

---

# Materialien

---

Nr. 47

## Leitfaden für Analysen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung von Abfällen aus Haushaltungen

Wissenschaftliche Leitung:

Prof. Dr.-Ing. B. Gallenkemper

Wissenschaftliche Bearbeitung:

Dipl.-Ing. D. Oelgemöller

Dipl.-Ing. K. Gellenbeck

Dipl.-Ing. H.-J. Dornbusch

G. Richter

Fachhochschule Münster

Labor für Abfallwirtschaft

Fachbereich Bauingenieurwesen

Siedlungswasserwirtschaft Umweltchemie

---

Essen 1998

---

40717  
Landesumweltamt  
Nordrhein-Westfalen  
Bibliothek

UK35  
00006-47

**Impressum:**

Herausgegeben vom  
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen  
Telefon (0201) 7995 - 0 • Telefax (0201) 7995 - 1446/1447  
e-mail: luanrw@t-online.de

Redaktion: Dr. Michael Oberdörfer, Landesumweltamt NRW

ISSN 0947-5206

Informationsdienste: Umweltdaten aus NRW, Fachinformationen des LUA NRW:  
• Internet unter <http://www.lua.nrw.de>  
• T-Online unter Landesumweltamt NRW #  
oder \* 40045 #

Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW  
(24-Std.-Dienst): Telefon (0201) 71 44 88

Gedruckt auf 100% Altpapier ohne Chlorbleiche

## Vorwort

Für die abfallwirtschaftliche Planung in den Kommunen ist die Untersuchung der verschiedenen Abfallarten hinsichtlich Menge und Zusammensetzung ein unentbehrliches Werkzeug. Insbesondere seit Einführung der getrennten Sammlung von Verpackungs- und Bioabfällen hat sich die Zusammensetzung der Abfälle aus Haushalten stark verändert. Bisher gibt es jedoch in Deutschland keine verbindlichen Regeln für die Durchführung dieser abfallwirtschaftlich bedeutenden Untersuchungen. Die meisten Abfallanalysen zu Menge und Zusammensetzung sind daher nicht vergleichbar. Außerdem ist das Niveau der Untersuchungen hinsichtlich der Durchführung und Auswertung sehr unterschiedlich.

In dem vorliegenden Leitfaden zu Abfällen aus Haushalten wurden 34 Abfallsortieranalysen aus den Jahren 1989 – 1997 ausgewertet. Auf der Grundlage dieser Auswertung wurden Empfehlungen für die Durchführung von Abfallsortieranalysen erarbeitet. Diese Empfehlungen sollen sowohl die Vergleichbarkeit verschiedener Abfallsortieranalysen gewährleisten als auch bestimmte Mindestanforderungen an Durchführung und Auswertung formulieren. Letztlich soll der Leitfaden dazu dienen, die in den Kommunen nur begrenzt vorhandenen finanziellen Mittel möglichst effektiv einzusetzen und zu einem bestmöglichen Ergebnis zu gelangen.

Dieser Leitfaden greift ähnliche Vorhaben in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen und Thüringen auf und konkretisiert sie für Nordrhein-Westfalen. Die in der Zusammenfassung dargestellten drei Mindestanforderungen an Abfallsortieranalysen wurden mit dem Umweltbundesamt abgestimmt. Mit Blick auf Bestrebungen des CEN, auf europäischer Ebene Vorgaben für die Durchführung von Abfallsortieranalysen zu erarbeiten, kann es für das größte Bundesland in Deutschland nur hilfreich sein, wenn eigene erprobte Methoden als Diskussionsgrundlage zur Verfügung stehen.

Ich wünsche allen in der Abfallwirtschaftsplanung tätigen Personen ein gutes Gelingen bei der Praxiserprobung dieses Leitfadens. Sollte sich die eine oder andere hier formulierte Empfehlung im Einzelfall nicht bewähren oder falls Sie Ergänzungsvorschläge haben, lassen Sie es bitte das Landesumwelt wissen, damit der Leitfaden überarbeitet werden kann.



Dr. Ing. Harald Imer  
Präsident des

Landesumweltamtes NRW

Essen, im Mai 1998

**Inhaltsverzeichnis****Seite**

<b>1. Ziel- und Aufgabenstellung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Beschreibung der Vorgehensweise bei Abfall- bzw. Wertstoffanalysen (aus Haushaltungen)</b> .....	<b>2</b>
2.1 Auswertung vorhandener Empfehlungen für Sortieranalysen .....	2
2.2 Auswertung vorhandener Sortieranalysen .....	6
2.2.1 Vorgehensweise bei der Auswertung.....	6
2.2.2 Ergebnisse der Auswertung.....	9
2.2.2.1 Statistische Datengrundlagen.....	9
2.2.2.2 Stichprobenauswahl.....	14
2.2.2.3 Praktische Durchführung der Sortierung .....	20
2.2.2.4 Auswertung und Ergebnisdarstellung .....	26
2.3 Resümee der Auswertung .....	33
2.3.1 Statistische Datengrundlage .....	34
2.3.2 Stichprobenauswahl und Vorbereitung der Sortieranalyse.....	36
2.3.3 Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung.....	37
2.3.4 Auswertung und Ergebnisdarstellung .....	40
<b>3. Befragung der Auftraggeber von Rest-/Hausmüll- und Gewerbeabfall- analysen</b> .....	<b>43</b>
3.1 Allgemeines .....	43
3.2 Auswertung der Fragebögen .....	43
3.2.1 Auftragsvergabe / Zeitliche Gliederung des Projektes .....	43
3.2.2 Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Daten .....	45
3.2.3 Stichprobenauswahl und praktische Organisation der Sortierungen .....	45
3.2.4 Auswertung und Endbericht.....	46
3.2.5 Bewertung der Zusammenarbeit.....	46
<b>4. Empfehlungen zur Durchführung von Sortieranalysen</b> .....	<b>47</b>
4.1 Festlegung der zu analysierenden Abfall-/Wertstoffart .....	47
4.2 Bestimmung der Menge.....	47
4.3 Bestimmung der Zusammensetzung .....	48
4.4 Analysenumfang .....	50
4.5 Häufigkeit und Zeitpunkt der Analysen .....	50
4.6 Schichtung der Grundgesamtheit, erforderliche Rahmendaten.....	51

	<u>Seite</u>
4.7 Erforderlicher Stichprobenumfang .....	53
4.8 Praktische Durchführung der Sortieranalysen.....	54
4.9 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse .....	56
4.10 Unterstützende Leistungen des Auftraggebers .....	57
<b>5. Zusammenfassung .....</b>	<b>58</b>
<b>6. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>63</b>
<b>Anhänge .....</b>	<b>69</b>
Anhang 1: Fragenkatalog für die Auswertung der untersuchten Gut- achten .....	71
Anhang 2: Fragebogen an die Auftraggeber von Abfallanalysen .....	83
Anhang 3: Auswertung der Fragebögen .....	91
Anhang 4: Sortierstoffgruppenkatalog .....	103
Anhang 5: Definition der Gebietsstrukturen .....	109
Anhang 6: Statistische Grundlagen.....	113
Anhang 7: Leistungsverzeichnis für die Ausschreibung von Abfallana- lysen.....	119

**Tabellenverzeichnis****Seite**

Tab. 2.1:	Tabellarischer Vergleich verschiedener Empfehlungen für die Durchführung von Sortieranalysen .....	3
Tab. 2.2:	Übersicht der ausgewerteten Sortieranalysen .....	6
Tab. 2.3:	Statistische Datengrundlage– Zusammenfassung und Bewertung .....	34
Tab. 2.4:	Stichprobenauswahl und Vorbereitung der Sortieranalyse – Zusammenfassung und Bewertung .....	36
Tab. 2.5:	Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung – Zusammenfassung und Bewertung .....	37
Tab. 2.6:	Auswertung und Ergebnisdarstellung – Zusammenfassung und Bewertung .....	40
Tab. 5.1:	Zusammenfassende Empfehlungen zur Vorbereitung und Durchführung von Sortieranalysen für Abfälle aus Haushaltungen .....	59

**Abbildungsverzeichnis****Seite**

Abb. 2.1: Häufigkeit der Darstellung verschiedener Grundlagendaten.....	10
Abb. 2.2: Häufigkeit der Darstellung der sonstigen Entsorgungssituation .....	12
Abb. 2.3: Anzahl der Analysen mit Dokumentation der Abfall- und Wertstoffmengenentwicklung .....	13
Abb. 2.4: Häufigkeit der untersuchten Abfall- bzw. Wertstoffarten .....	14
Abb. 2.5: Anzahl parallel untersuchter Abfall- bzw. Wertstoffarten.....	15
Abb. 2.6: Kombinationen parallel untersuchten Abfall- bzw. Wertstoffarten .....	16
Abb. 2.7: Häufigkeit der Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse .....	17
Abb. 2.8: Kombinationen der berücksichtigten Jahreszeiten.....	18
Abb. 2.9: Art und Häufigkeit der vorgenommenen Schichtungen.....	19
Abb. 2.10: Art und Häufigkeit der Angaben zur Stichprobennahme .....	21
Abb. 2.11: Art und Häufigkeit der Angaben zur technischen Durchführung von Sortieranalysen.....	22
Abb. 2.12: Häufigkeit der gewählten Siebschnitte und Absiebungstechniken .....	23
Abb. 2.13: Art und Häufigkeit der Kombinationen der Siebschnitte.....	23
Abb. 2.14: Art und Häufigkeit der aussortierten Stoffgruppe .....	24
Abb. 2.15: Art und Häufigkeit der Ergebnisdarstellung.....	26
Abb. 2.16: Art und Häufigkeit von zusätzlichen Aussagen bzw. Berechnungen.....	27
Abb. 2.17: Art und Häufigkeit der dargestellten chem.-physik. Kenngrößen .....	29
Abb. 2.18: Art und Häufigkeit sonstiger dargestellter Kenngrößen.....	30
Abb. 2.19: Art und Häufigkeit der untersuchten Einflüsse und Abhängigkeiten.....	32
Abb. 3.1: Auftragvergabe .....	44

**Abkürzungsverzeichnis**

a	Jahr
a. n. g.	anderweitig nicht genannt
AOX	adsorbierbare organische Halogenverbindungen
ARGUS	Arbeitsgruppe Umweltstatistik an der Technischen Universität Berlin
BB	Brandenburg
Beh.	Behälter
Büro A+U	Büro für Abfall + Umwelt, Prof. Scheffold & Partner, Bingen - Düsseldorf - Osnabrück
DSD	Duales System Deutschland GmbH
E	Einwohner
ECO	Eco GmbH, Aschaffenburg
EPEA	Environmental Protection Encouragement Agency, Internationale Umweltforschung GmbH, Hamburg
Fe-Metalle	Eisenmetalle
gab	Gesellschaft für Abfallwirtschaft und biologische Technik mbH, Aachen
IBA	Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft und Entsorgung GmbH, Hannover
IFEU	Institut für Entsorgung und Umwelttechnik GmbH, Heidelberg
INFA	Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH, Ahlen
ITU	Ingenieurgemeinschaft Technischer Umweltschutz - Berlin
IUG	Innovative Umwelttechnik Gesellschaft mbH, Seebenstein
LASU	Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Umweltchemie, Fachhochschule Münster
LVP	Leichtstoffverpackungen
ME	Mülleimer
MEKAM	Mehrkammersystem
MGB	Müllgroßbehälter
NE-Metalle	Nichteisenmetalle
PPK	Pappe, Papier, Kartonagen
TASI	Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz
TILKE	Tilke, Ingenieure für Umwelttechnik, Aachen
w	Woche

**Begriffsdefinitionen**

<b>Begriffe</b>	<b>Definition</b>
AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
Basisuntersuchung	Grundlegende Untersuchung des Abfallaufkommens unter Berücksichtigung jahreszeitlicher Schwankungen (Winter-, Frühjahr-, Sommer- und Herbstkampagne)
Bereitstellungsgrad	Verhältnis der zur Sammlung bereitgestellten Behälter bezogen auf die Gesamtanzahl der ausgeteilten Behälter [%]
Bereitstellungssystem	Organisation der Sammellogistik in Entsorgungsgebieten, in denen der Nutzer eines Behälters das Leerungsintervall nach Bedarf frei wählen kann (zum Beispiel bei codierten Tonnen, einem Wertmarken- oder Bandersystem u. ä.)
Bioabfall	Im Siedlungsabfall enthaltene biologisch abbaubare nativ- und derivativ-organische Abfallanteile (z. B. organische Küchenabfälle, Gartenabfälle)
Containerdichte	Anzahl der Einwohner je Wertstoffcontainer [E/Cont.]
Einzelbehälterverwiegung	Verwiegung einzelner Stichprobenbehälter (Brutto und Tara) im Rahmen der Stichprobennahme bei Sortieranalysen sowie zusätzlicher Begleitfahrten der Abfall- bzw. Wertstoffsammlung
Entsorgungsgebiet	Zusammenhängendes Gebiet, in dem Abfälle bzw. Wertstoffe in der Regel von einem Entsorger gesammelt werden.
Füllgrad	Verhältnis des gefüllten zum gesamten Behältervolumen [%]
Gebietsstruktur	Bebauungsstruktur eines Sammelgebietes

Gebietstypen	Wohngebietstypisierung unter Berücksichtigung von einwohner-, sozial- und siedlungsstrukturellen Merkmalen
Grundgesamtheit	Hier: Auf das gesamte Untersuchungsgebiet bezogene Analysenergebnisse
Glühverlust	Organischer Anteil einer Stoffgruppe ,der beim Glühen der Probe als Gas entweicht, bezogen auf die Masse der getrockneten Probe [Gew.-% TS]
Hausmüll	Abfälle hauptsächlich aus privaten Haushalten, die von den Entsorgungspflichtigen selbst oder von beauftragten Dritten in genormten, im Entsorgungsgebiet vorgeschriebenen Behältern regelmäßig gesammelt, transportiert und der weiteren Entsorgung zugeführt werden
Geschäftsmüll	In Gewerbebetrieben, auch Geschäften, Dienstleistungsbetrieben, öffentlichen Einrichtungen und Industrie anfallende Abfälle, soweit sie nach Art und Menge gemeinsam mit oder wie Hausmüll entsorgt werden können. Die Inhaltsstoffe sind im einzelnen dieselben wie beim Hausmüll; sie fallen nur üblicherweise räumlich konzentriert in anderer branchenabhängiger Zusammensetzung an.
Heizwert	Frei werdende Reaktionsenergie bei einer vollständigen Verbrennung von festen oder flüssigen Brennstoffen [kJ/kg TS]
Kampagne	Kompletter Sortierdurchgang für alle Schichten innerhalb eines Betrachtungszeitraums (in der Regel eine Jahreszeit, z. B. Herbstanalyse)
Leichtverpackungen	Gemisch aus Kunststoff-, Metall- und Verbundverpackungen in der Regel getrennt erfaßt über die Duale System Deutschland GmbH

Mineralstoffe	Mineralische Abfälle, wie z. B. Asche, Bauschutt, Keramik etc.
Mittelmüllfraktion	Fraktion zwischen zwei Siebschnitten, z. B. Fraktion 10 - 40 mm
Organik	Nativ organische Abfälle, wie z. B. Küchen- und Gartenabfälle die grundsätzlich für eine Kompostierung bzw. Vergärung geeignet sind
Raumgewicht	Gewicht eines Stoffes in einem Sammelbehälter, bezogen auf das gesamte Behältervolumen [kg/m <sup>3</sup> ]
Restmüll	Verbleibender Hausmüll nach Abtrennung der zur stofflichen Verwertung gesammelten Abfälle (hier nur bei der Erfassung von mindestens einer Wertstofffraktion im Holsystem)
Schichtung	Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (Schichten) aus einer heterogenen Grundgesamtheit mit den Zielen, Aussagen über die Teilgesamtheit zu treffen
Schüttdichte	Gewicht eines locker geschütteten Stoffes in einem Sammelbehälter, bezogen auf das verfüllte Behältervolumen [kg/m <sup>3</sup> ]
Sortierschema	Schematische Darstellung der Vorgehensweise einer Sortierung von der Stichprobenahme, über den eigentlichen Sortiervorgang bis zur Auswertung der Sortierergebnisse
Spezifische Abfallmenge	Abfallmenge je Einwohner und Zeitraum [kg/(E*w)] oder [kg/(E*a)]
Spezifisches Behältervolumen	Zur Verfügung gestelltes Behältervolumen je Einwohner und Zeitraum [l/(E*w)]
Spezifisch genutztes Behältervolumen	Gibt unter Einbeziehung des Füllgrades Auskunft über das effektiv genutzte Behältervolumen je Einwohner [l/(E*w)]
Standardabweichung	Quadratwurzel aus der mittleren quadratischen Abweichung einer zufälligen Veränderung von ihrem Mittelwert

Stichprobeneinheit	Kleinste Einheit, die ausgewählt und getrennt sortiert bzw. gesichtet wird
Stichprobenprotokoll	Aufzeichnung aller relevanten Daten bei der Stichprobennahme, wie z. B. Straße und Hausnummer, Füllgrad und Gewicht des Behälters (Brutto und Tara) etc.
Stichprobenverfahren	Methodik der Stichprobenauswahl, der Hochrechnung und Fehlerrechnung
Stoffgruppe	Zusammenfassung einzelner Sortierstoffgruppen, wie z. B. Weißglas, Braunglas und sonstiges Glas zu einer Stoffgruppe Glas
Teilgesamtheit	Hier: Aufgegliederte Einheit des Untersuchungsgebietes, um Unterschiede in der Bebauungsstruktur, im Erfassungssystem etc. mit der Methode der Schichtung zu untersuchen
Visuelle Störstoff- bzw. Organikgehaltsabschätzung	Visuelle Untersuchung der Stichprobenbehälter während der Stichprobennahme auf Störstoff- bzw. Organikanteile
Vorlaufphase	Zeitraum vor der eigentlichen Sortieranalyse zur Beschreibung der Ist-Situation
Voruntersuchung	Untersuchung, auf die eine Basisuntersuchung zurückgreift und die nicht älter als fünf Jahre ist
Wertstoffe	Abfallbestandteile oder Abfallstoffgruppen, die zur Wiederverwendung oder für die Herstellung verwertbarer Zwischen- oder Endprodukte geeignet sind.
Wiegescheinergebnisse	Auswertung der Wägungen ausgewählter Sammelfahrzeuge für die Hochrechnung auf das gesamte Untersuchungsgebiet

## 1. Ziel- und Aufgabenstellung

In den vergangenen Jahren wurden in verschiedenen Städten und Landkreisen in Nordrhein-Westfalen Analysen zur Menge und Zusammensetzung von Abfällen bzw. Wertstoffen aus Haushaltungen wie auch aus dem gewerblichen Bereich durchgeführt, die sich teilweise erheblich unterscheiden, z. B. bezüglich der

- Stichprobenauswahl und -größe
- Sortier- bzw. Sichtkriterien sowie Tiefe der Analysen,
- Technisierung der Sortierung,
- Auswertungsverfahren sowie Hochrechnung der Analysenergebnisse,
- Zeitpunkt der Analyse u. v. m.,

so daß eine Vereinheitlichung der Vorgehensweise bei der Durchführung derartiger Analysen wünschenswert ist.

Ziel des mit dem vorliegenden Bericht abgeschlossenen Untersuchungsvorhabens war die Erstellung eines Leitfadens für die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zur Vorbereitung und Durchführung von Abfall- und Wertstoffanalysen. Hierbei sollten die wesentlichen Hintergrundinformationen für eine qualifizierte Vergabe solcher Analysen erarbeitet werden, um damit einen Mindeststandard der Untersuchungsmethode zu gewährleisten.

Bedingt durch die grundsätzlich unterschiedlichen Vorgehensweisen bei Abfallanalysen wurde die Bearbeitung des Gutachtens wie folgt differenziert:

- Abfälle aus Haushaltungen,
- Abfälle aus dem Gewerbe.

Der nachfolgende Teil A (Abfälle aus Haushaltungen) gliedert sich in die Abschnitte:

- Beschreibung der Vorgehensweise bei Abfall-/Wertstoffanalysen,
- Befragung der Auftraggeber und
- Erstellung eines differenzierten Leitfadens zur Vorbereitung und Durchführung von Abfall- bzw. Wertstoffsortieranalysen.

Die Vorgehensweisen und Empfehlungen zum gewerblichen Bereich werden in einem gesonderten Teil B (Abfälle aus dem Gewerbe) behandelt.

## **2. Beschreibung der Vorgehensweise bei Abfall- bzw. Wertstoffanalysen (aus Haushaltungen)**

### **2.1 Auswertung vorhandener Empfehlungen für Sortieranalysen**

Für die Durchführung von Sortieranalysen in NW bzw. in Deutschland sind derzeit keine Regelungen vorhanden, so daß ein Ergebnisvergleich verschiedener Sortieranalysen mit unterschiedlichen Durchführungsmethoden und -umständen sehr kompliziert oder nahezu ausgeschlossen ist.

Zur Vereinheitlichung und besseren Bewertbarkeit von Sortieranalysen erarbeiteten einige Bundesländer Empfehlungen in Form von Merkblättern, Richtlinien und Leitfäden. Darüber hinaus macht die TA Siedlungsabfall in Form einer ergänzenden Empfehlung und das Müllhandbuch Kennziffer 1721 in Form einer Empfehlung Aussagen zum Thema Sortieranalysen.

In der nachstehenden Tabelle 2.1 werden vier erstellte Empfehlungen beschrieben.

Es handelt sich dabei zum einen um eine Empfehlung vom Ministerium für Umwelt und Landesplanung des Landes Thüringen, das im Februar 1993 ein Merkblatt zur Durchführung von Hausmüllanalysen als Verwaltungsvorschrift eingeführt hat. Dieses Merkblatt soll einheitliche Mindestanforderungen für Organisation, Inhalt, Durchführung und Auswertung von Hausmüllanalysen vorgeben.

Im März 1997 wurde der Entwurf einer „Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen von festen Siedlungsabfällen“ von der Arbeitsgemeinschaft INFA, ARGUS und ITU für das Land Brandenburg veröffentlicht. In Anlehnung an diesen Entwurf wurde ein weiterer Richtlinienentwurf mit dem Ziel der Vereinheitlichung für das Land Sachsen unter der Mitwirkung der oben genannten Arbeitsgemeinschaft, Vertreter der Länder Brandenburg, Thüringen und Sachsen - Anhalt sowie einer Vertretung des Umweltbundesamtes erarbeitet.

In der dritten Tabellenspalte ist der Anhang D der TA Siedlungsabfall aufgeführt, in dem beschrieben wird, wie eine Siedlungsabfalluntersuchung durchgeführt werden sollte. Hierbei handelt es sich um eine ergänzende Empfehlung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom April 1993, die keine Rechtskraft hat.

Eine weitere „Empfehlung zur Durchführung von Restmülluntersuchungen“ wurde im Müllhandbuch Kennziffer 1721 (1995) von Prof. Dr.-Ing. Bernhard Jäger veröffentlicht.

Tab. 2.1: Tabellarischer Vergleich verschiedener Empfehlungen für die Durchführung von Sortieranalysen

<b>Anforderungen an die Untersuchung</b>	<b>Merkblatt Thüringen</b>	<b>Richtlinienentwurf Brandenburg</b>	<b>TA Siedlungsabfall</b>	<b>Empfehlung zur Durchführung von Restmülluntersuchungen (JÄGER, 1995)</b>
<b>Stichprobeneinheit</b>	– Inhalt eines 1,1 m <sup>3</sup> -Behälters	– Inhalt eines 1,1 m <sup>3</sup> -Behälters	– Inhalt eines 1,1 m <sup>3</sup> -Behälters	– keine Angaben
<b>Stichprobengröße</b>	– repräsentative Gesamtstichprobe etwa 1 % der Grundgesamtheit (Einwohnerzahl)	– mindestens 20 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne	– repräsentative Gesamtstichprobe etwa 1 % der Grundgesamtheit (Einwohnerzahl)	– keine Angaben
<b>Genauigkeitsanforderung der Ergebnisse</b>	– keine Angaben	– 10 % relative maximale Zufallsabweichung	– keine Angaben	– keine Angaben
<b>Untersuchungszeitraum</b>	– vier über das Jahr zeitlich versetzte Sortierkampagnen	– vier über das Jahr zeitlich versetzte Sortierkampagnen	– vier über das Jahr zeitlich versetzte Sortierkampagnen	– vier über das Jahr zeitlich versetzte Sortierkampagnen
<b>Einflußgrößen für eine Schichtung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bebauungsstruktur</li> <li>– gewerbliche bzw. private Nutzung</li> <li>– Abfuhrsystem</li> <li>– Wertstoffeffassung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Siedlungsstruktur</li> <li>– spezifisches Behältervolumen</li> <li>– Behältergröße</li> <li>– Heizungsart</li> <li>– Leerungsintervall</li> <li>– Wertstoffeffassung</li> <li>– Behälterart</li> </ul>	– keine Angaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gebietsstruktur</li> <li>– Sozialstruktur</li> <li>– Wertstoffeffassung</li> <li>– Leerungsintervall</li> <li>– Behälterart und Größe, bereitgestelltes Volumen</li> </ul>
<b>Absiebung</b>	– Siebschnitte bei 8 mm und 40 mm. Möglichst maschinelle Absiebung.	– Siebschnitte bei 10 mm und 60 mm	– Siebschnitt bei 40 mm	– Siebschnitte bei 10 mm und 40 mm

Fortsetzung Tabelle 2.1

Anforderungen an die Untersuchung	Merkblatt Thüringen	Richtlinienentwurf Brandenburg	TA Siedlungsabfall	Empfehlung zur Durchführung von Restmülluntersuchungen (JÄGER, 1995)
<b>Sortierstoffgruppen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pappe</li> <li>- Papier</li> <li>- Papierverbund</li> <li>- Glas</li> <li>- Kunststoffe</li> <li>- Fe-Metalle</li> <li>- NE-Metalle</li> <li>- Bioabfälle</li>   <li>- schadstoffbelastete Produkte</li> <li>- sonstige Verbunde</li> <li>- Textilien</li> <li>- Inertes Material</li> <li>- Hygieneprodukte</li> <li>- Holz / Leder / Knochen / Gummi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PPK <sup>2</sup></li>   <li>- Glas <sup>2</sup></li> <li>- Kunststoffe <sup>2</sup></li> <li>- Fe-Metalle <sup>2</sup></li> <li>- NE-Metalle <sup>2</sup></li> <li>- Organik <sup>2</sup></li>   <li>- schadstoffbelastete Produkte <sup>2</sup></li> <li>- Verbunde <sup>2</sup></li> <li>- Textil <sup>2</sup></li> <li>- Mineralstoffe <sup>2</sup></li> <li>- Holz <sup>2</sup></li> <li>- Rest <sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pappe</li> <li>- Papier</li>   <li>- Glas</li> <li>- Kunststoffe</li> <li>- Fe-Metalle</li> <li>- NE-Metalle</li> <li>- vegetabiler Rest &gt; 40 mm</li>   <li>- schadstoffbelastete Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papier</li>   <li>- Glas</li> <li>- Kunststoffe</li> <li>- Fe-Metalle</li> <li>- NE-Metalle</li> <li>- Vegetabilien</li>   <li>- Problemstoffe</li> <li>- Verbunde</li> <li>- Textilien</li> <li>- Mineralische Stoffe</li> <li>- Windeln</li> <li>- Holz</li> <li>- Leder, Horn, Knochen, Gummi</li> <li>- Sortierrest</li> </ul>
<b>Nachsortierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stichprobensortierung (ca. 10 %) des Mittelmülls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gleiche Sortierstoffgruppen bei der Nachsortierung des Mittelmülls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Angaben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nachsortierung des Mittelmülls (10 bis 40 mm): kompostierbar organisch</li> </ul>

<sup>2</sup> Dargestellt ist nur die 1. Differenzierungsebene. Zwei tiefere Differenzierungsebenen werden in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung empfohlen (LUA BRANDENBURG, 1997)

Fortsetzung Tabelle 2.1

Anforderungen an die Untersuchung	Merkblatt Thüringen	Richtlinienentwurf Brandenburg	TA Siedlungsabfall	Empfehlung zur Durchführung von Restmülluntersuchungen (JÄGER, 1995)
	– Aussortierung der nicht kompostierfähigen Stoffe aus dem Mittelmüll	– wie beim Grobmüll		– Stoffe – Papier (kompostierter) – nicht kompostierbar organische Stoffe – mineralische Stoffe – Sortierrest
physikalisch-chemische Untersuchungen	– Wassergehalt – Glühverlust / Glührückstand – Heizwert <sup>1</sup> – Kompostierbarkeit <sup>1</sup>	– keine Angaben	– keine Angaben	– Wassergehalt – Glühverlust / Glührückstand
Ergebnisdarstellung	– in [kg/(E*a)] und Gew.-%	– für jede Sortierkampagne und pro Stichprobeneinheit in [kg/w], [kg/(E*a)] und Gew.-% – als Jahresdurchschnittswert in [Mg/a] und [kg/(E*a)]	– in [kg/(E*a)] und Gew.-%	– Sortiererergebnisse stoffgruppenspezifisch in [kg] – einwohnerspezifisch Wochenmengen in [kg/(E*w)] – einwohnerspezifischer Wochendurchschnittswert in [kg/(E*w)] bei einer Hochrechnung auf die Gesamtheit

<sup>1</sup> Nur bei der Aufstellung von Abfallwirtschaftskonzepten und zur Planung von Anlagen (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDESPLANUNG THÜRINGEN).

