

# **Strukturanalytische Untersuchungen und Bewertung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll**

**Dissertation**

**zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)  
am Fachbereich „Ökologische Agrarwissenschaften“  
der Universität Kassel**

**Vorgelegt von:**

**Michael Kern**

**Witzenhausen, im März 2006**



---

## Danksagung

Die vorliegende Dissertation entstand auf der Grundlage einer Vielzahl von Hausmüllanalysen, die das Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie in den Jahren 1999 bis 2001 im Auftrag verschiedener öffentlicher und privater Auftraggeber durchgeführt hat. In Eigenverantwortung wurden die Analysen um die schadstoffrelevanten Parameter ergänzt. Ohne diese Vorgehensweise wäre solch ein bundesweites Vorhaben nicht zu realisieren gewesen, da sich allein die Kosten für die durchgeführten Hausmüllanalysen auf ca. 250.000 € beliefen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Wiemer für die Übernahme des Hauptberichtes, für seine fachliche Betreuung und kritische Diskussion sowie für all die motivierenden Gespräche, die letztendlich zur Fertigstellung der Arbeit führten.

Ebenfalls danke ich Herrn Prof. Dr. habil. Hardy Vogtmann für die Übernahme des Co-Referates und auch seine langjährige Ermutigung, nicht vor dem Ziel aufzugeben und die Arbeit zu Ende zu führen.

Besonders zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Dipl.-Ing. Jörg Siepenkothen - denn ohne ihn hätte diese Arbeit nicht realisiert werden können – und seiner Sortiermannschaft insbesondere für die Durchführung der Analysen vor Ort sowie für die vielen kritischen und fruchtbaren fachlichen Diskussionen bei der Auswertung und Bewertung der Ergebnisse.

Ebenfalls bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Hans–Peter Piepho, Fachgebiet Bioinformatik der Universität Hohenheim für die Mithilfe in der statistischen Auswertung der vielen Einzeldaten.

Zum Schluss bedanke ich mich nochmals bei allen, insbesondere bei allen Mitarbeitern des Witzenhausen-Instituts und des Fachgebiets Abfallwirtschaft und Altlasten der Universität Kassel, die mich auf vielfältige Weise unterstützt haben.

Last not least danke ich allen Teilnehmern der vergangenen Kasseler Abfallforen, die sich alljährlich pflichtbewusst nach meiner Promotion erkundigten und denen ich nun endlich beim 18. Kasseler Abfallforum im April 2006 freudestrahlend verkünden kann – ja es ist geschafft!

Witzenhausen, im März 2006

Michael Kern

## Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt und andere als die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Kein Teil dieser Arbeit ist in einem anderen Promotions- oder Habilitationsverfahren verwendet worden.

-----  
Michael Kern

---

# Inhalt

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DEFINITIONEN UND GESETZLICHE REGELUNGEN.....</b>	<b>3</b>
2.1	Gesetzliche Regelungen.....	3
2.2	Untersuchte Sonderabfallmengen im Hausmüll.....	7
<b>3</b>	<b>METHODIK DER UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>9</b>
3.1	Ermittlung der Schichtungen.....	9
3.1.1	Siedlungsstrukturen .....	9
3.1.2	Bebauungsstrukturen.....	12
3.2	Festlegung der Stichprobeneinheiten .....	13
3.3	Gliederung der Stichprobennahme .....	14
3.4	Durchführung der Probennahme.....	16
3.5	Methodik der Sortierung .....	16
<b>4</b>	<b>METHODIK DER STATISTISCHEN AUSWERTUNG DER ERHEBUNG VON SCHADSTOFFHALTIGEN ABFÄLLEN IM HAUSMÜLL .....</b>	<b>20</b>
4.1	Datengrundlage Stichprobenverfahren.....	20
4.1.1	Bundesebene.....	20
4.1.2	ÖRE-Ebene .....	21
4.2	Variablen und Indizes .....	22
4.3	Hochrechnung.....	25
4.3.1	Hochrechnung von Schichten auf ÖRE-Ebene basierend auf Einwohnerzahl .....	25
4.3.2	Hochrechnung von Schichten auf ÖRE-Ebene basierend auf der Müllmenge .....	26
4.3.3	Hochrechnung von ÖRE-Ebene auf Schichtebene (Bund).....	27
4.3.4	Hochrechnung von Schicht auf Bundesebene basierend auf der Einwohnerzahl .....	28

---

4.3.5	Hochrechnung für jede Bebauungsstruktur (ÖRE-Ebene) .....	29
4.3.6	Verrechnung von zwei Erhebungsterminen.....	29
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>30</b>
<b>5.1</b>	<b>Verteilung der schadstoffhaltigen Abfälle in den Hausmüllfraktionen .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2</b>	<b>Art und Menge der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll .....</b>	<b>31</b>
<b>5.3</b>	<b>Spezifisches Aufkommen der einzelnen Gruppen schadstoffhaltiger Abfälle .....</b>	<b>32</b>
5.3.1	Batterien .....	33
5.3.2	Öle, Fette, Kraftstoffe u. Ölfilter .....	34
5.3.3	Farben, Lacke, Lösungsmittel.....	35
5.3.4	Reinigungs- und Pflegemittel .....	36
5.3.5	Chemikalien .....	37
5.3.6	Pestizide .....	38
5.3.7	Leuchtmittel und andere quecksilberhaltige Abfälle .....	39
5.3.8	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle .....	40
5.3.9	Summe schadstoffhaltiger Abfälle.....	41
<b>5.4</b>	<b>Gegenüberstellung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....</b>	<b>42</b>
5.4.1	Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll der untersuchten ÖRE.....	42
5.4.2	Ergebnisse in den Bebauungsstrukturen .....	44
5.4.3	Ergebnisse der Siedlungsstrukturen .....	47
<b>5.5</b>	<b>Trefferquote – Anteil der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen .....</b>	<b>50</b>
5.5.1	Trefferquote in den ÖRE.....	51
5.5.2	Trefferquote in den Bebauungsstrukturen.....	53
5.5.3	Trefferquote in den Siedlungsstrukturen .....	54
5.5.4	Trefferquoten nach Schadstoffgruppen.....	55
<b>5.6</b>	<b>Verteilmuster der Einzelergebnisse .....</b>	<b>56</b>

---

<b>5.7</b>	<b>Komplementär erfasste schadstoffhaltige Abfälle und Batterien .....</b>	<b>61</b>
<b>5.8</b>	<b>Hochrechnung der Ergebnisse auf Bundesebene.....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>PLAUSIBILITÄTS- UND FEHLERBETRACHTUNG .....</b>	<b>66</b>
<b>6.1</b>	<b>Plausibilitätsbetrachtung am Beispiel Batterien .....</b>	<b>66</b>
6.1.1	Plausibilitätskontrolle auf der Grundlage der Mengenbilanz der GRS Batterien .....	66
6.1.2	Plausibilitätskontrolle auf der Grundlage der Batterietypenbilanz.....	67
<b>6.2</b>	<b>Plausibilitätskontrolle auf der Grundlage von Literaturdaten / Ergebnissen von Hausmüllanalysen in anderen ÖRE .....</b>	<b>69</b>
6.2.1	Ergebnissen von Hausmüllanalysen in anderen ÖRE .....	69
6.2.2	Daten ausgewählter Landesabfallbilanzen.....	72
6.2.3	Untersuchungen zu Zusammensetzung und Schadstoffgehalten in Siedlungsabfällen in Bayern.....	72
<b>6.3</b>	<b>Fehlerbetrachtung .....</b>	<b>74</b>
<b>7</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>78</b>
<b>7.1</b>	<b>Nationale Betrachtung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll .....</b>	<b>78</b>
<b>7.2</b>	<b>Was sind mögliche Einflussgrößen für das vorgefundene Schadstoffaufkommen? .....</b>	<b>79</b>
<b>7.3</b>	<b>Erfassungsstruktur für Sonderabfallkleinmengen und Batterien .....</b>	<b>82</b>
7.3.1	Bewertung der Erfassungsstruktur.....	82
7.3.2	Korrelation zwischen Erfassungsstrukturen und Schadstoffmengen.....	86
<b>7.4</b>	<b>Großräumige Bewertung der Ergebnisse .....</b>	<b>89</b>
<b>7.5</b>	<b>Leistungsfähigkeit des Systems zur Erfassung von Sonderabfallkleinmengen .....</b>	<b>91</b>
<b>8</b>	<b>FAZIT.....</b>	<b>93</b>
<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>97</b>
<b>10</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>100</b>
<b>ANHANG</b>	<b>.....</b>	<b>107</b>

## Abbildungen

Abb. 1:	Wege schadstoffhaltiger Produkte in Haushalten.....	8
Abb. 2:	Anzahl der ÖRE und der Einwohner in den Siedlungsstrukturen auf Bundesebene (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2001 (Stand 2000)) .....	10
Abb. 3:	Gliederung der Stichprobennahme (Beispiel ländliche Region) .....	14
Abb. 4:	Schema der 2-stufigen Sortieranalyse zur Ermittlung von schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll.....	17
Abb. 5:	Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll (%) .....	31
Abb. 6:	Anzahl der Funde schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll.....	32
Abb. 7:	Batterien im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	33
Abb. 8:	Öle, Fette, Kraftstoffe im Hausmüll der untersuchten Strukturen.....	34
Abb. 9:	Farben, Lacke, Lösungsmittel im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	35
Abb. 10:	Reinigungs- und Pflegemittel im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	36
Abb. 11:	Chemikalien im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	37
Abb. 12:	Pestizide im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	38
Abb. 13:	Leuchtmittel und andere quecksilberhaltige Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	39
Abb. 14:	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	40
Abb. 15:	Summe schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen .....	41
Abb. 16:	Anteil schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll) .....	42
Abb. 17:	Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg/E*Jahr) .....	43
Abb. 18:	Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten ÖRE – Vergleich erste und zweite Sortierkampagne .....	44
Abb. 19:	Schadstoffgehalte je Stichprobe in der Stadt in Baden-Württemberg.....	44

---

Abb. 20:	Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten Bebauungsstrukturen (kg/E*Jahr) .....	45
Abb. 21:	Verteilung der schadstoffhaltigen Abfälle in den untersuchten Bebauungsstrukturen (Gew.-%) .....	46
Abb. 22:	Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der untersuchten Bebauungsstrukturen (kg/E*Jahr) .....	47
Abb. 23:	Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten Siedlungsstrukturen (kg/E*Jahr) .....	48
Abb. 24:	Anteil schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der untersuchten Siedlungsstrukturen (kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll).....	49
Abb. 25:	Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der untersuchten Siedlungsstrukturen (kg/E*Jahr) .....	49
Abb. 26:	Schadstofffunde in Stichprobeneinheiten .....	50
Abb. 27:	Trefferquote schadstoffhaltige Abfälle in Stichprobeneinheiten – Gegenüberstellung ÖRE .....	51
Abb. 28:	Gegenüberstellung des Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und der Trefferquote in den untersuchten ÖRE .....	52
Abb. 29:	Quote der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen in den Bebauungsstrukturen .....	53
Abb. 30:	Gegenüberstellung des Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und der Trefferquote in den untersuchten Bebauungsstrukturen .....	54
Abb. 31:	Quote der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen in den Siedlungsstrukturen.....	54
Abb. 32:	Gegenüberstellung des Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und der Trefferquote in den untersuchten Siedlungsstrukturen.....	55
Abb. 33:	Trefferquoten und Anteile der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll .....	56
Abb. 34:	Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von der Untersuchungskampagne (kg/Mg Siedlungsabfall).....	57

---

Abb. 35:	Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von dem ÖRE (kg/Mg Siedlungsabfall).....	58
Abb. 36:	Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur (kg/Mg Siedlungsabfall).....	59
Abb. 37:	Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von der Bebauungsstruktur (kg/Mg Siedlungsabfall).....	60
Abb. 38:	Gegenüberstellung der separat gesammelten schadstoffhaltigen Abfälle und der schadstoffhaltigen Abfälle (ohne Batterien) im Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg/E*Jahr) .....	62
Abb. 39:	Gegenüberstellung der separat gesammelten Batterien und der Batterien im Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg/E*Jahr) .....	62
Abb. 40:	Schema der Hochrechnung der Ergebnisse auf Bundesebene .....	63
Abb. 41:	Betrachtung der qualitativen Zusammensetzung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (hochgerechnet Mg/Jahr) .....	64
Abb. 42:	Betrachtung der qualitativen Zusammensetzung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (einwohnerspezifisch g/Einwohner*Jahr).....	65
Abb. 43:	In Verkehr gebrachte Batterien in Deutschland 2002 .....	66
Abb. 44:	Spezifische Mengenbilanz Batterien in Deutschland 2000 und 2002.....	67
Abb. 45:	Anzahl und gewichtsprozentuale Anteile der bei den Untersuchungen gefundenen Batterietypen im Hausmüll (WITZENHAUSEN-INSTITUT 2001 c).....	68
Abb. 46:	Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll - Ergebnisse aus anderen ÖRE (1998 - 2001).....	70
Abb. 47:	Anteile schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der Bebauungsstrukturen - Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit Ergebnissen aus anderen Untersuchungen.....	71
Abb. 48:	Anteile schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der Siedlungsstrukturen - Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit Ergebnissen aus anderen Untersuchungen.....	71

---

Abb. 49:	Gegenüberstellung der Zusammensetzung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und über die Sonderabfallkleinmengensammlung erfasster schadstoffhaltiger Abfälle (Gew.-%) .....	72
Abb. 50:	Gegenüberstellung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll und der separat erfassten schadstoffhaltigen Abfälle .....	80
Abb. 51:	Herkunft separat erfasster Batterien und ergänzende Strukturdaten.....	85
Abb. 52:	Korrelation Bewertung Infrastruktur / erfasste Mengen und entsorgte Mengen / Trefferquote in den untersuchten ÖRE .....	88
Abb. 53:	Gegenüberstellung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll – untersuchte ÖRE in alten/neuen Bundesländern (oben) und nördlichen/südlichen Bundesländer (unten).....	89
Abb. 54:	Hausmüllaufkommen und Aufkommen separat erfasster Wertstoffe - Vergleich alte/neue Bundesländer (oben), nördliche/südliche Bundesländer (unten) (kg je Einwohner und Jahr) basierend auf den Daten der Abfallbilanzen der Länder .....	90
Abb. 55:	Separat erfasste (Mittelwert Länderabfallbilanzen, Erfolgskontrolle GRS) und über den Hausmüll entsorgte (Hochrechnung Untersuchungen) schadstoffhaltige Abfälle .....	91
Abb. 56:	Gegenüberstellung der Anteile separat erfasster und über den Hausmüll entsorgter schadstoffhaltiger Abfälle und Verpackungen.....	92

---

## **Tabellen**

Tab. 1:	Struktur der Gesetze und Verordnungen für schadstoffhaltige Abfälle .....	4
Tab. 2:	Abfallgesetze der Länder (1) .....	5
Tab. 3:	Abfallgesetze der Länder (2) .....	6
Tab. 4:	Sortierfraktionen schadstoffhaltiger Abfälle .....	7
Tab. 5:	Untersuchte Siedlungsstrukturen .....	11
Tab. 6:	Charakterisierung der Bebauungsstrukturen .....	12
Tab. 7:	Probennahmeplan .....	15
Tab. 8:	Indizes für die verschiedenen Stichprobeneinheiten.....	22
Tab. 9:	Beschreibung der Variablen und Parameter, die für die nachfolgenden Schätzformeln verwendet werden .....	23
Tab. 10:	Erforderliche Struktur für Erhebungsdaten zur nachfolgenden Auswertung .....	24
Tab. 11:	Erforderliche Zusatzinformation zur nachfolgenden Auswertung.....	25
Tab. 12:	Stückzahlen (prozentuale Anteile) der im Hausmüll gefundenen und in Verkehr gebrachten Batterietypen und -arten (Quelle: GRS BATTERIEN 2002) .....	68
Tab. 13:	Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll in Bayern.....	73
Tab. 14:	Schadstoffgehalte im Hausmüll in Bayern differenziert nach Strukturen .....	73
Tab. 15:	Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse (Bayern/aktuelle eigene Untersuchungen) differenziert nach Strukturen.....	74
Tab. 16:	Statistische Kenndaten der Schichten der aktuellen Untersuchungen.....	75
Tab. 17:	Statistische Kenndaten der Schichten anderer Hausmüll-Untersuchungen.....	76
Tab. 18:	Variationskoeffizienten schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll - Ergebnisse anderer Untersuchungen.....	77
Tab. 19:	Charakteristika und spezifische Mengen in den untersuchten Siedlungsstrukturen.....	80
Tab. 20:	Charakteristika und spezifische Mengen schadstoffhaltiger Abfälle der untersuchten Bebauungsstrukturen.....	82
Tab. 21:	Erfassungs-Infrastruktur für Sonderabfallkleinmengen und Batterien in den untersuchten ÖRE .....	83
Tab. 22:	Bewertungsraster .....	87

## **Fotos**

Foto 1:	Hausmüllanalyse mit der Trommelsiebmaschine.....	18
Foto 2:	Rundzellen in elektrischem Kleingerät.....	19
Foto 3:	Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll einer Bebauungsstruktur.....	19
Foto 4:	Trefferquote Stadt in Baden-Württemberg (1. Sortierkampagne) am Beispiel der gefundenen Batterien.....	51
Foto 5:	Trefferquote Landkreis in Sachsen-Anhalt (2. Sortierkampagne) am Beispiel der gefundenen Batterien.....	52

## **Abkürzungen**

ÖRE	=	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
GRS	=	Stiftung gemeinsames Rücknahmesystem Batterien
g/E*Jahr	=	Gramm je Einwohner und Jahr
kg/E*Jahr	=	Kilogramm je Einwohner und Jahr
Mg	=	Megagramm = Gewichtstonne
MGB	=	Müllgroßbehälter
Gew.-%	=	Gewichtsprozent
STD	=	Stadt
LK	=	Landkreis
BW	=	Baden-Württemberg
BY	=	Freistaat Bayern
HE	=	Hessen
NI	=	Niedersachsen
NW	=	Nordrhein-Westfalen
ST	=	Sachsen-Anhalt
TH	=	Thüringen



# 1 Einleitung und Zielsetzung

Die Schadstoffminimierung, d. h. die möglichst weitgehende Vermeidung oder Verringerung von Schadstoffen in Abfällen, ist neben der Abfallvermeidung und Abfallverwertung ein wesentliches Ziel der Abfallwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Dies soll mittels separater Sammlung schadstoffhaltiger Abfälle bzw. spezieller Rücknahmesysteme für schadstoffhaltige Produkte verwirklicht werden. Für schadstoffhaltige Abfälle aus Haushaltungen wird hierfür als Instrument die kommunale Sonderabfall-Kleinmengensammlung eingesetzt.

Inwieweit die getroffenen Maßnahmen und installierten Erfassungssysteme dieses Ziel realisieren, ist jedoch bisher nicht dokumentiert worden. Weder auf Landes- noch auf Bundesebene finden umfassende und kontinuierliche Erfolgskontrollen statt.

