

Bericht zur Fortschreibung der Sortierrichtlinie 1998



Bericht zur Fortschreibung der Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen

Jörg Wagner, Thomas Kügler, Janett Baumann, Marko Günther, Elisa Finke

1	Veranlassung und Zielstellung	9
2	Vergleich der Anforderungen von Richtlinien zur Abfallanalytik und Ableitung von Untersuchungsbedarf	11
2.1	Vergleich der Anforderungen.....	11
2.2	Ableitung von Untersuchungsbedarf für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998	17
2.2.1	Anforderungen an den Stichprobenumfang.....	17
2.2.2	Anforderungen an die Stichprobennahme	17
2.2.3	Anforderungen an die Stoffgruppen	17
2.2.4	Anforderungen in Abhängigkeit der zu analysierenden Abfallarten	18
2.2.5	Anforderungen an die Erfassung und Auswertung von Rahmendaten	18
2.2.6	Anforderungen an die Technik	18
2.2.7	Anforderungen an das Personal.....	19
2.2.8	Anforderungen an den Arbeitsschutz	19
2.2.9	Anforderungen an die Statistik/erforderliche Stichprobenanzahl	19
2.2.10	Sonstige Anforderungen.....	19
3	Auswertung von Sortieranalysen sächsischer örE und Ableitung von Untersuchungsbedarf	21
3.1	Beprobte Abfallarten.....	21
3.2	Schichtung der Untersuchungsgebiete.....	22
3.3	Auswahl der Stichprobennahmegebiete	23
3.4	Durchführung der Stichprobennahme.....	23
3.5	Stichprobenumfang/Anzahl der Stichprobeneinheiten.....	23
3.6	Siebung bei 10 mm und 40 mm.....	24
3.6.1	Siebschnitte	24
3.6.2	Siebtechnik.....	24
3.6.3	Sortierung der Fraktionen > 40 mm, 10-40 mm und < 10 mm	24
3.7	Stoffgruppen.....	25
3.8	Untersuchungskampagnen.....	25
3.9	Datenauswertung	26
3.10	Sonstige Abfallarten	26
3.11	Auswertung weiterer Sortieranalysen für konkrete Fragestellungen	26
4	Prüfung von Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 unter Beachtung veränderter Rahmenbedingungen, zukünftiger Aufgabenstellungen und möglicher Vereinfachungen.....	28
4.1	Allgemeine Anforderungen	29
4.1.1	Stoffgruppen.....	29
4.1.2	Siebung und Sortierung.....	32
4.1.3	Arbeitsschutz	36
4.1.4	Personal und Technik.....	38
4.1.5	Leistungsbeschreibung zur Ausschreibung von Sortieranalysen	38
4.1.6	Dokumentation von Sortieranalysen.....	38
4.1.7	Chemisch-physikalische Analysen	38
4.2	Anforderungen an Restabfall-Sortieranalysen.....	41
4.2.1	Anzahl und Zeitpunkt der Analysen	41
4.2.2	Größe und Anzahl der Stichproben, statistische Anforderungen	48
4.2.3	Stichprobennahme	58
4.2.4	Bestimmung der einwohnerspezifischen Restabfallmengen und Hochrechnung der Ergebnisse auf das Entsorgungsgebiet	60
4.2.5	Datenaufnahme und Auswertung	67
4.3	Anforderungen an Sortieranalysen anderer Abfallarten	68
4.3.1	Sperrige Abfälle.....	68
4.3.2	Behältergestützt erfasste Abfälle (Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonagen)	73
4.3.3	Sonstige Abfallarten	76
5	Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998	78

6	Zusammenfassung und Ausblick	79
7	Literaturverzeichnis	80
8	Anlagen	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Stoffgruppe Glas mit hohem Scherbenanteil.....	31
Abbildung 2:	Gefüllte Verpackungen	31
Abbildung 3:	Polystyrol	31
Abbildung 4:	Entwicklung der einwohnerspezifischen Mengen an Restabfällen und Bio- und Grünabfällen von 1997 bis 2012.....	42
Abbildung 5:	Jahresganglinie der Restabfälle ausgewählter sächsischer Entsorgungsgebiete im Zeitraum 2010 bis 2013	43
Abbildung 6:	Jahresganglinie für Restabfälle am Beispiel eines Entsorgungsgebietes im Zeitraum 1999 bis 2013	44
Abbildung 7:	Einwohnerspezifische Gartenabfallmenge in den Restabfällen in Abhängigkeit von der Jahreszeit.....	45
Abbildung 8:	Einwohnerspezifische Menge der Fraktion < 10 mm in den Restabfällen in Abhängigkeit der Jahreszeiten	45
Abbildung 9 a-c:	Jahreszeitliche Schwankungen im Aufkommen von PPK, Glas und Kunststoffen in den Restabfällen	47
Abbildung 10:	Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der relativen maximalen Zufallsabweichung	50
Abbildung 11:	Statistische Verteilung von ausgewählten Stoffgruppen in einer Restabfall-Sortieranalyse (Landkreis, 2009)	53
Abbildung 12:	Unterschiede im Restabfallaufkommen und der Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Bebauungsstruktur (Entsorgungsgebiet mit ländlicher Struktur 2011)	56
Abbildung 13:	Vergleich von sechs Stichprobeneinheiten einer Schichtung zur Mineralstoffmasse	57
Abbildung 14:	Zugriffsebenen bei der Stichprobennahme	58
Abbildung 15:	Unterschiede in der Berechnung der einwohnerspezifischen Restabfallmenge in Abhängigkeit von der Anzahl der Stichprobeneinheiten	60
Abbildung 16:	Hochrechnung von Ergebnissen je Schichtung und jahreszeitlicher Kampagne auf ein Entsorgungsgebiet	61
Abbildung 17:	Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Hochrechnungsmethoden von Einzelbehälterdaten (Teil 1) ...	63
Abbildung 18:	Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Hochrechnungsmethoden von Einzelbehälterdaten (Teil 2) ...	64
Abbildung 19:	Berücksichtigung der Einwohnerverteilung unterschiedlicher Schichtungen	65
Abbildung 20:	Vergleich der Ergebnisse der jahreszeitlichen Kampagnen mit der Restabfalljahresganglinie des Entsorgungsgebietes.....	66
Abbildung 21:	Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten im Vergleich zur Zusammensetzung gewerblicher Abfälle.....	67
Abbildung 22:	Jahresganglinie sperrige Abfälle ausgewählter sächsischer Entsorgungsgebiete im Zeitraum 2010 bis 2012	68
Abbildung 23:	Beispiel eines Standplatzes für sperrige Abfälle im Holsystem	69
Abbildung 24:	Jahresganglinie der über die Biotonne erfassten Bioabfälle ausgewählter sächsischer Entsorgungsgebiete im Zeitraum 2010 bis 2012.....	73
Abbildung 25:	Vergleich des Verhältnisses von Küchen- und Gartenabfällen in Bioabfällen	74
Abbildung 26:	rechtsschiefe Verteilung.....	103

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Anforderungen verschiedener Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter	13
Tabelle 2:	Schichtungen in städtischer Gebietsstruktur.....	22
Tabelle 3:	Schichtungen in ländlicher Gebietsstruktur.....	22
Tabelle 4:	Stichprobenmasse der Sortieranalysen	23
Tabelle 5:	Stichprobeneinheiten der Sortieranalysen	24
Tabelle 6:	Gegenüberstellung der Anzahl der Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene.....	25
Tabelle 7:	Gegenüberstellung der Kampagnenzeiträume	26
Tabelle 8:	Ausgewertete Sortieranalysen	27
Tabelle 9:	Änderungen bei der Zuordnung von Stoffgruppen der ersten, zweiten und dritten Differenzierungsebene.....	30
Tabelle 10:	Vergleich von Optionen zur Sortierung der Fraktion 10-40 mm.....	33
Tabelle 11:	Ergebnisse aus der Sortierung der Fraktion 10-40 mm bei unterschiedlichem Sortiervolumen.....	34
Tabelle 12:	Berechnung der Gesamtmassen der betrachteten Stichprobe > 10 mm auf Basis unterschiedlich großer Sortiervolumen für die Teilerhebung der Fraktion 10-40 mm	34
Tabelle 13:	Vergleich der theoretischen Lochflächen von Rund- und Quadratlochungen	35
Tabelle 14:	Vergleich des Einsatzes von Flachsieben und maschineller Siebtrommel bei Sortieranalysen	36
Tabelle 15:	Berechnung des Stichprobenumfangs in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten und der relativen maximalen Zufallsabweichung.....	49
Tabelle 16:	Vergleich statistischer Ergebnisse von Restabfall-Sortieranalysen bis 1995 und Restabfall- Sortieranalysen in Entsorgungsgebieten mit verursachergerechten Gebührensystemen ab 2003.....	51
Tabelle 17:	Variationskoeffizienten ausgewählter, zum Teil nicht regelmäßig anfallender Stoffgruppen.....	52
Tabelle 18:	Verweis auf weiterführende Literatur	54
Tabelle 19:	Schichtung nach Bebauungsstruktur in städtischen Entsorgungsgebieten.....	55
Tabelle 20:	Schichtung nach Bebauungsstruktur in ländlichen Entsorgungsgebieten.....	55
Tabelle 21:	Stichprobenanzahl für Restabfall in Abhängigkeit von den jahreszeitlichen Kampagnen und der Schichtung nach Bebauungsstrukturen (BS)	57
Tabelle 22:	Vergleich der Stichprobennahme durch Umleerung am Grundstück und mithilfe eines Sammelfahrzeugs...59	
Tabelle 23:	Datenerhebung während und nach der Stichprobennahme.....	61
Tabelle 24:	Hochrechnung in Abhängigkeit der Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen	65
Tabelle 25:	Vergleich von Methoden zur Stichprobennahme und Sortierung sperriger Abfälle am Standplatz und mithilfe eines Sammelfahrzeugs	70
Tabelle 26:	Anwendungsvoraussetzungen für die Sichtung von Abfällen am Standplatz und Eigenschaften von sperrigen Abfällen.....	71
Tabelle 27:	Vergleich von Sichtung und Sortierung von sperrigen Abfällen	72
Tabelle 28:	Anforderungen an den Stichprobenumfang sowie Anzahl der Analysen für Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas und Papier, Pappe, Kartonagen	75
Tabelle 29:	Systematik der sonstigen Abfallarten.....	76

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AbfAbIV	Abfallablagerungsverordnung
AG	Auftraggeber
AltholzV	Altholzverordnung
Alu	Aluminium
AN	Arbeitnehmer
a. n. g.	anderweitig nicht genannte
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
AWK	Abfallwirtschaftskonzept
BGI	Berufsgenossenschaftliche Information
BGR	Berufsgenossenschaftliche Regel
BGV	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift
BiostoffV	Biostoffverordnung
BS	Bebauungsstruktur
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
DepV	Deponieverordnung
Diff.-Ebene	Differenzierungsebene
E	Einwohner
EB	Einzelbehälter
e. V.	eingetragener Verein
Fe	Eisen
FH	Familienhaus
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GWA	Großwohnanlage
IT	Informationstechnologie
kg	Kilogramm
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
l	Liter
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LAGA PN 98	Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen (LAGA-Mitteilung 32)
LK	Landkreis
LVP	Leichtverpackung
m ³	Kubikmeter
Ma.-%	Masseprozent
max.	maximal
m. B.	mit Biotonne
MFH	Mehrfamilienhaus
Mg	Megagramm
mind.	mindestens
mm	Millimeter
MW	Mittelwert
n	Anzahl
nat.	natürlich
NE	Nichteisen

o. B.	ohne Biotonne
örE	öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
phys.	physikalisch
PPK	Papier, Pappe, Kartonagen
PTS	Papiertechnische Stiftung
rel.	relativ
Sch	Schichtung
SPE	Stichprobeneinheit
ST	Stadt
stat	statistisch
TRBA	Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe
u. Ä.	und Ähnliches
UG	Untersuchungsgebiet
V	Volumen
w	Woche
z. T.	zum Teil

1 Veranlassung und Zielstellung

Seit 1998 bildet die „Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen“ (nachfolgend „Sächsische Sortierrichtlinie 1998“ genannt) [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 1998] die Grundlage für eine Vielzahl von Abfall- und Stoffstromanalysen. Mit ihren methodischen Vorgaben zur Datenerhebung und -gewinnung konnte die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 einen wichtigen Beitrag leisten, um repräsentative und belastbare Ergebnisse bei Sortieranalysen für unterschiedliche abfallwirtschaftliche Aufgabenstellungen zu gewinnen.

Gemeinsam mit der „Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg“ (Brandenburger Sortierrichtlinie) [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1999] war die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 auch bundesweit die Grundlage bei der Durchführung der meisten Sortieranalysen.

In Hinblick auf die Anforderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG), insbesondere zur Getrenntsammlung von Bioabfällen und den Wertstoffen Papier, Glas, Metall sowie Kunststoff¹ und zur Vorbereitung zur Wiederverwendung und dem Recycling von mindestens insgesamt 65 Gewichtsprozent der Siedlungsabfälle², wächst die Bedeutung von Abfallanalysen als Datengrundlage zur Planung, Kontrolle und Bewertung von abfallwirtschaftlichen Maßnahmen.

Derzeit ist zu beobachten, dass viele öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (örE) im Freistaat Sachsen die Zusammensetzung der ihnen überlassenen Abfälle, insbesondere der Restabfälle nicht kennen. Außerdem wurde bei den meisten Abfallanalysen der örE in Sachsen die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 nur in reduziertem Umfang angewendet. Als hauptsächlicher Hinderungsgrund für vollumfängliche Sortieranalysen wurden sowohl bei Veranlassung als auch bei Durchführung immer wieder die hohen Kosten, welche aus den hohen Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 resultierten, genannt.

Um zu vermeiden, dass unverhältnismäßige Vorgaben zur Abfallanalytik kostentreibend wirken und gleichzeitig neue Entwicklungen nicht angemessen berücksichtigt werden, sollte die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 überarbeitet werden. Ziel sind effiziente Sortieranalysen, ohne dass die wissenschaftlichen Anforderungen an die Methodik und somit auch die Qualität der Ergebnisse vernachlässigt werden. Zudem ist zu gewährleisten, dass die fortgeschriebene Sächsische Sortierrichtlinie (nachfolgend „Sächsische Sortierrichtlinie 2014“ genannt) im Hinblick auf die unterschiedlichsten Fragestellungen zum Aufkommen und zur Zusammensetzung flexibel angewandt werden kann. Als Beispiele für typische Fragestellungen seien genannt:

- Bestimmung des Aufkommens und der Zusammensetzung von Abfällen für grundlegende abfallwirtschaftliche Planungen,
- Ermittlung des Wertstoffpotenzials (insbesondere in Restabfällen), welches zur Getrenntsammlung zur Verfügung stehen würde,
- Erfolgskontrolle von eingeführten abfallwirtschaftlichen Maßnahmen (Umstellung Erfassungssysteme, Gebührensysteme),
- Ermittlung von Erfassungsquoten,

¹ ab 01.01.2015 gemäß § 11 und § 14 KrWG

² ab 01.01.2020 gemäß § 14 KrWG

- Schaffung der Grundlage für Abfallmengenprognosen,
- Bestimmung des Störstoffanteils in Wertstoffen,
- Charakterisierung der Abfälle zur Einschätzung der Eignung für bestimmte Abfallbehandlungsverfahren,
- Charakterisierung des Inputs von Abfallentsorgungsanlagen und
- Überprüfung von Garantiewerten einzelner Aggregate bzw. verfahrenstechnischer Schritte in Abfallentsorgungsanlagen bzw. Sortenreinheit/Qualität von Stoffströmen.

Die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 unter besonderem Blickwinkel der Wirtschaftlichkeit von Sortieranaysen war auch vor dem Hintergrund wichtig, dass Sortieranaysen eine Momentaufnahme darstellen. Sie sollten deshalb bei Änderungen von Randbedingungen (demografischer Wandel, Konsumverhalten und abfallwirtschaftliches Angebot) sowie in bestimmten zeitlichen Abständen erneut erfolgen.

Um die inhaltlichen Schwerpunkte für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 zu identifizieren, wurden Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter anderer Bundesländer verglichen. Aktuelle Sortieranaysen aus dem Freistaat Sachsen und anderer Herkunft wurden auf die Einhaltung der Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 geprüft. Weiterhin wurden praktische Erfahrungen aus der Durchführung von Sortieranaysen in die Fortschreibung integriert. Die auf dem Prüfstand stehenden Schwerpunkte wurden in einem Fachgespräch mit Unternehmen und Institutionen, welche mit der Sortieranaysen vertraut sind, diskutiert. Die daraus resultierenden Ergebnisse der Diskussion fanden ebenfalls Eingang in die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998.

Der vorliegende Begleitbericht dokumentiert die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 in der Form, dass neben der neuen Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 auch Gründe und Aspekte der Überarbeitung dargestellt werden. Außerdem sollen den Anwendern der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 weiterführende Informationen, wie beispielsweise modellhafte Berechnungen bei einzelnen Fragestellungen, vorgestellt werden.

2 Vergleich der Anforderungen von Richtlinien zur Abfallanalytik und Ableitung von Untersuchungsbedarf

2.1 Vergleich der Anforderungen

Im Zuge der Fortschreibung wurden in einem ersten Schritt die Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 mit denen anderer Richtlinien an die Abfallanalytik verglichen, um Problemstellungen zu erkennen bzw. Optimierungsmöglichkeiten abzuleiten. Dabei wurden insbesondere die Anforderungen an

- den Stichprobenumfang,
- die Stichprobennahme,
- die Stoffgruppen,
- die Auswertung,
- die Technik,
- das Personal,
- den Arbeitsschutz und
- die Statistik

gegenübergestellt. Für den Vergleich mit der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wurden folgende Richtlinien, Leitfäden und Merkblätter ausgewertet:

- Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg (Brandenburger Sortierrichtlinie) [LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1999],
- Leitfaden für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Masse und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle in Sachsen-Anhalt – Teilbereich „Abfälle aus privaten Haushalten“ (Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden) [LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 1998],
- Merkblatt für die Durchführung von Untersuchungen zur stofflichen Zusammensetzung des Restmülls aus Haushaltungen (Merkblatt Hausmüllanalysen) des Freistaates Thüringen (Thüringer Merkblatt) [THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2013],
- Leitfaden für Analysen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung von Abfällen aus Haushaltungen (Nordrhein-Westfälischer Leitfaden) [LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN 1998].

Nachfolgend wird bei den Bezugnahmen auf die vorgenannten Vorschriften der Begriff „Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter“ verwendet.

Um die Vergleichbarkeit der einzelnen Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter zu erleichtern, wurden diese in der folgenden Gegenüberstellung sprachlich, soweit möglich, vereinheitlicht und dafür die Formulierungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 übernommen. So wurden beispielsweise aus dem Thüringer Merkblatt die Stoffgruppen der Gliederung der Sächsischen Stoffgruppen nach erster und zweiter Differenzierungsebene gleichgesetzt.

Einen vergleichenden Überblick der Anforderungen der Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter zeigt die Tabelle 1³. Diese Übersicht soll die unterschiedlichen Anforderungen der Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter herausarbeiten. Sie erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

³ wenn nicht gesondert gekennzeichnet, beziehen sich die Angaben auf die Sortieranalyse von Restabfällen aus Haushalten

Tabelle 1: Übersicht der Anforderungen verschiedener Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter

Anforderungen	Sächsische Sortierrichtlinie 1998	Brandenburger Sortierrichtlinie	Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden	Thüringer Merkblatt	Nordrhein-Westfälischer Leitfaden
Stichprobenumfang	<ul style="list-style-type: none"> – mindestens vier jahreszeitlich versetzte Kampagnen – wenn weniger, ist Nachweis der hinreichenden Genauigkeit zu erbringen – reduzierter Umfang bei Folgeuntersuchungen – SPE = ca. 1 m³; 20 SPE pro Schichtung; Öffnung für sechs SPE bei mehreren Schichtungen und kleinen Untersuchungsgebieten – getrennt formuliert für alle ausgewiesenen Abfallarten 	<ul style="list-style-type: none"> – mindestens vier jahreszeitlich versetzte Kampagnen – wenn weniger, ist Nachweis der hinreichenden Genauigkeit zu erbringen – reduzierter Umfang bei Folgeuntersuchungen – SPE = 1,1 m³; 20 SPE pro Schichtung; Öffnung für sechs SPE bei mehreren Schichtungen und kleinen Untersuchungsgebieten 	<ul style="list-style-type: none"> – mindestens vier jahreszeitlich versetzte Kampagnen – wenn weniger, ist Nachweis der hinreichenden Genauigkeit zu erbringen – reduzierter Umfang bei Folgeuntersuchungen – SPE = 1,1 m³; mind. 20 SPE je Sortierkampagne bzw. 80 pro Untersuchung, 20 SPE auch für Teilgesamtheiten empfohlen; Öffnung für sechs SPE bei mehreren Schichtungen und kleinen Untersuchungsgebieten 	<ul style="list-style-type: none"> – mindestens zwei Kampagnen pro Jahr außerhalb Ferienzeit – drei Bebauungsstrukturen mit zweifacher Unterteilung – je SPE nicht weniger als 1.000 kg 	<ul style="list-style-type: none"> – mindestens vier jahreszeitlich versetzte Kampagnen bei Abfällen mit stark jahreszeitlichem Einfluss – bei Abfallarten ohne starken jahreszeitlichen Einfluss mind. zwei Kampagnen – SPE = ca. 1 m³; mind. 20 SPE je Sortierkampagne bzw. 80 pro Untersuchung – Öffnung für sechs SPE bei mehreren Schichtungen und kleinen Untersuchungsgebieten
Stichprobennahme	<ul style="list-style-type: none"> – Zufallsauswahl, Umleerung oder Austausch der Behälter (Restabfälle) 	<ul style="list-style-type: none"> – Zufallsauswahl, Umleerung oder Austausch der Behälter 	<ul style="list-style-type: none"> – Zufallsauswahl, Umleerung oder Austausch der Behälter 	<ul style="list-style-type: none"> – Behältertausch, Umleeren in Entsorgungsfahrzeug oder in Behälter 	<ul style="list-style-type: none"> – Umleerung bei kleinen Behältergrößen bzw. Tausch bei Behältergrößen > 240 l
Stoffgruppen	<ul style="list-style-type: none"> – 1. Diff.-Ebene – 2. Diff.-Ebene – 3. Diff.-Ebene – Siebung bei 40 mm, 10 mm – 20 l je SPE der Fraktion 10-40 mm⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> – 1. Diff.-Ebene – 2. Diff.-Ebene – 3. Diff.-Ebene – Siebung bei 40 mm, 10 mm – 20 l je SPE der Fraktion 10-40 mm⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> – 1. Diff.-Ebene – 2. Diff.-Ebene – 3. Diff.-Ebene – Siebung bei 40 mm, 10 mm – 20 l je SPE der Fraktion 10-40 mm 	<ul style="list-style-type: none"> – 13 Stoffgruppen (Mindestmaß für Fraktion 10-40 mm) – 30 Fraktionen (Mindestmaß für Fraktion > 40 mm) – Siebung bei 40 mm, 10 mm – 20 l je SPE für Fraktion 10-40 mm 	<ul style="list-style-type: none"> – 1. Diff.-Ebene – 2. Diff.-Ebene – 3. Diff.-Ebene – Siebung bei 40 mm, 10 mm – 20 l je SPE der Fraktion 10-40 mm

⁴ abweichende Festlegungen für Bioabfälle; Glas, PPK, gewerbliche Abfälle, Sortierreste aus Anlagen und Abfälle von öffentlichen Flächen

⁵ abweichende Festlegungen für Bioabfälle und sonstige Wertstoffe

Anforderungen	Sächsische Sortierrichtlinie 1998	Brandenburger Sortierrichtlinie	Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden	Thüringer Merkblatt	Nordrhein-Westfälischer Leitfaden
Sichtung	<ul style="list-style-type: none"> – bei sehr homogener Grundgesamtheit bzw. wenn Sortierung aus wirtschaftlichen oder zeitlichen Gründen nicht vertretbar ist – Sichtung kann durch eine Sortierung ergänzt werden – zulässig für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Garten- und Parkabfälle, Marktabfälle 	<ul style="list-style-type: none"> – bei homogenen Abfällen oder bei heterogenen Abfällen, wenn Sortierung wirtschaftlich nicht vertretbar ist – für sperrige Abfälle und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle wird ergänzende Sortierung empfohlen 	<ul style="list-style-type: none"> – Einschränkung der Eignung der Sichtung auf hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Garten- und Parkabfälle, Marktabfälle 		<ul style="list-style-type: none"> – nicht geeignet für vertiefende Analyse der Zusammensetzung von Abfällen aus Haushalten – je nach Fragestellung bei einigen Wertstoffarten (z. B. Bestimmung des Störstoffanteils) ausreichende Ergebnisse
Rahmendaten	<ul style="list-style-type: none"> – Mindestrahmendaten (abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen in Form qualitativer Beschreibung), Restabfallbehälterverzeichnis (Anzahl, Größe, Abfuhrtage, Rhythmus), Einwohnerdaten (gesamt, Teilgesamtheiten, SPE), zusätzliche Rahmendaten (beispielhaft benannt) 	<ul style="list-style-type: none"> – Mindestrahmendaten (behälterbezogene Daten, Einwohnerdaten) – zusätzliche Rahmendaten (beispielhaft benannt) 	<ul style="list-style-type: none"> – Mindestrahmendaten (abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen (qualitative Beschreibung)), Abfallbehälterverzeichnis (Anzahl, Größe, Abfuhrtage, Rhythmus) und Einwohnerdaten (gesamt, Teilgesamtheiten, SPE), zusätzliche Rahmendaten (beispielhaft benannt) 	<ul style="list-style-type: none"> – Einwohner pro SPE, Siedlungsstrukturgebiet und insgesamt (getrennt nach Anschluss Biotonne), behälterbezogene Daten, Anreize aus dem Gebührensystem zur Vermeidung/Verwertung 	<ul style="list-style-type: none"> – Stichprobenadressen, Anzahl beprobter Behälter, bereitgestellte Abfallmenge, Füllgrad der Behälter, angeschlossene Einwohner
Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> – differenziert nach Bestimmung der einwohnerspezifischen Abfallmasse und Sortierergebnissen – Beschreibung der Berechnung bei weniger als vier Sortierkampagnen – Darlegung der Fehlerrechnung 	<ul style="list-style-type: none"> – allgemein 	<ul style="list-style-type: none"> – allgemein – konkrete Empfehlung zur Berechnung der Menge – Beschreibung der Berechnung bei weniger als vier Sortierkampagnen – Darlegung der Fehlerrechnung 	<ul style="list-style-type: none"> – allgemein – Beurteilung des abfallwirtschaftlichen Ist-Standes und des abfallwirtschaftlichen Angebotes – Ermittlung Menge verwertbarer Abfälle 	<ul style="list-style-type: none"> – allgemein – Hinweis zu Hochrechnung jahreszeitlicher Analysen

Anforderungen	Sächsische Sortierrichtlinie 1998	Brandenburger Sortierrichtlinie	Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden	Thüringer Merkblatt	Nordrhein-Westfälischer Leitfaden
getrennt für Abfallarten	<ul style="list-style-type: none"> – Restabfälle – Bioabfälle – Wertstoffe (Hol- und Bringsystem) – sperrige Abfälle – Restabfälle aus Gewerbe – Sortierreste aus Anlagen – Abfälle von öffentlichen Flächen (Sichtung) 	<ul style="list-style-type: none"> – Restabfälle – Bioabfälle (in Anlehnung an Restabfälle) – sonstige Wertstoffe im Holsystem (in Anlehnung an Restabfälle) – sperrige Abfälle (Sichtung) 	<ul style="list-style-type: none"> – Restabfälle – sperrige Abfälle⁶ – Bioabfälle⁷ – Wertstoffe⁸ 	<ul style="list-style-type: none"> – nein, nur auf Restabfälle begrenzt 	<ul style="list-style-type: none"> – nein, jedoch differenzierte Anforderungen an jahreszeitliche Analysen und Beschreibung der Möglichkeit der Sichtung
Technik	<ul style="list-style-type: none"> – Benennung der Technik – maschinelle Siebaggregate mit Rundlochung sollten die objektiveren Ergebnisse liefern, ersatzweise können auch Sortiertische zum Einsatz kommen 	<ul style="list-style-type: none"> – Benennung der Technik – ggf. maschinelles Siebaggregat, Empfehlung für maschinelle Siebung, für Siebung 10 mm alternativ gelochter Siebtisch 	<ul style="list-style-type: none"> – Benennung der Technik – ggf. maschinelles Siebaggregat, Siebung nach Möglichkeit manuell 	<ul style="list-style-type: none"> – Forderung einer maschinellen Siebeinrichtung 	<ul style="list-style-type: none"> – Benennung der Technik – maschinelles Siebaggregat, ggf. Sortiertische mit entsprechender Lochung möglich
Personal	<ul style="list-style-type: none"> – Sortierleiter mit Sortiererfahrung, geschulte Sortierkräfte 	<ul style="list-style-type: none"> – erfahrener Sortierleiter und geschulte Sortierkräfte 	<ul style="list-style-type: none"> – erfahrener Sortierleiter und geschulte Sortierkräfte 	<ul style="list-style-type: none"> – fachkompetenter Sortierleiter 	<ul style="list-style-type: none"> – erfahrenes und geschultes Personal

⁶ z. B. nur eine jahreszeitliche Untersuchung, mind. fünf Analysetage, Sammeltouren sind über den Tag zu begleiten; ca. 100 m³ verpresste sperrige Abfälle

⁷ z. B. Anpassung bei 1. Diff.-Ebene, mind. vier Kampagnen, 16 SPE pro Kampagne bzw. 64 pro Untersuchung, sechs SPE je Teilgesamtheit zulässig; SP-Größe 0,25 m³, Siebung optional

⁸ Abweichungen in 2. Diff.-Ebene; eine Sortierkampagne, mind. 25 SPE, sechs SPE je Teilgesamtheit zulässig; für Glas/PPK 0,25 m³ SPE, für Leichtverpackungen ca. 1 m³; Siebung bei PPK und Glas optional

Anforderungen	Sächsische Sortierrichtlinie 1998	Brandenburger Sortierrichtlinie	Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden	Thüringer Merkblatt	Nordrhein-Westfälischer Leitfaden
Arbeitsschutz	<ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung der Arbeitschutz-ausrüstung durch den Durchführenden – Grundimmunisierung auf Tetanus, Diphtherie, Poliomyelitis – Verbot Essen, Trinken, Rauchen im Arbeitsbereich – Bereitstellen eines Feuerlöschers und Signalkleidung bei Sammlung 	<ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung der Arbeitschutz-ausrüstung durch den Durchführenden – Grundimmunisierung auf Tetanus, Diphtherie, Poliomyelitis – Verbot Essen, Trinken, Rauchen im Arbeitsbereich – Bereitstellen eines Feuerlöschers 	<ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung der Arbeitschutz-ausrüstung durch den Durchführenden – Grundimmunisierung auf Tetanus, Diphtherie, Poliomyelitis – Verbot Essen, Trinken, Rauchen im Arbeitsbereich – Bereitstellen eines Feuerlöschers 	<ul style="list-style-type: none"> – Sortierung sollte in geschlossenen, temperierten Räumen stattfinden – in Thüringen existiert zudem ein spezielles Merkblatt zum Arbeitsschutz [Landesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Thüringen 2001] 	<ul style="list-style-type: none"> – Bereitstellung der Arbeitschutz-ausrüstung durch den Durchführenden – Grundimmunisierung auf Tetanus, Diphtherie, Poliomyelitis – Verbot Essen, Trinken, Rauchen im Arbeitsbereich – Bereitstellen eines Feuerlöschers
Statistik	<ul style="list-style-type: none"> – 10 % rel. max. Zufallsabweichung (Restabfälle); erreicht durch einen rel. Variationskoeffizienten von ca. 30 % bei 80 SPE⁹ – Darlegung der Fehlerrechnung 	<ul style="list-style-type: none"> – ± 10 % rel. max. Zufallsabweichung – Darlegung der Fehlerrechnung über Variationskoeffizient 	<ul style="list-style-type: none"> – ± 10 % rel. max. Zufallsabweichung – bisherige Erfahrungen 30 % nat. Streuung der Grundgesamt über Variationskoeffizient; Genauigkeit bei sechs SPE: 25-30 % 	<ul style="list-style-type: none"> – keine 	<ul style="list-style-type: none"> – 10 % rel. max. Zufallsabweichung; erreicht durch einen rel. Variationskoeffizienten von ca. 30 % bei 80 SPE – gesonderte Darstellung in Anlage
Sonstige Anforderungen/Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> – Besonderheiten bei der Zuordnung von Stoffgruppen – Zuordnung zu Beseitigungs- und Verwertungsverfahren 	<ul style="list-style-type: none"> – tagfrische Proben für chem.-physik. Untersuchungen – Besonderheiten bei der Zuweisung von Stoffgruppen 	<ul style="list-style-type: none"> – Definition von Erfassungssystemen; Definition der Abfallarten; Einschränkung der Eignung der Sichtung auf hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Garten- und Parkabfälle, Marktabfälle 	<ul style="list-style-type: none"> – Besonderheiten bei der Zuweisung von Stoffgruppen 	<ul style="list-style-type: none"> – tagfrische Proben für chem.-physik. Untersuchungen – Empfehlungen für Inhalte von Leistungsverzeichnissen

⁹abweichende Angaben bei anderen Abfallarten

2.2 Ableitung von Untersuchungsbedarf für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998

In der Gegenüberstellung der Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter zeigte sich bereits ein erster Untersuchungsbedarf, welcher im Rahmen der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 näher zu analysieren war. Im folgenden Kapitel werden die Anforderungen herausgearbeitet.

