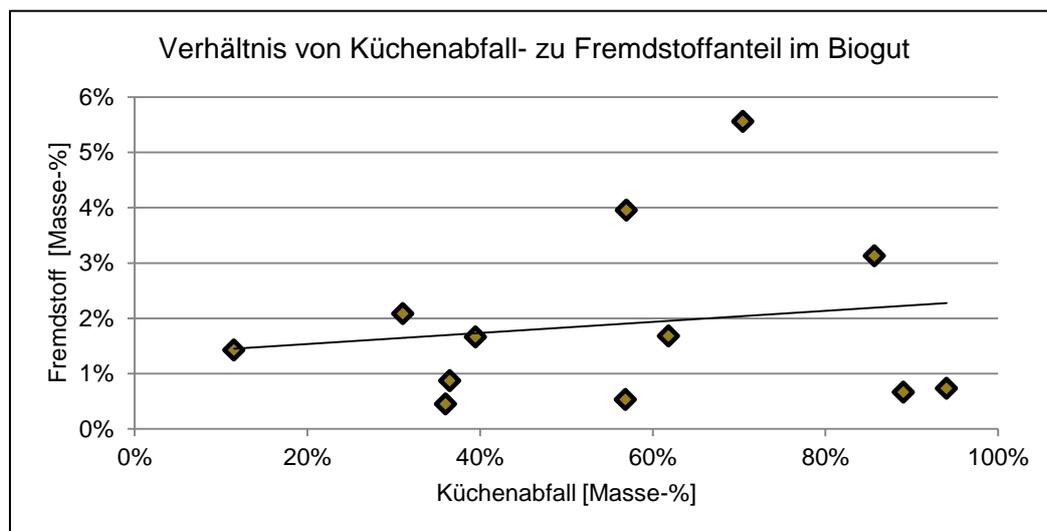


Abbildung 2: Verhältnis von Küchenabfallanteil zu Fremdstoffanteil im Biogut⁴ [6]

Abbildung 2 zeigt, dass die hohen Fremdstoffgehalte bei den Stichprobeneinheiten mit hohem Küchenabfallanteil auftreten. Es ist jedoch auch festzustellen, dass einzelne Stichprobeneinheiten mit hohem Küchenabfallanteil einen geringen Fremdstoffanteil ausweisen können.

⁴ Daten kampagnenspezifisch je Schichtung erhoben

Insgesamt zeigt die Trendlinie mit steigendem Küchenabfallanteil einen steigenden Fremdstoffgehalt. Mit steigendem Küchenabfallanteil nimmt aber auch die Streuung des Fremdstoffgehalts zu.

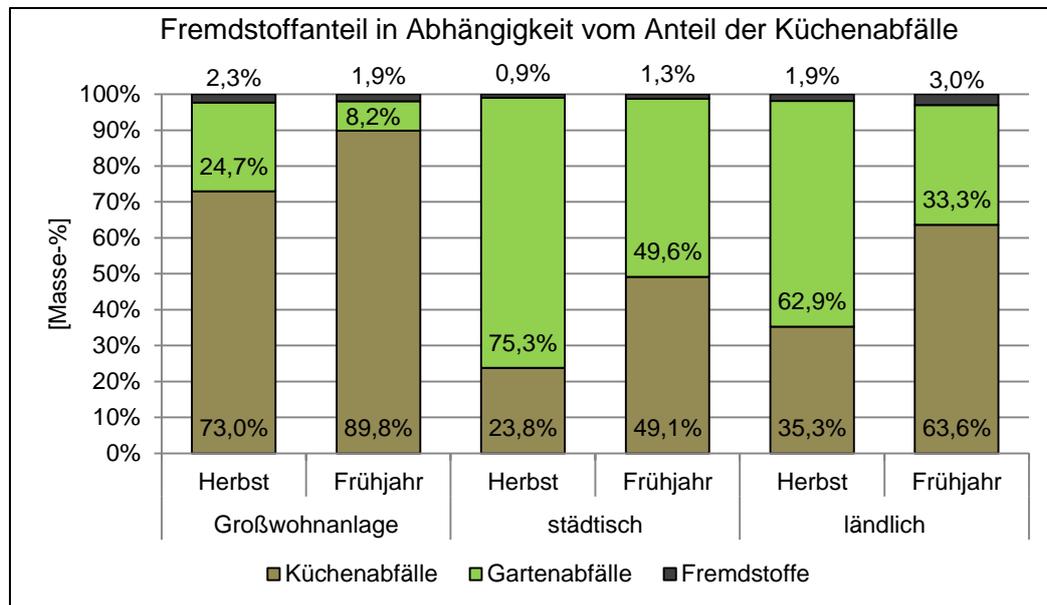


Abbildung 3: Anteile von Küchenabfall, Grünschnitt und Fremdstoffen im Biogut im Frühjahr und Herbst in Abhängigkeit von der Schichtung [6]

Abbildung 3 bestätigt den Trend von steigendem Fremdstoffanteil bei steigendem Küchenabfallanteil auch bezogen auf die Schichtung nach Bebauungsstruktur.

Trotz des Trends eines steigenden Fremdstoffanteils bei steigendem Küchenabfallanteil ist eine direkte Proportionalität nicht ableitbar, eine Berechnung des Fremdstoffanteils allein auf Basis des Küchenabfallanteils erscheint daher nicht möglich.

5.3. Herleitung von Schichtungen

Aus der Praxis ist bekannt, dass Aufkommen und Zusammensetzung von Biogut stark von der Bebauungsstruktur des Untersuchungsgebietes abhängen. Beim Biogut hängt das Aufkommen von der (unversiegelten) Grundstücksgröße ab. Der Fremdstoffanteil ist bei einer hohen sozialen Kontrolle, wie sie bei Anschluss von vornehmlich Einzelhaushalten an eine Biotonne gegeben ist, geringer [7].

Entsprechend sind die Bebauungsstrukturen einflussgebend auf das Biogutaufkommen und die Zusammensetzung des Biogutes und daher bei der Analyse des Biogutes zu schichten.

Weitere mögliche Schichtungsparameter beim Biogut sind:

- Behältergröße und
- Sammeltturnus.

Typische Schichtungskriterien nach Bebauungsstruktur sind in Tabelle 2 dargestellt. Abweichungen davon können unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten des Entsorgungsgebietes weitere Schichtungen vorgenommen werden.

Tabelle 2: Schichtung der Bebauungsstruktur (BS) [3]

| BS | Beschreibung | | |
|--------|---|-------------------------------------|--|
| BS 1 | fünf- und mehrgeschossige Wohnbebauung (z. B. Plattenbausiedlungen) | weitgehend anonyme Abfallentsorgung | geringer Anteil an Grünfläche |
| BS 2 | drei- bis fünfgeschossig Wohnbebauung, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang (geschlossene Bebauung – z. B. Innenstadt) | z. T. anonyme Abfallentsorgung | geringer Anteil an Grünfläche |
| BS 3 | drei- bis fünfgeschossig Wohnbebauung, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang (offene Bebauung) | z. T. anonyme Abfallentsorgung | im Vergleich zu BS 2 höherer Anteil an Grünfläche |
| BS 4.1 | Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke unterschiedlicher Größe, gewachsene Struktur | Einzelbehälterstandplätze | großer Anteil an Grünfläche |
| BS 4.2 | Ein- und Zweifamilienhausbebauung, (z. B. Wohnparks, Neubausiedlungen, Reihenhäuser in Gemeinden oder an Stadträdern) | Einzelbehälterstandplätze | im Vergleich zu BS 4.1 geringerer Anteil an Grünfläche |

Wie in Kap. 5.1 (Statistische Grundlagen) erläutert, wird zur Prüfung und Bewertung des Einflusses der Bebauungsstruktur der relative Variationskoeffizient herangezogen.

Der Einfluss der Bebauungsstruktur auf den relativen Variationskoeffizienten ist in Abbildung 4 für ein Entsorgungsgebiet beispielhaft dargestellt. Demnach kann in diesem Beispiel der relative Variationskoeffizient bei Schichtung des Entsorgungsgebietes je nach Schicht um 20-60 % verringert werden. Dies entspräche unter Ansatz des Mittelwertes einer Halbierung der nötigen Anzahl der Stichprobeneinheiten.

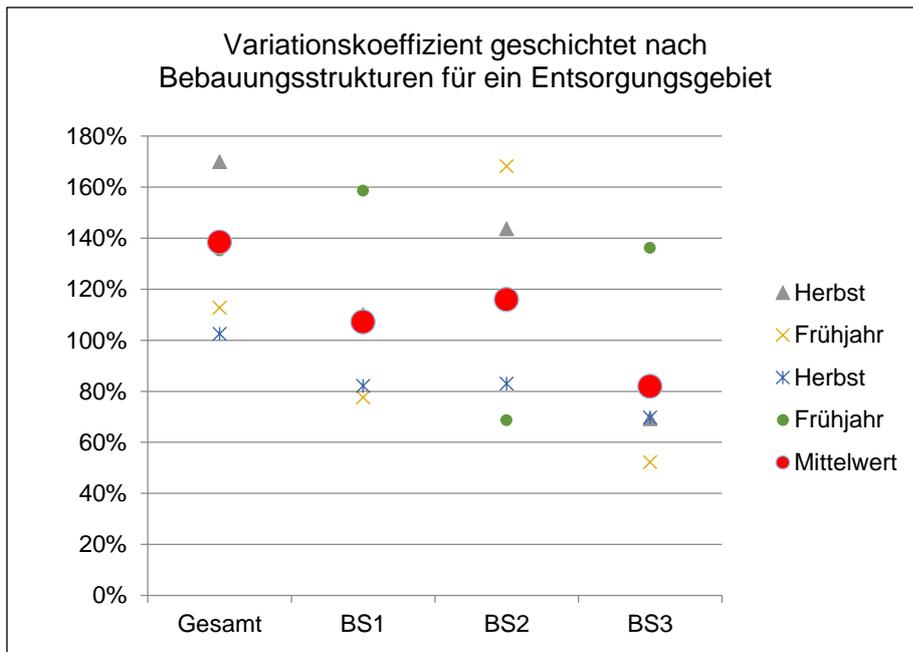


Abbildung 4: Relativer Variationskoeffizient mit/ohne Schichtung in Bebauungsstrukturen [6]

Für die Gebietsanalyse wird eine Schichtung in mindestens 3 Bebauungsstrukturen empfohlen.

5.4. Auswahl von Untersuchungsgebieten (nach [3])

Innerhalb der Schichtungen werden Untersuchungsgebiete festgelegt, aus denen Einzelstichproben gewonnen werden. Auf Basis von Behälterlisten/Behälterdatenbanken werden Einzelstichproben anhand des Straßennamens und der Hausnummer nach dem Prinzip der Zufallsauswahl ausgewählt. Alle Faktoren der Schichtung 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 einem separaten Abfallsammelfahrzeug, können aus praktischen Erwägungen die Stichproben fortlaufend beginnend an einer Hausnummer einer Straße gesammelt werden. Dafür erfolgt die Auswahl der Straße nach dem Zufallsprinzip. Genügt eine Straße zur Gewinnung des Probenvolumens nicht, können weitere Straßen herangezogen werden.

Es ist eine ausreichend große Anzahl an Ersatzadressen einzuplanen, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Behälter zur Abholung bereitgestellt werden, oder die als Einzelstichproben ausgewählten Behälter zu 100 % gefüllt sind.

5.5. Arbeitsschutz (übernommen aus [3])

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 Stichprobenahme 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.

5.6. Durchführung

5.6.1. Herleitung der Größe der Stichprobeneinheit

Den Einfluss der Stichprobengröße auf den relativen Variationskoeffizient zeigt Abbildung 5 für 2 unterschiedliche Sortieranalysen [6]. Demnach verringert sich der relative Variationskoeffizient signifikant mit steigender Größe der Stichprobeneinheit.

Für das Beispiel des blauen Datensatzes (Kreuze) ergeben sich folgende Auswirkungen: Um die gleiche statistische Sicherheit zu erreichen, würde sich bei der Verringerung der

Größe der Stichprobeneinheit von 1.200 l auf 120 l die Anzahl der zu analysierenden Stichprobeneinheiten verfünzfachen (siehe Tabelle 1).

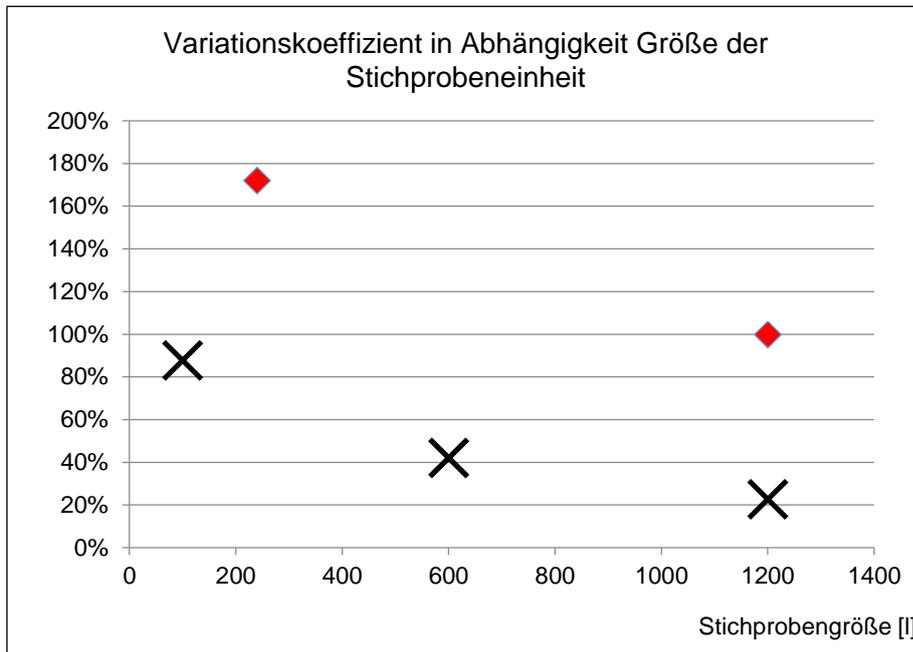


Abbildung 5: Relativer Variationskoeffizient in Abhängigkeit von der Größe der Stichprobeneinheit [6].

Wirtschaftlich ist der Einfluss auf das Probenvolumen mit dem Faktor 1,5 dabei vergleichsweise gering. Bricht man die Auswirkungen auf die einzelnen Arbeitsgänge herunter, ist mit dem in Tabelle 3 dargestellten Mehraufwand zu rechnen:

Tabelle 3: Geschätzter Mehraufwand in den einzelnen Arbeitsgängen bei Verringerung des Volumens der Stichprobeneinheiten von 1200l auf 120 l anhand eines Beispieldatensatzes

| Arbeitsgang | Aufwandsfaktor |
|---|----------------|
| Probensammlung | 1,3 |
| Sortierung | 2 |
| Verwiegung der Stoffgruppen nach Sortierung | 13 |
| Dateneingabe und -verarbeitung | 13 |

Eine größere Stichprobeneinheit als 1.000 l wurde aus Gründen der Handhabbarkeit verworfen. Zum einen sind MGB 1.100 l oder entsprechende Größen für Bigbags gut verfügbar. Zum zweiten ist mit einer mittleren Bruttomasse der Stichprobeneinheit von 250 kg zu rechnen, Spitzenwerte liegen bei über 600 kg. Eine weitere Erhöhung der Größe der Stichprobeneinheit würde eine manuelle Handhabung der Stichprobeneinheit ausschließen.

Aus praktischen Erwägungen ist eine Größe von 1.000 l der Größe von 1.100 l vorzuziehen, da man bei Einsatz von MGB 1.100 l mit Runddeckel als Behälter für die Stichprobeneinheit auch die Rundung oberhalb der Schüttkante mit ausfüllen müsste. Dies würde beim Um-

leerverfahren 1 zu häufigem Verschütten und hohem Reinigungsbedarf der Standplätze führen.