## 2.2 Auswertung vorhandener Sortieranalysen

### 2.2.1 Vorgehensweise bei der Auswertung

Als Datenbasis für die Auswertung der Vorgehensweise bei Abfall- bzw. Wertstoffsor-  
tieranalysen dienten die nachfolgenden aufgeführten Studien:

**Tab. 2.2:** Übersicht der ausgewerteten Sortieranalysen

Nr.:	Stadt / Kreis	Jahr	Gutachter	Thema der Analyse
1	Kreis Coesfeld	1989	LASU	Untersuchungen zur getrennten Erfassung kompostierbarer Stoffe mit verschiedenen Abfuhrsystemen
2	Ennepe-Ruhr-Kreis	1990	Uni Bochum	Das Projekt „Biotonne“. - Ein Beitrag zur biologischen Abfallverwertung?
3	Kreis Warendorf	1991	LASU	Grundlagendaten für die Umsetzung des Abfallwirtschaftskonzeptes
4	Bergischer Abfallwirtschaftsverband	1993	IUG	Hausmüllanalysen 1992/93
5	Kreis Gütersloh	1993	ARGUS	Untersuchung des Hausmüllaufkommens
6	Märkischer Kreis	1993	IFEU	Hausmüllanalyse 1992/93
7	Kreis Aachen	1994	gab	Restabfallanalysen und Illegale Abfallablagerung
8	Rhein-Sieg-Kreis	1994	gab	Restabfallanalyse
9	Kreis Viersen	1994	FH Aachen	Sortieranalyse des Restmülls aus Haushaltungen
10	Kreis Höxter	1995	ECO	Hausmüll - Analyse
11	Kreis Minden-Lübecke	1995	Diplomarbeit	Restmüllanalyse
12	Kreis Paderborn	1995	ARGUS	Haus- und Gewerbemüllanalyse

Fortsetzung Tab. 2.2

<b>Nr.:</b>	<b>Stadt / Kreis</b>	<b>Jahr</b>	<b>Gutachter</b>	<b>Thema der Analyse</b>
13	Kreis Borken	1996	INFA	Untersuchung des Störstoffanteils im Bioabfall sowie des organischen Anteils im Restmüll
14	Kreis Coesfeld	1996	EPEA	Studie über die Umsetzung müllvermindernder Maßnahmen zur Vermeidung der Restmüllverbrennung
15	Kreis Unna	1996	INFA	Wissenschaftliche Untersuchung des Restmülls, des Bioabfalls und der Leichtstoffverpackungen
16	Stadt Aachen	1990	TILKE	Restmüllanalyse
17	Stadt Hamm	1990	LASU	Begleitende Untersuchungen zur getrennten Erfassung kompostierbarer Stoffe des Hausmülls
18	Stadt Leverkusen	1992	Büro A+U	Analyse des Haus- und Geschäftsmülls
19	Stadt Paderborn	1992	LASU	Getrennte Abfallsammlung in Form der Biotonne zur Optimierung von Abfallvermeidung und Abfallverwertung
20	Stadt Bielefeld	1993	IBA	Abfallsortieranalysen Bielefeld 1993
21	Stadt Essen	1993	Prof. Bidlingmaier	Hausmüllanalyse in drei Bezirken der Stadt Essen im Vorfeld der Einführung der Biotonne
22	Stadt Köln	1993	ITU	Abfallanalyse für die Stadt Köln
23	Stadt Düsseldorf	1994	Töpfer	Hausmüllanalyse Düsseldorf
24	Stadt Ascheberg	1995	LASU	Wissenschaftliche Begleitung der Einführung des 4-wöchentlichen Restmüllabfuhrhythmus

Fortsetzung Tab. 2.2

Nr.:	Stadt / Kreis	Jahr	Gutachter	Thema der Analyse
25	Stadt Bochum	1995	LASU	Begleitende Untersuchung zur getrennten Erfassung von kompostierbaren Stoffen und Verpackungsmaterialien aus Haushaltungen
26	Stadt Essen	1995	Prof. Bidlingmaier	Hausmüllanalyse in drei Bezirken der Stadt Essen nach Einführung der Biotonne und des DSD
27	Stadt Krefeld	1995	Büro A+U	Hausmüllzusammensetzung und gefäßspezifische Abfuhrgewichte
28	Stadt Mülheim	1995	Stadt Mülheim	Hausmüllsortierung
29	Stadt Bottrop	1996	Prof. Bidlingmaier	Hausmüllanalyse in drei Gebieten der Stadt Bottrop nach Einführung der Biotonne und des DSD
30	Stadt Geilenkirchen	1996	Ohlenforst	Versuch Biotonne
31	Stadt Heinsberg	1996	Ohlenforst	Versuch Biotonne
32	Stadt Herzebrock	1996	INFA	Untersuchung der organischen Anteile im Restmüll
33	Stadt Duisburg	1997	INFA	Sortieranalyse der Leichtstofffraktionen
34	Stadt Herne	1997	INFA	Bestimmung der Anteile an Leichtstoffverpackungen im Restmüll

Zur besseren Beurteilung der vorliegenden Analysen hinsichtlich der Untersuchungsmethodik wurden die Studien differenziert nach den wesentlichen Bearbeitungsschritten einer Abfallanalyse betrachtet:

- Statistische Datengrundlage,
- Stichprobenauswahl und Vorbereitung der Sortieranalyse,
- Stichprobennahme und Durchführung der Sortieranalyse,
- Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.

Im Anhang befindet sich zu den oben genannten vier Punkten eine Auflistung sämtlicher Angaben zur Vorgehensweise der untersuchten Studien.

Auf der Grundlage der ausgewerteten Gutachten wurde geprüft, ob mit dem vorliegenden Datenmaterial verallgemeinerungsfähige Aussagen zum Einfluß verschiedener Faktoren (z. B. Gebietsstruktur, Behältergröße, Erfassungs- bzw. Gebührensystem, etc.) auf die Zusammensetzung des Restmülls abgeleitet werden können.

Die Erfahrungen der Auftraggeber dieser Studien sowohl vor, während als auch nach der Durchführung der Abfallanalyse wurden nach Möglichkeit über einer Befragung eingearbeitet. Der mit dem Landesumweltamt abgestimmte Fragebogen ist im Anhang 2 beigefügt.

Im abschließenden Teil dieses Vorhabens steht die Erarbeitung eines differenzierten Leitfadens zur Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Abfallanalysen unter Berücksichtigung einer:

- verständlichen Darstellung der Hintergrundinformationen, die für eine qualifizierte Vergabe von Sortieranalysen notwendig sind,
- Erarbeitung einer Checkliste mit Punkten, die bei einer Vergabe und während der Durchführung einer Sortieranalyse vom Auftraggeber beachtet werden sollten,
- Erarbeitung von Empfehlungen für die Inhalte eines Leistungsverzeichnisses (differenziert nach spezifischer Fragestellung) zur Vergabe von Abfallanalysen.

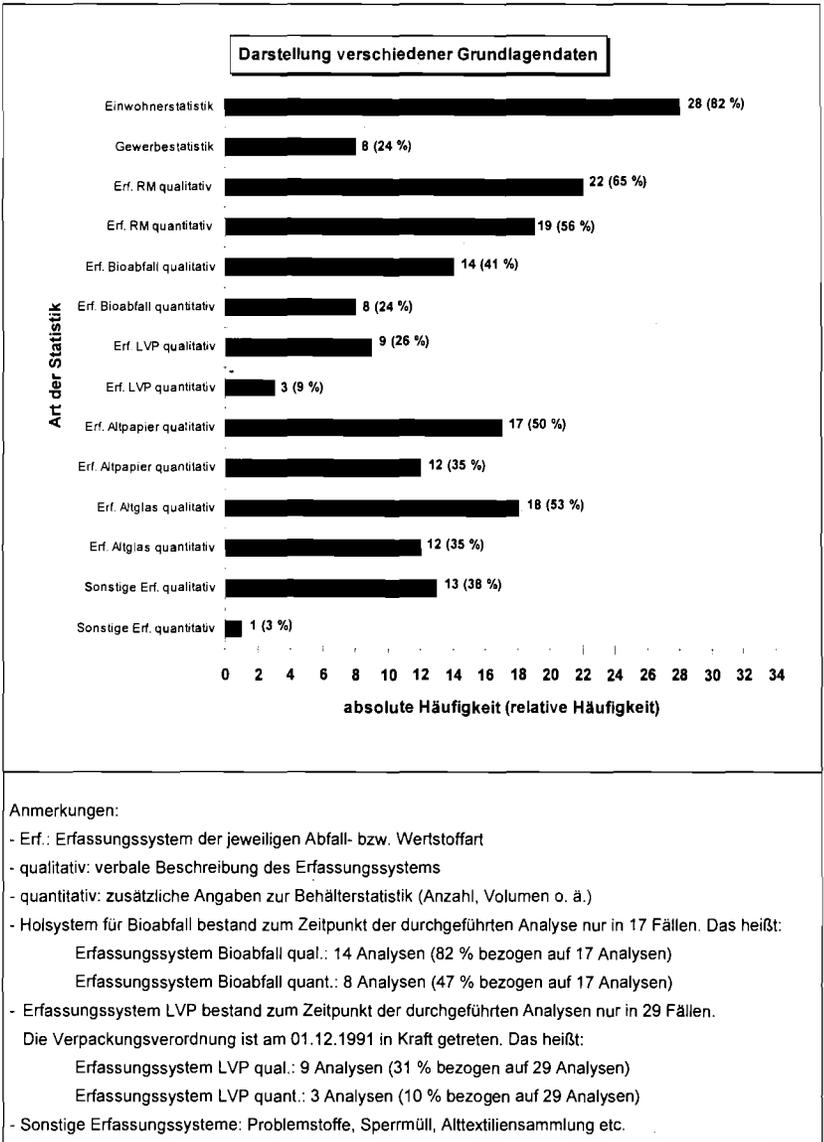
## **2.2.2 Ergebnisse der Auswertung**

### **2.2.2.1 Statistische Datengrundlagen**

#### **• Verschiedene Grundlagendaten**

Die Grundlagendaten eines Untersuchungsgebietes bilden die Basis für eine gezielte und sinnvolle Stichprobenauswahl. Häufig bereitet dabei die Bereitstellung von Einwohner- und Gewerbestatistiken aus Gründen des Datenschutzes Probleme.

In der folgenden Abbildung 2.1 sind die Häufigkeiten der Darstellung verschiedener Grundlagendaten aufgeführt.



**Abb. 2.1:** Häufigkeit der Darstellung verschiedener Grundlagendaten

**Einwohnerstatistik**

Von den 28 Einwohnerstatistiken enthielten die meisten Statistiken eine Tabelle mit Orten und Ortsteilen mit den dazugehörigen Einwohnerzahlen und eine Gesamteinwohnerzahl des Entsorgungsgebietes. In zwei Analysen wurden im Anhang des Gutachtens die Straßen der Stichprobengebiete – in einem Fall inklusive der beprobten Hausnummern – aufgeführt.

**Gewerbestatistik**

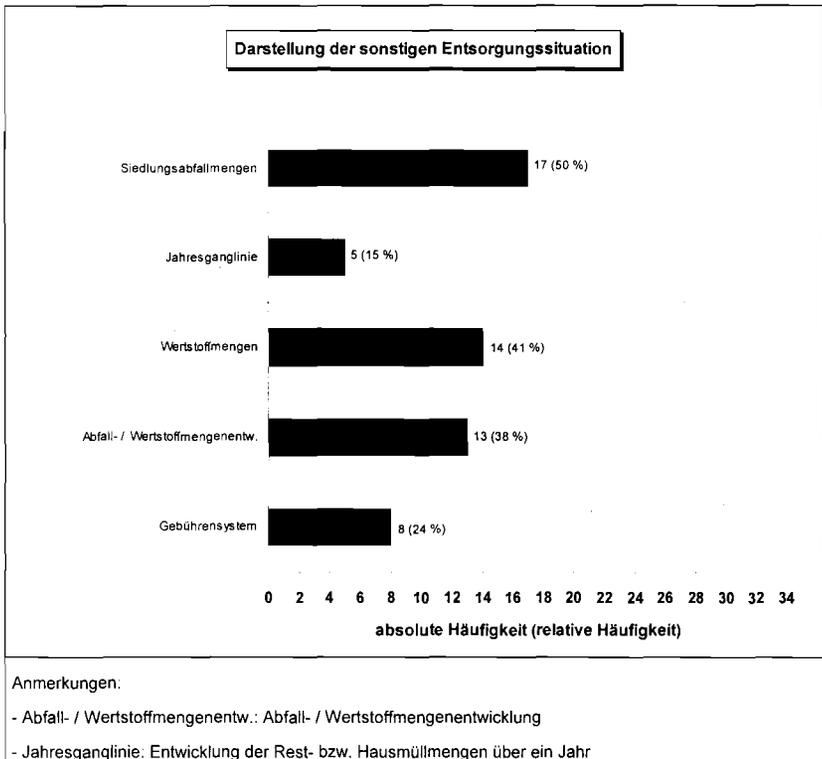
In acht Analysen (24 %) wurde die Gewerbesituation dargestellt. Drei Gutachter äußerten sich dabei sowohl zur Anzahl der Arbeitsstätten als auch zur Anzahl der Beschäftigten. Bei zwei Analysen wurde als Gewerbestatistik eine Tabelle unterteilt nach Wirtschaftszweigen mit den entsprechenden Beschäftigtenzahlen aufgeführt.

**Erfassungssysteme**

Ein relativ hoher Anteil der Analysen wies keine Angaben zu den jeweiligen Erfassungssystemen auf. Insgesamt wurden die Erfassungssysteme in der Regel eher qualitativ als quantitativ dargestellt.

**• Sonstige Entsorgungssituation**

In der folgenden Abbildung 2.2 wird zur Darstellung der sonstigen Entsorgungssituation auf Abfall- und Wertstoffmengenstatistiken sowie auf das Gebührensystem eingegangen.



**Abb. 2.2:** Häufigkeit der Darstellung der sonstigen Entsorgungssituation

### Gebührensystern

Acht der betrachteten Analysen (24 %) enthielten eine Darstellung des Gebührensystems. In der Regel (6 Analysen bzw. 75 % bezogen auf 8 Analysen) erfolgte eine qualitative Darstellung, z. B. unterschieden nach volumen- oder behälterbezogenem Gebührensystem.

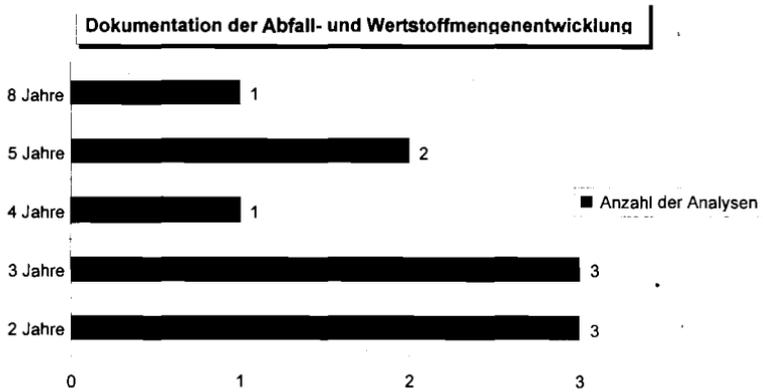
Für eine Analyse wurde ein detailliertes Bild der Gebührenstruktur unterteilt nach Behältervolumen und Abfallgruppen dargestellt, da während der Untersuchung eine Gebührenumstellung stattgefunden hat. Hier wurde ein direkter Bezug des Gebührensystems zum Entsorgungsverhalten der Einwohner hergestellt.

In einer anderen Studie wurden die Abfallgebühren der einzelnen Kommunen des Kreises in DM je Liter bereitgestelltem Behältervolumen differenziert gegenübergestellt.

- **Abfall- und Wertstoffmengenentwicklung**

Für die Beurteilung der durch Sortieranalysen ermittelten Mengen ist die Kenntnis der Abfall- und Wertstoffmengenentwicklung im betrachteten Untersuchungsgebiet von Bedeutung.

Die folgende Abbildung 2.3 stellt die Anzahl der Analysen mit Dokumentation der Abfall- und Wertstoffmengenentwicklung unter Berücksichtigung der betrachteten Jahreszeiträume dar.



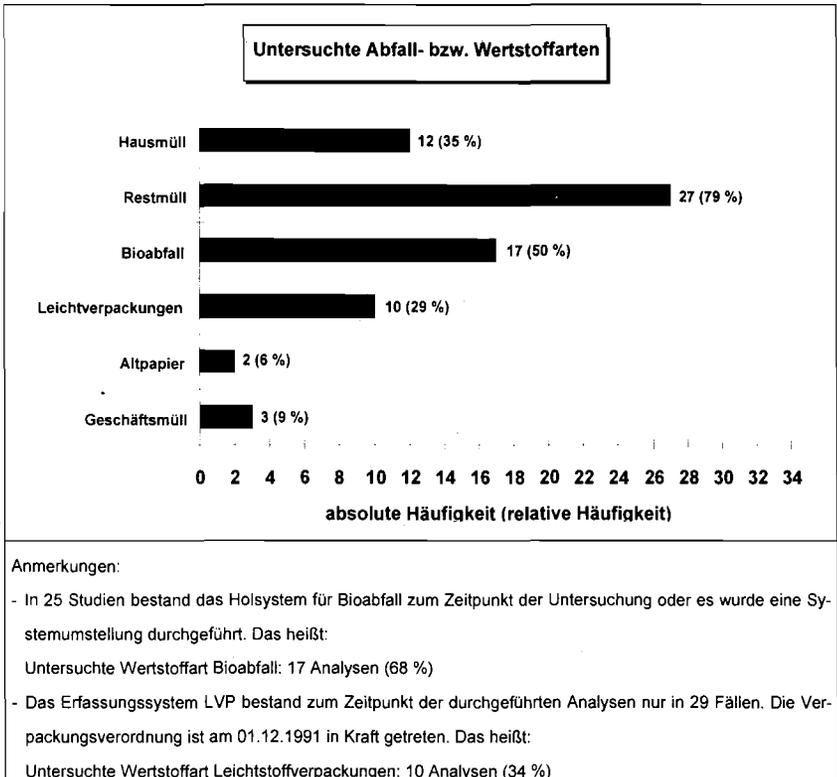
**Abb. 2.3:** Anzahl der Analysen mit Dokumentation der Abfall- und Wertstoffmengenentwicklung

Wie aus der Abbildung 2.3 ersichtlich ist, wurde bei den hier betrachteten Gutachten häufiger die Abfall- und Wertstoffmengenentwicklung über einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren berücksichtigt. Eine Betrachtung eines Vier bzw. Acht Jahreszeitraumes fand seltener statt.

### 2.2.2.2 Stichprobenauswahl

#### • Abfall- und Wertstoffarten

In der nachstehenden Abbildung 2.4 ist die Häufigkeit der untersuchten Abfall- und Wertstoffarten aufgeführt.

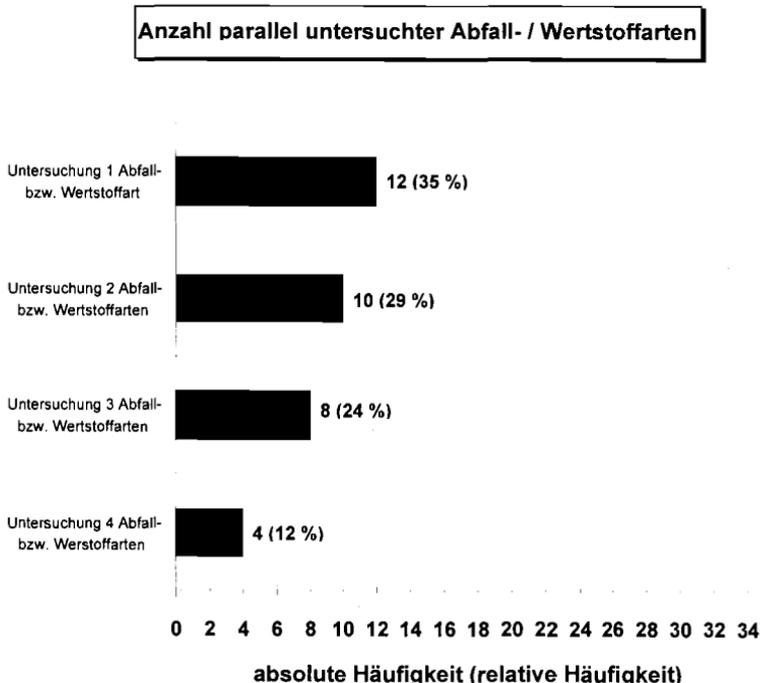


**Abb. 2.4:** Häufigkeit der untersuchten Abfall- bzw. Wertstoffarten

Zu den 12 Hausmüllanalysen und 27 Restmüllanalysen ist zu vermerken, daß in fünf Fällen während der Untersuchung eine Erfassungsumstellung durchgeführt wurde. Vor der Umstellung wurden Hausmüllstichproben genommen, nach der Umstellung Restmüll- und Wertstoffstichproben. In vielen Fällen wurden parallel zum Restmüll die Wertstoffe Bioabfall und Verpackungsleichtstoffe untersucht.

Der Geschäftsmüll bzw. das Kleingewerbe wurde in den meisten Fällen bei der haushaltsbezogenen Sortieranalyse ausgeschlossen. Er wurde lediglich zweimal gezielt betrachtet.

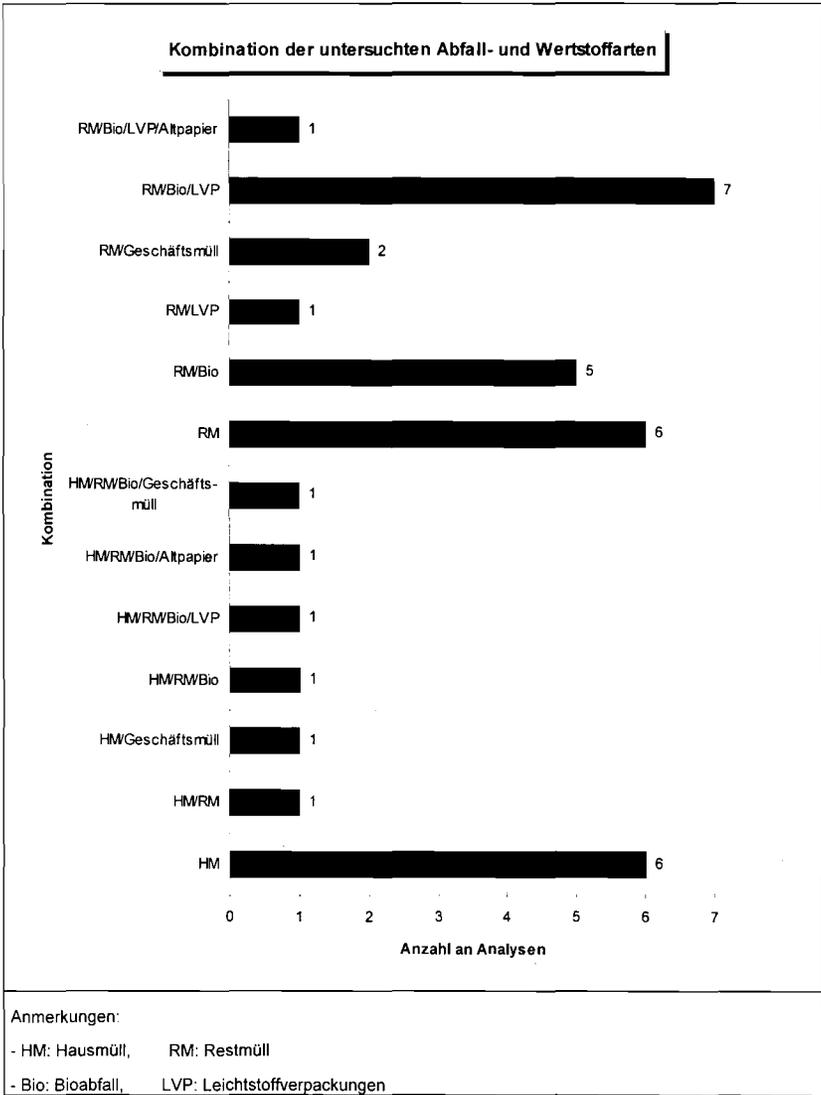
Der Umfang der einzelnen Untersuchungen – beschrieben als Anzahl der parallel untersuchten Abfall-/Wertstoffarten – geht aus der folgenden Abbildung 2.5 hervor.



**Abb. 2.5:** Anzahl parallel untersuchter Abfall- bzw. Wertstoffarten

Aus der Abbildung 2.5 wird deutlich, daß bei 22 von 34 Untersuchungen mehr als eine Abfall- bzw. Wertstoffart analysiert worden ist. Nur bei rund 1/3 der Sortierungen wurde lediglich eine Abfall- bzw. Wertstoffart untersucht.

Die Abbildung 2.6 stellt die Häufigkeit der durchgeführten Kombinationen von parallel untersuchten Abfall- bzw. Wertstoffarten dar.



**Abb. 2.6:** Kombinationen der parallel untersuchten Abfall- bzw. Wertstoffarten

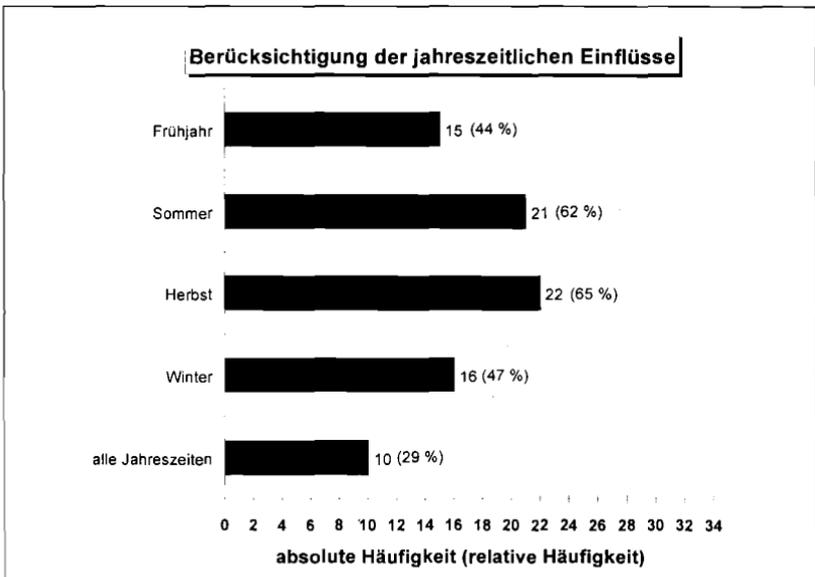
Aus der Abbildung 2.6 ist zu ersehen, daß es keine Standardkombination gibt. Die Variationen sind sehr vielfältig. Zwanzig Prozent der Untersuchungen weisen eine Kom-

bination Restmüll/Bioabfall/ Leichtstoffverpackungen auf. In sechs Fällen wurde nur der Restmüll und in sechs weiteren lediglich der Hausmüll analysiert. Fünfmal fand die Kombination Restmüll/Bioabfall statt. Zweimal wurde der Restmüll inklusive Geschäftsmüll untersucht.

Ein Sonderfall ist die Kombination Hausmüll/Restmüll, die durch die Einführung der Biotonne in einigen Stichprobengebieten zum Zeitpunkt der Sortieranalyse entstanden ist.

- **Berücksichtigung des jahreszeitlichen Einflusses**

Für eine Sortieranalyse kann es von großer Bedeutung sein, innerhalb welcher Jahreszeiten die einzelnen Sortierkampagnen durchgeführt werden. So sind z. B. der Organikanteil im Restmüll sowie die Feinmüllzusammensetzung bei Gebieten mit festbrennstoffbeheizten Haushaltungen zum Teil erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt. In der nachstehenden Abbildung 2.7 ist daher die Anzahl der betrachteten Sortieranalysen aufgeführt, die den jahreszeitlichen Einfluß berücksichtigen.