Zwar werden in den Abfallbilanzen der Länder die separat erfassten schadstoffhaltigen Abfälle ausgewiesen, eine dementsprechende Ausweisung der im Restabfall verbliebenen Komplementärmengen als Maßstab der Systemeffizienz existiert jedoch nicht. Dies ist umso erstaunlicher, wenn man bedenkt, mit welchem enormen Aufwand alljährlich die in Verkehr gebrachten und verwerteten Verpackungen im Rahmen des Mengenstromnachweises auf Bundes- und Landesebene dokumentiert werden müssen. Dabei stellen Verkaufsverpackungen im Vergleich zu schadstoffhaltigen Abfällen ein unbedeutendes Schadstoff- und Gefährdungspotenzial dar.

Lediglich für eine Gruppe der schadstoffhaltigen Abfälle, die Batterien, gibt es nach dem Inkrafttreten der BATTERIEVERORDNUNG im Oktober 1998 mit der Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (GRS Batterien) ein bundesweites Rücknahme- und Entsorgungssystem, das in seiner jährlich aktualisierten Erfolgskontrolle detailliert Mengenströme aufführt.

Komplementäre Daten über entsorgte schadstoffhaltige Abfälle für die Bundesrepublik Deutschland, über die ein Rückschluss auf die Effizienz der separaten Erfassungssysteme möglich wäre, sind nicht verfügbar. Die letzte bundesweite Erhebung zur Abfallzusammensetzung liegt über 20 Jahre zurück (UMWELTBUNDESAMT 1986). Die Daten sind aufgrund veränderter abfallwirtschaftlicher Rahmenbedingungen sowie gesellschaftlicher Veränderungen überholt und nicht mehr repräsentativ (Einführung des Dualen Systems, Wiedervereinigung usw.).

WILKEN, ZESCHMAR-LAHL bemängelten bereits 1994 in einem Beitrag zum Müllhandbuch „Aktuelle Untersuchungen über die Zusammensetzung der in den Hausmüll gelangenden Problemabfälle [...] liegen nicht vor...“ und forderten daher zur Beseitigung des „...Mankos der fehlenden Verfügbarkeit aktueller Daten [...] umgehend Analysen von aktuell anfallenden Abfällen bzw. den zur stofflichen Verwertung gelangenden Reststoffen.“

Auch zehn Jahre später ist von Seiten des Bundes nicht beabsichtigt, eine bundesweite Hausmüllanalyse zur Ermittlung von abfallwirtschaftlichen Grundlagendaten durchzuführen, da dies Sache der Länder sei (SCHNURER 2004, mündliche Mitteilung).

Lediglich das Bundesland Bayern hat eine umfassende Untersuchung zu Zusammensetzung und Schadstoffgehalten von Siedlungsabfällen in Bayern (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2003) durchgeführt.

Von Seiten der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von individuellen Untersuchungen zur Hausmüllzusammensetzung durchgeführt. Die Erhebung der darin enthaltenen schadstoffhaltigen Abfälle erfolgte – wenn überhaupt – unspezifisch und nur als Summenparameter. Eine detaillierte Auswertung sowie ein überregionales Benchmarking kann wegen mangelnder Vergleichbarkeit in Methodik und Bearbeitungstiefe nicht durchgeführt werden.

Mit der Zäsur der Abfallwirtschaft im Juni 2005, dem Ende der Ablagerung von unvorbehandelten Abfällen, fokussiert sich die Abfallwirtschaft verstärkt auf das erklärte Ziel, im Jahre 2020 eine vollständige stoffliche bzw. energetische Verwertung (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 1999) zu erreichen. Dass die Abfallwirtschaft wesentlich zum Ressourcen- und Klimaschutz beitragen kann, hat WIEMER bereits Mitte der Neunziger Jahre und später in umfangreichen Publikationen beschrieben (WIEMER ET AL 1995 a+b; WIEMER 1999; WIEMER, TAPPEN 1999).

Das ressourcen- und klimaorientierte Stoffstrommanagement von Abfällen setzt allerdings eine möglichst weitgehende Schadstoffentfrachtung voraus. Die stoffliche Verwertung wird überwiegend über Getrennterfassungssysteme (Glas, Papier/Pappe, LVP usw.) sichergestellt. Zudem gewinnt die sorten- und artenspezifische Identifikation und Abtrennung von Stoffen aus einem Restmüllgemisch mittels Positiv-Auslese (Nahinfrarot- oder Röntgentechnik) an Bedeutung. Hierbei verbleiben die Schadstoffe zwangsläufig im Reststrom und führen somit zu einer Aufkonzentration der Schadstoffe. Gerade dies macht eine Schadstoffentfrachtung im Vorfeld immer wichtiger.

Mit der vorliegenden Arbeit soll die bestehende Wissenslücke über die Schadstoffpotenziale im Hausmüll auf der Grundlage bundesweiter Erhebungen zur Hausmüllzusammensetzung nach einheitlicher Systematik geschlossen werden.

Auf der Grundlage der durchgeführten umfangreichen Untersuchungen zu den schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll sollen im Rahmen dieser Arbeit folgende Fragen überprüft und bewertet werden:

- Wie und in welchem Umfang wird der Hausmüll als Entsorgungsweg für schadstoffhaltige Abfälle genutzt?
- Wie setzen sich die über den Hausmüll entsorgten schadstoffhaltigen Abfälle zusammen und gibt es schadstoffhaltige Abfälle, die bevorzugt über den Hausmüll entsorgt werden?
- Gibt es strukturell bedingte Unterschiede (Bebauungs-/Siedlungsstruktur) bei Menge und Zusammensetzung der über den Hausmüll entsorgten schadstoffhaltigen Abfälle?
- Ist die kommunale Sonderabfallkleinmengen-Sammlung eine effektive Schadstoffsенke zur Sicherstellung der stofflichen und energetischen Verwertung?

## 2 Definitionen und gesetzliche Regelungen

### 2.1 Gesetzliche Regelungen

Der Begriff „Sonderabfall“ ist nicht eindeutig geklärt. Im allgemeinen Sprachgebrauch spricht man von Sonderabfällen, Sonderabfallkleinmengen, Schadstoffen, Problemstoffen, Giften, gefährlichen Abfällen usw. Im deutschen Abfallrecht werden im KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (KrW-/AbfG 1996) in § 41 Abs. 1 Satz 1 und Abs. 3 Nr. 1 „besonders überwachungsbedürftige Abfälle“ als Abfälle definiert, „die nach Art, Beschaffenheit, oder Menge in besonderem Maße gesundheits-, luft- oder wassergefährdend, explosiv oder brennbar sind oder Erreger übertragbarer Krankheiten enthalten oder hervorbringen können“.

Welche Abfälle darunter zu verstehen sind, ist in der BESTIMMUNGSVERORDNUNG BESONDERS ÜBERWACHUNGSBEDÜRFTIGE ABFÄLLE (BestbÜAbfV 1996) in Verbindung mit der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (ABFALLVERZEICHNISVERORDNUNG – AVV 2001) geregelt. Hier sind unter dem Abfallschlüssel 20 die unter die Siedlungsabfälle (Haushaltsabfälle und ähnliche gewerbliche und industrielle Abfälle sowie Abfälle aus Einrichtungen) fallenden besonders überwachungsbedürftigen Abfälle gelistet.

Der Begriff „Kleinmengen“ ist in der NACHWEISVERORDNUNG (NachwV 2002) in § 2 Abs. 2 geregelt. Kleinmengen sind von der Nachweispflicht der Abfallerzeuger befreit, wenn nicht mehr als 2000 kg/Jahr besonders überwachungsbedürftige Abfälle je Abfallerzeuger anfallen (VKS INFORMATION 46 2004).

Tab. 1: Struktur der Gesetze und Verordnungen für schadstoffhaltige Abfälle

Ebene	Regelwerk	Intention	spezielle Regelungen hinsichtlich schadstoffhaltiger Abfälle
<b>Bund</b>	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)	Grundlagen der Abfallwirtschaft für die Bundesrepublik Deutschland	§ 41 KrW-/AbfG besondere Anforderungen bei besonders überwachungsbedürftigen Abfällen
	Abfallrechtliche Verordnungen	Regelungen für spezielle Abfallstoffe und -gruppen; Umsetzung europäischer Richtlinien	Abfallverzeichnisverordnung (AVV) Batterieverordnung (BattV) Altölverordnung (AltöIV)
<b>Länder</b>	Länderabfallgesetze	Konkretisierung der Ziele und Grundsätze des KrW-/AbfG	Ziel der Schadstoffminimierung, Festlegung der getrennten Sammlung schadstoffhaltiger Abfälle
	Länderspezifische abfallrechtliche Verordnungen	Regelungen für spezielle Abfallstoffe und -gruppen	Sonderabfallverordnung Saarland, Kleinmengen-Verordnung Hessen
<b>ÖRE</b>	Abfallsatzungen der ÖRE	Konkrete Regelungen der Abfallwirtschaft für den Bürger	Art der Sonderabfallsammlung (mobil, stationär), Öffnungszeiten, Termine, Gebühren

Die Abfallgesetze der Länder konkretisieren die Vorgaben des KrW-/AbfG. Hier ist neben der Abfallvermeidung und Abfallverwertung die Schadstoffminimierung, d. h. die „möglichst weitgehende Vermeidung oder Verringerung von Schadstoffen in Abfällen“ wie es beispielsweise im ABFALLGESETZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (LAbfG) formuliert ist, ein wesentliches Ziel. In den Landesabfallgesetzen ist i. d. R. auch die Zuständigkeit des öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgers für die getrennte Entsorgung der in privaten Haushaltungen anfallenden schadstoffhaltigen Abfälle festgelegt (Tab. 2 und Tab. 3).

Die Abfallsatzungen der ÖRE konkretisieren die Vorgaben der Landesabfallgesetze für den Bürger und regeln die separate Erfassung der schadstoffhaltigen Abfälle (vgl. Kapitel 7.3, Tab. 21).

Tab. 2: Abfallgesetze der Länder (1)

Land	Abfallgesetz	Datum, Quelle	Bezugnahme auf / Regelung zu Schadstoffen
<b>Baden-Württemberg</b>	Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen und Behandlung von Altlasten in Baden-Württemberg (Landesabfallgesetz - LAbfG)	21.10.1996 (GVBl. 1996 S. 617; 1997 S. 470; 1998 S. 422; 1999 S. 292)	§ 9 Abs. 2 (Verpflichtung der Erzeuger und Besitzer zur getrennten Haltung und Andienung besonders überwachungsbedürftiger Abfälle)
<b>Bayern</b>	Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und sonstigen Entsorgung von Abfällen in Bayern (Bayerisches Abfallgesetz - BayAbfG)	9.8.1996 (GVBl. 1996 S. 396; 1999 S. 36)	§ 1 Abs. 1 Satz 2 (Schadstoffminimierung) § 3 Abs. 3 (Verpflichtung der ÖRE zur getrennten Einsammlung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen aus Haushalten)
<b>Berlin</b>	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen in Berlin (Kreislauf- und Abfallgesetz Berlin - KrW-/AbfG Bln)	21.7.1999 (GVBl. 1999 S. 413)	§ 1 Abs. 2 Satz 1 (Vermeidung und Verringerung von Schadstoffen in Abfällen) § 3 Abs. 5 (Verpflichtung der Abfallbesitzer zur getrennten Einsammlung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen und Verbringung zu einer mobilen/stationären Sammelstelle)
<b>Brandenburg</b>	Brandenburgisches Abfallgesetz (BbgAbfG)	6.6.1997 (GVBl. 1997 S. 40; 1999 S. 162)	§ 1 Abs. 2 Satz 1 (Vermeidung und Verringerung von Schadstoffen in Abfällen) § 3 Abs. 5 (Verpflichtung der ÖRE zur getrennten Einsammlung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen aus Haushalten)
<b>Bremen</b>	Bremisches Ausführungsgesetz zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (BremAGKrW-/AbfG)	23.11.1998 (Brem. GBl. 1998 S. 289; 2002 S. 389)	§ 3 Abs. 2 (die Entstehung von Abfällen, insbesondere wenn sie schadstoffhaltig sind, soll vermieden werden)
<b>Hamburg</b>	Hamburgisches Abfallwirtschaftsgesetz (HmbAbfG)	1.12.1992 (HambGVBl. 1992 S. 251; 1994 S. 79; 1995 S. 221; 2000 S. 60; 2001 S. 251)	§ 2 Abs. 2 Nr. 2 (Schadstoffminimierung)
<b>Hessen</b>	Hessisches Ausführungsgesetz zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (HAKA)	Mai 1997 (GVBl. 1997 S. 173; 1997 S. 232)	§ 1 Abs. 1 Satz 1 (Schadstoffminimierung) § 3 Abs. 3 (getrennte Haltung und Überlassungspflicht von schadstoffhaltigen Abfällen aus Haushaltungen)
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz für Mecklenburg-Vorpommern (Abfallwirtschaftsgesetz - AbfAIG M-V)	15.1.1997 (GVOBl. M-V 1997 S. 43)	§ 1 Abs. 3 Satz 3 (Verminderung des Schadstoffgehalts in Abfällen) § 3 Abs. 3 (getrennte Sammlung schadstoffhaltiger Abfälle aus privaten Haushaltungen durch den ÖRE)

Tab. 3: Abfallgesetze der Länder (2)

Land	Abfallgesetz	Datum, Quelle	Bezugnahme auf / Regelung zu Schadstoffen
<b>Niedersachsen</b>	Niedersächsisches Abfallgesetz (NAbfG)	14.10.1994 (BGBl. 1994 S. 468; 1996 S. 82; 1996 S. 242; 1997 S. 539; 1999 S. 46)	§ 1 Satz 4 (Verminderung des Schadstoffgehalts in Abfällen) § 7 Abs. 2 Satz 1 (ÖRE haben Einrichtungen zu schaffen, die besonders überwachungsbedürftige Abfälle aus privaten Haushalten entsorgen können)
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	Abfallgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen (Landesabfallgesetz - LAbfG)	21.6.1998 (GV. NW. 1988 S. 250...; 1995 S. 134; 1998 S. 666)	§ 1 Abs. 1 Satz 5 (Verminderung oder Verringerung von Schadstoffen in Abfällen) § 5 Abs. 3 (schadstoffhaltige Abfälle aus Haushaltungen hat der ÖRE getrennt zu entsorgen)
<b>Rheinland-Pfalz</b>	Landesabfallwirtschafts- und Altlastengesetz (LAbfWAG)	2.4.1998 (GVBl. 1998 S. 97)	§ 4 Abs. 3 (Die ÖRE haben für Problemabfälle Annahmestellen einzurichten)
<b>Saarland</b>	Saarländisches Abfallgesetz (SAbfG)	26.11.1997 (Amtsbl. Saarland)	§ 1 Abs. 3 (schadstoffbelastete Abfälle zur Beseitigung aus privaten Haushaltungen sind Problemabfälle im Sinne dieses Gesetzes) § 2 Abs. 3 Nr. 2 (es ist darauf hinzuwirken, dass Schadstoffe in Abfällen soweit wie möglich vermieden oder verringert werden) § 4 Abs. 3 (Pflichten der Allgemeinheit - getrennte Haltung von Problemabfällen und Überlassung an den ÖRE) § 5 Abs. 5 Nr. 2 (ÖRE haben Problemabfälle einzusammeln)
<b>Sachsen</b>	Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz (SächsABG)	15.6.1999 (SächsGVBl. 1999 S. 261)	§ 1 Abs. 1 (Ziel ist, den Schadstoffgehalt in Abfällen so gering wie möglich zu halten) § 3 Abs. 2 (getrennte Haltung schadstoffhaltiger Abfälle)
<b>Sachsen-Anhalt</b>	Abfallgesetz des Landes Sachsen-Anhalt (AbfG LSA)	10.3.1998 (GVBl. 1998 S. 112)	§ 1 Abs. 1 Satz 2 (Schadstoffminimierung) § 10 (getrennte Sammlung schadstoffhaltiger Abfälle durch den ÖRE)
<b>Schleswig-Holstein</b>	Abfallwirtschaftsgesetz für das Land Schleswig-Holstein (Landesabfallwirtschaftsgesetz - LAbfWG)	18.1.1999 (GVBl. 1999 S. 26)	§ 1 Abs. 1 Satz 2 (Schadstoffminimierung) § 4 Abs. 1 Satz 2 (Festschreibung von Maßnahmen zur Schadstoffentfrachtung im Abfallwirtschaftskonzept)
<b>Thüringen</b>	Gesetz über die Vermeidung, Verminderung und Verwertung und Beseitigung von Abfällen und die Sanierung von Altlasten (Thüringer Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz - ThAbfAG)	15.6.1999 (GVBl. S. 385)	§ 1 Abs. 1 Nr. 1 (Schadstoffe in Abfällen sind zu vermeiden und, soweit sie nicht vermeidbar sind, zu vermindern) § 4 Abs. 4 Nr. 1 (ÖRE haben Problemstoffe getrennt einzusammeln und zu befördern)

## 2.2 Untersuchte Sonderabfallmengen im Hausmüll

In Tab. 4 sind die wesentlichen Fraktionen an Sonderabfällen im Hausmüll in acht verschiedene Gruppierungen eingeteilt. Neben den berücksichtigten Sonderabfällen befinden sich noch weitere schadstoffhaltige Produkte, wie z. B. Elektro- und Elektronikgeräte oder kontaminierte Althölzer, im Hausmüll, die in der Untersuchung nicht berücksichtigt wurden.

Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden Medikamente, da es sich bei Medikamenten gemäß ABFALLVERZEICHNISVERORDNUNG (AVV) bei Arzneimitteln (20 01 32) (ausgenommen zytotoxische und zytostatische Arzneimittel (20 01 31)) nicht um besonders überwachungsbedürftige Abfälle im Sinne des § 41 Abs.1 Satz 1 und Abs. 3 Nr. 1 KrW-/AbfG. handelt. Zudem wird der Umgang mit der Entsorgung von Altmedikamenten in den ÖRE sehr unterschiedlich gehandhabt (vgl. Tab. 21). In einigen ÖRE sollen die Medikamente an den Annahmestellen für Sonderabfälle oder an Apotheken abgegeben, in anderen über den Hausmüll entsorgt werden.

Tab. 4: Sortierfraktionen schadstoffhaltiger Abfälle

<b>Sortierfraktionen schadstoffhaltiger Abfälle</b>	
<b>Sortierfraktion</b>	<b>Beispiel</b>
<b>Batterien</b>	Rundzellen, Knopfzellen (Primärbatterien) Rundzellen, Knopfzellen (Sekundärbatterien) Geräteakkumulatoren
<b>Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter</b>	Motoröl, Schmierstoffe, Kraftstoffe, Öl- und Kraftstofffilter
<b>Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe</b>	Sprühlack, Acryllack, Wand- und Fassadenfarbe, Universalverdünnung, 2-Komponentenkleber
<b>Reinigungs- und Pflegemittel</b>	Imprägnierspray, Felgenreiniger
<b>Chemikalien</b>	diverse Chemikalien, z. B. Säuren, Laugen
<b>Pestizide</b>	Insektizide, Herbizide, Fungizide
<b>Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle</b>	Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen, Quecksilberthermometer
<b>Sonstige schadstoffhaltige Abfälle</b>	Starterbatterien, Kondensatoren

Zunächst einmal handelt es sich um schadstoffhaltige Produkte, die in den Haushalten Verwendung finden. Erst wenn diese unbrauchbar sind oder nicht mehr benötigt werden, entstehen daraus schadstoffhaltige Abfälle, die dann bei nicht ordnungsgemäßer Entsorgung u. a. im Restmüll bzw. im Hausmüll landen (Abb. 1).