Als Größe der Stichprobeneinheit wird ein Volumen von 1.000 l (1 m³) oder eine Masse von 250 kg empfohlen.

5.6.2. Herleitung der Anzahl der Stichprobeneinheiten

Die sächsische Sortierrichtlinie gibt für die Sortieranalyse von Restabfällen eine Mindestanzahl von 48 Stichprobeneinheiten vor, rechnerisch mindestens 36 Stichprobeneinheiten (siehe Tabelle 4).

Ein direkter Vergleich ist aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen und Untersuchungsgegenstände nur bedingt möglich bzw. sinnvoll:

- Der relative Variationskoeffizient bezieht sich für die Sächsische Sortierrichtlinie auf die Gesamtmasse der Stichprobeneinheit, für die hier entwickelten Methoden der Sortieranalyse von Biogut dagegen auf deren Anteil an Fremdstoffen.
- Der Fremdstoffanteil ist im Biogut nur eine geringe Teilmenge, in der Regel unter 10 % und damit deutlich anfälliger für Schwankungen des relativen Variationskoeffizienten.
- Restabfall ist aufgrund seiner komplexen Zusammensetzung deutlich anfälliger für Zusammensetzungsschwankungen. Die relativen Variationskoeffizienten von Stoffgruppen mit einem dem Fremdstoffanteil im Biogut vergleichbaren Anteil liegen bei 80-170 %.

Tabelle 4: Vergleich der Anzahl der Stichprobeneinheiten gemäß Sächsischer Sortierrichtlinie mit den Empfehlungen der Gebietsanalyse für Biogut

| | Sächsische Sortierrichtlinie (Restabfall) - Basisvariante | Gebietsanalyse für Biogut |
|-----------------------------|--|------------------------------|
| Größe Stichprobeneinheit | 1.100 l | 1.000 l oder 250 kg |
| Anzahl Kampagnen | 2 | 2 |
| Anzahl Schichtungen | 3 | 3 |
| Anzahl Stichprobeneinheiten | 6 | 6 |
| Gesamtzahl rechnerisch | 36 | 36 |
| Gesamtzahl Festlegung | 48 | 36 |

Der Zielwert für den relativen Variationskoeffizienten beträgt in der Sächsischen Sortierrichtlinie 30 %. Dieser Wert ist für den Fremdstoffanteil in Biogut nicht sicher erreichbar, ein höherer zulässiger relativer Variationskoeffizient würde aufgrund des quadratischen Zusammenhangs zwischen relativem Variationskoeffizienten und Anzahl der Stichprobeneinheiten ein wirtschaftlich nicht mehr darstellbares Probenvolumen bedingen (Tabelle 5).

Zudem kann die Anzahl der notwendigen Stichprobeneinheiten erst nach Abschluss der Sortierung ermittelt werden, da der relative Variationskoeffizient erst anhand der ermittelten Daten berechnet werden kann. Dies würde im ungünstigsten Fall bedeuten, dass nach Ende der Kampagne ein relativer Variationskoeffizient berechnet wird, der bei gleichbleibender relativer maximaler Zufallsabweichung einen höheren Stichprobenumfang, also eine höhere Anzahl von Stichprobeneinheiten vorausgesetzt hätte. Die Forderung eines maximalen relativen Variationskoeffizienten ist daher nicht praktikabel.

Für die hier entwickelten Methoden der Sortenreinheit von Biogut wird deshalb im Vergleich zur Sächsischen Sortierrichtlinie bei gleichbleibender Irrtumswahrscheinlichkeit von < 5 % die Berechnung der Anzahl der Stichprobeneinheiten auf Basis einer höheren relativen max. Zufallsabweichung von 20 % empfohlen. Dies bedeutet bei gleicher Anzahl der nötigen Stichprobeneinheiten einen höheren zulässigen relativen Variationskoeffizienten von 60 %, der auf Basis der Berechnungen der vorliegenden Sortieranalysen [6] in der Regel eingehalten werden kann.

Damit wird bei den beschriebenen Vorgaben eine Anzahl an Stichprobeneinheiten von 6 je Schichtung als Mindestumfang für geeignet erachtet.

Tabelle 5: Berechnung des Stichprobenumfangs in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten und der relativen maximalen Zufallsabweichung für 2 Kampagnen [3]

| natürlicher Var.-Koeffizient | Notwendiger Stichprobenumfang n 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 |

5.6.3. Probenmasse

In der sächsischen Sortierrichtlinie ist die Probenmenge ausschließlich als Volumen vorgegeben. Dies gründet sich vor allem auf praktische Erwägungen, wonach die Gewinnung der Stichprobeneinheiten aus dem Zusammenfassen von Einzelstichproben erfolgt. Das Volumen ist dafür im Vergleich zur Masse in der Regel die leichter ermittelbare Größe, da bei bekanntem Volumen des Behältnisses, in das die Stichprobeneinheit gefüllt wird, jederzeit visuell geprüft werden kann, ob weitere Einzelstichproben benötigt werden.

Alternativ kann, z. B. wenn ein hohes Risiko der Selbstverdichtung der Stichprobeneinheit besteht oder die Stichprobeneinheit als Haufwerk gewonnen werden soll, die Mindestmenge der Stichprobeneinheit auch als Masse definiert werden. Auch für die Probensammlung in Entsorgungsgebieten, in denen die reguläre Abfuhr mit Ident-Wäge-System erfolgt, ist die Masse die leichter zu ermittelnde Größe.

Fachlich bestehen hinsichtlich der Nutzung der Masse (anstatt des Volumens) zur Festlegung der Mindestmenge keine Bedenken.

Alternativ zum Mindestvolumen kann die Mindestmenge der Stichprobeneinheit auch als Mindestmasse angegeben werden. Auf der Basis des Datenpools [6] wird die Mindestmasse von 250 kg (Nettomasse) je Stichprobeneinheit empfohlen.

5.7. Sortierung

5.7.1. Siebschnitte

Die Einführung von Siebschnitten bei der Sortierung hat verschiedene Gründe. Für Anlagenbetreiber kann die Kenntnis des Anteils von Siebschnitten für die Auslegung der Anlage von Bedeutung sein. Für die Sortieranalyse ist die Aufteilung in Siebschnitte ein Gebot der Wirtschaftlichkeit.

Einzelstücke mit einer maximalen Kantenlänge < 40 mm sind schwieriger zu erkennen und zu greifen. Gleichzeitig ist die Bedeutung des Einzelstücks aufgrund seiner Masse relativ gering. Diese Sachverhalte potenzieren sich mit Verringerung der maximalen Kantenlänge. Zudem besteht ein hohes kalkulatorisches Risiko für die Sortierzeit, da Monochargen mit einer hohen Anzahl von Einzelstücken (z. B. Verpackungschips) enthalten sein können, deren Aussortierung mit hohem zeitlichen Aufwand verbunden ist.

Die Festlegung der Siebschnitte bei 40 und 10 mm hat sich bei Restabfall- und Biogutanalysen bewährt und wurde deshalb für die hier beschriebenen Methoden übernommen.

Die Festlegung des Sortiervolumens der repräsentativen Teilmenge der Fraktion 10-40 mm von 5 l wurde von der sächsischen Sortierrichtlinie übernommen. Dafür wurde

- der hohe zeitliche Aufwand für die Sortierung dieser Fraktion,
- die oben genannten Besonderheiten bei der Sortierung kleiner Einzelstücke und
- die vergleichsweise homogene Zusammensetzung und damit einfachere Probenteilung der Fraktion 10-40 mm

berücksichtigt.

5.7.2. Durchführung der Sortierung

Quantifizierung folienartige Kunststoffe

Bei der Sammlung von Biogut ist das Zusammenkleben von Einzelstücken aufgrund der Konsistenz und des hohen Wasseranteils vergleichsweise stark ausgeprägt. Insbesondere bei flächigen leichten Einzelstücken können die Anhaftungen über 80 % der Bruttomasse stellen (Abbildung 6).

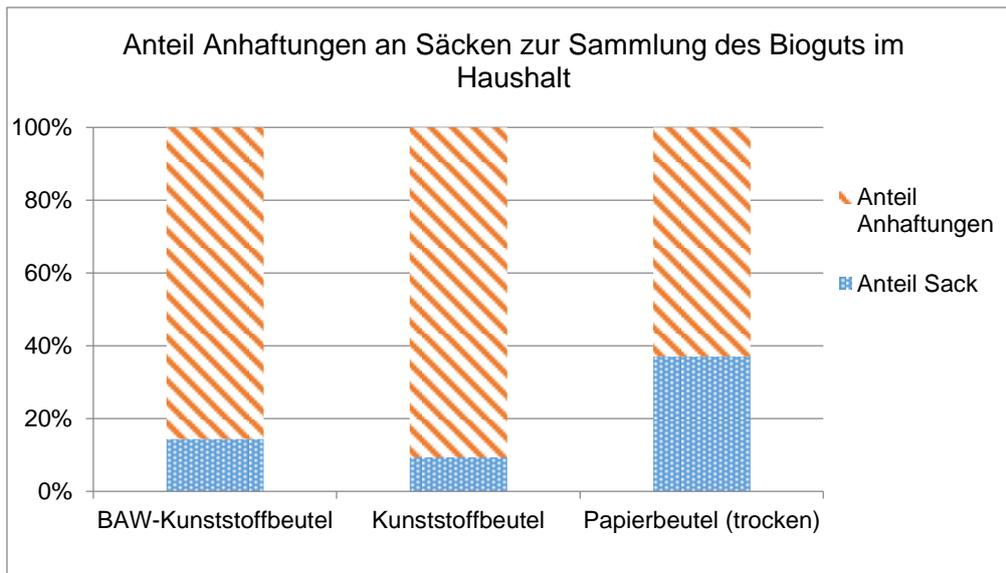


Abbildung 6: Anteil der Anhaftungen an der Bruttomasse verschiedener Beuteltypen [8]

Um diese systembedingten Verfälschungen des Ergebnisses zu minimieren, wird empfohlen, Anhaftungen von den Einzelstücken abzustreifen oder abzuschütteln.

Für flächige leichte Einzelstücken genügt diese Herangehensweise häufig nicht. Für Kunststoffbeutel wird deshalb empfohlen, die Nettomasse aus dem Produkt der Anzahl der Kunststoffbeutel mit einer festzulegenden mittleren Kunststoffbeutelmasse zu berechnen und die Differenz zur Bruttomasse der Fraktion < 10 mm zuzuordnen.

Zusätzlich wird empfohlen, Kunststoffbeutel in Kategorien einzuteilen. Neben der Verbesserung der Genauigkeit des Ergebnisses kann so auch ein Wissenszuwachs über die Verwendung verschiedener Arten von Beuteln erreicht werden. Folgende Kategorien mit den korrespondierenden Stückmassen werden vorgeschlagen:

Tabelle 6: Berechnung der Masse sortierter Kunststoffbeutel [nach 4]

| Stoffgruppe | Stückmasse [g] |
|--|----------------|
| Kunststoffbeutel Kat. 1 - dickwandige Tragetaschen > A4 und Müllsäcke > 60 l | 24 |
| Kunststoffbeutel Kat. 2 - dünnwandige Müllbeutel > A4 | 10 |
| Kunststoffbeutel Kat. 3 - kleinformative Beutel < A4 und Hemdchenbeutel | 4 |
| BAW-Sammelbeutel Kat. 4 | 7 |

Quantifizierung des Verpackungsanteils von ungeöffneten, nicht restentleerten Lebensmittelverpackungen

Ein Teil des Bioguts, meist verdorbene oder Lebensmittel mit abgelaufenem Haltbarkeitsdatum, wird in die Biotonne z.T. in der ungeöffneten Originalverpackung eingeworfen.

Eine manuelle Trennung des (biogenen) Inhalts von der (als Fremdstoff zu kategorisierenden) Verpackung ist aus Gründen der Verletzungsgefahr und des zeitlichen Aufwands nicht

zumutbar. Zudem würde auch bei manueller Trennung ein relevanter Anteil des Inhalts an der Verpackung haften bleiben.

Für die Bestimmung des Fremdstoffanteils im Biogut wird deshalb in Abhängigkeit vom Verpackungsmaterial ein Verpackungsanteil empfohlen.

Die Bestimmung des Verpackungsanteils erfolgte separat nach Verpackungsmaterial empirisch über die Ermittlung des Verpackungsanteils einzelner Waren und für Glasverpackungen durch Recherche im Internet [10], [11].

Tabelle 7: Berechnung des Verpackungsanteils an ungeöffneten Lebensmittelverpackungen

| Stoffgruppe | Verpackungsanteil Hauptfraktion [%] | Verpackungsanteil Nebenfraktion [%] |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Kunststoff | 8 | - |
| Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Glas | 30 | 3 (Metalldeckel) |
| Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Metall | 15 | - |

5.7.3. Besonderheiten/Zuordnung

Fremdstoff-Einzelstücke

Die Masse eines Einzelstücks liegt mit Ausnahme von Nichtverpackungs-Metallen und Glas in der Regel bei wenigen Gramm. Um einen für den Fremdstoffanteil relevanten Masseanteil zu erreichen, werden viele Einzelstücke benötigt.

Beispielsweise sind für die Nettomasse von 250 kg/Stichprobeneinheit 2,5 kg auszusortieren, um einen Masseanteil von 1 % zu erreichen. Dies entspricht der Nettomasse von ca. 100 Kunststoffbeuteln der Kategorie 1, 100 Aluminiumdosen, 50 Weißblechdosen oder 6 Weinflaschen.

Ein Einzelstück mit einer Masse von über 2 kg ist ein seltenes Ereignis. Damit kann nicht mehr von einer gleichmäßigen Verteilung des Fremdstoffanteils in den Stichprobeneinheiten ausgegangen werden, der relative Variationskoeffizient würde sich mit Eintreten des Ereignisses sehr wahrscheinlich erhöhen. Aus diesem Grunde wird empfohlen, Einzelstücke mit einer Masse von > 2 kg bei der Berechnung des Fremdstoffgehaltes unberücksichtigt zu lassen.

Das Auftreten von Einzelstücken > 2 kg ist zu dokumentieren und im Ergebnisbericht anzuführen.

5.8. Dokumentation

Bei der Durchführung von Abfallanalysen wird über die verschiedenen Arbeitsschritte eine protokollarische Dokumentation durchgeführt. Dabei sind im Einzelnen die folgenden Parameter aufzunehmen.

5.8.1. Stichprobensammlung

Im Rahmen der Stichprobensammlung sind pro Schichtung folgende Parameter zu dokumentieren:

- Untersuchungsgebiet

- Schicht des Untersuchungsgebietes
- Datum und Uhrzeit der Stichprobensammlung
- Art der Stichprobensammlung
- beprobte Standorte
- Besonderheiten

5.8.2. Sortierung

Die Ergebnisse und Randbedingungen der Sortierung werden für jede Stichprobeneinheit in einem separaten Sortierprotokoll dokumentiert:

- Herkunft des Abfalls (Untersuchungsgebiet – Übernahme aus Beschriftung der Stichprobeneinheit)
- Stichprobennummer
- Datum und Uhrzeit der Sortierung
- Massen der Stoffgruppen
- Besonderheiten

5.8.3. Rahmenbedingungen der Abfallanalyse

Wichtige zu dokumentierende Rahmenbedingungen sind:

- analysierte Abfallart,
- Untersuchungszeitraum/-punkt,
- Anzahl der Kampagnen
- Art der Stichprobenahme
- Anzahl und Größe der Einzelstichproben und Stichprobeneinheiten
- Schichtungen (nur Gebietsanalyse)
- Stoffgruppen

5.8.4. Fotodokumentation

Die Untersuchung ist fotodokumentarisch zu begleiten. Es sollten

- beispielhaft die Untersuchungsgebiete (nur Gebietsanalyse),
- ggf. das Haufwerk (nach Entladen aus dem Sammelfahrzeug),
- die sortierten Stoffgruppen
- nicht berücksichtigte Einzelstücke sowie
- Besonderheiten

fotografiert werden. Das Einbinden ausgewählter Fotos in den Bericht sowie den Anhang zum Bericht erleichtert die Verständlichkeit und ist ein Anhaltspunkt für die Durchführung der Untersuchung gemäß der Methodenvorschrift.