Der abgeleitete Untersuchungsbedarf wird in Kapitel 2.2 **fett** dargestellt.

2.2.1 Anforderungen an den Stichprobenumfang

Wesentliche Unterschiede in den Anforderungen an den Stichprobenumfang waren zwischen dem Thüringer Merkblatt und den anderen Richtlinien feststellbar. Insbesondere die in Bezug auf die Restabfälle gestellte Forderung nach vier jahreszeitlich unabhängigen Kampagnen war vor dem Hintergrund der Entwicklung des Restabfallaufkommens (deutliche Reduzierung infolge der Einführung verursachergerechter Gebührensysteme) und den wirtschaftlichen Aspekten bei der Durchführung von vier jahreszeitlich unabhängigen Kampagnen einer Prüfung zu unterziehen.

Es bestand Untersuchungsbedarf zur Anzahl der Kampagnen und zur Stichprobenanzahl bzw. -größe.

2.2.2 Anforderungen an die Stichprobennahme

Von allen betrachteten Richtlinien/Leitfäden/Merkblättern lässt lediglich das Thüringer Merkblatt das Umleeren der Stichproben in ein Entsorgungsfahrzeug zu. Diese Probennahmemethode wird jedoch im Freistaat Sachsen und anderen Bundesländern ebenfalls häufig praktiziert.

Der Vergleich der Stichprobennahme am Grundstück (Umleerung bzw. Austausch der Behälter) mit der Stichprobennahme mithilfe eines herkömmlichen Sammelfahrzeugs war zu untersuchen.

2.2.3 Anforderungen an die Stoffgruppen

Die unterschiedlichen Anforderungen an die Stoffgruppen sind im Detail in Anlage 1 und Anlage 2 dargestellt. Die Auswertung der Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter zeigt mit Ausnahme des Thüringer Merkblattes weitgehend identische Stoffgruppen in den Differenzierungsebenen. In der ersten Differenzierungsebene sollten keine Veränderungen vorgenommen werden, damit die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen bisheriger Sortieranalysen sowie Sortieranalysen aus anderen Bundesländern gegeben ist. Abweichend davon soll ein angepasster bzw. auch reduzierter Umfang der Stoffgruppen bei speziellen Aufgabenstellungen (z. B. Sortierung von Bioabfällen, Glas, sperrigen Abfälle und Papier, Pappe, Kartonagen) möglich sein.

Die Zuordnung der Hygienepapiere (ca. 1 bis 5 Ma.-% bei Restabfällen) zu den Stoffgruppen PPK, Organik, Stoffe, a. n. g oder als eigenständige Stoffgruppe ist für die Beantwortung der Frage nach dem biogenen Anteil in den Restabfällen und somit der Gestaltung der getrennten Bioabfallverwertung von besonderer Bedeutung.

Die Aufstellung der Stoffgruppen und ihre Zuordnung zu den vorhandenen drei Differenzierungsebenen (Zuordnung der Hygienepapiere, Einzelfalldiskussion zur Fortschreibung [z. B. Porzellan, Keramik]) war zu untersuchen.

Es waren Beispiele für Stoffgruppen für die Sortierung verschiedener Abfallarten bei ausgewählten Fragestellungen zu erarbeiten.

2.2.4 Anforderungen in Abhängigkeit der zu analysierenden Abfallarten

Die Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter stellen unterschiedliche Anforderungen an die Sortierung verschiedener Abfallarten, z. B.:

- Anzahl und Zeitpunkt der Kampagnen der Sortieranalyse,
- Stichprobenumfang,
- Stoffgruppen (z. B. optionaler Siebschnitt bei Altglas und Altpapier) und
- Möglichkeiten und Anforderung an die Sichtung.

Bei der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 war der Fokus auf die Anforderungen bei der Analyse von Restabfällen zu legen und eine kompakte Darstellung der Anforderungen an die Analyse von anderen Abfallarten vorzunehmen.

2.2.5 Anforderungen an die Erfassung und Auswertung von Rahmendaten

An die Erfassung und Auswertung von Rahmendaten werden unterschiedliche Anforderungen gestellt. Bei der Formulierung von Anforderungen an die Erfassung von Rahmendaten und die Auswertung von Sortieranalysen war zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Aufgabenstellungen, wie z. B.:

- Analyse verschiedener Abfallarten,
- unterschiedliche Fragestellungen zur Abfallzusammensetzung,
- Aussagen zu einwohnerspezifischen Abfallmengen,
- Ermittlung und Darstellung sammelbezogener Kenngrößen (z. B. Bereitstellungsgrad),
- Charakterisierung der Korngrößenverteilung oder
- Probennahme und Bestimmung chemisch-physikalischer Eigenschaften

in die Auswertung einfließen. Eine Beurteilung des abfallwirtschaftlichen Ist-Standes und des abfallwirtschaftlichen Angebotes, wie im Thüringer Merkblatt gefordert, ist nicht zwingend mit einer Sortieranalyse zu verknüpfen und sollte Gegenstand weiterführender abfallwirtschaftlicher Konzeptionen (z. B. Abfallwirtschaftskonzept) sein.

Bei der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 waren unter Berücksichtigung der Vielfältigkeit der Aufgabenstellungen allgemeine Anforderungen an die Erfassung und Auswertung von Rahmendaten zu formulieren.

2.2.6 Anforderungen an die Technik

An die Siebtechnik werden in den Richtlinien/Leitfäden/Merkblättern abweichende Anforderungen (insbesondere für die Siebschnitte 10 mm¹⁰ und 40 mm) gestellt. Während zum Teil der Einsatz einer maschinellen Siebeinrichtung (für die Siebschnitte 10 und 40 mm) gefordert wird, lassen andere Richtlinien ausschließlich die maschinelle Siebung zu. Weiterhin wird teilweise die Verwendung von Rundlochsieben (für 10 mm und 40 mm) gefordert.

¹⁰ der abweichende Siebschnitt von 8 mm, wie teilweise bei älteren Sortieranalysen angewandt, ist nicht mehr Bestandteil der Vorgaben der Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter

Es waren vertiefende Betrachtungen zu den Vor- und Nachteilen der maschinellen bzw. händischen Siebung vorzunehmen.

2.2.7 Anforderungen an das Personal

Anforderungen an das Personal werden in den betrachteten Richtlinien/Leitfäden/Merkblättern kurz skizziert. Besonderer Wert wird auf die Erfahrungen des Sortierleiters bzw. geschultes Sortierpersonal gelegt. Weitere Anforderungen an das Personal sind nicht erforderlich.

Es bestand kein vertiefender Untersuchungsbedarf zu den Anforderungen an das Personal.

2.2.8 Anforderungen an den Arbeitsschutz

Die betrachteten Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Nordrhein-Westfalen und Brandenburg unterscheiden sich nur geringfügig (vornehmlich im Wortlaut) bei den Arbeitsschutzanforderungen. Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 enthielt neben den allgemeinen Anforderungen an die Sortierung noch arbeitsschutzbezogene Voraussetzungen zur Sammlung (Signalkleidung: Warnweste). Thüringen beschreibt die Angaben zum Arbeitsschutz nicht in der Sortierrichtlinie. Die Anforderungen sind in einem speziellen Merkblatt [LANDESAMT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN THÜRINGEN 2001] erschienen. Die in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 genannten Anforderungen an den Arbeitsschutz wurden mit Verweis auf die allgemein geltenden gesetzlichen Bestimmungen als ausreichend eingeschätzt.

Die arbeitsschutzbezogenen Inhalte aus der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 mit Ergänzungen und Aufzählung wichtiger Rechtsvorschriften wurden übernommen.

2.2.9 Anforderungen an die Statistik/erforderliche Stichprobenanzahl

Mit Ausnahme des Thüringer Merkblattes wird als Anforderung eine relative maximale Zufallsabweichung von $\pm 10\%$ formuliert. Bei einem Variationskoeffizienten von ca. 30 % ergibt sich aus dieser Anforderung für Restabfälle eine Anzahl von ca. 30 Stichprobeneinheiten je Kampagne bzw. bei vier jahreszeitlich unabhängigen Analysen eine Summe von 80 Stichprobeneinheiten. Neben der konkreten Formulierung von Anforderungen zur Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen wird die Notwendigkeit der Schichtung beschrieben, eine Mindestanforderung jedoch nicht gestellt.

Für andere Abfallarten existierten in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 abweichende Anforderungen an den Stichprobenumfang.

Vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Optimierung durch eine reduzierte Kampagnenanzahl sowie von Veränderungen in Aufkommen und Zusammensetzung von Restabfällen im Freistaat Sachsen war der Stichprobenumfang zu prüfen.

2.2.10 Sonstige Anforderungen

Der Vergleich der Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter zeigte insbesondere zwei weitergehende Anforderungen, welche im Zuge der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 zu diskutieren waren:

Empfehlung für Inhalte von Leistungsverzeichnissen (Nordrhein-Westfälischer Leitfaden)

Bei der Ausschreibung von Sortieranalysen wird zum Teil der Stichprobenumfang nicht abschließend definiert, sondern eine statistische Absicherung der Ergebnisse durch den Auftragnehmer gefordert. Die anbietenden Unternehmen stehen bei dieser Vorgehensweise im Konflikt bei der Festlegung des Stichprobenumfangs. Wird der Stichprobenumfang 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. Mit einer Vor-

gabe für Inhalte von Leistungsbeschreibungen wie im Leitfaden von Nordrhein-Westfalen werden die ausschreibenden Stellen bei der Festlegung der Rahmenbedingungen unterstützt. Neben dem Stichprobenumfang werden alle weiteren für die Ausschreibung relevanten Inhalte aufgeführt und ggf. Entscheidungsoptionen vorgegeben, welche im Vorfeld der Ausschreibung bedacht und dargelegt werden müssen. Erfolgt im Vorhinein keine Festlegung, werden diese Fragen durch die anbietenden Unternehmen im Rahmen der Ausschreibung gestellt, was einen erhöhten Aufwand und somit höhere Kosten nach sich zieht. Unklare Leistungsbeschreibungen können zu nicht vergleichbaren Angeboten führen.

In die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 wird ein Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen integriert.

Zuordnung von Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene zu Beseitigungs- und Verwertungsverfahren (Sächsische Sortierrichtlinie 1998)

Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 nahm eine Zuordnung von Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene zu Beseitigungs- und Verwertungsverfahren vor (siehe Anlage 3). Diese Zuordnung ist aufgrund der folgenden Punkte kritisch zu bewerten:

- Die Zuordnung erfolgt bei den meisten Stoffgruppen zu mehreren Verfahren (keine eindeutige Zuordnung). Die grundsätzliche Eignung steht teilweise im Widerspruch zu praktischen und wirtschaftlichen Aspekten. Beispielsweise können grundsätzlich alle Gläser aus Haushalten recycelt werden, jedoch sind entsprechend der Glasqualität (Fensterglas, Bleiglas, ...) getrennte Erfassungssysteme für die einzelnen Glassorten erforderlich.
- Für die Verwertbarkeit einzelner Stoffgruppen gibt es, insbesondere aufgrund der Existenz geeigneter Abfallentsorgungsanlagen, regionale Unterschiede.
- Bei einer Weiterentwicklung der Techniken zur Abfallbehandlung ist auch zukünftig mit Änderungen in der Zuordnung zu rechnen.
- Eine Zuordnung von Abfallbestandteilen gemäß § 6 KrWG zur Vorbereitung zur Wiederverwendung, z. B. bei sperrigen Abfällen, ist mit einer Sortieranalyse nicht zu leisten, da hier weitere Faktoren, wie die Gebrauchtsmarktsituation im jeweiligen Entsorgungsgebiet, eine Rolle spielen. Eine eingeschränkte visuelle Prüfung der Funktionsfähigkeit ist jedoch möglich.

Die Zuordnung der Stoffgruppen zu Beseitigungs- und Verwertungsverfahren wurde nicht in die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 übernommen.

3 Auswertung von Sortieranalysen sächsischer örE und Ableitung von Untersuchungsbedarf

Zur Beurteilung der Umsetzung der Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wurden zehn Sortieranalysen sächsischer örE ausgewertet. Sechs Analysen wurden in städtischen Regionen und vier Analysen in Landkreisen bzw. Abfallverbandsgebieten durchgeführt. Die ausgewerteten Sortieranalysen wurden zwischen 2003 und 2012 durchgeführt.

In der nachfolgenden Auswertung wurde schwerpunktmäßig die methodische Herangehensweise der Sortieranalysen betrachtet. Die ausgewerteten Sortierberichte sind Ergebnisberichte, deren Zielstellung es nicht war, die Einhaltung der Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 zu dokumentieren. Die Auswertung beschränkte sich deshalb auf die dargestellten Inhalte, welche auf die Anforderungen des jeweiligen Auftraggebers ausgerichtet waren.

Die Einhaltung aller Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 konnte durch die Auswertung der Sortierberichte nicht abschließend geprüft werden, da nicht alle Sortierberichte die nötigen Informationen dafür enthielten. Schwerpunkte der Auswertung waren:

- beprobte Abfallarten,
- Schichtung der Untersuchungsgebiete,
- Auswahl der Stichprobennahmegebiete,
- Durchführung der Stichprobennahme,
- Stichprobenumfang/Anzahl der Stichprobeneinheiten,
- Siebschnitte,
- Siebtechnik,
- Sortierung der Fraktion 10-40 mm,
- Stoffgruppen,
- Untersuchungskampagnen und
- Datenauswertung.

Der abgeleitete Untersuchungsbedarf wird in Kapitel 3 **fett** dargestellt.

3.1 Beprobte Abfallarten

Mit neun von zehn Sortieranalysen wurden ausschließlich Restabfälle untersucht. Eine Sortieranalyse betrachtete neben Restabfällen noch getrennt erfasste Leichtverpackungen und Bioabfälle aus der Biotonne. Die nachfolgenden Vergleiche beziehen sich ausschließlich auf die Untersuchungen von Restabfällen.

3.2 Schichtung der Untersuchungsgebiete

In die Auswahl der Schichtungen flossen verschiedene Ansätze, wie beispielsweise Bevölkerungs-, Bebauungs- oder Behälterstruktur (fünf Analysen) oder Anschluss an die getrennte Bioabfallerfassung (eine Analyse), ein. Letztendlich erfolgten die Schichtungen überwiegend nach Bebauungsstrukturen (siehe Tabelle 2 und Tabelle 3). Die Begrifflichkeiten in den Tabellen wurden weitestgehend aus den vorliegenden Sortierberichten übernommen.

Tabelle 2: Schichtungen in städtischer Gebietsstruktur

Unterteilung in vier Schichtungen	Unterteilung in drei Schichtungen (Bebauungsstrukturen)
Großwohnanlagen*	Großwohnanlagen
geschlossene Mehrfamilienhausbebauung	Mehrfamilienhäuser
offene Mehrfamilienhausbebauung	
Ein- und Zweifamilienhäuser	Ein- und Zweifamilienhäuser

* zum Teil weitere Schichtung nach 2-Rad- und 4-Rad-Behälter

Tabelle 3: Schichtungen in ländlicher Gebietsstruktur

Unterteilung in fünf Schichtungen (Bebauungsstruktur, Behälternutzung)	Unterteilung in drei Schichtungen (Bebauungsstruktur) Fall A	Unterteilung in drei Schichtungen (Bebauungsstruktur) Fall B	Unterteilung in sechs Schichtungen (Bebauungsstruktur, Nutzung getrennte Bioabfallerfassung)
Großwohnanlagen-Plattenbau/Altneubau: 1.100-l-Behälter Containergemeinschaft	städtische Bebauungsstruktur Neubau		Großwohnanlagen (mit bzw. ohne Biotonne)
Großwohnanlagen-Plattenbau/Altneubau: 1.100-l-Behälter, gemeinschaftliche Behälternutzung			
Großwohnanlagen-Plattenbau/Altneubau: 80/120-l-Behälter, mieterbezogene Behälternutzung		Stadt	
Innenstadt/Mehrfamilienhausbebauung: 80/120-l-Behälter, mieterbezogene und gemeinschaftliche Behälternutzung	städtische Bebauungsstruktur Altbau	Stadtrand	Mehrfamilienhäuser (mit bzw. ohne Biotonne)
Land/Ein- und Zweifamilienhäuser: 80/120-l-Behälter, individuelle Behälternutzung	ländliche Bebauungsstruktur	Land	Ein- und Zweifamilienhäuser (mit bzw. ohne Biotonne)

Unabhängig von städtischer oder ländlicher Gebietsstruktur erfolgte bei den Sortieranaysen eine Unterteilung in mindestens drei Schichtungen. Vorrangig wurde als Schichtungskriterium die Bebauungsstruktur gewählt.

Den Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 nach Schichtung der Grundgesamtheit wurde entsprochen. Um die Kriterien der Schichtung zu vereinheitlichen, ist ein Vorschlag zur Bildung von Schichtungen (insbesondere zu den Bebauungsstrukturen) zu erarbeiten.

3.3 Auswahl der Stichprobennahmegebiete

Nach Festlegung der Schichtungen wurden geeignete Stichprobennahmegebiete ausgewählt. Dies erfolgte – soweit aus den Sortierberichten ersichtlich – in Kooperation mit dem Auftraggeber. Sofern möglich, wurden Stichprobennahmegebiete bestimmt, welche bereits in vorhergehenden Sortieranalysen beprobt wurden (zwei Sortieranalysen).

In allen vorliegenden Sortierberichten wurden mehrere Straßenzüge (z. T. mehrere Stadtgebiete oder Ortschaften) für ein Schichtungskriterium ausgewählt und beprobt.

Für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 waren vor allem die Stichprobennahme und die Stichprobengröße zu diskutieren.

3.4 Durchführung der Stichprobennahme

Bei allen Untersuchungen wurde die Stichprobennahme durch einen Mitarbeiter des Auftragnehmers begleitet. Dieser legte die zu beprobenden Behälter fest, dokumentierte die Adressen der Behälterstandorte sowie die Behältergrößen und den Füllgrad (gegebenenfalls auch die Identnummer). Bei einer Sortieranalyse wurden die jeweiligen Behälter vor der Umleerung einzeln verwogen.

Die Vorgaben der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 (Umleeren oder Austausch der Stichprobenbehälter) wurden bei zwei Sortieranalysen angewandt (hier: Nutzung eines Kofferverwagens und Umleerung der Stichproben in 1.100-l-Behälter). Bei allen anderen Sortieranalysen wurden abweichend von der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 alle Stichproben eines Untersuchungsgebietes in einem herkömmlichen Entsorgungsfahrzeug erfasst, zur Sortieranlage transportiert und dort entleert.

Die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden zur Stichprobennahme waren zu diskutieren.

3.5 Stichprobenumfang/Anzahl der Stichprobeneinheiten

Die Angaben zum Stichprobenumfang für die Sortierungen lagen in unterschiedlicher Form vor. Zum einen wurden die sortierten Massen¹¹, zum anderen die Volumina/Stichprobeneinheiten, welche planmäßig sortiert werden sollten, angegeben¹² (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5).

Tabelle 4: Stichprobenmasse der Sortieranalysen

Region	Städtische Struktur	Ländliche Struktur
sortierte Masse je Kampagne	ca. 10 Mg (bei vier BS)	ca. 4,3 Mg (bei drei BS)

¹¹ die Angaben dazu wurden zur städtischen Struktur (ein Untersuchungsgebiet, vier fortlaufende Kampagnen) und zur ländlichen Struktur (ein Untersuchungsgebiet) getroffen

¹² die Angaben wurden zu zwei städtischen und zwei ländlichen Gebieten getroffen

Tabelle 5: Stichprobeneinheiten der Sortieranalysen

Region	Städtische Struktur	Städtische Struktur	Ländliche Struktur	Ländliche Struktur
Anzahl SPE je Kampagne	acht SPE je 1.100-l-Behälter pro BS (bei drei BS)	zwei SPE je 1.100-l-Behälter bei GWA; sechs SPE je 120-l-Behälter und zwei SPE je 240-l-Behälter bei MFH und 1-2-FH	sechs SPE je 1.100-l-Behälter bei Stadt; je 7 m ³ bei Stadtrand und Land	sechs SPE je 1.100-l-Behälter je Schichtung (bei sechs Schichtungen)

Bei drei von vier Sortieranalysen, für die eine Mindestanzahl an Stichprobeneinheiten angegeben wurde, lag die Anzahl bei sechs.

Der Stichprobenumfang war in Verbindung mit der Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen und der Schichtung des zu untersuchenden Entsorgungsgebietes zu prüfen.

3.6 Siebung bei 10 mm und 40 mm

3.6.1 Siebschnitte

In allen vorliegenden Sortieranalysen wurden die Siebschnitte bei 10 mm und 40 mm vorgenommen.

Es bestand kein Änderungsbedarf bei der Festlegung der obligatorischen Siebschnitte bei Restabfall Sortieranalyse.

3.6.2 Siebtechnik

Für neun Sortieranalysen lagen Angaben zur Sortiertechnik vor. Für eine Sortieranalyse wurde maschinelle Siebtechnik in Form eines motorbetriebenen Polygon-Trommelsiebes mit Förderband genutzt. Für die anderen Sortieranalysen wurden Flachsiebe zur manuellen Absiebung eingesetzt.

Die bisherige Präferenz der maschinellen Siebtechnik gegenüber der händischen Siebung mithilfe von Flachsieben war zu prüfen.

3.6.3 Sortierung der Fraktionen > 40 mm, 10-40 mm und < 10 mm

Die Fraktion > 40 mm wurde bei allen Sortieranalysen vollumfänglich händisch in die gewünschten Stoffgruppen sortiert. Im Regelfall wurde bis zur 1. bzw. 2. Differenzierungsebene, bei einzelnen Sortieranalysen bis zur 3. Differenzierungsebene sortiert.

Für die Fraktion 10-40 mm wurde in allen Sortieranalysen die Zusammensetzung untersucht. Bei einer Sortieranalyse wurden Angaben zur Sortiermenge der Fraktion 10-40 mm vorgenommen (Stichprobengröße von 20 l je Stichprobeneinheit). In allen anderen Sortierberichten wurden keine Angaben zur Stichprobengröße für die Sortieranalyse der Fraktion 10-40 mm gemacht.

Die Stoffgruppen für die Fraktion 10-40 mm variierten sehr stark. Zwei Sortieranalysen folgten den Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene. Bei drei Sortieranalysen wurde in alle vereinbarten Stoffgruppen (abgestimmte zweite Differenzierungsebene) sortiert. Bei einer Sortieranalyse erfolgte die Sortierung in fünf Stoffgruppen bzw. bei vier Sortieranalysen in sieben Stoffgruppen (z. B. Metalle, Organik, Inertes, Schadstoffe, sonstiges Heizwertreiches).

Die Fraktion < 10 mm wurde nicht sortiert. Alternativ wurden in fünf Sortieranalysen Schätzungen zur Zusammensetzung, beispielsweise nach Asche, sonstiges Inertes, Organik, Wertstoffe, Heizwertreiches, vorgenommen.

Untersuchungsbedarf bestand bei der Überprüfung der Sortiermethodik für die Fraktion 10-40 mm mit Schwerpunkt auf Sortiermenge und Stoffgruppen. Für die Fraktionen > 40 mm und < 10 mm wurde kein Überarbeitungsbedarf gesehen.

3.7 Stoffgruppen

Die Sortierung der Restabfälle orientierte sich in allen Untersuchungen an den Vorgaben der ersten Differenzierungsebene der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998. In acht Sortieranalysen wurden diese vollumfänglich berücksichtigt. Zwei Sortieranalysen erfüllten diese Anforderungen nicht. Die Unterschiede betrafen die Stoffgruppen Mineralstoffe, Holz sowie die Zusammenfassung der Fe- und NE-Metalle.

Für die Sortierung nach der zweiten Differenzierungsebene wurden sehr unterschiedliche Stoffgruppen festgelegt. In einer Sortieranalyse erfolgte keine Sortierung nach den Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene. Bei den anderen Sortieranalysen umfasste die Unterteilung inklusive der Stoffgruppen der Fraktion 10-40 mm und der Fraktion < 10 mm bis zu 47 Stoffgruppen. Tabelle 6 stellt die Anzahl der Stoffgruppen der in den Sortieranalysen angewandten zweiten Differenzierungsebene gegenüber¹³.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Anzahl der Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene

Anzahl Sortieranalysen	4	2	1	1	1
Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene	24*	42	23	47	26

* von ausgewählten Stoffgruppen erfolgte zusätzlich noch eine Abschätzung des verwertbaren Anteils

In Anlage 4 sind die in den überprüften Sortieranalysen zur Anwendung gekommenen Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene denen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 gegenübergestellt.

Änderungen der Stoffgruppen sollten in der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 auf das notwendige Maß reduziert werden, Beispielstoffgruppen waren für ausgewählte Fragestellungen zu erarbeiten.

3.8 Untersuchungskampagnen

Um jahreszeitliche Schwankungen zu berücksichtigen, wurden in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 vier jahreszeitlich versetzte Kampagnen bei der Sortieranalysen von Restabfällen vorgegeben. Tabelle 7 stellt die Kampagnenzeiträume der vorliegenden Untersuchungen gegenüber.

¹³ Lt. Sächsischer Sortierrichtlinie 1998 beinhaltet die 2. Differenzierungsebene 42 Stoffgruppen.

Tabelle 7: Gegenüberstellung der Kampagnenzeiträume

Sortierbericht	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Frühjahr		X			X	X				X
Sommer	X		X	X	X	X		X	X	
Herbst		X					X			X
Winter	X		X	X	X			X	X	

Zum überwiegenden Teil wurden zwei jahreszeitlich versetzte Sortierkampagnen durchgeführt, meist im Sommer und Winter. Drei bzw. eine Sortierkampagne wurde jeweils einmal in den Sortierberichten dokumentiert. Bei keiner der betrachteten Sortieranalysen handelte es sich um eine sogenannte „Folgeuntersuchung“, für welche eine Reduzierung des Untersuchungsumfangs nach Sächsischer Sortierrichtlinie 1998 möglich gewesen wäre.

Die Anforderungen an die Anzahl der Kampagnen und ihre jahreszeitliche Ausrichtung waren zu prüfen.

3.9 Datenauswertung

Die Auswertung der Analysedaten erfolgte in Hinblick auf die Aufgabenstellung. Dabei variierten Umfang und Detailtiefe. In einem Sortierbericht erfolgte eine kurze statistische Betrachtung der Untersuchungsergebnisse. Hierfür wurde der relative Variationskoeffizient über die Stoffgruppen der ersten Differenzierungsebene für die jeweiligen Schichtungen und Kampagnen gebildet und kurz bewertet.

Es waren die Mindestanforderungen an die Auswertung und Ergebnisdarstellung unter Berücksichtigung der Flexibilität bei unterschiedlichen Aufgabenstellungen zu diskutieren.

3.10 Sonstige Abfallarten

Während für die Sortierung von Restabfällen eine Vielzahl von Analysen in Bezug auf die methodische und praktische Vorgehensweise ausgewertet werden konnten, lagen für andere Abfallarten keine bzw. nur vereinzelte Analysen sächsischer öRE vor.

Die Fortschreibung der Anforderungen für andere Abfallarten erfolgte auf Basis der Erkenntnisse der Restabfall-Sortieranalysen (soweit diese zutrafen) sowie Sortieranalysen anderer Abfallarten.

3.11 Auswertung weiterer Sortieranalysen für konkrete Fragestellungen

Die Auswertung der verschiedenen Richtlinien/Leitfäden/Merkblätter sowie der vorliegenden Sortieranalysen sächsischer öRE zeigte in vielen Punkten Untersuchungsbedarf für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 auf. Um Untersuchungsbedarf ableiten bzw. auf Basis von Erkenntnissen die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 fortschreiben zu können, mussten bezüglich einiger Fragestellungen weitere Sortieranalysen ausgewertet werden. Dies betraf insbesondere die folgenden Sachverhalte:

- Schwankungen in Aufkommen und Zusammensetzung ausgewählter Abfallarten im jahreszeitlichen Verlauf,
- statistische Auswertung verschiedener Stoffgruppen in den Restabfällen im jahreszeitlichen Verlauf,

- Sortierung von sperrigen Abfällen, Bioabfällen und anderen Abfallarten sowie
- Einfluss verschiedener Hochrechnungsmethoden bei der Bestimmung der einwohnerspezifischen Mengen in den Untersuchungsgebieten.

Die Ergebnisse der Analysen und Informationen wurden für die Auswertung anonymisiert dargestellt, da nicht alle öffentlich zugänglich sind bzw. eine anonymisierte Darstellung gewünscht war. Zusammengefasst wurden die in Tabelle 8 dargestellten Daten genutzt.

Tabelle 8: Ausgewertete Sortieranalysen

Sortieranalysen (2001-2014)	Anzahl
Restabfälle	24
Bioabfälle	10
sperrige Abfälle	16
Papier, Pappe, Kartonagen	4
Leichtverpackungen	5
Glas	1

Neben den Sortieranalysen aus dem Freistaat Sachsen wurden Sortieranalysen aus den Bundesländern Bayern, Berlin, Brandenburg, Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen sowie bei den sperrigen Abfällen auch aus Österreich und Luxemburg für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 ausgewertet.

4 Prüfung von Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 unter Beachtung veränderter Rahmenbedingungen, zukünftiger Aufgabenstellungen und möglicher Vereinfachungen

Für die einzelnen Anforderungen wird nachfolgend diskutiert, ob bzw. wie eine Überarbeitung während der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 erforderlich ist. Um beginnend mit der Ausschreibung der Sortierleistung bis hin zur transparenten Ergebnisdarstellung belastbare Basisdaten für abfallwirtschaftliche Konzeptionen und weitere Aufgabenstellungen gewinnen zu können, wurden bei den Festlegungen, ausgehend von den Mindestanforderungen an die Qualität der Sortieranalyse, wirtschaftliche und praktische Aspekte berücksichtigt. Für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wurden auch die aktuellen abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen analysiert und mit den Bedingungen zum Zeitpunkt der Erstellung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 verglichen, so dass die Anforderungen an Sortieranalysen den aktuellen Gegebenheiten angepasst sind.

Die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 erfolgte unter Einbindung von Experten. Die wesentlichen Punkte bei der Überarbeitung der Anforderungen an Sortieranalysen wurden in einem Fachgespräch diskutiert und die Ergebnisse in der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 berücksichtigt.

Da einige in den Kapiteln 2 und 3 aufgezeigten Aspekte zum Untersuchungsbedarf teilweise direkt zusammenhängen, wurde folgende Struktur bei der Untersuchung der einzelnen Punkte gewählt:

■ Allgemeine Anforderungen

- Stoffgruppen,
- Siebung und Sortierung,
- Arbeitsschutz,
- Personal und Technik,
- Leistungsbeschreibung zur Ausschreibung von Sortieranalysen,
- Dokumentation von Sortieranalysen und
- chemisch-physikalische Analysen.

■ Anforderungen an Restabfall-Sortieranalysen

- Anzahl und Zeitpunkt der Sortieranalysen,
- Größe und Anzahl der Stichproben, statistische Anforderungen,
- Stichprobennahme,
- Bestimmung der einwohnerspezifischen Restabfallmengen und Hochrechnung der Ergebnisse auf das Entsorgungsgebiet sowie
- Datenaufnahme und Auswertung.

■ Anforderungen an Sortieranalysen anderer Abfallarten

- sperrige Abfälle,
- behältergestützt erfasste Abfälle (Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonen) und
- sonstige Abfallarten.

4.1 Allgemeine Anforderungen

4.1.1 Stoffgruppen

Bei der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wurde auch die bestehende Zuordnung der Stoffgruppen der ersten, zweiten und dritten Differenzierungsebene hinsichtlich ihrer Eignung für aktuelle und zukünftige Aufgabenstellungen geprüft. Um die Vergleichbarkeit mit bereits durchgeführten Sortieranalysen bzw. Sortieranalysen anderer Entsorgungsgebiete (auch anderer Bundesländer¹⁴) zu ermöglichen, erfolgte die Überarbeitung der Zuordnung der Stoffgruppen mit der Prämisse, dass - wenn möglich - die bisherige Zuordnung beibehalten wird. Neben der Definition der Stoffgruppen sollen für ausgewählte Abfallarten und Aufgabenstellungen Stoffgruppen in der Anlage zur Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 erarbeitet werden (siehe Anlage 5).

Wie bereits in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998, sollen die Festlegungen bzw. Zuordnungen der Stoffgruppen zu den Differenzierungsebenen weiterhin einen einheitlichen Standard gewährleisten. Ungeachtet dessen sind in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung auch andere Zuordnungen bzw. Festlegungen vornehmbar. Die Zuordnung sollte in der ersten Differenzierungsebene bei Restabfällen nicht verändert werden. Bei anderen Abfallarten, wie Bioabfällen und sperrigen Abfällen, und bei besonderen Aufgabenstellungen sind Abweichungen davon zulässig. In Tabelle 9 werden die Änderungen in der Zuordnung der Stoffgruppen der ersten, zweiten und dritten Differenzierungsebene aufgelistet und begründet.