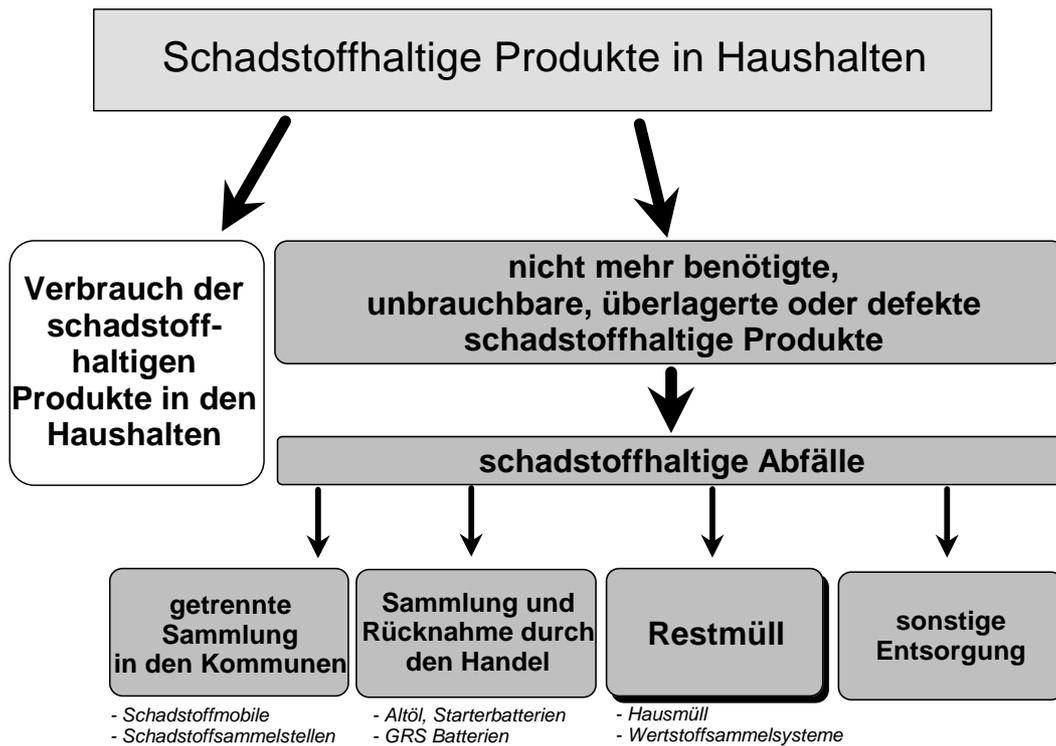


Abb. 1: Wege schadstoffhaltiger Produkte in Haushalten

Der Einsatz schadstoffhaltiger Produkte in den Haushaltungen ist, mit Ausnahme von Batterien, die i. d. R. in den Haushalten in großer Zahl und ständig genutzt werden, sporadisch. Daher fallen schadstoffhaltige Abfälle aus Haushaltungen im Gegensatz zu den meisten übrigen Bestandteilen des Hausmülls in der Regel in kleinen Mengen und unregelmäßig an (vgl. BILITEWSKI ET AL. 1994).

### 3 Methodik der Untersuchungen

Die Durchführung der Hausmüllanalysen erfolgte auf der Grundlage der durch das SÄCHSISCHE LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998)<sup>1</sup> festgelegten „Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen“, welche sich mittlerweile als weit reichender Standard etabliert hat. Hierin sind die Vorbereitung und die Durchführung von Abfallanalysen detailliert dargelegt.

Die Analysen zur Zusammensetzung des Hausmülls erfolgten im Rahmen von zwei groß angelegten Untersuchungskampagnen, die das WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 c) im Auftrag der GRS Batterien und des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (WITZENHAUSEN-INSTITUT 2002, 2003) durchgeführt hat.

Die Zielsetzung der Auftraggeber war die Ermittlung des Anteils an Batterien bzw. des Anteils an Verpackungen sowie Elektro- und Elektronikschrott im Hausmüll. Die Untersuchungsansätze wurden jeweils um den Bereich „Schadstoffe aus Haushaltungen“ ergänzt.

#### 3.1 Ermittlung der Schichtungen

Unter Schichtung versteht man die Bildung von homogenen Teilgesamtheiten (z. B. Hausmüll aus Haushalten der städtischen Region oder Hausmüll aus Ein- bis Zweifamilienhäusern) aus einer heterogenen Grundgesamtheit (z. B. der gesamte Hausmüll eines ÖRE). Durch die Schichtung der Grundgesamtheit können die Auswirkungen verschiedener Einflussgrößen gezielter analysiert werden. Zur Festlegung der Referenzgebiete und der Schichtungen wurden die Einflussgrößen hinsichtlich ihrer Relevanz quantifiziert und in den Stichprobenplan eingearbeitet.

Für die Untersuchungen wurde eine zweifache Schichtung vorgenommen. In der ersten Schichtung wurden die einzelnen ÖRE in Siedlungsstrukturen eingeteilt (3.1.1), in der zweiten Schichtung erfolgte eine Gliederung innerhalb der ÖRE nach Bebauungsstrukturen (3.1.2).

##### 3.1.1 Siedlungsstrukturen

Die Bundesrepublik Deutschland mit ihren 16 Bundesländern und Stadtstaaten ist in 323 Landkreise und 113 kreisfreie Städte gegliedert, die wiederum zu 416 öffentlich-

---

<sup>1</sup> Es gibt mittlerweile in einer Reihe von Bundesländern Richtlinien zur Durchführung von Abfallanalysen, die alle im Prinzip die gleiche Systematik zugrunde legen; u. a. vom LUA BRANDENBURG (1998), LUA NORDRHEIN-WESTFALEN (1998), THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (1993), LAU SACHSEN-ANHALT (1998).

rechtlichen Entsorgungsträgern (ÖRE) zusammengeschlossen sind. Anhand der statistischen Kreiszahlen (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2001) wurden die ÖRE entsprechend ihrer Einwohnerdichte in vier Siedlungsstrukturen eingeteilt. In Abb. 2 sind die Anzahl der ÖRE sowie die Einwohnerzahlen in der jeweiligen Siedlungsstruktur dargestellt.

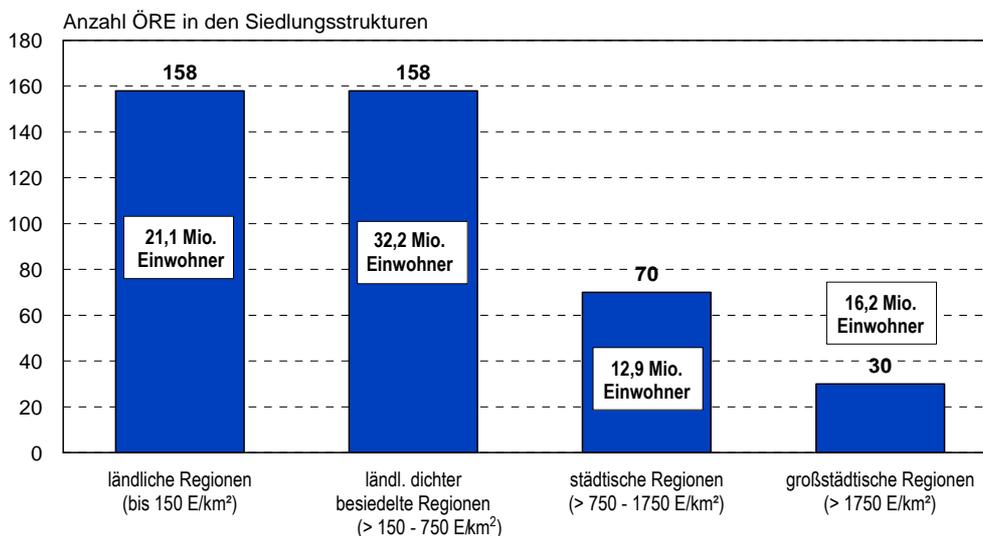


Abb. 2: Anzahl der ÖRE und der Einwohner in den Siedlungsstrukturen auf Bundesebene (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2001 (Stand 2000))

Aus jeder der vier Siedlungsstrukturen (vgl. Abb. 2) wurden mindestens zwei ÖRE aus verschiedenen Bundesländern untersucht.

Insgesamt wurden zwölf öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger aus acht verschiedenen Bundesländern untersucht. Die zwölf ÖRE repräsentieren 4,26 Millionen Einwohner.

In die Untersuchungen wurden die folgenden ÖRE einbezogen:

Tab. 5: Untersuchte Siedlungsstrukturen

Siedlungsstruktur	Untersuchter ÖRE
<b>ländliche Regionen (bis 150 E/km<sup>2</sup>)</b>	Landkreis in Bayern Einwohner (2000): 78.713 Hausmüllaufkommen (2000): 9.599 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Landkreis in Hessen Einwohner (2000): 132.209 Hausmüllaufkommen (2000): 19.431 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Landkreis in Sachsen-Anhalt Einwohner (2000): 70.516 Hausmüllaufkommen (2000): 14.488 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Landkreis in Nordrhein-Westfalen I Einwohner (2000): 189.316 Hausmüllaufkommen (2000): 32.766 (incl. Geschäftsmüll)
<b>ländlich dichter besiedelte Regionen (&gt; 150 - 750 E/km<sup>2</sup>)</b>	Landkreis in Niedersachsen Einwohner (2000): 180.620 Hausmüllaufkommen (2000): 29.260 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Landkreis in Nordrhein-Westfalen II Einwohner (2000): 295.480 Hausmüllaufkommen (2000): 67.978 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Landkreis in Nordrhein-Westfalen III Einwohner (2000): 443.865 Hausmüllaufkommen (2000): 120.700 (incl. Geschäftsmüll)
<b>städtische Regionen (&gt; 750 - 1750 E/km<sup>2</sup>)</b>	Stadt in Baden-Württemberg Einwohner (2000): 411.583 Hausmüllaufkommen (2000): 58.000 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Stadt in Thüringen Einwohner (2000): 204.323 Hausmüllaufkommen (2000): 56.787 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Stadt in Nordrhein-Westfalen I Einwohner (2000): 244.386 Hausmüllaufkommen (2000): 39.301 (incl. Geschäftsmüll)
<b>großstädtische Regionen (&gt; 1750 E/km<sup>2</sup>)</b>	Stadtstaat Einwohner (2000): 1.701.810 Hausmüllaufkommen (2000): 810.944 Mg (incl. Geschäftsmüll)
	Stadt in Nordrhein-Westfalen II Einwohner (2000): 391.147 Hausmüllaufkommen (2000): 86.333 (incl. Geschäftsmüll)

### 3.1.2 Bebauungsstrukturen

Innerhalb der untersuchten ÖRE wurde eine weitere Schichtung entsprechend der vorhandenen Bebauungsstrukturen vorgenommen<sup>2</sup>. In jeder der ausgewählten Bebauungsstrukturen wurden sechs Stichprobeneinheiten von etwa 1 m<sup>3</sup> Hausmüll untersucht. Die fünf Bebauungsstrukturen gliedern sich wie folgt:

Tab. 6: Charakterisierung der Bebauungsstrukturen

Bebauungsstruktur	Definition
1 ländlich, dörflich	Einzelhöfe- und Häuser, Streusiedlungen, kleine Ortschaften; überwiegend Einfamilienhäuser; geringe Infrastruktur; Haushalte mit eigenen Müllbehältern (≤ 240 Liter MGB)
2 ländlich, kleinstädtisch	größere Ortschaften, kleine Städte; überwiegend Ein- und Zweifamilienhäuser; Grundbedürfnisse und täglichen Bedarf deckende Infrastruktur; Haushalte mit eigenen Müllbehältern (≤ 240 Liter MGB)
3 städtisch, Einzelhäuser	Gebiete mit Ein- u. Zweifamilien-, Doppel- und Reihenhäusern; gute Anbindung an die städtische Infrastruktur; zumeist in den Randbereichen des Stadtgebietes gelegen; Haushalte mit eigenen Müllbehältern (≤ 240 Liter MGB)
4 städtisch, Kernstadt	Gebiete mit Zeilen- und Blockbebauung; Infrastruktureinrichtungen direkt vor der Haustür; zumeist im und um das Stadtzentrum gelegen; Haushalte mit eigenen und gemeinschaftliche Nutzung von Müllbehältern (≤ 240 Liter MGB)
5 städtisch, Geschossbebauung	Mehrfamilienhäuser, Wohnblocks, Hochhäuser; zumeist gute Anbindung an die städtische Infrastruktur; benachbart zum Zentrum oder am Rand der Stadt gelegen; gemeinschaftliche Nutzung von großen Müllbehältern (660 / 770 / 1.100 Liter MGB)

<sup>2</sup> Nicht jede der aufgeführten Bebauungsstrukturen war in jedem ÖRE vorhanden. So fanden sich z. B. in den großstädtischen Siedlungsstrukturen keine relevanten ländlichen Bebauungsstrukturen. In diesem Fall wurden dann hier vorhandene dominante Bebauungsstrukturen mehrfach beprobt. In jedem Fall wurden in den ÖRE fünf Bebauungsstruktur-Gebiete untersucht.

### 3.2 Festlegung der Stichprobeneinheiten

Die Größe einer Stichprobeneinheit entspricht gemäß den Vorgaben der Sortierrichtlinien dem vorgefundenen Inhalt eines bereitgestellten 1,1 m<sup>3</sup> Restmüllbehälters bzw. dem Inhalt mehrerer kleinerer Behälter, die in der Summe etwa den Inhalt eines 1,1 m<sup>3</sup> Behälters ergäben:

<b>Anzahl Gefäße</b>	<b>x</b>	<b>Volumen</b>
1	x	1,1 m <sup>3</sup> MGB oder
4	x	240 MGB oder
8	x	120 MGB oder
12	x	80 MGB oder

**Kombinationen wie z. B. 2 x 240 MGB + 3 x 120 MGB + 2 x 80 MGB**

Aufgrund der wirtschaftlichen Randbedingungen könnten maximal 12 öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger aus dem gesamten Bundesgebiet in der Untersuchung berücksichtigt werden.

Insgesamt lagen der Untersuchung somit folgender Stichprobenumfang zugrunde:

- **12 untersuchten ÖRE**
- **5 Bebauungsstrukturen je untersuchtem ÖRE**
- **6 Stichprobeneinheiten je Bebauungsstruktur**
- **d. h. 30 Stichprobeneinheiten je ÖRE**
- **360 Stichprobeneinheiten je Sortierkampagne**
- **in der Summe bei 2 Sortierkampagnen 720 Stichprobeneinheiten<sup>3</sup>**

Die 12 öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger repräsentierten zusammen 4,34 Mio. Einwohner (5,3% der deutschen Bevölkerung).

---

<sup>3</sup> Real wurden jedoch **723 Stichprobeneinheiten** untersucht (siehe Probennahmeplan Tab. 7). Bei einem ÖRE konnten in einer Bebauungsstruktur in der 1. Kampagne aufgrund von Abstimmungsproblemen mit dem lokalen Entsorger nur 5 statt der geplanten 6 Stichprobeneinheiten genommen werden (-1). Bei einem anderen ÖRE wurde auf Wunsch des Abfallwirtschaftsamtes in einer Bebauungsstruktur in beiden Kampagnen 8 statt 6 Stichprobeneinheiten genommen (+4). Somit wurden in der Summe 3 Stichprobeneinheiten mehr als geplant genommen.

### 3.3 Gliederung der Stichprobennahme

In Abb. 3 ist die Gliederung der Stichprobennahme in einem Organigramm dargestellt.

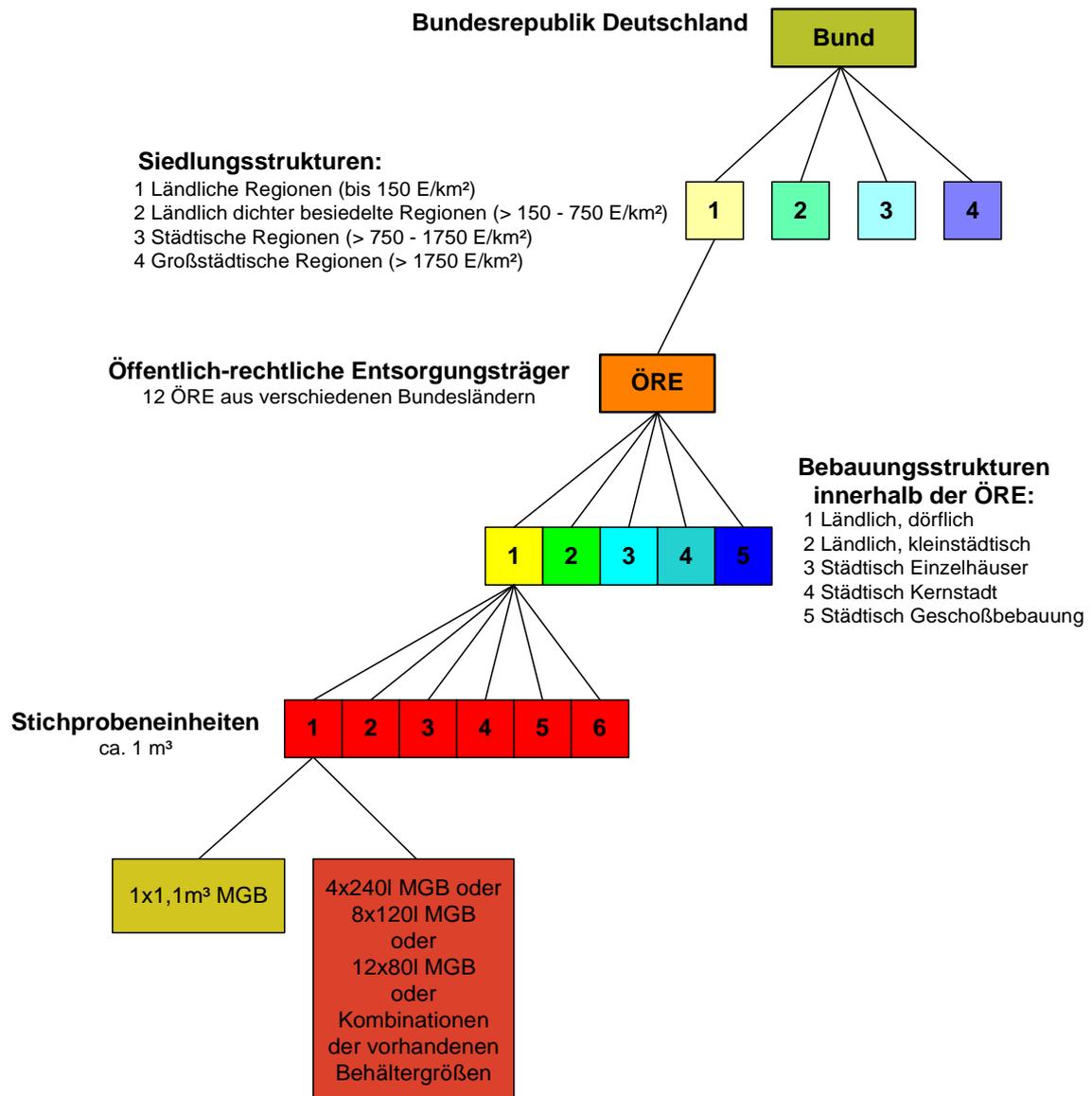


Abb. 3: Gliederung der Stichprobennahme (Beispiel ländliche Region)

In Tab. 7 ist der zugrunde gelegte Probennahmeplan für die bundesweiten Untersuchungen dargestellt:

Tab. 7: Probennahmeplan

Siedlungsstruktur	ÖRE	Sortierkampagne	Bebauungsstruktur					Summe Stichprobeneinheiten	
			1 ländlich, dörflich	2 ländlich, kleinstädtisch	3 städtisch, Einzelhäuser	4 städtisch, Kernstadt	5 städtisch, Geschossbebauung		
1 ländliche Regionen	Landkreis Bayern	1	12		6	8	6	32	
		2	12		6	8	6	32	
	Landkreis Hessen	1	12	6		6	6	30	
		2	12	6		6	6	30	
	Landkreis Sachsen-Anhalt	1	12	6		6	6	30	
		2	12	6		6	6	30	
	Landkreis Nordrhein-Westfalen I	1	12	18				30	
		2	12	18				30	
	2 ländlich dichter besiedelte Regionen	Landkreis Niedersachsen	1	12	6		6	6	30
			2	12	6		6	6	30
Landkreis Nordrhein-Westfalen II		1	12	6		6	6	30	
		2	12	6		6	6	30	
Landkreis Nordrhein-Westfalen III		1	6	6	6	6	6	30	
		2	6	6	6	6	6	30	
3 städtische Regionen	Stadt Thüringen	1	6		6	6	12	30	
		2	6		6	6	12	30	
	Stadt Baden-Württemberg	1			11		18	29	
		2			12		18	30	
	Stadt Nordrhein-Westfalen I	1		6	6	12	6	30	
		2		6	6	12	6	30	
4 großstädtische Regionen	Stadtstaat	1			6	6	18	30	
		2			6	6	18	30	
	Stadt Nordrhein-Westfalen II	1			6	12	12	30	
		2			6	12	12	30	
<b>Summe</b>			168	108	95	148	204	<b>723</b>	

### 3.4 Durchführung der Probennahme

Die Sammlung der Stichproben aus Müllgroßbehältern (MGB)  $\leq 240$  Liter erfolgte im Umleerverfahren. Die einer Stichprobeneinheit entsprechende Anzahl ausgewählter Behälter wurde in Bigbags à 1 m<sup>3</sup> umgeleert, die sich auf einem Sammelfahrzeug befanden. Die Sammlung der Stichproben aus 1.100 m<sup>3</sup> MGB erfolgte im Austauschverfahren durch Mitarbeiter des jeweiligen Entsorgungsunternehmens. Die Stichproben wurden nach der Einsammlung direkt zum Sortierort gebracht und dort untersucht.