5.9. Auswertung

5.9.1. Allgemeines

Für die Bestimmung des Fremdstoffanteils werden folgende Daten benötigt:

- Einwohnerspezifisches Aufkommen je Schichtung (nur Gebietsanalyse)
- Zusammensetzung der Stichprobeneinheiten nach Stoffgruppen
- Zuordnung aller Einwohner des Entsorgungsgebietes zu den Bebauungsstrukturen (nur Gebietsanalyse)

Die Auswertung erfolgt zunächst für jede Stichprobeneinheit separat.

5.9.2. Berechnung der einwohnerspezifischen Abfallmasse an Biogut

a) Für die Stichprobeneinheit/die Schichtung

Für die Berechnung der einwohnerspezifischen Abfallmasse wird angenommen, dass Biogutbehälter an jedem Abfuhrtag bereitgestellt werden und die Periode, in der das Biogut angefallen ist, also dem Sammeltturnus entspricht.

Die Formel für die Berechnung je Stichprobeneinheit und je Bebauungsstruktur ist in den folgenden Formeln (4) und (5) dargestellt

$$\text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{\text{SPE}} = \frac{\text{Abfallmasse}_{\text{SPE}}}{\text{EZ}_{\text{SPE}} \cdot \text{Sammeltturnus}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right] \quad (4)$$

$$\text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{\text{BS}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{\text{SPE}i}}{n} \left[\frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right] \quad (5)$$

| | |
|----------------------------|---|
| Abfallmasse _{SPE} | Nettomasse der Stichprobeneinheit, berechnet als Summe aus den Siebschnitten oder Stoffgruppen |
| EZ _{SPE} | Anzahl der an die Einzelstichproben angeschlossenen Einwohner, die in die Stichprobeneinheit aufgenommen wurden |
| BS | Bebauungsstruktur |
| SPE | Stichprobeneinheit |
| n | Anzahl der Stichprobeneinheiten |

Werden die Behälterleerungen dokumentiert, z. B. mit Hilfe eines Behälteridentifikations-Systems, kann eine genauere Berechnung der einwohnerspezifischen Abfallmasse erfolgen. Das Vorgehen dafür ist in [3a] dargestellt. Es werden die Einwohner aller Stichprobenadressen berücksichtigt, auch die Einwohner, welche ihren Abfallbehälter nicht bereitgestellt haben [3a]. Diese Methode stellt aufgrund der selten gegebenen technischen Voraussetzungen und der für Biogut in der Regel pauschalen Entsorgungsgebühr noch eine Ausnahme dar, so dass auf eine ausführlichere Darstellung verzichtet wird.

b) Hochrechnung auf das Entsorgungsgebiet je Kampagne

Die Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmassen wird auf Basis der Einwohnerzahlen je Schichtung im Entsorgungsgebiet vorgenommen (Abbildung 7):

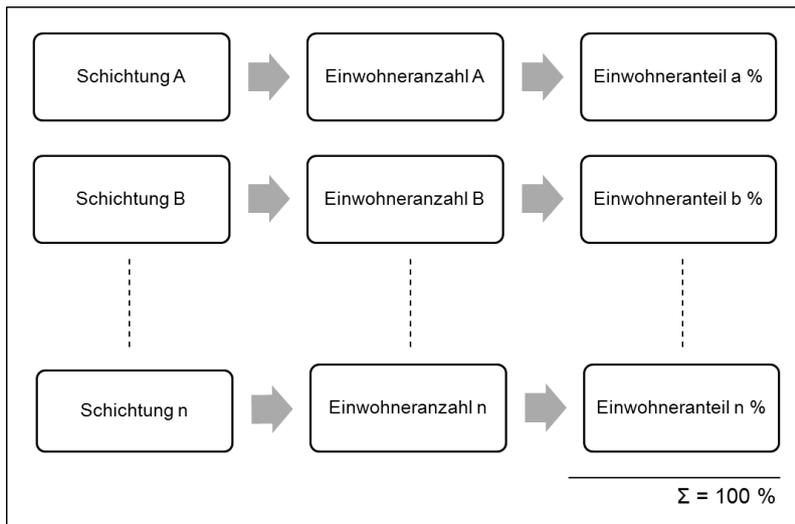


Abbildung 7: Berücksichtigung der Einwohnerverteilung unterschiedlicher Schichtungen [3]

Die Formel dazu lautet:

$$\text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_K = \frac{\sum_{i=1}^m (EZ_{BSi} * \text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{BSi})}{\sum_1^m EZ_{BSi}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right] \quad (6)$$

K Kampagne
 EZ_{BS} Einwohnerzahl je Bebauungsstruktur
 m Anzahl der Bebauungsstrukturen

c) Hochrechnung auf das Entsorgungsgebiet pro Jahr

Die ermittelten einwohnerspezifischen Abfallmassen je Kampagne werden auf den Betrachtungszeitraum (Jahr) hochgerechnet.

Werden zwei jahreszeitliche Kampagnen durchgeführt, werden die Kampagnen auf die vegetationsreiche und die vegetationsarme Zeit verteilt. Die Vegetationsperiode wird beispielsweise von [1] für den Zeitraum von März bis Oktober (acht Monate) für Deutschland angegeben. Regionale Abweichungen sind möglich. Für die Hochrechnung kann die vegetationsarme Zeit mit 33 % und die vegetationsreiche Zeit mit 67 % gewichtet werden.

6. Chargenanalyse

6.1. Arbeitsschutz (übernommen aus [3])

Die zu beachtenden Sachverhalte und Bestimmungen sind in Kapitel 5.5 ausgeführt.

6.2. Herleitung des Stichprobenumfangs

Die Herleitung des Stichprobenumfangs für die Chargenanalyse unterscheidet sich von der Herleitung bei der Gebietsanalyse.

So sind bei der Chargenanalyse etwa

- Betrachtungen des saisonalen Einflusses sowie
- eine Differenzierung nach Schichtung mit Schwerpunkt Bebauungsstruktur

nicht erforderlich. Die Chargenanalyse bezieht sich zudem auf eine deutlich geringere Menge an Biogut (eine Fahrzeugladung). Die Gebietsanalyse zielt dagegen auf die Hochrechnung für das Biogut eines gesamten Entsorgungsgebietes ab.

Die Herleitung des Stichprobenumfangs und damit der Probenahme ist aber auch bei der Chargenanalyse einer der zentralen und wesentlichsten Fragestellungen.

Für die Entwicklung der Probenahmestrategie wurden zwei Quellen herangezogen.

Zum einen wurde als „obere Schranke“ die Größe und Anzahl der Stichprobeneinheiten einer Bebauungsstruktur nach den Vorgaben der Gebietsanalyse festgelegt, also 6 Stichprobeneinheiten à 1.000 l bzw. 250 kg.

Als „untere Schranke“ dienen die Vorgaben der LAGA PN 98 [2].

Die LAGA PN 98 gibt für homogene Grundgesamtheiten mit einem Volumen bis 30 m³ und einer Stückigkeit bis 120 mm folgendes vor:

- Mindestens 2 Mischproben (entsprechend Stichprobeneinheiten)
- Mindestens 4 Einzelproben je Mischprobe
- Mindestvolumen der Einzelprobe von 5 l

Dies entspricht rechnerisch einer Anzahl von 2 Stichprobeneinheiten à 20 l.

Eine direkte Übernahme in die Methode der Chargenanalyse ist aufgrund der geringen Homogenität und des hohen Anteils an Einzelstücken mit einer maximalen Kantenlänge >120 mm im Biogut nicht möglich.

Tabelle 8: Vergleich des Stichprobenumfangs nach der Gebietsanalyse und LAGA PN 98 mit dem Vorschlag für die Chargenanalyse

| | Stichprobenumfang je Bebauungsstruktur lt. Gebietsanalyse | Stichprobenumfang nach LAGA PN 98 | Vorschlag Chargeanalyse |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------|
| Grundgesamtheit | unerheblich | bis 30 m ³ | bis 30 m ³ |
| Anzahl Einzelstichproben je SPE | unerheblich | 4 | 4 |
| Volumen Einzelstichproben je SPE | Vorgabe durch Behältergröße | 5 l | 240 l |
| Größe SPE | 1.000 l | 20 l | 960 l |
| Anzahl SPE | 6 | 2 | 2 |
| Probenvolumen | 6.000 l | 40 l | 1920 l |

Für die Chargenanalyse wird ein Vorgehen empfohlen, das sich bei der Anzahl der Proben auf die LAGA PN 98 und für das Volumen auf die Gebietsanalyse stützt.

Für die Beprobung von Chargen bis 30 m³ werden 2 Stichprobeneinheiten mit einem Volumen von jeweils 1 m³ oder einer Masse von jeweils 250 kg empfohlen.

Die Berechnung eines relativen Variationskoeffizienten ist für zwei Stichprobeneinheiten zur statistischen Bewertung der Ergebnisse, wie übrigens auch in der LAGA PN 98 praktiziert, nicht möglich.

6.3. Durchführung

Die Gewinnung der Stichprobeneinheiten kann auf 2 Wegen erfolgen:

- Probenahme nach Mischung und Aufkegeln des Materials
- Probenahme nach Mischung und flächiger Ausbreitung des Materials

Die Methoden orientieren sich an den Vorgaben der LAGA PN 98 [2].

Nähere Beschreibungen der beiden Vorgehensweisen sind in Anlage 2 dokumentiert.

6.4. Sortierung

Es wird auf die Ausführungen zur Sortierung in Kapitel 5.7 verwiesen.

Soweit keine Klassierung durchgeführt wird, wird die gesamte Stichprobeneinheit sortiert.

6.5. Dokumentation

Während der Untersuchung werden folgende Sachverhalte und Ergebnisse dokumentiert:

- Durchführung der Stichprobenahme,
- Vorbereitung der Sortierung,
- Ergebnisse der Sortierung,

- Dokumentation von Besonderheiten,
- Fotodokumentation.

Auf Ausführungen des Kapitels 5.8 wird, soweit für die Chargenanalyse anwendbar, verwiesen. Nähere Beschreibungen der Dokumentation sind Anlage 2 zu entnehmen.

6.6. Auswertung

Für die Bestimmung des Fremdstoffanteils wird die Zusammensetzung der Stichprobeneinheiten nach Stoffgruppen benötigt.

Die Auswertung erfolgt zunächst für jede Stichprobeneinheit separat.

Die Hochrechnung auf die gesamte Charge erfolgt durch Berechnung des Mittelwertes des jeweiligen Masseanteils der Stoffgruppe.

6.7. Anpassungen der Methode

Sortierung anderer Bioabfälle als Biogut

Die Chargenanalyse kann für die Sortierung von Grünschnitt angewendet werden.

Es wird eine Positivsortierung ohne Siebung empfohlen. Dafür sind nach Ausbreitung der Stichprobeneinheit alle Fremdstoff-Einzelstücke mit einer maximalen Kantenlänge von 20 mm zu entnehmen.

Abweichungen von der Methode der Chargenanalyse sind zusammen mit dem ermittelten Fremdstoffanteil anzugeben.

Die Anwendbarkeit der Chargenanalyse auf weitere Arten von Bioabfällen bedarf einer Einzelfallentscheidung.

Sortierung anlageninterner Stoffströme

Die Chargenanalyse kann für die Untersuchung von anlageninternen Stoffströmen (z.B. von Siebresten) angewendet werden. Die Probenahme kann für diesen Fall häufig vereinfacht vom Band oder aus Abwurfstellen erfolgen.

Grundlage für die Probenahme ist Kapitel 9.2 der LAGA PN 98 [2]. Die Probenahme wird für insgesamt 4 Einzelstichproben (2 pro Stichprobeneinheit) durchgeführt. Zwischen den Probenahmen ist eine ausreichende Zeitspanne der Nichtbeprobung, bei kontinuierlichem Strom in der Größenordnung von 5 min, einzuhalten.

Stichprobenumfang und das Vorgehen bei der Sortierung erfolgen unverändert.

Abweichungen von der Methode der Chargenanalyse sind zusammen mit dem Fremdstoffanteil anzugeben.

6.8. Vereinfachte Untersuchung

Eine Reduzierung der Anzahl der Stichprobeneinheiten und des Probenvolumens wird auch für die Durchführung einer vereinfachten Untersuchung nicht empfohlen.

Es kann aber sein, dass als Ergebnis der Untersuchung die Feststellung des Gesamt-Fremdstoffgehaltes der Charge ausreichend ist. In diesem Fall kann auf die Sortierung nach unterschiedlichen Fremdstoffgruppen (2. und 3. Differenzierungsebene) verzichtet werden.

Soweit es nur um die Frage geht, ob ein bestimmter Gehalt an Fremdstoffen überschritten ist, kann es auch ausreichend sein, die Sortierung der Stichprobeneinheiten bei Überschreiten dieses Gehaltes zu beenden.

In allen Fällen sind Abweichungen von der Methode der Chargenanalyse zusammen mit dem Fremdstoffanteil anzugeben.

Quellen

- [1] i.m.a - information.medien.agrar e.V. (Hrsg.): AGRILEXIKON 2016, abgerufen am 30.11.2016 unter <http://www.agrilexikon.de/index.php?id=vegetationsperiode>
- [2] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL: LAGA Mitteilung 32: LAGA PN 98 - Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, veröffentlicht 2001, abgerufen am 20.12.2016 unter <http://www.laga-online.de/servlet/is/23874/>
- [3] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft (Hrsg.): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Februar 2015
- [3a] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft (Hrsg.): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Februar 2015, Seite 39
- [4] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft (Hrsg.): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen – Begleitbericht, Eigenverlag, Februar 2015
- [5] anonymisierte Daten zum monatlichen Biogutaukommen dreier öRE
- [6] Datenpool aus einer Reihe von veröffentlichten und unveröffentlichten Sortieranalysen
- [7] Sächsisches Landesamt für Umwelt: Pilotprojekte zur verursachergerechten Abfallgebührenabrechnung in Großwohnanlagen, Eigenverlag als CD-ROM, 1999
- [8] Untersuchungen von INTECUS, [Jahr], unveröffentlicht
- [9] Handelsverband Deutschland (Hrsg.): Verbrauch an Plastiktüten in Deutschland, 2014, abgerufen am 20.12.2016 unter <https://www.einzelhandel.de/index.php/elektrog/item/123663-studie-verbrauch-an-plastikt%C3%BCten-in-deutschland>
- [10] www.greve-behrens.de, recherchiert am 24.02.2017
- [11] www.etivera.com, recherchiert am 24.02.2017
- [12] Recherche der BGK, 2017, unveröffentlicht

Anlagen

1. Methode zur Untersuchung der Sortenreinheit von Biogut - Gebietsanalyse
2. Methode zur Untersuchung der Sortenreinheit von Biogut - Chargenanalyse
3. Gestaltung von Ausschreibungsunterlagen (nach [3])
4. Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen und
Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen – Gebiets-
analyse
5. Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen und
Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen – Chargen-
analyse
6. Recherche Verpackungsanteile an ungeöffneten Verpackungen

Anlage 1

Methode zur Untersuchung der Sortenreinheit von Biogut – Gebietsanalyse

Methode

Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut

- Gebietsanalyse -

1. Anwendungsbereich

Die Gebietsanalyse findet Anwendung bei der Untersuchung des Gehaltes an Fremdstoffen in Bioabfällen aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen (mittels Biotonne erfasstes Biogut) eines bestimmten Entsorgungsgebietes.