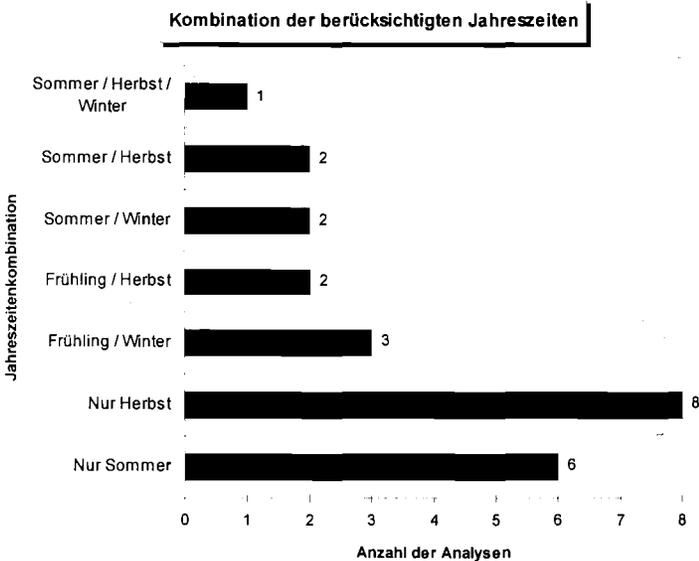


**Abb. 2.7:** Häufigkeit der Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse

Bei der Berücksichtigung der Jahreszeiten wurden für die Sortierkampagnen am häufigsten der Sommer und der Herbst gewählt. Lediglich bei zehn Analysen wurden alle

Jahreszeiten berücksichtigt. Das bedeutet, daß 69 % der Studien die einheitliche Empfehlung aus Kapitel 2.1 – vier Sortierkampagnen über das Jahr zu verteilen – nicht einhalten. Von den 34 bearbeiteten Analysen können somit nur zehn als Basisuntersuchung (Berücksichtigung aller vier Jahreszeiten) bewertet werden.

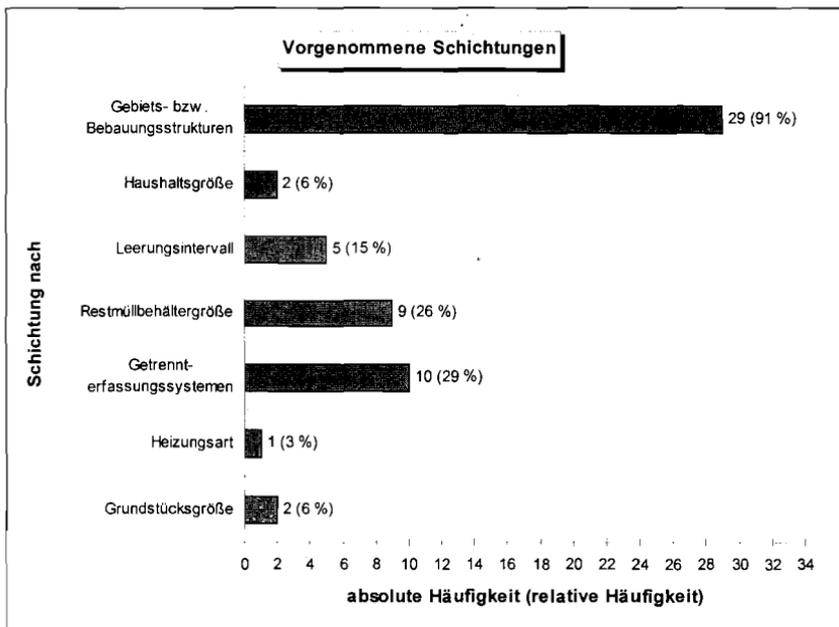
Aus der nachfolgenden Abbildung geht hervor, welche Jahreszeitkombinationen bei der Durchführung der Sortierkampagnen gewählt wurden.



**Abb. 2.8:** Kombinationen der berücksichtigten Jahreszeiten

- **Vorgenommene Schichtungen**

Die Berücksichtigung verschiedener Schichtungen (vgl. Abbildung 2.9) sind für eine Sortieranalyse von elementarer Bedeutung. Eine Schichtung wird durchgeführt, um die inhomogene Grundgesamtheit des besiedelten Untersuchungsgebietes in homogene Teilgesamtheiten aufzuteilen. Das Ziel ist, die Genauigkeit der Untersuchung zu erhöhen und die Stichprobenmenge zu reduzieren.



## Anmerkungen:

- Gebiets- bzw. Bebauungsstruktur: unterschiedliche Definitionen
- Die relative Häufigkeit bei der Schichtung nach Getrennterfassungssystemen muß sich auf die Anzahl der Analysen beziehen, bei denen zum Zeitpunkt der Sortieranalyse mindestens eine Getrennterfassung vorhanden war. 29 der 34 bearbeiteten Studien konnten aufgrund der Verpackungsverordnung LVP getrennt erfassen. Das heißt:  
Schichtung nach Getrennterfassungssystemen: 10 Analysen (34 %)
- Heizungsart: Gebiete mit erhöhtem Ascheaufkommen aufgrund von Kohleheizung o. ä

**Abb. 2.9:** Art und Häufigkeit der vorgenommenen Schichtungen

### Gebiets- und Bebauungsstruktur

In 91 % der Analysen wurden die Teilgesamtheiten nach Gebiets- bzw. Bebauungsstrukturen gebildet. Die Definitionen der Gebiets- und Bebauungsstrukturen sind jedoch sehr unterschiedlich.

In sieben Analysen wurde nach Gebietsstrukturen (Gallenkemper, 1977) und in acht Analysen nach Bebauungsstrukturen (1 - 2, 3 - 6 und > 6 Wohneinheiten je Wohngebäude) unterteilt. In zwölf Analysen wurde eine Schichtung nach Siedlungsstrukturen gewählt. Die Bezeichnungen dieser Strukturen variieren zwischen den einzelnen Analysen, jedoch ist die Einteilung in einzelne Strukturen inhaltlich zum Teil sehr ähnlich.

Insgesamt wurden 17 verschiedene Schichtungsmerkmale innerhalb dieser zwölf Analysen unterschieden.

Zwei Analysen sind gesondert zu betrachten. Hier wurden eigene Schemata für die Schichtung nach Gebiets- bzw. Bebauungsstrukturen entwickelt. In einer dieser Studien wurden sechs Gebietstypen gewählt, die speziell für diese Stadt repräsentativ sind. In der anderen Analyse wurde nach fünf sogenannten Sammelgebietsstrukturen geschichtet, die sich an den Gebietsstrukturen nach Gallenkemper orientieren.

Die restlichen Schichtungsmerkmale wurden wesentlich seltener gewählt. Bei der Schichtung nach Getrennterfassungssystemen wurden die Rest- bzw. Hausmüllstichproben danach differenziert, ob z. B. eine Biotonne vorhanden war oder nicht bzw. welches Erfassungssystem für LVP im Untersuchungsgebiet eingesetzt wurde (Sack, Behälter oder Depotcontainer).

Festzustellen ist, daß in vielen Fällen Schichtungsmerkmale kombiniert wurden. Zu den am häufigsten gewählten Kombinationen gehören Gebiets- bzw. Bebauungsstruktur und Restmüllbehältergröße sowie die Schichtung nach Gebiets- bzw. Bebauungsstrukturen und ausgewählten Getrennterfassungssystemen.

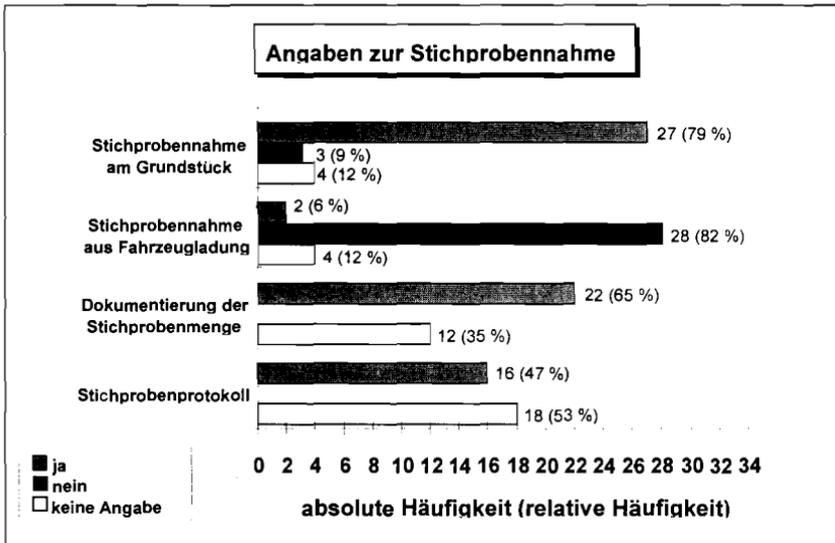
Als Ausnahmefälle sind die Schichtungsmerkmale Haushaltsgröße und Grundstücksgröße zu erwähnen. Hiernach wurden lediglich in zwei Fällen Teilgesamtheiten gebildet. Nach der Heizungsart wurde nur einmal geschichtet.

### **2.2.2.3 Praktische Durchführung der Sortierung**

#### **• Angaben zur Stichprobennahme**

Bei einer Stichprobennahme wird unterschieden, ob sie am Grundstück oder aus einer Fahrzeugladung gezogen wurde. Der Vorteil einer Stichprobennahme am Grundstück ist, daß jedem Behälter in der Regel die entsprechende Einwohnerzahl direkt zugeordnet werden kann.

Aussagen über die gemachten Angaben zur Stichprobennahme in den betrachteten Sortieranalysen sind in der Abbildung 2.10 ersichtlich.



**Abb. 2.10:** Art und Häufigkeit der Angaben zur Stichprobennahme

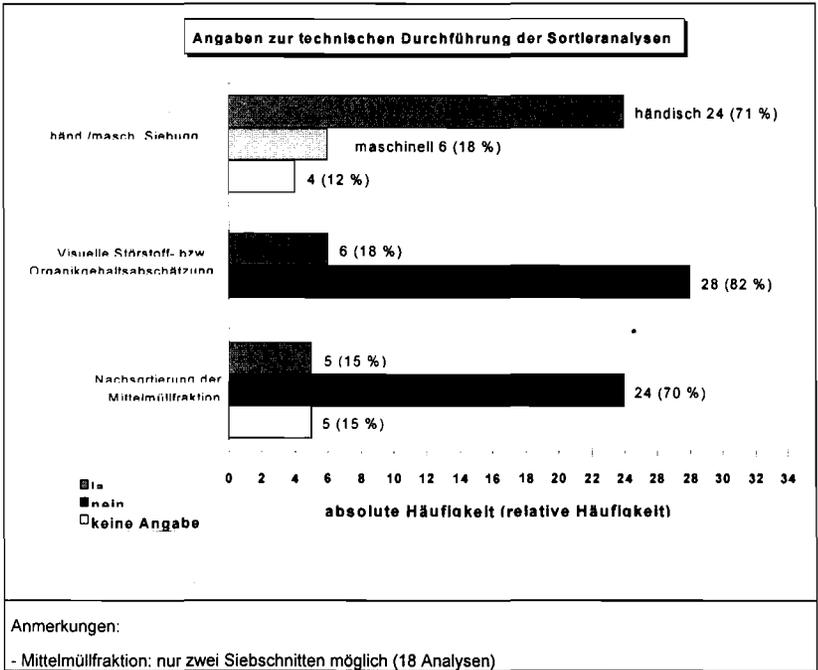
Aus der obigen Abbildung geht hervor, daß in 27 Analysen (79 %) die Stichprobennahme am Grundstück erfolgte. Bei drei Analysen (9 %) wurde offensichtlich eine andere Vorgehensweise gewählt, während 4 Gutachten keinen Aufschluß über die Vorgehensweise bei der Stichprobennahme gaben.

Die Stichprobenmenge wurde bei 22 Analysen (65 %) dokumentiert, zumeist als Gesamtmenge in der Einheit [kg] oder [Mg].

In 16 Studien (47 %) wurde im Bericht erwähnt, daß ein Stichprobenprotokoll geführt worden ist. Der Rückschluß, daß in den restlichen Analysen kein Stichprobenprotokoll geführt wurde, ist unzulässig, da der Dokumentation des Stichprobenprotokolls nicht in jedem Fall Bedeutung zugemessen wird.

• **Absiebung**

Die nachstehende Abbildung 2.11 beschreibt die technische Durchführung der betrachteten Sortieranalysen.

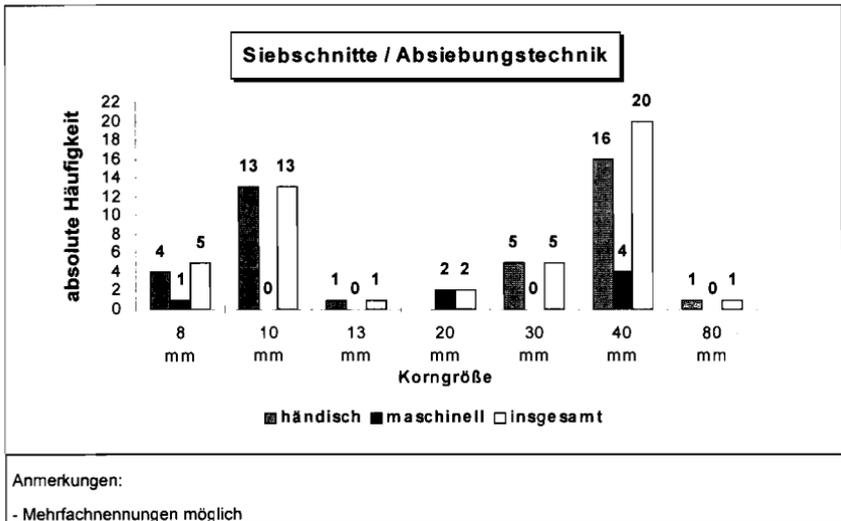


**Abb. 2.11:** Art und Häufigkeit der Angaben zur technischen Durchführung von Sortieranalysen

Es wird aus der Abbildung 2.11 deutlich, daß in der Regel die händische gegenüber der maschinellen Siebung bevorzugt wird. Ein Grund hierfür könnten der größere Kostenaufwand für die Beschaffung und Unterhaltung eines mobilen Siebaggregats sein. In den seltensten Fällen (18 %) erfolgt während der Sortierungen der Wertstofffraktionen eine visuelle Störstoff- bzw. Organikgehaltsabschätzung. Sie wurde überwiegend (fünfmal) beim Biomüll durchgeführt. Einmal wurde beim Restmüll der Organikanteil visuell abgeschätzt.

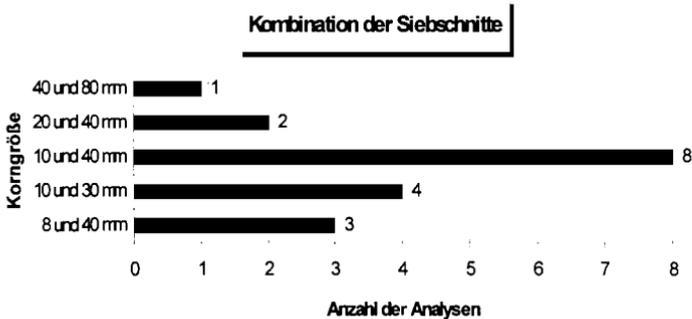
Die Vorgehensweise bei der Absiebung wies häufig Unterschiede auf. Variiert wurden im wesentlichen die Siebtechnik und die Auswahl der Siebschnitte. Bei 18 Analysen wurden zwei Siebschnitte gewählt, so daß eine Mittelmüllfraktion anfiel. In 5 Fällen (28 %) wurde eine Nachsortierung der Mittelmüllfraktion dokumentiert. In einer Studie wurde die Mittelmüllfraktion nicht nachsortiert, obwohl zwei Siebschnitte mit 40 und 80 mm gewählt wurden.

Die Abbildung 2.12 stellt die gewählten Siebschnitte und Absiebungstechniken dar.



**Abb. 2.12:** Häufigkeit der gewählten Siebschnitte und Absiebungstechniken

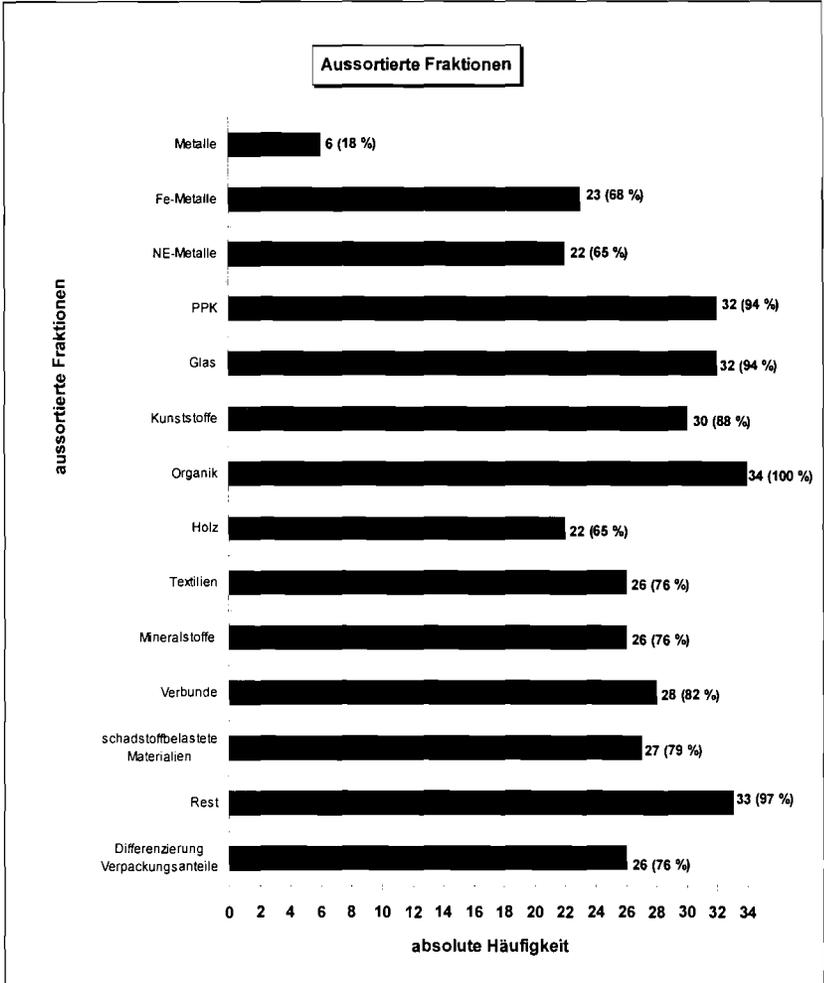
Wie aus der obige Abbildung 2.12 hervor geht, wurden die Siebschnitte 10 mm bzw. 40 mm am häufigsten gewählt. In dem nachfolgenden Diagramm werden die Sieb-kombinationen der 18 Analysen dargestellt.



**Abb. 2.13:** Art und Häufigkeit der Kombinationen der Siebschnitte

- **Aussortierte Stoffgruppen**

Die Auswahl Stoffgruppen in die sortiert wird, ist ein entscheidender Faktor für die Aussagekraft und Vergleichbarkeit von Sortieranalysen. Die Auswahl hängt im wesentlichen vom Untersuchungsziel ab.



**Abb. 2.14:** Art und Häufigkeit der aussortierten Stoffgruppe

**Fortsetzung Abbildung 2.14****Anmerkungen:**

- Bei einer Analyse wurde zusätzlich eine produktbezogene Sortierung durchgeführt
- Metalle: keine Differenzierung nach Eisen- und Nichteisenmetalle
- Fe-Metalle: Eisenmetalle
- NE-Metalle: Nichteisenmetalle
- PPK: Pappe / Papier / Kartonagen
- Mineralstoffe: ohne Glas
- Die Differenzierung nach Verpackungs- / Nichtverpackungsmaterial gilt nur für die 29 Studien, die nach dem Inkrafttreten der Verpackungsverordnung am 01.12.1991 erstellt wurden. Eine Sortieranalyse stellt die Ausnahme dar. Sie wurde vor diesem Termin erstellt und beinhaltete die Stoffgruppe „Verpackungskunststoffe“. Das heißt:  
Differenzierung Verpackungsanteile: 26 Analysen (90 % bezogen auf 29 Analysen)

**Aussortierte Stoffgruppen**

Die Abbildung 2.14 verdeutlicht, daß einige Stoffgruppen in fast allen Analysen aussortiert wurden. Hierzu gehören die Stoffgruppen Organik, PPK, Glas und Rest. Die Stoffgruppe Organik wurde in allen Analysen aussortiert. Nach den Sortierstoffgruppen Kunststoffe, Verbunde, schadstoffbelastete Materialien und Metalle wurde in ca. 80 % der Studien unterschieden. Teilweise wurde bei den Sortierungen noch weiter differenziert. So wurde z. B. die Stoffgruppe Metalle in Fe-Metalle und NE-Metalle aufgetrennt.

Aus den Studien geht des weiteren hervor, daß die Anzahl der Sortierstoffgruppen innerhalb einer Analyse sehr unterschiedlich war.

**Differenzierung Verpackungs- / Nichtverpackungsmaterial**

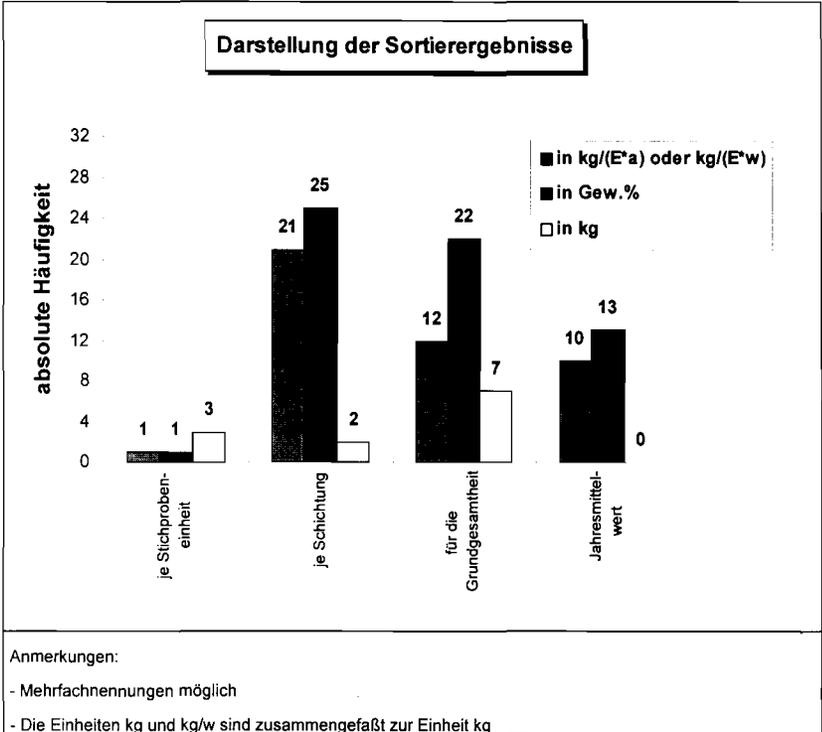
Die Differenzierung nach Verpackungs- und Nichtverpackungsmaterial ist sehr vielfältig. Bei sieben Analysen wurden die Stoffgruppen Kunststoffe, PPK, Glas und Metalle jeweils unterteilt nach Verpackungen und Nichtverpackungen, während in acht Analysen diese Unterteilung nur für ein oder zwei Stoffgruppen durchgeführt wurden.

Sieben Analysen wurden nach der Stoffgruppe „Leichtstoffverpackungen“ bzw. in die entsprechenden Stoffgruppenunterteilungen (z. B. Kunststoffhohlkörper, Verbunde, Folien u. ä.) differenziert.

### 2.2.2.4 Auswertung und Ergebnisdarstellung

#### • Darstellung der Sortierergebnisse

Die von den Gutachtern gewählten Darstellungsarten der Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung 2.15 aufgeführt.

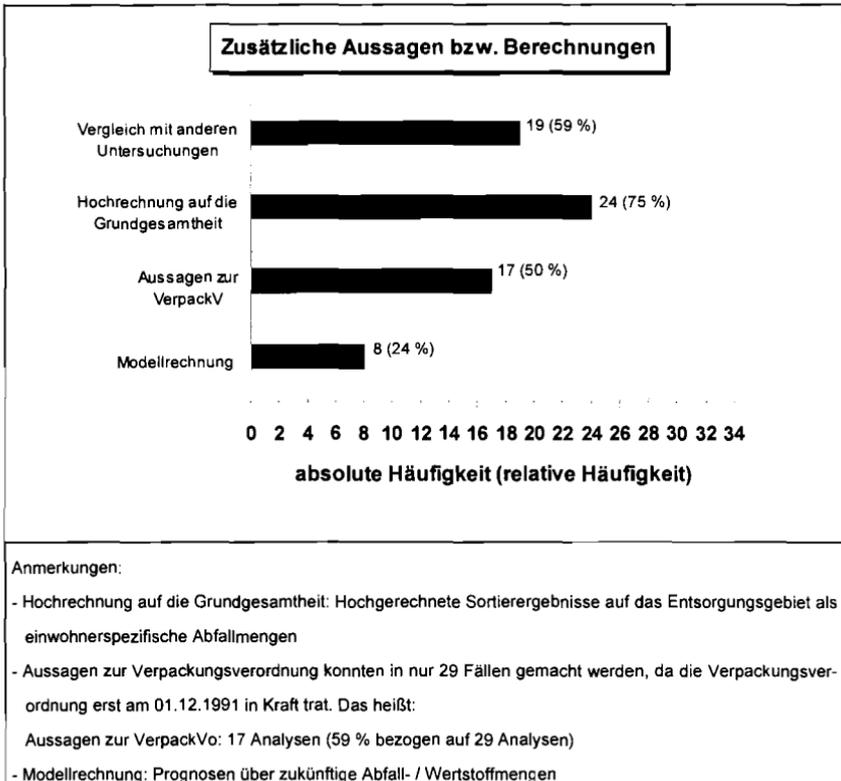


**Abb. 2.15:** Art und Häufigkeit der Ergebnisdarstellung

Die Abbildung 2.15 zeigt, daß überwiegend die Darstellung je Schichtung und die der Grundgesamtheit gewählt wurden. Die Angabe in [Gew.-%] wurde gegenüber der Darstellung in [kg/(E\*a)] oder [kg/(E\*w)] bevorzugt. Die Darstellung der Sortierergebnisse je Stichprobeneinheit wurde in den seltensten Fällen gewählt. In der Regel wurde hierbei das Ergebnis in [kg] angegeben.

### • Zusätzliche Aussagen bzw. Berechnungen

Die Abbildung 2.16 enthält Angaben über zusätzliche Berechnungen, wie z. B. Vergleich mit anderen Untersuchungen, Hochrechnungen Aussagen zur Verpackungsverordnung etc.



**Abb. 2.16:** Art und Häufigkeit von zusätzlichen Aussagen bzw. Berechnungen

#### Vergleich mit anderen Untersuchungen

Ein Vergleich mit anderen Untersuchungen wurde bei 19 Analysen (59 %) durchgeführt. Am häufigsten wurden die ermittelten Ergebnisse mit andernorts durchgeführten Sortieranalysen, zum Teil in Verbindung mit der Bundesweiten Hausmüllanalyse (BAUER et al., 1986), verglichen. Dieser Vergleich erfolgte für vier Analysen lediglich rein tabellarisch ohne schriftliche Bewertung.

Fünf Studien haben für einen Vergleich ältere Untersuchungen aus dem gleichen Entsorgungsgebiet herangezogen.

### **Hochrechnung auf die Grundgesamtheit**

In 24 Analysen wurden die Sortierergebnisse auf die Grundgesamtheit, d. h. auf das Entsorgungsgebiet, hochgerechnet. In acht Fällen wurde eine Hochrechnung durchgeführt, obwohl nicht alle Jahreszeiten berücksichtigt wurden.

Die Berechnungsverfahren für die Hochrechnungen sind vielfältig. Sie wurden jedoch in den seltensten Fälle beschrieben.

In einem Fall wurde bei einer Analyse eine Hochrechnung auf die Jahresmenge durchgeführt, obwohl es nur eine Stichprobenkampagne gab. Das Hochrechnungsergebnis wurde mit der Prognosemenge verglichen. Es erfolgte keine Korrektur, da es nur eine Abweichung von 3 % gab.