Während der Probennahme wurden der Stellplatz mit Straße und Hausnummer, die Behältergröße und der Füllgrad der beprobten Behälter in einem Sammelprotokoll vermerkt. Damit den Stichproben jeweils die korrekte Einwohnerzahl zugeordnet werden konnte, wurde darauf geachtet, zusammengehörige Restabfallbehälter innerhalb einer Stichprobeneinheit zusammenzufassen. Dies war immer dann der Fall, wenn zu einem Wohnhaus mehrere Restabfallbehälter gehörten.

### 3.5 Methodik der Sortierung

Die Sortierung der Hausmüllstichproben erfolgte in der Regel in einer Halle, die von den jeweiligen Entsorgungsträgern für die Sortierungen zur Verfügung gestellt wurde.

Auf der Grundlage der **zweistufigen Sortieranalyse** wurden die eingesammelten Abfälle in **drei Stoffströme unterteilt** (Abb. 4):

- Grobmüll (Fraktion  $> 40$  mm) (Stoffstrom 1)
- Mittelmüll (Fraktion  $> 10$  bis  $\leq 40$  mm) (Stoffstrom 2)
- Feinmüll (Fraktion  $\leq 10$  mm) (Stoffstrom 3)

Wesentlicher Bestandteil der Sortierstrecke für die Fraktionierung der Hausmüllstichproben in die verschiedenen Korngrößen war eine spezielle, TÜV-abgenommene Trommelsiebmaschine (Foto 1). Hiermit erfolgte die Trennung der Abfälle  $> 40$  mm und  $\leq 40$  mm. Die Fraktionierung der kleineren Korngrößen wurde mittels Flachsieben mit 10 mm-Rundlochung vorgenommen.

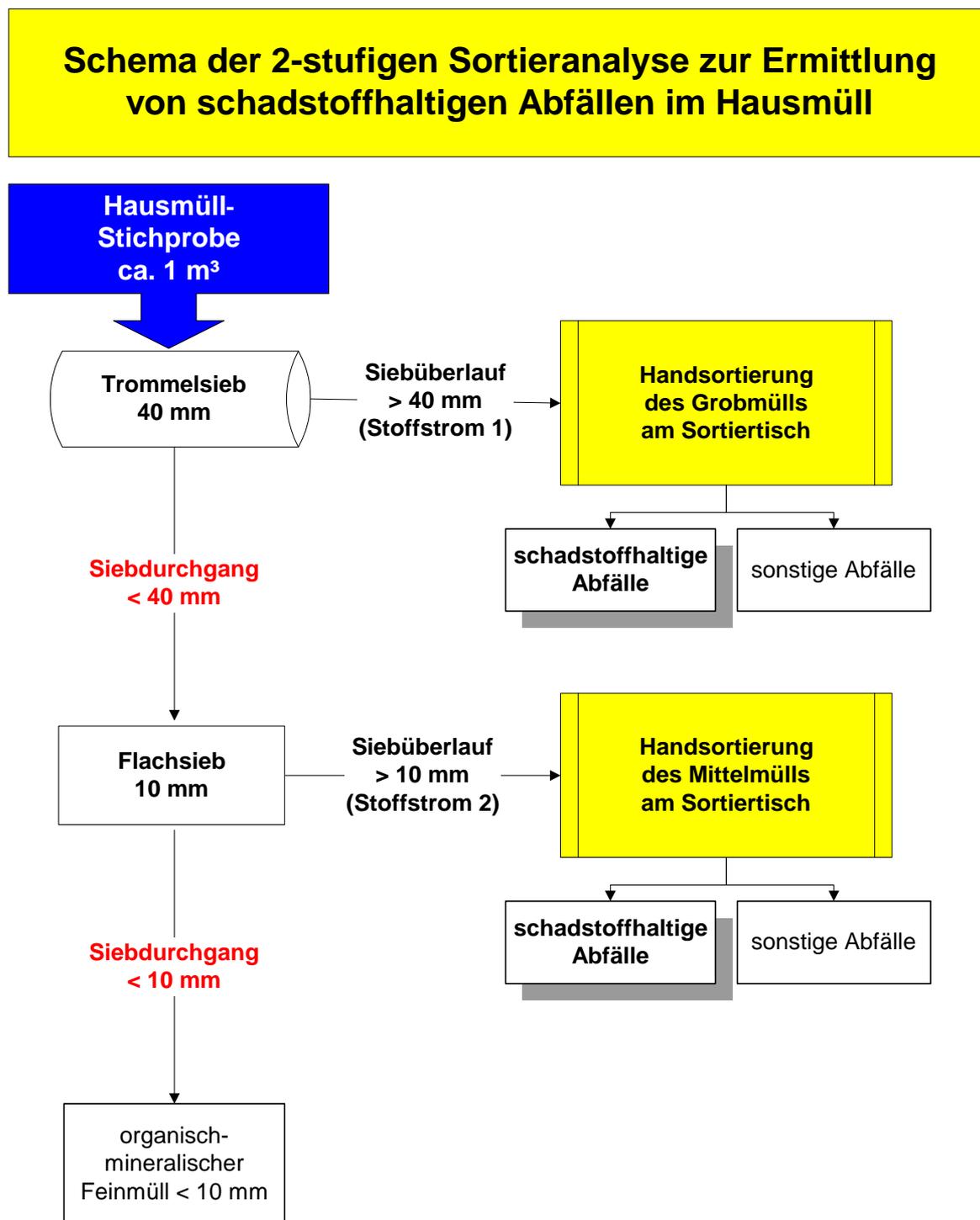


Abb. 4: Schema der 2-stufigen Sortieranalyse zur Ermittlung von schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll



Foto 1: Hausmüllanalyse mit der Trommelsiebmaschine

Die Abfälle jeder Einzelstichprobe wurden in den Aufgabetrichter der Trommelsiebmaschine gegeben. Vor der Aufgabe in den Trichter wurden alle Behältnisse (z. B. Plastiktüten), in denen sich Abfall befand, sorgfältig ausgeleert. Hier wurden bereits schadstoffhaltige Abfälle, z. B. Gerätebatterien, gefunden. Große schadstoffhaltige Abfälle, insbesondere Lacke und Farben sowie Leuchtstoffröhren, wurden hier bereits aussortiert, um einem Auslaufen bzw. einer Zerstörung in der Siebmaschine vorzubeugen (Foto 3).

Nach Absiebung der Mittelmüllbestandteile  $\leq 40$  mm gelangte der Grobmüll auf den Sortiertisch, wo er in die einzelnen Fraktionen sortiert wurde. Zudem wurden elektrische und elektronische Kleingeräte im Hausmüll (Foto 2), wie z. B. Taschenlampen, Spielzeug und Armbanduhren etc., auf das Vorhandensein von Altbatterien überprüft.

Die Mittelmüllbestandteile  $\leq 40$  mm wurden auf ein Tischesieb mit 10 mm-Rundlochung gegeben und die darin enthaltenen schadstoffhaltigen Abfälle wurden ebenfalls aussortiert.

Abschließend wurde der Feinmüll  $\leq 10$  mm optisch auf sehr kleine schadstoffhaltige Abfälle, wie z. B. Knopfzellen, überprüft.

Nach der Analyse einer jeden Einzelstichprobe wurden die einzelnen aussortierten Fraktionen gewogen und die Ergebnisse für die spätere Auswertung in Formblätter festgehalten.

Die Methodik der statistischen Auswertung der Erhebung von schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll ist ausführlich in Kapitel 4 dargestellt.



Foto 2: Rundzellen in elektrischem Kleingerät



Foto 3: Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll einer Bebauungsstruktur

## 4 Methodik der statistischen Auswertung der Erhebung von schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll

Die im Folgenden beschriebene Methodik der statistischen Auswertung wurde in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. Hans-Peter Piepho, Fachgebiet Bioinformatik der Universität Hohenheim erarbeitet.

### 4.1 Datengrundlage Stichprobenverfahren

#### 4.1.1 Bundesebene

- In der Bundesrepublik Deutschland gibt es 416 öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger (ÖRE). Ein ÖRE umfasst in der Regel einen Kreis/eine Stadt (Verwaltungseinheit), kann aber auch mehrere Kreise/Städte umfassen (Abfallzweckverbände). Die Einwohner, die in den 416 ÖRE leben, sind die Grundgesamtheit der vorliegenden Erhebung. Im Weiteren ist der Einfachheit halber von ÖRE die Rede, wenn die dazugehörige Bevölkerung gemeint ist.
- Bei der Stichprobennahme erfolgte eine Gliederung (Stratifizierung) der ÖRE nach der Siedlungsstruktur.
- Es ergaben sich vier Schichten (siehe unten). Je Schicht ist die Zahl der ÖRE bekannt. Es wurden je Schicht mindestens zwei ÖRE in die Untersuchungen einbezogen. Insgesamt wurden zwölf ÖRE aus verschiedenen Bundesländern ausgewählt.
- Die Siedlungsstrukturen wurden mit  $h = 1, \dots, H$  bezeichnet.

h-Stufen	Siedlungsstrukturen auf Bundesebene
1	ländliche Regionen (bis 150 E/km <sup>2</sup> )
2	ländlich dichter besiedelte Regionen (> 150 - 750 E/km <sup>2</sup> )
3	städtische Regionen (> 750 - 1750 E/km <sup>2</sup> )
4	großstädtische Regionen (> 1750 E/km <sup>2</sup> )

### 4.1.2 ÖRE-Ebene

- Gliederung nach Bebauungsstruktur (5 Klassen = Schichten). Die Klassen wurden mit  $s = 1, \dots, 5$  bezeichnet. Die Definition der Schichten war bundesweit einheitlich.

s-Stufen	Bebauungsstrukturen auf ÖRE-Ebene
1	ländlich dörflich
2	ländlich kleinstädtisch
3	städtisch Einzelhäuser
4	städtisch Kernstadt
5	städtisch Geschoßbebauung

- Je Schicht wurde ein Ort oder Stadtgebiet ausgewählt, in welchem zum gegebenen Tag Müllabfuhr war. Je Ort/Gebiet wurden mehrere Proben à  $1 \text{ m}^3$  erfasst. Im einfachsten Fall war die Zahl der Proben in einer Schicht in einem ÖRE gleich  $n = 6$ , aber es kann aufgrund des Stichprobenverfahrens auch vorkommen, dass  $n = 12$  oder  $n = 18$  war.
- Die Verteilung (Allokation) der Stichproben auf die Schichten erfolgte etwa proportional zur Größe der Schicht, gemessen in der Zahl der Einwohner, und zwar in Einheiten von  $n = 6$ . Wenn eine Schicht als zu klein bzw. als irrelevant für einen ÖRE erachtet wurde, wurde diese Schicht nicht beprobt.
- Die Stichprobeneinheit umfasst  $1 \text{ m}^3$  bereitgestelltes Volumen. Die Müllmenge je Stichprobeneinheit variiert in Abhängigkeit von der Füllung der Müllbehälter. Es wurde der Müll so vieler Mülltonnen zusammengefasst, bis sich ein bereitgestelltes Volumen von ca.  $1 \text{ m}^3$  ergab. Hierzu wurden in der Regel benachbarte Tonnen in einem Straßenzug zusammengefasst.
- Für jede Stichprobe von  $1 \text{ m}^3$  war bekannt, wie viele Tage/Wochen für die betreffenden Mülltonnen seit der letzten Leerung vergangen waren, so dass auf die Menge pro Jahr hochgerechnet werden konnte. Je  $1 \text{ m}^3$  wurde die Menge an schadstoffhaltigen Abfällen ermittelt (diese wurde mit  $g$  bezeichnet). Weiterhin wurde die Gesamtmüllmenge in  $1 \text{ m}^3$  ermittelt ( $f$ ). Hieraus lässt sich der Anteil von schadstoffhaltigen Abfällen im Gesamtmüll ( $r = g/f$ ) ermitteln.
- Je Tonne, die zur Probe von  $1 \text{ m}^3$  beitrug, wurde die Zahl der daran angeschlossenen Personen ermittelt. Außerdem wurde ermittelt, wie viele Mülltonnen/welches Tonnenvolumen insgesamt diese Gruppe von Personen zur Verfügung hatte, so dass in jeder Probe die Menge von schadstoffhaltigen Abfällen je Einwohner und Jahr ermittelt werden konnte (diese wurde mit  $x$  bezeichnet). Außerdem konnte in jeder Probe die Gesamtmüllmenge je Einwohner und Jahr bestimmt werden (diese wurde mit  $y$  bezeichnet).

- In manchen Fällen konnte die Zeit, die eine Tonne vor der Leerung gestanden hat, nur anhand von Durchschnittszahlen bestimmt werden. Dies ist beim so genannten Identsystem der Fall, bei dem jeder Nutzer selbst bestimmen kann, nach welcher Zeit die Tonnen geleert werden. Aber auch in diesen Fällen war eine Ermittlung der schadstoffhaltigen Abfälle je Einwohner und Jahr ( $x$ ) sowie der Gesamtmüllmenge je Einwohner und Jahr ( $y$ ) möglich.
- Für jeden ÖRE liegen Daten bzw. Schätzungen vor, welcher Anteil der Einwohner in welche der fünf Schichten ( $s$ ) fällt. Dieser Anteil wurde mit  $p$  bezeichnet, wobei die Summe der Anteile für einen ÖRE gleich 1 ist.
- Für jeden ÖRE gibt es Zahlen über die Gesamtmüllmenge je Jahr und die Einwohnerzahl (bezeichnet mit  $M$  und  $N$ ).

## 4.2 Variablen und Indizes

Für die Auswertung wurden Formeln benötigt, in welchen die zweifache Gliederung (auf Ebene des Bundes und der ÖRE) sowie die Mehrstufigkeit der Stichprobe (primäre Stichprobeneinheit = 1 m<sup>3</sup> Müll; sekundäre Stichprobeneinheit = ländlich, dörflich etc.) berücksichtigt werden. Die im Folgenden verwendeten Indizes sind in Tab. 8 aufgeführt. Die für die Erhebung relevanten Variablen und Parameter stehen in Tab. 9.

Tab. 8: Indizes für die verschiedenen Stichprobeneinheiten

Stichprobeneinheit	Index	Bereich
Siedlungsstrukturen (Schichten) auf Bundesebene	$h$	$h = 1, \dots, H (= 4)$
ÖRE innerhalb der $h$ -ten Schicht auf Bundesebene	$k$	$k = 1, \dots, K_h$
Bebauungsstrukturen (Schichten) auf Ebene des ÖRE	$s$	$s = 1, \dots, S (= 5)$
Proben à 1 m <sup>3</sup> in $s$ -ter Schicht im $hk$ -ten ÖRE	$i$	$i = 1, \dots, n_{hks}$

Tab. 9: Beschreibung der Variablen und Parameter, die für die nachfolgenden Schätzformeln verwendet werden

Variable/Parameter	Symbol
Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr im Bundesdurchschnitt	$X$
<b><u>h-Stufen</u></b> (Siedlungsstrukturen auf Bundesebene):	
Gesamtzahl der ÖRE in Schicht der $h$ -ten Siedlungsstruktur	$L_h$
Zahl der untersuchten ÖRE in Schicht der $h$ -ten Siedlungsstruktur	$K_h$
Müllmenge in $h$ -ter Schicht bundesweit (Summe über ÖRE)	$M_h$
Einwohnerzahl in $h$ -ter Schicht bundesweit (Summe über ÖRE)	$N_h$
Gewichtsanteil (dezimal zwischen 0 und 1) von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll in $h$ -ter Schicht	$R_h$
Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr in $h$ -ter Schicht	$X_h$
<b><u>hk-Stufen</u></b> (ÖRE):	
Müllmenge in $hk$ -tem ÖRE	$M_{hk}$
Einwohnerzahl in $hk$ -tem ÖRE	$N_{hk}$
Gewichtsanteil (dezimal zwischen 0 und 1) von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll in $hk$ -tem ÖRE	$R_{hk}$
Menge schadstoffhaltige Abfälle je Einwohner und Jahr für den $hk$ -ten ÖRE	$X_{hk}$
<b><u>hs-Stufen</u></b> :	
Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht auf ÖRE-Ebene	$X_{hs}$
Einwohnerzahl für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht auf ÖRE-Ebene	$N_{hs}$
Müllmenge pro Jahr für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht auf ÖRE-Ebene	$M_{hs}$
Anteil (dezimal 0-1) von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht auf ÖRE-Ebene	$R_{hs}$
<b><u>hks-Stufen</u></b> :	
Anteil (dezimal zwischen 0 und 1) der Einwohner in $s$ -ter Bebauungsstruktur für die $hk$ -te ÖRE <sup>4</sup>	$p_{hks}$

<sup>4</sup> Dieser Anteil wurde aufgrund von Befragungen bei den Trägern der ÖRE ermittelt. Wenn die betreffende Schicht nicht bebaut wurde, weil sie für irrelevant gehalten wurde, wurde  $p_{hks} = 0$  gesetzt. In jedem Fall galt, dass  $\sum_{s=1}^S p_{hks} = 1$  ist.