¹⁴ mit Ausnahme des Freistaates Thüringen werden die Sortieranalysen bundesweit meist nach den bestehenden Richtlinien/Leitfäden/Merkblättern (Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt) durchgeführt, deren Zuordnung der Stoffgruppen nahezu identisch mit der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 ist

Tabelle 9: Änderungen bei der Zuordnung von Stoffgruppen der ersten, zweiten und dritten Differenzierungsebene

Stoffgruppe	Erläuterung
1. Differenzierungsebene	
Hygienepapiere	neue Stoffgruppe, bisher in der 3. Differenzierungsebene aufgeführt und in der 2. Differenzierungsebene der Sonstigen Organik zugeordnet, mengenrelevant mit 1-5 kg/(E*a) und je nach Fragestellung und Randbedingungen mehreren Stoffgruppen zuordenbar (Organik, PPK, Stoffe, a. n. g.)
2. Differenzierungsebene	
Glas-Verpackungen (Mehrweg) und Glas-Verpackungen (Einweg)	Zusammenfassung zu Glasverpackungen, da in Form von Scherben (oft kleinteilig) keine eindeutige Zuordnung mehr möglich ist, die 3. Differenzierungsebene für die Glasverpackungen ergibt sich dann wie folgt: Weißglas, Braunglas, Grünglas und Sonstige Glas-Verpackungen
Keramik und Porzellan	Zusammenfassung zu Keramik/Porzellan, da während einer Sortierung eine eindeutige Unterscheidung bei anhaftenden Verunreinigungen nicht möglich ist; zudem sind weiterführende werkstoffliche Kenntnisse zur Abgrenzung erforderlich; aus abfallwirtschaftlicher Sicht hat eine Unterscheidung keine Relevanz
Elektronikschratt	Umbenennung in Elektro- und Elektronik-Altgeräte
Gefüllte Verpackungen bzw. nicht rest-entleerte Verpackungen	neue Stoffgruppe, welche den Stoffen, a. n. g. zugeordnet wird
3. Differenzierungsebene	
Sonstige Alu-Verpackungen	Streichung der gesonderten Stoffgruppe, Zuordnung zu Sonstige NE-Verpackung, da eindeutige Unterscheidung schwierig ist
Blei-Kapseln	Streichung der gesonderten Stoffgruppe, Zuordnung zu Sonstige NE-Verpackung, derzeit keine Relevanz bei Sortierungen
Zeitschriften, Illustrierte	Änderung in Zeitungen und Zeitschriften/Illustrierte, bisher keine getrennte Aufnahme von Zeitungen, eine eindeutige Trennung von Zeitschriften und Illustrierten ist nicht möglich
Folien	Aufteilung in Folien > DIN A4 und Folien < DIN A4, relevant für die Abfallbehandlung
Polystyrol	neue Stoffgruppe, relevant für die Abfallbehandlung
Papier-Verbunde, Kunststoff-Verbunde, Alu-Verbunde	Klarstellung und Neuordnung in Papier-Kunststoff-Verbunde, Kunststoff-Metall-Verbunde, Papier-Metall-Verbunde
Entladungslampen	weiterführende Aufteilung in Gasentladungslampen und Sonstige Leuchtmittel*

* die Glühlampen sind den Sonstigen Verbunden zugeordnet und werden in der dritten Differenzierungsebene gesondert benannt

Die folgenden Abbildungen zeigen Fotos von einigen in Tabelle 9 diskutierten Stoffgruppen.



Abbildung 1: Stoffgruppe Glas mit hohem Scherbenanteil



Abbildung 2: Gefüllte Verpackungen



Abbildung 3: Polystyrol

In die erste Differenzierungsebene wird die Stoffgruppe „Hygienepapiere“ aufgenommen. Unter Beachtung verschiedener Fragestellungen (z. B. getrennte Erfassung von Bioabfällen, Potenziale für Papier, Pappe, Kartonagen) bietet die gesonderte Aufnahme und getrennte Ausweisung dieser Stoffgruppe bereits auf Basis dieser Ebene die Möglichkeit, transparent und flexibel in der Auswertung zu sein.

In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 werden Festlegungen zum Umgang mit Besonderheiten bei der Zuweisung zu Stoffgruppen getroffen (Flüssigkeiten im Sammelgefäß, Beutel mit Fraktion < 10 mm zum Inhalt, usw.). Die bisherigen Festlegungen haben sich weitgehend bewährt und werden fortgeschrieben. Eine Ausnahme bildet die Stoffgruppe „gefüllte bzw. nichtrestentleerte Verpackungen“. Diese wird gemäß Tabelle 9 bei den „Stoffen, a. n. g.“ gesondert in der zweiten Differenzierungsebene ausgewiesen. Der Anteil der „gefüllten bzw. nicht restentleerten Verpackungen“ an der Gesamtrestabfallmasse liegt in einer Größenordnung von durchschnittlich 2 bis 3 %. Je nach Aufgabenstellung kann eine weitere Bestimmung (meist über 75 % Organikanteil) in der dritten Differenzierungsebene durchgeführt werden.

Im Kapitel 4.3.1 wurde die Sortierung der sperrigen Abfälle unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen bei der Sortierung von sperrigen Abfällen geprüft und bewertet.

Eine Zuordnung der Stoffgruppen zu Verwertungs- und Beseitigungsverfahren erfolgte in der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 nicht, da eine Einschätzung pauschal für alle Stoffgruppen nicht getroffen werden konnte oder Mehrfachnennungen erforderlich wären. Eine entsprechende Einschätzung ist auch von der Entwicklung des Standes der Technik beeinflusst.

4.1.2 Siebung und Sortierung

Die Siebung wird bei Sortieranalysen aus folgenden Gründen eingesetzt:

- Standardsiebung bei 10 mm und 40 mm zur Minimierung des Aufwandes bei der Analyse von in Abfällen vorhandenen kleineren Korngrößen sowie
- Modellierung von Korngrößenverteilungen; meist in Verbindung mit Fragestellungen aus der Abfallbehandlung.

Bei Fragestellungen aus der Abfallbehandlung leiten sich die Anforderungen an die Siebung (Art der Siebung, Korngrößen) aus der konkreten Aufgabenstellung und den Bedingungen an der Abfallbehandlungsanlage ab.

Die Sortierung war nach der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wie folgt vorzunehmen:

- Fraktion > 40 mm: vollumfängliche Sortierung,
- Fraktion 10-40 mm: Sortierung von 20 l je Stichprobeneinheit (wird nachfolgend vertiefend analysiert),
- Fraktion < 10 mm: keine Sortierung.

Die Siebschnitte bei 10 mm und 40 mm sind erprobt und auch weiter anzuwenden. Die Fraktion < 10 mm ist lediglich zu verwiegen. Darüber hinausgehende Untersuchungen, Einschätzungen und chemisch-physikalische Analysen sind im Einzelfall vorzunehmen.

Bestimmung der Zusammensetzung der Fraktion 10-40 mm

Die Erzeugung der Stichprobe war laut Sächsischer Sortierrichtlinie 1998 durch Siebung der Restabfälle bei 40 mm vorzunehmen. Von der Fraktion < 40 mm war eine abfallcharakterisierende Stichprobe (mindestens 20 l) zu gewinnen und zur Bestimmung des Anteils der Fraktion < 10 mm beim Siebschnitt 10 mm zu sieben. Die Fraktion 10-40 mm der Stichprobe war zu sortieren. Vorteil der Methode ist der geringere Aufwand bei der Siebung bei 10 mm, nachteilig sind die hohen Anforderungen an die abfallcharakterisierende Stichprobennahme aus der Fraktion < 40 mm.

In der Praxis hat sich die Variante bewährt, dass die Siebschnitte 40 mm und 10 mm für die gesamte Stichprobeneinheit durchgeführt werden. Der Aufwand ist etwas höher (abhängig von der konkreten Stichprobenmenge, hoch bei entsprechend hohen Asche- und anderen Feianteilen). Dafür liegen die Ergebnisse für die Siebung der Gesamtmenge vor. Die Stichprobennahme zur Sortierung der Fraktion 10-40 mm erfolgt aus der bereits gesiebten Fraktion 10-40 mm. Beide Methoden werden als geeignet eingeschätzt.

Mit der Sortierung der Fraktion 10-40 mm wurde bislang unterschiedlich verfahren. Laut der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 war von jeder Stichprobeneinheit (1.100-l-Behälter) eine abfallcharakterisierende Probe von 20 l zu gewinnen und mindestens nach der ersten Differenzierungsebene zu sortieren. Die Auswertung der Sortieranalysen zeigte, dass in der Praxis teilweise auf die Sortierung der Fraktion 10-40 mm komplett verzichtet, die Sortierung in geringerem Umfang durchgeführt oder in Stoffgruppen sortiert wurde, welche von der ersten Differenzierungsebene abwichen. Der Anteil der Fraktion 10-40 mm in den Restabfällen ist mengenrelevant und liegt bei bis zu 20 Ma.-%.

Die LAGA PN 98 als grundlegendes Regelwerk für die Probenahme aus Abfällen gibt als Mindestvolumen für Einzelproben mit einer Korngröße von 20-50 mm 2 l vor. Dieser Wert wird als fachliche Grundlage für eine Diskussion des Mindestvolumens für die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 herangezogen. Die LAGA PN 98 zielt an dieser Stelle vor allem auf die Probenahme bereits (vor-)behandelter, häufig teilentfrachteter und damit meist homogenisierter Abfälle mit verringertem Stoffspektrum ab, wie sie in Abfallentsorgungsanlagen anfallen und die eines geringeren Probenvolumens bedürfen.

Der Aufwand der Sortierung der Fraktion 10-40 mm ist groß. Mit vier Sortierkräften beträgt der Zeitbedarf für die Sortierung von 20 l ca. 50 Minuten¹⁵. Ausgehend von mindestens 20 Stichprobeneinheiten pro Kampagne stellt die Sortierung der Fraktion 10-40 mm einen erheblichen Kostenfaktor dar. Bei der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 stehen neben der bisherigen Sortierung der 20 l je Stichprobeneinheit die in Tabelle 10 mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen dargestellten Optionen zur Verfügung.

Tabelle 10: Vergleich von Optionen zur Sortierung der Fraktion 10-40 mm

	Option 1 keine Sortierung	Option 2 Sortierung von 20 l je Schichtung	Option 3 Sortierung von z. B. 5 l je SPE 1.100-l-Behälter	Option 4 Sortierung von weniger Stoffgruppen
Beschreibung der Option	– Ausweisung der Fraktion 10-40 mm als Stoffgruppe	– je Schichtung (z. B. von sechs SPE 1.100-l-Behälter) Erzeugung einer Sammelprobe und Sortierung von ca. 20 l	– Methodik wie bisher mit geringerem Sortiervolumen	– Sortiervolumen wie bisher bei geringerer Stoffgruppenanzahl (z. B. Zusammenfassung zu „Heizwertreiches“)
Vorteile	– geringste Kosten	– kostengünstiger als bei Umsetzung bisheriger Vorgaben (20 l anstelle z. B. 120 l) – überschlüssiger Informationsgewinn zur Zusammensetzung je Schichtung	– kostengünstiger als bei Umsetzung bisheriger Vorgaben (30 l anstelle z. B. 120 l) – Informationsgewinn zur Zusammensetzung je Untersuchungsgebiet und SPE	
Nachteile	– keine Information zu ca. 20 % der Restabfälle	– Schwankungen innerhalb der Schichtungen können nicht bestimmt werden	– höhere Anforderungen an die Probennahme durch weitere Verjüngung der Sortierprobe auf 5 l	– der Aufwand der Sortierung in fünf/sechs Stoffgruppen ist nur unwesentlich geringer als die Sortierung nach 1. Differenzierungsebene – für einen Teil der Stoffgruppen gehen die Informationen zur Zusammensetzung verloren – ausgewählte Stoffgruppen (z. B. Batterien) sind in der Fraktion 10-40 mm überproportional vertreten ¹⁶

Aufgrund der in Tabelle 10 dargestellten Vor- und Nachteile werden die Optionen 1 (keine Sortierung) und 4 (Reduzierung der Stoffgruppen) als nicht geeignet befunden und deshalb nicht weiter diskutiert. Die Reduktion der Sortierprobengröße ist dagegen ein zu diskutierender Ansatz.

Zur Diskussion des Mindestprobenvolumens wurden in einer Stichprobe (1.100-l-Behälter) Sortierungen der Fraktion 10-40 mm durchgeführt. Dabei sollte die Auswirkung der Reduzierung des Probenvolumens (auf 5 l, 2 l oder 1 l) auf das Ergebnis der Sortieranalyse bestimmt werden.

¹⁵ experimentell bestimmt

¹⁶ bei einer weiteren Zusammenfassung von Stoffgruppen gehen solche Informationen verloren

Es wurden die Stoffgruppen Papier, Pappe, Kartonagen, Kunststoffe bzw. die Organik betrachtet. Um die Gesamtmengen in der Stichprobe darstellen zu können, wurde für diese Stoffgruppen das Ergebnis der Teilerhebung in der Fraktion 10-40 mm auf die Stichprobeneinheit hochgerechnet und mit dem Anteil der Fraktion > 40 mm addiert (siehe Tabelle 12). Tabelle 11 zeigt die Werte, die für die Berechnung der spezifischen Gesamtmasse herangezogen wurden.

Tabelle 11: Ergebnisse aus der Sortierung der Fraktion 10-40 mm bei unterschiedlichem Sortiervolumen

	> 40 mm	Fraktion 10-40 mm				
Gesamtmasse [kg]		18,51				
	Masse [kg]	Anteil an der Probe 20 l [%]	Anteil an der Probe 5 l [%]	Anteil an der Probe 2 l a) [%]	Anteil an der Probe 2 l b) [%]	Anteil an der Probe 1 l [%]
Papier, Pappe, Kartonagen	9,02	6,0	8,3	1,3	1,3	0,7
Kunststoffe	14,17	1,9	1,6	3,7	1,8	1,4
Organik	61,09	76,1	75,9	76,9	76,4	77,0

Tabelle 12 stellt die Ergebnisse der Hochrechnung auf die Korngröße > 10 mm gegenüber. Bei der mengenrelevanten Stoffgruppe Organik fällt auf, dass sich die Ergebnisse der Gesamtmasse in der betrachteten Stichprobe kaum unterscheiden (maximal 1 % Abweichung).

Tabelle 12: Berechnung der Gesamtmassen der betrachteten Stichprobe > 10 mm auf Basis unterschiedlich großer Sortiervolumen für die Teilerhebung der Fraktion 10-40 mm

Stoffgruppe	Gesamtmasse (Basis 20 l) [kg]	Gesamtmasse (Basis 5 l) [kg]	Gesamtmasse (Basis 2 l a)) [kg]	Gesamtmasse (Basis 2 l b)) [kg]	Gesamtmasse (Basis 1 l) [kg]
Papier, Pappe, Kartonagen	10,12	10,56	9,26	9,26	9,15
Kunststoffe	14,52	14,46	14,85	14,51	14,44
Organik	76,14	75,89	76,89	76,35	76,98

Bei den anderen Stoffgruppen wurde bei 5 l eine maximale Differenz von 5 % berechnet, bei 2 l und 1 l betragen die Abweichungen in den Stoffgruppen bis zu 10 %. Die geringe Probenanzahl lässt keine statistisch gesicherten Aussagen zu. Es lassen sich jedoch Tendenzen erkennen.

Die durch die Fraktion 10-40 mm bedingten Schwankungsbreiten der Gesamtmasse >10 mm lassen sich aus drei Parametern ableiten:

Parameter 1 ist der Anteil der Stoffgruppe an der Fraktion 10-40 mm. Einen geringen Anteil weisen z. B. die Kunststoffe auf. Der Mittelwert lag bei 2,1 % (siehe Daten in Tabelle 11).

Parameter 2 ist der Anteil der Fraktion 10-40 mm an der Stichprobenmenge. Er beträgt im Beispiel der Daten in Tabelle 11 12,6 %.

Parameter 3 ist die stoffgruppenspezifische Korngrößenverteilung. Vergleichsweise geringe Schwankungsbreiten liegen für Stoffgruppen mit einem hohen Anteil an der Fraktion 10-40 mm vor, die gleichzeitig über möglichst viele Einzelstücke mit gering differierenden Korngrößen verfügen. Dies trifft für die Organik mit einer

Schwankungsbreite von 1,4 % zu. Sehr hohe Schwankungsbreiten sind für selten vorkommende Stoffgruppen mit einem hohen Einzelkorngewicht, wie die NE-Metalle, zu erwarten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass ein Probenvolumen von 5 l je Stichprobeneinheit für Basisanalysen¹⁷ und für die meisten Fragestellungen, z. B. den Anteil der Organik in den Restabfällen, geeignet ist. Wird jedoch besonderer Wert auf die Zusammensetzung der Fraktion 10-40 mm gelegt, z. B. bei der Ermittlung der Anteils von Wertstoffen, wie NE-Metalle oder Kunststoffe, ist die Sortierung eines höheren Probenvolumen vorzunehmen.

Art der Siebung (maschinell oder händisch)

Bei maschinellen Trommelsieben werden meist Siebe mit Rundloch verwendet. Bei den Flachsieben kommen aus praktischen Erwägungen ab einer bestimmten Größe (z. B. 60 mm) auch Quadratlochungen zum Einsatz. Den Vergleich der theoretischen Lochflächen von Rund- und Quadratlochungen zeigt Tabelle 13.

Tabelle 13: Vergleich der theoretischen Lochflächen von Rund- und Quadratlochungen

Siebschnitt	Rundlochung [cm ²]	Quadratlochung [cm ²]
10 mm	0,8	1,0
40 mm	12,6	16,0
60 mm	28,3	36,0
80 mm	50,2	64,0

Neben den in Tabelle 13 dargestellten theoretischen Unterschieden ist bei einer Bewertung von Bedeutung, dass dreidimensionales Siebgut über ein zweidimensionales Sieb getrennt wird. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass sogenannte „Fische“ das Sieb passieren, obwohl diese in der dritten Dimension deutlich größer (länger) sind als der Siebschnitt. Als Beispiel seien Feuerzeuge, Batterien und Holzstiele (z. B. von Stieleis) beim Siebschnitt 40 mm genannt. Der Anteil der sogenannten „Fische“ im Siebgut und der Siebdurchgang dieser Anteile bestimmen signifikant die Güte der Siebung und sind dabei nur zum Teil vom Einsatz einer Rund- bzw. Quadratlochung abhängig. Anhaftungen/Verflechtungen/Verfilzungen sind an Rundlochsieben geringer als an Quadratlochsieben. Bei der Siebung bis 40 mm sind deshalb Siebe mit Rundlochungen aus Gründen der Vergleichbarkeit der Ergebnisse einzusetzen. Bei größeren Siebschnitten können aus Praktikabilitätsgründen auch Siebe mit Quadratlochungen zum Einsatz gelangen. Die Art der Lochung des Siebes ist zu dokumentieren.

Als wesentlicher Faktor für die Qualität der Siebung wird die Erfahrung der Sortierleiter eingeschätzt. Der Sortierleiter bestimmt die Dauer der Siebung bei Flachsieben bzw. die Beaufschlagung von Siebtrommeln (Beladung Förderband, Förderbandgeschwindigkeit, Siebtrommelgeschwindigkeit). Diese Parameter sind vom jeweiligen Siebgut (Restabfälle, Bioabfälle sowie Papier, Pappe, Kartonagen), dessen Korngröße (z. B. Sammlung von Abfällen über Drehtrommelfahrzeuge) und der Siebgutfeuchtigkeit abhängig.

Tabelle 14 zeigt eine Bewertung des Einsatzes von Flachsieben und maschinellen Siebaggagaten (Siebtrommel) bei Sortieranalysen.

¹⁷ bei 48 Stichprobeneinheiten und 5 l ergibt sich ein Gesamtvolumen von 240 l

Tabelle 14: Vergleich des Einsatzes von Flachsieben und maschineller Siebtrommel bei Sortieranalysen

Parameter	Flachsiebe	maschinelle Siebtrommel
Siebdauer	lang	kurz
körperliche Belastung	hoch	geringer
Kosten	preiswert	kostenintensiv in Anschaffung sowie Handling (Transport, Stellfläche)
Siebgüte	gut (bei guter Praxis)	gut (bei guter Praxis)
Flexibilität	geringer Platzbedarf, mehrere Siebe unterschiedlicher Lochung verfügbar	größerer Platzbedarf
Sonstiges	Aufreißen der Säcke bei Sortierung	Aufreißen der Säcke bei Aufgabe vor der Sortierung

Zur Qualität des Siebgütegrades bei Siebtrommeln gelten für die für Sortieranalysen eingesetzten Aggregate die gleichen Feststellungen wie für die im „größtechnischen Maßstab“ eingesetzten Aggregate. Beispielsweise beschreiben [BILITEWSKI, HÄRDTLE 2013] zum Einsatz von Siebtrommeln in der Abfallwirtschaft folgende Sachverhalte:

„Das Trommelsieb ist ein bewährtes Klassieraggregat [...]. Der Durchsatz und die Trennleistung einer Siebtrommel sind durch die Lochweite, den Durchmesser, die Drehzahl, die Einbauten und den Neigungswinkel der Trommel gekennzeichnet. Da die effektive Siebfläche einer Siebtrommel relativ klein ist, wird durch geeignete Mitnehmer und Wandkonstruktionen (Polygonsieb) versucht, das Siebgut weit an der drehenden Trommelwand mit nach oben zu nehmen, um damit eine effektivere Siebung zu erhalten. [...] Für die Planung und technische Auslegung von Siebtrommeln wurde eine Reihe von praktischen Faustformeln entwickelt. Um einen Siebgütegrad von 90 % zu erzielen, müssen sowohl die Verweilzeit des Materials in der Trommel als auch die Siebfläche auf das Material abgestimmt werden. Die Trommelbeladung sollte 0,1 Mg/m² nicht überschreiten.“

BÜLL [2006] führt u. a. aus, dass es durch den Einsatz von Trommelsieben zu deutlichen Homogenisierungseffekten zwischen den einzelnen Stoffgruppen kommt. Insbesondere Küchenabfälle neigen dazu, an anderen Stoffgruppen haften zu bleiben. Die Homogenisierung kann auf der einen Seite dazu führen, dass Küchenabfälle bei anschließender Sortierung nicht vollständig identifiziert und massespezifisch unterschätzt werden. Auf der anderen Seite werden saugfähige und/oder großflächige Abfallbestandteile, wie Kunststofffolien oder Papier, an denen Küchenabfälle überwiegend anhaften, bei der Sortierung massespezifisch überschätzt. Abschließend kommt der Autor zu dem Schluss, dass die Sortierung an einem Siebtisch die schonendere und genauere Methode ist, wenn die tatsächliche Abfallzusammensetzung im Hinblick auf Wertstoffpotenziale zu ermitteln ist.

Eine pauschale Forderung einer Trommel- oder Flachsiebung bei Sortieranalysen wird der Sachlage nicht gerecht. Bei guter Praxis können mit beiden Verfahren gute Ergebnisse erzielt werden, bei schlechter Praxis mit beiden Verfahren aber auch schlechte Ergebnisse. Eine Dokumentation der eingesetzten Technik (maschinelle Siebung mit Siebtrommel oder händisch mit Flachsieben; Art der Lochung) sollte jedoch Gegenstand des Sortierberichtes sein.

4.1.3 Arbeitsschutz

Gemäß den geltenden Arbeitsschutzbestimmungen ist der Durchführende verpflichtet, bei Abfallanalysen Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiter vorzunehmen.

Laut § 7 BioStoffV müssen vor Arbeitsbeginn Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt und entsprechende Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiter abgeleitet werden. Anhand von Unterweisungen sind vor dem Arbeitsbeginn die möglichen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen zu kommunizieren.

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

- Eine geeignete Arbeitsschutzausrüstung für die mit der Sortierung befassten Mitarbeiter ist sicherzustellen. Sie umfasst den ganzen Körper bedeckende Arbeitsschutzbekleidung sowie, je nach Anforderung durch die anfallenden Arbeiten, 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 ist zu empfehlen. Für den Fall von Betriebsunfällen während der Sortierung müssen unverzügliche Erste-Hilfe-Maßnahmen sowie gegebenenfalls eine ärztliche Betreuung gewährleistet sein.
- Das Essen, Trinken und Rauchen ist im gesamten Arbeitsbereich zu untersagen.
- Der tägliche Abtransport der sortierten Abfälle ist anzustreben. Der Hallenboden ist mindestens einmal täglich mechanisch zu reinigen.
- Bei der Stichprobennahme bzw. Sortierung vor Ort (im Verkehrsraum) ist Signalkleidung (Warnweste) zu tragen.

Folgende Rechtsvorschriften und Informationsschriften sind bei Sortieranalysen zu beachten:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),
- Biostoffverordnung (BioStoffV),
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV),
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV),
- TRBA 214 (Abfallbehandlungsanlagen, 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) sowie
- Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen (2008): Handlungshilfe zur Umsetzung der Biostoffverordnung – Gefährdungsbeurteilung für Unternehmen der Abfallwirtschaft.

4.1.4 Personal und Technik

Bei den bisherigen Anforderungen an Personal und Technik¹⁸ wird bei der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 kein Überarbeitungsbedarf gesehen. Die bisherigen Anforderungen werden inhaltlich übernommen.

4.1.5 Leistungsbeschreibung zur Ausschreibung von Sortieranalysen

Unklare bzw. offene Leistungsbeschreibungen führen zu Angeboten mit unterschiedlichem Leistungsumfang, wenn die statistische Absicherung der Daten dem Auftragnehmer überlassen wird. Angebote mit unterschiedlichen Leistungsinhalten sind durch die Vergabestellen nur bedingt miteinander vergleichbar. Da der Angebotspreis das maßgebliche Zuschlagskriterium ist, setzen sich Angebote mit dem geringsten Leistungsumfang durch. Um Mindestanforderungen zu gewährleisten, sind durch die Vergabestellen die wesentlichen Rahmenbedingungen der Sortieranalysen, wie z. B.

- Schichtung (Bebauungsstruktur, jahreszeitliche Sortieranalysen),
- Stichprobenanzahl,
- Stoffgruppen und
- Leistungen des AG (Bereitstellung von statistischen Daten, Sortierhalle oder auch Fahrzeugen zur Stichprobennahme)

festzulegen.

Um die Vergabestellen bei der Formulierung der Anforderungen zu unterstützen, wird die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 mit einem Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen ergänzt (siehe Anlage 7).

4.1.6 Dokumentation von Sortieranalysen

Die Auswertung von ausgewählten Sortieranalysen für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 sowie die Erfahrungen bei der Datenrecherche für andere abfallwirtschaftliche Fragestellungen ergab, dass Analyseergebnisse nur dann Aussagekraft haben, wenn die wesentlichen Rahmenbedingungen für die Sortieranalysen bekannt sind. Gehen diese Informationen verloren, ist die Vergleichbarkeit mit anderen Sortieranalysen nicht möglich. Deshalb wurde ein Formular erarbeitet, welches die Dokumentation der wesentlichen Rahmenbedingungen mit geringem Aufwand ermöglicht. Dieses Formular wurde der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 als Anlage 8 beigefügt.

4.1.7 Chemisch-physikalische Analysen

Chemisch-physikalische Laboruntersuchungen können erforderlich sein, um spezifische Parameter, wie zum Beispiel Glühverlust, pH-Wert, Schwermetallgehalt etc., zu bestimmen. Konkrete Anforderungen an die Analytik finden sich in der LAGA PN 98. Für spezielle Aufgabenstellungen sind Anforderungen z. B. in Anhang 4 der AltholzV, Anhang 4 der DepV und Anhang 4 der AbfAbIV enthalten. Folgende Regelungen und DIN-Vorschriften sind außerdem zu berücksichtigen:

- DIN EN 14778:2011-09 (Feste Biobrennstoffe – Probenahme),
- DIN EN 14899 (Charakterisierung von Abfällen – Probenahme von Abfällen – Rahmen für die Erstellung und Anwendung eines Probennahmeplans),

¹⁸ die Thematik Siebtechnik ist gesondert im Kapitel 4.1.2 behandelt

- DIN EN 15442:2011-05 (Feste Sekundärbrennstoffe – Verfahren zur Probenahme),
- DIN EN 16179:2012-11 (Schlämme, behandelte Bioabfälle und Böden – Anleitung zur Probenvorbereitung) und
- RAL-RG 504:2007-07 (Probenahme, Probenaufbereitung und Analyse von MBA-Austragsmaterial gemäß AbfAbIV – Güte- und Prüfbestimmungen).

Die Anforderungen der Analytik beziehen sich vorrangig auf

- Probengewinnung,
- Probenvolumen,
- Probenbeschaffenheit,
- Probenlagerung und -transport sowie
- Probenaufbereitung/-verjüngung.

Probennahme und Laboruntersuchung sollten nur von sach- und fachkundigem Personal durchgeführt werden (z. B. Erwerb der Sachkunde zur Probennahme nach LAGA PN 98). Die Analyse der Proben sollte in einem akkreditierten Labor (z. B. nach DIN EN ISO/ICE 17025) durchgeführt werden.

Eine sorgfältige Planung, Durchführung und Dokumentation (Probennahmeprotokoll) ist von großer Wichtigkeit. Zur Sicherung gleichbleibender Qualitätsansprüche sind im Vorfeld Festlegungen zu folgenden Punkten zu treffen:

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

Die Anzahl der Laborproben richtet sich u. a. nach dem Volumen der Grundmenge, ungeachtet des Probennahmeverfahrens (z. B. Probennahme aus Haufwerk oder aus bewegten Abfallströmen). Die LAGA PN 98 empfiehlt beispielsweise, bei einem Volumen bis 30 m³ zwei Laborproben zu nehmen (siehe LAGA PN 98, Tabelle 2). Darüber hinaus bestimmen die Genauigkeitsanforderungen an die zu bestimmenden Parameter den Probenumfang.

Für die Probennahmestrategie existieren im Grunde folgende Varianten:

Probennahmestrategie Variante a

Die einzelnen Stoffgruppen werden nach stofflicher Ähnlichkeit zu Analysenstoffgruppen zusammengefasst. Dabei können bestimmte Stoffe, für die kein geeignetes Aufschlussverfahren vorhanden (z. B. Metalle) oder bei denen keine repräsentative Beprobung möglich ist (z. B. Problemstoffe, Styropor), bei der chemisch-physikalischen Analytik vernachlässigt werden. Ebenfalls können Stoffe außer Acht gelassen werden, welche für die Aufgabenstellung nicht relevant sind (beispielsweise Metalle bei der Bestimmung organischer Bestandteile). Aus den zu analysierenden Stoffgruppen und den Fraktionen < 10 mm und 10-40 mm wird anschließend jeweils eine Probe mit einem bestimmten Volumen je Stichprobeneinheit entnommen, jeweils durchmischt und auf eine Teilprobe verjüngt. Von jeder dieser Analysenstoffgruppen werden entsprechende Analy-

separameter bestimmt. Diese Variante hat den Vorteil, dass die Ergebnisse qualitativ sehr hochwertig sind, allerdings ist dies mit höheren Laborkosten verbunden [WEIGAND 2006].

Probennahmestrategie Variante b

Wie in Variante a werden über die einzelnen Stichproben hinweg Proben aus den einzelnen Fraktionen gewonnen, jeweils durchmischt und anschließend eingefroren. Infolge der Ergebnisse der Berechnung zur Zusammensetzung der Abfälle wird daraus je nach Masseanteil eine Mischprobe vereinheitlicht und auf eine oder mehrere Teilproben für das Labor verjüngt. Bei dieser Variante ist der technische Aufwand als hoch zu bewerten, die Laborkosten können aber begrenzt werden.

ZWIESELE [2005] verweist darauf, dass sich für die Untersuchung der chemisch-physikalisch-biologischen Merkmale die Sortierung einer Abfallprobe nach Stoffgruppen, die Zerkleinerung der einzelnen Stoffgruppen (hier auf eine Teilchengröße < 2 mm) und die Herstellung einer Mischprobe aus den zerkleinerten Stoffgruppen gemäß der Stoffgruppenzusammensetzungen der Ausgangsprobe bewährt hat.

Probennahmestrategie Variante c

Es werden punktuell Sammelproben aus mehreren Stichprobeneinheiten genommen und zu einer Mischprobe zusammengeführt. Diese Variante hat den Vorteil, dass sie kostengünstiger ist. Nachteile sind, dass Qualität und Aussagefähigkeit geringer ausfallen.

Variante d

Nach WINTERSTEIN [2012] sollte in Anlehnung an die im Anhang E der LAGA PN 98 beschriebenen statistischen Möglichkeiten für die Einhaltung der Repräsentativität der Probennahme eine integrale Beprobungsstrategie verfolgt werden. Dabei werden aus einem Haufwerk n Einzelproben entnommen und zu einer Gesamtmischprobe vereint, welche im Anschluss homogenisiert und in m Teilproben zerlegt wird. Diese Teilproben werden jeweils analytisch untersucht.

Das Volumen dieser Proben richtet sich nach der Korngröße bzw. der Stückigkeit und ist je nach Aufgabenstellung im Einzelfall spezifisch festzulegen. Dafür enthält die LAGA PN 98 einige Orientierungswerte, deren Weiterentwicklung sich derzeit in Diskussion befindet [DGWA 2012]. Weiterhin gilt: Je größer die Korngröße, desto größer muss das Volumen ausfallen. Beispielsweise wird im Bereich 20-50 mm ein Mindestvolumen von 4 l benannt (siehe LAGA PN 98). Einzelstücke größer als 120 mm sind als Einzelprobe aufzufassen.

In der Regel wird eine Verkleinerung des Korngrößenspektrums, beispielsweise mithilfe eines Zweiwellenzerkleinerers, vorgenommen. Dabei darf die Qualität der Probe an sich nicht verändert werden. Es dürfen keine Verunreinigungen auftreten.