In drei Analysen wurde die durchschnittliche Jahresabfallmenge durch eine fortlaufende Verwiegung ermittelt. Mit Hilfe der prozentualen Verteilung der sortierten Mengen wurden spezifische Abfallmengen  $[\text{kg}/(\text{E}^*\text{a})]$  berechnet.

Eine ähnliche Vorgehensweise wurde für eine andere Sortieranalyse gewählt. Aufbauend auf eine Berechnung der absoluten Jahresabfallmenge wurden die Sortierergebnisse für die Gesamtheit in  $[\text{kg}]$  und  $[\text{Gew.}\%]$  dargestellt.

### **Modellrechnung über die zukünftige Wertstoffabschöpfung**

Eine Modellrechnung über die Prognose der zukünftigen Wertstoffabschöpfungen wurde in acht Analysen durchgeführt. Hierbei wurden z. B. basierend auf geforderten Erfassungsquoten, wie z. B. die der Verpackungsverordnung, die zusätzlich abzuschöpfenden Leichtstoffverpackungen errechnet. Grundlage waren die ermittelten Wertstoffanteile und -mengen aus der Sortieranalyse und teilweise Daten von Entsorgungsfirmen. Bei der Berechnung der zusätzlich abschöpfbaren Bioabfallmenge fanden die Einflußgrößen Anschlußquote und Anteil der Eigenkompostierer Berücksichtigung.

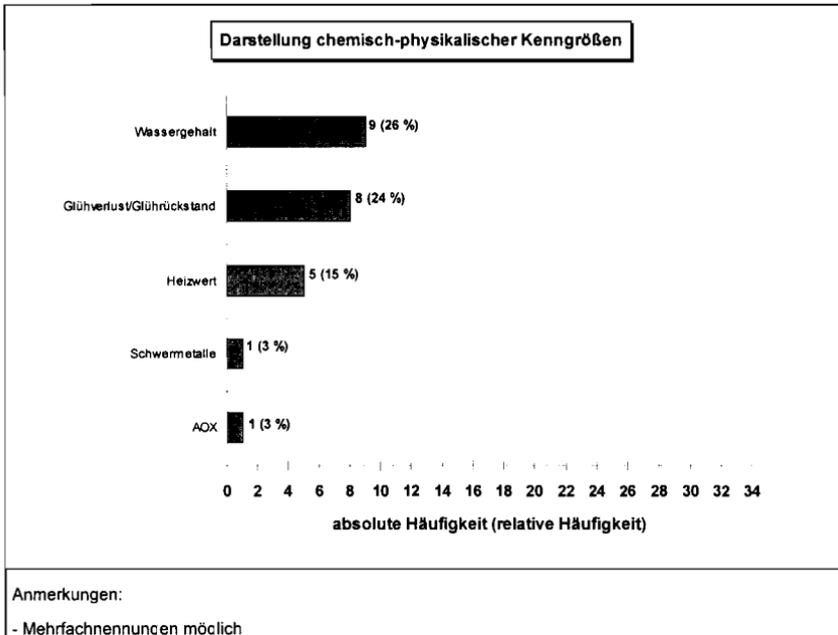
In einer Studie wurde die Entwicklung des Restabfallaufkommens abgeschätzt. Hierzu wurde eine Rechnung durchgeführt, die mit Hilfe von ermittelten Verwertungspotentialen, Einzelbeobachtungen und Vergleichsdaten das Aufkommen an Restmüll, Bioabfall und Leichtstoffverpackungen im Hausmüll prognostiziert.

In einer anderen Analyse wurden anhand von zahlreichen Modellprojekten wie z. B. „restmüllfreies Warenhaus“, „Rücknahmestationen“, etc. Vermeidungspotentiale ermittelt.

### • Darstellung chemisch-physikalischer Kenngrößen

Insgesamt wurden bei zwölf Analysen chemisch-physikalische Untersuchungen durchgeführt.

In der folgenden Abbildung 2.17 sind diese Kenngrößen weitgehend aufgeschlüsselt.



**Abb. 2.17:** Art und Häufigkeit der dargestellten chemisch-physikalischen Kenngrößen

Aus der obigen Abbildung 2.17 geht hervor, daß die Kenngrößen Wassergehalt und Glühverlust bzw. Glührückstand häufig bestimmt wurden. Diese chemisch-physikalischen Kenngrößen wurden bei sieben Analysen (21 %) kombiniert analysiert.

Bei drei Analysen wurde der Wassergehalt wie auch der Glühverlust aller untersuchter Abfallarten differenziert nach Sortierstoffgruppen ermittelt.

In einem Gutachten wurde lediglich der Gesamtwassergehalt der jeweils untersuchten Abfallarten angegeben.

Bei der Bestimmung des Heizwertes gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Vorgehensweisen. In zwei von vier Studien mit Heizwertbestimmung wurden durch Laboruntersuchungen Heizwerte ermittelt. Die anderen beiden Analysen zogen für die Berechnung Literaturangaben heran. Die bekannten Heizwerte ausgewählter Stoffgruppen

wurden über die ermittelte Abfall- bzw. Wertstoffzusammensetzung auf die Grundgesamtheit hochgerechnet.

Für eine Restabfallanalyse wurde neben der labortechnischen Heizwertuntersuchung zusätzlich eine Elementaranalyse durchgeführt. Als Elemente wurden hierbei Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Chlor, Schwefel, Fluor und Aluminium bestimmt (als Anteil an der Trockenmasse).

Bei einer weiteren Untersuchung wurden als Analysenparameter die Schwermetalle Cadmium, Blei, Chrom, Quecksilber, Zink und Nickel gewählt. Diese wurden aus einer Mischprobe in [mg/(kg TS)] bestimmt. Zudem wurden einzelne AOX-Werte, wie z. B. Methylchlorid und Trichlorethen einzelner ausgewählter Sortierstoffgruppen ermittelt.

#### • Darstellung sonstiger Kenngrößen

Die nachfolgend beschriebenen "sonstigen Kenngrößen" (einwohnerspezifischen Mengen- bzw. Volumenangaben, Füllgrad und Bereitstellungsgrad) sind wichtige Indikatoren zur Beschreibung und Beurteilung der Restmüll- und Wertstofferrfassung.

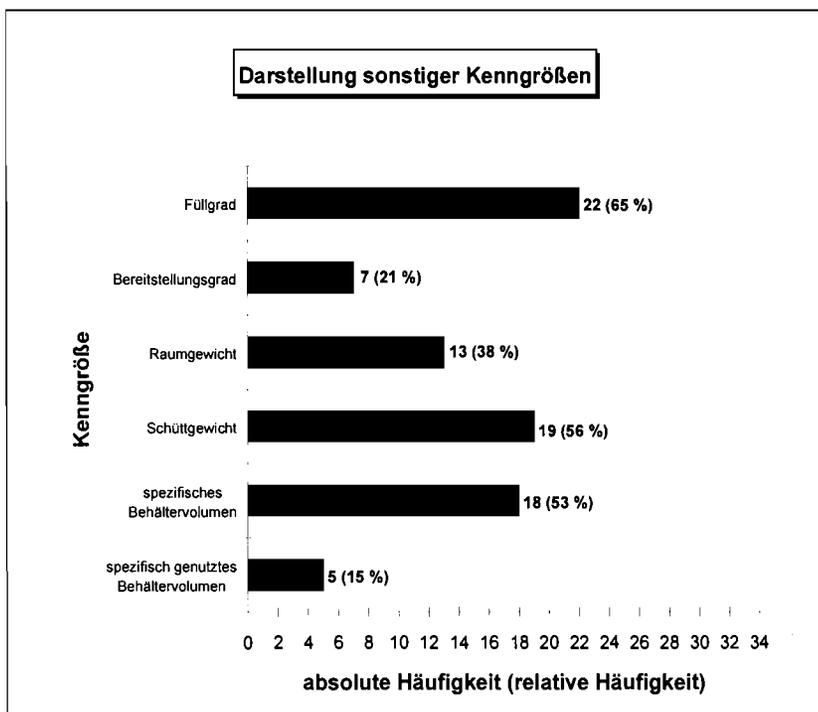


Abb. 2.18: Art und Häufigkeit sonstiger dargestellter Kenngrößen

Aus der Abbildung 2.18 geht hervor, daß relativ viele Gutachten volumen- bzw. mengenspezifische Kenngrößen untersuchten. Ca. 50 % der Studien ermittelten das spezifische Behältervolumen bzw. die Schüttdichte.

Auffällig ist die Untersuchung des spezifischen Behältervolumens. In 5 Analysen wurde zusätzlich zum spezifischen Behältervolumen auch das spezifisch genutzte Behältervolumen bestimmt. Hierdurch konnten Aussagen zum Ausnutzungsgrad des untersuchten Erfassungssystems gemacht werden.

Die Vorgehensweise und Ergebnisdarstellung der Einzelbehälterverwiegungen, der Raum- und Schüttdichtebestimmungen sowie der Ermittlung des spezifischen Behältervolumens sind grundsätzlich vergleichbar.

### **Füllgrad**

Mehr als 2/3 aller Studien bestimmten den Füllgrad des Sammelgefäßes.

In den meisten Gutachten wurden der Füllgrad in Abhängigkeit von der jeweils untersuchten Schicht dargestellt. Ein undifferenzierter Mittelwert wurde lediglich in zwei Fällen angegeben.

Die Füllgradbestimmung wurde bei 17 Untersuchungen während der Stichprobennahme für die Sortieranalyse durchgeführt. In vier Fällen wurden zusätzlich Begleitfahrten zur Bestimmung des Füllgrades vorgenommen. Ein Studie nutzte hierfür eine von der Sortieranalyse zeitlich getrennte Einzelbehälterverwiegung.

### **Bereitstellungsgrad**

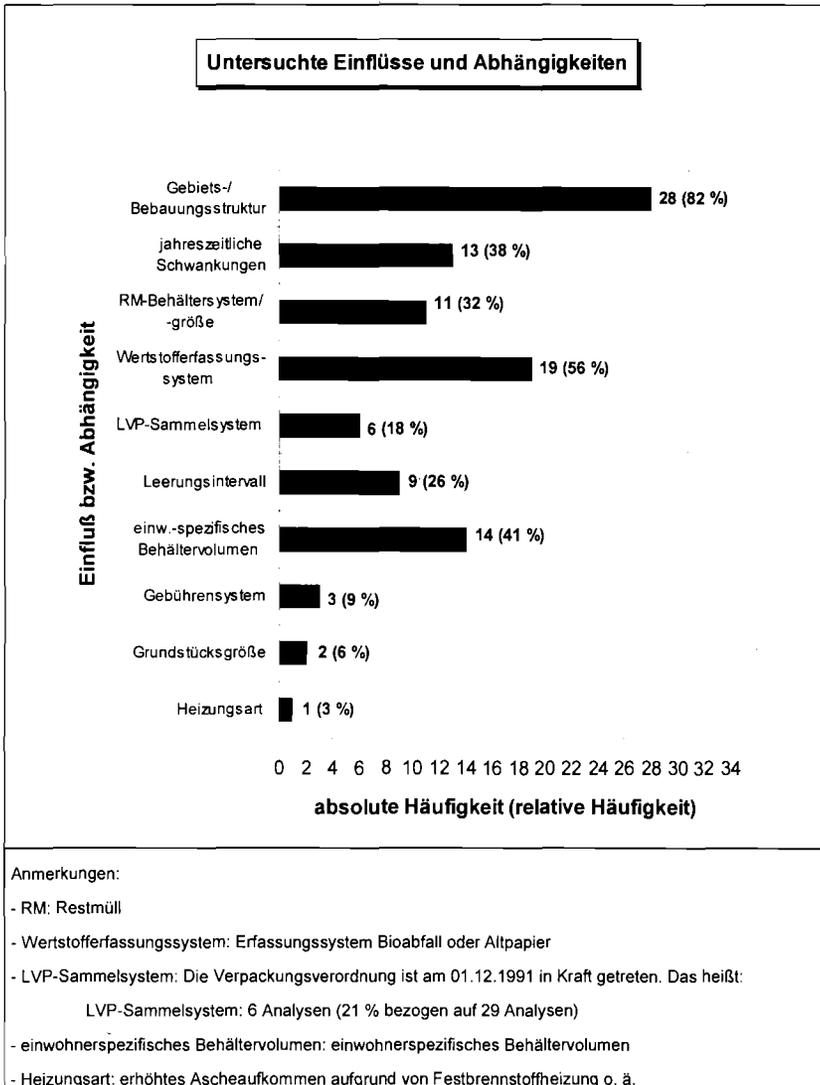
Nur sieben Gutachten (21 %) ermittelten den Bereitstellungsgrad der Sammelbehälter. Eine ausführliche Darstellung und Bewertung der Ergebnisse wurde in drei Studien gewählt, während zwei Studien lediglich Angaben zum Mittelwert machten.

Auffällig ist, daß der Bereitstellungsgrad vor allem bei speziellen Aufgabestellungen untersucht wurde, wie z. B. bei der Umstellung des Leerungsintervalls oder einer Veränderung des Erfassungssystems. Ein Grund hierfür könnte darin liegen, daß durch die Ermittlung des Bereitstellungsgrades untersucht werden sollte, ob die Umstellung bzw. die neue Situation angenommen wurde.

Bei einer Analyse wurden neben der Bestimmung des Bereitstellungsgrades auch die unzulässig bereitgestellten Behälter ermittelt.

### • Untersuchte Einflüsse und Abhängigkeiten

Für die Beurteilung der Sortierergebnisse werden in der Regel die nachstehenden aufgeführten Einflußgrößen und Abhängigkeiten mit einbezogen.



**Abb. 2.19:** Art und Häufigkeit der untersuchten Einflüsse und Abhängigkeiten

Aus der Abbildung 2.19 geht hervor, daß vor allem die Gebiets- bzw. Bebauungsstruktur – 28 Analysen (82 %) – als Einflußgröße für die Restmüll- bzw. Wertstoffmenge und -zusammensetzung gesehen wurde. In 19 Analysen (56 %) wurde untersucht, ob das Wertstofffassungssystem die Sortierergebnisse beeinflußt hat.

Bei fünf Sortieranalysen wurden nach bestimmten Schichtungsmerkmalen Teilgesamtheiten gebildet, welche jedoch bei der Auswertung keine Berücksichtigung fanden.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Schichtungen wurde der jahreszeitliche Einfluß, das spezifische Behältervolumen sowie das Gebührensystem untersucht.

Der Einfluß der jahreszeitlichen Schwankungen wurde in 13 Analysen (38 %) betrachtet. Hierzu wurden mehrmals im Untersuchungszeitraum Sortierkampagnen durchgeführt.

Das spezifische Behältervolumen wurde in 14 Fällen (41 %) als Einflußgröße angesehen. Bei drei Analysen (9 %) wurde untersucht, inwieweit das Gebührensystem bzw. eine Gebührenumstellung die Restmüll- und Wertstoffmengen bzw. deren Zusammensetzung beeinflußt.

### 2.3 Resümee der Auswertung

Sortieranalysen von Abfällen aus Haushaltungen bilden die Basis für Abfallwirtschaftskonzepte sowie abfallwirtschaftliche Maßnahmen, wie z. B. die Planung von Verwertungs- und Beseitigungsanlagen.

In der hier vorliegenden Studie wurden bestehende Empfehlungen miteinander verglichen. Hierbei wurden teilweise erhebliche Unterschiede bezüglich Vorgaben zur

- Schichtung,
- Absiebung,
- Nachsortierung,
- Ergebnisdarstellung

deutlich.

Diese Tendenz setzt sich in den 34 ausgewerteten Sortieranalysen fort. Eine Vergleichbarkeit der Vorgehensweise war in vielen Fällen nicht zu erkennen. Besonders auffällig war dies in folgenden Punkten:

- Wahl des Untersuchungszeitraums bzw. Anzahl der Sortierkampagnen,
- Schichtung der Grundgesamtheit,
- Wahl der Siebschnitte.

In den nachstehenden Kapiteln erfolgt eine tabellarische Zusammenfassung der Auswertung aller betrachteten Sortieranalysen mit einer Bewertung der einzelnen Parameter:

- ⇒ + = wichtig
- ⇒ o = eventuell
- ⇒ - = unwichtig
- ⇒ +/- = abhängig vom Ziel einer Untersuchung

Die Wertung der verschiedenen Parameter sowie die Häufigkeit der Darstellung weisen nicht immer einheitliche Tendenzen auf. Der Parameter „maschinelle Siebung“ weist z. B. eine relativ niedrige Häufigkeit auf (18 %). Er wird jedoch als wichtig bewertet, da eine maschinelle Siebung im Vergleich zu einer händischen Siebung in ihrer Qualität konstant bleibt. Ein Grund für die relativ geringe praktische Anwendung einer maschinellen Siebung ist wahrscheinlich der hohe Invest- und Unterhaltungsaufwand der Siebeinheit.

### 2.3.1 Statistische Datengrundlage

in der folgenden Tabelle 2.3 sind die statistischen Datengrundlagen in zusammengefaßter und bewerteter Form dargestellt.

**Tab. 2.3:** Statistische Datengrundlage – Zusammenfassung und Bewertung

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>Einwohnerstatistik</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basismerkmale für eine geschichtete Verhältnisschätzung</li> <li>• Basis für Hochrechnung</li> <li>• Ausländeranteil wird als Einflußgröße ungen angegeben</li> <li>• möglicher Einfluß auf Menge und Zusammensetzung</li> </ul>
- für das Entsorgungsgebiet	+	(71%)	
- für einzelne Schichtungsmerkmale	+	(35%)	
- für die untersuchte Straße u. Haus-Nr.	+ / -	(3%)	
- für einzelne Ortsteile	o	(53%)	
- Berücksichtigung des Ausländeranteils	o	(21%)	
- Berücksichtigung der Altersstrukturen	-	(12%)	
<b>Gewerbestatistik</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• falls Untersuchung des Kleingewerbes geeignete Datenbasis für Schichtung bzw. Hochrechnung</li> </ul>
- Arbeitsstätten	-	(9%)	
- Beschäftigte	+ / -	(21%)	
	<b>Wer-</b>	<b>Auswer-</b>	

Untersuchungsparameter	tung	tung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>Erfassungssystem Restmüll</b> - qualitativ + (65%) - quantitativ (Behälterstatistik) + (56%) - für das Entsorgungsgebiet + (44%) - für einzelne Ortsteile o (38%) - für einzelne Schichtungsmerkmale o (26%) - Angabe in Behältervolumen + (59%) - Angabe in Behälteranzahl + (47%) - Angabe des spez. Behältervolumens + (32%) - Angabe des Leerungsintervalls + (50%)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlage für Stichprobenauswahl</li> <li>• Behältergröße beeinflusst Menge und Störstoffanteile</li> <li>• Behälterdaten für Ortsteile und Schichtungsgrößen sind wichtig für Hochrechnung</li> </ul>
<b>Erfassungssystem der Wertstoffe</b> (Bioabfall, Leichtstoffverpackungen, Altpapier u. Altglas) - qualitativ + (31-82%) - quantitativ (Behälterstatistik) + (10-47%) - für das Entsorgungsgebiet + (10-36%) - für einzelne Ortsteile o (10-18%) - für einzelne Schichtungsmerkmale o (0-12%) - Angabe in Behältervolumen + (6-36%) - Angabe in Behälteranzahl + (6-47%) - Angabe des spez. Behältervolumens + (0-12%) - Angabe des Leerungsintervalls + (18-47%)			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Getrennte Sammlung von Wertstoffen hat einen erheblichen Einfluß auf die Menge und Zusammensetzung des Restmülls</li> </ul>
<b>Gebührensystern</b>	+	(24%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebührensystem hat Einfluß auf Menge und Zusammensetzung insbesondere bei starken Gebührenanreizen</li> </ul>

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>sonstige Entsorgungsdaten</b>			
- Jahresganglinie	o	(15%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumentation von jahreszeitlichen Schwankungen insbesondere beim Restmüll und Bioabfall</li> </ul>
- Siedlungsabfallmengen	+	(50%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengen können mit Analyseergebnissen verglichen werden</li> <li>• Basis für Hochrechnung</li> </ul>
- Wertstoffmengen	+	(41%)	
- Abfall-/Wertstoffmengenentwicklung	+	(38%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Fortsetzung einer Entwicklung</li> <li>• Basis für Modellrechnungen</li> </ul>
- Behandlungs-/Beseitigungsanlagen	-	(38%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung der abfallwirtschaftlichen Situation im Entsorgungsgebiet</li> </ul>

### 2.3.2 Stichprobenauswahl und Vorbereitung der Sortieranalyse

In der Tabelle 2.4 sind die Parameter der Stichprobenauswahl und Vorbereitung der Sortieranalyse einzeln aufgeführt.

**Tab. 2.4:** Stichprobenauswahl und Vorbereitung der Sortieranalyse – Zusammenfassung und Bewertung

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>Stichprobengröße (Angabe im Bericht)</b>			
- repräsentative Gesamtstichprobe	-	k. A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der statistischen Genauigkeit</li> <li>• Angaben zur erbrachten Leistung</li> </ul>
- Anzahl der Stichprobeneinheit	+	k. A.	
<b>Untersuchungszeitraum</b>			
- mind. vier Kampagnen über ein Jahr	+/-	(29%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei vier zeitversetzten Sortierungen des Restmülls und des Bioabfalls erfolgt Ausgleich jahreszeitlicher Schwankungen</li> <li>• bei LVP-, Altglas- und Altpapier reichen zwei Sortierkampagnen, da kaum jahreszeitliche Schwankungen zu erwarten sind</li> </ul>
- drei Sortierkampagnen über ein Jahr	+/o	(3%)	
- zwei Sortierkampagnen über ein Jahr	+/-	(26%)	
- eine Sortierkampagne über ein Jahr	o/-	(42%)	
<b>Untersuchungsparameter</b>	<b>Wertung</b>	<b>Auswertung Analysen</b>	<b>Begründung der Bewertung</b>

Schichtung nach			<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei Gebiets- oder Bebauungsstrukturen einfache Hochrechnung möglich, da Daten i. d. R. vorliegen</li> <li>• bei unterschiedlichen Leerungsintervallen oder unterschiedlicher Behältergröße Einfluß auf Menge und Zusammensetzung</li> <li>• unterschiedlicher Einfluß der Getrennterfassungssysteme auf Menge und Zusammensetzung (z. B. kompostierbare Anteile, höhere Störstoffanteile beim LVP-Behälter als beim LVP-Sack, unterschiedliche Altpapieranteile im Restmüll bzw. LVP-Erfassungssystem)</li> <li>• Einfluß der Heizungsart auf Feinmüllanteil</li> <li>• Einfluß der Grundstücksgröße auf kompostierbaren Anteil</li> </ul>
- Gebietsstrukturen	+	(21%)	
- Gebietstypen	-	(3%)	
- Bebauungsstruktur	+	(24%)	
- Siedlungsstrukturen	0	(29%)	
- Sammelgebietsstrukturen	-	(3%)	
- Haushaltsgrößen	-	(6%)	
- Leerungsintervallen	+/-	(15%)	
- Restmüllbehältergrößen	+	(26%)	
- Getrennterfassungssystemen	+	(29%)	
- Heizungsart	+/-	(3%)	
- Grundstücksgrößen	-	(6%)	

### 2.3.3 Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung

Die Parameter der Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung werden in der nachstehenden Tabelle 2.5 aufgelistet.

**Tab. 2.5:** Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung – Zusammenfassung und Bewertung

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>Stichprobennahme</b>			Durch Stichprobennahme am Grundstück ist eine:
- am Grundstück	+	(79%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausreißerkontrolle</li> <li>• Schichtung</li> <li>• Festlegung von Kleingewerbe,</li> <li>• Zuordnung jedes Stichprobenbehälters zum jeweiligen Haushalt und somit zur Einwohnerzahl möglich</li> </ul>
- aus der Fahrzeugladung	-	(6%)	

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>Bestimmung</b> - Füllungsgrad - Bereitstellungsgrad	 + +/-	 (68%) (21%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basis für weitere Berechnungen, z. B. Raum- und Schüttdichte oder genutztes Behältervolumen</li> <li>• insbesondere bei freiwählbarem Leerungsintervall sinnvoll</li> </ul>
<b>Stichprobenprotokoll</b> - Straße und Haus-Nr. - Behältergröße - Behälteranzahl - Einwohneranzahl	 + + + +	 (26%) (29%) (29%) (9%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basis für weitere Berechnungen</li> <li>• späteres Nachvollziehen der Stichprobennahme</li> <li>• Dokumentation der erbrachten Leistung</li> </ul>
<b>zusätzliche Begleitfahrten</b>	 0	 (24%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datenabsicherung</li> <li>• Bestimmung des Leerungsintervalls</li> </ul>
<b>visuelle Störstoffgehaltsabschätzung</b> - Altpapier - Bioabfall - Leichtstoffverpackungen - Restmüll (Organikanteil)	 0 0 - -	 (3%) (15%) (3%) (3%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei weitgehend homogener Struktur des Analysenmaterials (PPK, Glas, Bioabfall) sinnvolle Methode</li> </ul>
<b>Siebtechnik</b> - händisch - maschinell	 0 +	 (71%) (18%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maschinelle Siebung liefert objektiveres Ergebnis</li> </ul>
<b>Siebschnitte</b> 8 mm 10 mm 20 mm 30 mm 40 mm 80 mm	 - + - 0 + 0	 (15%) (38%) (6%) (15%) (59%) (3%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siebschnitte 10 und 40 mm (i. d. R. gewählt bzw. empfohlen)</li> <li>• durch Siebschnitt bei 10 mm Bestimmung des Feinkornanteils</li> <li>• durch zusätzlichen Siebschnitt bei 40 mm Abtrennung der Fein- und Mittelfraktion und damit Bestimmung des Anteils der händisch nicht mehr vom Sortierband greifbar ist</li> </ul>

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>Nachsortierung der Mittelfraktion (z. B. 10 - 40 mm)</b>	+	(15%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmung des Anteils der händisch nicht mehr vom Sortierband greifbar ist</li> <li>Aussagen zur Kompostierung bzw. Vergärung durch Bestimmung des strukturarmen, kompostierbaren Anteils (kompostierbare Küchenabfälle)</li> </ul>
<b>Sortierstoffgruppen</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>mengenrelevante Stoffgruppen</li> <li>Basis für die Bestimmung von Verwertungspotentialen</li> <li>Bestimmung des Verpackungsanteils in Abhängigkeit vom Untersuchungsziel sinnvoll</li> </ul>
- Metalle	-	(18%)	
- Fe-Metalle	+	(68%)	
- NE- Metalle	+	(65%)	
- PPK	+	(94%)	
- Glas	+	(94%)	
- Kunststoffe	+	(88%)	
- Organik	+	(100%)	
- Holz	+	(65%)	
- Textilien	+	(76%)	
- Mineralstoffe	+	(76%)	
- Verbunde	+	(82%)	
- schadstoffbelastete Materialien	+	(79%)	
- Rest	+	(97%)	
- Differenzierung n. Verpackungsanteilen	+/-	(76%)	
<b>Chem.-physik. Untersuchungen</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Wassergehalt- und Glühverlustbestimmung einfaches Verfahren zur Beurteilung der Kompostierungsfähigkeit bzw. der Brennbarkeit ausgewählter Stoffgruppen oder Siebfractionen (insbesondere der Fraktion &lt; 10 mm)</li> <li>Heizwert: hoher Aufwand bei der Probenaufbereitung, kleine Stichproben führen zu großen Fehlern</li> <li>Heizwert-, Schwermetall- und AOX-Bestimmung finden nur bei besonderen Fragestellungen Anwendung, da der Aufwand sehr groß ist</li> </ul>
- Wassergehalt	+	(26%)	
- Glühverlust / Glührückstand	+	(24%)	
- Heizwert	0	(15%)	
- Schwermetalle	-	(3%)	
- AOX	-	(3%)	

### 2.3.4 Auswertung und Ergebnisdarstellung

In der Tabelle 2.6 werden die Arten der Auswertung und Ergebnisdarstellung aufgelistet und bewertet.