2. Zweckbestimmung

Zweckbestimmung ist die Gewinnung belastbarer Daten über Art und Menge von in Biogut enthaltenen Fremdstoffen sowie die daraus abzuleitende Sortenreinheit des Biogutes für eine Kampagne (Untersuchungsgegenstand). Für die Hochrechnung der Ergebnisse auf ein Jahr sind zwei Kampagnen durchzuführen, jeweils eine in der vegetationsarmen und eine in der vegetationsreichen Zeit.

Die mit dieser Methode vorgenommene Standardisierung der Vorgehensweise ermöglicht es, festgestellte Ergebnisse über die Sortenreinheit von Biogut einzuordnen und miteinander zu vergleichen.

Bei der Ausschreibung von Leistungen können unter Bezugnahme auf diese Methode qualitativ vergleichbare Angebote erwartet werden.

Diese Methodenvorschrift beschreibt die Feststellung der Sortenreinheit bzw. des Fremdstoffgehaltes von Biogut. Sie ist jedoch auch auf weitere Untersuchungsgegenstände anwendbar (Kapitel 4.7).

3. Begriffe

Im Zusammenhang mit dieser Methodenvorschrift werden Begriffe wie folgt verwendet:

| | |
|--------------------|--|
| Biogut | Mittels Biotonne erfasste Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus privaten Haushaltungen inkl. miterfasste gewerblicher Bioabfälle. |
| Biotonne | Sammelbehälter zur Erfassung von Biogut (i.d.R. 2-Rad-Behälter mit 80, 120 oder 240 Liter Fassungsvermögen). |
| Fremdstoff | Bestandteile aller Stoffgruppen, die nach Anlage 2 nicht dem Biogut zuzuordnen sind. |
| Sortenreinheit | Anteil des Inhaltes der Biotonne, der nicht der Stoffgruppe der Fremdstoffe zuzuordnen ist. |
| Stichprobenahme | Vorgehen zur Gewinnung repräsentativer Stichprobeneinheiten eines Untersuchungsgebietes. |
| Einzelstichprobe | Inhalt einer Biotonne, die zur Gewinnung einer Stichprobeneinheit herangezogen wird. |
| Stichprobeneinheit | Summe von Einzelstichproben, die zu einer Stichprobeneinheit zusammengeführt werden. |

| | |
|---------------------|--|
| Entsorgungsgebiet | Gebiet, für das die Sortenreinheit bzw. der Fremdstoffgehalt des Biogutes erhoben werden soll (i.d.R. das Gebiet eines öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers). |
| Untersuchungsgebiet | Bereich des Entsorgungsgebietes, welches aufgrund seiner repräsentativen Merkmale der jeweiligen Schichtung für die Stichprobenahme ausgewählt wird. |
| Schichtung | Aufteilung des Entsorgungsgebietes nach charakteristischen Merkmalen, i.d.R. nach Bebauungsstrukturen. |
| Kampagne | Zeitraum, in dem eine Untersuchung (Probenahme, Sortierung) durchgeführt wird. |
| Sammeltturnus | Minimale Zeitdauer zwischen möglichen Behälterleerungen, Festlegung durch öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (örE) in der Abfallwirtschaftssatzung. |
| Stoffgruppe | Zusammenfassung von Einzelstücken nach Beschaffenheit; Stoffgruppenkatalog siehe Anlage 2, Zuordnungshilfe siehe Anlage 4. |

4. Vorbereitung

Vor Beginn der Untersuchung werden in einem Abstimmungsgespräch zwischen dem Auftraggeber (AG) und der Untersuchungsstelle verschiedene Randbedingungen geklärt bzw. festgelegt, die in der Methodenbeschreibung nicht weiter oder nicht abschließend bestimmt sind.

4.1. Untersuchungszeiträume

Kampagnen werden jeweils in der vegetationsreichen Zeit (i.d.R. Mai bis Oktober) sowie in der vegetationsarmen Zeit (i.d.R. Dezember bis Februar) durchgeführt. Die Festlegung der Termine für Kampagnen kann auch in Abhängigkeit von den tatsächlichen Witterungsverhältnissen erfolgen (z.B. in den Übergangszeiträumen). Nicht eindeutig der vegetationsarmen/-reichen Zeit zuordenbare Perioden sollten für Kampagnen nicht ausgewählt werden.

Bei Durchführung einer einzelnen Kampagne gelten die Ergebnisse nur für diese Kampagne. Bei Untersuchungen in der vegetationsreichen Zeit kann dabei angenommen werden, dass die Ergebnisse dem Mindestanteil an Fremdstoffen entsprechen, der im Entsorgungsgebiet zu erwarten ist. Bei Untersuchungen in der vegetationsarmen Zeit kann angenommen werden, dass es sich um ein Maximum an Fremdstoffen handelt, das zu erwarten ist. Aussagen über ein Jahresmittel bedürfen 2 Kampagnen, eine in der vegetationsreichen und eine in der vegetationsarmen Zeit.

Für die Kampagnen werden Zeiträume ausgewählt, die nicht von großen Ferien oder großen Feierlichkeiten beeinflusst sind.

4.2. Schichtungen

In die Untersuchung werden mindestens 3 Schichtungen einbezogen, die nach Anlage 1 ausgewählt werden.

Abweichungen, die unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten des Entsorgungsgebietes vorgenommen werden, sind im Ergebnisbericht darzustellen und zu begründen.

4.3. Untersuchungsgebiete

Innerhalb der Schichtungen sind Untersuchungsgebiete zu bestimmen, in denen die Stichprobeneinheiten gewonnen werden.

Weiter ist zu bestimmen, auf welche Weise Einzelstichproben nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden (z.B. Auswahl von Straßen und Hausnummern auf Basis von Behälterlisten/Behälterdatenbanken).

4.4. Stichprobenahme

Die Gewinnung repräsentativer Stichprobeneinheiten kann auf zwei Arten erfolgen:

- | | |
|-------------------|--|
| Umleerverfahren 1 | Ausgewählte Biotonnen werden vor Ort in andere Behältnisse umgeleert und gesammelt (z.B. in Bigbags oder MGB auf einem Pritschenwagen). Soweit die örtlichen Gegebenheiten es zulassen, können die Biotonnen auch gegen leere Behälter getauscht werden. |
| Umleerverfahren 2 | Ausgewählte Biotonnen werden in ein separates Sammelfahrzeug umgeleert und gesammelt. Es dürfen ausschließlich Pressplattenfahrzeuge eingesetzt werden, die mit einer geringen Anpresskraft arbeiten. |

Das Umleerverfahren 1 ist bei Vorliegen der technischen/organisatorischen Voraussetzungen zu bevorzugen.

4.5. Gebietsdaten

Zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse für das Entsorgungsgebiet und das Sammelgebiet werden nachfolgende Daten benötigt. Diese Daten sollten im Vorfeld der Untersuchung vorliegen oder erhoben werden:

- Monatliches Biogut-Aufkommen des Entsorgungsgebietes der letzten 3 Jahre (ggf. unter Berücksichtigung zwischenzeitlicher Änderungen des Anschlussgrades),
- Biotonnenverzeichnis aller Grundstücke der Untersuchungsgebiete zur Planung der Stichprobenahme (Anzahl und Größe der aufgestellten Biotonnen, Abfuhrtage, Sammelturnus),
- Gesamteinwohnerzahl des Entsorgungsgebietes, Einwohnerzahlen je untersuchter Bebauungsstruktur sowie angeschlossene Einwohner pro Stichprobeneinheit,
- Ggf. Angaben zu abweichenden oder weiteren Schichtungen,
- Ggf. Angaben zum Anteil der Haushalte mit Eigenverwertung des Biogutes (Eigenkompostierer) im Entsorgungsgebiet.

4.6. Aufgabenteilung

Gebietsanalysen zur Bestimmung der Sortenreinheit von Bioabfällen werden in der Regel von einem öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger (öRE) beauftragt und von einer damit beauftragten qualifizierten Untersuchungsstelle durchgeführt. Dabei ist zu klären bzw. festzu-

stellen, welche Leistungen vom örE und welche von der Untersuchungsstelle erbracht werden.

Vom AG bzw. örE werden in der Regel folgende Leistungen erbracht:

- Bereitstellung eines Sammelfahrzeuges (Umleerverfahren 1: Pritschenfahrzeug mit Ladebordwand/Kran, Umleerverfahren 2: Pressplattenfahrzeug), ggf. mit Fahrer, Lader und geeigneter Behälter für die Zusammenstellung der Stichprobeneinheiten,
- Sortierhalle mit Stromanschluss und Beleuchtung sowie Sozialtrakt (z.B. Umkleide- und Waschmöglichkeiten, Aufenthaltsraum, Toilette),
- Ggf. Container für die Zwischenlagerung und Entsorgung der sortierten Materialien
- Ggf. Radlader mit Fahrer zur Aufteilung der mit Fahrzeugsammlung erfassten Einzelstichproben in mindestens sechs gleichmäßige Stichprobeneinheiten,
- Ggf. Personal (z.B. Sortierkräfte), soweit diese nicht von der Untersuchungsstelle gestellt werden oder werden sollen (Anzahl der Personen, Zeitraum ihrer Inanspruchnahme).

4.7. Ergänzende Untersuchungsgegenstände

Die Untersuchungsmethode ist auf die Ermittlung des Fremdstoffgehaltes bzw. der Sortereinheit von Biogut ausgerichtet. Häufig sind aber auch weitere Untersuchungsgegenstände von Interesse, etwa Kennzahlen zur Bewertung des Sammelsystems oder zur Art und Zusammensetzung des Biogutes, die im Zuge der Gebietsanalyse mit vergleichsweise geringem Zusatzaufwand erhoben werden können.

Ergänzende Untersuchungsgegenstände können sein:

- Sensorisch-optische Bonitur des Verunreinigungsgrades der Biotonneninhalte (nach definierter Methodenvorschrift),
- Einbeziehung sammelsystemspezifischer Kennzahlen wie mittlerer Füllgrad der Sammelbehälter, Raum-/Schüttdichte des Biogutes, vorgehaltenes/genutztes einwohnerspezifisches Behältervolumen u.a.,
- Art und Mengenanteil an zur Vergärung geeignetem Biogut,
- Anteil an Küchen-, Garten- und Nahrungsmittelabfällen,
- Mengenanteil spezifischer Bestandteile, die nach Sortiervorgabe des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers der Biotonne zugewiesen oder ausgeschlossen werden.

5. Personal

Die Verantwortung für die Durchführung der Untersuchung obliegt einem Sortierleiter. Der Sortierleiter (Ingenieur) wird von der Untersuchungsstelle bestimmt. Er muss bezüglich des Untersuchungsgegenstandes über umfangreiche Praxiserfahrung aus der Teilnahme an mindestens 3 Sortieranalysen verfügen. Empfohlen wird zusätzlich der Nachweis der Sachkunde nach LAGA PN 98.

Zu den Aufgaben des Sortierleiters zählen:

- Vorbereitung der Untersuchung nach Kapitel 4 dieser Methodenvorschrift,
- Unterweisung des eingesetzten Personals bezüglich der einzuhaltenden arbeitschutzrechtlichen Bestimmungen, Hinweise auf Gefährdungen, Erläuterung von Schutzmaßnahmen (schriftliche Dokumentation der Unterweisung),

- Einweisungen des eingesetzten Personals in ihre jeweiligen Aufgaben (Stichprobenahme, Sortierung nach Fremdstoffarten u.a.),
- Erfassung von Daten nach Anlage 5 und Anlage 6
- Dokumentation der Datenerfassung nach Kapitel 8.

Neben dem Sortierleiter ist eine für die Durchführung der Untersuchung im vorgesehenen Zeitraum ausreichende Anzahl an Sortier- und Hilfskräften vorzusehen. Alle Personen sollten mindestens über Schutzimpfungen gegen Tetanus, Diphtherie, Hepatitis A und B sowie Poliomyelitis verfügen.

6. Ausrüstung

Neben den in Kapitel 4.6 genannten Geräten und Einrichtungen (Sammelfahrzeug, Sortierhalle, Behälter) muss folgende Ausrüstung zur Verfügung stehen:

- maschinelles Siebaggregat (bevorzugt) oder Siebtisch(e) für Siebungen des Prüfmaterials bei 40 mm und 10 mm Maschenweite,
- Sortiertisch(e),
- Ausreichende Anzahl an Behältern für zu sortierte Stoffgruppen nach Anlage 2,
- Wägetechnik für den Messbereich von 0 bis 6 kg mit einer Skalierung von mindestens 2 g; für den Messbereich > 6kg mit einer Skalierung von mindestens 50 g
- Aufkleber und Stifte zur Beschriftung der Stichprobeneinheiten und ggf. Proben zur chemisch/physikalischen Analyse,
- Personalausrüstung (Arbeitsschuhe, Schutzhandschuhe, Signalkleidung, Atemschutz, Desinfektionsmittel),
- Stromversorgungskabel,
- Werkzeuge zur händischen Bewegung und Sortierung des Biogutes (Magnete u.a.),
- Reinigungsgeräte (Besen und Schaufeln zur Reinigung der Standorte der Umleerung sowie der Sortierhalle),
- Fotoapparat.

7. Durchführung

7.1. Gewinnung der Stichprobeneinheiten

In einer Kampagne werden je Schichtung mindestens 6 Stichprobeneinheiten mit einem Biogut-Volumen von jeweils mindestens 1 m³ oder einer Mindestmasse von jeweils 250 kg gewonnen.

In Abhängigkeit vom Volumen und dem Füllgrad respektive der Biogut-Nettomasse der an den Grundstücken bereitgestellten Biotonnen werden zur Gewinnung einer Stichprobeneinheit unterschiedlich viele Einzelstichproben (Biotonnen) benötigt.

Die Anzahl an Einzelstichproben ist so zu bestimmen, dass das Mindestvolumen respektive die Mindestmasse der jeweiligen Stichprobeneinheiten erreicht wird. Das Mindestvolumen ist erreicht, wenn ein Behälter mit einem Volumen von 1 m³ durch Umleeren der Einzelstichproben gefüllt ist (zur besseren Handhabung auch verteilt auf mehrere kleine Behälter mit einem Gesamtvolumen von 1 m³) oder wenn der Füllgrad der Biotonnen (in 20 %-Schritten) vor der Umleerung festgestellt wird und die Summe der umgeleerten Biogutvolumina 1 m³ beträgt. Alternativ ist die Mindestmasse von 250 kg pro Stichprobeneinheit zu erreichen. Die Inhalte der ausgewählten Biotonnen sind vollständig zu verwenden.

Die Gewinnung der Stichprobeneinheiten kann im Umleerverfahren 1 (Vorzugsvariante) oder mit Hilfe eines Sammelfahrzeuges im Umleerverfahren 2 erfolgen. Im Umleerverfahren 1 werden die 6 Stichprobeneinheiten bereits bei der Sammlung gewonnen.

Beim Umleerverfahren 2 werden die Stichprobeneinheiten nach dem Entladen des Fahrzeuges aus dem gesammelten Biogut gewonnen. Dazu wird die gesammelte Biogutmenge idealerweise strangförmig aus dem Fahrzeug entladen. Der Strang wird anschließend mittels Radlader ohne Vermischung in 6 volumenspezifisch ungefähr gleich große Segmente, die vom Kamm bis zum Fuß des Stranges reichen, senkrecht geteilt. Die Segmente bilden die 6 Stichprobeneinheiten.

7.2. Sortierung

Jede Stichprobeneinheit wird separat sortiert.