Folgende Methoden zur Probenverjüngung existieren:

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

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Probengefäße gereinigt sowie licht- und luftundurchlässig sind, um chemische Reaktionen (auch mit dem Behältermaterial) zu vermeiden. Die Probennahmegefäße sind entsprechend zu kennzeichnen. Unter Einwirkung von Luftsauerstoff, Licht, Wärme, Feuchtigkeit, durch Rütteln wä-

rend des Transportes und durch längere Lagerung können irreversible Veränderungen der Probensubstanz eintreten, so dass die Untersuchungsergebnisse verfälscht werden. Die Proben sollen daher unverzüglich zur Untersuchungsstelle transportiert werden. Die Zeitspanne zwischen Probennahme und Analyse ist so kurz wie möglich zu halten. In der LAGA PN 98 wird dazu explizit auf die Verwendung von tagfrischen Proben verwiesen. Je nach Aufgabenstellung müssen die Proben gekühlt gelagert bzw. eingefroren werden. Die weitere Behandlung der Proben hat in enger Absprache mit dem beauftragten Prüflabor zu erfolgen.

Die aus der chemisch-physikalischen Analyse gewonnenen Daten können für eine belastbare Aussage über die Eigenschaften und Stoffkonzentrationen der Abfälle statistisch aufbereitet werden. In Sortieranalysen des Bayerischen Landesamts für Umwelt findet z. B. die über die sogenannte Monte-Carlo-Simulation erzielten Häufigkeitsverteilungen Anwendung (siehe hierzu: [WEIGAND 2006]). Es ist alternativ möglich, das arithmetische Mittel der Messergebnisse bzw. der entsprechenden Massenanteile zu berechnen.

4.2 Anforderungen an Restabfall-Sortieranalysen

4.2.1 Anzahl und Zeitpunkt der Analysen

Sortieranalysen stellen hinsichtlich Aufkommen und Zusammensetzung der zu betrachtenden Abfallarten eine Momentaufnahme dar.

Außer im Thüringer Merkblatt wird in den Richtlinien/Leitfäden/Merkblättern davon ausgegangen, dass Sortieranalysen zu vier unterschiedlichen Jahreszeiten zur Bestimmung von repräsentativen, durchschnittlichen Jahresergebnissen erforderlich sind. Diese Vorgabe ist in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 dahingehend „geöffnet“, dass bei Realisierung von weniger als vier Sortierkampagnen der Nachweis der hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse zu erbringen ist. Für den Nachweis der hinreichenden Genauigkeit besteht in der Regel kein Kenntnisstand aufgrund fehlender Vergleichsanalysen. Für Folgeuntersuchungen, mit denen Veränderungen aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen festgestellt werden sollen, sind Entscheidungen zu Anzahl und Zeitpunkt der Sortieranalysen im Einzelfall zu treffen.

Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 wurde 1997/1998 erarbeitet. Zu diesem Zeitpunkt lag die einwohnerspezifische Restabfallmenge um ca. 75 kg/(E•a) höher als heute. Die Auswertung der sächsischen Siedlungsabfallbilanzen (Abbildung 4) zeigt diese Entwicklung [SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE 1998-2014].

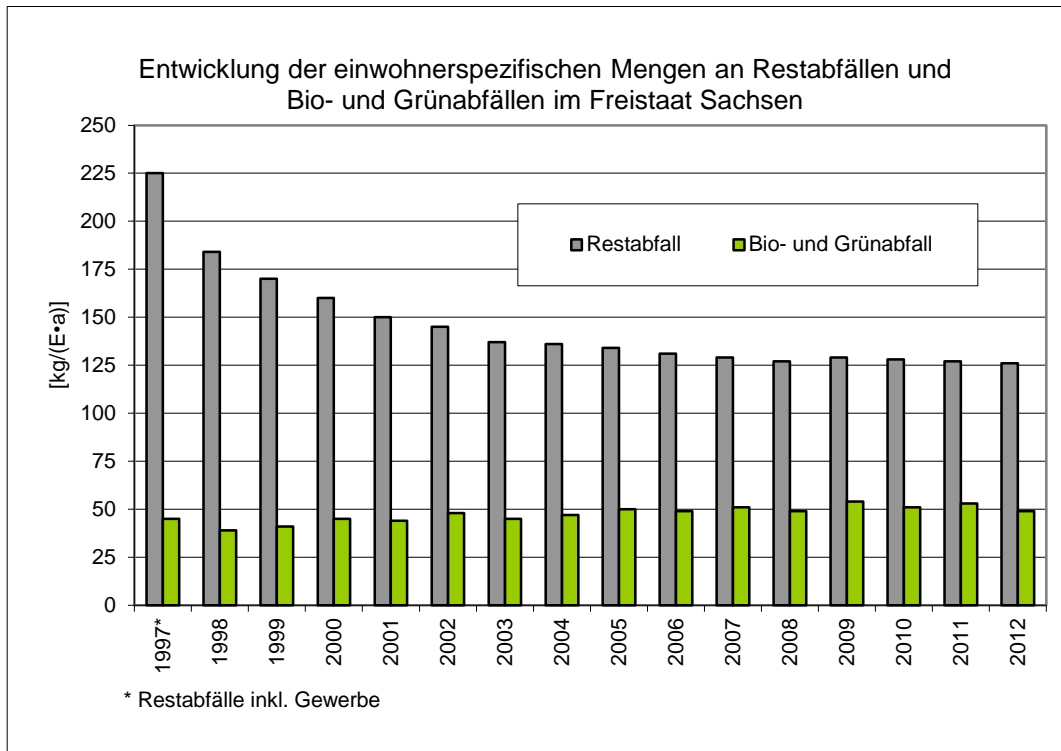


Abbildung 4: Entwicklung der einwohnerspezifischen Mengen an Restabfällen und Bio- und Grünabfällen von 1997 bis 2012

Als Hauptgrund für den Rückgang der Restabfallmenge von ca. 200 kg/(E•a) auf ca. 125 kg/(E•a) lässt sich die flächendeckende Einführung verursachergerechter Gebührensysteme nennen. Die kommunal erfassten Bio- und Grünabfälle sind gering gestiegen.

Mit der Einführung verursachergerechter Gebührensysteme war eine Optimierung der Behältergestaltung verbunden, so dass Restabfallbehälter in der Regel mit einem hohen Füllgrad¹⁹ bereitgestellt werden. Dadurch sind eine gleichmäßigere Schüttdichte und geringere Schwankungen der Abfallmasse im Restabfallbehälter zu verzeichnen.

Abbildung 5 zeigt die jahreszeitlichen Schwankungen des Restabfallaufkommens im Freistaat Sachsen. Die Daten resultieren aus einer aktuellen Abfrage zu monatlichen Restabfallmengen bei ausgewählten öRE. Die Darstellung 2010-2013 erfolgt auf Basis der Entsorgungsgebiete vor der Kreisneugliederung 2008²⁰, um die Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Entsorgungsgebieten herauszustellen. Zum Vergleich der Jahressganglinien unterschiedlicher Entsorgungsgebiete wurden die monatlichen Restabfallmengen auf den jeweiligen Jahresdurchschnitt normiert.

¹⁹ Ausnahme beim Einsatz von Ident-Wäge-Systemen

²⁰ zur besseren Darstellung von städtischer und ländlicher Struktur

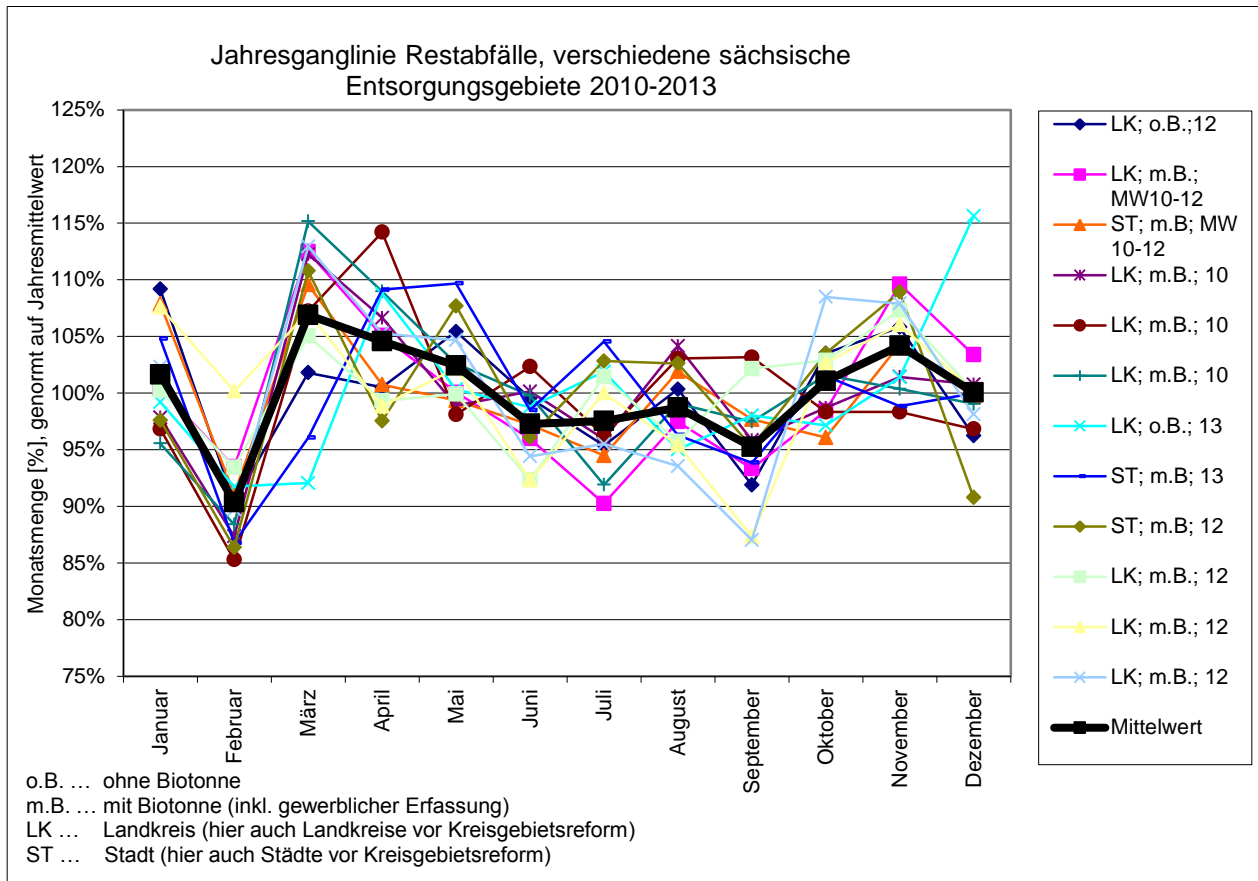


Abbildung 5: Jahresganglinie der Restabfälle ausgewählter sächsischer Entsorgungsgebiete im Zeitraum 2010 bis 2013

Im Durchschnitt ist das höchste Restabfallaufkommen im Frühjahr (Monat März: + 7 %) zu verzeichnen. Die beiden Märzwerte für das Jahr 2013 (LK; o. B.; 13 und ST; m. B.; 13) liegen als einzige Märzwerte unter dem Jahresdurchschnitt. Grund war eine vergleichsweise lange winterliche Witterung.

Im Sommer ist ein geringeres Restabfallaufkommen festzustellen. Der Vergleich der Jahresganglinien mehrerer Jahre am Beispiel einer sächsischen Stadt unterstreicht das (siehe Abbildung 6) über mehrere Entsorgungsgebiete ermittelte Ergebnis aus Abbildung 5.

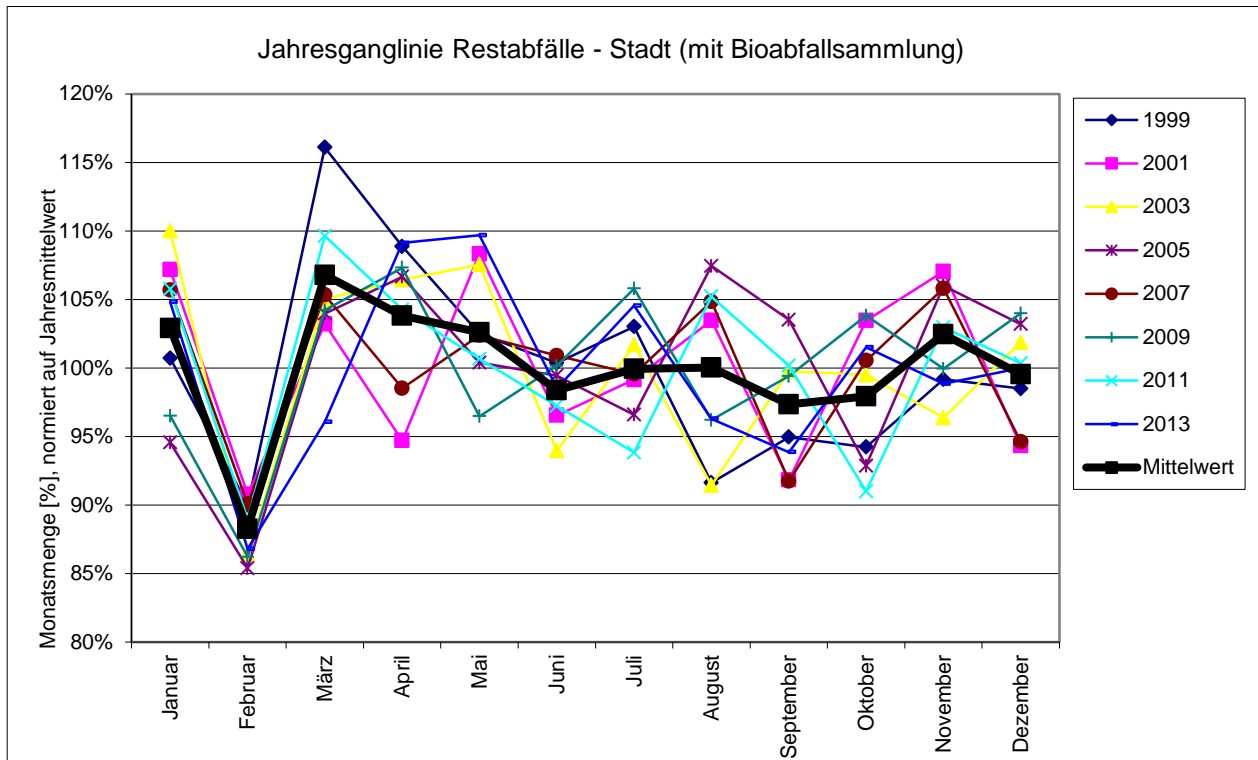


Abbildung 6: Jahresganglinie für Restabfälle am Beispiel eines Entsorgungsgebietes im Zeitraum 1999 bis 2013

Die Schwankungen innerhalb der einzelnen Monate sind vor allem auf die konkrete Anzahl der Abfuhrtage für Restabfälle (Lage der Wochenenden und Feiertage im Monat) zurückzuführen.

In Auswertung von Abbildung 5 und Abbildung 6 können folgende Schlüsse gezogen werden: Mit Ausnahme der Monate Februar und März liegt die durchschnittliche monatliche Abweichung vom Jahresmittelwert aller betrachteten Entsorgungsgebiete im Bereich zwischen $\pm 5\%$. Aufgrund dieser geringen Unterschiede im monatlichen Restabfallaufkommen im Freistaat Sachsen sind vier jahreszeitlich unabhängige Sortierkampagnen für die Restabfälle nicht zwingend erforderlich.

Um jahreszeitliche Schwankungen in Restabfallaufkommen und -zusammensetzung einzelner Stoffgruppen beurteilen zu können, wurden ausgewählte Stoffgruppen in den Restabfällen zu verschiedenen Jahreszeiten untersucht. Vor allem bei den Stoffgruppen „Gartenabfälle“ und „Fraktion < 10 mm“ wurden jahreszeitliche Unterschiede vermutet. Die Auswertung von Analysen für die „Gartenabfälle“ in den Restabfällen zeigt Abbildung 7:

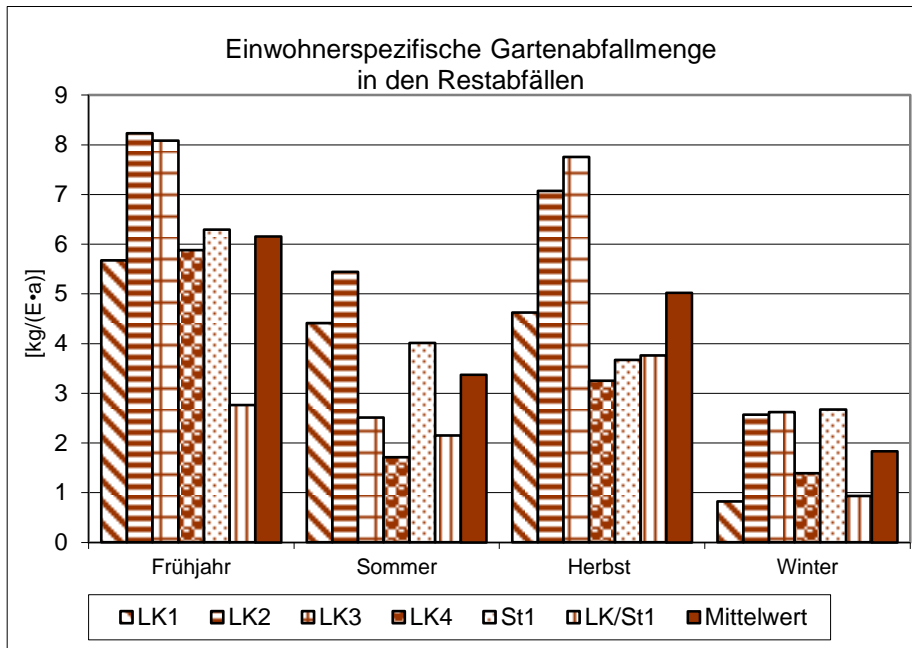


Abbildung 7: Einwohnerspezifische Gartenabfallmenge in den Restabfällen in Abhängigkeit von der Jahreszeit

Die Gartenabfallmengen liegen in der vegetationsarmen Zeit deutlich unterhalb der Mengen der vegetationsreichen Zeit (ca. 3-4 kg/(E•a)). Aufkommensspitzen sind im Frühjahr und Herbst zu verzeichnen.

Die jahreszeitlichen Unterschiede der einwohnerspezifischen Menge der „Fraktion < 10 mm“ zeigt die Abbildung 8.

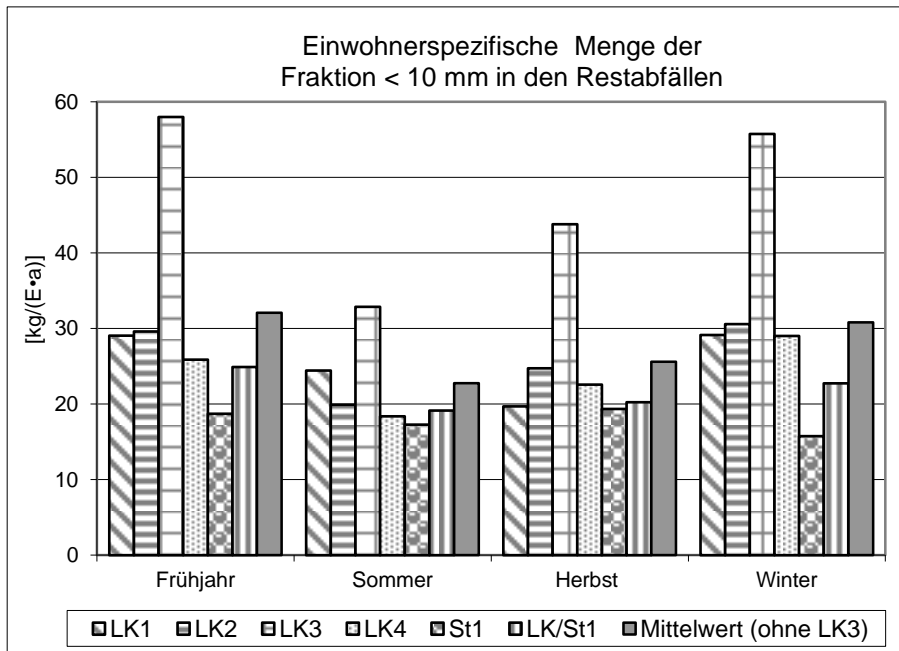


Abbildung 8: Einwohnerspezifische Menge der Fraktion < 10 mm in den Restabfällen in Abhängigkeit der Jahreszeiten

Es ist eine eindeutige Tendenz zu einem größeren Aufkommen der „Fraktion < 10 mm“ im Winter und Frühjahr festzustellen. Es liegt um ca. 10 kg/(E•a) über dem Aufkommen im Sommer). Es wird erwartet, dass aufgrund

von Holzfeuerungen auch zukünftig in der Heizungsperiode ein höheres Aufkommen der „Fraktion < 10 mm“ zu verzeichnen ist.

Restabfall-Sortieranalysen innerhalb und außerhalb der Vegetationsperiode tragen den beschriebenen jahreszeitlichen Schwankungen bei den Stoffgruppen „Gartenabfälle“ und „Fraktion < 10 mm“ Rechnung.

Am Beispiel von Papier, Pappe, Kartonagen sowie Glas und Kunststoffen wird in Abbildung 9 gezeigt, dass auch Stoffgruppen ohne systematischen jahreszeitlichen Trend (Glas, Kunststoffe) bzw. mit geringer Schwankungsbreite (PPK) in den Restabfällen enthalten sind.

Die drei Stoffgruppen verfügen über ein Aufkommen von durchschnittlich 5-7 kg/(E•a) im Restabfall. Eine Schwankungsbreite von $\pm 10\%$ entspricht somit $\pm 0,5-0,7$ kg/(E•a) und ist damit im Vergleich zur „Fraktion < 10 mm“ sehr gering.

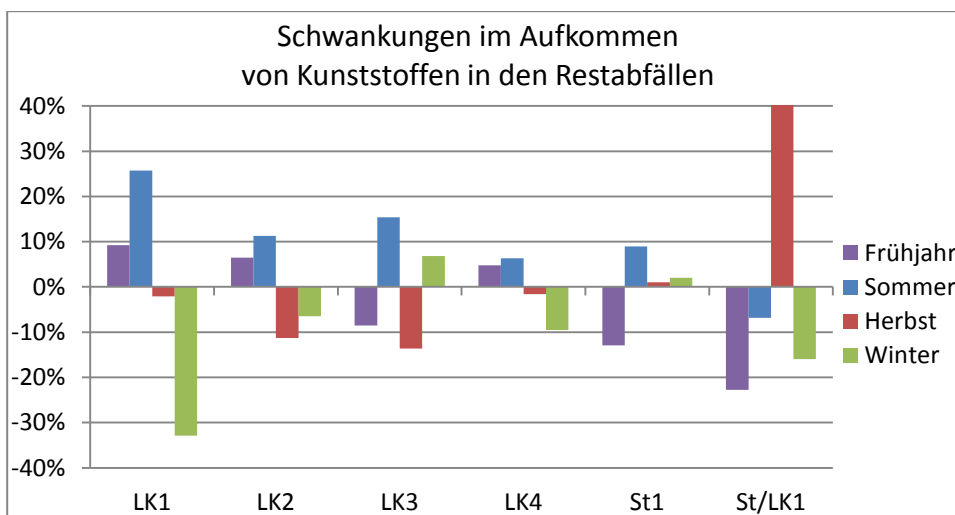
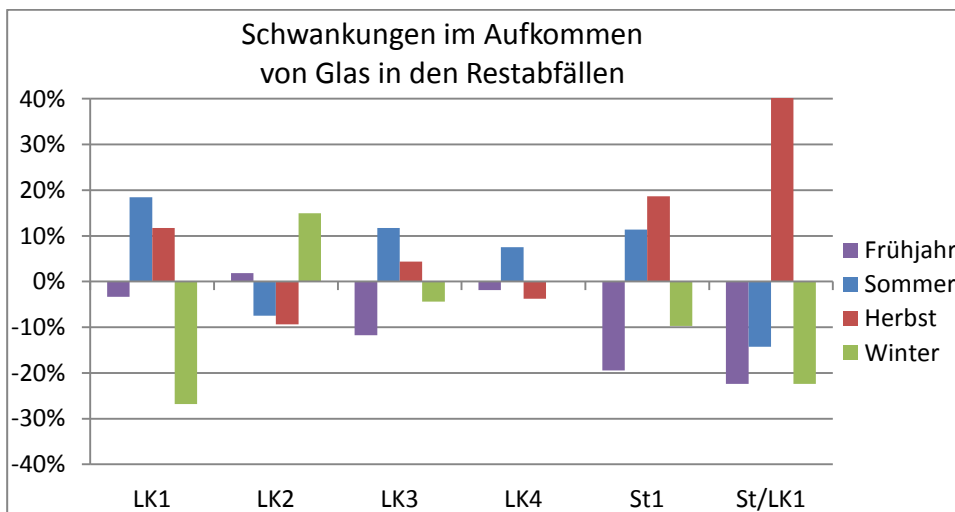
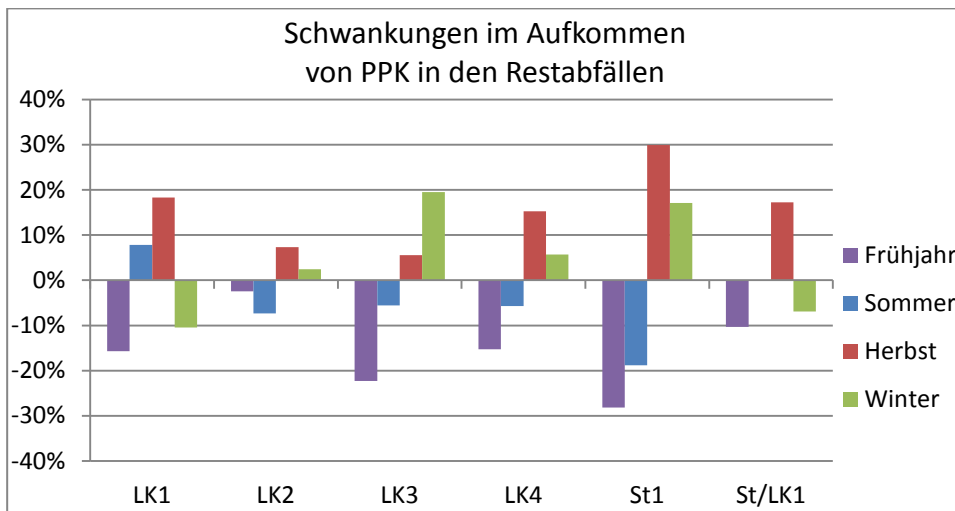


Abbildung 9 a-c: Jahreszeitliche Schwankungen im Aufkommen von PPK, Glas und Kunststoffen in den Restabfällen

Aus wirtschaftlichen Überlegungen wurden die meisten Sortieranalysen im Freistaat Sachsen in den letzten Jahren nicht in vier jahreszeitlich unterschiedlichen Kampagnen durchgeführt.

Die Auswertungen der Jahresganglinie der Restabfälle und der jahreszeitlichen Schwankungen der Restabfallzusammensetzung zeigen, dass Sortieranalysen außerhalb und innerhalb der Vegetationsperiode die größ-

ten jahreszeitlichen Schwankungen erfassen. So wählte beispielsweise der Freistaat Bayern in seinen umfangreichen Sortieranalysen der letzten Jahre den Kompromiss, nur zwei jahreszeitlich unabhängige Analysen durchzuführen, um dafür eine größere Zahl an Gebietskörperschaften analysieren zu können [MARB 2005]. Diese Vorgehensweise mit zwei jahreszeitlich unabhängigen Analysen wurde auch in der Schweiz praktiziert [BUWAL 2003]. Die Restabfallzusammensetzungen (hier Kehricht) wurden in den Jahreszeiten Frühjahr und Herbst analysiert. In der aktuellen Sortieranalyse von 2012 wurde von der Analyse im Frühjahr und Herbst zu nur einer Sortierkampagne übergegangen. Die Auswertungen ergaben, dass sich die Analysen von Frühjahr und Herbst ähneln [BAFU 2014].

Bei der Wahl des Zeitpunktes einer Kampagne ist zu berücksichtigen, dass die Restabfallbehälter mit Ident-system zum Teil sehr lange Standzeiten aufweisen und jahreszeitliche Einflüsse entsprechend zeitlich verschleppt werden.

Zur Vermeidung von Einflüssen durch Feiertage und Ferienzeiträume existiert die Regelung, dass für die Sortierkampagnen Wochen auszuschließen sind, in denen die zu betrachtenden Abfälle von Feiertagen und Ferienzeiträumen beeinflusst werden. Diese Anforderung wird fortgeschrieben.

4.2.2 Größe und Anzahl der Stichproben, statistische Anforderungen

Die Größe der Stichprobeneinheiten war bisher mit der Dimension des größten üblichen Restabfallbehälters (1.100-l-Behälter) gewissermaßen als kleinstes gemeinsames Vielfaches aller Behältergrößen festgelegt. Für die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 wird kein Überarbeitungsbedarf zur Stichprobengröße gesehen, da sich die Stichprobengröße auch bei der praktischen Durchführung bewährt hat.

Die Festlegung zur Stichprobenanzahl in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 resultierte aus der Tatsache, dass bei den Restabfällen die Variationskoeffizienten der Gesamtmengen der Stichprobe (1.100-l-Behälter) mit einem Wert von ca. 30 % relativ geringe Unterschiede zeigen. Für einzelne Stoffgruppen können jedoch deutlich größere Grundstreuungen bestehen. Dies gilt insbesondere für nicht mengenrelevante bzw. unregelmäßig anfallende Stoffgruppen. Mit der Festlegung der Genauigkeitsanforderungen (Irrtumswahrscheinlichkeit < 5 % und relative maximale Zufallsabweichung von 10 %) ergab sich auf Basis der vorliegenden Restabfall-Sortieranalysen²¹ ein Stichprobenumfang von 30 Stichprobeneinheiten. Die Berechnung des Stichprobenumfangs in Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderungen zeigt die Tabelle 15.

Mit der Vorgabe von vier jahreszeitlichen Kampagnen wurde für die Sortieranalysen ein Stichprobenumfang von 4 • 20 Stichprobeneinheiten mit 1.100-l-Behältern in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 festgelegt.

²¹ die Sortiermasse lag damals bei durchschnittlich 130 kg je 1.100-l-Behälter

Tabelle 15: Berechnung des Stichprobenumfangs in Abhängigkeit vom Variationskoeffizienten und der relativen maximalen Zufallsabweichung

natürlicher Var.-Koeff.	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

Die Berechnung des Stichprobenumfangs gründet sich auf folgende Formel:

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

z_{α} Zufallsgröße für vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit α

γ natürlicher Variationskoeffizient

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

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.

Die Abhängigkeit des Stichprobenumfangs von den Genauigkeitsanforderungen zeigt die Abbildung 10:

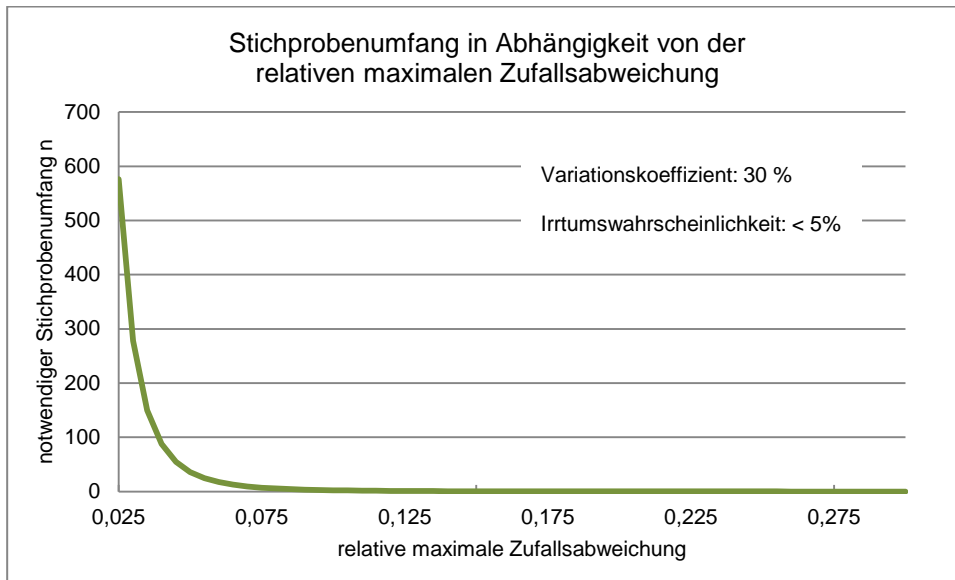


Abbildung 10: Stichprobenumfang in Abhängigkeit von der relativen maximalen Zufallsabweichung

Tabelle 16 vergleicht die statistischen Daten, welche bei der Erstellung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 zur Verfügung standen, mit statistischen Daten von aktuellen Sortieranalysen aus Entsorgungsgebieten mit verursachergerechten Gebührensystemen.

Tabelle 16: Vergleich statistischer Ergebnisse von Restabfall-Sortieranalysen bis 1995 und Restabfall-Sortieranalysen in Entsorgungsgebieten mit verursachergerechten Gebührensystemen ab 2003, Variationskoeffizient in [%]

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

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

Der Vergleich der Ergebnisse in den Schichtungen mit den Ergebnissen des Untersuchungsgebietes zeigt die Bedeutung der Schichtung für die Gewinnung belastbarer Analysedaten. Die bisherige Praxis mit mindestens sechs Stichprobeneinheiten je Schichtung (und in Summe mindestens 20 Stichprobeneinheiten²² je Untersuchungskampagne) bei den Restabfällen trägt der Bedeutung der Schichtung bereits Rechnung.