**Tab. 2.6:** Auswertung und Ergebnisdarstellung – Zusammenfassung und Bewertung

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>Darstellung der Ergebnisse</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>übersichtliche Dokumentation der Ergebnisse</li> </ul>
- graphische Darstellung	+	(94%)	
- tabellarische Darstellung	+	(100%)	
<b>Darstellung der Stichprobenmenge</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>grundsätzlich sinnvoll</li> <li>Angabe zur Anzahl und Größe der Stichprobeneinheiten</li> <li>bei Angabe in <math>m^3</math> evtl. Rückschluß auf Anzahl der Stichprobeneinheiten möglich</li> </ul>
$m^3$	+	(18%)	
kg	+	(53%)	
%	-	(15%)	
<b>Darstellung der Sortiererergebnisse</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Darstellung je Stichprobeneinheit nur als Nachweis der erbrachten Leistungen erforderlich</li> </ul>
je Stichprobeneinheit			
kg	+	(9%)	
kg/(E*w)	+	(3%)	
Gew.-%	+	(3%)	
<b>je Schichtungsmerkmal</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>aussagekräftige Ergebnisse für einen Vergleich verschiedener Schichtungsmerkmale</li> <li>Grundlage für eine Hochrechnung</li> <li>PPK, Altglas und LVP da kaum jahreszeitliche Einflüsse</li> </ul>
kg	-	(3%)	
kg/W	-	(3%)	
kg/(E*w)	+	(41%)	
Gew.-%	+	(74%)	
kg/(E*a) (bei Darstellung der Jahresmenge)	+	(21%)	
l/(E*a)	-	(3%)	

Untersuchungsparameter	Wertung	Auswertung Analysen	Begründung der Bewertung
<b>für die Grundgesamtheit</b> kg kg/w kg/(E*w) Gew-% kg/(E*a)	- - + + +	(18%) (3%) (29%) (65%) (6%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergebnisse für das gesamte Entsorgungsgebiet</li> <li>• Darstellung der einzelnen Kampagnen in kg/(E*w) oder Gew-%</li> <li>• Darstellung der Jahresmenge in kg/(E*a)</li> </ul>
<b>Wiegeseinauswertungen</b>	+	(18%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absicherung der Sortierergebnisse</li> <li>• Vollerhebung</li> <li>• Problem bei Sammeltouren mit unterschiedlichen Schichtungsmerkmalen</li> </ul>
<b>weitere Berechnungen und Dokumentationen</b> - Raumgewicht - Schüttdichte - spezifisches Behältervolumen - spezifisch genutztes Behältervolumen	+ + + +	(38%) (56%) (53%) (15%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung weiterer Einflüsse auf Mengen und Zusammensetzung</li> <li>• Erkenntnisse für die Abfuhrlogistik</li> <li>• Aussagen über den Einfluß der Behältergröße auf die Abfallmenge</li> </ul>
<b>Untersuchung von Einflüssen</b> - RM-Behältersystem - Gebührensystem - Leerungsintervall - Gebiets- u. Bebauungsstruktur - spezifisches Behältervolumen - LVP-Sammelsysteme - Wertstofffassungssystem - jahreszeitliche Schwankungen	+/- +/- +/- +/- +/- +/- +/- +/-	(29%) (9%) (24%) (74%) (41%) (21%) (38%) (41%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der Effizienz abfallwirtschaftlicher Maßnahmen, wie z. B. Gebührenänderungen, Einführung neuer Entsorgungssysteme, Planungen von Anlagen, etc.</li> </ul>

<b>Untersuchungsparameter</b>	<b>Wertung</b>	<b>Auswertung Analysen</b>	<b>Begründung der Bewertung</b>
<b>Vergleich mit anderen Untersuchungen</b>	+	(59%)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Beurteilung verschiedener abfallwirtschaftlicher Maßnahmen</li></ul>
<b>Modellrechnung über die zukünftige Wertstoffabschätzung</b>	+/-	(25%)	<ul style="list-style-type: none"><li>• abhängig vom Untersuchungsziel</li><li>• sinnvoll bei Abfallwirtschaftskonzepten, Planungen von Anlagen, Systemveränderungen</li><li>• zeit- und kostenaufwendig</li></ul>
<b>Erarbeitung einer Empfehlung</b>	+	(59%)	<ul style="list-style-type: none"><li>• sinnvoll bei Abfallwirtschaftskonzepten, Planungen von Anlagen, Systemveränderungen</li></ul>

### **3. Befragung der Auftraggeber von Rest-/Hausmüll- und Gewerbeabfallanalysen**

#### **3.1 Allgemeines**

Um Kenntnisse zur Vorgehensweise bei der Vergabe von Abfallsortieranalysen, der allgemeinen Abwicklung der Analysen sowie der Zufriedenheit der Auftraggeber zu bekommen, wurde den Auftraggebern von Sortieranalysen hierzu ein Fragebogen zugesandt. Dieser Fragebogen gliedert sich in die Teilbereiche:

- Auftragsvergabe / Zeitliche Gliederung des Projektes,
- Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Daten,
- Stichprobenauswahl und praktische Organisation der Sortierungen,
- Auswertung und Endbericht,
- Bewertung der Zusammenarbeit.

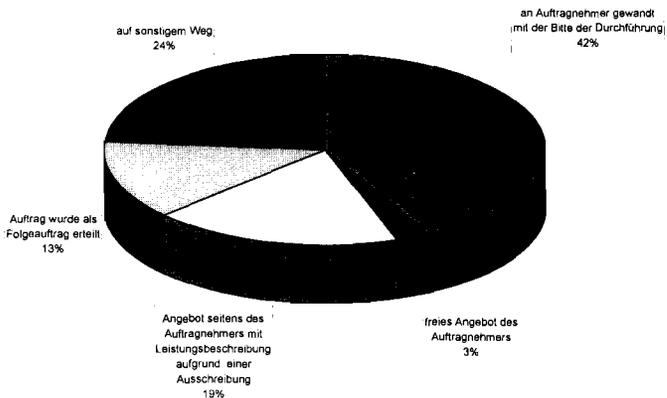
Insgesamt wurden 69 Fragebögen an Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen versandt. Das LASU erhielt 36 Reaktionen auf den Fragebogen, ausgewertet wurden letztendlich 32 Fragebögen. Im folgenden erfolgt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse. Die detaillierte Auswertung sowie der Fragebogen ist im Anhang 3 beigelegt.

#### **3.2 Auswertung der Fragebögen**

##### **3.2.1 Auftragsvergabe / Zeitliche Gliederung des Projektes**

Im ersten Abschnitt wurden die Kommunen befragt, auf welchem Wege der Auftrag über die Sortieranalyse erteilt wurde. Die folgende Abbildung zeigt die Vorgehensweise bei der Kontaktaufnahme sowie die Art der Vergabe der Sortieranalysen.

### Weg der Auftragsvergabe



**Abb. 3.1:** Auftragsvergabe

Der überwiegende Teil der Auftraggeber (42 %) wand sich direkt an den Auftragnehmer mit der Bitte, eine derartige Untersuchung durchzuführen. Häufig ergab sich der Auftrag auch als Folgeauftrag einer bestehenden Zusammenarbeit. Bei den auf sonstigem Wege erteilten Aufträgen handelt es sich zum Teil um Analysen im Rahmen von Diplomarbeiten. Eine freihändige Vergabe des Auftrages, die zu 72 % erfolgte, wurde in der Regel wie folgt begründet:

- gute Erfahrungen mit Auftragnehmer, 43 %
- Ansehen des Auftragnehmers, 48 %
- örtliche Nähe, 48 %
- Sonstiges (siehe Anhang), 48 %.

Probleme bei der Vorbereitung der Ausschreibung bzw. der Vergabe der Analyse traten nach Aussagen der Auftraggeber nicht auf. Die durchschnittliche Bearbeitungslänge der Sortieranalysen lag bei ca. acht Monaten (Zeiträume zwischen 1 und 27 Monaten in Abhängigkeit von der Anzahl der Sortierkampagnen).

Während der Bearbeitung des Projektes wurde im allgemeinen je ein fester Ansprechpartner sowohl seitens des Auftraggebers als auch seitens des Auftragnehmers gestellt.

Bei nahezu allen Sortieranalysen fanden projektbegleitende Gesprächstermine statt.

### 3.2.2 Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Daten

Bei der Frage nach den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten wurden in 29 Fragebögen (90 %) Angaben gemacht. Dabei wurden in über 80 % der Fälle Daten zur Einwohner- und Behälterstatistik für die einzelnen Stadtbezirke und das gesamte Stadtgebiet sowie Informationen zur Organisation der Abfuhr (Abfuhrkalender, Tourenpläne) zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden in 60 - 80 % der Fälle

- Informationen zu den Systemen der getrennten Sammlung,
- Abfall- und Wertstoffmengenstatistiken,
- Haushaltsstatistiken unterteilt nach Gebiets-, Bebauungs- oder ähnlichen Strukturen,
- Satzung zur Abfallwirtschaft / Gebührensatzung,
- Übersichtsplan des Untersuchungsgebietes / Kartenmaterial,
- allgemeine Angaben, wie z. B.: Sozialstruktur, Ausländeranteil, Fläche etc.

an den Auftragnehmer weitergegeben.

Bezüglich der Beschaffung der erforderlichen Daten gab es nach Aussagen der meisten Auftraggeber (80 %) keine Probleme. Die vereinzelt aufgetretenen Probleme waren überwiegend darin begründet, daß

- eine Zuordnung der Daten aufgrund unterschiedlicher Grenzen von Stadtteilen und Entsorgungsgebieten zum Teil schwierig war,
- Daten bei anderen Ämtern geführt wurden,
- Haushaltsstatistiken der Stadt generell nicht vorlagen,
- einwohnerbezogene Daten aufgrund datenschutzrechtlicher Aspekte nicht freigegeben wurden.

### 3.2.3 Stichprobenauswahl und praktische Organisation der Sortierungen

Neben der Datenbeschaffung sind von den Auftraggebern von Abfallanalysen in der Regel eine Reihe weiterer Leistungen zu erbringen. So wurden die Auftragnehmer bei der Durchführung der Analysen in ca. 80 % der Fälle durch die Bereitstellung einer Sortierhalle sowie die Entsorgung der analysierten Abfälle seitens des Auftraggebers unterstützt. Während bei über 60 % der Analysen ein ortskundiger Begleiter, Sammelfahrzeuge und leere Behälter für die Sammlung der Stichproben bzw. die Aussortierung der Teilfraktionen seitens des Auftraggebers gestellt wurden, stellten lediglich 10 % der Auftraggeber das Sortierpersonal zur Verfügung.

Probleme bei der Durchführung der Analyse seitens des Auftraggebers traten selten auf (6 % bzw. 2 Nennungen). Beklagt wurden hier zum einen ein hoher logistischer Aufwand durch unterschiedliche Abfuhrtage und zum anderen die Weigerung eines Teils des vom Auftraggeber gestellten Sortierpersonals, die Sortierung durchzuführen.

### 3.2.4 Auswertung und Endbericht

Eine Präsentation von Zwischenergebnissen durch den Auftragnehmer erfolgte bei mehr als 85 % der Analysen. Am häufigsten erfolgte dieses in Form von Gesprächsterminen mit dem Auftraggeber (69 %), häufig aber auch in schriftlicher Form (56 %). Die Endergebnisse wurden dem Auftraggeber in der Regel in Form eines ausführlichen Berichtes übergeben (97 %). Darüber hinaus erhielten 32 % zusätzlich eine Kurzfassung des Endberichtes. Eine EDV-Version desselben erhielten lediglich 13 % der Auftraggeber. Nahezu 60 % der Analysenergebnisse wurden veröffentlicht.

### 3.2.5 Bewertung der Zusammenarbeit

Bei der Beurteilung der Vorgehensweise des Auftragnehmers durch den Auftraggeber wurde neben einer Gesamtbeurteilung auch eine differenzierte Beurteilung der Einzelschritte

- Vorbereitung,
- praktische Durchführung,
- Auswertung und
- Präsentation

vorgenommen (Bewertungsskala von 1 = sehr gut bis 6 = ungenügend).

Während bei der Gesamtbeurteilung die Bewertungsnote im Mittel bei gut lag, schwankt die Benotung der Einzelpositionen zwischen den Noten sehr gut und ausreichend. Das formulierte Ziel wurde bei 97 % der Analysen erfüllt. In einem Fall wurde das Ziel nicht erreicht, obwohl die Vorgehensweise des Auftragnehmers insgesamt mit befriedigend und die Zusammenarbeit mit gut bewertet wurde. Als Vorschlag für eine bessere Vorbereitung und Durchführung der Abfallanalyse wurde in diesem Fall jedoch eine detaillierte Angebotsabgabe mit Umfang und Tiefe der Untersuchung angeraten. Insgesamt ergab sich bei der Bewertung der Zusammenarbeit eine Durchschnittsnote von 1,7 (24 Nennungen).

#### 4. Empfehlungen zur Durchführung von Sortieranalysen

Abfallanalysen sind als Grundlage für die Erstellung von Abfallwirtschaftskonzepten sowie für die Planung von Verwertungs-, Behandlungs- und Beseitigungsanlagen unerlässlich. Sie geben Auskunft über die Menge, Zusammensetzung und Herkunft der Abfälle. Die Daten sollten vergleichbar, fortschreibbar und zusammenführbar sein. Im Hinblick auf diese Vorgaben ist folgender Mindeststandard zu gewährleisten:

- identische Definition des Untersuchungsgegenstandes (z. B. Definition Restmüll),
- einheitliche Siebschnitte (10 und 40 mm),
- vergleichbarer Stoffgruppenkatalog auf der obersten Ebene (siehe Anhang 4).

Vor diesem Hintergrund wurde der nachfolgend beschriebene Leitfaden zur Durchführung von Sortieranalysen wie auch die Empfehlungen für die Inhalte eines Leistungsverzeichnisses zur Ausschreibung derartiger Sortieranalysen erarbeitet.

##### 4.1 Festlegung der zu analysierenden Abfall-/Wertstoffart

Die Bedeutung einer eindeutigen Definition des Untersuchungsgegenstandes wie auch die genaue Festlegung der zu analysierenden Abfall-/ Wertstoffart wurde bereits im vorherigen Abschnitt erörtert. Das Leistungsverzeichnis (inhaltliche Empfehlungen siehe Anhang 7) sollte jeweils nur für eine Abfall-/Wertstoffart aufgestellt werden. Auf diese Weise ergibt sich eine eindeutige Vorgehensweise für jede der zu analysierende Abfall-/Wertstoffarten.

##### 4.2 Bestimmung der Menge

Die erfaßte Abfallmenge kann mit Hilfe verschiedener Analyseverfahren oder deren Kombination ermittelt werden:

- Einzelbehälterverwiegung,
- differenzierte Auswertung von Wiegescheinen der einzelnen Fahrzeugladungen,
- Auswertung der Gesamtabfallmengen im Untersuchungsgebiet.

##### Einzelbehälterverwiegung

Für die Bestimmung der erfaßten Abfallmenge aus Haushaltungen je Einwohner und Zeitraum, z. B. je Woche [kg/(E\*w)] empfiehlt sich die Durchführung von stichprobenhaften und repräsentativen Einzelbehälterverwiegungen, da in diesem Fall eine ein-

deutige Zuordnung von Einwohnern zu einer bestimmten Abfallmenge möglich ist. Zugriffsebene der Analyse ist hierbei das Grundstück des Abfallerzeugers.

### **Differenzierte Auswertung von Wiegescheinen**

Bei einer differenzierten Auswertung vorliegender Wiegescheine (LKW-Verwiegung, z. B. bei Deponieanlieferungen) ergibt sich das Problem, daß neben den Abfällen aus Haushaltungen in der Regel auch ein gewisser Anteil an Abfällen aus dem Kleingewerbe, der sogenannte Geschäftsmüll, im Rahmen der öffentlichen Abfallsammlung miterfaßt wird. Für die Ermittlung der einwohnerspezifischen Menge muß zudem eine Zuordnung von Einwohnern zu den entsprechenden Abfall- oder Wertstoffmengen erfolgen, was bei diesem Verfahren in der Regel nicht möglich ist, da häufig eine gebietsübergreifende Sammlung dieser Stoffe erfolgt.

### **Auswertung der Gesamtabfallmengen**

Ähnlich wie bei der differenzierten Auswertung vorliegender Wiegescheine (siehe oben) ist auch hierbei keine eindeutige Zuweisung der erfaßten Abfallmengen zu Haushaltungen bzw. Einwohner oder dem Kleingewerbe möglich. Im allgemeinen wird der Anteil des Geschäftsmülls mit 20 - 30 Gew.-% angenommen. Durch Subtraktion der durch Einzelbehälterverwiegungen für Haushalte ermittelten Abfallmenge von der insgesamt anfallenden Abfallmenge kann dieser Kleingewerbeanteil genauer bestimmt werden, wobei in Abhängigkeit von der Gebietsstruktur zum Teil erhebliche Schwankungen auftreten können.

Für eine gezielte Untersuchung der Abfallmengen wird aufgrund der zuvor beschriebenen Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren die Methode der Einzelbehälterverwiegung empfohlen, da nur hierdurch ein eindeutiger Bezug zum Abfallerzeuger hergestellt werden kann. Im Hinblick auf die Erarbeitung oder Überprüfung konkreter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen, wie z. B. die Einführung eines Getrennterfassungssystems, bietet im Regelfall nur diese Methode ausreichend zuverlässige Ergebnisse.

## **4.3 Bestimmung der Zusammensetzung**

Für die Bestimmung der Zusammensetzung von Abfällen stehen grundsätzlich zwei verschiedene Methoden zur Verfügung:

- händische Sortierung und
- Sichtung (visuelle Klassifikation).

### Händische Sortierung

Als zuverlässigste Art, die Zusammensetzung der Abfälle bzw. Wertstoffe aus Haushaltungen zu bestimmen, hat sich die Methode der händischen Sortierung nach entsprechenden vorher festgelegten Stoffgruppen herausgestellt. Die händische Sortierung weist gegenüber der Methode der Sichtung (siehe unten) die genaueren Ergebnisse auf. Aufgrund der Tatsache, daß die Abfälle und Wertstoffe aus Haushaltungen, speziell die Restabfälle aus Haushaltungen, in ihrer Zusammensetzung sehr inhomogen sind, stellt sich die Sichtung als zu unscharf dar. Dies gilt insbesondere dann, wenn sich die Fragestellung speziell auf bestimmte Stoffgruppen richtet.

Darüber hinaus bietet eine händische Sortierung die Möglichkeit, die Abfälle in verschiedene Korngrößenklassen zu fraktionieren. Hierzu werden die Abfälle auf einem Siebaggregat mit definierten Lochdurchgängen gesiebt. Aus Gründen der Vergleichbarkeit sollten entsprechend der bisher im allgemeinen üblichen Vorgehensweise bei Sortieranalysen und den Empfehlungen der TASI sowie des Richtlinienentwurfs des Landes Sachsen die Siebschnitte bei 40 mm und 10 mm durchgeführt werden. Die Siebungen sollten aus Gründen der Objektivität möglichst maschinell auf Siebaggregaten mit Rundlochungen durchgeführt werden. Anstelle der maschinellen Siebung können auch Sortiertische mit einer entsprechenden Lochung verwendet werden.

Der erste Siebschnitt erfolgt in der Regel auf die Korngröße 40 mm. Beim zweiten Siebdurchgang ist dem Siebgut < 40 mm eine möglichst repräsentative Teilmenge (mindestens 20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes) zu entnehmen und bei 10 mm weiter abzusieben. Aus der Siebung ergeben sich drei Teilmengen:

- Fraktion > 40 mm
- Fraktion 10 – 40 mm
- Fraktion < 10 mm

Die Teilmengen Fraktion > 40 mm und in den meisten Fällen auch die Fraktion 10 - 40 mm werden durch eine händische Sortierung in entsprechende Sortierstoffgruppen (erste bzw. zweite Differenzierungsebene des Stoffgruppenkatalogs im Anhang 4) aufgeteilt. Für die Teilmenge < 10 mm empfiehlt sich die Bestimmung der Zusammensetzung durch eine optische Klassifikation mit Zuordnung der Gewichtsanteile zu einzelnen Stoffgruppen. Ergänzend hierzu kann durch die Bestimmung des Wassergehaltes und Glühverlustes der kompostierbare Anteil dieser Fraktion grob abgeschätzt werden.

### **Sichtung (visuelle Zerlegung)**

Bei der Sichtung erfolgt eine optische Klassifikation des zu analysierenden Abfalls in verschiedene Stoffgruppen (in der Regel maximal erste Differenzierungsebene des Stoffgruppenkatalogs im Anhang 4). Dieses Verfahren kann generell nicht die Genauigkeit einer wesentlich aufwendigeren händischen Sortierung erreichen. Dies gilt insbesondere für sehr inhomogene Abfallarten wie Restmüll aus Haushaltungen. Je nach Fragestellung können Sichtungen allerdings bei einigen Wertstoffarten ausreichende Ergebnisse liefern (z. B. grobe Einteilung des Störstoffanteils im Bioabfall oder anderer Wertstoffe). Grundsätzlich können bei dieser Methode Ungenauigkeiten durch die Umrechnung der geschätzten Vol.-% mittels angenommener Schüttdichte in Gew.-% erwartet werden. Für eine vertiefende Analyse der Zusammensetzung von Abfällen bzw. Wertstoffen aus Haushaltungen ist dieses Verfahren nicht geeignet. Der eindeutige Vorteile der Sichtung besteht aus der wesentlich größeren Durchsatzmenge, welche sich insbesondere bei Gewerbeabfallanalysen positiv auswirkt.

#### **4.4 Analyserumfang**

Je nach Fragestellung ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Genauigkeit der Ergebnisse. In einigen Fällen ist es ausreichend, eine Bestimmung der Abfallmenge und -zusammensetzung für einen bestimmten Zeitraum für das gesamte Entsorgungsgebiet ohne Berücksichtigung einzelner Schichten durchzuführen. In der Regel ist eine geschichtete Analyse z. B. nach Gebietsstrukturen o. ä. sinnvoll bzw. erforderlich. Durch eine Schichtung der Grundgesamtheit können z. B. Ansatzpunkte für abfallwirtschaftliche Maßnahmen differenziert ermittelt werden (siehe hierzu auch Kapitel 4.6). Soll eine Hochrechnung der für die einzelnen Schichten ermittelten Abfallmengen auf die Grundgesamtheit (z. B. Untersuchungs- bzw. Stadtgebiet oder ähnliche) erfolgen, - empfohlen wird hierzu eine geschichtete Verhältnisschätzung mit Hilfe der angeschlossenen Einwohner pro Stichprobeneinheit (Müllhandbuch Kennziffer 1712 Stichprobenverfahren) - so ist eine genaue Kenntnis der verschiedenen Schichtanteile [%] erforderlich.

Eine geschichtete Analyse bietet die Möglichkeit, Auswirkungen verschiedener abfallwirtschaftlicher Maßnahmen differenzierter zu betrachten.

#### **4.5 Häufigkeit und Zeitpunkt der Analysen**

Das Aufkommen wie auch die Zusammensetzung von Abfällen und Wertstoffen aus Haushaltungen ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Diese Schwankungen sind im wesentlichen auf ein unterschiedliches Gartenabfallaufkommen sowie durch

Asche aus festbrennstoffbeheizten Haushaltungen zurückzuführen. Sind Angaben zu Jahresmengen gewünscht, so sind in Abhängigkeit von der entsprechenden Abfall- oder Wertstoffart in jedem Fall mehrere Kampagnen erforderlich. Bei Abfallarten mit einem starken jahreszeitlichen Einfluß, wie z. B. Restmüll oder Bioabfall, sind mindestens vier Kampagnen (Frühjahr, Sommer, Herbst und Winterkampagne) und bei Wertstoffarten mit einem geringen oder gar keinen jahreszeitlichen Einfluß, wie z. B. Altpapier, Altglas oder Leichtstoffverpackungen, mindestens zwei Kampagnen erforderlich.

Für die einzelnen Sortierkampagnen sollten Wochen, die einem Feiertags- oder Ferieneinfluß unterliegen, grundsätzlich nicht ausgewählt werden. Der Nachweis einer hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse ist bei Abweichung von diesen Vorgaben zu erbringen.

Sollte sich die Untersuchung der Menge und Zusammensetzung auf eine Momentaufnahme (nur eine Kampagne) beschränken, so ist der Erhebungszeitraum anzugeben und die Ausweisung eines Jahresmittelwertes unzulässig. Durch die Benennung des Erhebungszeitraums kann zumindest eine Vergleichsmöglichkeit der Ergebnisse untereinander (z. B. bei verschiedenen Schichten) sowie mit andernorts durchgeführten Analysen gleicher Schichtungsmerkmale (z. B. Gebietsstruktur) geschaffen werden.

Bei Feststellung von Veränderungen des Aufkommens bzw. der Zusammensetzung aufgrund neu eingeführter abfallwirtschaftlicher Maßnahmen, wie z. B. der getrennten Wertstofffassung oder geänderter wirtschaftlicher und sozialer Bedingungen, wird eine Folgeuntersuchung empfohlen. Sie kann in reduziertem Umfang stattfinden.

Eine Sortierkampagne erstreckt sich in der Regel über die Dauer eines regelmäßigen Leerungsintervalls vor Ort. Die Mindestdauer umfaßt sämtliche Abfuhrtage einer Woche und kann somit auch weniger als eine Kalenderwoche betragen (z. B. bei lediglich drei Abfuhrtagen für Restmüll in einem Entsorgungsgebiet). Die Untersuchungsdauer braucht nicht zusammenhängend zu sein, sollte jedoch ein Leerungsintervall nicht überschreiten.

#### **4.6 Schichtung der Grundgesamtheit, erforderliche Rahmendaten**

Unter einer Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten aus einer heterogenen Grundgesamtheit. Aufgrund der Tatsache, daß Abfälle und Wertstoffe aus Haushaltungen sehr inhomogen sind, sollten sie nach dem Stichprobenverfahren auf der Basis einer geschichteten Zufallsstichprobe untersucht werden.

Durch eine Schichtung ist es möglich, die Genauigkeit der Aussagen über die Teilgesamtheit zu erhöhen oder bei gleichbleibender Genauigkeit den Stichprobenumfang zu reduzieren.

In diversen unabhängigen Untersuchungen haben sich nachfolgend aufgeführte Parameter als Einflußgrößen auf die Abfall- bzw. Wertstoffmenge sowie deren Zusammensetzung herausgestellt:

- Ortsgrößenklasse (Großstadt, städtisches Mittelzentrum, Landkreis)
- Gebiets- oder Bebauungsstruktur (Definition siehe Anhang 5),
- Behältergröße (z. B. MGB  $\leq 240$  bzw. MGB  $> 240$ ),
- einwohnerspezifisches Behältervolumen  $[I/(E \cdot w)]$ ,
- Leerungsintervall (wöchentlich, vierzehntäglich, vierwöchentlich etc.),  
Werden im Untersuchungsgebiet Bereitstellungssysteme eingesetzt, das heißt, falls der Nutzer des Behälters das Leerungsintervall frei wählen kann (zum Beispiel bei codierten Tonnen, einem Wertmarken- oder Banderolensystem u. ä.), muß die Anzahl der tatsächlichen Tage zwischen zwei Abfahren, wenn möglich je Behälter oder als Durchschnittswert, bestimmt werden.
- Systeme der getrennten Sammlung,  
(z. B. Art der Bioabfallfassung, wie z. B. Biotonne oder Eigenkompostierung; Leichtverpackungs-/Papier-Erfassungssystem wie z. B. Behälter, Sack, Depotcontainer oder sonstige),
- Heizungsart (Haushalt mit bzw. ohne Festbrennstoffheizung),
- Abfall- und Gebührensatzung (evtl. Einsatz von technischen Gebührensystemen, wie z. B. Verwiegung, Identifikationssystem o. ä),
- Grundstücksgröße ( $< 400 \text{ m}^2$ ,  $400 - 1000 \text{ m}^2$ ,  $> 1000 \text{ m}^2$ ),
- Intensität der Öffentlichkeitsarbeit,
- Sozialstruktur sowie Ausländeranteil.

Die aufgeführten Einflußgrößen sollten, soweit sie einen relevanten Anteil an der Grundgesamtheit einnehmen, zur Bildung von Schichten benutzt werden, da sie mit der Abfall- bzw. Wertstoffmenge sowie deren Zusammensetzung korrelieren.

Darüber hinaus bieten diese Rahmendaten Informationen zur Beschreibung des Untersuchungsgebietes, die sowohl zur Planung und Auswertung der Analysen als auch zur Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen von Bedeutung sind. Daher sollten sie zumindest qualitativ beschrieben werden.

Als wichtigste Größen für eine Schichtung der Grundgesamtheit sind grundsätzlich

- die Gebiets- oder Bebauungsstruktur,
- die Behältergröße (MGB  $\leq 240$  bzw. MGB  $> 240$ ) sowie,
- das Leerungsintervall (wöchentlich, vierzehntägig, vierwöchentlich etc.)

zu nennen. Jeweils in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung sollten die darüber hinaus aufgeführten Merkmale (siehe oben) berücksichtigt werden.