7.2.1. Vorbereitung der Sortierung

Vor der Sortierung erfolgt eine Klassierung (Siebung) bei 40 mm und bei 10 mm Siebmaschenweite. Es werden Siebe mit Rundloch verwendet. Siebe mit Quadratloch sind nur im Ausnahmefall vorzusehen. Die Ausnahme ist zu begründen und zu dokumentieren.

Alle Siebfractionen sind zu verwiegen.

Die Fraktion > 40 mm wird vollständig sortiert.

Von der Fraktion 10 - 40 mm wird eine repräsentative Teilmenge von mindestens 5 Liter sortiert. Die Teilmenge wird nach LAGA PN 98 durch Verjüngen (Aufkegeln und Vierteln des Kegels) oder durch fraktionierendes Schaufeln [2a] gewonnen. Die Teilmenge wird verwogen.

Die Fraktion < 10 mm bleibt bei der Sortierung unberücksichtigt.

Soweit eine Klassierung der Stichprobeneinheit aufgrund der Materialbeschaffenheit (bei breiiger, schmieriger Konsistenz) nicht möglich ist, wird die gesamte Stichprobeneinheit sortiert. Fremdstoffe mit einer Kantenlänge von weniger als 20 mm bleiben dabei unberücksichtigt. Ein Verzicht auf die Klassierung ist zu begründen, fotografisch zu dokumentieren und nur im Ausnahmefall vorzusehen.

7.2.2. Sortierung

Zur Sortierung wird das Probenmaterial portionsweise auf einen Sortiertisch gegeben. Die Portionen sind so zu begrenzen, dass das Material ohne wesentliche Überdeckungen auseinandergezogen werden kann.

Bei der Sortierung werden in der Stichprobeneinheit enthaltende Fremdstoffe händisch ausgelesen. An Fremdstoffen anhaftendes Biogut wird durch Schütteln oder Abstreifen weitgehend entfernt.

Die Stoffgruppen werden gemäß Anlage 2 getrennt erfasst. Bei Unsicherheiten der Zuordnung kann die Sortierhilfe nach Anlage 4 verwendet werden.

Alle Stoffgruppen sind separat für jede Stichprobeneinheit zu verwiegen.

7.2.3. Besonderheiten/Zuordnung

Umgang mit geschlossenen Beuteln

Geschlossene Säcke und Beutel werden zur Sortierung geöffnet und entleert. Die Inhalte werden gemäß Kapitel 7.2.2 sortiert.

Bei folienartigen Kunststoffbeuteln (Anlage 2 Nr. 1.1) erfolgt eine weitergehende Differenzierung, bei der die in Anlage 2, Nr. 1.1.1 bis 1.1.4 genannten entleerten Kunststoffbeutel separat erfasst und gezählt werden. Ihre Masse wird nach Anlage 3 berechnet und der Fraktion der folienartigen Kunststoffe nach Anlage 2 Nr. 1.1 zugeordnet. Die Anhaftungen als Differenz der gewogenen Masse und der berechneten Masse der Kunststoffbeutel wird der Siebfraction < 10 mm zugerechnet.

Geöffnete, nicht restentleerte Lebensmittelverpackungen

Geöffnete aber nicht restentleerte Lebensmittelverpackungen werden bei der Sortierung entleert. Die Stoffgruppen werden gemäß Kapitel 7.2.2 sortiert. Soweit eine einfache händische Entleerung nicht möglich ist, wird wie bei den ungeöffneten Lebensmittelverpackungen verfahren.

Ungeöffnete Lebensmittelverpackungen

Ungeöffnete Lebensmittelverpackungen werden separat nach Verpackungsmaterialart (Verbunde nach Materialart mit dem höchsten Masseanteil) erfasst.

Bei der Auswertung wird der Verpackungsanteil pauschal nach Verpackungsmaterialart gemäß Anlage 3a abgezogen. Der Verpackungsanteil ist dann den Stoffgruppen 1.2 bis 1.4 nach Anlage 4 der Siebfraction > 40 mm zuzurechnen.

Fremdstoff-Einzelstücke

Fremdstoff-Einzelstücke mit einer Masse von mehr als 2 kg werden als Ausreißer bewertet. Ausreißer werden dokumentiert und bleiben bei der Auswertung unberücksichtigt.

Mineralische Stoffe < 10 mm

Verpackte Monochargen mineralischer Stoffe < 10 mm wie z.B. in Beuteln verpacktes Kleintierstreu, Staubsaugerbeutel und mineralische Bauabfälle, sind ungeöffnet der Stoffgruppe „Sonstige Fremdstoffe“ der Siebfraction > 40 mm zuzuordnen.

Steine

Steine nach Anlage 2 Nr. 2.2 zählen nicht zu den Fremdstoffen. Ihre Erfassung ist informativ. Die Relevanz von Steinen ergibt sich aus den Anforderungen der Düngemittelverordnung, in der sie als Fremdbestandteile bezeichnet sind und Steine > 10 mm in organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln einen Anteil von 5 % nicht überschreiten dürfen (§ 3 Absatz 1 Nr. 4 DüMV).

8. Dokumentation

Während der Untersuchungen sind folgende Ergebnisse und Sachverhalte zu dokumentieren:

- Probenahme (Musterprotokoll siehe Anlage 5),
- Sortierung (Musterprotokoll siehe Anlage 6),
- Dokumentation von Besonderheiten, insbesondere ausgeschlossene Fremdstoff-Einzelstücke; Entscheidung pro/contra Klassierung; nicht erwartete Ereignisse, die Einfluss auf das Ergebnis haben (z. B. Nebengestellungen an den Einzelstichproben, nach Material oder Größe ungewöhnliche Einzelstücke, Austritt von Wasser, Einfluss von Einmalereignissen),

- Fotodokumentation der Besonderheiten.

9. Auswertung

9.1. Allgemeines

Für die Bestimmung des Fremdstoffanteils werden folgende Daten benötigt:

- Einwohnerspezifisches Aufkommen je Schichtung (Bebauungsstruktur)
- Zusammensetzung der Stichprobeneinheiten
- Zuordnung aller Einwohner des Entsorgungsgebietes zu den Bebauungsstrukturen

Die Auswertung erfolgt zunächst für jede Stichprobeneinheit separat.

9.2. Berechnung je Stichprobeneinheit

Die Berechnung der Kennzahlen erfolgt nach den folgenden Formeln:

9.2.1. Einwohnerspezifisches Aufkommen an Biogut

$$\text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{\text{SPE}} = \frac{\text{Abfallmasse}_{\text{SPE}}}{\text{EZ}_{\text{SPE}} \cdot \text{Sammeltturnus}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]$$

Einwohnerspezifisches Aufkommen_{SPE} Anzahl der an die Einzelstichproben angeschlossenen Einwohner, die in die Stichprobeneinheit aufgenommen werden.

Abfallmasse_{SPE} Nettomasse der Stichprobeneinheit, berechnet als Summe aus den Siebfraktionen oder Stoffgruppen

EZ_{SPE} Anzahl der an die Einzelstichproben angeschlossenen Einwohner, die in die Stichprobeneinheit aufgenommen wurden

Beim Umleerverfahren 2 wird das einwohnerspezifische Aufkommen der Stichprobeneinheiten in der Regel (Ausnahme Ident-Wäge-System) nicht ermittelbar sein. Die Berechnung des einwohnerspezifischen Aufkommens für die Bebauungsstruktur ist in Kap. 9.3 dargestellt.

9.2.2. Anteil an Fremdstoffen im Biogut

Die Masse der in der Stichprobeneinheit enthaltenen Gesamtfremdstoffe ergibt sich aus der Summe der Massen der Fremdstoffe nach Anlage 2 Nr. 1.1 bis 1.6).

$$\text{Fremdstoffanteil} = \frac{\sum \text{Masse}_{\text{Fremdstoffgruppen}}}{\text{Masse}_{\text{SPE}}} [\%]$$

Masse Fremdstoffgruppen Summe aus den Siebfraktionsanteilen der Stoffgruppen der Fremdstoffe:
 Siebfraktion > 40 mm: gesamte Masse der Fremdstoffgruppen
 Siebfraktion 10 - 40 mm: Hochrechnung der Fremdstoffgruppen von der nach Kapitel 7.1.2. Absatz 4 sortierten Teilmasse auf die Gesamtmasse der Siebfraktion
 Siebfraktion < 10 mm: Masse wird unsortiert dem Biogut zugeordnet

9.2.3. Sortenreinheit

Die Sortenreinheit berechnet sich aus der Differenz von 100 % und dem Fremdstoffanteil.

Sortenreinheit = 100 %-Fremdstoffanteil [%]

9.3. Hochrechnung

9.3.1. Allgemein

Die Hochrechnung der Daten der Stichprobeneinheiten erfolgen nach folgender Hierarchie:

| Berechnungshierarchie | Berechnung allgemein |
|--|---|
| 1. Stichprobeneinheit | Aus Grundformeln für die Kennzahlen nach Kapitel 9.2.1 bis 9.2.3 |
| 2. Bebauungsstruktur pro Kampagne (Mittelwert aus prozentualer Zusammensetzung/Einzelwerte der Stichprobeneinheiten) | Berechnung des Mittelwertes (arithmetisches Mittel) aus den ungewichteten Einzelwerten der Stichprobeneinheiten |
| 3. Gesamtergebnis pro Kampagne | Berechnung des Mittelwertes gewichtet um die Anzahl der Einwohner je Bebauungsstruktur im Entsorgungsgebiet |

9.3.2. Bebauungsstruktur pro Kampagne

$$\text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{BS} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{SPEi}}{n} \left[\frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]$$

$$\text{Fremdstoffanteil}_{BS} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Fremdstoffanteil}_{SPEi}}{n} [\%]$$

| | |
|-----|---------------------------------|
| BS | Bebauungsstruktur |
| SPE | Stichprobeneinheit |
| n | Anzahl der Stichprobeneinheiten |

Für das Umleerverfahren 2 ist das einwohnerspezifische Aufkommen nach folgender Formel zu ermitteln:

$$\text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{BS} = \frac{m_{SPE, ges}}{EZ_{SPE, ges} * \text{Sammelturnus}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]$$

| | |
|-----------------|---|
| $m_{SPE, ges}$ | Masse aller Stichprobeneinheiten (= Masse Einzelstichproben) |
| $EZ_{SPE, ges}$ | Anzahl aller an die Einzelstichproben angeschlossener Einwohner |

9.3.3. Gesamtergebnis pro Kampagne

$$\text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_K = \frac{\sum_{i=1}^m (EZ_{BSi} * \text{Einwohnerspezifisches Aufkommen}_{BSi})}{\sum_1^m EZ_{BSi}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{E} \cdot \text{Zeiteinheit}} \right]$$

$$\text{Fremdstoffanteil}_K = \frac{\sum_{i=1}^m (EZ_{BSi} * \text{Fremdstoffanteil}_{BSi})}{\sum_1^m EZ_{BSi}} [\%]$$

| | |
|------------------|------------------------------------|
| K | Kampagne |
| EZ _{BS} | Einwohnerzahl je Bebauungsstruktur |
| m | Anzahl der Bebauungsstrukturen |

9.4. Statistische Angaben

Für jede Bebauungsstruktur ist eine statistische Charakterisierung aller Daten mindestens durch die Angaben Mittel-, Median-, Minimal- und Maximalwert vorzunehmen.

10. Ergebnisbericht

10.1. Kampagnenbericht

Der Kampagnenbericht umfasst alle Dokumentationen und Auswertungen der Kampagne. Dies sind mindestens

- Angabe des Kampagnenzeitraumes,
- Beschreibung der Untersuchungsgebiete,
- Vorgehensweise bei Probenahme und Sortierung, soweit nicht durch die Methode vorgegeben,
- Angabe lokaler Besonderheiten, Beobachtungen und Ereignisse, die einen Einfluss auf die Untersuchung haben können,
- Darstellung von Aufkommen, Zusammensetzung, Fremdstoffanteil und Sortenreinheit in geeigneter Form (tabellarisch und ggf. grafisch)
 - pro Stichprobeneinheit,
 - zusammengefasst für die untersuchten Schichtungen
 - zusammengefasst für die Kampagne
- Fotodokumentation von
 - Untersuchungsgebieten
 - Beispielen der Siebfractionen und Sortierfractionen
 - Besonderheiten

10.2. Endbericht

Für die Erstellung eines Endberichtes erfolgt zusätzlich zu den Kampagnenberichten die Hochrechnung auf das Jahr gewichtet nach folgendem Schlüssel [1]:

- Anteil in vegetationsarmer Kampagne ermittelter Daten: 33 %,
- Anteil in vegetationsreicher Kampagne ermittelter Daten: 67 %,

Optional kann in den Endbericht ein Vergleich der erhobenen Daten mit denen anderer Entsorgungsgebiete oder früher im Entsorgungsgebiet durchgeführter Analysen einbezogen werden.

Quellen

- [1] i.m.a - information.medien.agrar e.V. (Hrsg.): AGRILEXIKON 2016, abgerufen am 30.11.2016 unter <http://www.agrilexikon.de/index.php?id=vegetationsperiode>
- [2] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL: LAGA Mitteilung 32: LAGA PN 98 - Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, veröffentlicht 2001, abgerufen am 20.12.2016 unter <http://www.laga-online.de/servlet/is/23874/>
- [2a] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL: LAGA Mitteilung 32: LAGA PN 98 - Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, veröffentlicht 2001, abgerufen am 20.12.2016 unter <http://www.laga-online.de/servlet/is/23874/>, S. 23
- [3] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft (Hrsg.): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen - Sächsische Sortierrichtlinie, Eigenverlag, Februar 2015
- [4] Handelsverband Deutschland (Hrsg.): Verbrauch an Plastiktüten in Deutschland, 2014, abgerufen am 20.12.2016 unter <https://www.einzelhandel.de/index.php/elektrog/item/123663-studie-verbrauch-an-plastikt%C3%BCten-in-deutschland>

Anlage 1

Schichtungen nach Bebauungsstruktur (BS); nach [3]

| BS | Bauliche Gegebenheiten | Soziale Kontrolle | Grünflächenanteil |
|-----------|---|--|--|
| BS 1 | fünf- und mehrgeschossige Wohnbebauung | weitgehend anonyme Abfallentsorgung | geringer Anteil an Grünfläche |
| BS 2 | drei- bis fünfgeschossig Wohnbebauung, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang (geschlossene Bebauung – z. B. Innenstadt) | z. T. anonyme Abfallentsorgung | geringer Anteil an Grünfläche |
| BS 3 | drei- bis fünfgeschossig Wohnbebauung, meist mindestens sechs Wohneinheiten je Hauseingang (offene Bebauung) | z. T. anonyme Abfallentsorgung | im Vergleich zu BS 2 höherer Anteil an Grünfläche |
| BS 4.1 | Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke unterschiedlicher Größe, gewachsene Struktur | hohe soziale Kontrolle zur Vermeidung von Fehlwürfen | großer Anteil an Grünfläche |
| BS 4.2 | Ein- und Zweifamilienhausbebauung, z. B. Wohnparks, Neubausiedlungen, Reihenhäuser in Gemeinden oder an Stadträdern | hohe soziale Kontrolle zur Vermeidung von Fehlwürfen | im Vergleich zu BS 4.1 geringerer Anteil an Grünfläche |