Anzahl Stichproben in $s$ -ter Schicht im $hk$ -ten ÖRE	$n_{hks}$
Anteil (dezimal 0-1) von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht in $hk$ -tem ÖRE	$R_{hks}$
Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr in $s$ -ter Schicht für den $hk$ -ten ÖRE	$X_{hks}$
Müllmenge pro Jahr und Einwohner für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht in $hk$ -tem ÖRE	$Y_{hks}$
Müllmenge pro Jahr für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht in $hk$ -tem ÖRE	$M_{hks}$
Zahl der Einwohner für $h$ -te Schicht auf Bundesebene und $s$ -te Schicht in $hk$ -tem ÖRE	$N_{hks}$

**hksi-Stufen (Stichprobeneinheiten):**

Anteil von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll in $hksi$ -ter Probe	$r_{hksi}$
Geschätzte Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr für $hksi$ -te Probe	$x_{hksi}$
Geschätzte Müllmenge je Einwohner und Jahr für $hksi$ -te Probe	$y_{hksi}$

Die Struktur der für die nachfolgenden Auswertungsschritte erforderlichen Daten ist in Tab. 10 und Tab. 11 wiedergegeben.

Tab. 10: Erforderliche Struktur für Erhebungsdaten zur nachfolgenden Auswertung

Schicht (Bund)	ÖRE innerh. Schicht (Bund)	Schicht (ÖRE)	Müllprobe à 1 m <sup>3</sup>	Geschätzte Mengen je Einw. u. Jahr		
				Schad- stoffe	Müll	Anteil Schadstof- fe
$h$	$k$	$s$	$i$	$x_{hksi}$	$y_{hksi}$	$r_{hksi}$
1	1	1	1	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
4	2	5	6	.	.	.

Tab. 11: Erforderliche Zusatzinformation zur nachfolgenden Auswertung

Schicht (Bund)	ÖRE innerh. Schicht (Bund)	Information für alle ÖRE innerhalb Schicht (Bundesebene)	
		Müllmenge	Einwohnerzahl
$h$	$k$	$M_{hk}$	$N_{hk}$
1	1	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
4	2	.	.

### 4.3 Hochrechnung

Die im Folgenden genutzten Formeln bauen sukzessive aufeinander auf, so dass es im Einzelfall nötig ist, auf vorangegangene Formeln Bezug zu nehmen. An den relevanten Stellen sind dann entsprechende Rückverweise in Klammern hinzugefügt.

#### 4.3.1 Hochrechnung von Schichten auf ÖRE-Ebene basierend auf Einwohnerzahl

Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr in  $s$ -ter Bebauungsstruktur für den  $hk$ -ten ÖRE:

$$\hat{X}_{hks} = \bar{x}_{hks} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{hks}} x_{hksi}}{n_{hks}} \quad [1]$$

Wurde die betreffende Schicht nicht beprobt, weil sie für irrelevant gehalten wurde, war  $X_{hks} = 0$ .

Menge schadstoffhaltige Abfälle je Einwohner und Jahr für  $hk$ -te ÖRE:

$$\hat{X}_{hk} = \sum_{s=1}^S p_{hks} \hat{X}_{hks} \quad [2]$$

(siehe [1]).

### 4.3.2 Hochrechnung von Schichten auf ÖRE-Ebene basierend auf der Müllmenge

Müllmenge pro Jahr und Einwohner für  $h$ -te Schicht auf Bundesebene und  $s$ -te Schicht in  $hk$ -tem ÖRE:

$$\hat{Y}_{hks} = \bar{y}_{hks} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{hks}} y_{hksi}}{n_{hks}} \quad [3]$$

Zahl der Einwohner für  $h$ -te Schicht auf Bundesebene und  $s$ -te Schicht in  $hk$ -tem ÖRE:

$$\hat{N}_{hks} = p_{hks} N_{hk} \quad [4]$$

Müllmenge pro Jahr für  $h$ -te Schicht auf Bundesebene und  $s$ -te Schicht in  $hk$ -tem ÖRE:

$$\hat{M}_{hks} = \hat{N}_{hks} \hat{Y}_{hks} \quad [5]$$

(siehe [4]).

Anteil (dezimal zwischen 0 und 1) von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll in  $h$ -ter Schicht auf Bundesebene und  $s$ -ter Schicht in  $hk$ -tem ÖRE:

$$\hat{R}_{hks} = \bar{r}_{hks} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{hks}} r_{hksi}}{n_{hks}} \quad [6]$$

Anteil (dezimal zwischen 0 und 1) von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll in  $hk$ -tem ÖRE:

$$\hat{R}_{hk} = \frac{\sum_{s=1}^S \hat{M}_{hks} \hat{R}_{hks}}{\sum_{s=1}^S \hat{M}_{hks}} \quad [7]$$

(siehe [5] und [6]).

### 4.3.3 Hochrechnung von ÖRE-Ebene auf Schichtebene (Bund)

Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr in  $h$ -ter Schicht:

$$\hat{X}_h = \frac{\sum_{k=1}^{K_h} \hat{X}_{hk}}{K_h} \quad [8]$$

(siehe [2]).

Schätzung der Varianz von  $\hat{X}_h$ :

$$s^2(\hat{X}_h) = \frac{\sum_{k=1}^{K_h} (\hat{X}_{hk} - \hat{X}_h)^2}{K_h(K_h - 1)} \quad [9]$$

(siehe [2] und [8]).

Anteil (dezimal zwischen 0 und 1) von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll in  $h$ -ter Schicht:

$$\hat{R}_h = \frac{\sum_{k=1}^{K_h} \hat{R}_{hk}}{K_h} \quad [10]$$

(siehe [7]).

Die Varianzschätzungen in [9] stellen nur eine Approximation dar, weil es wegen der Art der Stichprobennahme auf ÖRE-Ebene nicht möglich war, Stichprobenfehler innerhalb der ÖRE von Stichprobenfehlern zwischen den ÖRE zu trennen. Die hier verwendeten Varianzformeln subsumieren beide Streuungsursachen. Aus diesem Grunde konnte hier auch die sonst bei der Auswertung von Erhebungen übliche so genannte Endlichkeitskorrektur (YATES, 1981) nicht verwendet werden.

#### 4.3.4 Hochrechnung von Schicht auf Bundesebene basierend auf der Einwohnerzahl

Basis der Hochrechnung auf Bundesebene war die Einwohnerzahl je Schicht und ÖRE ( $N_{hks}$ ).

Für die Varianzformeln in diesem Abschnitt gilt dieselbe Bemerkung wie die am Ende des vorangegangenen Abschnitts.

$N_h X_h$  = Menge schadstoffhaltiger Abfälle (absolut) pro Jahr in  $h$ -ter Schicht

Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr auf Bundesebene:

$$\hat{X}_E = \frac{\sum_{h=1}^H N_h \hat{X}_h}{\sum_{h=1}^H N_h} \quad [11]$$

(siehe [8]).

Gepoolte Varianz von  $\hat{X}_{hk}$  (implizite Annahme der Varianzhomogenität; wurde gemacht, da zu wenige Freiheitsgrade zur verlässlichen Schätzung einer Varianz je Schicht vorliegen):

$$s_X^2 = \frac{\sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^{K_h} (\hat{X}_{hk} - \hat{X}_h)^2}{\sum_{h=1}^H (K_h - 1)} \quad [12]$$

(siehe [2] und [8]).

Schätzung der Varianz von  $\hat{X}_E$ :

$$\text{var}(\hat{X}_E) = \frac{s_X^2 \sum_{h=1}^H \frac{N_h^2}{K_h}}{\left( \sum_{h=1}^H N_h \right)^2} \quad [13]$$

(siehe [12]).

Standardfehler der Schätzung:

$$s.e.(\hat{X}_E) = \sqrt{\text{var}(\hat{X}_E)}$$

100(1- $\alpha$ )-Vertrauensintervall:

Untere Grenze:  $\hat{X}_E - t_\alpha \times s.e.(\hat{X}_E)$

Obere Grenze:  $\hat{X}_E + t_\alpha \times s.e.(\hat{X}_E)$

$t_\alpha$  = zweiseitiger kritischer Wert der  $t$ -Verteilung mit  $FG = \sum_{h=1}^{K_h} (K_h - 1)$  Freiheitsgraden.

(Beispiel:  $\alpha = 5\%$ ,  $FG = 4 \rightarrow t_\alpha = 2,776$ .)

### 4.3.5 Hochrechnung für jede Bebauungsstruktur (ÖRE-Ebene)

Menge schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr für  $h$ -te Schicht auf Bundesebene und  $s$ -te Schicht auf ÖRE Ebene:

$$\hat{X}_{hs} = \frac{\sum_{k=1}^{K_h} \hat{X}_{hks}}{K_h} \quad [14]$$

(siehe 4.1.1).

Anteil von schadstoffhaltigen Abfällen am Gesamtmüll für  $h$ -te Schicht auf Bundesebene und  $s$ -te Schicht auf ÖRE-Ebene:

$$\hat{R}_{hs} = \frac{\sum_{k=1}^{K_h} \hat{R}_{hks}}{K_h} \quad [15]$$

(siehe 4.1.2).

### 4.3.6 Verrechnung von zwei Erhebungsterminen

Die ÖRE-spezifischen Werte  $\hat{X}_{hks}$ ,  $\hat{Y}_{hks}$  und  $\hat{R}_{hks}$  wurden über die beiden Termine gemittelt. Danach wurde wie bei der Auswertung eines einzelnen Termins verfahren.

## 5 Ergebnisse der Untersuchungen

Die im Kapitel 4 beschriebenen statistischen Auswertungsmodule bilden die Grundlage für die Berechnung der im Folgenden dargestellten Ergebnisse.

Die Untersuchungen zur Ermittlung von schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll fanden über einen Zeitraum von zwei Jahren statt (2000 bis 2002). Insgesamt wurden 723 Stichprobeneinheiten untersucht. Durchschnittlich wurde mit einer Stichprobeneinheit das Hausmüllaufkommen von etwa 25 bis 35 Personen erfasst.

### 5.1 Verteilung der schadstoffhaltigen Abfälle in den Hausmüllfraktionen

Wie in Kapitel 3.5 dargestellt, wurde der Hausmüll bei den Untersuchungen durch Siebung in drei Korngrößen zerlegt. In diesen drei Fraktionen fanden sich unterschiedliche Mengen und Arten von schadstoffhaltigen Abfällen.

In der **Grobmüllfraktion (> 40 mm)** fanden sich etwa 90 % der im Hausmüll ermittelten schadstoffhaltigen Abfälle. Bei der ersten Sichtung der Stichprobeneinheiten und der Entleerung der Müllbeutel wurde bereits eine Reihe von schadstoffhaltigen Abfällen gefunden. Dabei handelte es sich vor allem um Behältnisse mit Lacken und Farben (Eimer, Dosen, Sprühdosen), Ölkannister mit Altöl und Ölresten sowie Leuchtstoffröhren. Zudem wurden die im Hausmüll enthaltenen Elektrogeräte (Zahnbürsten, Rasierer, Bohrschrauber, Radios, Fernbedienungen, Mobiltelefone etc.) und batteriebetriebene Geräte (Kinderspielzeuge, Armbanduhren, Taschenrechner, Wecker, Fahrradtachometer, Vibratoren, Taschenlampen etc.) auf Batterien und Akkus untersucht.

Der nach der Absiebung des Mittel- und Feinmülls auf den Sortiertisch gelangte Grobmüll enthielt an schadstoffhaltigen Abfällen Klebstofftuben, kleineren Lackdosen, Energiesparlampen und größere Batterien (Monozellen, Flachbatterien, 9-V-Blocks, Polaroid-Batterien).

Die **Mittelmüllfraktion (> 10 mm bis ≤ 40 mm)** enthielt die verbleibenden 10 % der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll. Hier fanden sich hauptsächlich kleine Rundzellen (Baby-, Mignon- und Mikrozellen) sowie einzelne Knopfzellen, die sich nicht in Geräten befanden. Zudem fanden sich schadstoffhaltige Abfälle in Kleinverpackungen (Klebstoffe, Lacke, Öle, Pestizide) und Kondensatoren. Darüber hinaus wurde die in der Mittelmüllfraktion befindliche Kleinst-Elektronik auf das Vorhandensein von Batterien untersucht (Schlüsselpiepser, Schlüsselanhängertaschenlampen, Fieberthermometer, Armbanduhren).

Obwohl bekannt ist, dass gerade in der **Feinmüllfraktion (≤ 10 mm)** die höchsten Schwermetallgehalte festzustellen sind, konnten in dieser Fraktion keine sichtbaren schadstoffhaltigen Abfälle identifiziert werden. Der hohe Schwermetallgehalt ist sowohl auf Staubanhaftungen sowie auch teilweise auf ausgelaufene Schadstoffe zurückzuführen. Knopfzellen, die sich aufgrund ihrer spezifischen Größe noch in dieser Fraktion be-

finden konnten, wurden entweder bei der Sortierung überwiegend in der Mittelmüllfraktion gefunden oder steckten noch in Geräten, mit denen sie zusammen entsorgt wurden.

## 5.2 Art und Menge der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll

In Abb. 5 ist die prozentuale Zusammensetzung (basierend auf den einwohnerspezifischen Mengen) der im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfälle dargestellt.

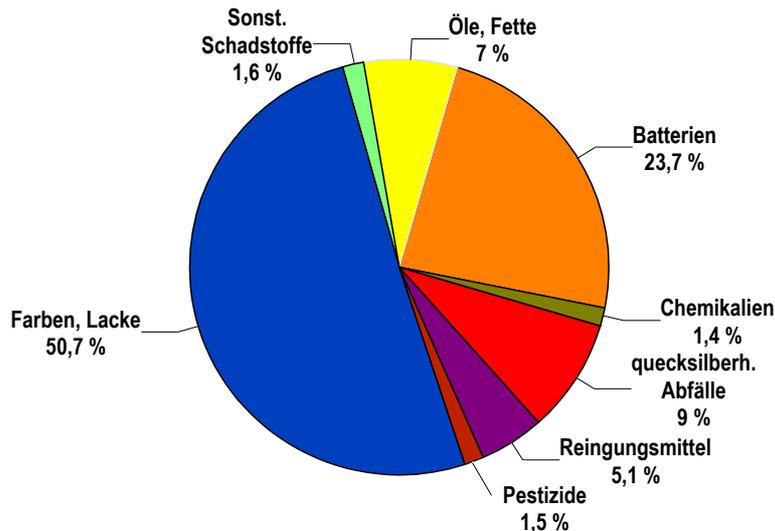


Abb. 5: Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll (%)

Den größten Anteil an den im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfällen hatten – gemessen am Gewicht – die Farben, Lacke etc. mit 50,7 %, gefolgt von den Batterien mit 23,7 %.

Bei den im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfällen ist jedoch nicht nur der gewichtsprozentuale Anteil von Bedeutung, sondern vor allem mit welcher Regelmäßigkeit die einzelnen Stoffe im Hausmüll enthalten waren. In Abb. 6 sind für die einzelnen Gruppen schadstoffhaltiger Abfälle die Anzahl der Stichprobeneinheiten angegeben, welche diese Abfälle enthielten.

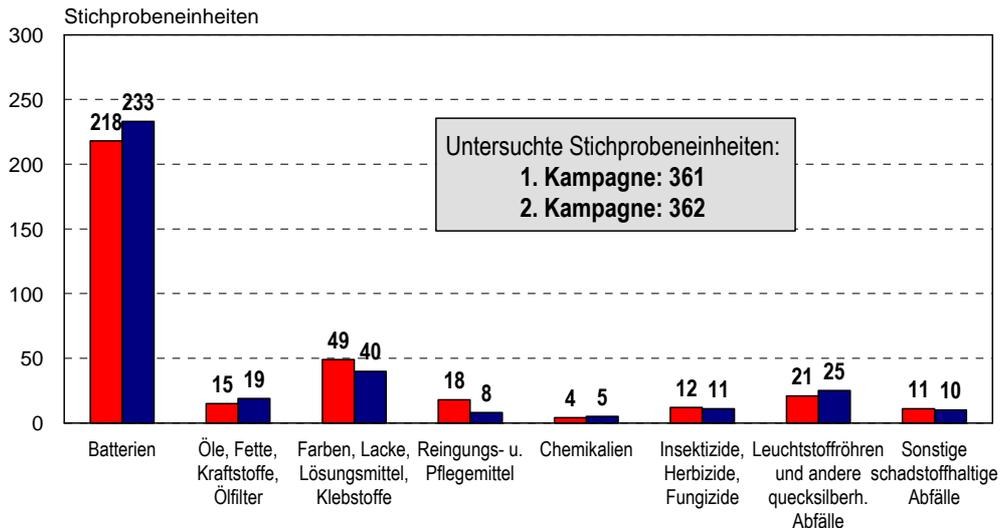


Abb. 6: Anzahl der Funde schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll

Ein Vergleich des Aufkommens der einzelnen Gruppen schadstoffhaltiger Abfälle in den beiden Untersuchungskampagnen verdeutlicht, dass diese relativ gleichmäßig auftraten. So wurden beispielsweise Pestizide während der ersten Kampagne in zwölf und in der zweiten Kampagne in elf Stichprobeneinheiten gefunden.

Mit der größten Regelmäßigkeit und deutlichem Abstand vor allen übrigen schadstoffhaltigen Abfällen wurden Batterien im Hausmüll gefunden. In 451 der 723 untersuchten Stichprobeneinheiten, d. h. in mehr als 60 %, waren Batterien enthalten.

### 5.3 Spezifisches Aufkommen der einzelnen Gruppen schadstoffhaltiger Abfälle

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchungen für die acht verschiedenen Schadstoffgruppen differenziert nach den untersuchten Strukturen dargestellt.