#### 4.7 Erforderlicher Stichprobenumfang

Der erforderliche Stichprobenumfang für eine statistisch abgesicherte Beprobung der Grundgesamtheit sowie für einzelne Teilgesamtheiten ist abhängig von:

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

Aus den Erfahrungen bisheriger Untersuchungen kann unter Berücksichtigung eines Stichprobenumfangs von mindestens 20 Stichprobeneinheiten (jeweils ca. 1 m<sup>3</sup> je Einheit) pro Sortierkampagne bei vier Sortierkampagnen pro Jahr bzw. 80 Stichprobeneinheiten pro Gesamtuntersuchungszeitraum ein Variationskoeffizient für das Gesamtergebnis (spezifische Abfall-/Wertstoffmenge) von ca. 30 % erreicht werden. Die Genauigkeit des Ergebnisses liegt unter diesen Voraussetzungen bei ca.  $\pm 10$  % relativer maximaler Zufallsabweichung (siehe Anhang 6).

Soll die oben genannte Genauigkeit auch im Rahmen von Schichtungen für einzelne Teilgesamtheiten (z. B. für eine Gebietsstruktur) erreicht werden, so ist ein entsprechender Stichprobenumfang für jede der Teilgesamtheiten erforderlich. Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann für einzelne Teilgesamtheiten dieser Stichprobenumfang unterschritten werden. Jedoch sollten aus statistischen Gründen mindestens sechs Stichprobeneinheiten pro Teilgesamtheit untersucht werden. Die erreichbare Genauigkeit liegt dann bei ca.  $\pm 25$  bis 30 % für die einzelnen Teilergebnisse. Um die Qualität des Gesamtergebnisses nicht zu vermindern, sollte die Summe der Stichprobeneinheiten für das gesamte Untersuchungsgebiet die oben genannten 20 Stichprobeneinheiten je Sortierkampagne jedoch nicht unterschreiten.

Eine Ausnahme bilden kleine Untersuchungsgebiete mit weniger als 5.000 Einwohnern, wobei in diesem Fall der Nachweis einer statistisch ausreichenden Genauigkeit der Ergebnisse zu erbringen ist.

#### 4.8 Praktische Durchführung der Sortieranalysen

Die Stichproben sind möglichst kurz vor der regulären Abfuhr (normalerweise am Tage der Abfuhr) entsprechend dem vorher aufgestellten Stichprobenplan direkt am Grundstück der Abfallerzeuger einzusammeln. Dies geschieht durch Umfüllung kleinerer Behälter sowie Säcke ( $\leq 240$  l) in einen mitgeführten MGB 1.100 (z. B. vier MGB 240 ergeben ca. das Volumen eines MGB 1.100). Behälter mit einem Volumen  $> 240$  l werden direkt ausgetauscht. Hierbei ist ein Protokoll zu erstellen, in dem neben dem Namen des Protokollanten und dem Stichprobendatum mindestens folgende Daten aufgenommen werden sollten:

- die Stichprobenadressen,
- die Anzahl der beprobten Behälter,
- die bereitgestellte Abfall- bzw. Wertstoffmenge (durch Einzelbehälterverwiegung)
- der Füllgrad der Behälter,
- die angeschlossenen Einwohner.

Für den Fall, daß einzelne Behälter aus Stichprobeneinheiten nicht vorgefunden werden oder nicht geeignet sind, sind die oben genannten Daten sowie die Anzahl der laut Behälterstatistik vorhandenen Behälter für die spätere Auswertung (Bereitstellungsgradermittlung) und Hochrechnung zu erfassen und durch Ersatzadressen zu ergänzen.

Nach dem Transport der Stichprobeneinheiten zur Sortierhalle sind diese immer einzeln wie folgt zu behandeln:

- Verwiegung der Stichprobeneinheiten mit anschließender Protokollierung der Ergebnisse pro Stichprobeneinheit.
- Durch Trennschnitte bei 40 und 10 mm ist der Anteil des Mittelmülls (Fraktion 10 - 40 mm) sowie des Feinmülls (Fraktion  $< 10$  mm) festzustellen. Für beide Trennschnitte sollten maschinelle Siebaggregate, die objektive Ergebnisse liefern, eingesetzt werden. Ersatzweise können auch Sortiertische mit einer entsprechenden Lochung gewählt werden.
- Beim zweiten Siebdurchgang ist dem Siebgut  $< 40$  mm eine möglichst repräsentative Teilmenge (mindestens 20 l, z. B. durch Vierteln eines abgeflachten Kegelstumpfes) zu entnehmen und bei 10 mm weiter abzusieben. Hier ergibt sich:
  - a) Fraktion  $> 40$  mm,
  - b) Fraktion 10 – 40 mm,
  - c) Fraktion  $< 10$  mm.

- Die Fraktion > 10 - 40 mm (ggf. Teilstichprobe) sowie die Fraktion > 40 mm sind entsprechend eines vorgegeben Stoffgruppenkatalogs (siehe Anhang 4) in verschiedene Stoffgruppen zu sortieren, anschließend zu verwiegen und stoffgruppenspezifisch für jede Stichprobeneinheit zu protokollieren.
- Für weitergehende chemisch-physikalische Untersuchungen ist die Entnahme von tagfrischen Proben notwendig.

Als notwendige Gerätschaften für die Durchführung der Sortieranalysen sind zu nennen:

- Sammel- bzw. Transportfahrzeug für die Stichprobenbehälter,
- Sammelbehälter zum Umfüllen bzw. Austauschen der Stichproben,
- Sortierhalle,
- maschinelles Siebaggregat, gegebenenfalls auch Sortiertische mit entsprechender Lochung möglich,
- Sortiertisch,
- Behälter für die aussortierten Stoffgruppen,
- netzunabhängige Waage zur Ermittlung der Menge,
- Zollstock zur Füllgradmessung,
- Container zur Beseitigung des Analysenmaterials.

In Erwartung eines optimalen Sortierergebnisses sollte bei der Stichprobennahme wie auch bei der Sortierung erfahrenes und geschultes Personal eingesetzt werden.

Unabhängig von bestehenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften, sowie von Richtlinien, Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sind weitere Arbeitsschutzmaßnahmen grundsätzlich zu berücksichtigen:

- umfassende Arbeitsschutzausrüstung der Sortierkräfte durch den Auftragnehmer,
- Bereitstellung eines Feuerlöschers,
- Empfehlung einer Grundimmunisierung der Sortierkräfte auf
  - a) Tetanus,
  - b) Diphtherie,
  - c) Poliomyelitis,
  - d) Hepatitis
- Gewährleistung von Erste-Hilfe-Maßnahmen oder ärztlicher Betreuung,

- Verbot von Essen, Trinken und Rauchen im gesamten Arbeitsbereich,
- Lagerung der Abfälle in geschlossenen Behältern oder täglicher Abtransport und
- tägliche Reinigung des Hallenbodens.

#### 4.9 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Die aufgenommenen Daten der einzelnen Sortierkampagnen sind jeweils pro Stichprobeneinheit auszuwerten. Für die Hochrechnung auf die Grundgesamtheit (gesamtes Untersuchungsgebiet) wird eine geschichtete Verhältnisschätzung mit Hilfe der angeschlossenen Einwohner pro Stichprobeneinheit empfohlen (siehe hierzu Müllhandbuch Kennziffer 1712 Stichprobenverfahren).

Dargestellt werden die Ergebnisse einwohnerspezifisch in  $[\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{w})]$  und in  $[\text{Gew.}\%]$  je Schichtmerkmal sowie für die Grundgesamtheit (hier evtl. zusätzlich in  $[\text{t}/\text{a}]$ ). Hierzu bietet sich eine zusammenfassende grafische Darstellung der Ergebnisse sowie deren Interpretation im Endbericht und eine detaillierte tabellarische Aufstellung der Teilergebnisse (Stoffgruppen auf Sortierebene) im Anhang an. Die einzelnen Stichprobeneinheiten sind bei Bedarf durch Nennung der beprobten Straße zu charakterisieren.

Die Jahresdurchschnittswerte ergeben sich aus dem arithmetischen Mittel der einzelnen Sortierkampagnen (bei Einhaltung der Mindestanzahl an Sortierkampagnen, siehe hierzu Kapitel 4.5). Sie sollten als absolute Menge in  $[\text{t}/\text{a}]$  sowie als einwohnerspezifische Menge in  $[\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{a})]$  und in  $[\text{Gew.}\%]$  dokumentiert werden. Bei weniger als den geforderten Sortierkampagnen (beim Rest- bzw. Bioabfall jedoch mindestens eine Analyse im Winter, eine im Sommer sowie eine während der Übergangsphase) ist ein gewichteter Mittelwert der Einzelergebnisse zu berechnen.

##### Beispiel:

Wenn jeweils eine Analyse im Winter, eine im Sommer sowie eine während einer der beiden Übergangsphasen (Frühjahr oder Herbst) durchgeführt werden, so sind die Winter- und Sommeranalyse mit 0,25 und die Übergangsphase mit 0,5 zu gewichten.

Die Genauigkeit des hochgerechneten Ergebnisses sollte durch die Berechnung des Variationskoeffizienten des Schätzwertes beschrieben werden (Berechnung und Beispiel siehe Anhang 6).

#### 4.10 Unterstützende Leistungen des Auftraggebers

Eine optimale Bearbeitung der oben aufgeführten Analysen bedarf in der Regel einer Unterstützung seitens des Auftraggebers. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um:

- Zurverfügungstellung notwendiger Datengrundlagen, wie z. B.:
  - a) Einwohnerstatistiken,
  - b) Angaben zur Bebauungsstruktur (Wohngebäudestatistiken),
  - c) Angaben zur Gewerbestruktur (falls das Gewerbe berücksichtigt werden soll),
  - d) Behälterstatistiken,
  - e) Abfall- bzw. Wertstoffmengenstatistiken,
  - f) Gebührensatzung,
  - g) Abfuhrkalender,
  - h) Übersichtskarten etc.
  
- Nennung eines festen Ansprechpartners mit Ortskenntnissen.

Neben den zuvor aufgeführten Leistungen können ggf. weitere unterstützende Leistungen durch den Auftraggeber erfolgen, wie z. B.:

- Unterstützung bei der Stichprobennahme, z. B. durch Bereitstellung von:
  - a) Pritschenfahrzeugen,
  - b) Personal,
  - c) MGB 1.100 zur Aufnahme der Stichprobeneinheiten,
  
- Bereitstellung einer überdachten Fläche (Halle) für die Durchführung der Sortieranalyse,
- Bereitstellung von MGB 80 bis 240 zur Aufnahme der Sortierstoffgruppen,
- ggf. Stellung von Sortierpersonal (nur falls Personal geschult wird),
- Beseitigung des Analysenmaterials.

## 5. Zusammenfassung

Abfallanalysen bilden die Grundlage für die Erstellung von Abfallwirtschaftskonzepten sowie für die Planung von Verwertungs-, Behandlungs- und Beseitigungsanlagen. Sie geben Auskunft über die Menge, Zusammensetzung und Herkunft der Abfälle. Im Hinblick auf vergleichbare, fortschreibbare und zusammenführbare Daten sollte bei der Vorgehensweise zur Bestimmung dieser Basisdaten folgender Mindeststandard eingehalten werden:

- Identische Definition des Untersuchungsgegenstandes,
- einheitliche Siebschnitte,
- vergleichbarer Sortierstoffgruppenkatalog auf der obersten Ebene.

In Erkenntnis der Problematik unterschiedlichster Vorgehensweisen bei der Bestimmung von Abfall- bzw. Wertstoffmengen sowie deren Zusammensetzung wurde das Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Umweltchemie der Fachhochschule Münster (LASU) unter der Leitung von Herrn Prof. Gallenkemper in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Bidlingmaier (Universität-Gesamthochschule Essen, Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft) vom Landesumweltamt NW beauftragt, auf der Basis vorliegender Sortieranalysen sowie der Empfehlungen verschiedenster Institutionen (z. B. Merkblätter und Richtlinienentwürfe anderer Bundesländer oder Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall), Anhang B) einen Leitfaden zur Durchführung von Sortieranalysen inklusive Empfehlungen zu den Inhalten eines entsprechenden Leistungsverzeichnisses für die Ausschreibung derartiger Untersuchungen zu erarbeiten.

Die Untersuchung der vorliegenden Studien und Empfehlungen verdeutlichten die teilweise erheblichen Differenzen bezüglich der Vorgehensweise bei derartigen Analysen, insbesondere für die Bereiche

- Schichtung der Grundgesamtheit,
- Siebung,
- Sortierkriterien (Stoffgruppen),
- Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse.

Eine vergleichbare Vorgehensweise war in der Regel nicht zu erkennen.

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dieser Gegenüberstellung wurden die nachfolgend tabellarisch dargestellten Empfehlungen zur Durchführung von Abfall- bzw. Wertstoffanalysen (aus Haushaltungen) erarbeitet.

**Tab. 5.1:** Zusammenfassende Empfehlung zur Vorbereitung und Durchführung von Sortieranalysen für Abfälle aus Haushaltungen

Kriterium	Empfehlung
Bestimmung der einwohnerspezifischen Abfall-/Wertstoffmenge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelbehälterverwiegung,</li> <li>• evtl. zusätzlich Auswertung von Wiegescheinen einzelner Fahrzeugladungen sowie der Jahresabfallmengen</li> </ul>
Bestimmung der Abfall-/Wertstoffzusammensetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• händische Sortierung,</li> <li>• Fraktionierung des Probenmaterials in drei Korngrößen (&gt; 40 mm, 10 - 40 mm sowie &lt; 10 mm)</li> </ul>
Häufigkeit und Zeitpunkt der Analysen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei erheblichem jahreszeitlichen Einfluß (Restmüll und Bioabfall) vier über ein Kalenderjahr verteilte Kampagnen,</li> <li>• bei geringem oder keinem jahreszeitlichen Einfluß (trockene Wertstoffe) zwei Kampagnen,</li> <li>• bei geänderten Randbedingungen (z. B. bei Einführung zusätzlicher Erfassungssysteme) Folgeuntersuchung mit reduziertem Umfang,</li> <li>• Feiertags- und Ferieneinfluß vermeiden</li> </ul>
Schichtung der Grundgesamtheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wesentliche Schichtungsmerkmale:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Gebiets- oder Bebauungsstruktur,</li> <li>b. Behältergröße,</li> <li>c. Leerungsintervall</li> </ol> </li> </ul>
Erforderlicher Stichprobenumfang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sechs Stichprobeneinheiten (jeweils 1,1 m<sup>3</sup> je Einheit) pro Schichtungsmerkmal bzw. 20 Stichprobeneinheiten für die Grundgesamtheit je Untersuchungskampagne bei vier Kampagnen pro Jahr</li> </ul>

<b>Kriterium</b>	<b>Empfehlung</b>
Praktische Durchführung der Analysen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stichprobennahme am Tag der regulären Abfuhr vor dieser,</li><li>• Führung eines Stichproben- und Sortierprotokolls,</li><li>• Verwiegung der Stichprobeneinheiten,</li><li>• maschinelle Fraktionierung der Stichprobe in Korngrößenklassen &lt; 40 mm und anschließend in die Fraktion &lt; 10 mm (gegebenenfalls auch händische Siebung mit entsprechender Lochung möglich),</li><li>• händische Sortierung der Fraktionen &gt; 40 mm und 10 - 40 mm,</li><li>• Sortierstoffgruppenkatalog siehe Anlage 4 (mindesten erste Ebene),</li><li>• evtl. visuelle Zerlegung (durch Sichtung) der Teilfraktion &lt; 10 mm</li></ul>
Notwendige technische und personelle Voraussetzungen für die praktische Durchführung von Sortieranalysen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sammel- bzw. Transportfahrzeug,</li><li>• Sammelbehälter (MGB 1.100),</li><li>• Zollstock zur Füllgradmessung,</li><li>• Sortierhalle (ca. 100 m<sup>2</sup>),</li><li>• maschinelles Siebaggregat mit Rundlochsieben 40 mm bzw. 10 mm (gegebenenfalls auch Siebtisch mit entsprechender Lochung),</li><li>• Sortiertisch,</li><li>• Behälter (MGB 80 - 240) für aussortierte Stoffgruppen,</li><li>• netzunabhängige Waage,</li><li>• Container zur Beseitigung des Analysematerials,</li><li>• geschultes Sortierpersonal</li></ul>

Kriterium	Empfehlung
Arbeitsschutzmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsschutzausrüstung für Personal,</li> <li>• Grundimmunisierung des Sortierpersonals,</li> <li>• Bereitstellung eines Feuerlöschers,</li> <li>• Gewährleistung von Erste-Hilfe-Maßnahmen oder ärztlicher Betreuung,</li> <li>• Verbot der Einnahme von Mahlzeiten im Arbeitsbereich,</li> <li>• Lagerung der Abfälle in geschlossenen Behältern,</li> <li>• tägliche Reinigung der Sortierhalle</li> </ul>
Auswertung und Hochrechnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung je Stichprobeneinheit,</li> <li>• Hochrechnung mittels geschichteter Verhältnisschätzung über angeschlossene Einwohner,</li> <li>• Jahresdurchschnitt aus arithmetischer Mittelwertbildung bei vier (Restmüll und Bioabfall) bzw. zwei (trockene Wertstoffe) Sortierkampagnen</li> </ul>
Dokumentation der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zusammenfassend tabellarisch bzw. grafisch in Berichtsform,</li> <li>• ausführlich tabellarisch im Anhang,</li> <li>• Angaben der Ergebnisse einzelner Schichtmerkmale sowie für die Grundgesamtheit in <math>[\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{w})]</math> bzw. <math>[\text{Gew.}\%]</math>,</li> <li>• Jahresabfallmengen gegebenenfalls zusätzlich in <math>[\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{a})]</math> oder <math>[\text{t/a}]</math></li> </ul>
Unterstützende Leistungen des Auftraggebers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zurverfügungstellung verschiedener Datengrundlagen:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Einwohnerstatistiken,</li> <li>b. Wohngebäudestatistiken,</li> <li>c. evtl. Gewerbestatistik,</li> <li>d. Behälterstatistiken,</li> <li>e. Abfall-/Wertstoffmengenstatistiken,</li> <li>f. Gebührensatzung,</li> <li>g. Abfuhrkalender,</li> <li>h. Übersichtskarten etc.</li> </ol> </li> </ul>

Kriterium	Empfehlung
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stellung eines Ansprechpartners,</li><li>• evtl. Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Analysen</li><li>• (z. B. Pritschenfahrzeug, Personal sowie MGB 1100 zur Sammlung der Stichprobe)</li></ul>

Die einzelnen Kriterien sind im Hauptbericht detailliert erläutert. Nur bei einer konsequenten Einhaltung der beschriebenen Vorgehensweise sind die geforderten Ziele, vergleichbare, fortschreibbare und zusammenführbare Daten zu erhalten, umzusetzen.

Die Einhaltung der genannten Mindeststandards kann in einzelnen Fällen eine gewisse finanzielle Mehrbelastung bedeuten. Da die Einhaltung dieser Mindestforderungen jedoch die Vergleichbarkeit der Daten aus unterschiedlichen Untersuchungen gewährleistet, kann dies wiederum zu finanziellen Einsparungen führen, weil evtl. Doppeluntersuchungen entfallen können. Die Empfehlung zum erforderlichen Stichprobenumfang gewährleistet gewisse Mindestanforderungen an die Qualität der Daten, die mit Hinsicht auf die Praxis nicht als überzogen einzustufen sind. Ein Sparen an dieser Stelle könnte daher zu wenig belastbaren Daten und evtl. zu falschen Entscheidungen führen.

## 6. Literaturverzeichnis

### Allgemein

ARGUS/INFA/ITU:

Entwurf der Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg, (ANHANG)

Berlin, Ahlen, Hamburg, 1996

Bauer, R. K.; Barghorn, M.; Gössele, P.; Karworski, W.:

Bundesweite Hausmüllanalyse 1983-1985 (im Auftrage des Umweltbundesamtes)

ARGUS - Arbeitsgruppe Umweltstatistik an der Technischen Universität Berlin,  
Dezember 1986

Jäger, B.:

Durchführung von Restmüll - Untersuchungen,

in: Müllhandbuch, 1995, Kennziffer 1721

Landesumweltamt Brandenburg:

Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg,

Brandenburg, 1997

Ministerium für Umwelt und Landesplanung Thüringen:

Merkblatt zur Durchführung von Hausmülluntersuchungen,

Thüringer Staatsanzeiger, Nr. 20 / 1993, S. 767 - 770

Pohlmann, M.:

Stichprobenverfahren für feste Siedlungsabfälle unter besonderer Berücksichtigung von Hausmüllsortierungen,

in: Müllhandbuch, 1994, Kennziffer 1712

Ergänzende Empfehlung des BMU zur TA Siedlungsabfall

Abfalluntersuchungen, Hausmüll

in: Müllhandbuch, 1993, Kennziffer 0676

### **Ausgewertete Sortieranalysen**

ARGUS, Arbeitsgruppe Umweltstatistik der technischen Universität Berlin:  
Haus- und Gewerbemüllanalyse im Kreis Paderborn, Endbericht, i. A. des Abfallver-  
wertungs- und Entsorgungsbetriebes des Kreises Paderborn.  
Berlin 1995.

ARGUS, Arbeitsgruppe Umweltstatistik der technischen Universität Berlin:  
Untersuchung des Hausmüllaufkommens im Kreis Gütersloh.  
Berlin 1993.

EPEA, Environmental Protection Encouragement Agency:  
vermeiden statt verbrennen, Studie über die Umsetzung müllvermindernder **Maßnah-**  
**men** zur Vermeidung der Restmüllverbrennung am Beispiel des Landkreises Coes-  
feld.  
Hamburg / Tübingen 1996.

Fachhochschule Aachen, Abteilung Jülich:  
Sortieranalyse des Restmülls aus Haushaltungen im Kreis Viersen 1993.  
Jülich 1994.

gab: gesellschaft für abfallwirtschaft und biologische technik mbh Aachen:  
Restmüllanalysen Baesweiler, Herzogenrath, Simmerrath. Illegale Abfallablagerung  
Kreis Aachen, i. A. der AWA, Abfallwirtschaft Kreis und Stadt Aachen GmbH.  
Aachen 1994.

gab: gesellschaft für abfallwirtschaft und biologische technik mbh Aachen:  
Restabfallanalyse im Rhein-Sieg-Kreis (linksrheinisches Gebiet) 1993/94, i. A. der  
Rhein - Sieg Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH (RSAG).  
Aachen 1994.

IFEU: Institut für Entsorgung und Umwelttechnik GmbH:  
Bericht zur Hausmüllanalyse 92/93 im Märkischen Kreis.  
Iserlohn 1993.

INFA: Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH:  
Untersuchung der organischen Anteile im Restmüll der Gemeinde Herzebrock-  
Clarholz, Endbericht, i. A. der Rethmann Entsorgungswirtschaft GmbH Region West.  
Ahlen 1996.

INFA: Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH, Ahlen:

Wissenschaftliche Untersuchung des Restmülls, des Bioabfalls und der Leichtstoffverpackungen im Kreis Unna, i. A. der Gesellschaft für Wertstoff- und Abfallwirtschaft Kreis Unna mbH.

Ahlen 1996.

INFA: Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH, Ahlen:

Untersuchung des Störstoffanteils im Bioabfall sowie des organischen Anteils im Restmüll des Kreises Borken, i. A. der Entsorgungsgesellschaft Westmünsterland EGW.

Ahlen 1997.

INFA: Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH Ahlen/ LASU, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie, Fachhochschule Münster:

Untersuchung zur Ermittlung der abschöpfbaren Wertstoffpotentiale in der Stadt Münster, Kurzfassung des Endberichts, i. A. der Abfallwirtschaftsbetriebe Münster.

Ahlen 1996.

INFA: Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft GmbH, Ahlen / LASU, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie, Fachhochschule Münster:

Wissenschaftliche Begleitung der Einführung des 4-wöchentlichen Restmüllabfuhrhythmus in der Gemeinde Ascheberg.

Münster 1995.

Innovative Umwelttechnik Gesellschaft mbH:

Endbericht über die Ergebnisse der Hausmüllanalysen 1992/1993, i. A. des Bergischen Abfallwirtschaftsverbandes.

Seebenstein 1993.

LASU, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie, Fachhochschule Münster:

Begleitende Untersuchungen zur getrennten Erfassung von kompostierbaren Stoffen und Verpackungsmaterialien aus Haushaltungen, Endbericht, i. A. der Stadt Bochum.

Münster 1995.

LASU, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie, Fachhochschule Münster:

Begleitende Untersuchungen zur getrennten Erfassung kompostierbarer Stoffe des Hausmülls, Abschlußbericht, i. A. der Stadt Hamm.

Münster 1991.

LASU, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie, Fachhochschule Münster:

Grundlagen für die Umsetzung des Abfallwirtschaftskonzeptes des Kreises Warendorf, Haus- und Gewerbemüllanalyse, Abschlußbericht, i. A. des Kreises Warendorf.

Münster 1992.

LASU, Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft, Umweltchemie, Fachhochschule Münster / Universität Gesamthochschule Paderborn:

Getrennte Abfallsammlung in Form der Biotonne im Paderborner Stadtteil Eisen zur Optimierung von Abfallvermeidung und Abfallverwertung, Abschlußbericht: Teil I Berichtsband, i. A. des Amtes für öffentliche Einrichtungen, Stadt Paderborn.

Paderborn 1993.

Ohlenforst Entsorgungsdienstleistungen GmbH & Co. KG:

Zwischenbericht Versuch Biotonne in der Stadt Geilenkirchen.

1996.

Ohlenforst Entsorgungsdienstleistungen GmbH & Co. KG:

Zwischenbericht Versuch Biotonne in der Stadt Heinsberg.

1996.

Scheffold & Partner, Büro für Abfall + Umwelt:

Analyse des Haus- und Geschäftsmülls in der Stadt Leverkusen, i. A. der Abfallwirtschaftsgesellschaft Leverkusen mbH.

Bingen / Düsseldorf / Osnabrück 1992.

Scheffold & Partner, Büro für Abfall + Umwelt:

Haumüll und gefäßspezifische Abfuhrgewichte, i. A. der Gesellschaft für Stadtreinigung und Abfallwirtschaft Krefeld mbH & Co. Kg.

Bingen / Düsseldorf / Osnabrück 1995.

Stadt Mülheim an der Ruhr, Amt für Umweltschutz:

Hausmüllsortierung.

Mülheim a. d. R. 1995.

TILKE, Ingenieure für Umwelttechnik:

Restmüllanalyse zum Pilotversuch Biotonne in der Stadt Aachen.

1990.

Töpfer Planung + Beratung GmbH:

Endbericht Hausmüllanalyse Düsseldorf.

Aschaffenburg 1994.

Universität GHS Essen:

Hausmüllanalyse in drei Bezirken der Stadt Essen im Vorfeld der Einführung der Biotonne. Essen 1993.

Universität GHS Essen, in Zusammenarbeit mit dem Amt für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Essen:

Hausmüllanalyse in drei Bezirken der Stadt Essen nach Einführung der Biotonne und des DSD, i. A. der Stadt Essen.

Essen 1995.

Universität GHS Essen, in Zusammenarbeit mit dem Amt für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Essen:

Hausmüllanalyse in drei Gebieten der Stadt Bottrop nach Einführung der Biotonne und des DSD, i. A. der Stadt Bottrop.

Essen 1996.