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

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

Sollen bestimmte Genauigkeitsanforderungen in einer Basisanalyse durch die örE auch für unregelmäßig auftretende Stoffgruppen eingehalten werden, führt dies in der Praxis zu nicht mehr zu realisierenden Stichprobenumfängen. Die aus einer Sortieranalyse bestimmten Variationskoeffizienten von ausgewählten Stoffgruppen (ohne Schichtung nach Bebauung) zeigt die Tabelle 17:

Tabelle 17: Variationskoeffizienten ausgewählter, zum Teil nicht regelmäßig anfallender Stoffgruppen

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

Bei nicht regelmäßig anfallenden Stoffgruppen sind Variationskoeffizienten von 100 % und mehr zu verzeichnen. In Abhängigkeit von den statistischen Genauigkeitsanforderungen lässt sich mithilfe der Tabelle 15 der erforderliche Stichprobenumfang für diese Stoffgruppen ermitteln.

Bei hohen Genauigkeitsanforderungen ergibt sich folglich ein Stichprobenumfang, welcher für nicht regelmäßig anfallende Stoffgruppen bei Basisanalysen durch einen örE nicht zu realisieren sein wird. Aus diesem

²² der Grenzfall von drei Schichtungen und sechs Stichprobeneinheiten (= 18 Stichprobeneinheiten) wird am Ende des Kapitels (siehe Tabelle 21) in der Diskussion berücksichtigt

Grund ist der Darstellung der statistischen Bandbreite der Ergebnisse der Einzelstichproben besondere Bedeutung beizumessen. Es sind mindestens für die (sechs) Stichprobeneinheiten einer Schichtung die einwohnerspezifischen Werte für:

- Mittelwert,
- Medianwert,
- Minimalwert und
- Maximalwert

der einzelnen Stoffgruppen anzugeben. So ist die Dokumentation der Schwankungen der Einzelwerte in den Schichtungen gewährleistet.

Bei der Bestimmung des Aufkommens nicht regelmäßig auftretender Stoffgruppen bedarf es gesonderter Überlegungen zum Stichprobenumfang. Diese Stoffgruppen fallen nicht normalverteilt an. Vielmehr ist eine rechtsschiefe Verteilung zu erwarten. In Abbildung 11 wurde für drei Stoffgruppen bei einer Sortierkampagne die Häufigkeitsverteilung untersucht²³.

Bei den untersuchten Stoffgruppen handelt es sich um vergleichsweise regelmäßig anfallende Abfallarten. Für unregelmäßig anfallende Abfallarten, wie z. B. NE-Metalle (keine Verpackungen), traten in den untersuchten Stichproben zu wenige Einzelergebnisse auf, so dass eine statistisch abgesicherte Auswertung nicht möglich war. Aus Abbildung 11 wird ersichtlich, dass eine allgemeine Formulierung der statistischen Anforderungen an alle in den Restabfällen vorhandenen Abfallarten aufgrund ihrer spezifischen Charakteristik nicht möglich ist.

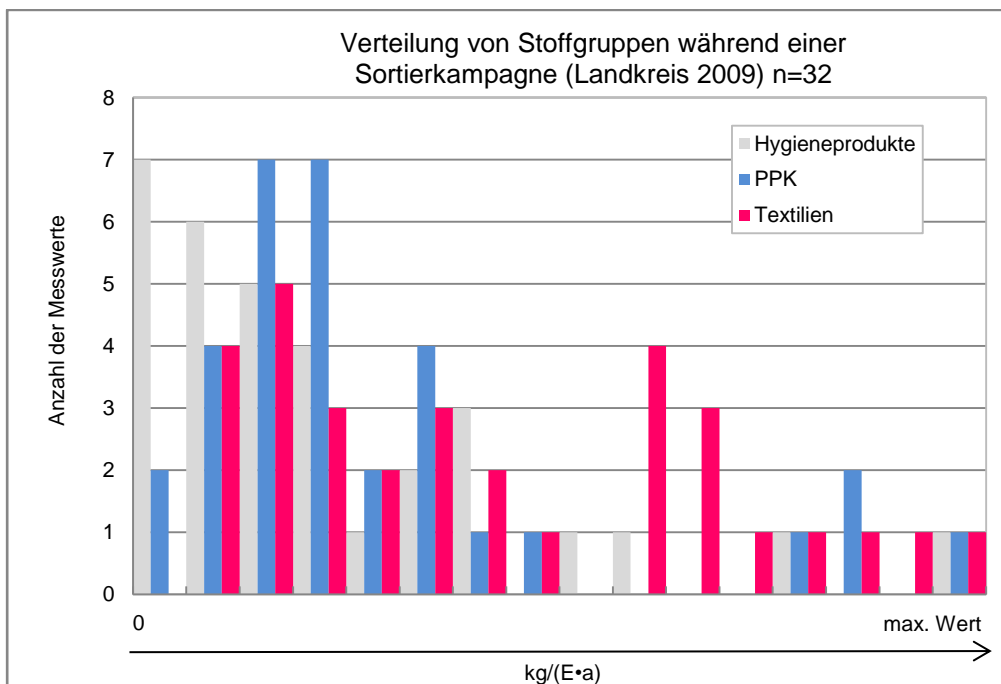


Abbildung 11: Statistische Verteilung von ausgewählten Stoffgruppen in einer Restabfall-Sortieranalyse (Landkreis, 2009)

²³ Die 32 Einzelwerte wurden 16 Korridoren zugeordnet. Die Korridorgröße ergibt sich aus dem maximalen einwohnerspezifischen Messwert dividiert durch 16.

Die Formulierung der statistischen Anforderungen soll in der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 praxisorientiert erfolgen und ist auf die Basisanalyse auszurichten. Für statistische Grundlagen, Hochrechnungs- und Prognosemethoden, Schätzverfahren, statistischen Auswertungen, Fehlerrechnungen etc. bei besonderen Anwendungsfällen wird auf die einschlägige Literatur verwiesen (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Verweis auf weiterführende Literatur

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

Schichtungen

Bei der Festlegung der Anzahl der Stichprobeneinheiten ist den unterschiedlichen Einflussgrößen auf das Aufkommen und die Zusammensetzung der Abfälle Rechnung zu tragen. Neben der jahreszeitlichen Schichtung sind insbesondere die Bebauungsstrukturen (siehe [WEIGAND 2005]) zu berücksichtigen.

Der Einfluss der Bebauungsstrukturen ist durch die unterschiedliche Grundstücksgröße, dem Grünflächenanteil, Unterschiede in den sozialen Strukturen und dem abfallwirtschaftlichen System begründet. Eine quantitative Darstellung des Einflusses der sozialen Strukturen ist aufgrund der Komplexität der damit in Zusammenhang stehenden Faktoren (z. B. Altersstruktur, Wohnungsgröße, mittlere Wohndauer, soziale Kontrolle) nicht möglich. Dafür liegen keine belastbaren Untersuchungen vor.

Eine anonyme Abfallentsorgung mit pauschaler Umlegung der Abfallentleerungsgebühren über die Wohnfläche in den Großwohnanlagen ist überwiegende Praxis. Anreize zur getrennten Erfassung von Wertstoffen können nur bedingt geschaffen werden, wie es in den ländlichen Gebieten überwiegend der Fall ist.

Bei der Schichtung der Gebiete nach Bebauungsstrukturen können nach Aufgabenstellung weitere Faktoren, wie touristischer Einfluss oder gewerblicher Anteil, von Interesse sein.

Die für den Freistaat Sachsen typischen Schichtungen nach Bebauungsstrukturen werden in Tabelle 19 und Tabelle 20 beschrieben.

Tabelle 19: Schichtung nach Bebauungsstruktur in städtischen Entsorgungsgebieten

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

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

Tabelle 20: Schichtung nach Bebauungsstruktur in ländlichen Entsorgungsgebieten

Schichtungen	Beschreibung
Großwohnanlagen (BS1)	fünf- und mehrgeschossige Wohnbebauung mit weitgehend anonymer Abfallsorgung, geringer Anteil an Grünfläche (insbesondere Bäume und Sträucher), überwiegend 1.100-l-Behälter (vereinzelt 240-l-Behälter), meist eingehauste Standplätze, zum Teil Müllschleusen und ähnliche Systeme
städtische Struktur mit Mehrfamilienhausbebauung (BS 2/3)	Wohnbebauung drei- bis fünfgeschossig, meist mind. sechs Wohneinheiten je Hauseingang, dichte und offene Bebauung mit unterschiedlichem Anteil an Grünflächen, überwiegend 240-l-Behälter, oft eingehauste Standplätze, ggf. hoher Gewerbeanteil
alt-ländliche Struktur (BS 4.1)	Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke unterschiedlicher Größe in gewachsener Struktur, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern
neu-ländliche Struktur (BS 4.2)*	Ein- und Zweifamilienhausbebauung, Grundstücke im Vergleich zur alt-ländlichen Struktur meist kleiner und geringerer Grünflächenanteil, überwiegend in einem Zug errichtete „Wohnparks“ bzw. „Neubausiedlungen“, Einzelbehälterstandplätze mit überwiegend kleinen 2-Rad-Behältern (vergleichbar mit Ein- und Zweifamilienhausbebauung in städtischen Entsorgungsgebieten)

* soweit relevant

Bei Restabfall-Sortieranaysen können weitere Schichtungskriterien notwendig sein:

- Restabfallbehältergröße,
- getrennte Bioabfallsammlung über Biotonne,
- Eigenkompostierung,
- weitere Wertstoffsammlungen im Hol- und/oder Bringsystem,
- Sonderform der Erfassung (z. B. sogenannte Müllschleusensysteme),
- Abstand des Untersuchungsgebietes zu Wertstoffhöfen und
- Umsetzung von Pilotvorhaben.

Festlegungen zum Stichprobenumfang

Aufkommen und Zusammensetzung von Restabfällen unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen und bebauungsstrukturspezifischen Einflüssen. Die jahreszeitlichen Schwankungen in Aufkommen und Zusammensetzung sind im Kapitel 4.2.1 analysiert.

Die Unterschiede im Aufkommen und der Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Bebauungsstruktur soll die nachfolgende Abbildung 12 zeigen.

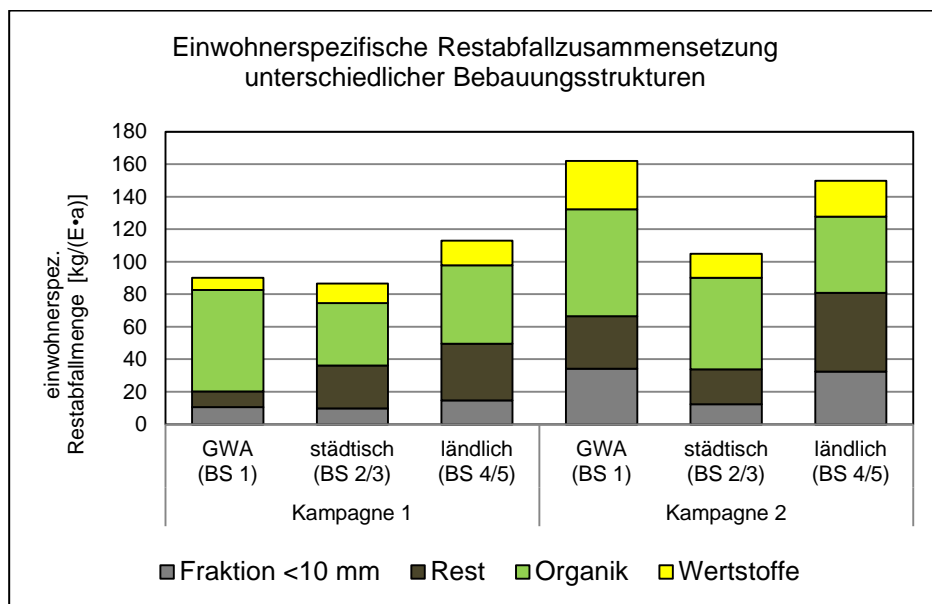


Abbildung 12: Unterschiede im Restabfallaufkommen und der Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Bebauungsstruktur (Entsorgungsgebiet mit ländlicher Struktur 2011)

Neben den in Kapitel 4.2.1 erläuterten Schwankungen im Aufkommen und der Zusammensetzung von Restabfällen können auch Einmalereignisse²⁴ die Ergebnisse beeinflussen. Dies sind beispielsweise:

- überproportionale Mengen bestimmter Stoffgruppen, welche infolge von Entrümpelungen bzw. baulichen Maßnahmen anfallen und
- Mehrmengen aufgrund regionaler Aktivitäten (z. B. Gemeindefest).

Die überproportional hohe Mineralstoffmasse einer Stichprobeneinheit in einer städtischen Bebauung zeigt Abbildung 13:

²⁴ Prognostizierbare Einflüsse durch Feiertage und Ferien sind bei der terminlichen Planung der jahreszeitlichen Analysen auszuschließen.

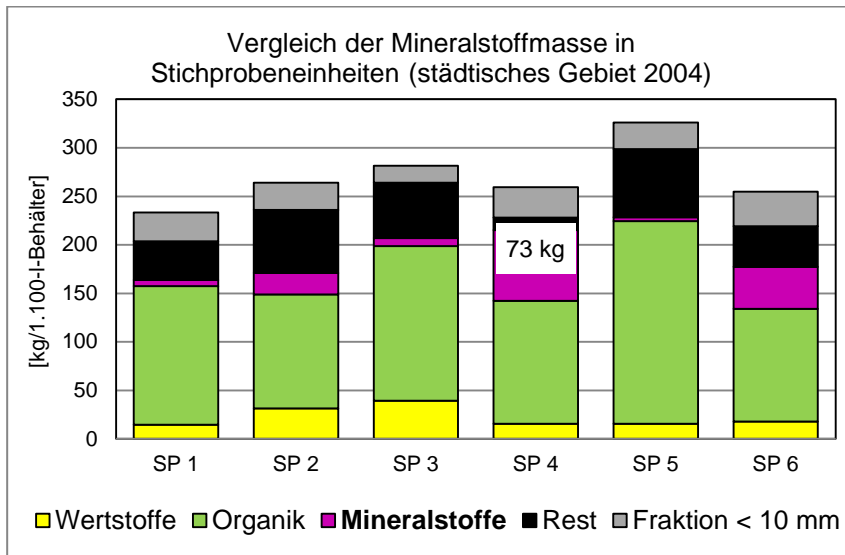


Abbildung 13: Vergleich von sechs Stichprobeneinheiten einer Schichtung zur Mineralstoffmasse

Unvorhersehbare Einflüsse können während der Planung von Sortieranalysen nicht berücksichtigt werden. Je höher der Stichprobenumfang bei einer Grundgesamtheit ist, umso geringer wirken sich solche Einflüsse auf das Endergebnis aus. Ob eine hohe Stichprobenanzahl aus einer Vielzahl jahreszeitlich verschiedener Analysen oder einer hohen Zahl von Schichtungen nach Bebauungsstrukturen resultiert, ist dabei unerheblich.

Die Stichprobenanzahl je Sortieranalyse in Abhängigkeit von der Anzahl der jahreszeitlichen Analysen und der Anzahl der Schichtungen nach Bebauungsstrukturen zeigt Tabelle 21:

Tabelle 21: Stichprobenanzahl für Restabfall in Abhängigkeit von den jahreszeitlichen Kampagnen und der Schichtung nach Bebauungsstrukturen (BS)

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

* vergleichbare Stichprobenumfänge wurden farblich gekennzeichnet

In der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wurden konkrete Anforderungen an die Anzahl der jahreszeitlichen Analysen und die Anzahl der Stichprobeneinheiten (im Ergebnis 4 • 20 Stichprobeneinheiten) formuliert. Konkrete Anforderungen an die Anzahl von Schichtungen wurden nicht formuliert.

Für eine Basisanalyse stellt die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 Mindestanforderungen an die Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen, die Anzahl der Schichtungen und die Gesamtanzahl der Stichprobeneinheiten. Als Mindestanforderungen für Basisanalysen für Restabfälle werden formuliert:

- mindestens sechs Stichprobeneinheiten je Schichtung²⁵,
- mindestens zwei jahreszeitlich unabhängige Kampagnen,
- mindestens drei Schichtungen (Bebauungsstrukturen) und
- mindestens 48 Stichprobeneinheiten je Sortieranalyse.

Die Sortiermasse nach der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 ist mit 10,4 Mg je Sortieranalyse²⁶ vergleichbar der Sortiermasse nach der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 von 10,1 Mg je Sortieranalyse²⁷.

Ein vergleichbarer Stichprobenumfang von 45 m³ für Restabfälle wird durch die europäische Methode für die Analyse von festen Abfällen empfohlen [EUROPEAN COMMISSION 2004].

4.2.3 Stichprobennahme

Die Stichprobennahme war laut Sächsischer Sortierrichtlinie 1998 verbindlich durch Umleerung (in Stichprobenbehälter) bzw. Austausch der ausgewählten Behälter durchzuführen. Abweichend davon wurde in der Praxis auch die Stichprobennahme mittels Sammelfahrzeug realisiert. Die Stichproben zur Sortierung werden bei dieser Methode im Anschluss an die Sammeltour aus den gesammelten Abfällen gewonnen. Abbildung 14 zeigt die prinzipiellen Möglichkeiten der Stichprobennahme:



Abbildung 14: Zugriffsebenen bei der Stichprobennahme

Die Stichprobennahme im Haushalt führt zu keinen repräsentativen Ergebnissen für Sortieranalysen. Es wäre ein direkter Kontakt mit den Abfallerzeugern erforderlich. Diese würde zu einer Beeinflussung im Trennverhalten führen. Es könnten auch nur Abfälle von Abfallerzeugern beprobt werden, die dazu Bereitschaft zeigen. Ein uneingeschränkter Zugriff auf die Grundgesamtheit ist nicht gegeben. Die Stichprobennahme kann auf dieser Ebene nur aus der Teilgesamtheit der „Interessierten“ erfolgen. Ungeachtet dieser Einschränkungen kann die Stichprobennahme im Haushalt bei speziellen Fragestellungen, zum Beispiel bei einem direkten Nachweis zum Abfalltrennverhalten eines Abfallerzeugers, zum Einsatz gelangen.

Tabelle 22 vergleicht die Stichprobennahme am Grundstück mit der Stichprobennahme mittels Sammelfahrzeug. Bei der Stichprobennahme mit Sammelfahrzeug wird nach dem Verhältnis von Stichprobenmenge und Sortiermenge differenziert.

²⁵ wobei die Stichprobeneinheiten aus einem Untersuchungsgebiet je Schichtung oder mehreren Untersuchungsgebieten stammen können

²⁶ Annahmen: 4 Kampagnen, 20 Stichprobeneinheiten je Kampagne, 130 kg/Stichprobeneinheit

²⁷ Annahmen: 48 Stichprobeneinheiten insgesamt, 210 kg/Stichprobeneinheit

Tabelle 22: Vergleich der Stichprobennahme durch Umleerung am Grundstück und mithilfe eines Sammelfahrzeugs

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

Mit Einführung von verursachergerechten Gebührensystemen können die Restabfallbehälter aufgrund der am Behälter angebrachten Transponder nicht mehr getauscht werden. Eine Stichprobennahme am Grundstück ist nach Sächsischer Sortierrichtlinie 1998 nur durch Umleeren der Behälter möglich.

Die Stichprobennahme mit dem Sammelfahrzeug kann mit weniger Aufwand in der Vorbereitung und Durchführung erfolgen. Bei dieser Methode ist eine Begleitung der Sammlung erforderlich, um die Qualität der Stichprobennahme zu gewährleisten und die behälter- bzw. standplatzspezifischen Daten aufzunehmen.

Der Vorteil der Stichprobennahme mit Sammelfahrzeug bei großen Stichprobenmengen (deutlich größer als die Mindestsortiermenge von sechs Stichprobeneinheiten je 1.100 l) ist die Beprobung einer größeren Anzahl von Abfallbehältern mit wenig Aufwand. Dadurch wird eine größere Genauigkeit bei der Bestimmung der einwohnerspezifischen Abfallmenge erzielt. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 15 untersucht.

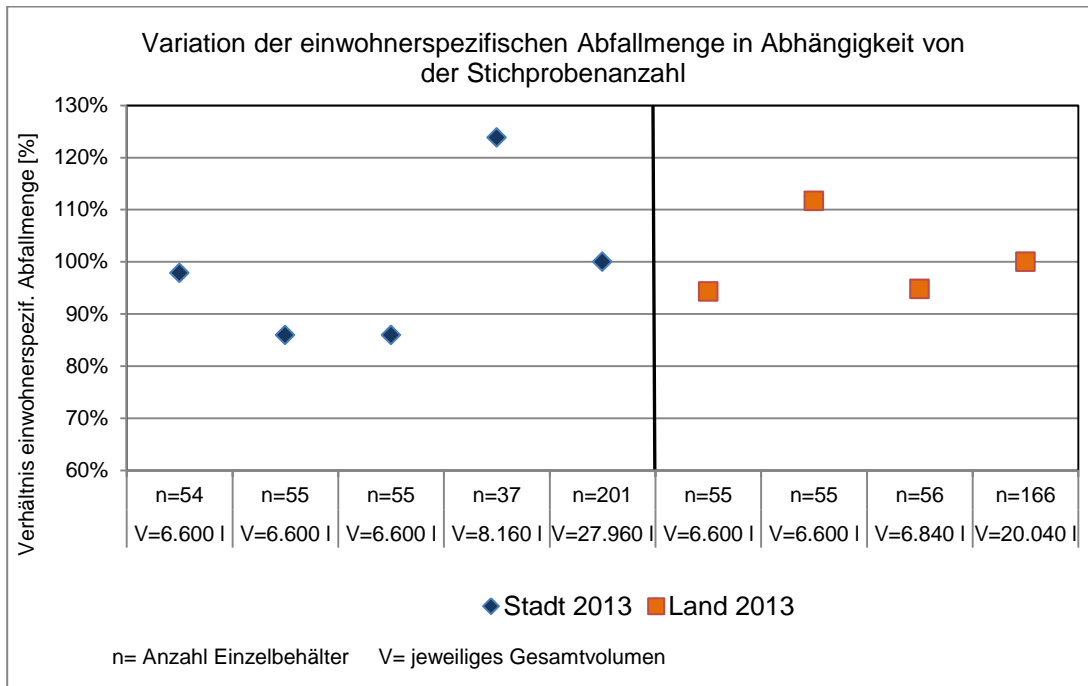


Abbildung 15: Unterschiede in der Berechnung der einwohnerspezifischen Restabfallmenge in Abhängigkeit von der Anzahl der Stichprobeneinheiten

In zwei Fällen (städtisches und ländliches Gebiet) wurden alle aufgenommenen Einzelbehälterdaten in Stichprobengrößen von sechs Stichprobeneinheiten je 1.100-Behälter aufgeteilt. Die berechnete einwohnerspezifische Menge über die Gesamtstichprobenzahl wurde auf 100 % gesetzt und die Abweichungen den mit weniger Stichprobeneinheiten bestimmten einwohnerspezifischen Mengen gegenübergestellt. In beiden betrachteten Gebieten sind signifikante Unterschiede (im Durchschnitt zwischen 5 und 15 %) festzustellen. Im Einzelfall können die Unterschiede deutlich höher ausfallen.

Auf Basis dieser Ergebnisse wird in der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 alternativ die Stichprobennahme mit Sammelfahrzeug²⁸ zugelassen. In der Praxis wurde diese Methodik zur Stichprobennahme häufig angewandt. In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 werden die Vor- und Nachteile der Methoden gegenübergestellt. In Abhängigkeit von den Bedingungen im Entsorgungsgebiet kann dann eine geeignete Vorgehensweise festgelegt werden. Abgesehen von der Wahl der Methode wird eine Begleitung und Dokumentation der Stichprobennahme gefordert.

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

Die in den Untersuchungsgebieten ermittelten Ergebnisse sind nach den folgenden Schritten auf das Entsorgungsgebiet hochzurechnen:

- Schritt 1: Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfallmenge je Schichtung
- Schritt 2: Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge der Schichtungen auf das Entsorgungsgebiet je Kampagne

²⁸ Die Sammlung der Stichproben mittels Drehtrommelfahrzeug ist jedoch auszuschließen, da die mechanische Beanspruchung im Fahrzeug die Restabfälle so verändert, dass eine Sortierung nur unter Einschränkungen in Bezug auf die Qualität der Ergebnisse möglich ist.

■ Schritt 3: Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge des Entsorgungsgebietes der Kampagnen auf das Entsorgungsgebiet im Betrachtungszeitraum

Abbildung 16 zeigt die Schritte der Hochrechnung:

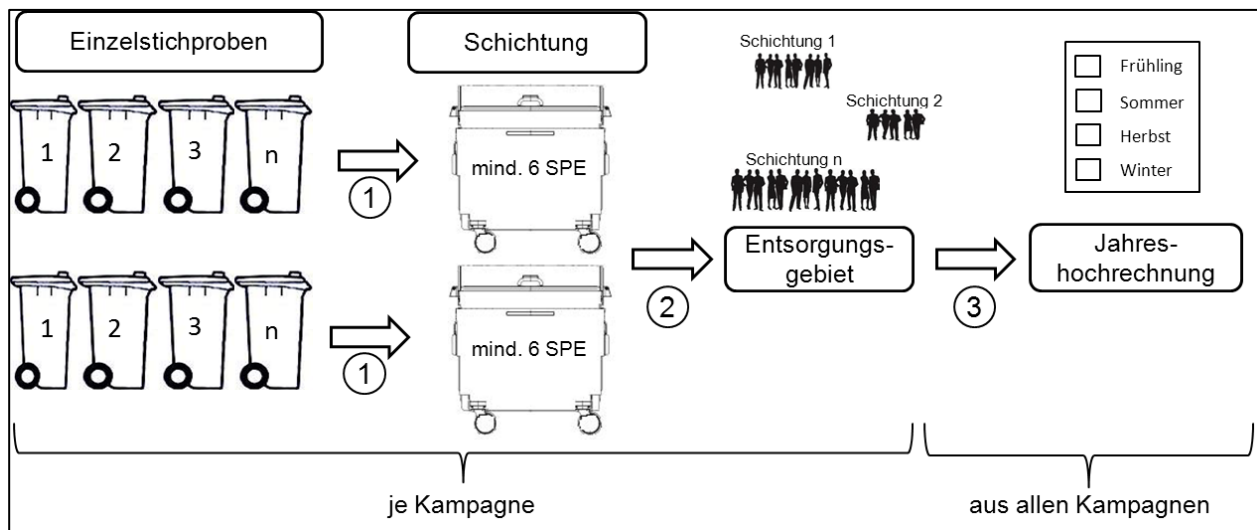


Abbildung 16: Hochrechnung von Ergebnissen je Schichtung und jahreszeitlicher Kampagne auf ein Entsorgungsgebiet

Je nach den Bedingungen im Entsorgungsgebiet sowie der gewählten Methodik zur Stichprobennahme stehen folgende Daten für die Bestimmung der einwohnerspezifischen Mengen zur Verfügung:

Tabelle 23: Datenerhebung während und nach der Stichprobennahme

Dokumentation während der Stichprobennahme	Erhebung im Anschluss an die Stichprobennahme
Adresse	angeschlossene Einwohnerzahl
Behältergröße	Termin letzte Behälterbereitstellung (nur Identsysteme)
Füllgrad/Nebenablagung	Behälterstandzeit je Standplatz
z. T. Behältermasse/Abfallmasse*	Abfallmasse gesamt

* je nach Aufgabenstellung und Art der Stichprobennahme

Für die Berechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge stehen sowohl masse- als auch volumenbezogene Daten zur Verfügung.

Schritt 1 a: Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfallmenge je Schichtung – Entsorgungsgebiete mit unregelmäßig bereitgestellten Abfallbehältern

Vor allem in ländlichen Entsorgungsgebieten mit geringem Bereitstellungsgrad der Abfallbehälter ist es wichtig, eine geeignete Methodik zur Berechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge zu wählen. Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat verschiedene Hochrechnungsmethoden analysiert.

Bei Fehlen der einzelnen Behältermassen wurde die Hochrechnung über das genutzte Einzelbehältervolumen, der Behälterstandzeit und der Masse der Stichprobeneinheit als belastbare Methode ermittelt [WEIGAND

2011]. Hochrechnungen über den Mittel- bzw. Medianwert der Behälterstandzeit wurden aufgrund mangelnder Reproduzierbarkeit bzw. systematischer Fehler als untauglich bewertet.

Für die Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfallmengen kommen vier Hochrechnungsmethoden infrage:

- über Behältermasse und Behälterstandzeit jedes einzelnen beprobten Behälters – Variante a

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

- über den Mittelwert der Behälterstandzeit – Variante b

$$\text{einwohnerspezifische Abfallmenge}_{\text{Sch}} = \frac{\text{eingesammelte Abfallmasse}_{\text{UG}}}{\text{Einwohnerzahl}_{\text{Sch}} \cdot \text{Mittelwert der Behälterstandzeit}_{\text{EB}}}$$

- über den Medianwert der Behälterstandzeit – Variante c

$$\text{einwohnerspezifische Abfallmenge}_{\text{Sch}} = \frac{\text{eingesammelte Abfallmasse}_{\text{UG}}}{\text{Einwohnerzahl}_{\text{Sch}} \cdot \text{Median der Behälterstandzeit}_{\text{EB}}}$$

- über genutztes Behältervolumen und Behälterstandzeit jedes einzelnen beprobten Behälters – Variante d

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

Für die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 wurde mit aktuellen Daten aus Sortieranalysen eine eigene Bewertung vorgenommen.

In Abbildung 17 werden die Ergebnisse der vier Hochrechnungsmethoden, normiert auf Variante a, dargestellt.

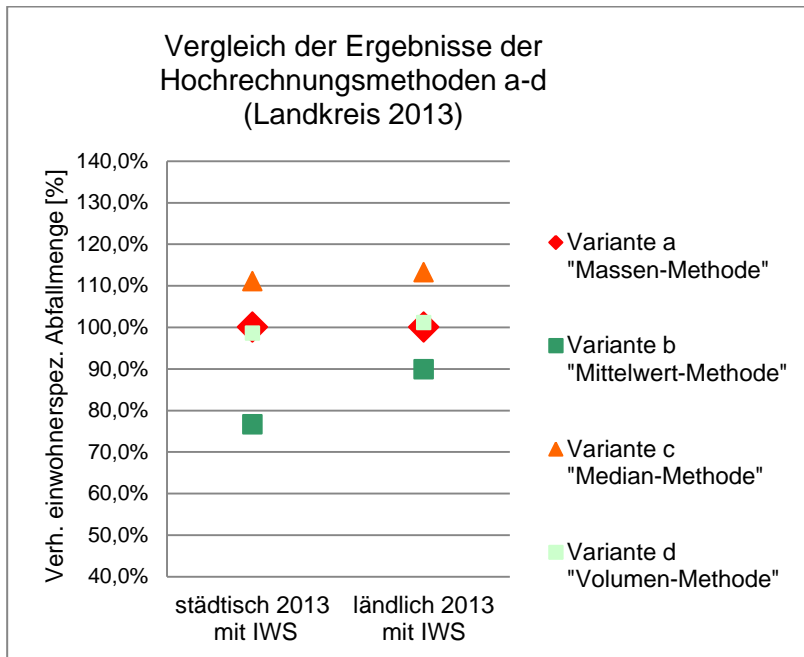


Abbildung 17: Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Hochrechnungsmethoden von Einzelbehälterdaten (Teil 1)

Der Mittelwert der Behälterstandzeit wäre ein geeignetes Maß, wenn die Behälterstandzeit eine Standardverteilung aufweisen würde. Erfahrungsgemäß wird der Mittelwert der Behälterstandzeit durch wenige Behälter mit langen Standzeiten beeinflusst. Eine rechtsschiefe Verteilung (siehe Anlage 9) ist die Folge. Bei Nutzung des Mittelwertes der Behälterstandzeit wird die wahre Behälterstandzeit meist überschätzt. Dies führt bei Variante b zu geringeren einwohnerspezifischen Abfallmengen.

Der Medianwert der Behälterstandzeit wird in der Regel in verdichteten Gebieten der reguläre Sammeltturnus sein. In aufgelockerten Gebieten stellt der Medianwert den regulären Sammeltturnus bzw. ein mathematisches Vielfaches des Sammeltturnus (z. B. 14-tägig oder vierwöchentlich) dar. Eine Hochrechnung über den Medianwert der Behälterstandzeit nach Variante c ist aufgrund dieser Tatsache ungeeignet.

Die Variante d (Volumenmethode) weist im Vergleich zur Variante a folgende Abweichungen auf:

- im städtischen Gebiet: - 1,4 % und
- im ländlichen Gebiet: + 1,1 %.

Es wird abgeleitet, dass neben der Variante a, welche die wahren Werte liefert, auch über die Füllgrade der Behälter verlässliche Daten gewonnen werden. Mit Variante d (Volumenmethode) können ohne aufwendige Einzelbehälterverwiegungen belastbare einwohnerspezifische Ergebnisse in den Schichtungen gewonnen werden.

Eine vertiefende Betrachtung der Hochrechnungsmethoden bei verschiedenen Bebauungsstrukturen zeigt Abbildung 18. Hier wurde die Variante d zu 100 % gesetzt, da für die Variante a nicht alle Daten zur Verfügung standen.

Es ist festzustellen, dass auch bei einer breiteren Datenbasis die Hochrechnung über den Mittel- und Medianwert der Behälterstandzeit ungeeignet ist. Ausnahme sind die Ergebnisse aus den Großwohnanlagen, wo die Behälterstandzeit meist dem Sammeltturnus entspricht.