Anlage 2

Stoffgruppen, die bei der Sortierung getrennt zu erfassen sind

| Nr. | 1. Differenzierungsebene | Nr. | 2. Differenzierungsebene | Nr. | 3. Differenzierungsebene |
|-----|--------------------------|-----|------------------------------------|-------|---|
| 1. | Fremdstoffe gesamt | | | | |
| | | 1.1 | Kunststoff, folienartig | | |
| | | | | 1.1.1 | Kunststoffbeutel Kat. 1 - dickwandige Tragetaschen > A4 und Müllsäcke > 60 l |
| | | | | 1.1.2 | Kunststoffbeutel Kat. 2 - dünnwandige Müllbeutel > A4 |
| | | | | 1.1.3 | Kunststoffbeutel Kat. 3 - kleinformatische Beutel < A4 und Hemdchenbeutel |
| | | | | 1.1.4 | BAW-Sammelbeutel Kat. 4 |
| | | 1.2 | Kunststoff, sonstige | | |
| | | 1.3 | Glas | | |
| | | 1.4 | Metall | | |
| | | 1.5 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet | 1.5.1 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet (in Kunststoff verpackt) |
| | | | | 1.5.2 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet (in Glas verpackt) |
| | | | | 1.5.3 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet (in Metall verpackt) |
| | | 1.6 | Schadstoffe | | |
| | | 1.7 | Sonstige Fremdstoffe | | |
| 2. | Biogut | | | | |
| | | 2.1 | Biogut nach Sortierung verbleibend | | |
| | | 2.2 | Steine | | informativ aufgrund DüMV |

Anlage 3

Berechnung der Masse sortierter Kunststoffbeutel [nach 4]

| Stoffgruppe | Stückmasse [g] |
|--|----------------|
| Kunststoffbeutel Kat. 1 - dickwandige Tragetaschen > A4 und Müllsäcke > 60 l | 24 |
| Kunststoffbeutel Kat. 2 - dünnwandige Müllbeutel > A4 | 10 |
| Kunststoffbeutel Kat. 3 - kleinformatische Beutel < A4 und Hemdchenbeutel | 4 |
| BAW-Sammelbeutel Kat. 4 | 7 |

Anlage 3a

Berechnung des Verpackungsanteils an verpackten ungeöffneten Lebensmitteln

| Stoffgruppe | Verpackungsanteil Hauptfraktion [%] | Verpackungsanteil Nebenfraktion [%] |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Kunststoff | 8 | - |
| verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Glas | 30 | 3 (Metalldeckel) |
| verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Metall | 15 | - |

Anlage 4

Sortierhilfe (nicht abschließend)

Die Sortierhilfe ist eine Orientierung für die Sortierung nach dieser Methode. Sortiervorgaben einzelner öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger können davon abweichende Vorgaben enthalten.

| | Stoffgruppen | zugehörige Materialien | Bemerkungen |
|-----|---------------------------|---|--|
| 1.1 | Kunststoffe (folienartig) | Säcke, Beutel (Inlets Sammelbehälter), Hemdchenbeutel, Tragetaschen, Blister, auch in Teilstücken | |
| 1.2 | Kunststoffe (sonstige) | Kunststoffkörper (Flaschen, Becher, Schalen, Kanister, Eimer, Blister, Schraubdeckel, ...), auch in Teilstücken | Auch aus biologisch abbaubarem Kunststoff hergestellte |
| | | Netze, Schnüre | |
| | | Kaffeekapseln, Milchküchlein, | |
| | | Besteck, Bürsten, | |
| | | Rohre, Hülsen, Einwegspritzen | |
| | | Blumentöpfe, Teile davon | |
| 1.3 | Glas | Glaskörper, Glasscherben (Flaschen, | |
| | | Flachglas | |
| | | Verbundstoffe mit überwiegend Glas | |
| 1.4 | Metall | Messer, Besteck | |
| | | Kronkorken | |
| | | Büchsen, Becher, Flaschen, Dosen | |
| | | Alufolie, Knäuel von Alufolie | |
| | | Kaffeekapseln | |
| | | Gartengeräte, -werkzeug | |
| 1.5 | Verpackte Lebensmittel | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Kunststoff (Wurst, Käse, Oliven, ...) | Bei Verbunden Zuordnung nach größtem Materialanteil |
| | | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Glas (Gurken, Oliven, Wurst, ...) | |
| | | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Metall (Obst, Gemüse, Wurst...) | |
| 1.6 | Schadstoffe | Batterien | |
| | | Medikamente | |
| | | Chemikalien | soweit nicht restentleert |
| | | Farbdosen | soweit nicht restentleert |

| | Stoffgruppen | zugehörige Materialien | Bemerkungen |
|-----|----------------------|--|---|
| 1.7 | Sonstige Fremdstoffe | Verbundstoffe | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Kartonverbundverpackungen (Tetra-pack u. ä.) - Papierverbunde (z.B. Brotverpackungen mit Kunststofffenster) - beschichtete Papiere (Hochglanzpapiere und -zeitschriften) - verschmutzte/verklebte Papiere (z. B. Alttapeten) - Babywindeln, Inkontinenzwindeln | restentleert |
| | | Mineralien | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Mauerwerk - Keramik und Scherben - Tonblumentöpfe und Scherben - Gips - Kleintierstreu (verpackt, in Beuteln) - Staubsaugerbeutel | |
| | | Textilien | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Lappen, Lumpen - Bekleidung - Jutesäcke - Leder, Schuhe | Auch aus Naturfasern hergestellt |
| | | Weitere Sonstige Fremdstoffe | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Altholz (behandelt) - Elektro(nik)altgeräte - sonstige nicht genannte Fremdstoffe | |
| 2. | Biogut | Papier, Pappe, Kartonagen (PPK) | ohne Hochglanzpapiere und Alttapeten |
| | | Hygienepapiere | |
| | | Kaffeepads | nur aus Filterpapier und Kaffeesatz bestehend |
| | | Unbehandeltes Holz | |
| | | natürliche Steine | Erfassung der Fraktion wg. DüMV informativ |

Anlage 5

Musterprotokoll Probenahme (Tabellenkopf)

| Lfd.-Nr. | Straßenname | Hausnummer | Anzahl Behälter | Behältergröße | Anzahl Einwohner | Füllstand | Bemerkungen |
|----------|--------------------------------|------------|---------------------------------|---------------|------------------|-----------------|---|
| | <i>Zufallsauswahl Adressen</i> | | <i>Daten durch AG übergeben</i> | | | <i>optional</i> | <i>Ermittlung vor Ort, auch Zuordnung Fotos</i> |
| 1 | Ulmenweg | 5 | 1 | 120 l | 2 | | |
| 2 | | 6 | 1 | 120 l | 5 | | |

Anlage 6

Musterprotokoll Sortierung

Datum Probenahme

Datum Sortierung

SPE Nr.

Füllgrad SPE (*optional*) in 10-% Schritten

Masse Siebfraktion

| > 40 mm | 10 - 40 mm | < 10 mm |
|---------|------------|---------|
| | | |

| | | Anzahl | Masse >40 mm | Masse 10-40 mm |
|--------------------|--|--------|--------------|----------------|
| Fremdstoffe | Kunststoffe folienartig | | | |
| | Kunststoffbeutel Kat. 1 - dickwandige Tragetaschen > A4 und Müllsäcke > 60 l | | | |
| | Kunststoffbeutel Kat. 2 - dünnwandige Müllbeutel > A4 | | | |
| | Kunststoffbeutel Kat. 3 - kleinformatige Beutel < A4 und Hemdchenbeutel | | | |
| | BAW-Sammelbeutel Kat. 4 | | | |
| | andere Fremdstoffgruppen | | | |
| | Kunststoff, sonstige | | | |
| | Glas | | | |
| | Metall | | | |
| | Schadstoffe | | | |
| | Sonstige Fremdstoffe | | | |
| Biogut | Biogut | | | |
| | Biogut nach Sortierung verbleibend | | | |
| | Steine | | | |
| | Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Kunststoff | | | |
| | Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Glas | | | |
| | Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Metall | | | |

Anlage 2

Methode zur Untersuchung der Sortenreinheit von Biogut – Chargenanalyse

Methode

Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut

- Chargenanalyse -

1. Anwendungsbereich

Die Chargenanalyse findet Anwendung bei der Untersuchung des Gehaltes an Fremdstoffen in Bioabfällen aus der getrennten Sammlung aus Haushaltungen (Biogut), die an Bioabfallbehandlungsanlagen angeliefert werden.

2. Zweckbestimmung

Diese Methodenvorschrift beschreibt die Feststellung der Sortenreinheit einer Fahrzeugladung von Biogut.

Die mit dieser Methode vorgenommene Standardisierung der Vorgehensweise ermöglicht es, festgestellte Gehalte an Fremdstoffe zu bewerten und Ergebnisse von Untersuchungen miteinander zu vergleichen.

Sie ist -ggf. unter Anpassungen der Vorgehensweise - auch auf die Untersuchung der Sortenreinheit bzw. des Fremdstoffgehaltes von Anlieferungen anderer Bioabfälle anwendbar.

Soweit Kenntnisse über die Herkunft der untersuchten Charge vorliegen, können Aussagen zur Sortenreinheit des Biogutes im betreffenden Sammelgebiet abgeleitet werden.

3. Begriffe

Im Zusammenhang mit dieser Methodenvorschrift werden Begriffe wie folgt verwendet:

| | |
|--------------------|--|
| Bioabfall | Bioabfälle im Sinne der Bioabfallverordnung. |
| Biogut | Mittels Biotonne erfasste Bioabfälle aus der getrennten Sammlung aus privaten Haushaltungen inkl. miterfasste gewerbliche Bioabfälle. |
| Charge | Masse des Bioabfalls, der auf der Bioabfallbehandlungsanlage aus einem Sammelfahrzeug entladen wird und sich nach seiner Beschaffenheit und Herkunft als eine Einheit darstellt. |
| Fremdstoff | Bestandteile aller Stoffgruppen, die nach Anlage 2 nicht dem Biogut zuzuordnen sind. |
| Sortenreinheit | Anteil des Inhaltes der Biotonne, der nicht der Stoffgruppe der Fremdstoffe zuzuordnen ist. |
| Stichprobenahme | Vorgehen zur Gewinnung repräsentativer Stichprobeneinheiten aus der zu untersuchenden Charge. |
| Einzelstichprobe | Teilmenge einer Charge, die durch einen Entnahmeprozess gebildet wird. |
| Stichprobeneinheit | Gesamtmenge (1 m ³ oder 250 kg) der einer Charge entnommenen Einzelstichproben. |

4. Personal

Die Verantwortung für die Durchführung der Untersuchung obliegt einem Sortierleiter. Der Sortierleiter soll bezüglich des Untersuchungsgegenstandes über Praxiserfahrung verfügen.

Zu den Aufgaben des Sortierleiters zählen:

- Organisatorische und technische Vorbereitung sowie Leitung der Untersuchung
- Einweisungen des eingesetzten Personals in ihre jeweiligen Aufgaben sowie Unterweisung bezüglich arbeitsschutzrechtlicher Bestimmungen, Hinweise auf Gefährdungen und Erläuterung von Schutzmaßnahmen
- Erfassung und Dokumentation der Daten sowie der Untersuchungsergebnisse.

5. Ausrüstung

Zur Durchführung der Untersuchung sind i.d.R. folgende Ausrüstungen erforderlich:

- Geräte zur Mischung der zu untersuchenden Charge (z.B. Radlader) sowie zur Entnahme von Einzelstichproben
- maschinelles Siebaggregat oder Siebtisch(e) für Siebungen des Prüfmaterials bei 40 mm und 10 mm Maschenweite
- Sortiertische (soweit nicht auf Siebtischen sortiert wird)
- Werkzeuge zur händischen Bewegung und Sortierung der Bioabfälle
- Behältern für zu sortierende Stoffgruppen
- Wägetechnik für den Messbereich von 0 bis 6 kg mit einer Skalierung von mindestens 2 g; für den Messbereich > 6 kg mit einer Skalierung von mindestens 50 g
- Plaketten, Aufkleber und Stifte zur Beschriftung der Stichprobeneinheiten und der Sortierfraktionen
- Reinigungsgeräte (Besen und Schaufeln)
- Personalausrüstung (Arbeitsschuhe, Schutzhandschuhe, Signalkleidung, Atemschutz, Desinfektionsmittel),
- Fotoapparat.

6. Durchführung

6.1. Gewinnung der Stichprobeneinheiten

Das nach der Entladung des Fahrzeuges entstandene Haufwerk (Charge) wird mit geeigneten Geräten (z.B. Radlader) schonend vermischt (Homogenisierung).

Je Charge werden 2 Stichprobeneinheiten mit einem Volumen von jeweils mindestens 1 m³ oder 250 kg Material gewonnen.

Die Stichprobenahme wird nach Kapitel 6.1.1 oder 6.1.2 durchgeführt.

Homogenisierung und Probenahme sind zur Vermeidung des Auslaufens/ der lokalen Aufkonzentration von Wasser zügig ohne Pause durchzuführen.

6.1.1. Probenahme nach Aufkegeln

Die homogenisierte Charge wird zu einem Schüttkegel aufgeschüttet.

Zur Gewinnung einer Stichprobeneinheit werden mittels Radlader 2 Schürfschlitze freigelegt. Aus jedem der beiden Schürfschlitze werden jeweils 2 Einzelstichproben von jeweils ca. 250 l oder ca. 60 kg entnommen und zu einer Stichprobeneinheit vereinigt.

Bei der Gewinnung der Einzelstichproben ist darauf zu achten, dass

- die gesamte Schüttkegelhöhe beprobt wird und
- das Verhältnis des Masseanteils aus der oberen Hälfte des Schüttkegels zur unteren Hälfte ca. 1:3 beträgt.

Die beiden Stichprobeneinheiten werden separat gelagert oder in geeignete Behälter gefüllt. Eine Stichprobeneinheit kann auch auf mehrere Behälter aufgeteilt werden. Die Stichprobeneinheiten werden gekennzeichnet.

6.1.2. Probenahme nach Ausbreitung

Die homogenisierte Charge wird nach der Vermischung flächig ausgebreitet.

Über das Plateau werden in einem gleichmäßigen Raster Beprobungspunkte für Einzelstichproben bestimmt. Bei der Entnahme ist darauf zu achten, dass die Einzelstichproben nicht nur oberflächlich, sondern aus unterschiedlichen Tiefen gewonnen werden.

Die Probenahme kann händisch mittels Schaufel oder geeigneter Technik (Bagger/Radlader) vorgenommen werden.

6.2. Sortierung

Die beiden Stichprobeneinheiten werden separat sortiert.

6.2.1. Vorbereitung der Sortierung

Zu Erleichterung der Sortierung erfolgt eine Klassierung (Siebung) bei 40 mm und bei 10 mm Siebmaschenweite. Die Fraktion > 40 mm wird vollständig sortiert. Von der Fraktion 10 – 40 mm wird eine repräsentative Teilmenge von mindestens 5 Liter sortiert. Die Teilmenge wird durch Verjüngen (Aufkegeln und Vierteln des Kegels) oder durch fraktionieren des Schaufeln gewonnen (LAGA PN 98). Die Teilmenge wird verwogen. Die Fraktion < 10 mm bleibt bei der Sortierung unberücksichtigt.

Soweit keine Klassierung durchgeführt wird, wird die gesamte Stichprobeneinheit sortiert. Fremdstoffe mit einer Kantenlänge von weniger als 20 mm bleiben dabei unberücksichtigt.

6.2.2. Sortierung

Zur Sortierung wird das Probenmaterial portionsweise auf einen Sortiertisch gegeben. Die Portionen sind so zu begrenzen, dass das Material ohne wesentliche Überdeckungen auseinandergezogen werden kann.

Bei der Sortierung werden in der Stichprobeneinheit enthaltene Fremdstoffe händisch ausgelesen. An Fremdstoffen anhaftendes Biogut wird durch Schütteln oder Abstreifen weitgehend entfernt.

Die Stoffgruppen werden nach Anlage 1 getrennt erfasst. Bei Unsicherheiten der Zuordnung kann die Sortierhilfe nach Anlage 3 verwendet werden.