- **Batterien**
- **Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfiler**
- **Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe**
- **Reinigungs- und Pflegemittel**
- **Chemikalien**
- **Pestizide**
- **Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle**
- **Sonstige schadstoffhaltige Abfälle**
- **Σ Schadstoffe**

### 5.3.1 Batterien

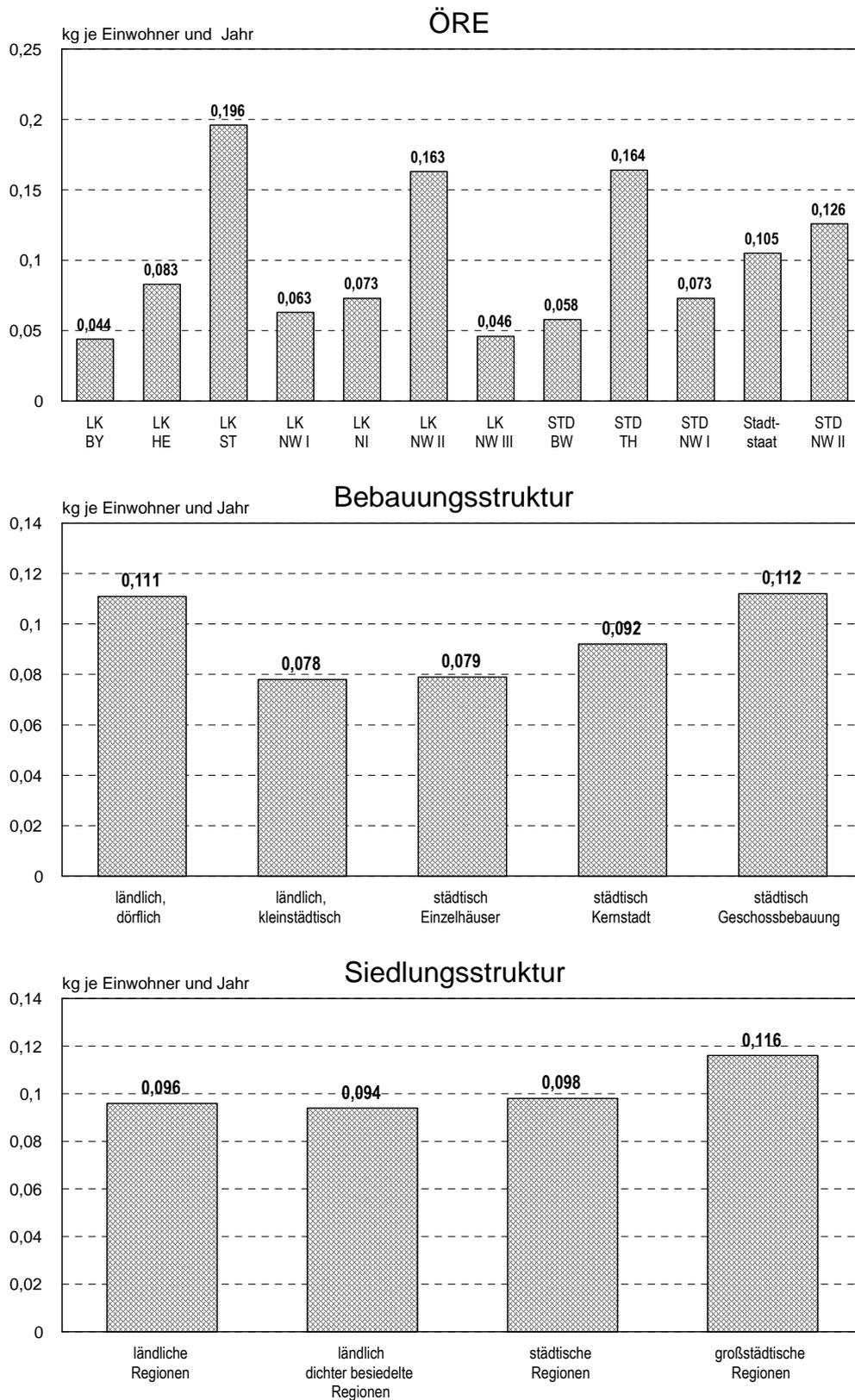


Abb. 7: Batterien im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.2 Öle, Fette, Kraftstoffe u. Ölfilter

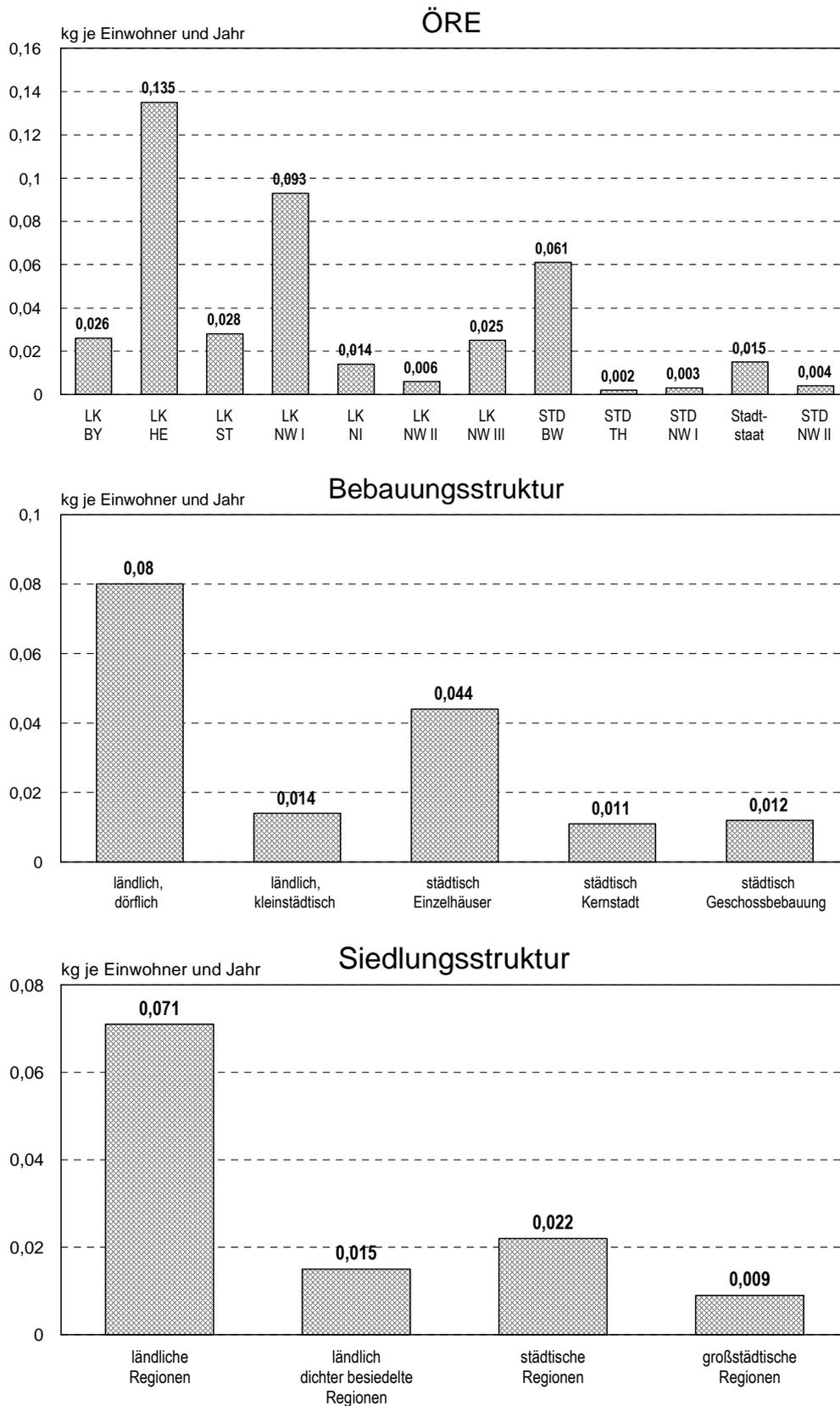


Abb. 8: Öle, Fette, Kraftstoffe im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.3 Farben, Lacke, Lösungsmittel

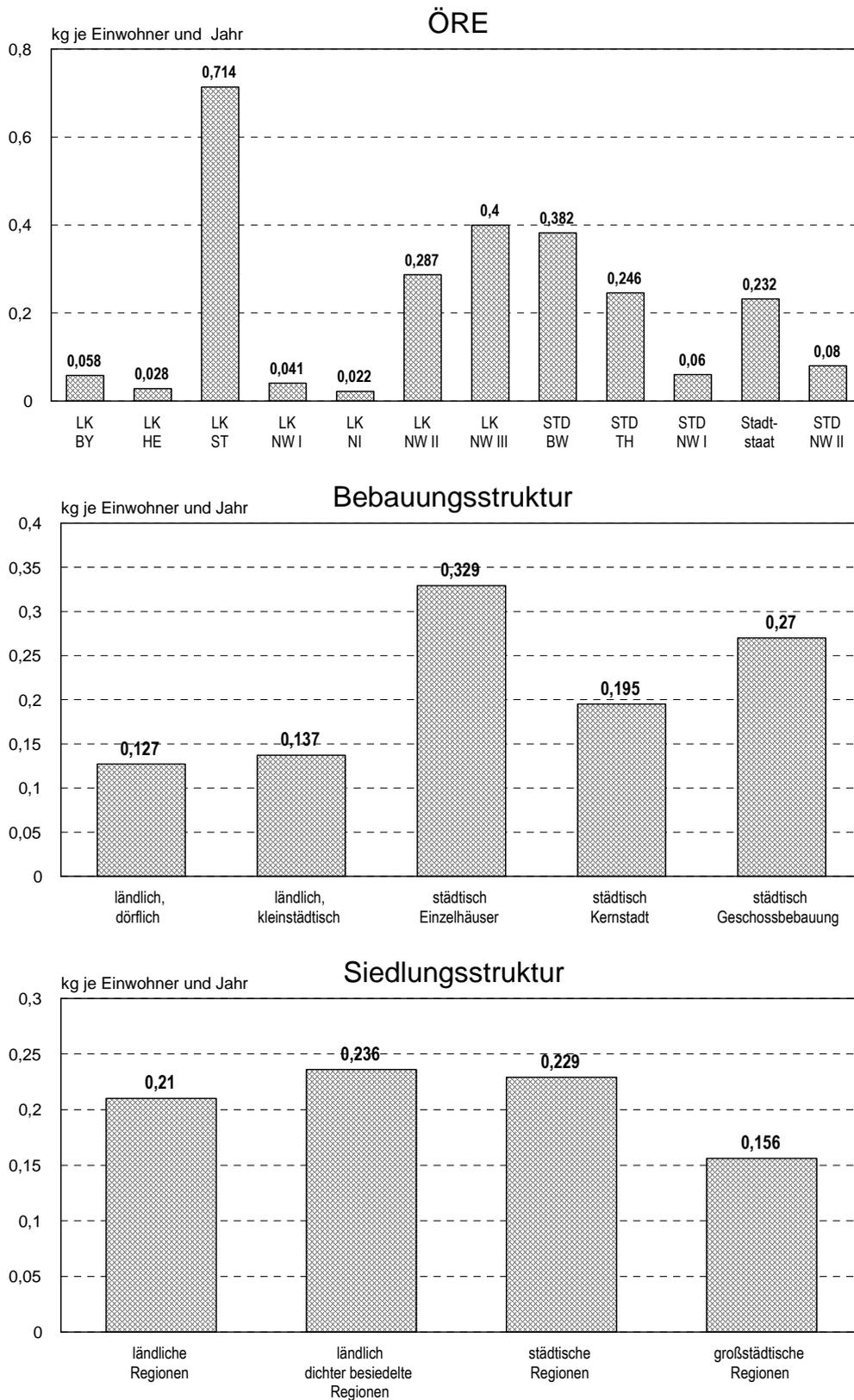


Abb. 9: Farben, Lacke, Lösungsmittel im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.4 Reinigungs- und Pflegemittel

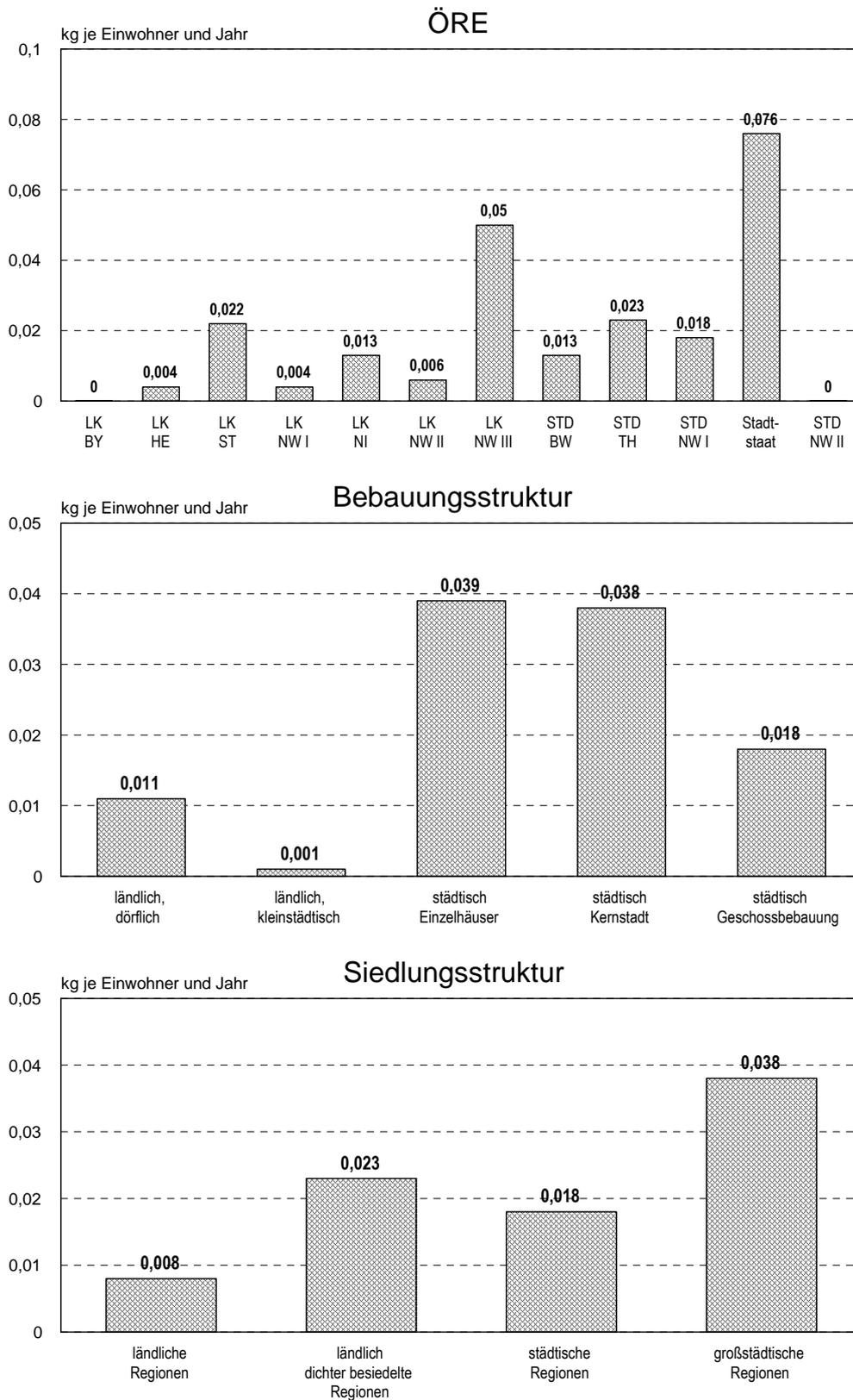


Abb. 10: Reinigungs- und Pflegemittel im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.5 Chemikalien

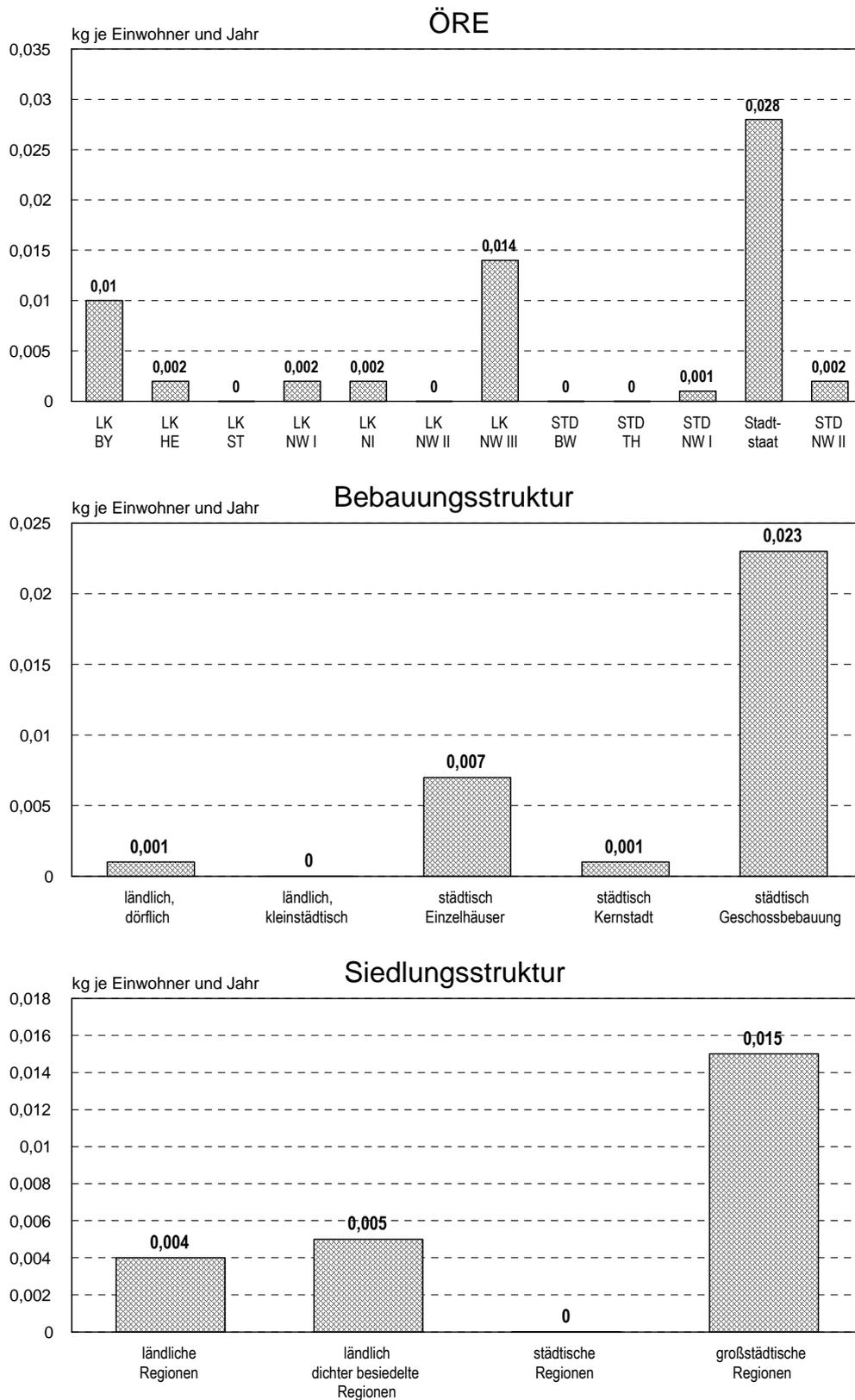


Abb. 11: Chemikalien im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.6 Pestizide