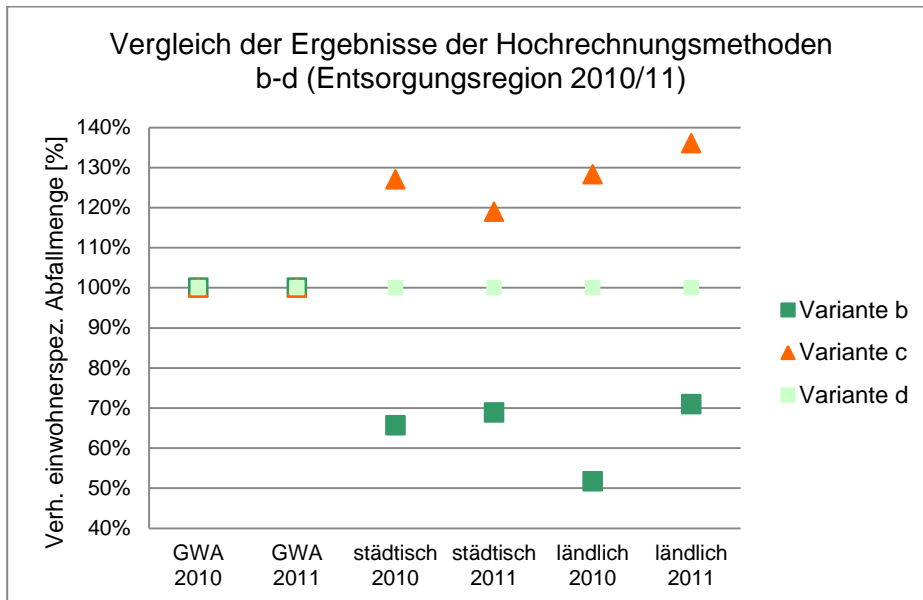


Abbildung 18: Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Hochrechnungsmethoden von Einzelbehälterdaten (Teil 2)

Schritt 1 b: Ermittlung der einwohnerspezifischen Abfallmenge je Schichtung – Entsorgungsgebiete mit regelmäßig bereitgestellten Abfallbehältern

Bei regelmäßig bereitgestellten Abfallbehältern (Restabfallbehälter mit pauschalem Gebührensystem bzw. Wertstoffbehälter, wie Gelbe Tonne) ist die Hochrechnung einfacher nach folgender Formel bestimmbar:

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

Die Einwohner aller Stichprobenadressen sind zu berücksichtigen. Auch Einwohner, welche ihren Abfallbehälter nicht bereitgestellt haben, sind in die Berechnung einzubeziehen.

Schritt 2: Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmengen der Schichtungen auf das Entsorgungsgebiet je Kampagne

Die Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmengen erfolgt auf Basis der Einwohnerzahlen je Schichtung im Entsorgungsgebiet (Landkreis, Stadt, Verbandsgebiet). Die Festlegung der jeweiligen Schichtungsgebiete und die Zuordnung auf das Entsorgungsgebiet sollten durch den öRE bzw. in enger Zusammenarbeit mit dem für die Sortierung Beauftragten erfolgen. Die besseren Kenntnisse der Bedingungen vor Ort liegen beim öRE.

Nach Festlegung der Schichtungen werden auf Basis statistischer Einwohnerdaten die Einwohnerzahlen je Schichtung bestimmt. Die Hochrechnung erfolgt über die Einwohneranteile je Schichtung (siehe Abbildung 19).

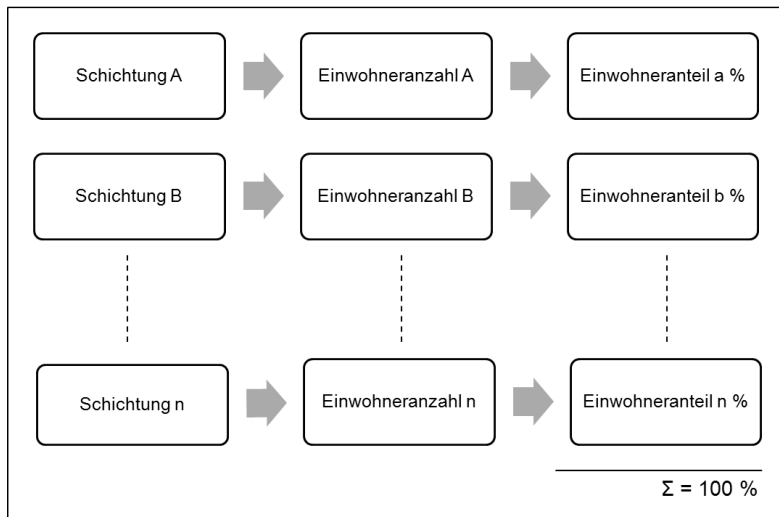


Abbildung 19: Berücksichtigung der Einwohnerverteilung unterschiedlicher Schichtungen

Schritt 3: Hochrechnung der einwohnerspezifischen Abfallmenge des Entsorgungsgebietes der Kampagnen auf das Entsorgungsgebiet im Betrachtungszeitraum

Für die Hochrechnung von jahreszeitlichen Analysen auf das Jahr legte die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 für drei bzw. vier Kampagnen die Methodik zur Hochrechnung fest. Für diese Methodik wird kein Überarbeitungsbedarf gesehen. Werden zwei jahreszeitliche Kampagnen durchgeführt, sind die Kampagnen auf die vegetationsreiche und die vegetationsarme Zeit zu verteilen. Die Vegetationsperiode wird beispielsweise vom AGRILEXIKON [2014] für den Zeitraum von März bis Oktober (acht Monate) für Deutschland angegeben. Regionale Abweichungen sind möglich. Für die Hochrechnung werden acht Monate als hinreichend genau angesehen. Die Hochrechnung ist mit 33 % für die Analyse in der vegetationsarmen und 67 % für die Analyse in der vegetationsreichen Zeit vorzunehmen. Tabelle 24 zeigt die Hochrechnung in Abhängigkeit von der Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen.

Tabelle 24: Hochrechnung in Abhängigkeit der Anzahl der jahreszeitlichen Kampagnen

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

Die Ergebnisse der Kampagne spiegeln die Charakteristik der Abfälle zum Anfallzeitpunkt wider. Das monatliche und jährliche Abfallaufkommen unterliegt natürlichen Schwankungen, die bei der Prüfung der Plausibilität Beachtung finden müssen (siehe Abbildung 20).

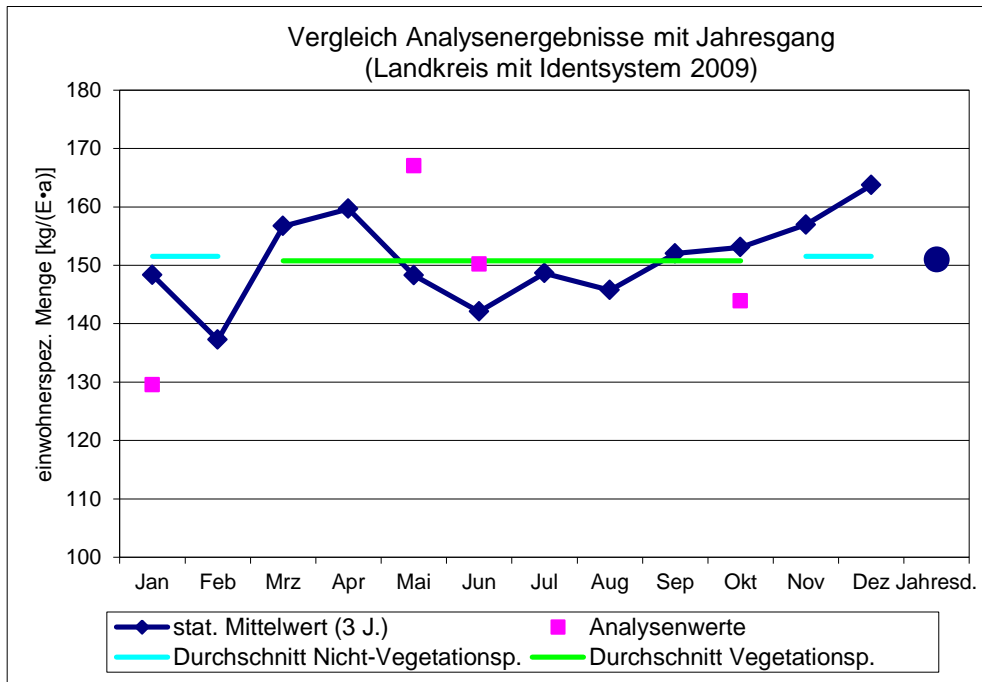


Abbildung 20: Vergleich der Ergebnisse der jahreszeitlichen Kampagnen mit der Restabfalljahresganglinie des Entsorgungsgebietes

Die in den Kampagnen ermittelten Ergebnisse sind mit der Abfalljahresganglinie²⁹ des Entsorgungsgebietes zu vergleichen. Im Falle von Abweichungen sind Korrekturen des Aufkommens des gesamten Entsorgungsgebietes vorzunehmen.

(Klein)gewerbliche Abfälle in der Restabfallsammlung

Die Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 sah den Ausschluss gewerblicher Abfälle von der Sortieranalyse vor.

Gewerbliche Abfälle werden nach den Abfallwirtschaftssatzungen für die gemeinsame Erfassung mit dem Restabfall aus Haushalten zugelassen, wenn sich die Abfälle hinsichtlich Aufkommen und Zusammensetzung ähneln. Eine Analyse mit acht Stichprobeneinheiten je 1.100-l-Behälter für gewerbliche Abfälle zeigt die weitgehend mit den Restabfällen aus Haushalten vergleichbare Zusammensetzung (siehe Abbildung 21).

²⁹ Die Jahresganglinie sollte über den monatlichen Mittelwert der letzten Jahre (z. B. drei) gebildet werden.

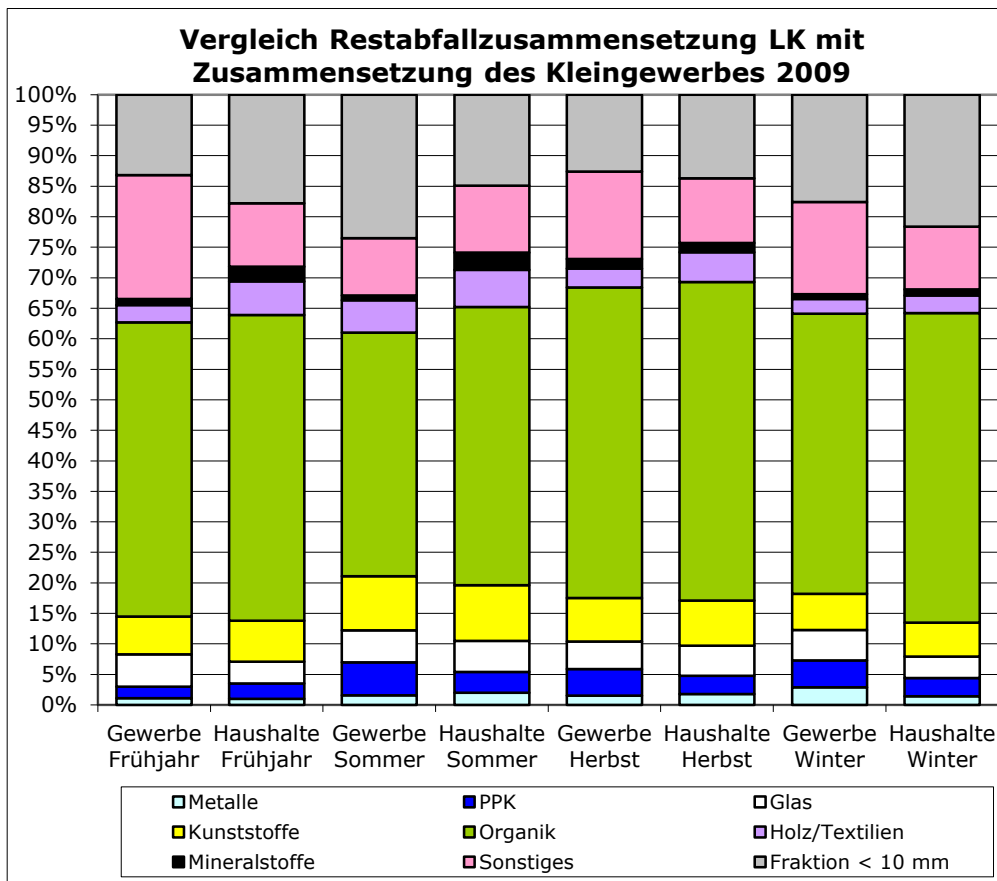


Abbildung 21: Zusammensetzung von Restabfällen aus Haushalten im Vergleich zur Zusammensetzung gewerblicher Abfälle

Der Anteil der gewerblichen Abfälle an der kommunalen Restabfallsammlung wird im Freistaat Sachsen auf eine Größenordnung von 5 bis 10 % geschätzt.

Aufgrund der ähnlichen Zusammensetzung und des geringen Anteils gewerblicher Abfälle ist ein Ausschluss gewerblicher Abfälle aus der kommunalen Restabfallsammlung bei Sortieranalysen nicht notwendig. In der Praxis ist bei der Probennahme an einem Standort mit Mischbebauung (Restabfallbehälter aus Haushalten und Gewerbe) eine eindeutige Zuordnung der Behälter ohnehin oft nicht möglich.

Wenn gewerbliche Abfälle mit beprobt werden, hat dies im tatsächlichen Verhältnis zwischen Restabfällen aus Haushalten und Gewerbe im Untersuchungsgebiet zu erfolgen. Dies ist zu dokumentieren. Am Beispiel der Stadt Berlin wurden von ZWIESELE [2012] die Möglichkeiten der Planung von Abfallanalysen gewerblicher Abfälle (Auswahl auf Basis des europäischen Branchenindex (NACE, Klassifikation WZ 2008)) beschrieben.

4.2.5 Datenaufnahme und Auswertung

Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 unterschied zwischen notwendigen und zusätzlichen Rahmendaten. Je nach Aufgabenstellung sind unterschiedliche Rahmendaten erforderlich. In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 werden die Rahmendaten für häufige Aufgabenstellungen benannt, deren Erhebung an die konkrete Aufgabenstellung zu knüpfen ist. In der Anlage 3 der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 (Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen) sind zudem häufig benötigte Rahmendaten aufgeführt. Sie können durch Nutzung des Formulars bereits bei der Vorplanung Berücksichtigung finden.

Berechnung spezifischer abfallwirtschaftlicher Kenngrößen

In der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 waren Mess- bzw. Darstellungsgenauigkeit zur Bestimmung von

- Füllgrad,
- Bereitstellungsgrad,
- Abfallmasse,
- Raum- und Schüttdichte,
- verfügbares/beanspruchtes einwohnerspezifisches Behältervolumen,
- Nutzungsgrad des verfügbaren einwohnerspezifischen Behältervolumens und
- einwohnerspezifische Abfallmenge

festgelegt. Diese gelten auch zukünftig als wichtige Parameter. Deren Beschreibung und Definition wurde im Zuge der strukturellen Änderung überarbeitet und in einzelnen Fällen den praktischen Erfahrungen angepasst.

4.3 Anforderungen an Sortieranalysen anderer Abfallarten

4.3.1 Sperrige Abfälle

Anzahl und Zeitpunkt der Analysen

Am Beispiel ausgewählter Entsorgungsgebiete werden die Unterschiede im jahreszeitlichen Aufkommen sperriger Abfälle gezeigt (Abbildung 22).

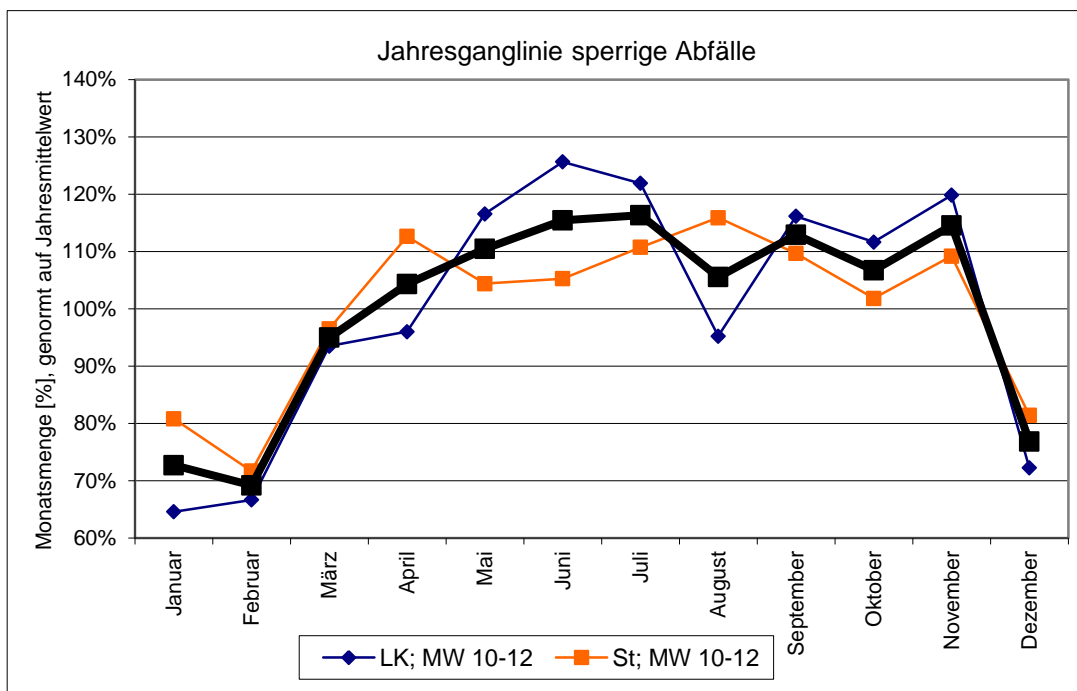


Abbildung 22: Jahresganglinie sperrige Abfälle ausgewählter sächsischer Entsorgungsgebiete im Zeitraum 2010 bis 2012

Im Zeitraum März bis November wurden deutlich mehr sperrige Abfälle als in den Monaten Dezember bis Februar erfasst.

Es wird ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Aktivitäten, wie Bau, Umgestaltung, Aufräumen an den Grundstücken bzw. Gartenanlagen, und der Menge sperriger Abfälle von Frühjahr bis Herbst vermutet.

Die Erfassung der sperrigen Abfälle ist in den Entsorgungsgebieten unterschiedlich organisiert. Unterschiede bestehen im Verhältnis der Erfassungsmengen über Hol-/Bringsystem sowie in der Art der Erfassung der sperrigen Abfälle aus Holz und der Elektro- und Elektronik-Altgeräte. In einigen Entsorgungsgebieten wird die Sammlung von sperrigen Abfällen im Holsystem im Winter nicht angeboten.

Festlegungen zu Anzahl und Zeitpunkt der Analyse von sperrigen Abfällen sind nicht möglich, sondern an die jeweilige Aufgabenstellung anzupassen.

Stichprobennahme und Ort der Sortierung

Aufgrund der Eigenschaften (Stückigkeit, Art der Sammlung) stellen die sperrigen Abfälle besondere Anforderungen an die Methodik der Sortieranalysen. Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 sah für die Sortierung von sperrigen Abfällen aus dem Holsystem die Probennahme und Sortierung am Standplatz vor. Ein Standplatz mit sperrigen Abfällen im Holsystem ist in Abbildung 23 dargestellt.



Abbildung 23: Beispiel eines Standplatzes für sperrige Abfälle im Holsystem

Die Grenzen der Umsetzbarkeit einer Sortierung am Standplatz zeigen sich bereits bei der Betrachtung der Abbildung 23. Ein Vergleich der Sortierung sperriger Abfälle am Standplatz mit der Stichprobennahme mit dem Entsorgungsfahrzeug und nachträglicher Sortierung wird in der Tabelle 25 durchgeführt.

Tabelle 25: Vergleich von Methoden zur Stichprobennahme und Sortierung sperriger Abfälle am Standplatz und mithilfe eines Sammelfahrzeugs

	Stichprobennahme am Standplatz	Stichprobennahme mit Sammelfahrzeug
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> – laut Sächsischer Sortierrichtlinie 1998 anzuwenden – Vorgehensweise entsprechend der Richtlinie 	<ul style="list-style-type: none"> – Auswahl von Touren je Schichtung, Begleitung der Touren (Aufnahme standplatzspezifischer Daten) – Stichprobennahme zur Sortierung aus abgelagertem Haufwerk oder Sortierung der Gesamtprobe
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> – Auswertung der Einzelstichproben (im Anfallzustand möglich (Statistik)) – kein separater Sortierplatz vonnöten – keine Technik zur Sammlung und Probenahme nötig – Einschätzung zur Funktionsfähigkeit der Einzelstücke (ganz/kaputt) weitgehend möglich 	<ul style="list-style-type: none"> – Sortierung einer deutlich größeren Stichprobenmenge pro Zeiteinheit realisierbar – einfache, nachvollziehbare Vorbereitung, Probenahme und Begleitung kann mit weniger personellem und zeitlichem Aufwand realisiert werden – Zusammensetzung entspricht derjenigen, die auch für weitere Behandlungsschritte zur Verfügung steht (Vorzerkleinerung im Sammelfahrzeug)
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> – hoher personeller, organisatorischer und zeitlicher Aufwand – Behinderung des Verkehrs möglich – Belästigung der Anwohner durch Staub und Lärm möglich – bedenklich in Bezug auf Hygiene und Arbeitsschutz – Aussagen zu weiterer Behandlung eingeschränkt möglich – Festlegung als Vorzugslösung begünstigt nicht repräsentative Probenauswahl 	<ul style="list-style-type: none"> – keine Rückverfolgung auf Standplatz möglich – hohe Anforderungen an Stichprobennahme aus Haufwerk (Entmischung der Einzelproben, verschobenes Korngrößenpektrum) – entfällt bei Komplettsortierung

Die Stichprobennahme mit dem Sammelfahrzeug und anschließende Sortierung ist aufgrund der benannten Vorteile ebenso geeignet. Anhand der konkreten Entsorgungsbedingungen sowie der Aufgabenstellung ist eine der beiden Methoden anzuwenden.

Bei der Sortieranalyse der sperrigen Abfälle im Bringsystem sind die Besonderheiten bei der Annahme der sperrigen Abfälle zu berücksichtigen, z. B. die Trennung sperriger Abfälle aus Holz aus den sonstigen sperrigen Abfällen.

Für die Stichprobenmenge sperriger Abfälle im Holsystem sah die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 eine Beprobung von fünf Tagestouren mit jeweils zwei Fahrzeugladungen vor. Die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 berücksichtigt den Einfluss der Schichtungen bei der Festlegung der Stichprobenmenge folgendermaßen:

- Sächsische Sortierrichtlinie 1998: fünf Tagestouren (jeweils ca. zwei Fahrzeugladungen) mit ca. 20 m³ verpressten Abfällen je Analysetag
- Sächsische Sortierrichtlinie 2014: zehn Einzelproben mit ca. 20 m³ verpressten³⁰ Abfällen unter Berücksichtigung von Schichtungen auf Basis gebietsspezifischer Besonderheiten.

³⁰ sofern sperrige Abfälle im Bringsystem in Containern erfasst werden, liegt eine entsprechende Verdichtung vor

Stoffgruppen der Sortierung von sperrigen Abfällen

Bei der Sortieranalyse von sperrigen Abfällen findet ein sehr breites Spektrum an Stoffgruppen (Detailauswertung siehe Anlage 6) Anwendung. Dieses Spektrum ist bedingt durch:

- Organisation der Sammlung (z. B. Trennung sperrige Abfälle aus Holz und sonstige sperrige Abfälle, gemeinsame Sammlung mit Elektro- und Elektronik-Altgeräten),
- Sammlung im Hol-/ bzw. Bringsystem,
- satzungsrechtliche Fragestellungen (z. B. Prüfung, ob satzungsseitig ausgeschlossene Abfälle bereitgestellt wurden, haushaltspezifisches Maximalvolumen) und
- Fragestellungen, welche sich aus der Abfallbehandlung ergeben (z. B. Behandlungsoptionen, Anteil sperrige Abfälle aus Holz).

Anlage 2 der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 zeigt die Stoffgruppen für die Sortierung der sperrigen Abfälle für das Anwendungsbeispiel grundlegender kommunaler Planungen. Je nach Aufgabenstellung sind andere Stoffgruppen möglich. So ist eine Berücksichtigung der Altholzklassen (A1 bis A4) oder eine Sortierung in Stoffgruppen, wie sie in Behandlungsanlagen für sperrige Abfälle anfallen, denkbar.

Sichtung von sperrigen Abfällen am Standplatz

In der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 war die Methodik der Sichtung für die Analyse der sperrigen Abfälle nicht vorgesehen. Tabelle 26 stellt die allgemeinen Anforderungen an die Sichtung von Abfällen und die Eigenschaften der sperrigen Abfälle gegenüber.

Tabelle 26: Anwendungsvoraussetzungen für die Sichtung von Abfällen am Standplatz und Eigenschaften von sperrigen Abfällen

Anwendungsvoraussetzungen lt. Kap. 3.2.3 der Sächsischen Sortier- richtlinie 1998 für die Sichtung	für die Analyse der sperrigen Abfälle am Standplatz zutreffend	Anwendungsbeispiel
– die Untersuchungseinheiten sind sehr homogen (geringe Durchmischung, wenige Stoffgruppen)	– wenige Stücke und entsprechend wenige Stoffgruppen pro Standplatz – große Einzelstücke gut sichtbar	– durchschnittlich 3,7 Stoffgruppen pro Standplatz bei 16 vorgegebenen
– die Grundgesamtheit ist heterogen (starke Schwankung der Abfallzusammensetzung von Standplatz zu Standplatz)	– starke Schwankungen in der Zusammensetzung zwischen den Standplätzen – wenige Stoffgruppen am Standplatz bereitgestellt	– Holzanteil (dominierende Stoffgruppe) 0 bis 100 % – sechs Stoffgruppen waren in mindestens einer Stichprobe Hauptanteil

Die sperrigen Abfälle erfüllen mit ihren Eigenschaften die Anwendungsvoraussetzungen für die Sichtung. Dies gilt nur für sperrige Abfälle vor der Sammlung. Die Sichtung von sperrigen Abfällen im Haufwerk nach der Sammlung erfüllt die Anwendungsvoraussetzungen aufgrund der Zerkleinerung im Sammelfahrzeug nicht.

Tabelle 27 vergleicht die Methoden der Sortierung und Sichtung sperriger Abfälle.

Tabelle 27: Vergleich von Sichtung und Sortierung von sperrigen Abfällen

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

Die Sichtung von sperrigen Abfällen ist geeignet für eine überschlägige Ermittlung der Zusammensetzung der sperrigen Abfälle und Datenerhebung ohne Beeinflussung des Sammelvorgangs. Als Beispiele für eine mögliche Anwendung sind

- die Voruntersuchung zur Prüfung von Verwertungsoptionen und
- die Ermittlung von Abfällen, welche seitens der jeweiligen Abfallwirtschaftssatzung von der Sammlung sperriger Abfälle ausgeschlossen sind (z. B. Altreifen, Bauabfälle),

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

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

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

Die Sichtung wird unter den oben genannten Voraussetzungen und Einschränkungen als eine alternative bzw. ergänzende Methode zur Bestimmung der Zusammensetzung von sperrigen Abfällen in die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 aufgenommen. Im Regelfall ist die Analyse der sperrigen Abfälle mittels Sortierung vorzunehmen.

4.3.2 Behältergestützt erfasste Abfälle (Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonagen)

Allgemeine Anforderungen an Sortieranalysen sind im Kapitel 4.1 beschrieben. Die restabfallspezifischen Anforderungen sind in Kapitel 4.2 festgelegt. Die Anforderungen aus Kapitel 4.2 gelten auch für Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonagen, soweit nachfolgend keine anderen Anforderungen formuliert werden.

Anzahl und Zeitpunkt der Analysen

Bei den Leichtverpackungen, Glas und Papier, Pappe, Kartonagen wurden keine gesonderten Untersuchungen zum jahreszeitlichen Aufkommen angestellt. Im Vergleich zu den Rest- oder Bioabfällen werden nur geringe Unterschiede erwartet.

Diese Einschätzung wird auch durch die Betrachtung der Anteile dieser Wertstoffe in den Restabfällen in Abhängigkeit der Jahreszeiten (siehe Abbildung 9) gestützt. Unterschiede im Aufkommen sind unmittelbar im Anschluss an Feiertage bzw. durch Ferienzeiten, z. B. Aufräumaktionen am Ende von Ferienzeiten, zu erwarten.

Im Gegensatz dazu unterliegt der getrennt über die Biotonne erfasste Bioabfall jahreszeitlichen Schwankungen. Das jahreszeitliche Aufkommen von getrennt über die Biotonne erfassten Bioabfällen zeigt Abbildung 24:

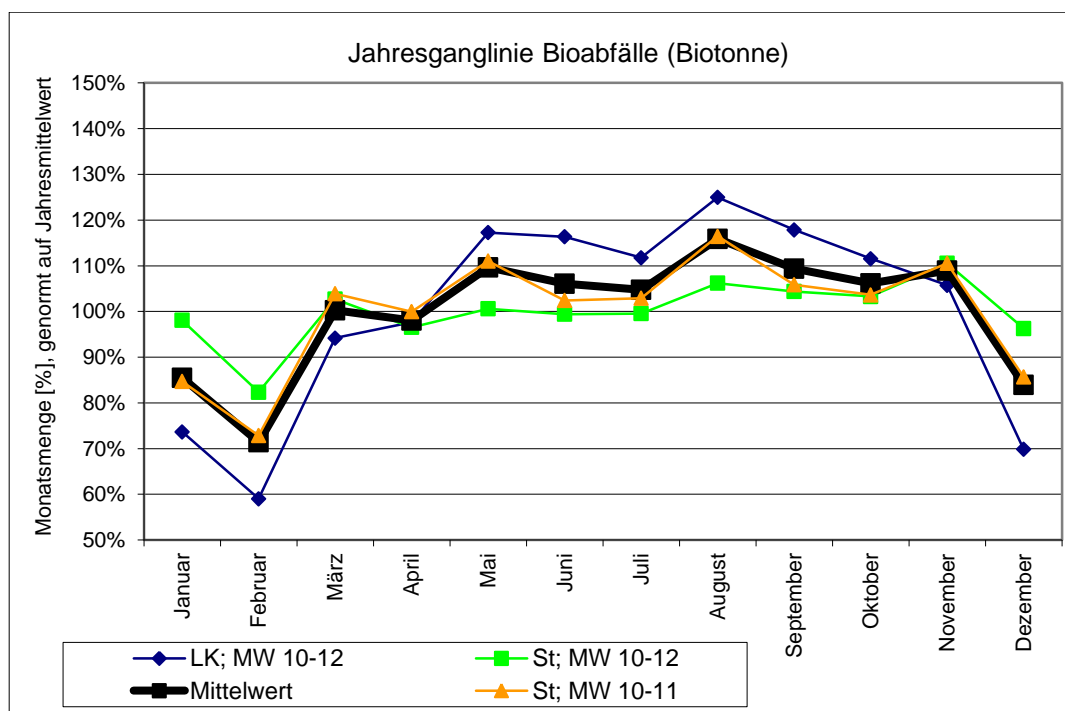


Abbildung 24: Jahresganglinie der über die Biotonne erfassten Bioabfälle ausgewählter sächsischer Entsorgungsgebiete im Zeitraum 2010 bis 2012

In der Vegetationsperiode ist ein erhöhtes Aufkommen an Bioabfällen, welche über die Biotonne erfasst wurden, zu verzeichnen. Im Vergleich zu den beiden städtischen Gebieten ist die Jahresganglinie im ländlichen Entsorgungsgebiet ausgeprägter.

Bioabfall-Sortieranalysen wurden ausgewertet (siehe Abbildung 25), um saisonale und bebauungsstrukturbezogene Unterschiede in der Zusammensetzung der Bioabfälle in der Biotonne zu erkennen. Für eine einheitliche Basis wurde nur das Verhältnis Küchen- zu Gartenabfällen (genormt auf 100 %) betrachtet. Für den Winter lagen keine auswertbaren Analysen vor.

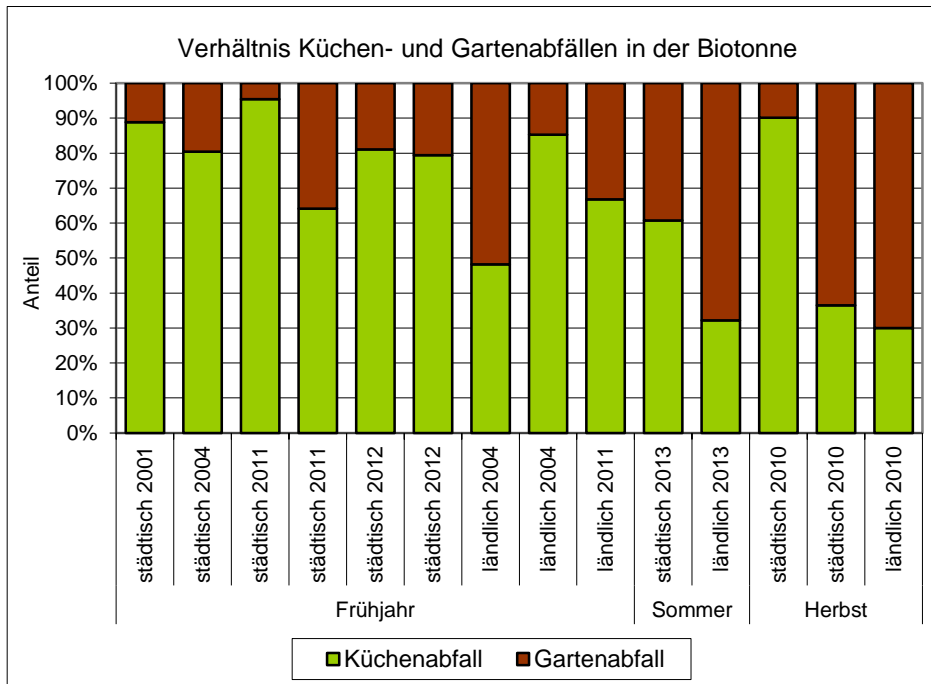


Abbildung 25: Vergleich des Verhältnisses von Küchen- und Gartenabfällen in Bioabfällen

Abbildung 25 zeigt im Verhältnis der Küchen- und Gartenabfälle jahreszeitliche Unterschiede und Unterschiede zwischen den Bebauungsstrukturen auf. Die Zusammensetzung schwankt aber auch innerhalb der Jahreszeiten und der Bebauungsstrukturen stark. Als mögliche Ursachen können benannt werden:

- Abhängigkeit der Zusammensetzung von lokalen und zeitlich begrenzten Aktivitäten (Rasenschnitt, Baum- und Strauchschnitt),
- unterschiedliche Gebührensysteme für Bioabfälle (Biotonne),
- Vorhandensein unterschiedlicher alternativer Sammlungen (Wertstoffhof, separate Sammlung von Grünabfällen, gewerbliche Erfassung von Bio- und Grünabfall).