Alle Stoffgruppen sind separat für jede Stichprobeneinheit zu verwiegen.

6.2.3. Besonderheiten

Umgang mit geschlossenen Beuteln

Geschlossene Säcke und Beutel werden zur Sortierung geöffnet und entleert. Die Inhalte werden gemäß Kapitel 7.2.2 sortiert.

Bei folienartigen Kunststoffbeuteln (Anlage 2 Nr. 1.1) erfolgt eine weitergehende Differenzierung, bei der die in Anlage 2, Nr. 1.1.1 bis 1.1.4 genannten entleerten Kunststoffbeutel sepa-

rat erfasst und gezählt werden. Ihre Masse wird nach Anlage 3 berechnet und der Fraktion der folienartigen Kunststoffe nach Anlage 2 Nr. 1.1 zugeordnet. Die Anhaftungen als Differenz der gewogenen Masse und der berechneten Masse der Kunststoffbeutel wird der Siebfraction < 10 mm zugerechnet.

Geöffnete, nicht restentleerte Lebensmittelverpackungen

Geöffnete aber nicht restentleerte Lebensmittelverpackungen werden bei der Sortierung entleert. Die Stoffgruppen werden gemäß Kapitel 7.2.2 sortiert. Soweit eine einfache händische Entleerung nicht möglich ist, wird wie bei den ungeöffneten Lebensmittelverpackungen verfahren.

Ungeöffnete Lebensmittelverpackungen

Ungeöffnete Lebensmittelverpackungen werden separat nach Verpackungsmaterialart (Verbunde nach Materialart mit dem höchsten Masseanteil) erfasst.

Bei der Auswertung wird der Verpackungsanteil pauschal nach Verpackungsmaterialart gemäß Anlage 2a abgezogen. Der Verpackungsanteil ist dann den Stoffgruppen 1.2 bis 1.4 nach Anlage 1 der Siebfraction > 40 mm zuzurechnen.

Fremdstoff-Einzelstücke

Fremdstoff-Einzelstücke mit einer Masse von mehr als 2 kg werden als Ausreißer bewertet. Ausreißer werden dokumentiert und bleiben bei der Auswertung unberücksichtigt.

Mineralische Stoffe < 10 mm

Verpackte Monochargen mineralischer Stoffe < 10 mm wie z.B. in Beuteln verpacktes Kleintierstreu, Staubsaugerbeutel und mineralische Bauabfälle, sind ungeöffnet der Stoffgruppe „Sonstige Fremdstoffe“ der Siebfraction > 40 mm zuzuordnen.

Steine

Steine nach Anlage 1 Nr. 2.2 zählen nicht zu den Fremdstoffen. Ihre Erfassung ist informativ. Die Relevanz von Steinen ergibt sich aus den Anforderungen der Düngemittelverordnung, in der sie als Fremdbestandteile bezeichnet sind und Steine > 10 mm in organischen und organisch-mineralischen Düngemitteln einen Anteil von 5 % nicht überschreiten dürfen (§ 3 Absatz 1 Nr. 4 DüMV).

7. Dokumentation

Während der Untersuchung werden folgende Sachverhalte und Ergebnisse dokumentiert:

- Durchführung der Stichprobenahme (nach Kapitel 6.1.1 oder 6.1.2)
- Vorbereitung der Sortierung (mit/ohne Klassierung; mit/ohne Sortierung einer Teilmenge nach Kapitel 6.2.1 Absatz 4)
- Ergebnisse der Sortierung
- Dokumentation von Besonderheiten, insbesondere ausgeschlossene Fremdstoff-Einzelstücke, nicht erwartete Ereignisse, die Einfluss auf das Ergebnis haben (z.B. nach Material oder Größe ungewöhnliche Einzelstücke)
- Fotodokumentation der Besonderheiten

Zu Dokumentation kann das Muster des Sortierprotokolls nach Anlage 4 verwendet werden.

8. Auswertung

8.1. Allgemeines

Die Auswertung erfolgt zunächst für jede Stichprobeneinheit separat.

8.2. Berechnung je Stichprobeneinheit

Die Berechnung der Kennzahlen erfolgt nach den folgenden Formeln:

8.2.1. Anteil an Fremdstoffen im Biogut

Die Masse der in der Stichprobeneinheit enthaltenen Gesamtfremdstoffe ergibt sich aus der Summe der Massen der Fremdstoffe nach Anlage 1 Nr. 1.1 bis 1.6).

$$\text{Fremdstoffanteil} = \frac{\sum \text{Masse}_{\text{Fremdstoffgruppen}}}{\text{MASSE}_{\text{SPE}}} [\%]$$

Masse Fremdstoffgruppen a) Summe der Siebfractionen der Stoffgruppen der Fremdstoffe:

Siebfraction >40 mm: gesamte Masse der Fremdstoffgruppen

Siebfraction 10-40 mm: Hochrechnung der Fremdstoffgruppen von der nach Kapitel 6.2.1 sortierten Teilmasse auf die Gesamtmasse der Siebfraction

Siebfraction <10 mm: Masse wird unsortiert dem Biogut zugeordnet
oder

b) Summe der Massen der ausgelesenen Fremdstoffe (für den Fall, dass vor der Sortierung keine Klassierung erfolgt und die gesamte Stichprobeneinheit sortiert wurde)

8.2.2. Sortenreinheit

Die Sortenreinheit berechnet sich aus der Differenz von 100 % und dem Fremdstoffanteil.

$$\text{Sortenreinheit} = 100 \% - \text{Fremdstoffanteil} [\%]$$

8.3. Hochrechnung

Die Hochrechnung der Daten der beiden Stichprobeneinheiten auf die Charge erfolgt durch Berechnung des Mittelwertes (arithmetisches Mittel) aus den ungewichteten Einzelwerten der Stichprobeneinheiten:

$$\text{Fremdstoffanteil}_{\text{Ch}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Fremdstoffanteil}_{\text{SPE}i}}{n} [\%]$$

| | |
|-----|---------------------------------|
| Ch | Charge |
| SPE | Stichprobeneinheit |
| n | Anzahl der Stichprobeneinheiten |

9. Ergebnisbericht

Der Ergebnisbericht umfasst alle Dokumentationen und Auswertungen der Untersuchung. Dies sind mindestens:

- Angaben zur Veranlassung und Zweckbestimmung der Untersuchung
- Angaben zur Art, Herkunft und Zusammensetzung der untersuchten Charge
- Vollständiges Sortierprotokoll nach Anlage 4
- Darstellung der Ergebnisse, insbesondere des Gehaltes an Fremdstoffen (tabellarisch und ggf. grafisch) je Stichprobeneinheit sowie zusammengefasst für die Charge
- Angabe von Besonderheiten/Beobachtungen/Ereignissen
- Fotodokumentation der Stichprobeneinheiten, Beispielen der Sortierfraktionen sowie von Besonderheiten.

Quellen

- [1] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL: LAGA Mitteilung 32: LAGA PN 98 - Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, veröffentlicht 2001, abgerufen am 20.12.2016 unter <http://www.laga-online.de/servlet/is/23874/>

Anlage 1

Stoffgruppen, die bei der Sortierung getrennt zu erfassen sind

| Nr. | 1. Differenzierungsebene | Nr. | 2. Differenzierungsebene | Nr. | 3. Differenzierungsebene |
|-----|--------------------------|-----|------------------------------------|-------|---|
| 1. | Fremdstoffe gesamt | | | | |
| | | 1.1 | Kunststoff, folienartig | | |
| | | | | 1.1.1 | Kunststoffbeutel Kat. 1 - dickwandige Tragetaschen > A4 und Müllsäcke > 60 l |
| | | | | 1.1.2 | Kunststoffbeutel Kat. 2 - dünnwandige Müllbeutel > A4 |
| | | | | 1.1.3 | Kunststoffbeutel Kat. 3 - kleinformatische Beutel < A4 und Hemdchenbeutel |
| | | | | 1.1.4 | BAW-Sammelbeutel Kat. 4 |
| | | 1.2 | Kunststoff, sonstige | | |
| | | 1.3 | Glas | | |
| | | 1.4 | Metall | | |
| | | 1.5 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet | 1.5.1 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet (in Kunststoff verpackt) |
| | | | | 1.5.2 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet (in Glas verpackt) |
| | | | | 1.5.3 | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet (in Metall verpackt) |
| | | 1.6 | Schadstoffe | | |
| | | 1.7 | Sonstige Fremdstoffe | | |
| 2. | Biogut | | | | |
| | | 2.1 | Biogut nach Sortierung verbleibend | | |
| | | 2.2 | Steine | | informativ aufgrund DüMV |

Anlage 2

Berechnung der Masse sortierter Kunststoffbeutel [nach 4]

| Stoffgruppe | Stückmasse [g] |
|--|----------------|
| Kunststoffbeutel Kat. 1 - dickwandige Tragetaschen > A4 und Müllsäcke > 60 l | 24 |
| Kunststoffbeutel Kat. 2 - dünnwandige Müllbeutel > A4 | 10 |
| Kunststoffbeutel Kat. 3 - kleinformatische Beutel < A4 und Hemdchenbeutel | 4 |
| BAW-Sammelbeutel Kat. 4 | 7 |

Anlage 2a

Berechnung des Verpackungsanteils an verpackten ungeöffneten Lebensmitteln

| Stoffgruppe | Verpackungsanteil Hauptfraktion [%] | Verpackungsanteil Nebenfraktion [%] |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Kunststoff | 8 | - |
| verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Glas | 30 | 3 (Metalldeckel) |
| verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Metall | 15 | - |

Anlage 3

Sortierhilfe (nicht abschließend)

Die Sortierhilfe ist eine Orientierung für die Sortierung nach dieser Methode. Sortiervorgaben einzelner öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger können davon abweichende Vorgaben enthalten.

| | Stoffgruppen | zugehörige Materialien | Bemerkungen |
|-----|---------------------------|---|--|
| 1.1 | Kunststoffe (folienartig) | Säcke, Beutel (Inlets Sammelbehälter), Hemdchenbeutel, Tragetaschen, Blister, auch in Teilstücken | |
| 1.2 | Kunststoffe (sonstige) | Kunststoffkörper (Flaschen, Becher, Schalen, Kanister, Eimer, Blister, Schraubdeckel, ...), auch in Teilstücken | Auch aus biologisch abbaubarem Kunststoff hergestellte |
| | | Netze, Schnüre | |
| | | Kaffeekapseln, Milchdöschen, | |
| | | Besteck, Bürsten, | |
| | | Rohren, Hülsen, Einwegspritzen | |
| | | Blumentöpfe, Teile davon | |
| 1.3 | Glas | Glaskörper, Glasscherben (Flaschen, | |
| | | Flachglas | |
| | | Verbundstoffe mit überwiegend Glas | |
| 1.4 | Metall | Messer, Besteck | |
| | | Kronkorken | |
| | | Büchsen, Becher, Flaschen, Dosen | |
| | | Alufolie, Knäuel von Alufolie | |
| | | Kaffeekapseln | |
| | | Gartengeräte, -werkzeug | |
| 1.5 | Verpackte Lebensmittel | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Kunststoff (Wurst, Käse, Oliven, ...) | Bei Verbunden Zuordnung nach größtem Materialanteil |
| | | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Glas (Gurken, Oliven, Wurst, ...) | |
| | | verpackte Lebensmittel, ungeöffnet, Metall (Obst, Gemüse, Wurst...) | |
| 1.6 | Schadstoffe | Batterien | |
| | | Medikamente | |
| | | Chemikalien | soweit nicht restentleert |
| | | Farbdosen | soweit nicht restentleert |

| | Stoffgruppen | zugehörige Materialien | Bemerkungen |
|-----|----------------------|--|---|
| 1.7 | Sonstige Fremdstoffe | Verbundstoffe | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Kartonverbundverpackungen (Tetra-pack u. ä.) - Papierverbunde (z.B. Brotverpackungen mit Kunststofffenster) - beschichtete Papiere (Hochglanzpapiere und -zeitschriften) - verschmutzte/verklebte Papiere (z. B. Alttapeten) - Babywindeln, Inkontinenzwindeln | restentleert |
| | | Mineralien | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Mauerwerk - Keramik und Scherben - Tonblumentöpfe und Scherben - Gips - Kleintierstreu (verpackt, in Beuteln) - Staubsaugerbeutel | |
| | | Textilien | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Lappen, Lumpen - Bekleidung - Jutesäcke - Leder, Schuhe | Auch aus Naturfasern hergestellt |
| | | Weitere Sonstige Fremdstoffe | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Altholz (behandelt) - Elektrogeräte - sonstige nicht genannte Fremdstoffe | |
| 2. | Biogut | Papier, Pappe, Kartonagen (PPK) | ohne Hochglanzpapiere und Alttapeten |
| | | Hygienepapiere | |
| | | Kaffeepads | nur aus Filterpapier und Kaffeesatz bestehend |
| | | Unbehandeltes Holz | |
| | | natürliche Steine | Erfassung der Fraktion wg. DüMV informativ |

Anlage 4

Musterprotokoll Probenahme und Sortierung

Probenahmeverfahren nach Aufkegeln nach Ausbreiten
 Klassierung ja nein
 Datum Probenahme _____
 Datum Sortierung _____
 SPE Nr. _____
 Füllgrad SPE (*optional*) _____ in 10-% Schritten

Masse Siebfraktionen (nur bei Klassierung)

| > 40 mm | 10 - 40 mm | < 10 mm |
|---------|------------|---------|
| | | |

| | | Anzahl | Masse >40 mm | Masse 10-40 mm (nur nach Klassierung) |
|--------------------|--|--------|--------------|---------------------------------------|
| Fremdstoffe | Kunststoffe folienartig | | | |
| | Kunststoffbeutel Kat. 1 - dickwandige Tragetaschen > A4 und Müllsäcke > 60 l | | | |
| | Kunststoffbeutel Kat. 2 - dünnwandige Müllbeutel > A4 | | | |
| | Kunststoffbeutel Kat. 3 - kleinformatige Beutel < A4 und Hemdchenbeutel | | | |
| | BAW-Sammelbeutel Kat. 4 | | | |
| | andere Fremdstoffgruppen | | | |
| | Kunststoff, sonstige | | | |
| | Glas | | | |
| | Metall | | | |
| | Schadstoffe | | | |
| | Sonstige Fremdstoffe | | | |
| Biogut | Biogut | | | |
| | Biogut nach Sortierung verbleibend | | | |
| | Steine | | | |
| | Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Kunststoff | | | |
| | Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Glas | | | |
| | Lebensmittelverpackungen ungeöffnet Metall | | | |

Anlage 3

Gestaltung von Ausschreibungsunterlagen (nach [3])

Gestaltung von Ausschreibungsunterlagen (nach [3])

Bei der Ausschreibung von Sortieranalysen wird vom Auftraggeber die Anzahl und das Volumen der Stichprobeneinheiten häufig nicht abschließend definiert, sondern eine statistische Absicherung der Ergebnisse durch den Auftragnehmer gefordert.

Die anbietenden Untersuchungsstellen stehen bei dieser Vorgehensweise im Konflikt bei der Festlegung von Anzahl und Volumen der Stichprobeneinheiten. Werden Anzahl und Volumen der Stichprobeneinheiten im Sinne einer guten statistischen Absicherung der Daten hoch gewählt, besteht durch hohe Kosten infolge des großen Stichprobenumfangs wenig Aussicht auf den Zuschlag bei der Ausschreibung, da bei der Wertung der Angebote die Wirtschaftlichkeit meist ausschlaggebend ist. Unklare Leistungsbeschreibungen können zu nicht vergleichbaren Angeboten führen.

Um die Vergleichbarkeit von Angeboten zur Durchführung von Biogutanalysen gewährleisten zu können, sind im Rahmen der Leistungsbeschreibung alle relevanten Kriterien konkret festzulegen und darzustellen.