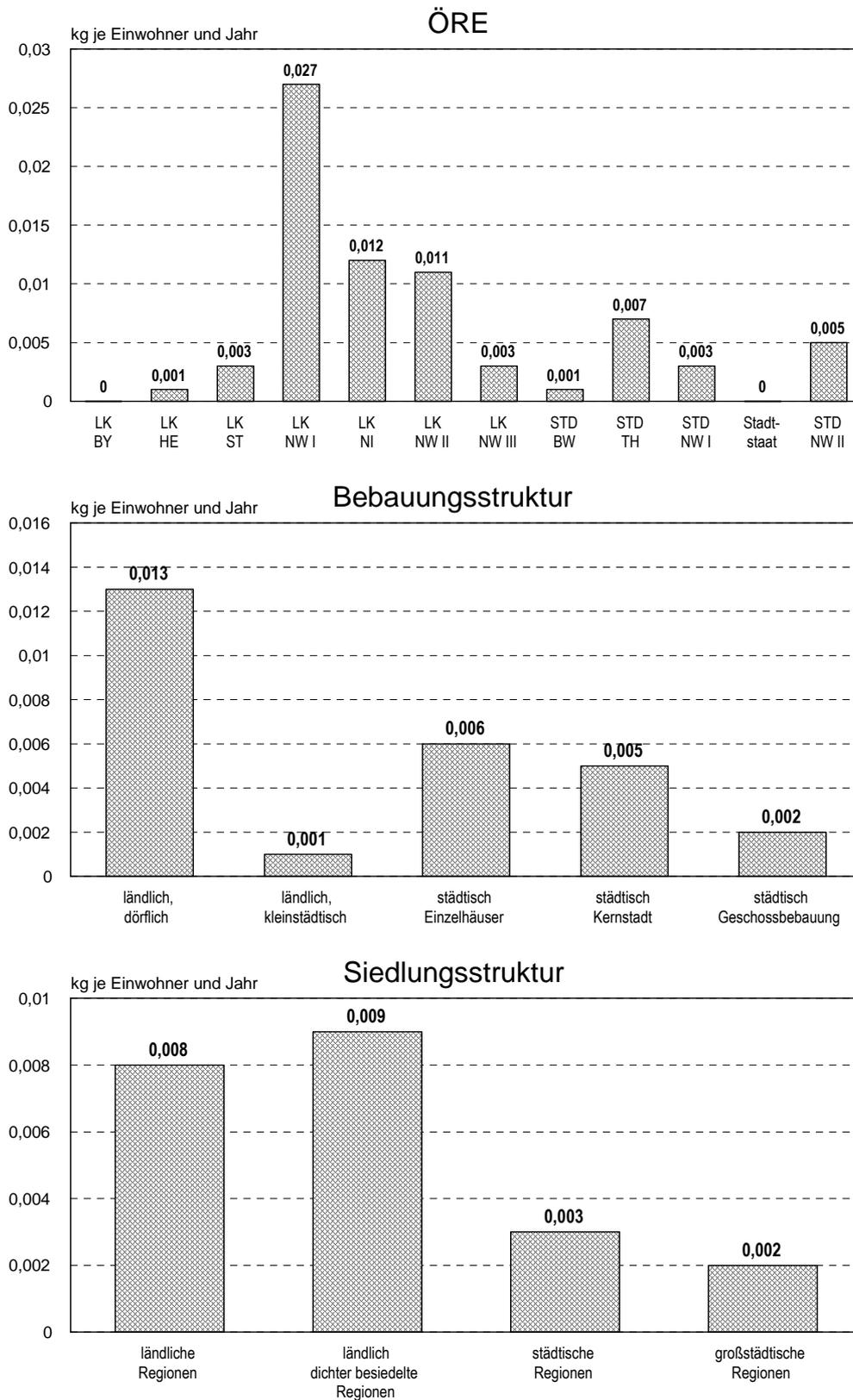


Abb. 12: Pestizide im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.7 Leuchtmittel und andere quecksilberhaltige Abfälle

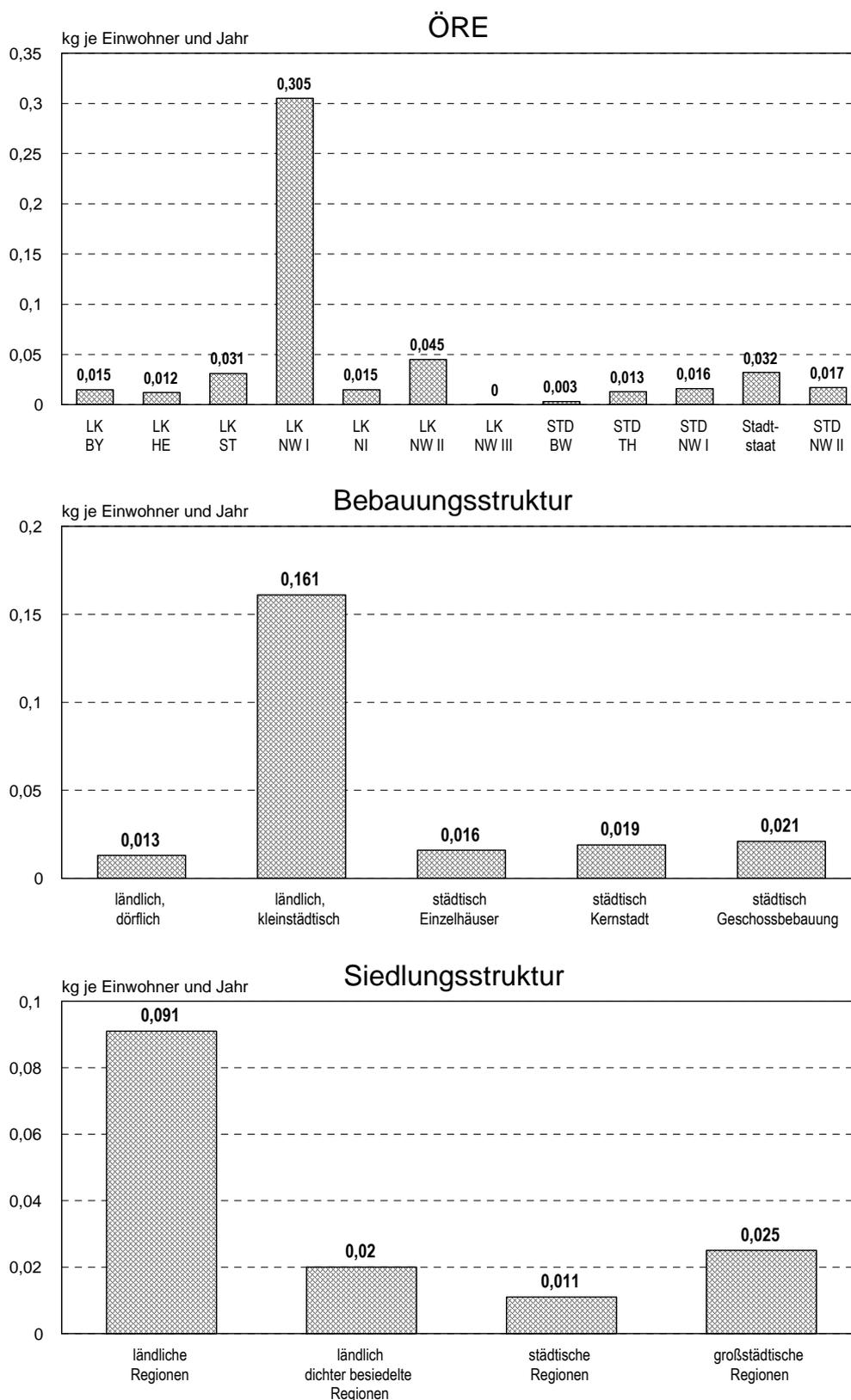


Abb. 13: Leuchtmittel und andere quecksilberhaltige Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.8 Sonstige schadstoffhaltige Abfälle

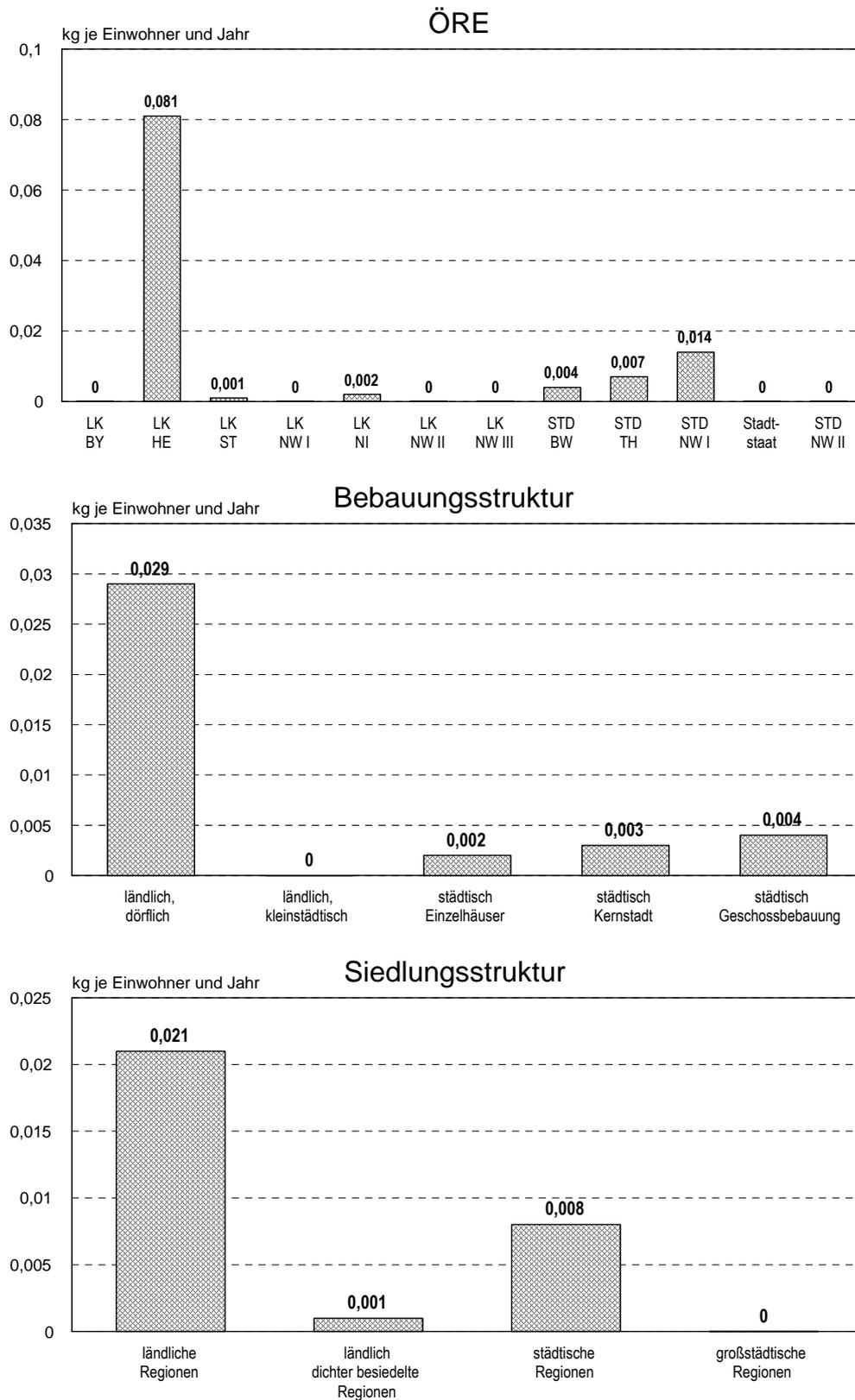


Abb. 14: Sonstige schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen

### 5.3.9 Summe schadstoffhaltiger Abfälle

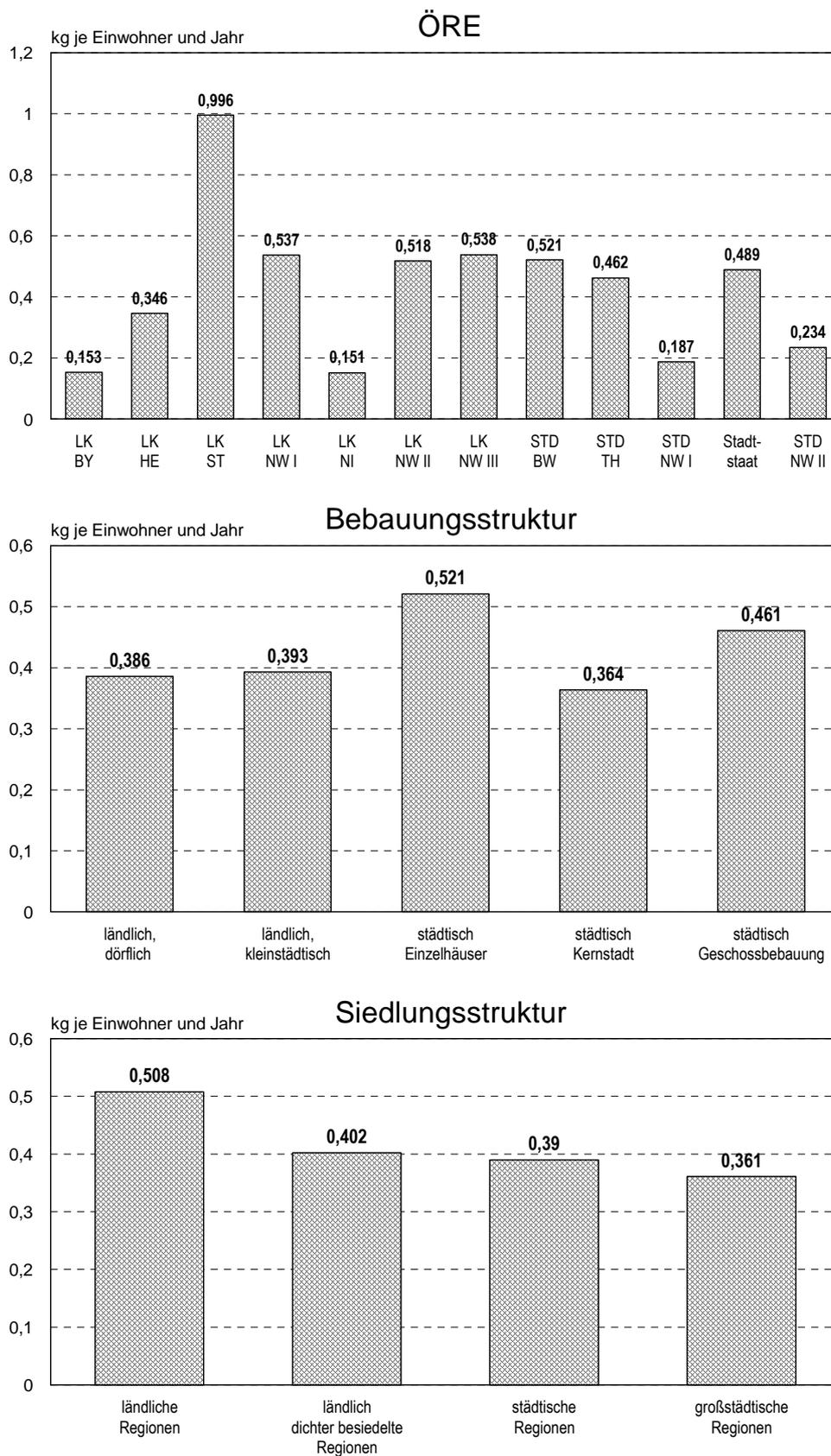


Abb. 15: Summe schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen

## 5.4 Gegenüberstellung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der untersuchten Strukturen

Sowohl der Anfall schadstoffhaltiger Abfälle in den Haushalten als auch die Möglichkeiten ihrer Rückgabe sind sehr unterschiedlich. Sie hängen von der jeweiligen Struktur ab (vgl. 3.1), in der sich die Haushalte befinden. Daher wird das Aufkommen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll differenziert nach folgenden Strukturen betrachtet:

- öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger
- Siedlungsstrukturen
- Bebauungsstrukturen

### 5.4.1 Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll der untersuchten ÖRE

Kernpunkt der durchgeführten Untersuchungen war die Ermittlung der durchschnittlich je Mg Hausmüll bzw. pro Einwohner und Jahr über den Hausmüll entsorgten Menge schadstoffhaltiger Abfälle.

In Abb. 16 sind die Anteile schadstoffhaltiger Abfälle (kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll) am Hausmüll der untersuchten ÖRE dargestellt. Sie schwanken zwischen 1,21 kg und 6,4 kg je Mg Hausmüll. Der höchste Anteil schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll fand sich in dem Landkreis in Sachsen-Anhalt. Geringe Anteile fanden sich in den beiden nordrhein-westfälischen Städten und dem niedersächsischen Landkreis.

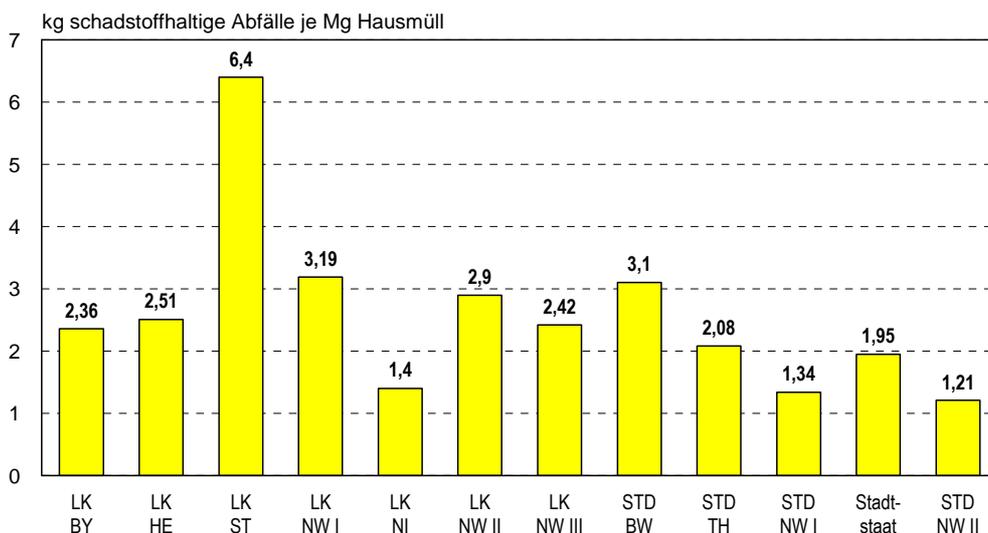


Abb. 16: Anteil schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll)

Zur Bewertung des einwohnerspezifischen Schadstoffmengen-Aufkommens ist jedoch das spezifische Hausmüllaufkommen (d. h. wie viele Einwohner ein Mg Hausmüll erzeugen) relevant. In Abb. 17 sind die in den untersuchten ÖRE<sup>5</sup> ermittelten Mengen schadstoffhaltiger Abfälle je Einwohner und Jahr dargestellt. Das einwohnerbezogene Schadstoffaufkommen schwankt zwischen 0,15 kg bis 1 kg je Einwohner und Jahr.