In einigen Entsorgungsgebieten werden Weihnachtsbäume mit der Bioabfallsammlung (Biotonne) erfasst. In dem Fall ändert sich, zumindest zeitlich begrenzt, die Zusammensetzung.

Allgemeingültige Vorgaben zu Zeitpunkt und Anzahl von Bioabfallsortieranalysen sind auch unter Berücksichtigung unterschiedlicher Aufgabenstellungen nicht sinnvoll. Bioabfall-Sortieranalysen sind unter Beachtung der jeweiligen Jahressganglinie zu mehreren Zeitpunkten durchzuführen. Der große Einfluss von lokal und zeitlich begrenzten Aktivitäten kann vermieden werden, wenn die Proben je Schichtung aus mehreren Untersuchungsgebieten gewonnen werden.

In Tabelle 28 werden die Anforderungen der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 an den Stichprobenumfang für Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas sowie Papier, Pappe, Kartonagen dargestellt und mit denen der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 verglichen.

In der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wurde bei den Wertstoffen bei der Anzahl der Stichprobeneinheiten zwischen mindestens 16 Stichprobeneinheiten (Bioabfälle) und mindestens 25 Stichprobeneinheiten unterschieden. In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 wird eine Mindestanzahl von 20 Stichproben je Kampagne vorgegeben. Hintergrund ist der Verzicht auf die Vorgabe der Anzahl jahreszeitlicher Kampagnen bei über die Biotonne erfassten Bioabfällen aufgrund unterschiedlicher Aufgabenstellungen.

Tabelle 28: Anforderungen an den Stichprobenumfang sowie Anzahl der Analysen für Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas und Papier, Pappe, Kartonagen

Anzahl und Zeitpunkt		Stichprobenumfang	Bemerkung
Bioabfälle (Biotonne)			
Sächsische Sortierrichtlinie 1998	mindestens vier jahreszeitliche Kampagnen, wenn weniger, dann Nachweis hinreichender statistischer Genauigkeit	mind. 16 SPE (240-l-Behälter) je Kampagne bzw. 64 SPE je Untersuchung	große Schwankungen im Verhältnis Küchen-/ Gartenabfälle
Sächsische Sortierrichtlinie 2014	Verweis auf jahreszeitliche Schwankungen und Erfordernis mehrerer jahreszeitlicher Analysen, jedoch keine explizite Vorgabe, da die Ergebnisse von den konkreten Bedingungen vor Ort und der Aufgabenstellung abhängen und eine Erhöhung der Anzahl der SPE durch eine tiefergehende Schichtung nach Bebauungsstrukturen möglich ist	mind. 20 SPE (240-l-Behälter) je Kampagne, mind. sechs SPE je Schichtung	
Leichtverpackungen			
Sächsische Sortierrichtlinie 1998	mindestens eine Kampagne	mind. 25 SPE (1.100-l-Behälter) je Kampagne, kleinere Stichprobengrößen sind möglich, wenn gleichbleibende Genauigkeit nachgewiesen wird	die gleichbleibende Genauigkeit kleinerer Stichprobengrößen ist nur in Ausnahmefällen zu erwarten, anstelle vieler SPE (25) ist der Fokus auf die Schichtungen zu legen
Sächsische Sortierrichtlinie 2014	entsprechend der Aufgabenstellung, mindestens eine Kampagne, Verweis auf Schichtung	mind. 20 SPE (1.100-l-Behälter) je Kampagne, mind. sechs SPE je Schichtung	
Glas (Hol- und Bringsystem)			
Sächsische Sortierrichtlinie 1998	mindestens eine Kampagne	Holsystem: mind. 25 SPE (240-l-Behälter) je Kampagne, 1.100-l-Behälter separat Bringsystem: mind. 20 SPE	keine Unterscheidung in Hol- und Bringsystem, Stichprobenvolumen ist der Aufgabenstellung anzupassen
Sächsische Sortierrichtlinie 2014	entsprechend der Aufgabenstellung, mindestens eine Kampagne, Verweis auf Schichtung	mind. 20 SPE, sechs SPE je Schichtung, SPE-Volumen (240-l-Behälter oder 1.100-l-Behälter)	
Papier, Pappe, Kartonagen (Hol- und Bringsystem)			
Sächsische Sortierrichtlinie 1998	mindestens eine Kampagne	Holsystem: mind. 25 SPE (240-l-Behälter) je Kampagne, 1.100-l-Behälter separat Bringsystem: mind. 20 SPE	keine Unterscheidung in Hol- und Bringsystem, Stichprobenvolumen sollte der Aufgabenstellung angepasst werden
Sächsische Sortierrichtlinie 2014	entsprechend der Aufgabenstellung, mindestens eine Kampagne ³¹ , Verweis auf Schichtung	mind. 20 SPE, sechs SPE je Schichtung, SPE-Volumen (240-l-Behälter oder 1.100-l-Behälter)	

Bei der praktischen Umsetzung von Sortieranalysen von Bioabfällen ist zu beachten, dass sich Flüssigkeit im Sammelgefäß abscheiden kann.

Die in der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 getroffene Regelung zur getrennten Erfassung und Ausweisung der Flüssigkeit wird übernommen.

³¹ Es wird die Auswertung der Jahresganglinie der PPK-Menge empfohlen, da im direkten Anschluss an die Sommerferien bzw. zu Jahresbeginn abweichende Mengen (durch verstärkte Entsorgung von Katalogen, Telefonbüchern, Schulmaterialien) in Einzelfällen festgestellt wurden.

4.3.3 Sonstige Abfallarten

Für die Restabfälle, sperrigen Abfälle, Bioabfälle, Leichtverpackungen, Glas und Papier, Pappe, Kartonagen, wurden in den vorangestellten Kapiteln die Anforderungen an die Abfallsortierung beschrieben. Darüber hinaus können für Abfallarten unterschiedlicher Herkunftsbereiche Informationen zum Aufkommen und zur Zusammensetzung erforderlich sein (siehe Tabelle 29).

Tabelle 29: Systematik der sonstigen Abfallarten

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

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

In der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 wurden für einen Teil der oben genannten Abfälle Anforderungen an den Stichprobenumfang formuliert. In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 wird auf eine konkrete Formulierung für eine Basisanalyse für andere Abfallarten verzichtet. Informationen zur Grundgesamtheit für die Ableitung des Stichprobenumfangs stehen nicht zur Verfügung, da die betroffenen Abfallarten werden nur selten beprobt werden. Der Stichprobenumfang ist im Einzelfall auf die konkrete Aufgabenstellung (Festlegung der Genauigkeitsanforderungen) auszurichten.

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

„Die Probenahme ist integraler Bestandteil der physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchung und bestimmt maßgeblich die Qualität der Ergebnisse. Eine detailliert festgelegte, alle Prüfgüter umfassende Vorgehensweise ist bei der Abfallprobenahme nicht möglich; vielmehr muss ein pragmatischer, abfallbezogener Ansatz unter Einbeziehung aller Vorinformationen gefunden werden. Ziel der Probenahme ist die Gewinn-

nung von Teilmengen, die zur Ermittlung charakteristischer Merkmale von Abfällen oder abgelagerten Materialien geeignet sind. Hierbei ist von besonderer Bedeutung, inwieweit diese Teilmengen als repräsentativ für die Gesamtmenge hinsichtlich der zu beurteilenden Eigenschaften (Merkmale) gelten können. ... Es ist zu beachten, dass es sich bei diesen Vorgaben um grundlegende Anforderungen handelt, die je nach Zielsetzung (z. B. Forschungsvorhaben mit erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit/Vertrauenswürdigkeit), der Heterogenität der Abfallzusammensetzung sowie der stofflichen Inhomogenität des Materials sehr viel höher liegen können.“

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

Folgende Einflüsse können Auswirkungen auf das Aufkommen und die Zusammensetzung haben:

- Bebauungsstruktur bzw. Herkunft,
- jahreszeitliche Einflüsse,
- Unterschiede im Erfassungssystem oder
- zeitlich versetzte Proben bei Abfallentsorgungsanlagen³².

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

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

Bisher war die Methodik der Sichtung für Restabfälle aus Gewerbe und Industrie, Garten- und Parkabfälle sowie Marktabfälle zugelassen. Sichtungen wurden bisher an folgende Anforderungen geknüpft:

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

Diese Anforderungen werden in der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 fortgeschrieben. Für spezielle Fragestellungen ist es möglich, Sortierungen durch Sichtungen zu ergänzen bzw. auch Sichtungen durch Sortierungen zu stützen.

³² Bei zeitlich versetzten Proben aus Abfallentsorgungsanlagen sind der Anlageninput zum Zeitpunkt der Sortieranalyse und relevante Betriebsparameter der Anlage zu dokumentieren.

5 Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998

Im Kapitel 4 wurden die inhaltlichen Anforderungen für die Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 diskutiert und festgelegt.

Neben den inhaltlichen Anpassungen werden auch Veränderungen in der Struktur vorgenommen.

Allgemeine Anforderungen an die Durchführung von Sortieranalysen, wie z. B. Anforderungen an den Arbeitsschutz, werden wie bisher in einem Kapitel „Allgemeine Anforderungen“ formuliert.

Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 war so aufgebaut, dass für jede einzelne Abfallart in einem eigenen Kapitel die Anforderungen für die Durchführung der Sortieranalysen formuliert wurden. Die allgemeinen Anforderungen wurden gesondert definiert, so dass die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 sehr umfangreich war. Die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 soll den öRE als eine leichter handhabbare Hilfestellung für Sortieranalysen dienen. Deshalb wurden die Anforderungen an Sortieranalysen nur für Restabfälle vollständig beschrieben. Für die anderen Abfallarten wurden die vom Vorgehen bei der Restabfall-Sortieranalyse abweichenden Anforderungen dargestellt. Diese Abweichungen werden übersichtlich in einem Kapitel zusammengestellt.

Die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 wird ergänzt um zwei Anlagen:

- Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen
- Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen.

Das Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen soll die ausschreibenden Stellen bei der Entscheidungsfindung und Vorplanung unterstützen. Eine eindeutige Leistungsbeschreibung ist die Grundlage für eine qualitätsgesicherte Sortieranalyse.

Das Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen soll gewährleisten, dass alle wichtigen Informationen zur Sortieranalyse (z. B. Zeitpunkt der Analyse, Sortiermenge, Methode der Probenahme) transparent zur Verfügung stehen.

In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 werden weiterhin Beispiele für Stoffgruppen bei ausgewählten Fragestellungen und verschiedenen Abfallarten aufgeführt.

In der sächsischen Sortierrichtlinie 2014 ist in einer gesonderten Anlage der notwendige Stichprobenumfang für Restabfälle hergeleitet.

Mit dem Begleitbericht zur Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 werden dem Anwender viele weiterführende Informationen, Beispieldaten, praktische Erfahrungen zur Verfügung gestellt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 legte für eine Vielzahl von Sortieranalysen den methodischen Grundstein auf hohem Qualitätsniveau. Die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 soll neben den Änderungen der abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen auch die Wirtschaftlichkeit der Sortieranalysen berücksichtigen.

Bei der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 werden die Mindestanforderungen für Basisanalysen auf den Prüfstand gestellt.

Die Sächsische Sortierrichtlinie 1998 wurde maßgeblich auf Basis von Sortierergebnissen aus Entsorgungsgebieten mit pauschalen Gebührensystemen erstellt. Im Freistaat Sachsen werden flächendeckend verursachergerechter Gebührensysteme zur Erfassung und Abrechnung von Restabfällen genutzt. Damit verbunden ist eine deutlich höhere Restabfallmasse je Behälter. Diesem Umstand wurde bei der Fortschreibung der Sächsischen Sortierrichtlinie 1998 Rechnung getragen. In der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 wurde die Mindestanzahl der Stichproben von 80 Einzelstichproben mit je 1.100-l-Behälter auf 48 Einzelstichproben bei Basisanalysen gesenkt, ohne die statistischen Anforderungen an die Ergebnisse zu reduzieren.

Die Mindestanforderungen an den Stichprobenumfang in Hinblick auf die Anzahl der jahreszeitlichen Analysen und die Schichtung des Entsorgungsgebietes wurden flexibler gestaltet.

Die Sächsische Sortierrichtlinie 2014 berücksichtigt durch ihre Gestaltung die Anforderungen an Sortieranalysen für verschiedenste Fragestellungen.

Mit der Sächsischen Sortierrichtlinie 2014 steht öRE, Entsorgungsunternehmen, Forschungseinrichtungen, Anlagenbetreibern und -herstellern sowie den die Sortieranalysen durchführenden Unternehmen eine Methodik zur Verfügung, welche für zukünftige abfallwirtschaftliche Aufgabenstellungen die Ermittlung von belastbaren Grundlagendaten ermöglicht.

7 Literaturverzeichnis

- AGRILEXIKON 2014: <http://www.agrilexikon.de/index.php?id=vegetationsperiode>, abgerufen am 10.03.2014
- BILITEWSKI, HÄRDTLE 2013: Bilitewski, Prof. Dr.-Ing., B., Härdtle, Dr.-Ing., G.: Abfallwirtschaft – Handbuch für Praxis und Lehre, 4. Auflage, 2013
- BAFU 2014: Bundesamt für Umwelt: Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2012, 28.01.2014
- BÜLL 2006: Büll, U.: Sortieranaysen für die Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung fester Abfälle, Müllhandbuch Band 2, Beitrags-Nr. 1671, Lfg. 01/2006
- BUWAL 2003: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Erhebung der Kehrichtzusammensetzung, 2003
- DGWA 2012: Deutsche Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V.: Positionspapier des Arbeitskreises Analytik der Deutschen Gesellschaft für Abfallwirtschaft e.V. zur Überarbeitung der LAGA PN 98, 11.06.2012, http://www.dgaw.de/files/uploaded/pressmessages/positionspapier-laga-pn-98_1339751906.pdf, abgerufen am 17.03.2014
- EUROPEAN COMMISSION 2004: European Commission: Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool), User Version, 03/2004
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL 2004: LAGA PN 98 – Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen, Stand Dezember 2011, herausgegeben in dieser Fassung im Juli 2004
- LANDESAMT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN THÜRINGEN 2001: Merkblatt zur Gewährleistung des Arbeitsschutzes bei der Durchführung von Hausmüllanalysen gemäß § 8 Thüringer Abfallwirtschaftsplan-Verordnung, 2001
- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 1998: Leitfaden für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Masse und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle in Sachsen-Anhalt – Teilbereich „Abfälle aus privaten Haushalten“, 1998
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG 1999: Fachbeitrag 34, erschienen in Müll und Abfall, Lfg 7/1999
- LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN 1998: Leitfaden für Analysen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung von Abfällen aus Haushaltungen, Materialien Nr. 47, 1998
- MARB 2005: Marb, Dr.-Ing., C., Przybilla, I., Weigand, Dr., H.: Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen – Teil I – Methodischer Ansatz, Müll und Abfall, 09/2005
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE 1998-2014: Abfallbilanzen der Jahre 1997 bis 2012
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (HRSG.) 1998: Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2013: Merkblatt zur Durchführung von Untersuchungen zur stofflichen Zusammensetzung des Restmülls aus Haushaltungen (Merkblatt Hausmüllanalysen, Stand 15.01.2013), veröffentlicht auf der Internetpräsenz der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, <http://www.tlug-jena.de/de/tlug/umweltthemen/abfallwirtschaft/abfallbilanz/>, abgerufen am 07.11.2013
- WEIGAND 2005: Weigand, Dr., H., Marb, Dr.-Ing., C.: Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen – Teil II – Restmüllzusammensetzung als Funktion von Siedlungsstruktur und Abfallwirtschaftssystem, 10/2005
- WEIGAND 2006: Weigand, Dr., H., Marb, Dr.-Ing., C.: Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll aus Haushaltungen – Teil III – Physikalisch-chemische Eigenschaften und Schadstoffgehalte, Müll und Abfall, 05/2006

- WEIGAND 2011: Weigand, Prof. Dr., H., Riedel, H., Marb, Dr.-Ing., C.: Restmüllsortierung – Ermittlung des Abfallaufkommens unter Berücksichtigung variabler Standzeiten bei Ident-Systemen, Müll und Abfall, 06/2011
- WINTERSTEIN 2012: Probennahmestrategien für eine repräsentative und kostenoptimierte Beprobung von Abfallhaufwerken, Müll und Abfall, 11/2012
- ZWISELE 2005: Zwisele, Dr.-Ing., B.: Probenahmemethoden für die Bestimmung von Menge und Zusammensetzung fester Abfälle, Müllhandbuch Band 2, Beitrags-Nr. 1661, Lfg. 05/2005
- ZWISELE 2006: Zwisele, Dr.-Ing., B.: Einführender Beitrag zu den Untersuchungsmethoden für die Menge, Zusammensetzung und chemisch-physikalisch-biologischen Eigenschaften fester Abfälle, Müllhandbuch Band 2, Beitrags-Nr. 1651, Lfg. 03/2006
- ZWISELE 2012: Zwisele, Dr.-Ing., B., Nogueira, Dr.-Ing., M.: Haus- und Geschäftsmülluntersuchung Berlin 2008, Müllhandbuch Band 2, Beitrags-Nr. 1741, Lfg. 01/2012

8 Anlagen

- Anlage 1 Übersicht der stofflichen Unterteilung der ersten Differenzierungsebene
- Anlage 2 Übersicht der stofflichen Unterteilung der zweiten und dritten Differenzierungsebene
- Anlage 3 Zuordnung von Stoffgruppen nach Beseitigungs- und Verwertungsverfahren (übernommen aus der Sortierrichtlinie Sachsen von 1998)
- Anlage 4 Gegenüberstellung der Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene der ausgewerteten Sortierberichte
- Anlage 5 Beispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Abfallarten und Fragestellungen
- Anlage 6 Sperrige Abfälle – Stoffgruppen in der Praxis
- Anlage 7 Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen
- Anlage 8 Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen
- Anlage 9 Statistische Grundlagen

Anlage 1 Übersicht der stofflichen Unterteilung der ersten Differenzierungsebene

Nr.	Sächsische Sortierrichtlinie	Brandenburger Sortierrichtlinie	Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden	Thüringer Merkblatt	Nordrhein-Westfälischer Leitfaden
1	Fe-Metalle	Fe-Metalle	Fe-Metalle	Fe-Metalle	Fe-Metalle
2	NE-Metalle	NE-Metalle	NE-Metalle	NE-Metalle	NE-Metalle
3	Papier/Pappe/Karton	Papier/Pappe/Karton	Papier/Pappe/Karton	Papier/Pappe/Karton	Papier/Pappe/Karton
4	Glas	Glas	Glas	Glas	Glas
5	Kunststoffe	Kunststoffe	Kunststoffe	Kunststoffe	Kunststoffe
6	Organik	Organik	Organik	Organik	Organik
7	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz
8	Textilien	Textilien	Textilien	Textilien	Textilien
9	Mineralstoffe	Mineralstoffe	Mineralstoffe	Mineralstoffe	Mineralstoffe
10	Verbunde	Verbunde	Verbunde	Verbundverpackungen	Verbunde
11	Schadstoffbelastete Stoffe	Schadstoffbelastete Stoffe	Schadstoffbelastete Stoffe	Schadstoffbelastete Stoffe	Schadstoffbelastete Stoffe
12				Problemabfälle (E-Schrott)	
13				Hygieneprodukte	
14	Stoffe, a.n.g.	Stoffe, a.n.g.	Stoffe, a.n.g.	Stoffe, alle nicht genannten*	Stoffe, a.n.g.
15	Fraktion < 10 mm	Fraktion < 10 mm	Fraktion < 10 mm	(Fraktion < 10 mm) nicht aufgeführt, durch Methodik jedoch gegeben	Fraktion < 10 mm

* durch die geänderte Zuordnung der anderen Fraktionen auch hier Verschiebungen der Fraktionen

Anlage 2 Übersicht der stofflichen Unterteilung der zweiten und dritten Differenzierungsebene

Nr	Sächsische Sortierrichtlinie		Brandenburger Sortierrichtlinie		Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden		Thüringer Merkblatt		Nordrhein-Westfälischer Leitfaden	
	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene
Fe-Metalle	Fe-Verpackungen	Getränkedosen Konservendosen Fe-Aerosoldosen Umreifungsbänder Sonst. Fe-Verpackungen	Fe-Verpackungen	Getränkedosen Konservendosen Fe-Aerosoldosen Umreifungsbänder Sonst. Fe-Verpackungen	Fe-Verpackungen	Getränkedosen Konservendosen Fe-Aerosoldosen Umreifungsbänder Sonst. Fe-Verpackungen	Verpackungen		Fe-Verpackungen	Getränkedosen Konservendosen Fe-Aerosoldosen Umreifungsbänder Sonst. Fe-Verpack.
	Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Nichtverpackungen		Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)
NE-Metalle	Alu-Verpackungen	Alu-Dosen Alu-Aerosoldosen Sonst. Alu-Verpackung.	Alu-Verpackungen	Alu-Dosen Alu-Aerosoldosen Sonst. Alu-Verpackung.	Alu-Verpackungen	Alu-Dosen Alu-Aerosoldosen Sonst. Alu-Verpackung.	Verpackungen		Alu-Verpackungen	Alu-Dosen Alu-Aerosoldosen Sonst. Alu-Verpackung.
	Sonst. NE-Verpack.	NE-Verschlüsse Blei-Kapseln Sonst. NE-Verpack.	Sonst. NE-Verpack.	NE-Verschlüsse Blei-Kapseln Sonst. NE-Verpack.	Sonst. NE-Verpack.	NE-Verschlüsse Blei-Kapseln Sonst. NE-Verpack.			Sonst. NE-Verpack.	NE-Verschlüsse Blei-Kapseln Sonst. NE-Verpack.
	Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)	Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)	Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)	Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)	Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)	Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)	Nichtverpackungen		Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)	Sonst. NE-Metalle (keine Verpackungen)
	PPK-Verpackungen	Pappe Papier Kartonagen Einweggeschirr Sonst. PPK-Verpack.	PPK-Verpackungen	Pappe Papier Kartonagen Einweggeschirr Sonst. PPK-Verpack.	PPK-Verpackungen	Pappe Papier Kartonagen Einweggeschirr Sonst. PPK-Verpack.	Verpackungen		PPK-Verpackungen	Pappe Papier Kartonagen Einweggeschirr Sonst. PPK-Verpack.
PPK-Druckerzeugnisse und Administrationsp.	Zeitschriften Illustrierte Bücher Administrationspapiere Sonstige PPK-Druck- u. Admin.-papiere	PPK-Druckerzeugnisse und Administrationsp.	Zeitschriften Illustrierte Bücher Administrationspapiere Sonstige PPK-Druck- u. Admin.-papiere	PPK-Druckerzeugnisse und Administrationsp.	Zeitschriften Illustrierte Bücher Administrationspapiere Sonstige PPK-Druck- u. Admin.-papiere			PPK-Druckerzeugnisse und Administrationsp.	Zeitschriften Illustrierte Werbeprospekte/ Kataloge Administrationspapiere Sonstige PPK-Druck- u. Admin.-papiere	
Sonstiges PPK (keine Verpackungen)	Pappmöbel Papiertapeten Sonst. PPK	Sonstiges PPK (keine Verpackungen)	Pappmöbel Papiertapeten Sonst. PPK	Sonstiges PPK (keine Verpackungen)	Pappmöbel Papiertapeten Sonst. PPK	Nichtverpackungen z. B. Papiertapeten beschriebenes Papier		Sonstiges PPK (keine Verpackungen)	Pappmöbel Papiertapeten Sonst. PPK	

Anlage 2: Übersicht der stofflichen Unterteilung der zweiten und dritten Differenzierungsebene – Fortsetzung

Nr	Sächsische Sortierrichtlinie		Brandenburger Sortierrichtlinie		Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden		Thüringer Merkblatt		Nordrhein-Westfälischer Leitfaden	
	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene
Glas	Glas-Verpackungen (Einweg)	Weißglas Braunglas Grünglas Sonst. Glas-Verpack.	Glas-Verpackungen (Einweg)	Weißglas Braunglas Grünglas Sonst. Glas-Verpack.	Glas-Verpackungen (Einweg)	Weißglas Braunglas Grünglas Sonst. Glas-Verpack.	Verpackungen		Glas-Verpackungen (Einweg)	Weißglas Braunglas Grünglas Sonst. Glas-Verpack.
	Glas-Verpackungen (Mehrweg)	Glas-Verpackungen (Mehrweg)	Glas-Verpackungen (Mehrweg)	Glas-Verpackungen (Mehrweg)	Glas-Verpackungen (Mehrweg)	Glas-Verpackungen (Mehrweg)			Glas-Verpackungen (Mehrweg)	Glas-Verpackungen (Mehrweg)
	Hohlglas (keine Verpackungen)	Röhrglas Trinkglas Medizinische Gläser Sonst. Hohlgläser (keine Verpackungen)	Hohlglas (keine Verpackungen)	Röhrglas Trinkglas Medizinische Gläser Sonst. Hohlgläser (keine Verpackungen)	Hohlglas (keine Verpackungen)	Röhrglas Trinkglas Medizinische Gläser Sonst. Hohlgläser (keine Verpackungen)	Nichtverpackungen		Hohlglas (keine Verpackungen)	Röhrglas Trinkgläser Medizinische Gläser Sonst. Hohlgläser (keine Verpackungen)
	Sonstiges Glas (keine Verpackungen)	Flachglas Sonstige Gläser (keine Verpackungen)	Sonstiges Glas (keine Verpackungen)	Flachglas Sonst. Gläser (keine Verp., keine HohlgL.)	Sonstiges Glas (keine Verpackungen)	Flachglas Sonstige Gläser (keine Verpackungen)			Sonstiges Glas (keine Verpackungen)	Flachglas Sonstige Gläser (keine Verpackungen)
Kunststoffe	Kunststoff-Verpackungen	Becher Blister Folien Schaumstoffe Hohlkörper Einweggeschirr Umreifungsbänder Sonst. Kunststoff-Verpackungen	Kunststoff-Verpackungen	Becher Blister Folien Schaumstoffe Hohlkörper Einweggeschirr Umreifungsbänder Sonst. Kunststoff-Verpackungen	Kunststoff-Verpackungen	Becher Blister Folien Schaumstoffe Hohlkörper Einweggeschirr Umreifungsbänder Sonst. Kunststoff-Verpackungen	Verpackungen		Kunststoff-Verpackungen	Becher Blister Folien Schaumstoffe Hohlkörper Einweggeschirr Umreifungsbänder Sonst. Kunststoff-Verpackungen
	Sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	Folien Fensterrahmen Rohre Dämmmaterialien Kunststoffmöbel Sonstige Kunststoffe	Sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	Folien Fensterrahmen Rohre Dämmmaterialien Kunststoffmöbel Sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	Sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	Folien Fensterrahmen Rohre Dämmmaterialien Kunststoffmöbel Sonstige Kunststoffe			Nichtverpackungen	

Anlage 2: Übersicht der stofflichen Unterteilung der zweiten und dritten Differenzierungsebene – Fortsetzung

Nr	Sächsische Sortierrichtlinie		Brandenburger Sortierrichtlinie		Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden		Thüringer Merkblatt		Nordrhein-Westfälischer Leitfaden	
	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene
Organik (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet)	Küchenabfälle	Fleisch, Fisch, Knochen Gekochte Speisereste Sonst. Küchenabfälle	Küchenabfälle	Fleisch, Fisch, Knochen Gekochte Speisereste Sonst. Küchenabfälle			Küchenabfälle		Küchenabfälle	Fleisch, Fisch, Knochen Gekochte Speisereste Sonst. Küchenabfälle
	Gartenabfälle	Laub Strauchwerk und Baumschnitt Rasenschnitt Schnitt- und Topfblumen Sonst. Gartenabfälle	Gartenabfälle	Laub Strauchwerk und Baumschnitt Rasenschnitt Schnitt- und Topfblumen Sonst. Gartenabfälle			Gartenabfälle		Gartenabfälle	Laub Strauchwerk und Baumschnitt Rasenschnitt Schnitt- und Topfblumen Sonst. Gartenabfälle
	Sonstige Organik	Biol. abbaubare Verpackungen Hygienepapiere Sonst. nichtgen. Organ.	Sonstige Organik	Biol. abbaubare Verpackungen Hygienepapiere Sonst. nichtgen. Organ.			Sonst. kompostierbare Stoffe (keine Hygienepap. und Papiertaschent.)		Sonstige Organik	Biol. abbaubare Verpackungen Hygienepapiere Sonst. nichtgen. Organ.
Holz	Holz-Verpackungen	Holz-Verpackungen	Holz-Verpackungen	Holz-Verpackungen	Holz-Verpackungen	Holz-Verpackungen			Holz-Verpackungen	Holz-Verpackungen
	Sonstiges Holz (soweit nicht einer anderen)	Holzmöbel Sonst. Hölzer	Sonstiges Holz (soweit nicht einer anderen)	Holzmöbel Sonst. Hölzer	Sonstiges Holz (soweit nicht einer anderen)	Holzmöbel Sonst. Hölzer			Sonstiges Holz (soweit nicht einer anderen)	Holzmöbel Sonst. Hölzer
Textilien	Bekleidungstextilien	Bekleidungstextilien	Bekleidungstextilien	Bekleidungstextilien	Bekleidungstextilien	Bekleidungstextilien	verwertbar		Bekleidungstextilien	Bekleidungstextilien
	Sonstige Textilien	Haustextilien (Decken, Handtücher etc.) Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.) Produktionsspezifische Abfälle	Sonstige Textilien	Haustextilien (Decken, Handtücher etc.) Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.) Produktionsspezifische Abfälle	Sonstige Textilien	Haustextilien (Decken, Handtücher etc.) Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.) Produktionsspezifische Abfälle	nicht verwertbar		Sonstige Textilien	Haustextilien (Decken, Handtücher etc.) Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.) Produktionsspezifische Abfälle
	Altschuhe	Altschuhe	Altschuhe	Altschuhe					Altschuhe	Altschuhe

Anlage 2: Übersicht der stofflichen Unterteilung der zweiten und dritten Differenzierungsebene – Fortsetzung

Nr	Sächsische Sortierrichtlinie		Brandenburger Sortierrichtlinie		Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden		Thüringer Merkblatt		Nordrhein-Westfälischer Leitfaden	
	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene
Mineralstoffe (kein Glas)	Keramik	Keramik-Verpackungen Sonstige Keramik	Keramik	Keramik-Verpackungen Sonstige Keramik	Keramik/Porzellan	Keramik-Verpackungen Sonstige Keramik/ Porzellan	Steine Bauschutt Fliesen Keramik		Keramik	Keramik-Verpackungen Sonstige Keramik
	Porzellan	Porzellan							Porzellan	Porzellan
	Sonstige Mineralstoffe	Sonstige Mineralstoffe	Sonstige Mineralstoffe	Sonstige Mineralstoffe	Sonstige Mineralstoffe	Sonstige Mineralstoffe			Sonstige Mineralstoffe	Sonstige Mineralstoffe
Verbunde (komplexe Produkte)	Verbund-Verpackungen	Papier-Verbunde Kunststoff-Verbunde Alu-Verbunde Getränkekartons Sonst. Verbundverpackungen	Verbund-Verpackungen	Papier-Verbunde Kunststoff-Verbunde Alu-Verbunde Getränkekartons Sonst. Verbundverpackungen	Verbund-Verpackungen	Papier-Verbunde Kunststoff-Verbunde Alu-Verbunde Getränkekartons Sonst. Verbundverpackungen	Verbundverpackungen		Verbund-Verpackungen	Papier-Verbunde Kunststoff-Verbunde Alu-Verbunde Getränkekartons Sonst. Verbundverpackungen
	Elektronikschrott	Entladungslampen Sonst. Elektronikschr.	Elektronikschrott	weiße Ware braune Ware IT-Ware	Elektronikschrott	Entladungslampen Sonst. Elektronikschr.	(Elektronikschrott in Problemabfällen enth.)		Elektronikschrott	Entladungslampen Weiße Ware Braune Ware Sonst. Elektronikschr.
	Verbund-Möbel	Polstermöbel Matratzen Sonst. Verbundmöbel	Verbund-Möbel	Polstermöbel Matratzen Sonst. Verbundmöbel	Verbund-Möbel	Polstermöbel Matratzen Sonst. Verbundmöbel	(Kleinföbel in Stoffe a.n.g. enthalten)		Verbund-Möbel	Polstermöbel Matratzen Sonst. Verbundmöbel
	Fahrzeugteile	Fahrzeugteile	Fahrzeugteile	Fahrzeugteile	Fahrzeugteile	Fahrzeugteile	(Fahrzeugteile in Stoffe a.n.g. enth.)		Fahrzeugteile	Fahrzeugteile
	Sonstige Verbunde	Holz-Metall-Verbunde Kunststoff-Metall-Verbunde Holz-Metall-Textilien-Verbunde	Sonstige Verbunde	Sonstige Verbunde	Sonstige Verbunde	Holz-Metall-Verbunde Kunststoff-Metall-Verbunde Holz-Metall-Textilien-Verbunde	(keine Zuordnung)		Sonstige Verbunde	Holz-Metall-Verbunde Kunststoff-Metall-Verbunde Holz-Metall-Textilien-Verbunde