## **Anhänge**

- Anhang 1: Fragenkatalog für die Auswertung der untersuchten Gutachten
- Anhang 2: Fragebogen an die Auftraggeber von Abfallanalysen
- Anhang 3: Auswertung der Fragebögen
- Anhang 4: Sortierstoffgruppenkatalog
- Anhang 5: Definition der Gebietsstrukturen
- Anhang 6: Statistische Grundlagen
- Anhang 7: Leistungsverzeichnis für die Ausschreibung von Abfallanalysen

## **Anhang 1**

**Dokumentation der Datengrundlagen****Dokumentation der Einwohnerstatistik für**

das Entsorgungsgebiet  
 einzelne Orte eines Kreises o. ä.  
 die Schichtungsstruktur  
 die beprobten Straßen  
 die beprobten Straße und Hausnummern  
 den Ausländeranteil  
 die Altersgruppen

**Dokumentation der Gewerbestatistik für**

die Arbeitsstätten  
 die Beschäftigten

**Dokumentation des Erfassungssystems für Restmüll qualitativ****Dokumentation des Erfassungssystems für Restmüll quantitativ**

**Angabe einer Behälterstatistik für**  
 das Entsorgungsgebiet  
 einzelne Orte eines Kreises o. ä.  
 die Schichtungsstruktur  
 das Behältervolumen  
 die Behälteranzahl  
 das spezifische Behältervolumen  
 das Leerungsintervall

**Dokumentation des Erfassungssystems für Bioabfall qualitativ****Dokumentation des Erfassungssystems für Bioabfall quantitativ**

**Angabe einer Behälterstatistik für**  
 das Entsorgungsgebiet  
 einzelne Orte eines Kreises o. ä.  
 die Schichtungsstruktur  
 das Behältervolumen  
 die Behälteranzahl  
 das spezifische Behältervolumen  
 das Leerungsintervall

Fortsetzung „Dokumentation der Datengrundlagen“

<b>Dokumentation des Erfassungssystems für LVP qualitativ</b>
<b>Dokumentation des Erfassungssystems für LVP quantitativ</b> <b>Angabe einer Behälterstatistik für</b> das Entsorgungsgebiet einzelne Orte eines Kreises o. ä. die Schichtungsstruktur das Behältervolumen die Behälteranzahl das spezifisches Behältervolumen das Leerungsintervall
<b>Dokumentation des Erfassungssystems für Altpapier qualitativ</b>
<b>Dokumentation des Erfassungssystems für Altpapier quantitativ</b> <b>Angabe einer Behälterstatistik für</b> das Entsorgungsgebiet einzelne Orte eines Kreises o. ä. die Schichtungsstruktur das Behältervolumen die Behälteranzahl die Containerdichte das spezifische Behältervolumen das Leerungsintervall
<b>Dokumentation des Erfassungssystems für Altglas qualitativ</b>
<b>Dokumentation des Erfassungssystems für Altglas quantitativ</b> <b>Angabe einer Behälterstatistik für</b> das Entsorgungsgebiet einzelne Orte eines Kreises o. ä. die Schichtungsstruktur das Behältervolumen die Behälteranzahl die Containerdichte das spezifische Behältervolumen das Leerungsintervall

Fortsetzung „Dokumentation der Datengrundlagen“

<b>Dokumentation sonstiger Erfassungssysteme qualitativ</b>
<b>Dokumentation sonstiger Erfassungssysteme quantitativ</b>
<p style="text-align: right;"><b>Angabe einer Behälterstatistik für</b></p> <p style="text-align: right;">das Entsorgungsgebiet</p> <p style="text-align: right;">einzelne Orte eines Kreises o. ä.</p> <p style="text-align: right;">die Schichtungsstruktur</p> <p style="text-align: right;">das Behältervolumen</p> <p style="text-align: right;">die Behälteranzahl</p> <p style="text-align: right;">die Containerdichte</p> <p style="text-align: right;">das spezifische Behältervolumen</p> <p style="text-align: right;">das Leerungsintervall</p>
<b>Darstellung des Gebührensystem</b>
<b>Dokumentation sonstiger Entsorgungsdaten</b>
<p style="text-align: right;">der Siedlungsabfallmengen</p> <p style="text-align: right;">der Jahresganglinie</p> <p style="text-align: right;">der Wertstoffmengen</p> <p style="text-align: right;">der Abfall / Wertstoffmengenentwicklung</p> <p style="text-align: right;">des Fahrzeugbestand</p>

**Grunddaten und Stichprobenauswahl der Sortieranalysen**

<b>Grunddaten</b>
<b>Untersuchte Abfall- und Wertstoffarten</b>
<p style="text-align: right;">Hausmüll</p> <p style="text-align: right;">Restmüll</p> <p style="text-align: right;">Bioabfall</p> <p style="text-align: right;">Leichtstoffverpackungen</p> <p style="text-align: right;">Altpapier</p> <p style="text-align: right;">Geschäftsmüll</p>
<b>War eine Voruntersuchung vorhanden, die nicht länger als 5 Jahre zurücklag?</b>
<b>Handelt es sich um eine Folgeuntersuchung?</b>
<b>War die ausgewertete Sortieranalyse als versuchsbegleitende Analyse angelegt?</b>
<b>Jahr der Analyse?</b>

Fortsetzung „Grunddaten und Stichprobenauswahl der Sortieranalysen“

<b>Jahr der Abgabe des Endberichtes?</b>	
<b>Wurden alle Jahreszeiten berücksichtigt?</b>	Frühjahr Sommer Herbst Winter
Handelt es sich um eine Basisuntersuchung ?	
<b>In welcher Weise wurde Kleingewerbe berücksichtigt?</b>	
Ausschluß bei der haushaltsbezogenen Sortieranalyse Differenz aus Jahresabfallmenge und Sortierergebnissen die Abfälle aus dem Kleingewerbe und aus Haushaltungen wurden vermischt Gewerbemüll wurde gezielt analysiert	
<b>Wurde eine Vorlaufphase durchgeführt?</b>	
in welchem Zeitraum welche Daten wurden aufgenommen	
<b>Stichprobenauswahl</b>	
<b>Wurde eine Schichtung vorgenommen?</b>	
<b>Wurde die Schichtung detailliert beschrieben?</b>	
<b>Schichtung nach Gebietsstrukturen (Gallenkemper 1977)?</b>	
	GS 1 GS 2 GS 3 GS 4 GS 5 Gemischstrukturen
<b>Schichtung nach Gebietstypen (Köln)?</b>	
	GT 1 GT 2 GT 3 GT 4 GT 5 GT 6

## Fortsetzung „Grunddaten und Stichprobenauswahl der Sortieranalysen“

<b>Schichtung nach Bebauungsstrukturen?</b>	1-2 Wohnungen je Wohngebäude 3-6 Wohnungen je Wohngebäude >6 Wohnungen je Wohngebäude Citybebauung
<b>Schichtung nach Siedlungsstruktur?</b>	1-2 Familienhausgebiete Mehrfamilienhausgebiete Großwohnanlagen überwiegend kleinstädtisch überwiegend ländlich Mischgebiet Gewerbe/Wohnen nur Gewerbe Ausländeranteil produktionsorientierte Stadt Land mit vorstädtischem Charakter gewerblich durchsetztes Land reine Wohngebiete Mischgebiete mit Kleingewerbe städtische Kerngebiete dichte Bebauung lockere Bebauung Mischbebauung
<b>Schichtung nach Sammelgebietsstrukturen?</b>	hochverdichtete Innenstadtgebiete innerstädtische Sammelgebiete Wohnsiedlungen/Wohnanlagen Wohn-/Gewerbemischgebiete Streusiedlungen
<b>Schichtung nach der Haushaltsgröße?</b>	1-2 Personen 3-4 Personen >4 Personen
<b>Schichtung nach dem Leerungsintervall?</b>	wöchentlich 14-täglich 4-wöchentlich

Fortsetzung „Grunddaten und Stichprobenauswahl der Sortieranalysen“

<b>Schichtung nach Restmüllbehältertypen und -größen?</b>	ME 35/50 MGB ≤ 240 l MGB >240 l MEKAM
<b>Schichtung nach Getrenntfassungssystemen</b>	mit Bio ohne Bio Leichtstoffverpackungen (Behälter) Leichtstoffverpackung (Sack) Altpapier (Behälter) Altpapier (Depotcontainer)
<b>Schichtung nach Heizungsarten</b>	
<b>Schichtung nach Grundstücksgrößen</b>	

### Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung

<b>Stichprobennahme</b>	
<b>Wurde die Stichprobe am Grundstück gezogen?</b>	
<b>Wurde die Stichprobe aus der Fahrzeugladung gezogen?</b>	
<b>Wurde eine Einzelbehälterverwiegung durchgeführt?</b>	
<b>Wurde der Füllgrad bestimmt?</b>	
<b>Wurde der Bereitstellungsgrad bestimmt?</b>	
<b>Wurde ein Stichprobenprotokoll geführt?</b>	aufgenommene Daten: Straße Hausnummer Behältergröße Behälteranzahl Einwohneranzahl Angabe des Füllgrades Einzelbehälterverwiegung
<b>Wurden zusätzlich zu den Kampagnen Begleitfahrten durchgeführt?</b>	

Fortsetzung „Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung“

<b>Sortierung</b>	
<b>Wurde eine visuelle Störstoffgehaltsabschätzung durchgeführt?</b>	beim Bioabfall bei den Leichtstoffverpackungen beim Altpapier beim Restmüll (Abschätzung des Organikanteils)
<b>Wurde händisch sortiert?</b>	
<b>Wurden Angaben zur Siebung gemacht?</b>	
<b>Wurde der Mittelmüllfraktion nachsortiert?</b>	
<b>Wurde eine händische Siebung durchgeführt?</b>	<b>Siebschnitt bei:</b> 8 mm 10 mm 13 mm 30 mm 40 mm 80 mm
<b>Wurde eine maschinelle Siebung durchgeführt?</b>	<b>Siebschnitt bei:</b> 8 mm 20 mm 10 mm 30 mm 40 mm 80 mm
<b>Sortierfraktionen:</b>	Metalle Fe-Metalle NE-Metalle PPK Glas Kunststoffe Organik Holz

Fortsetzung „Stichprobennahme und Durchführung der Sortierung“

<b>Sortierfraktionen:</b>	Textilien
	Mineralstoffe
	Verbunde
	schadstoffbelastete Materialien
	Rest
<b>Wurde nach Verpackungs- und Nichtverpackungsanteilen unterschieden?</b>	
<b>Wurden physikalisch-chemische Untersuchungen durchgeführt?</b>	
	Wassergehalt
	Glühverlust / Glührückstand
	Heizwert
	Schwermetalle
	AOX

### Auswertung und Ergebnisdarstellung

<b>Darstellungsweise der Ergebnisse</b>	Graphische Darstellung der Ergebnisse
	Tabellarische Darstellung der Ergebnisse
<b>Dokumentation der Stichprobenmenge</b>	in m <sup>3</sup>
	in kg
	in %
<b>Dokumentation Sortierergebnisse je Stichprobeneinheit?</b>	in kg
	in kg/w
	in kg/(E*w)
	in Gew.-%
<b>Dokumentation der Sortierergebnisse je Schichtung?</b>	in kg
	in kg/w
	in kg/(E*w)
	in Gew.-%
	in kg/(E*a)
	in l/(E*a)

## Fortsetzung „Auswertung und Ergebnisdarstellung“

<b>Dokumentation der Sortierergebnisse für die Grundgesamtheit?</b>	in kg in kg/w in kg/(E*w) in kg/(E*a) in Gew.-%
<b>Dokumentation der Sortierergebnisse als Jahresmittelwert?</b>	in kg/(E*w) in kg/(E*a) in Gew.-% in l/(E*a)
<b>Wurde ein Vergleich mit anderen Untersuchungen durchgeführt?</b>	
<b>Wurde die Hochrechnung auf die Grundgesamtheit erläutert?</b>	
<b>Wurden die Wiegescheinergebnisse berücksichtigt?</b>	
<b>Wurden Aussagen zur Verpackungsverordnung gemacht?</b>	
<b>Wurde eine Modellrechnung über die zukünftige Wertstoffabschöpfung durchgeführt?</b>	
<b>Verschiedene Berechnungen und Dokumentationen:</b>	Raumgewicht Schüttgewicht spezifisches Behältervolumen spezifisch genutztes Behältervolumen
<b>Wurden Einflüsse und Abhängigkeiten dargestellt?</b>	Restmüllbehältersystem Gebührensysteem Leerungsintervall Gebiets- bzw. Bebauungsstruktur spezifische Behältervolumen LVP-Sammelsysteme Wertstofffassungssystem jahreszeitliche Schwankungen
<b>Erläuterung der Ergebnisse?</b>	Ausführliche Erläuterung der Ergebnisse Kurze Erläuterung der Ergebnisse gar nicht
<b>Dokumentation einer statistischen Auswertung mit Fehlerrechnung?</b>	
<b>Wurde eine Empfehlungen erarbeitet?</b>	

## **Anhang 2**

Absender: .....  
.....  
.....

Fachbereich Bauingenieurwesen  
Labor für  
Abfallwirtschaft  
Siedlungswasserwirtschaft  
Umweltchemie  
Prof. Dr.-Ing. B. Gallenkemper  
Postfach 3020  
48016 Münster

an:

Fachhochschule - Münster  
LASU  
Herrn Oelgemöller  
Postfach 3020  
48016 Münster

Bearbeiter/in: Oelgemöller  
Tel.: 02 51/ 83-65 253  
02382/ 964-516  
Fax: 02 51/ 83-65 260  
02382 964-600

im Auftrag des Landesumweltamtes Nordrhein - Westfalen

Den Fragebogen bitte bis zum 31.07.1997 ausgefüllt zurücksenden an LASU.

## Fragebogen

**Thema:** Erfassung und Auswertung von Abfallanalysen in Nordrhein - Westfalen

### A. Auftragsvergabe / Zeitliche Gliederung des Projektes

1. Auf welchem Wege wurde der Auftrag über die Sortieranalyse erteilt?

(zutreffendes bitte ankreuzen)

- Sie haben sich an den Auftragnehmer gewandt mit der Bitte, für Sie eine derartige Untersuchung durchzuführen
  - der Auftragnehmer hat Ihnen ein freies Angebot über eine derartige Untersuchung unterbreitet
  - der Auftragnehmer hat aufgrund Ihrer Ausschreibung mit einer Leistungsbeschreibung ein Angebot abgegeben
  - der Auftrag wurde als Folgeauftrag erteilt
  - der Auftrag wurde auf sonstigem Wege erteilt (bitte nachfolgend kurz beschreiben)
-

2. Falls eine freihändige Vergabe des Auftrags erfolgte, welches waren die wichtigsten Gründe für die Wahl des Auftragnehmers?

- gute Erfahrungen mit Auftragnehmer
  - Ansehen des Auftragnehmers
  - örtliche Nähe
  - sonstiges
- 
- 

3. Gab es Probleme bei der Vorbereitung der Ausschreibung bzw. der Vergabe der Analyse?

- ja
- nein

Wenn ja, welche:

---

---

4. Wie lange dauerte die Bearbeitung der beauftragten Sortieranalyse  
(von Beauftragung bis Abgabe des Endberichts)

\_\_\_\_\_ Monate

5. Haben projektbegleitende Gesprächstermine zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer stattgefunden?

- ja
- nein

Wenn ja:

in welchen zeitlichen Abständen \_\_\_\_\_

in welchen Phasen des Projekts \_\_\_\_\_

6. Gab es während der Bearbeitung des gesamten Projekts einen festen Ansprechpartner?

- seitens des Auftragnehmers
- seitens des Auftraggebers

**B. Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Daten**

## 1. Welche Daten wurden vom Auftragnehmer angefordert?

- Einwohnerstatistiken für die einzelnen Stadtbezirke und das gesamte Stadtgebiet
- Behälterstatistiken für die einzelnen Stadtbezirke und das gesamte Stadtgebiet sowie für die Gebiete mit Biotonnen (sofern Biotonnen eingeführt)
- Systeme der getrennten Sammlung (Containeranzahl, Anzahl der Standplätze etc.)
- Abfall- /Wertstoffmengenstatistiken der vergangenen Jahre
- Haushaltsstatistiken unterteilt nach Gebiets-, Bebauungs- oder ähnlichen Strukturen
- durchschnittliches spezifisches Behältervolumen für Restmüll, Wertstoffe mit und ohne Bioabfall (sofern Biotonne eingeführt)
- Abfuhrkalender /Tourenpläne / Information zur Organisation der Abfuhr
- aktuelle Informationen und Broschüren zur Abfallwirtschaft
- Beschreibung der zugelassenen Fraktionen, die mit der Biotonne entsorgt werden dürfen (sofern Biotonnen eingeführt)
- Satzung zur Abfallwirtschaft / Gebührensatzung
- Übersichtsplan des Untersuchungsgebietes / Kartenmaterial
- allgemeine Angaben, wie z. B.: Sozialstruktur, Ausländeranteil, Fläche etc.
- Wirtschaftsstatistiken (Wirtschaftsstruktur, Arbeitsstätten etc.)
- sonstiges

---

---

---

## 2. Gab es Probleme bei der Beschaffung bzw. Freigabe der statistischen Daten?

- ja
- nein

Wenn ja, bei welchen und warum:

---

---

---

### **C. Stichprobenauswahl und praktische Organisation der Sortierungen**

1. Welche Hilfestellungen wurden Ihrerseits dem Auftragnehmer bei der organisatorisch-technischen Umsetzung der Sortierung geleistet?

- Bereitstellung von Personal für die Stichprobennahme
  - Bereitstellung einer Sortierhalle
  - Bereitstellung von Sammelfahrzeugen
  - Bereitstellung von leeren Behältern für die Sammlung der Stichproben bzw. Sortierung
  - Bereitstellung einer Waage zwecks Abfallverwiegung
  - Bereitstellung des Sortier-/ Sichtungspersonals
  - Bereitstellung eines ortskundigen Begleiters
  - Beseitigung der aussortierten Fraktionen
  - sonstiges
- 
- 

2. Gab es Probleme bei der Durchführung der Analyse?

- ja
- nein

Wenn ja, welche:

---

---

### **D. Auswertung und Endbericht**

1. Wurden Ihnen während der Laufzeit des Projektes Zwischenergebnisse mitgeteilt?

- ja
- nein

Wenn ja, wie:

- in Form von Gesprächsterminen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer
- in Form von schriftlichen Zwischenberichten des Auftragnehmers
- in Form von Zwischenstandsvorträgen des Auftragnehmers beim Auftraggeber

2. In welcher Form wurde Ihnen der Endbericht zur Verfügung gestellt?

- Langfassung
  - zusätzlich Kurzfassung
  - EDV-Version (Disketten bzw. andere Datenträger)
  - in sonstiger Form
- 
- 

3. Wurden die Ergebnisse veröffentlicht?

- ja
- nein

### **E. Bewertung der Zusammenarbeit**

1. Wie bewerten Sie die Vorgehensweise des Auftragnehmers

(sehr gut, gut, befriedigend, ausreichend, nicht ausreichend, mangelhaft) bei:

- der Vorbereitung \_\_\_\_\_
- der praktischen Durchführung \_\_\_\_\_
- der Auswertung \_\_\_\_\_
- der Präsentation \_\_\_\_\_
- insgesamt \_\_\_\_\_

2. Wurde das formulierte Ziel erreicht?

- ja
- nein

3. Wie bewerten Sie (sehr gut bis mangelhaft) die Zusammenarbeit mit dem Auftragnehmer?

---

4. Gibt es Vorschläge für eine bessere Vorbereitung und Durchführung einer Abfallanalyse?

- ja
- nein

Wenn ja, welche:

---

---

## **Anhang 3**

**Auswertung der Fragebögen zum Thema Erfassung und Auswertung von  
Abfallanalysen in Nordrhein - Westfalen**

**Gesamtzahl der ausgewerteten Fragebögen: 32**

**A. Auftragsvergabe / Zeitliche Gliederung des Projektes**

**Frage A 1: Auf welchem Wege wurde der Auftrag erteilt?**

Fragebögen mit Nennungen: 32

	Anzahl der Nennungen*	In % der Fragebögen
1. an Auftragnehmer gewandt mit der Bitte der Durchführung	16	50
2. freies Angebot des Auftragnehmers	1	3
3. Leistungsbeschreibung aufgrund Ihrer Ausschreibung	7	22
4. Auftrag wurde als Folgeauftrag erteilt	5	16
5. auf sonstigem Weg (siehe unten)	9	28

\* Mehrfachnennungen möglich!

zu 5. auf sonstigem Weg:

- Arbeit im Rahmen einer Diplomarbeit (3)
- Auftrag wurde im Rahmen der geplanten Einführung Biotonne erteilt (1)
- Ausschreibung zur Fortschreibung des AWK (1)
- Auftraggeber: Stadtreinigungsgesellschaft (1)
- Aufgrund fehlender weiterer geeigneter Anbieter freihändigen Vergabe (1)
- Preis- und Angebotsabfrage nach Angebotsdefinition (welche Ergebnisse werden erwartet) (1)

**Frage A 2: Falls freihändige Vergabe des Auftrages erfolgte, welches waren die wichtigsten Gründe für die Wahl des Auftragnehmers?**

Fragebögen mit Nennungen:

23

	Anzahl der Nennungen*	In % der Fragebögen
1. gute Erfahrungen mit dem Auftragnehmer	10	43
2. Ansehen des des Auftragnehmers	11	48
3. örtliche Nähe	11	48
4. sonstiges (siehe unten)	11	48

\* Mehrfachnennungen möglich!

zu 4. sonstiges:

- zwei vorherige Sortieranalysen wurden vom Auftragnehmer durchgeführt
- Auftragnehmer ist Anlagenbetreiber
- Vorkenntnisse über das Untersuchungsgebiet, Kosten
- Auftragnehmer führt sämtliche Entsorgungsdienstleistungen aus
- Preisgestaltung
- Referenzen
- Kreis ist Gesellschafter
- Kontakt zur Fachhochschule
- Tätigkeit für den Verein für Abfall und Rhein-Wupper zur Erstellung eines Regionalen AW Stadt ist Mitglied.
- Im Zusammenhang mit der Erstellung eines Gutachtens zur Fortschreibung des AWK

**Frage A 3: Gab es Probleme bei der Vorbereitung der Ausschreibung bzw. der Vergabe der Analyse?**

Fragebögen mit Nennungen:

30

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. ja	0	0
2. nein	30	100



**Frage A 6: Gab es während der Bearbeitung des gesamten Projektes einen festen Ansprechpartner?**

Fragebögen mit Nennungen:

31

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. seitens des Auftragnehmers:	31	100
2. seitens des Auftraggebers:	31	100

## B. Vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Daten

### Frage B 1: Welche Daten wurden vom Auftragnehmer angefordert?

Fragebögen mit Nennungen:

29

	Anzahl der Nennungen*	In % der Fragebögen
1. Einwohnerstatistik für einzelne Stadtbezirke und das gesamte Stadtgebiet	26	90
2. Behälterstatistik für einzelne Stadtbezirke und das gesamte Stadtgebiet sowie für Gebiete mit Biotonne	23	79
3. Systeme der getrennten Sammlung	19	66
4. Abfall- / Wertstoffmengenstatistiken der vergangenen Jahre	22	76
5. Haushaltsstatistiken unterteilt nach Gebiets-, Bauungs- oder ähnlichen Strukturen	18	62
6. durchschnittliches spezifisches Behältervolumen	14	48
7. Abfuhrkalender / Tourenpläne / Informationen zur Organisation der Abfuhr	24	83
8. aktuelle Informationen und Broschüren zur Abfallwirtschaft	16	55
9. Beschreibung der zugel. Fraktionen für die Biotonne <sup>1)</sup>	13	45
10. Satzung zur Abfallwirtschaft / Gebührensatzung	22	76
11. Übersichtsplan des Untersuchungsgebietes	23	79
12. Angaben zur Sozialstruktur, zum Ausländeranteil etc.	20	69
13. Wirtschaftsstatistiken	10	34
14. sonstiges (siehe unten)	4	14

\* Mehrfachnennungen möglich!

1) Biotonne nicht in allen Untersuchungsgebieten vorhanden

zu 14. sonstiges:

- Anzahl der Bewohner pro Hausnummer im Analysegebiet
- Daten waren bei Auftraggeber und Auftragnehmer vorhanden
- Entgelteordnung, andere Gutachten, Abfallwirtschaftskonzept
- Restabfallanalyse im Bereich des Biotontentestgebietes, Sperrgutanalysen

**Frage B 2: Gab es Probleme bei der Beschaffung bzw. Freigabe der statistischen Daten?**

Fragebögen mit Nennungen:

31

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. ja	6	19
2. nein	25	81

Wenn ja, bei welchen und warum:

- Bei Daten, die nicht im eigenen Haus, sondern bei anderen Ämtern geführt werden,
- nicht alle Daten waren EDV-mäßig sofort abrufbar,
- schwer. Datenzuordnung, da Stadtteile und Entsorgungsgebiet keine Einheit,
- Haushaltsstatistiken liegen für die Stadt nicht vor,
- Statistische Bezirke stimmten nicht mit den Biomüllbezirken überein,
- keine Daten bzgl. Haushaltsstatistik vorh,
- Einwohnerbezogene Daten aufgrund datenschutzrechtlicher Aspekte.

### **C. Stichprobenauswahl und praktische Organisation der Sortierung**

#### **Frage C 1: Welche Hilfestellungen wurden Ihrerseits dem Auftragnehmer bei der organisatorisch-technischen Umsetzung der Sortierung geleistet?**

Fragebögen mit Nennungen:

29

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. Bereitstellung von Personal für die Stichprobennahme	14	48
2. Bereitstellung einer Sortierhalle	23	79
3. Bereitstellung von Sammelfahrzeugen	20	69
4. Bereitstellung von leeren Behältern für Sammlung und Sortierung	20	69
5. Bereitstellung einer Waage	10	34
6. Bereitstellung von Sortier- / Sichtungspersonal	3	10
7. Bereitstellung eines ortskundigen Begleiters	19	66
8. Beseitigung der aussortierten Fraktionen	24	83
9. sonstiges (siehe unten)	3	10

\* Mehrfachnennungen möglich!

zu 9. sonstiges:

- Sortierpersonal, Sieblochtisch und Waage wurde von der Gesamthochschule gestellt
- Leitung der Untersuchung hatte Praktikantin der Abteilung Abfallwirtschaft
- alles Nötige war beim Auftragnehmer vorhanden

#### **Frage C 2: Gab es Probleme bei der Durchführung der Analyse?**

Fragebögen mit Nennungen:

31

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. ja	2	6
2. nein	29	94

Wenn ja, welche:

- hoher logistischer Aufwand durch unterschiedliche Abfuhrtage
- Personalprobleme, hat sich z. T. geweigert, an Sortierung teilzunehmen

## **D. Auswertung und Endbericht**

### **Frage D 1: Wurden Ihnen während der Laufzeit des Projektes Zwischenergebnisse mitgeteilt?**

Fragebögen mit Nennungen: 32

	Anzahl der Nennungen*	In % der Fragebögen
1. in Form von Gesprächsterminen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer	22	69
2. in Form von schriftlichen Zwischenberichten des Auftragnehmers	18	56
3. in Form von Zwischenstandsvorträgen des Auftragnehmers beim Auftraggeber	3	9
4. nein	4	13

\* Mehrfachnennungen möglich!

### **Frage D 2: In welcher Form wurde Ihnen der Endbericht zur Verfügung gestellt?**

Fragebögen mit Nennungen: 31

	Anzahl der Nennungen*	In % der Fragebögen
1. Langfassung	30	97
2. zusätzliche Kurzfassung	10	32
3. EDV-Version (Disketten bzw. andere Datenträger)	4	13
4. Vortrag während einer Sitzung des Ausschusses	1	3

\* Mehrfachnennungen möglich!