Für die Biogut-Methoden wurde bereits eine Reihe von Kriterien festgelegt. Für die weitere Präzisierung der durchzuführenden Leistung liegt den Methoden ein Musterformular bei, dessen Nutzung empfohlen wird.

Folgende Kriterien werden im Regelfall im Vorfeld festgelegt:

- Art der Stichprobenahme (nur Gebietsanalyse)
- Anzahl von Schichtungen und Kampagnen (nur Gebietsanalyse)
- Stoffgruppen
- aufzunehmende Rahmendaten
- Form der Auswertung bzw. des Berichtswesens und der Datenübergabe
- Zeitplan

Daneben werden im Musterformular unter den mit „Sonstige“ bezeichneten Punkten weitere über die Methoden hinausgehende Optionen genannt, die im Einzelfall von Interesse sein können.

Des Weiteren ist zu klären, welche Leistungen durch den Auftraggeber erbracht werden bzw. von der Untersuchungsstelle angeboten werden müssen. Technische Voraussetzungen, über die ein Ingenieurbüro als häufig ausführende Untersuchungsstelle in der Regel nicht verfügt, die deshalb mit viel Aufwand zum Ort der Untersuchung transportiert werden oder extern eingekauft werden müssen, wie

- ein Sortierplatz vor Ort,
- Probenbehälter oder
- Technik zur Homogenisierung und Probenahme aus dem Haufwerk

sollten vom AG zur Verfügung gestellt werden. Die Vergabe dieser Leistungen verteuert das Projekt und kann zur Einschränkung des Bieterkreises führen.

Anlage 4

**Formular zur Leistungsbeschreibung für
Biogutsortieranalysen**

und

**Formular zur Dokumentation von Rahmenbe-
dingungen bei Sortieranalysen -Gebietsanalyse**

Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen -Gebietsanalyse

Das Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen beschreibt wesentliche Punkte, welche im Vorfeld einer Sortieranalyse festzulegen sind.

Grundlage der Leistungsbeschreibung ist die Methode zur Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut - Gebietsanalyse -. Leistungen, die zwingender Bestandteil der Methodenvorschrift sind, werden im Formular zur Leistungsbeschreibung nicht nochmals erwähnt.

Das Formular soll Stellen, die Sortieranalysen ausschreiben, bei der Formulierung der Leistungsbeschreibung unterstützen. Nur durch die Festlegung der wesentlichen Rahmenbedingungen sind eindeutige Leistungsbeschreibungen und somit vergleichbare Angebote möglich.

Leistungen, die nicht Bestandteil der Methode der Gebietsanalyse sind, aber trotzdem häufig beauftragt werden, sind unter der Bezeichnung „Sonstige“ einzutragen.

Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen - Gebietsanalyse

1. Abfallart

Biogut (Biotonne)

Sonstige _____

2. Gewinnung der Stichprobeneinheiten

am Grundstück

durch Umleeren/Austausch der Behälter (Umleerverfahren 1)

mit Fahrzeugsammlung (Umleerverfahren 2)

keine Festlegung

Sonstige _____

Leistung(en) des AG (i.d.R. kommunale Gebietskörperschaft)

Stellung Pritschenfahrzeug/Fahrer/Lader

Stellung Sammelfahrzeug/Fahrer/Lader

Stellung Radlader/Bagger mit Fahrer

Stellung Behälter zur Gewinnung der Stichprobeneinheiten (240- bzw. 1.100-l-Behälter)

Stellung Sortierplatz mit Beleuchtung und Stromanschluss

Bemerkungen (Ort, Öffnungszeiten, ..) _____

Stellung Sortierpersonal

___ Mitarbeiter, ___ Tage, ___ Stunden/Tag

Abtransport/Entsorgung des sortierten Materials inkl. Gestellung eines Containers

Sonstige/Bemerkungen _____

3. Anzahl der Untersuchungsgebiete

___ Untersuchungsgebiete (Schichtung nach Bebauungsstruktur, ggf. nähere Angaben zu den Untersuchungsgebieten - Benennung)

Sonstige _____

4. Jahreszeitliche Kampagnen

- Vegetationsreiche Periode (ggf. genaue Benennung (KW) _____)
- Vegetationsarme Periode (ggf. genaue Benennung (KW) _____)
- Sonstige _____

5. Klassierung

- nach Methode (10 mm und 40 mm)
- Sonstige _____

6. Sortierung

- nach Methode (1.-3. Differenzierungsebene)
- Sonstige _____ [ggf. gesondert aufführen]

7. Aufzunehmende Rahmendaten sowie zusätzlich zu erhebende Daten

- nach Methode
- Sonstige _____ [Benennung]
 - Ermittlung spezifischer Behälterdaten (Raumgewicht, Schüttgewicht, Behältervolumina je Einwohner)
 - Beschreibung abfallwirtschaftlicher Rahmenbedingungen der Untersuchungsgebiete (abfallwirtschaftliches Angebot/Gebührensysteem, Sammelturnus, Besonderheiten Bebauungsstruktur, ...)

8. 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)
- 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)
- Zusammenfassung der Ergebnisse aller Kampagnen
- Übergabe der Daten (Anzahl der schriftlichen Exemplare, Übergabe in elektronischer Form, ggf. Anforderungen an Software, Formatvorlagen)

- Sonstige _____

- Konzeptionelle Empfehlungen (z. B. Gebührensysteem, einzelne abfallwirtschaftliche Maßnahmen)
- Präsentation der Ergebnisse beim AG

9. Zeitplan

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

10. Sonstiges/Erläuterungen zu den einzelnen Punkten

- Sonstige
 - Chemisch-physikalische Analysen

 - _____

 - _____

 - _____

Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen

Das Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen 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. [Sächsische Sortierrichtlinie]

Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen

1. Zusätzlich zum Bioqut analysierte Abfallart(en)

2. Untersuchungszeitpunkt

Zeitpunkt der Untersuchung (KW): ____ 20 ____

Untypische, besondere Witterungsverhältnisse (Beschreibung bei Bedarf)

Untersuchung umfasst weitere Kampagnen:

3. Gewinnung der Stichprobeneinheiten

am Grundstück

durch Umleeren/Austausch der Behälter (Umleerverfahren 1)

mit Fahrzeugsammlung (Umleerverfahren 2)

Sonstige _____

4. Untersuchte Menge

Stichprobenmenge gesamt: _____ m³ bzw. _____ kg
(bei signifikanten Abweichungen in den Untersuchungsgebieten getrennte Angabe)

Sortierte Menge gesamt: _____ kg

5. Schichtung

| Lfd. Nr. | Bebauungsstruktur, ggf. weitere | Anzahl Einwohner |
|----------|---------------------------------|------------------|
| 1. | _____ | _____ |
| 2. | _____ | _____ |
| 3. | _____ | _____ |
| 4. | _____ | _____ |
| 5. | _____ | _____ |
| 6. | _____ | _____ |
| 7. | _____ | _____ |
| 8. | _____ | _____ |
| ... | _____ | _____ |

6. Klassierung

Siebschnitte

10 mm

40 mm

keine

Sonstige _____

Equipment

Maschinelle Klassierung (Siebtrommel)

Händische Klassierung (Flachsiebe)

Sonstiges _____

7. Sortierung

Sonstige _____ [ggf. gesondert aufführen]

8. Sonstiges/Besonderheiten

Chemisch-physikalische Analysen

9. Ansprechpartner

Auftraggeber

Auftragnehmer

Name: _____

Adresse: _____

Verantwortlicher: _____

Telefon: _____

Anlage 5

Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen und Formular zur Dokumentation von Rahmenbe- dingungen bei Sortieranalysen – Chargenanalyse

Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen - Chargenanalyse

Das Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen beschreibt wesentliche Punkte, welche im Vorfeld einer Sortieranalyse festzulegen sind.

Grundlage der Leistungsbeschreibung ist die Methode zur Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut - Chargenanalyse -. Leistungen, die zwingender Bestandteil der Methodenvorschrift sind, werden im Formular zur Leistungsbeschreibung nicht nochmals erwähnt.

Das Formular soll Stellen, die Sortieranalysen ausschreiben, bei der Formulierung der Leistungsbeschreibung unterstützen. Nur durch die Festlegung der wesentlichen Rahmenbedingungen sind eindeutige Leistungsbeschreibungen und somit vergleichbare Angebote möglich.

Leistungen, die nicht Bestandteil der Methode der Chargenanalyse sind, aber trotzdem häufig beauftragt werden, sind unter der Bezeichnung „Sonstige“ einzutragen.

Formular zur Leistungsbeschreibung für Biogutsortieranalysen - Chargenanalyse

1. Abfallart

- Biogut (Biotonne)
- Sonstige _____

2. Gewinnung der Stichprobeneinheiten

- Probenahme nach Aufkegeln
- Probenahme nach Ausbreitung
- keine Festlegung
- Sonstige _____

Leistung(en) des AG (i.d.R. kommunale Gebietskörperschaft)

- Stellung Radlader/Bagger mit Fahrer zur Homogenisierung der Charge und Gewinnung der Stichprobeneinheiten
- Stellung Behälter zur Gewinnung und Lagerung der Stichprobeneinheiten
- Stellung Sortierplatz mit Beleuchtung und Stromanschluss
- Bemerkungen (Ort, Öffnungszeiten, ..) _____
- Stellung Sortierpersonal
 - ___ Mitarbeiter, ___ Tage, ___ Stunden/Tag
- Abtransport/Entsorgung des sortierten Materials inkl. Gestellung eines Containers
- Sonstige/Bemerkungen _____

5. Klassierung

- nach Methode (10 mm und 40 mm)
- Sonstige _____

6. Sortierung

- nach Methode (1.-3. Differenzierungsebene)
- Sonstige _____ [ggf. gesondert aufführen]

7. Aufzunehmende Rahmendaten sowie zusätzlich zu erhebende Daten

- nach Methode
- Sonstige _____ [Benennung]

8. Auswertung

- Kurzbericht inkl. transparenter Darstellung der Einzelergebnisse und Hochrechnungsfaktoren sowie Darstellung der Zusammensetzung
- Langbericht (zusätzlich zum Kurzbericht: ausführliche Interpretation der Ergebnisse, vertiefende Betrachtung der Unterschiede in den Ergebnissen der Chargen; Vergleich mit Ergebnissen anderer Sortierungen bzw. Kampagnen)
- Übergabe der Daten (Anzahl der schriftlichen Exemplare, Übergabe in elektronischer Form, ggf. Anforderungen an Software, Formatvorlagen)

- Sonstige _____

- Zusammenfassung der Ergebnisse aller Kampagnen
- Präsentation der Ergebnisse beim AG

9. Zeitplan

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

10. Sonstiges/Erläuterungen zu den einzelnen Punkten

- Sonstige
 - Chemisch-physikalische Analysen

- ---

- ---

- ---

Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen

Das Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen 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. [Sächsische Sortierrichtlinie]

Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen bei Sortieranalysen

1. Zusätzlich zum Bioqut analysierte Abfallart(en)

2. Untersuchungszeitpunkt

Zeitpunkt der Untersuchung (KW): ____ 20 ____

Untypische, besondere Witterungsverhältnisse (Beschreibung bei Bedarf)

Untersuchung umfasst weitere Kampagnen:

3. Gewinnung der Stichprobeneinheiten

Probenahmeverfahren

Probenahme nach Aufkegeln

Probenahme nach Ausbreitung

technische Hilfsmittel zur Homogenisierung & Probenahme

Radlader

Bagger

händisch

Sonstige _____

4. Untersuchte Menge

Stichprobenmenge gesamt: _____ m³ bzw. _____ kg

Sortierte Menge gesamt: _____ m³ bzw. _____ kg

5. Rahmendaten Chargen

Lfd. Nr. Herkunft, Sammelfahrzeug, Datum & Uhrzeit Anlieferung, ggf. weitere

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
- ... _____

6. Klassierung

Siebschnitte

- 10 mm
- 40 mm
- keine
- Sonstige _____

Equipment

- Maschinelle Klassierung (Siebtrommel)
- Händische Klassierung (Flachsiebe)
- Sonstiges _____

7. Sortierung

- Sonstige _____ [ggf. gesondert aufführen]
- _____
- _____

8. Sonstiges/Besonderheiten

- Chemisch-physikalische Analysen
- _____
- _____

9. Ansprechpartner

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

Anlage 6

Recherche Verpackungsanteile an ungeöffneten Verpackungen

Verpackungsanteil an ungeöffneten Verpackungen nach Materialart der Verpackung
[12]

| Verpackte Lebensmittel Dosen, Metall | Gewicht gesamt | Füllmenge | Verpackung | Verpackung |
|---|-------------------|-----------|------------|-------------|
| | g | g | g | % |
| Bio Gemüsemais | 419 | 340 | 79 | 18,9 |
| Oro Tomaten stückig | 471 | 400 | 71 | 15,1 |
| Giaguaro Tomatenmark | 163 | 140 | 23 | 14,1 |
| Mildessa Sauerkraut | 946 | 810 | 136 | 14,4 |
| Tortenpfirsich in Schnitten | 951 | 820 | 131 | 13,8 |
| Mittelwert | | | | 15,2 |
| Median | | | | 14,7 |

| Verpackte Lebensmittel Blister, Kunststoffverpackungen | Gewicht Brutto | Einwaage | Verpackung | Verpackung |
|---|-------------------|----------|-------------|------------|
| | g | g | g | % |
| Elsässer Flammkuchen | 413 | 350 | 63 | 15,3 |
| Leberkäse | 137 | 125 | 12 | 8,8 |
| Schinkenspeck | 155 | 143 | 12 | 7,7 |
| Rosmarin Kartoffeln | 366 | 330 | 36 | 9,8 |
| Schinken-Käse Sandwich | 213 | 185 | 28 | 13,1 |
| Hähnchenbrust Filetstücke | 161 | 150 | 11 | 6,8 |
| Pflanzknacker | 198 | 180 | 18 | 9,1 |
| Bruzzler Wiesenhof 3 Stück | 221 | 200 | 21 | 9,5 |
| Giardino Oliven | 170 | 150 | 20 | 11,8 |
| Zaziki | 525 | 500 | 25 | 4,8 |
| Kräuter Baguette | 187 | 175 | 12 | 6,4 |
| Kartoffelsalat | 1048 | 1000 | 48 | 4,6 |
| Nudelsalat | 433 | 400 | 33 | 7,6 |
| Bierschinken | 115 | 100 | 15 | 13,0 |
| Käse Beemster mild | 173 | 165 | 8 | 4,6 |
| Bergbauernkäse | 178 | 160 | 18 | 10,1 |
| Emmentaler Sandwichscheiben | 208 | 200 | 8 | 3,8 |
| Bratwurst fein 5 Stück | 640 | 600 | 40 | 6,3 |
| | | | | |
| Mittelwert | | | 23,8 | 8,5 |
| Median | | | 19,0 | 8,3 |

Lebensmittelverpackungen

Glasverpackungen

| Füllvolumen | Glasverpackung | Metaldeckel | Glasverpackung | Metaldeckel |
|-----------------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| ml bzw. g | g | g | % | % |
| 50 | 47 | 4,2 | 46% | 4% |
| 60 | 65 | 4,2 | 50% | 3% |
| 65 | 70 | 8 | 49% | 6% |
| 196 | 140 | 7 | 41% | 2% |
| 212 | 115 | 8 | 34% | 2% |
| 435 | 225 | 13 | 33% | 2% |
| 500 | 220 | 10,4 | 30% | 1% |
| 555 | 250 | 13 | 31% | 2% |
| 720 | 290 | 13 | 28% | 1% |
| 770 | 310 | 13 | 28% | 1% |
| | | | | |
| Rechenwert (gewählt) | | | 30 % | 3 % |