Anlage 2: Übersicht der stofflichen Unterteilung der zweiten und dritten Differenzierungsebene – Fortsetzung

Nr	Sächsische Sortierrichtlinie		Brandenburger Sortierrichtlinie		Sachsen-Anhaltinischer Leitfaden		Thüringer Merkblatt		Nordrhein-Westfälischer Leitfaden	
	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene	2. Diff.-ebene	3. Diff.-ebene
Schadstoffe, Stoffe (Problemabfälle)	Batterien	Batterien	Batterien	Batterien	Batterien	Batterien	Batterien		Batterien	Batterien
	Akkumulatoren	Akkumulatoren			Akkumulatoren	Akkumulatoren			Akkumulatoren	Akkumulatoren
	Allmedikamente	Allmedikamente	Allmedikamente	Allmedikamente	Allmedikamente	Allmedikamente	Allmedikamente		Allmedikamente	Allmedikamente
	Allchemikalien	Allchemikalien	Allchemikalien	Allchemikalien	Allchemikalien	Allchemikalien	Allchemikalien		Allchemikalien	Allchemikalien
	Allöthaltige Materialien	Allöthaltige Materialien	Allöthaltige Materialien	Allöthaltige Materialien					Allöthaltige Materialien	Allöthaltige Materialien
	Sonstige schadstoff-belastete Stoffe	Sonstige schadstoff-belastete Stoffe	Sonstige schadstoff-belastete Stoffe	Sonstige schadstoff-belastete Stoffe	Sonstige schadstoff-belastete Stoffe	Sonstige schadstoff-belastete Stoffe	Sonstiges		Sonstige schadstoff-belastete Stoffe	Sonstige schadstoff-belastete Stoffe
Hygieneprodukte (nur Thüringer Merkblatt)							Windeln Hygieneartikel Papier Taschentücher			
Stoffe, alle nicht genannten	Leder	Leder-Verpackungen Sonstiges Leder	Leder	Leder-Verpackungen Sonstiges Leder	Leder	Leder-Verpackungen Allschuhe Sonstiges Leder	Leder		Leder	Leder-Verpackungen Sonstiges Leder
	Gummi	Gummi-Verpackungen Sonstiges Gummi	Gummi	Gummi-Verpackungen Sonstiges Gummi	Gummi	Gummi-Verpackungen Sonstiges Gummi	Gummi		Gummi	Gummi-Verpackungen Sonstiges Gummi
	Kork	Kork-Verpackungen Sonstiges Kork	Kork	Kork-Verpackungen Sonstiges Kork	Kork	Kork-Verpackungen Sonstiges Kork	Kork		Kork	Kork-Verpackungen Sonstiges Kork
	Hygieneprodukte	Windeln Sonstige Hygieneprodukte	Hygieneprodukte	Windeln Sonstige Hygieneprodukte	Hygieneprodukte	Windeln Sonstige Hygieneprodukte	Fahrzeugteile		Hygieneprodukte	Windeln Sonstige Hygieneprodukte
	Sonstige Stoffe, a. n. g.	Sonstige Stoffe, a. n. g.	Sonstige Stoffe, a. n. g.	Sonstige Stoffe, a. n. g.	Sonstige Stoffe, a. n. g.	Sonstige Stoffe, a. n. g.	Kleinmöbel		Sonstige Stoffe, a. n. g.	Sonstige Stoffe, a. n. g.
Fraktion < 10 mm	< 10 mm	< 10 mm			< 10 mm	< 10 mm			< 10 mm	< 10 mm

**Anlage 3 Zuordnung von Stoffgruppen nach Beseitigungs- und Verwertungsverfahren
(übernommen aus der Sortierrichtlinie Sachsen von 1998)**

2. Diff.-ebene	energ. Verwertung	stoffl. Verwertung	biol. Verwertung	mech.-biol. Behandlung	Ablage- rung
Fe-Verpackungen		X			X
Sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)		X			X
Aluminium-Verpackungen		X			X
Sonstige NE-Verpackungen		X			X
Sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)		X			X
PPK-Verpackungen	X	X			
PPK-Druckerzeugnisse und Administrationsp.	X	X			
Sonstiges PPK (keine Verpackungen)	X	X			
Glas-Verpackungen (Einweg)		X			X
Glas-Verpackungen (Mehrweg)		X			X
Hohlglas (keine Verpackungen)		X			X
Sonstiges Glas (keine Verpackungen)		X			X
Kunststoff-Verpackungen	X	X			
Sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	X	X			
Küchenabfälle		X	X	X	
Gartenabfälle		X	X	X	
Sonstige Organik		X	X	X	
Holz-Verpackungen	X	X			
Sonstiges Holz	X	X			
Bekleidung	X	X			
Sonstige Textilien	X	X			
Altschuhe		X			
Keramik		X			X
Sonstige Mineralstoffe		X			X
Verbund-Verpackungen	X	X			
Elektronikschrott	X	X			
Verbund-Möbel	X	X			
Fahrzeugteile	X	X			
Sonstige Verbunde	X	X			
Batterien		X			
Akkumulatoren		X			
Altmedikamente					
Altchemikalien					
Altölhaltige Materialien					
Sonstige schadstoffbelastete Stoffe					
Leder	X				
Gummi	X	X			
Kork	X	X			
Hygieneprodukte				X	
Sonstige Stoffe, a. n. g.					
Fraktion < 10 mm				X	

Anlage 4 Gegenüberstellung der Stoffgruppen der zweiten Differenzierungsebene der ausgewerteten Sortierberichte

1. Diff.-eb.	2. Diff.-ebene SSRL	Sortierberichte A-D	Sortierberichte E, F	Sortierbericht G	Sortierbericht I	Sortierbericht J
1	1 Fe-Verpackungen	1 Verpackungen	1 Fe-Verpackungen	1 Fe-Verpackungen	1 Fe-Verpackungen	1 Verpackungen
	2 Sonstige Fe-Met. (keine Verp.)	2 Sonstige	2 Sonstige Fe-Metalle	2 Fe-Nichtverpackungen	2 Sonstige Fe-Metalle (keine Verp.)	2 Sonstige
2	3 Aluminium-Verpackungen	3 Verpackungen	3 Aluminium-Verpackungen	3 NE-Verpackungen	3 Aluminium-Verpackungen	3 Verpackungen
	4 Sonstige NE-Verpackungen	4 Sonstige	4 Sonstige NE-Verpackungen	4 NE-Nichtverpackungen	4 Sonstige NE-Verpackungen	4 Sonstige
	5 Sonstige NE-Metalle (k. V.)		5 Sonstige NE-Metalle		5 Sonstige NE-Metalle (keine Verp.)	
3	6 PPK-Verpackungen	5 Druckerzeugnisse, Adm.-pap.	6 PPK-Verpackungen	5 PPK-Verpackungen	6 Verpackungen aus Papier	5 Druckerzeugnisse
	7 PPK-Druckerzeugnisse und Administrationspapier	6 PPK-Verpackungen	7 PPK-Druckerzeugnisse	6 PPK-Nichtverpackungen	7 Sonstige PPK (keine Verpackungen)	6 PPK-Verpackungen
	8 Sonstige PPK (keine Verpackungen)	7 Sonstige PPK	8 Sonstige PPK		8 Druckerzeugnisse	7 sonstige PPK
					9 Verpackungen aus Pappe/Kartonagen	
4	9 Glas-Verpackungen (Mehrweg)	8 Verpackungen	9 Glasverpackungen (Einweg)	7 Glas-Verpackungen	11 Verpackungen aus Glas (Einweg)	8 Verpackungen
	10 Glas-Verpackungen (Einweg)	9 sonstiges Glas	10 Glasverpackungen (Mehrweg)	8 Glas-Nichtverpackungen	12 Verpackungen aus Glas (Mehrweg)	9 sonstiges Glas
	11 Hohlglas (keine Verp.)		11 Hohlglas		13 Sonstiges Hohlglas (keine Verp.)	
	12 Sonstiges Glas (keine Verp.)		12 Sonstiges Glas		14 Sonstiges Glas (keine Verpackungen)	
5	13 Kunststoff-Verpackungen	10 Verpackungen	13 Kunststoff-Verpackungen	9 Kunststoff-Verpackungen	15 Verpackungen aus Kunststoff	10 Verpackungen
	14 sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	11 Sonstige	14 Sonstige Kunststoffe	10 Kunststoff-Nichtverpackungen	16 sonstige Kunststoffe (keine Verpack.)	11 Sonstiges
		12 Schaumstoffverpackungen				12 Schaumstoffe
		13 Vegetabilien (Küchenabfälle)	15 Küchenabfälle	11 Küchenabfälle	17 Küchenabfälle (problemlos kompostierbar)	14 Vegetabilien (Küchenabfälle)
6	16 Gartenabfälle	14 Gartenabfälle	16 Gartenabfälle	12 Gartenabfälle	18 Küchenabfälle (nicht problemlos kompostierbar)	
	17 sonstige Organik	17 sonstige organische Stoffe	17 sonstige organische Stoffe	13 sonstige organische Stoffe	19 Gartenabfälle	13 Gartenabfälle
					20 sonstige Organik	15 Hygienepapiere
7	18 Holz-Verpackungen	15 Holz	18 Holz-Verpackungen	14 Holz unbehandelt	21 Verpackungen aus Holz	16 Holz
	19 sonstiges Holz		19 Sonstige Hölzer		22 Holz unbehandelt (keine Verpackung)	
					23 Holz behandelt (keine Verpackung)	
8	20 Bekleidungstextilien	16 Textilien	20 Bekleidungstextilien	15 Textilien	24 Bekleidung	17 Textilien einschl. Schuhe
	21 sonstige Textilien		21 sonstige Textilien		25 sonstige Textilien	
	22 Schuhe		22 Schuhe		26 Schuhe	
9	23 Keramik	17 Mineralisches/Bauschutt	23 Keramik		27 Keramik	18 Mineralstoffe
	24 Porzellan		24 Porzellan		28 Porzellan	
	25 sonstige Mineralstoffe		25 sonstige Mineralstoffe		29 Verpackungen aus Mineralstoffen	
					30 Sonstige Mineralstoffe	
10	26 Verbund-Verpackungen	18 Verpackungen	26 Verbund-Verpackungen	16 Verbundverpackungen	31 Verpackungen aus Verbundmaterialien	19 Verpackungen
	27 Elektronikschrott	19 sonstige		17 sonstige Verbunde	32 Elektronikschrott	20 Elektrogeräte
	28 Verbund-Möbel	20 Windeln, Hygieneprodukte	27 Elektro- und Elektronikgeräte	18 E-Schrott	33 Verbund-Möbel	21 Sonstige
	29 Fahrzeugteile		28 Verbundmöbel		34 Fahrzeugteile	
	30 Sonstige Verbunde		29 Fahrzeugteile		35 Sonstige Verbundstoffe	
			30 Sonstige Verbunde			
11	31 Batterien	21 Problemabfall, Elektrogeräte	31 Batterien	19 Problemstoffe	36 Batterien	22 Problemabfälle
	32 Akkumulatoren		32 /Akkumulatoren		37 Akkumulatoren	
	33 Altmedikamente		33 Altmedikamente		38 Altmedikamente	
	34 Altchemikalien		34 Altchemikalien		39 Altchemikalien	
	35 Altölhaltige Materialien		35 Altölhaltige Materialien		40 Altölhaltige Materialien	
	36 sonstige schadstoffbelastete Materialien		36 sonstige Problemabfälle		41 sonstige schadstoffbelastete Materialien	
12	37 Leder	22 Leder, Gummi	37 Leder	20 Hygieneprodukte	42 Leder	23 Leder, Gummi...
	38 Gummi		38 Gummi	21 sonstige Abfälle	43 Gummi	24 Stoffe, a.n.g.
	39 Kork		39 Kork		44 Kork	25 Windeln, Hygieneprodukte
	40 Hygieneprodukte		40 Hygieneprodukte		45 Hygieneprodukte	
	41 Sonstige Stoffe, a. n. g.		41 sonstiger Rest		46 Sonstige Stoffe	
13 < 10 mm	42 Fraktion < 10 mm	23 10-40 mm	42 Mittelmüll	22 Mittelmüll		
		24 < 10 mm	43 Feinmüll	23 Feinmüll	47 Feinmüll (0-10 mm)	26 Feinmüll < 10 mm

Anlage 5 Beispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Abfallarten und Fragestellungen

Basisanalyse mit vertiefender Betrachtung der Verpackungsanteile

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

Anlage 5: Beispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Abfallarten und Fragestellungen – Fortsetzung

Bioabfall-Sortieranalyse mit vertiefender Betrachtung zur Eignung der organischen Stoffgruppen für Kompostier- und Vergärungsverfahren

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

Je nach zu betrachtendem Verfahren zur Bioabfallverwertung sind die organischen Stoffgruppen im Vorfeld der Sortieranalyse festzulegen und die organischen Bestandteile entsprechend zuzuordnen (z. B. Gartenabfälle holzig, Gartenabfälle halmgutartig [Laub], Brot- und Backwaren, fett- und eiweißreiche Küchenabfälle, sonstige Küchenabfälle [Obst, Gemüse]).

Anlage 5: Beispiele zu Stoffgruppen für ausgewählte Abfallarten und Fragestellungen – Fortsetzung

Analyse sperriger Abfälle für grundlegende kommunale Planungen

1. Differenzierungsebene	Zusatzebene	optional: sperrige Abfälle gemäß Satzung? ja/nein
Fe-Metalle		
NE-Metalle		
Papier, Pappe, Kartona- gen		
Glas		
Kunststoffe		X
Organik (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet)		
Holz (Vollholz und Holzwerkstoff)	Holzanteil 95 bis 100 %	X
	Holzanteil 50 bis 95 %	X
Textilien	Teppiche, textile Fußbodenbe- läge	
	Sonstige	
Mineralstoffe		
Verbunde	Holzanteil 25 bis 50 %	X
	Matratzen	
	Polstermöbel	X
	Elektro- und Elektronik-Altgeräte	
	Sonstige	X
Schadstoffbelastete Stoffe		
Stoffe, a. n. g.		
<i>ggf. Siebfraktionen</i>		

Anlage 6 Sperrige Abfälle – Stoffgruppen in der Praxis

Analyse 1	Analyse 2	Analyse 3	Analyse 4	Analyse 5	Analyse 6	Analyse 7	Analyse 8	Analyse 9	Analyse 10	Analyse 11	Analyse 12	Analyse 13	Analyse 14	Analyse 15	Sächs. SRL
Holz	Holz	Holz	Holz	Holz, Möbel, Einrichtung	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz, beschichtet	Holz	Holz
Metalle	Metalle	Metalle	Fe-Schrott	Metalle	Metalle	Metalle	Metalle	Schrott	Fe-/NE-Metalle	E- & E-Schrott	Metalle	Metalle	Holz, oberflächen.	Metalle	Fe-Metalle
braune Ware	E- & E-Schrott	Metallschrott	Textilien	Fenster	E- & E-Schrott	Textilien	Teppiche	Elektronik-schrott	Textilien	Polstermöbel	Textilien	E-Schrott	Holz, unbehandelt	E-Schrott	NE-Metalle
weiße Ware	Möbel	E- & E-Schrott	Glas	Fußbodenbel.	Einrichtungs-gegenstände	Kunststoffe	Textilien	Kühlgeräte	Mineralien	Teppiche/ Teppichböd.	Glas	Möbel	Metalle	Teppiche/ Fußbodenbel.	Textilien
Möbel	Teppiche	Kühlgeräte	Kunststoffe	Mineralisches	Baustellen-abfälle	Papier/Pappe	Papier	Wasch-maschinen	Glas	Matratzen	Kunststoffe	Fußboden-beläge	E-Schrott 1	Textilien	Mineralstoffe
Kunststoffe	Matratzen	Möbel	Papier	Kunststoffe	Fenster mit Glas	Verbund-material	Grünabfälle	Teppiche	Kunststoffe	Bauschutt/ Inertstoffe	Papier	Matratzen	E-Schrott 2	Bauschutt	Glas
Pappe	Kunststoffe	Textilien	Pappe	Kartonagen, Verpack.	Kunststoffe	Sonstiges	Sonstiges	Reifen	PPK	PPK, Kunststoffe	Biogenes	Bau-/Renov.-abfälle	Haus- und Gartenmöbel	Glas	Kunststoffe
Grünabfälle	Papier		Organik	Grünabfälle	Verpack. (VVO)				Organik	Rest	Problemst.	Kunststoffe	Teppiche/Fuß-bodenbel. 1	Kunststoffbe-hälter/-folien	PPK
Problemst.	Pappe		Verbunde	Problemst., Reifen	Problemst.				Schadstoffe	Sonstiges	Verbunde	Problemst.	Teppiche/Fuß-bodenbel. 2	Kunststoff-formteile	Organik
Rest	Kartonagen		Rest	Hausmüll	Sport- und Freizeitartikel				Verbunde		Sonstiges	Restmülllähnl. Sperrmüll	Glas	Kunststoff-Holzgem.	Problemabf.
				Sonstiges	Restmüll				Fraktion <10mm		Hygiene-waren	Autoreifen	Kunststoffe	LVP	Verbunde
					Sonstiges				Stoffe a.n.g.				PPK	PPK	Stoffe a.n.g.
													Äste/Heckensc hchnitt	Grün-/ Gartenabfälle	
													Verbund-stoffe	Küchen-/ Speiseabfälle	
													Mülltonnen-gängige Abf.	Sonderabfall	
													Sonstiges	Verbunde	
													Sanitärabf.	Sonstiges	
														Schaumstoff	
														Styropor	

Anlage 7 Formular zur Leistungsbeschreibung für Sortieranalysen

1. Abfallart

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

2. Stichprobennahme

- am Anfallort
 - Umleeren/Austausch der Behälter
 - Stichprobennahme während einer Sammeltour
 - keine Festlegung
- Abfallbehandlungsanlage/Umschlagstation
- Sonstige _____

Leistung(en) des AG

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

3. Stichprobenmenge

- ___ 1.100-l-Behälter je Untersuchungsgebiet (kleinere Behältergrößen sind zu 1.100-l-Behältereinheiten zusammenzufassen)
- Sonstige _____

4. Anzahl der Untersuchungsgebiete

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

- Sonstige _____

5. Jahreszeitliche Kampagnen

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

6. Sortierung/Sichtung

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

Fraktion 10-40 mm

- 1. Differenzierungsebene
- Sonstige _____
- Keine

Siebung

- 10 mm
- 40 mm
- Sonstige _____

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

Leistung(en) des AG

- Stellung Sortierhalle (Stromanschluss, Beleuchtung)
 - Bemerkungen (Ort, Öffnungszeiten ...). _____
- Stellung Sortierpersonal
 - ___ Mitarbeiter, ___ Tage, ___ Stunden/Tag
- Stellung Radlader/Bagger
- Abtransport/Entsorgung der Proben inkl. Gestellung eines Containers
- Sonstige _____

7. Chemisch-physikalische Analysen

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

8. Aufzunehmende Rahmendaten sowie zusätzlich zu erhebende Daten

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

Leistung(en) des AG

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

9. Auswertung

- Kurzbericht (inkl. transparenter Darstellung der Einzelergebnisse und Hochrechnungsfaktoren, Darstellung der Ergebnisse je Schichtung/Untersuchungsgebiet bzw. Untersuchungskampagnen, zusammenfassende Darstellung (grafisch/tabellarisch) sowie Darstellung der Zusammensetzung und einwohnerspezifische Werte; Plausibilitätsprüfung)
 - Langbericht (zusätzlich zum Kurzbericht: ausführliche Interpretation der Ergebnisse, vertiefende Betrachtung der Unterschiede in den Ergebnissen der Schichtungen und jahreszeitlichen Untersuchungen; Vergleich mit Ergebnissen anderer Sortierungen)
 - Statistische Auswertung
-
-

- Konzeptionelle Empfehlungen (z. B. Gebührensysteem, einzelne abfallwirtschaftliche Maßnahmen)
-
-

- bei mehreren Untersuchungskampagnen folgende Vorgabe (z. B. Ergebnisübergabe in tabellarischer Form nach einzelnen Kampagnen)
-
-

- Übergabe der Daten (Anzahl der schriftlichen Exemplare, Übergabe in elektronischer Form, ggf. Anforderungen an Software)
-
-

Präsentation der Ergebnisse beim AG

Sonstiges

10. Zeitplan

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

11. Sonstiges/Erläuterungen zu den einzelnen Punkten

Anlage 8 Formular zur Dokumentation von Rahmenbedingungen

1. Analysierte Abfallart(en)*

2. Untersuchungszeitpunkt

Zeitpunkt der Untersuchung (KW): ____ 20____

Untypische, besondere Witterungsverhältnisse (Beschreibung bei Bedarf)

Analyse umfasst weitere Kampagnen: _____

Frühjahr Sommer Herbst Winter

3. Stichprobennahme

am Anfallort

Umleeren/Austausch der Behälter

Stichprobennahme während einer Sammeltour

Abfallbehandlungsanlage/Umschlagstation

Sonstige (z. B. Anteil Gewerbe) _____

4. Analysenumfang

Stichprobenmenge gesamt: _____ m³

(bei signifikanten Abweichungen in den Untersuchungsgebieten getrennte Angabe)

Sortierte Masse gesamt: _____ kg

Gesichtete Menge gesamt: _____ m³

5. Schichtung in Untersuchungsgebiete

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

* bitte getrennt für jede Sortierkampagne angeben

6. Sortierung/Sichtung

- Sortierung (> 40 mm) nach
 - 1. Differenzierungsebene
 - 2. Differenzierungsebene
 - 3. Differenzierungsebene
 - Sonstige _____ [ggf. gesondert aufführen]

Fraktion 10-40 mm

- 1. Differenzierungsebene
- Sonstige _____
- Keine

Siebschnitte

- 10 mm
- 40 mm
- Sonstige _____

- Maschinelle Siebung (Siebtrommel)
- Händische Siebung (Flachsiebe)
- Sonstiges

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

7. Chemisch-physikalische Analysen

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

- nein

8. Sonstiges/Besonderheiten

9. Ansprechpartner

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

Anlage 9 Statistische Grundlagen

Vorbemerkungen

Kursiv dargestellte Sätze verweisen auf die praktische Anwendung der Definitionen, teilweise mit Verweis auf den Begleitbericht oder die Sortierrichtlinie.

Folgende auch für das Verständnis der statistischen Grundlagen nötigen Begriffe wurden im Glossar der Sortierrichtlinie definiert:

- Grundgesamtheit
- Kampagnenzeitraum
- Schichtung
- Stichprobe
- Stichprobeneinheit
- Stichprobenumfang
- Untersuchungsparameter.

Definitionen zur Zusammenfassung von Einzelwerten

Arithmetisches Mittel, Mittelwert \bar{x}

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

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

Siehe auch Kapitel 4.2.4

Median, Zentralwert \tilde{x}

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

$$\tilde{x} = \frac{x_{n+1}}{2} \quad \text{falls } n \text{ ungerade}$$

$$\tilde{x} = \frac{1}{2} \left(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n+2}{2}} \right) \quad \text{falls } n \text{ gerade}$$

Wahrer Wert

Theoretischer Wert, der normalerweise nie exakt bekannt ist, sondern naturgemäß unbestimmt; Wert, der sich aus einer perfekten Messung ergeben würde.

Erwartungswert $E(\Theta)$ oder $E(X)$

Mittelwert der Wahrscheinlichkeitsfunktion; gibt an, welchen Wert eine Zufallsvariable X bei der häufigen Durchführung eines Zufallsexperiments im Durchschnitt annehmen wird.

Arithmetisches Mittel und Median werden u.a. bei der Berechnung des mittleren Anteils einer Stoffgruppe an den Stichproben einer Schichtung ermittelt, z. B. bei der Darstellung des Organikanteils in den Restabfällen.

Soll sich das arithmetische Mittel dem wahren Wert annähern, wäre eine Möglichkeit die Erhöhung der Sortiermenge bis hin zur (nur theoretisch möglichen) Sortierung der gesamten in der jeweiligen Schichtung anfallenden Restabfälle.

Definition des Stichprobenumfangs und Berechnung

Anzahl der Stichprobeneinheiten pro Stichprobe; hier: pro Sortier- oder Sichtungskampagne; eine auf der Normalverteilung basierende Näherung des minimalen Stichprobenumfangs zur Schätzung eines Mittelwerts (eines Untersuchungsparameters).

Herleitung der Berechnung des notwendigen Stichprobenumfangs

$$\delta_{\theta,r} = \frac{t_{\alpha;n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}}{E(\theta)} = \frac{t_{\alpha;n-1} \cdot \sqrt{\frac{\text{var}(x_i)}{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}}{E(\theta)}$$

Standardabweichung der Stichprobe

$$v = \frac{\sqrt{\text{var}(x_i)}}{E(\theta)}$$

Variationskoeffizient der Einzelwerte

$$\delta_{\theta,r} = \frac{t_{\alpha;n-1} \cdot v}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$$n = \frac{(t_{\alpha;n-1} \cdot v)^2}{\delta_{\theta,r}^2 + \frac{(t_{\alpha;n-1} \cdot v)^2}{N}} \quad \text{für } N - 1 \approx N$$

bzw. $n = \left(\frac{t_{\alpha;n-1} \cdot v}{\delta_{\theta,r}} \right)^2$ für $f < 0,05$

Der notwendige Stichprobenumfang ist damit abhängig von:

- der natürlichen Streuung in der Grundgesamtheit (ausgedrückt durch den Koeffizienten v),
- der relativen maximalen Zufallsabweichung (ausgedrückt durch den Koeffizienten $\delta_{\theta,r}^2$) und
- der Irrtumswahrscheinlichkeit (ausgedrückt durch den Koeffizienten der t-Verteilung $t_{\alpha;n-1}$).

Bei vorgegebener relativer Genauigkeit für die Mittelwertabschätzung $d_{\bar{x},rel}$ bei vorgegebener statistischer Sicherheit (Irrtumswahrscheinlichkeit α), bei bekanntem Umfang der Grundgesamtheit N und bei bekanntem Variationskoeffizienten der Grundgesamtheit γ ist

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

z_{α} ist einer Tabelle mit ausgewählten Schranken der Standardnormalverteilung (zweiseitiger Test) für die vorgegebene Irrtumswahrscheinlichkeit α zu entnehmen. Insbesondere wenn γ durch den (Stichproben-) Variationskoeffizienten v anhand einer weiteren (ggf. älteren) Stichprobe geringen Umfangs geschätzt wird, unterschätzt diese Formel den benötigten Stichprobenumfang (kann durch Multiplikation mit in der Literatur genannten Korrekturfaktoren korrigiert werden).

ren größer 1 ausgeglichen werden). Ist das so bestimmte n kleiner als 5 % der Grundgesamtheit N (d. h. Auswahl-
 satz $\frac{n}{N} < 0,05$) oder ist N unbekannt, gilt die Näherung

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

Die praktische Festlegung des Stichprobenumfangs für Sortieranalysen wird in Kapitel 4.2.2 diskutiert.

Verteilung

Rechtsschiefe Verteilung

Die Rechtsschiefe Verteilung wird auch mit „linkssteil“ oder „positive Schiefe“ bezeichnet. Sie ist eine im Gegensatz zur Normalverteilung nicht symmetrische Verteilungsfunktion, die sich nach links neigt; der Median ist kleiner als das arithmetische Mittel; die Dichtefunktion kann z. B. eine Poissonverteilung darstellen. Analog zur Rechtsschiefen Verteilung gibt es auch die Linksschiefe Verteilung.

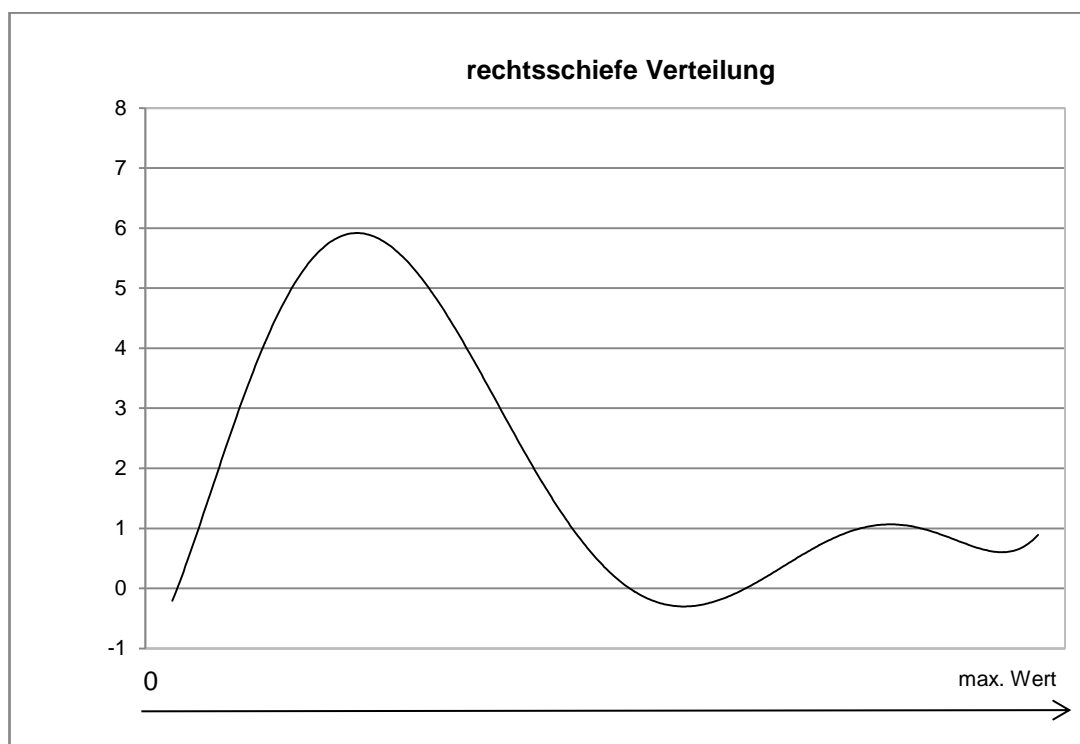


Abbildung 26: rechtsschiefe Verteilung (Beispiel abgeleitet aus Abbildung 11)

Typische nicht symmetrische Verteilungen in der Abfallwirtschaft sind der Behälterfüllgrad in 2-Rad-Behältern in einem Entsorgungsgebiet mit Kippgebühr oder die Korngröße in den Restabfällen.

Weitere statistische Kenngrößen

Relative maximale Zufallsabweichung

Maß zur Formulierung der Unsicherheit von Schätzverfahren

$$\delta_{\hat{\theta},r} = \frac{u_{\alpha} \cdot \sigma_{\hat{\theta}}}{E(\theta)}$$

u_{α} Konfidenzkoeffizient

Standardabweichung S

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

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

Varianz s^2

Empirisches Streuungsmaß dafür, wie stark die Stichprobenwerte x_i durchschnittlich von ihrem Mittelwert \bar{x} abweichen, mit der quadrierten Maßeinheit der Stichprobenwerte x_i als Dimension; prinzipiell Mittelwert der quadrierten Abweichungen

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

Varianz der Einzelwerte in der Grundgesamtheit

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

Variationskoeffizient v

Relatives dimensionsloses empirisches Streuungsmaß mit dem Mittelwert \bar{x} als Einheit (von \bar{x} bereinigt, also ohne Nennung von \bar{x} interpretierbar); geeignet zum Vergleich der Variabilität von Untersuchungsparametern mit verschiedenen Mittelwerten bzw. zum Vergleich von Stichproben eines Grundgesamtheitstyps

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \quad \text{mit } x_i > 0$$

Berechnung des Variationskoeffizienten

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

$$\text{varkoeff}(\hat{x}_Z) = \frac{\sqrt{\text{var}(x_i)}}{\sqrt{n\bar{x}}}$$

$\text{varkoeff}(x_i)$	= Variationskoeffizient der Stichprobenergebnisse
$\text{varkoeff}(\hat{x}_Z)$	= Variationskoeffizient des geschätzten Untersuchungsparameters
$\text{var}(x_i)$	= Varianz der (nicht einwohnerspezifischen) Stichprobenergebnisse

Die praktische Anwendung ist in Kapitel 4.2.2 dargelegt.

Irrtumswahrscheinlichkeit α

auch: Signifikanzlevel; Wahrscheinlichkeit, mit der man sich bei der Bestimmung eines Konfidenzintervalls irrt bzw. bei der man bereit ist, ein Fehlerrisiko bei der Schätzung einzugehen; übliche Signifikanzlevel sind 1, 5 oder 10 % sowie 1 ‰

Die praktische Anwendung ist in Kapitel 4.2.2 dargelegt.

Herausgeber:

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

Autor:

Jörg Wagner, Thomas Kügler, Janett Baumann, Marko Günther, Elisa Finke
INTECUS GmbH
Pohlandstraße 17, 01309 Dresden
Telefon: +49 351 31823-0
Telefax: +49 351 31823-33
E-Mail: intecus.dresden@intecus.de

Redaktion:

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

Fotos:

Deckblatt: INTECUS GmbH, Marko Günther; S. 31 Abb. 1, 2, 3: INTECUS GmbH, Janett Baumann; S. 69 Abb. 23: INTECUS GmbH, Marko Günther

Redaktionsschluss:

03.12.2014

Hinweis:

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

Verteilerhinweis

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

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

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

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