### **Frage D 3: Wurden die Ergebnisse veröffentlicht?**

Fragebögen mit Nennungen: 32

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. ja	19	59
2. nein	13	41

**E. Bewertung der Zusammenarbeit**

**Frage E 1: Wie bewerten Sie die Vorgehensweise des Auftragnehmers:  
(Noten 1 - 6)**

Fragebögen mit Nennungen:

27

	Durchschnitt	beste Bewertung	schlechteste Bewertung
1. bei der Vorbereitung	2,0	1,0	4,0
2. bei der praktischen Durchführung	1,7	1,0	3,0
3. bei der Auswertung	2,0	1,0	4,0
4. bei der Präsentation	2,0	1,0	4,0
5. insgesamt	2,0	1,0	3,0

**Frage E 2: Wurde das formulierte Ziel erreicht?**

Fragebögen mit Nennungen:

31

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. ja	30	97
2. nein	1	3

**Frage E 3: Wie bewerten Sie die Zusammenarbeit mit dem Auftragnehmer?  
(Noten 1 - 6)**

Fragebögen mit Nennungen:

24

	Durchschnitt	beste Bewertung	schlechteste Bewertung
Bewertung:	1,7	1	3

**Frage E 4: Gibt es Vorschläge für eine bessere Vorbereitung und Durchführung einer Abfallanalyse?**

Fragebögen mit Nennungen:

32

	Anzahl der Nennungen	In % der Fragebögen
1. ja	5	16
2. nein	27	84

Wenn ja, welche:

- seitens Auftragnehmer sollte nur 1 Person für Durchführung und Bericht zuständig sein
- zwecks Repräsentativität bessere Auswahl der einzusammelnden Behälter
- Sortierpersonal muß in der Abfallsortierung einschlägige Erfahrung haben
- detailliertere Angebotsabgabe mit Umfang und Tiefe der Untersuchung
- höhere Anforderungen an die Arbeitssicherheit

## **Anhang 4**

**Sortierstoffgruppenkatalog**

1. Differenzierungsebene	2. Differenzierungsebene	3. Differenzierungsebene
Fe-Metalle	Fe-Verpackungen  sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)	Getränkedosen Konservendosen Fe-Aerosoldosen Umreifungsbänder sonstige Fe-Verpackungen  sonstige Fe-Metalle (keine Verpackungen)
NE-Metalle	Aluminium-Verpackungen  sonstige NE-Verpackungen  sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)	Alu-Dosen Alu-Aerosoldosen sonstige Alu-Verpackungen  NE-Verschlüsse Blei-Kapseln sonstige NE-Verpackungen  sonstige NE-Metalle (keine Verpackungen)
Pappe/Papier/Kartonagen	PPK-Verpackungen  PPK-Druckerzeugnisse u. Administrationspapiere  sonstige PPK (keine Verpackungen)	Pappe Papier Kartonagen Einweggeschirr sonstige PPK-Verpackungen  Zeitungen Illustrierte Werbeprospekte/Kataloge Administrationspapiere sonstige PPK-Druckerzeugnisse u. Administrationspapiere  Pappmöbel Papiertapeten sonstiges PPK

1. Differenzierungsebene	2. Differenzierungsebene	3. Differenzierungsebene
Glas	Glas-Verpackungen (Einweg)  Glas-Verpackungen (Mehrweg)  Hohlglas (keine Verpackungen)  sonstiges Glas (keine Verpackungen)	Weißglas Braunglas Grünglas sonstige Glas-Verpackungen  Glas-Verpackungen (Mehrweg)  Röhrnglas Trinkgläser Medizinische Gläser sonstige Hohlgläser (keine Verpackungen)  Flachglas sonstige Gläser (keine Verpackungen)
Kunststoffe	Kunststoff-Verpackungen      sonstige Kunststoffe (keine Verpackungen)	Becher Blister Folien Schaumstoffe Hohlkörper Einweggeschirr Umreifungsbänder sonstige Kunststoff-Verpackungen  Folien Fensterrahmen Rohre Dämmaterialien Kunststoffmöbel sonstige Kunststoffe
Organik (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet)	Küchenabfälle   Gartenabfälle   sonstige Organik	Fleisch, Fisch, Knochen Gekochte Speisereste sonstige Küchenabfälle  Laub Strauchwerk und Baumschnitt Rasenschnitt Schnitt- und Topfblumen sonstige Gartenabfälle  Biologisch abbaubare Verpackungen Hygienepapiere sonstige a. n. g. Organik

1. Differenzierungsebene	2. Differenzierungsebene	3. Differenzierungsebene
Holz	Holz-Verpackungen  sonstiges Holz (soweit nicht einer anderen Stoffgruppe zugeordnet)	Holz-Verpackungen  Holzmöbel sonstige Hölzer
Textilien	Bekleidungstextilien  sonstige Textilien    Altschuhe	Bekleidungstextilien  Haustextilien (Decken, Handtücher etc.) Heimtextilien (Gardinen, Teppiche etc.) Produktionsspezifische Textilien  Altschuhe
Mineralstoffe (kein Glas)	Keramik  Porzellan  sonstige Mineralstoffe	Keramik-Verpackungen sonstige Keramik  Porzellan  sonstige Mineralstoffe
Verbunde (komplexe Produkte)	Verbund-Verpackungen    Elektronikschrott   Verbund-Möbel   Fahrzeugteile  sonstige Verbunde	Papier-Verbunde Kunststoff-Verbunde Alu-Verbunde Getränkekartonagen sonstige Verbundverpackungen  Entladungslampen Weiße Ware Braune Ware sonstiger Elektronikschrott  Polstermöbel Matratzen sonstige Verbundmöbel  Fahrzeugteile  Holz-Metall-Verbunde Kunststoff-Metall-Verbunde Holz-Metall-Textilien-Verbunde

1. Differenzierungsebene	2. Differenzierungsebene	3. Differenzierungsebene
Schadstoffbelastete Stoffe (Problemabfälle)	Batterien Akkumulatoren Altmedikamente Altchemikalien Altöhlhaltige Materialien sonstige schadstoffbelas- tete Stoffe	Batterien Akkumulatoren Altmedikamente Altchemikalien Altöhlhaltige Materialien sonstige schadstoffbelastete Stoffe
Stoffe, a. n. g.	Leder Gummi Kork Hygieneprodukte sonstige Stoffe, a. n. g.	Leder-Verpackungen sonstiges Leder Gummi-Verpackungen sonstiges Gummi Kork-Verpackungen sonstiger Kork Windeln sonstige Hygieneprodukte sonstige Stoffe, a. n. g.
Fraktion < 10 mm	Fraktion < 10 mm	Fraktion < 10 mm

## **Anhang 5**



**Definition der Gebietsstrukturen**

Gebietsstruktur	Wohneinheiten je Eingang	Beschreibung
[GS]	[Haush.]	[-]
1	-	Citygebiete (Innerstädtische Bebauung mit hohem Gewerbeanteil)
2	> 6	geschlossene Mehrfamilienhausbebauung
3a	> 6	offene Mehrfamilienhausbebauung (größer fünfgeschossig)
3b	> 6	offene Mehrfamilienhausbebauung (drei- bis fünfgeschossig)
4a	3 - 6	Drei- bis Sechsfamilienhausbebauung
4b	1 - 2	Ein- und Zweifamilienhausbebauung
5a	1 - 2	aufgelockerte Ein- und Zweifamilienhausbebauung (Streusiedlungen)
5b	1 - 2	aufgelockerte Ein- und Zweifamilienhausbebauung (Einzelgehöfte)

**Weitere Differenzierungen:**

(soweit Kriterien einen relevanten Anteil an der Grundgesamtheit einnehmen)

- Unterscheidung nach der Behältergröße (MGB < 240 und MGB > 240),
- Bei spezieller Aufgabenstellung "Bioabfall" ggf. Differenzierung der GS 4 nach Grundstücksgröße:
  - a) < 400 m<sup>2</sup>,
  - b) 400 - 1000 m<sup>2</sup>,
  - c) > 1000 m<sup>2</sup>.
- Bei Gebieten mit Festbrennstoffheizung zusätzliche diesbezügliche Differenzierung,
- Bei Gebieten mit unterschiedlichen Getrennterfassungssystemen für Wertstoffe zusätzliche diesbezügliche Differenzierung:
  - a) Restmülldifferenzierung nach Gebieten mit Eigenkompostierung bzw. Biotonnenutzung
  - b) Bioabfalldifferenzierung nach Gebieten mit belüfteten bzw. unbelüfteten Bioabfallbehältern,
  - c) LVP-Differenzierung nach Gebieten mit LVP-Säcken bzw. LVP-Behältern bzw. Bringsystem.

- Ggf. Differenzierung nach PPK-Erfassung (Hoisystem bzw. Bringsystem), z. B. bei Restmüll- und LVP-Analysen,
- Bei Gebieten mit unterschiedlichen Gebührensatzungen zusätzliche diesbezügliche Differenzierung,
- Bei Gebieten mit unterschiedlichen Restmüllfassungssystemen zusätzliche diesbezügliche Differenzierung.

Grundsätzlich sollten alle relevanten Einflußgrößen (Bevölkerungsanteil >10 % von der Grundgesamtheit) untersucht werden.

## **Anhang 6**

## Statistische Grundlagen

### **Arithmetischer Mittelwert $\bar{x}$**

Das arithmetische Mittel  $\bar{x}$  (Durchschnitt, Mittelwert) ist ein statistischer Lageparameter zur Beschreibung des „Zentrums“ einer Verteilung von Stichprobenwerten. Die Berechnung erfolgt aus der Summe aller Stichprobenwerte  $x_i$ , geteilt durch den Stichprobenumfang  $n$ .

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

### **Varianz $s^2$**

Die Varianz  $s^2$  ist ein 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.

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

### **Variationskoeffizient $v$**

Der *Variationskoeffizient*  $v$  ist ein 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.

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

Die Ergebnisse von durchgeführten Abfalluntersuchungen verschiedener Untersuchungsgebiete können zur Bestimmung der natürlichen Streuung des Untersuchungsgegenstandes Abfall herangezogen werden. Umfangreiche Kenntnisse zur Beschaffenheit der Grundgesamtheit liegen bislang nur für die Abfallart Hausmüll vor. In Tabelle 1 sind die Variationskoeffizienten, in Tabelle 2 die entsprechenden Mittelwerte für ausgewählte Abfalluntersuchungen in Deutschland für die Gesamtmenge sowie für die wichtigsten Stoffgruppen zu entnehmen. Die Angaben berechnen sich aus den Einzelergebnissen der Stichprobeneinheiten bezogen auf ein Stichprobenvolumen von 1100 Liter. Liegen mehrere Sortierkampagnen pro Untersuchung vor, wird der Variationskoeffizient bzw. der Mittelwert für jede Sortierkampagne einzeln ausgewiesen. Jahreszeitliche Einflüsse, die zur Vergrößerung der Varianz (und damit auch des Variationskoeffizienten) führen würden, können damit ausgeschlossen werden.

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

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

Die in Tabelle 1 zusammengestellten Variationskoeffizienten ermöglichen es den Stichprobenumfang für die zu untersuchenden Parameter festzulegen. Die zugrundeliegende natürliche Streuung sollte nach jeder Untersuchungskampagne überprüft werden. Eine Fortschreibung der Varianz der Einzelwerte von Abfall ist anzustreben.

Tab. 1: Variationskoeffizienten der Einzelwerte ausgewählter Untersuchungsgebiete (bezogen auf ein Stichprobenvolumen von 1100 l)

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

(a) Stoffgruppe wurde als Rest erfasst

Tab. 2: Mittelwerte ausgewählter Untersuchungsgebiete (bezogen auf ein Stichprobenvolumen von 1100 l)

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

(a) Stoffgruppe wurde als Rest erfaßt.

Bei der Schätzung der Varianz der Jahreswerte (Summe und Durchschnitt) muß eine zeitliche Abhängigkeitsstruktur zwischen den vier vorgeschriebenen jahreszeitlich versetzten Sortierkampagnen angenommen werden. Diese Annahme beruht zum einen darauf, daß die anfallenden Hausmüllmengen sinnvoll durch Jahresganglinien darstellbar sind, und zum anderen, daß die Stichprobeneinheiten von Sortierkampagne zu Sortierkampagne nicht von Neuem zufällig ausgewählt werden (Rückgriff auf alte Stichproben wegen Vergleichbarkeit). Durch einen Vergrößerungsfaktor bei der Berechnung der Varianz kann diese Abhängigkeit berücksichtigt werden.

Das heißt die Varianz der Jahreswerte wird durch die Abhängigkeit der vier Sortierkampagnen erhöht. Soll die Genauigkeit des Gesamtergebnisses beibehalten werden, muß der Stichprobenumfang entsprechend vergrößert werden.

Geht man von einer einmaligen Untersuchung (eine Sortierkampagne) mit  $n = 30$  Stichprobeneinheiten aus, so müssen bei einer Untersuchung mit vier Sortierkampagnen 80 Stichprobeneinheiten bzw. ca. 20 Stichprobeneinheiten pro Sortierkampagne beprobt werden. Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß eine einmalige Sortierkampagne über einen Zeitraum von ca. ein bis vier Wochen keine zuverlässige Angabe für den Jahreswert zuläßt.

**Anhang 7**

**Empfehlungen für die Inhalte eines  
Leistungsverzeichnisses zur Ausschreibung  
von Abfallanalysen (Abfälle und Wertstoffe  
aus Haushaltungen und Kleingewerbe)**

**1. Abfall-/Wertstoffart, die untersucht werden soll**

- Restabfälle aus Haushaltungen
- Restabfälle aus Kleingewerbe
- Bioabfälle
- sonstige Wertstoffe
  - PPK
  - Glas
  - LVP
  - \_\_\_\_\_

**2. Bestimmung der Abfall-/Wertstoffmenge**

- Einzelbehälterverwiegungen
- differenzierte Auswertung vorliegender Wiegescheine
- Auswertung der Gesamtabfallmengen
- \_\_\_\_\_

### 3. Bestimmung der Zusammensetzung

- Sortierung
  - Siebung des Analysenmaterials
    - maschinelle Siebung (objektivere Ergebnisse)
    - händische Siebung
  - Siebschnitte
    - 40 mm
    - 10 mm
    - \_\_\_\_ mm
  - händische Sortierung (Stoffgruppenkatalog siehe Anhang 4)
  - Bestimmung der Zusammensetzung der Mittelfraktion 10 - 40 mm (Stoffgruppenkatalog siehe Anhang 4)
    - händisch
    - optisch durch Sichtung
    - \_\_\_\_\_
  - Bestimmung der Zusammensetzung der Feinfraktion (Stoffgruppenkatalog siehe Anhang 4)
    - händisch
    - optisch durch Sichtung
    - \_\_\_\_\_
- Sichtung der erfaßten Abfälle nach Stoffgruppen (siehe Anhang 4)
  - mit teilweiser Nachsortierung
- Analyse von Einzelbehältern/säcken
- Analyse von Stichprobeneinheiten (i. d. R. 6 \* MGB 1100 je Schicht)
- Analyse von Abfallchargen (z. B. Fahrzeugladungen)
- Analyse einer Gesamtheit

**4. Analysetiefe**

- geschichtete Analyse (Schichtung z. B. nach Gebietsstrukturen)
- Hochrechnung der einzelnen Schichten auf die Gesamtheit
- Gesamtheit ohne Berücksichtigung einzelner Schichten
- \_\_\_\_\_
  
- in Gew.-%
- in  $\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{w})$
- in  $\text{kg}/(\text{E} \cdot \text{a})$  als Jahresmittelwert (bei jahreszeitlichem Einfluß mindestens 3-4 Kampagnen, ohne jahreszeitlichen Einfluß mindestens 1-2 Kampagnen erforderlich)
- \_\_\_\_\_
  
- Durchführung einer Fehlerrechnung/Ausreißertests
- \_\_\_\_\_

**5. Häufigkeit der Analyse**

- einmalige Analyse als Momentaufnahme
- Berücksichtigung der Jahreszeiten (siehe auch Punkt 2.2)
- Frühling
  - Sommer
  - Herbst
  - Winter
  
- Durchführung von Wiederholungsdurchgängen
- \_\_\_\_\_

## 6. Schichtung der Gesamtheit nach

- Ortsgrößenklassen
    - A: Großstadt (> 100.000 E)
    - B: städtisches Mittelzentrum
    - C: Landkreis
  - Gebietsstruktur, z. B.:
    - GS 1 Citygebiete
    - GS 2 geschlossene innerstädtische Bebauung
    - GS 3 a offene Mehrfamilienhausbebauung (drei- bis fünfgeschossig)
    - GS 3 b offene Mehrfamilienhausbebauung (größer fünfgeschossig)
    - GS 4 a Drei- bis Sechsfamilienhausbebauung
    - GS 4 b Ein- und Zweifamilienhausbebauung
    - GS 5 a aufgelockerte Ein-/Zweifamilienhausbebauung (Streusiedlungen)
    - GS 5 b aufgelockerte Ein-/Zweifamilienhausbebauung (Einzelgehöfte)
  - Behältergröße, z. B.:
    - MGB  $\leq$  240
    - MGB  $>$  240
    - Säcke
  - Abfuhrhythmus, z. B.:
    - wöchentlich
    - 14täglich
    - 28täglich
    - frei wählbar (mit Gebührenanreiz)
  - Systeme der getrennten Sammlung
    - Biotonne:
      - vorhanden
      - nicht vorhanden
      - Eigenkompostierer
    - Leichtstoffverpackungssammlung:
      - Sack
      - Behälter
      - Depotcontainer
      - Sonstiges (vorhanden/nicht vorhanden, Recyclinghof etc.)
    - Altpapier
      - Bringsystem
      - Holsystem
  - Heizungsart
    - feststoffbeheizt
    - nicht feststoffbeheizt
  - Grundstücksgröße (als Einfluß auf das Bioabfallpotential)
  - branchenbezogene Geschäftsabfallanalyse
  - Sonstige
-

Folgende Schichten sollen untersucht werden:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_
9. \_\_\_\_\_
10. \_\_\_\_\_

Zusätzlich zu berücksichtigen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Die einzelnen zu untersuchenden Schichten sollten einen Anteil an der Gesamtheit von ca. 10 % nicht unterschreiten.

Anzahl der zu untersuchenden Schichten insgesamt: \_\_\_\_\_

Stichprobengröße je untersuchte Schicht:

- 6 \* MGB 1100 je Schicht
- \_\_\_\_\_ Einwohner
- \_\_\_\_\_ Behälter/Säcke

## 7. Untersuchung und Darstellung weiterer Aspekte

- im Rahmen der o. g. Analysen
- als separate Untersuchung
  - Bereitstellungsgrad
  - Füllgrad
  - spezifische Behältervolumina
  - Verschmutzungsgrade (LVP) (anhaftende Verschmutzung)
  - Bestimmung der Wassergehalte
    - Mischproben des Gesamtabfalls/Wertstoffes (Anzahl \_\_\_\_\_)
    - ausgewählter Sortierstoffgruppen (Anzahl \_\_\_\_\_)
  - Bestimmung der Glühverluste
    - Mischproben des Gesamtabfalls/Wertstoffes (Anzahl \_\_\_\_\_)
    - ausgewählter Sortierstoffgruppen (Anzahl \_\_\_\_\_)
  - Heizwertbestimmung
    - Mischproben des Gesamtabfalls/Wertstoffes (Anzahl \_\_\_\_\_)
    - ausgewählter Sortierstoffgruppen (Anzahl \_\_\_\_\_)
  - Heizwertberechnung (Berechnung mit Hilfe von Literaturangaben)
  - Gegenüberstellung mit Ergebnissen aus anderen Gebieten
  - \_\_\_\_\_

## 8. Darstellung der Ergebnisse

- Abgabe von Zwischenergebnissen
  - einmalig, Zeitpunkt: \_\_\_\_\_
  - mehrfach ( \_\_\_\_\_ ), Zeitpunkte: \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_
  - Tabellenform
  - Erläuterung der Zwischenergebnisse in Form von kurzen Stichworten
  - ausführliche Erläuterung und Interpretation der Zwischenergebnisse in Form eines Zwischenberichtes
- Darstellung der Endergebnisse
  - Tabellenform
  - Erläuterung der Zwischenergebnisse in Form von kurzen Stichworten
  - ausführliche Erläuterung und Interpretation der Ergebnisse in Form eines Endberichtes
- Anzahl der Exemplare des Endberichtes: \_\_\_\_\_ Stück
- Präsentation der Ergebnisse beim Auftraggeber ( \_\_\_\_\_ Termin(e))
- \_\_\_\_\_

## 9. Unterstützende Leistungen des Auftraggebers

- Zurverfügungstellung statistischer Datengrundlagen
  - Einwohnerstatistiken
    - differenziert nach Straße, Hausnummer für die untersuchten Straßenzüge
    - für das gesamte Entsorgungsgebiet
    - \_\_\_\_\_
  - Behälterstatistiken (inkl. Abfuhrhythmus)
    - differenziert nach Straße, Hausnummer für die untersuchten Straßenzüge
    - für das gesamte Entsorgungsgebiet
    - \_\_\_\_\_
  - Statistiken zur Bebauungsstruktur (Wohnungen/Haushalte je Gebäude)
    - differenziert nach Straße, Hausnummer für die untersuchten Straßenzüge
    - für das gesamte Entsorgungsgebiet
    - \_\_\_\_\_
  - Abfall-/Wertstoffmengenstatistiken der letzten 2 Jahre sowie für das laufende Jahr
  - Tourenpläne
  - Stadtpläne
  - Abfall- und Gebührensatzung zur Verfügung stellen
  - Stellung eines Pritschenwagens (7,5 t) inkl. Fahrer für die Stichprobenahme mit Hebebühne o. ä.
  - Bereitstellung von MGB 1100 für die Sammlung der Stichproben
  - Stellung eines Laders mit detaillierten Ortskenntnissen
  - Bereitstellung einer überdachten Fläche (Halle) von ca. 100 m<sup>2</sup> für die Durchführung der Sortieranalyse
  - Bereitstellung von ca. 60 MGB 80 - 240 zur Aufnahme der einzelnen Sortierstoffgruppen
  - Stellung des Sortierpersonals, Anzahl \_\_\_\_\_  
Tage \_\_\_\_\_  
Stunden pro Tag \_\_\_\_\_
  - Entsorgung der sortierten Abfälle und Wertstoffe
  - \_\_\_\_\_
  - \_\_\_\_\_

**Seit 1. April 1994 sind bisher folgende „Materialien“ des Landesumweltamtes NRW erschienen:**

- |    |   |          |
|----|---|----------|
| 1  | Der Dynamische Daphnientest<br>– Erfahrungen und praktische Hinweise –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 44 S.  | 15,00 DM |
| 2  | Umsetzung der TA-Siedlungsabfall bei Deponien<br>2. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 99 S.                                       | 15,00 DM |
| 3  | Verwertung von Elektro- und Elektronikgeräten<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 153 S.  | 20,00 DM |
| 4  | Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 91 S.   | 15,00 DM |
| 5  | Einwicklung im Bereich der Sonderabfallsorgung<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 39 S.  | 15,00 DM |
| 6  | Ökologische Auswirkungen von Fischteichen auf Fließgewässer<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 208 S.  | 25,00 DM |
| 7  | Ökologische Effizienz von Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 462 S.  | 28,00 DM |
| 8  | Vermeidung von Bunkerbränden in Abfallverbrennungsanlagen mit Hilfe<br>der Infrarot-Thermographie<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 53 S.                             | 15,00 DM |
| 9  | Prozeßleittechnik in Anlagen der chemischen Industrie –<br>Anlagenschutz und sicherheitsrelevante Komponenten<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 119 S.                | 20,00 DM |
| 10 | Sicherheitstechnische Hinweise und Anforderungen an Abschott- und<br>Entlastungssysteme aus der Sicht der Störfall-Verordnung<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 40 S. | 15,00 DM |
| 11 | Literaturstudien zum PCDD/F-Transfer vom Boden in die Nahrungskette<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 149 S.  | 25,00 DM |
| 12 | Die verlust- und kontaminationsfreie Probenahme und -vorbereitung<br>von Wässern und Feststoffen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 203 S.                             | 28,00 DM |
| 13 | Essener Verfahren zur Bewertung von Altlastenverdachtsflächen<br>– Erstbewertung und normierte Charakterisierung –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 66 S.            | 15,00 DM |
| 14 | Optimierung der thermischen Behandlung organischer chlorhaltiger<br>Problemabfälle<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 132 S.   | 25,00 DM |
| 15 | Entsorgungsbericht 1993 über Sonder- und Massenabfälle in NRW<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 75 S.   | 20,00 DM |
| 16 | Begleitende meßtechnische Erfolgskontrolle bei der Sanierung<br>einer Textilreinigungsanlage<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 60 S.                                  | 15,00 DM |

---

**Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen**

---

- 17 Ausgewählte Untersuchungsergebnisse der halbertechnischen Versuchskläranlage  
– Untersuchungen zur Stickstoffelimination –  
– Praxiserprobung von Online-Meßtechnik –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 110 S. 20,00 DM
- 18 Vergleich verschiedener europäischer Untersuchungs- und Bewertungsmethoden für Fließgewässer  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 140 S. 25,00 DM
- 19 Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen  
– Ergebnisse der Erprobung in NRW –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 150 S. 25,00 DM
- 20 Information und Dokumentation bei Deponien  
4. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch, 26. Oktober 1994  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 98 S. 20,00 DM
- 21 Ausbreitungsuntersuchungen von Gerüchen anhand einer Modellquelle  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 57 S. 15,00 DM
- 22 Erschütterungen und Körperschall des landgebundenen Verkehrs  
– Prognose und Schutzmaßnahmen –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 658 S. 40,00 DM
- 23 Naturraumspezifische Leitbilder für kleine und mittelgroße Fließgewässer in der freien Landschaft  
Eine vorläufige Zusammenstellung von Referenzbach- und Leitbildbeschreibungen für die Durchführung von Gewässerstrukturgütekartierungen in Nordrhein-Westfalen  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 127 S. 25,00 DM
- 24 Siedlungsabfalldeponien – Oberflächenabdichtung und Sickerwasser  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 162 S. 25,00 DM
- 25 Thermodynamische Analyse der Verfahren zur thermischen Müllentsorgung  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 121 S. 25,00 DM
- 26 Normierung und Konventionen in der Abfallanalytik – Aufgaben und Ziele  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 188 S. 28,00 DM
- 27 Entsorgungsbericht 1994 über Sonder- und Massenabfälle in Nordrhein-Westfalen  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 92 S. 20,00 DM
- 28 Umweltüberwachung im Spannungsfeld; integral/medial – privat/staatlich  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 289 S. 30,00 DM
- 29 Bauabfallentsorgung – von der Deponierung zur Verwertung und Vermarktung  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 181 S. 28,00 DM
- 30 Ergebnisse von Dioxin-Emissionsmessungen an Industrieanlagen in NRW  
– Dioxinmeßprogramm Nordrhein-Westfalen –  
Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 114 S. 20,00 DM
- 30 Results of Measurements of the Emissions of Dioxins by Industrial Plants in North Rhine-Westphalia – Dioxins Measurement Programme  
North Rhine-Westphalia – Final Report 1996  
English translation of the report LUA-Materialien No. 30 (1996); original edition published in German language – Translated by Edith Navé, Hohenbrunn, Germany  
Essen: Landesumweltamt NRW 1997, 102 S. 30,00 DM

---

**Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen**

---

31	Umsetzung der TA Siedlungsabfall bei Deponien in NRW Fortbildungsveranstaltung am 27./28. Juni 1995 im Bildungszentrum für die Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH (BEW) in Essen Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 189 S.	28,00 DM
32	Medienübergreifendes Arbeiten im technischen Umweltschutz Beiträge aus dem Fachgespräch anlässlich der Verabschiedung von Herrn Abteilungsdirektor Dr.-Ing. H.-O. Weber am 06. Juli 1995 Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 78 S.	20,00 DM
33	Handbuch der Laborpraxis für Ver- und Entsorgerinnen/ Ver- und Entsorger – 1. und 2. Ausbildungsjahr – Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 186 S.	30,00 DM
34	Explosionsschutz bei der Lagerung brennbarer Flüssigkeiten Entwicklungen und Erkenntnisse Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 54 S.	18,00 DM
35	Physikalisch-chemische und biologische Auswirkungen bei der Verwendung von Waschbergen in Schifffahrtskanälen Untersuchungsbericht des Arbeitskreises „Waschberge im Wasserbau“ Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 154 S.	25,00 DM
36	Anforderungen an sachverständige Stellen für die Bekanntgabe und die Zulassung im Bereich des Immissionsschutzes Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 132 S.	25,00 DM
37	Schadstoffströme bei der Gebrauchtholzverwertung für ausgewählte Abfallarten Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 275 S.	30,00 DM
38	Zivile Anschlußnutzung von Militärstandorten – Risikofaktor Altlasten/Bodenbelastung – Tagungsband Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 168 S.	25,00 DM
39	Flächenhafter Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in das Grundwasser – Abschlußbericht, Dezember 1994 Essen: Landesumweltamt NRW 1996, 217 S.	30,00 DM
40	Gewässerüberwachung in Nordrhein-Westfalen Teil I: Oberirdische Gewässer Essen: Landesumweltamt NRW 1997, 40 S.	15,00 DM
41	Brand- und Zersetzungsprodukte Abschlußbericht des Projekts „Integration von Daten zu Brand- und Zersetzungsprodukten in das Informationssystem für gefährliche/ umweltrelevante Stoffe (IGS)“ Essen: Landesumweltamt NRW 1997, 134 S.	25,00 DM
42	Kreislaufwirtschaft und Abfallverwertung in thermischen Prozessen 9. Aachener Kolloquium am 5. Dezember 1996 – Tagungsband – Essen: Landesumweltamt NRW 1997, 156 S.	25,00 DM
43	Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe (The European Dioxin Inventory) – Final Report – Essen: Landesumweltamt NRW 1997, 926 S.	50,00 DM

---

**Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen**

---

- |    |  |          |
|----|--|----------|
| 44 | Emissionskataster der genehmigungsbedürftigen Anlagen<br>im Lande Nordrhein-Westfalen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1997, 32 S.                  | 15,00 DM |
| 45 | Entsorgungsbericht 1995 über Sonder- und Massenabfälle<br>in Nordrhein-Westfalen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1997, 101 S.                      | 22,00 DM |
| 46 | Validierung von Passivsammlern für Immissionsmessungen von<br>Kohlenwasserstoffen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1998, 95 S.                      | 22,00 DM |
| 47 | Leitfaden für Analysen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung<br>von Abfällen aus Haushaltungen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1998, 131 S. | 25,00 DM |