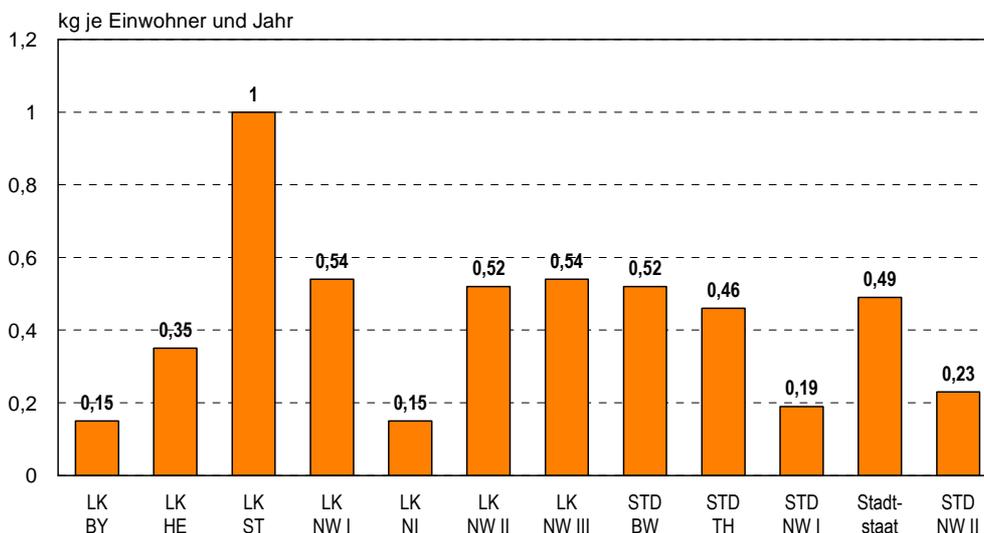


Abb. 17: Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg/E\*Jahr)

Die mit Abstand größte Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll wurde in dem Landkreis in Sachsen-Anhalt ermittelt. Sehr geringe Mengen wurden im Hausmüll des Landkreises in Bayern und des Landkreises in Niedersachsen sowie in einer Stadt in Nordrhein-Westfalen ermittelt. In den übrigen Kreisen und Städten fanden sich vergleichsweise geringe bzw. durchschnittliche Mengen an schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll.

Die in den zwei Sortierkampagnen ermittelten Mengen schadstoffhaltiger Abfälle waren nicht gleich verteilt. Ein Vergleich beider Kampagnen in Abb. 18 zeigt, dass in fast allen ÖRE in der zweiten Kampagne höhere Mengen zu verzeichnen waren. Ausnahmen hiervon waren der Stadtstaat und die Stadt in Baden-Württemberg, wo während der zweiten Kampagne deutlich weniger schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll ermittelt wurden. Wie die Abb. 18 zeigt, wurden in der Stadt in Baden-Württemberg in der zweiten Kampagne nur ca. ein Zehntel der Menge der ersten Kampagne gefunden. Die starken Abweichungen sind auf Einzelereignisse (z. B. Keller aufgeräumt und Farben aussortiert, Batterie-depot aufgelöst usw.) zurückzuführen. Abb. 19 zeigt, dass das Ergebnis auf drei Einzelstichproben mit extrem hohem Schadstoffgehalt zurückzuführen ist.

<sup>5</sup> Eine detaillierte Charakterisierung der Sammel- und Erfassungsstrukturen der untersuchten ÖRE erfolgt in Kapitel 7.3.

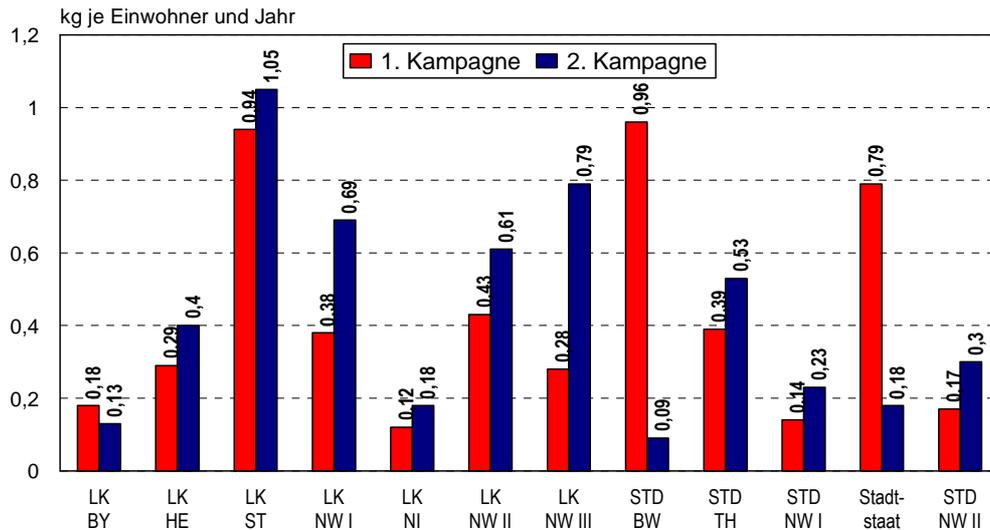


Abb. 18: Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten ÖRE – Vergleich erste und zweite Sortierkampagne

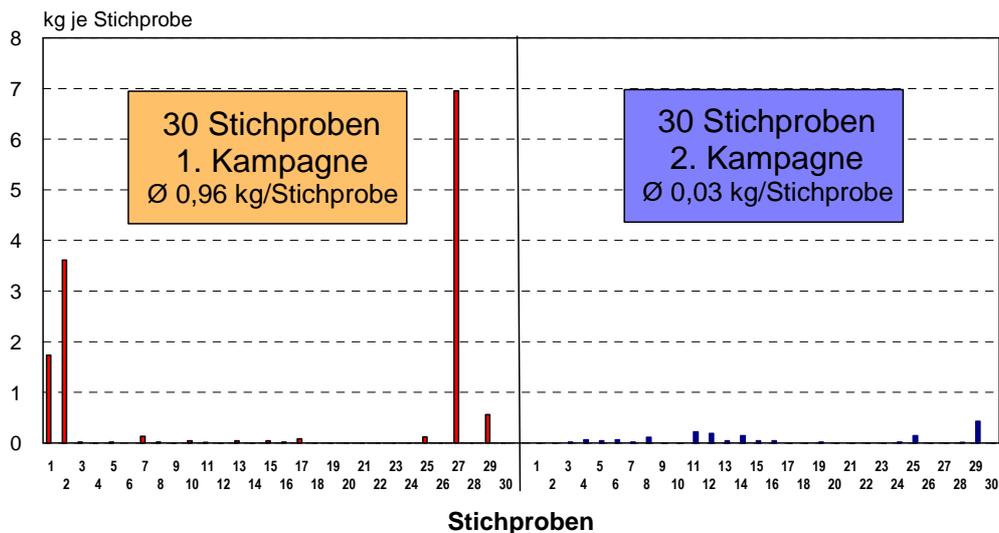


Abb. 19: Schadstoffgehalte je Stichprobe in der Stadt in Baden-Württemberg

#### 5.4.2 Ergebnisse in den Bebauungsstrukturen

Wie in Kapitel 3.1.2 dargelegt, wurde in den einzelnen ÖRE eine Schichtung entsprechend der vorherrschenden Bebauungsstruktur vorgenommen. In Abb. 20 sind nun die Ergebnisse der einzelnen Bebauungsstrukturen losgelöst von den ÖRE dargestellt.

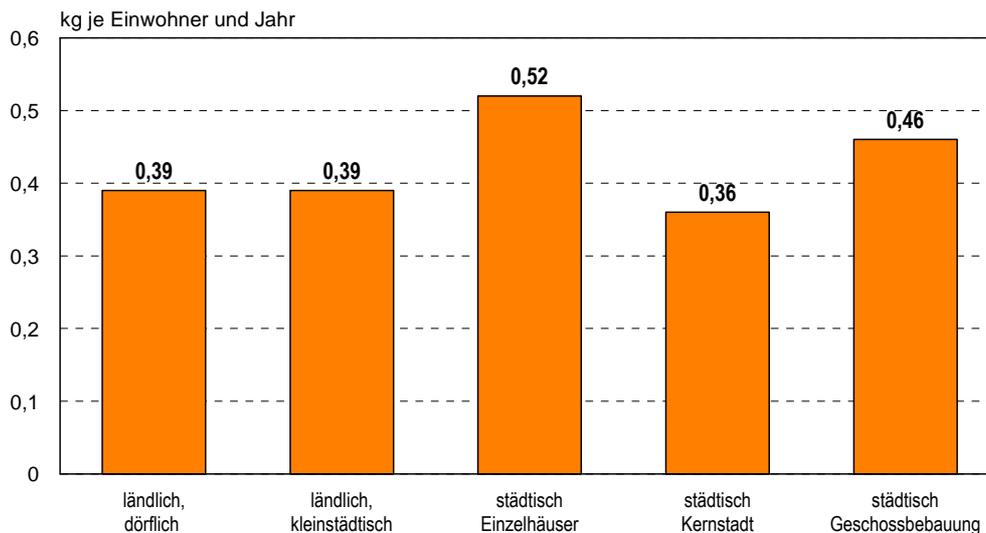


Abb. 20: Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten Bebauungsstrukturen (kg/E\*Jahr)

Die beiden untersuchten ländlichen Bebauungsstrukturen wiesen mit 0,39 kg/E\*Jahr eine etwa gleich hohe Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll auf. Eine deutliche Abstufung der ermittelten schadstoffhaltigen Abfälle ergab sich bei den städtischen Strukturen. Die Struktur „Kernstadt“ hatte die mit Abstand geringste Menge schadstoffhaltiger Abfälle (0,36 kg/E\*Jahr), die Struktur „Geschossbebauung“ lag im mittleren Bereich (0,46 kg/E\*Jahr), während die Struktur „Einzelhäuser“ die höchsten Mengen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll aufwies (0,52 kg/E\*Jahr).

#### 5.4.2.1 Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der untersuchten Bebauungsstrukturen

Neben der Menge der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll, die wie zuvor dargestellt in den einzelnen Bebauungsstrukturen recht unterschiedlich ausfiel, ist auch deren Zusammensetzung von Bedeutung.

In Abb. 21 sind die in den Bebauungsstrukturen ermittelten prozentualen Anteile der einzelnen Schadstoffarten dargestellt. Um die unterschiedlichen Anteile besser zu erkennen und die Bebauungsstrukturen direkt vergleichen zu können, wurden die Einzelergebnisse der Bebauungsstrukturen bei der jeweiligen Schadstoffart gruppiert. In der Summe ergibt sich für die jeweilige Bebauungsstruktur über alle Schadstoffarten der Gesamtanteil von 100 %.

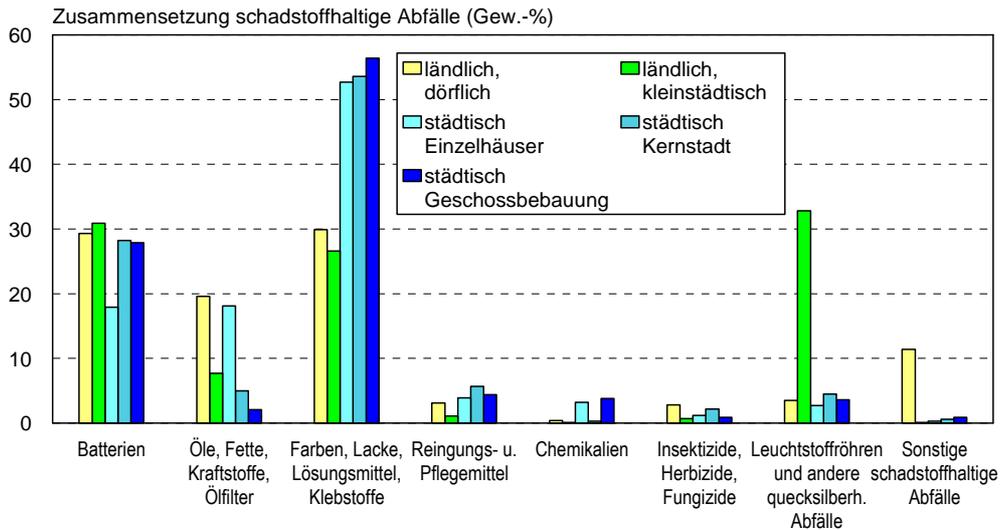


Abb. 21: Verteilung der schadstoffhaltigen Abfälle in den untersuchten Bebauungsstrukturen (Gew.-%)

Die meisten im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfälle waren in allen untersuchten Bebauungsstrukturen Farben, Lacke, Batterien sowie Öle, Fette etc.

Reinigungs- und Pflegemittel, Chemikalien sowie Pestizide hatten in keiner Bebauungsstruktur hohe Anteile an den gefundenen schadstoffhaltigen Abfällen.

Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle bestimmten zu einem Drittel die Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle in der Struktur „ländlich, kleinstädtisch“, während sie in den anderen Strukturen eine untergeordnete Rolle spielten.

Sonstige schadstoffhaltige Abfälle hatten in den Strukturen „ländlich, dörflich“ größere Anteile.

In Abb. 22 sind die Zusammensetzungen der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll in den Bebauungsstrukturen in Kilogramm je Einwohner und Jahr dargestellt.

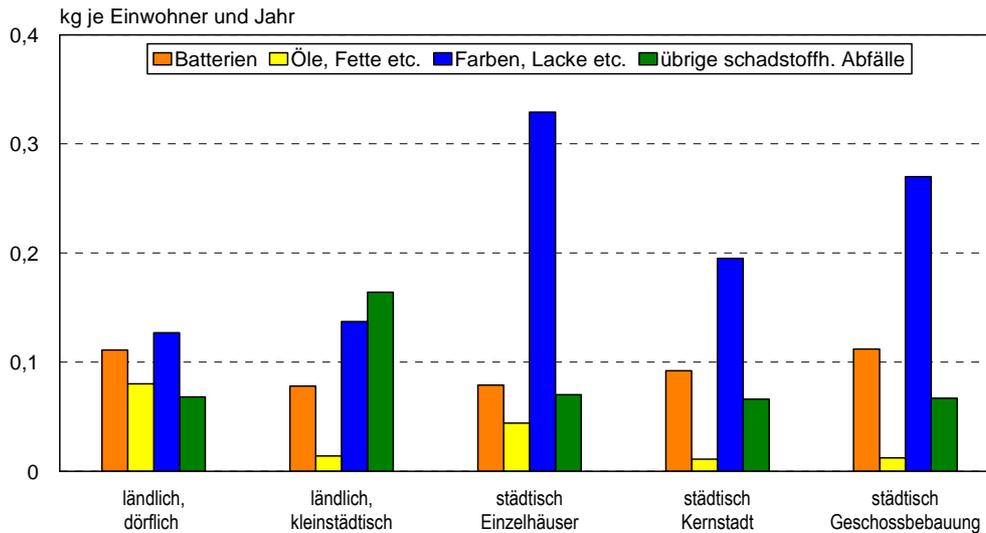


Abb. 22: Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der untersuchten Bebauungsstrukturen (kg/E\*Jahr)

Stellt man nun die Anteile der dargestellten schadstoffhaltigen Abfälle der einzelnen Bebauungsstrukturen gegenüber, so zeigt sich, dass die Batterien in den Bebauungsstrukturen bei Werten zwischen 0,078 (ländlich, kleinstädtisch) und 0,112 kg/E\*Jahr (städtisch, Geschossbebauung) relativ eng beieinander lagen.

Öle, Fette etc. fanden sich vor allem im Hausmüll der Strukturen „ländlich, dörflich“ und „städtisch, Einzelhäuser“ in deutlichen Mengen. Farben, Lacke etc. waren im Hausmüll der städtischen Strukturen in deutlich größeren Mengen zu finden als im Hausmüll der ländlichen Strukturen. Die übrigen schadstoffhaltigen Abfälle fanden sich in der höchsten Menge im Hausmüll der Struktur „ländlich, kleinstädtisch“.

### 5.4.3 Ergebnisse der Siedlungsstrukturen

Wie in Kapitel 3.1.1 dargelegt, wurden die einzelnen ÖRE entsprechend ihrer Einwohnerdichte zu vier Siedlungsstrukturen zusammengefasst. In Abb. 23 sind die einwohner-spezifischen Mengen schadstoffhaltiger Abfälle in den Siedlungsstrukturen dargestellt.

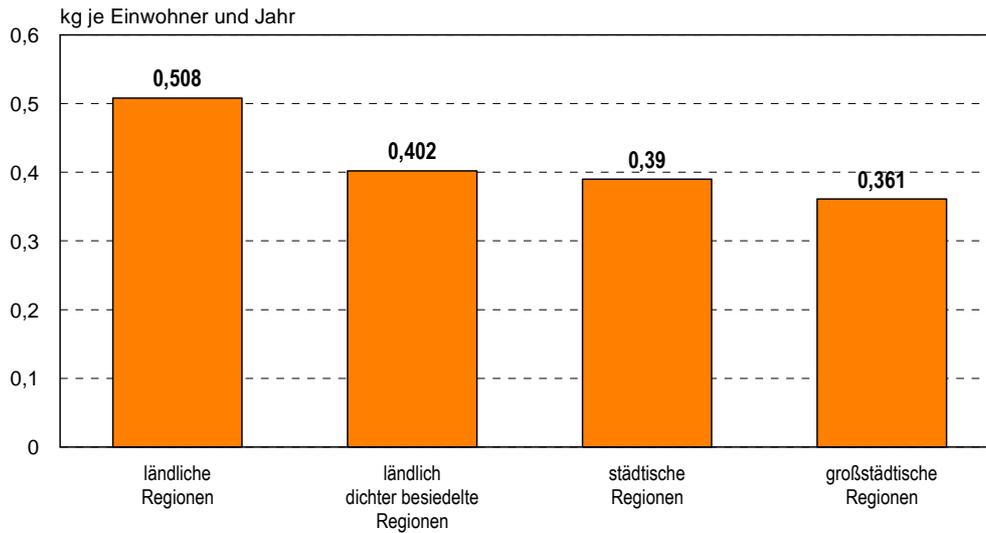


Abb. 23: Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der untersuchten Siedlungsstrukturen (kg/E\*Jahr)

In der ländlichen Region wurde mit 0,508 kg/E\*Jahr die höchste einwohnerspezifische Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll ermittelt. Mit zunehmender Siedlungsdichte sinkt die Menge der im Hausmüll ermittelten schadstoffhaltigen Abfälle. Hierbei ist zudem das in den dünnbesiedelteren Regionen relativ niedrige durchschnittliche Hausmüllaufkommen pro Kopf zu berücksichtigen<sup>6</sup>.

In der ländlichen Region produzieren ca. 7 Einwohner 1 Mg Hausmüll pro Jahr, in der großstädtischen Region wird die gleiche Menge von lediglich 4 ½ Einwohnern im Jahr produziert. Das heißt, das sowieso schon höhere spezifische Schadstoffaufkommen pro Kopf in der ländlichen Region erhöht sich bei der Betrachtung der Schadstofffracht je Mg Hausmüll noch einmal.

In Abb. 32 ist der Anteil der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der Siedlungsstrukturen einwohnerbereinigt dargestellt. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Strukturen treten bei der Darstellung ohne Einwohnerbezug wesentlich deutlicher hervor.

<sup>6</sup> Das bei den Untersuchungen für die Siedlungsstrukturen ermittelte durchschnittliche jährliche Hausmüll-Pro-Kopf-Aufkommen lag in der ländlichen Region bei 141 kg/E\*Jahr, in der ländlich dichter besiedelten Region bei 180 kg/E\*Jahr, in der städtischen Region bei 179 kg/E\*Jahr und in der großstädtischen Region bei 229 kg/E\*Jahr (Abfälle aus privaten Haushalten ohne Geschäftsmüll).

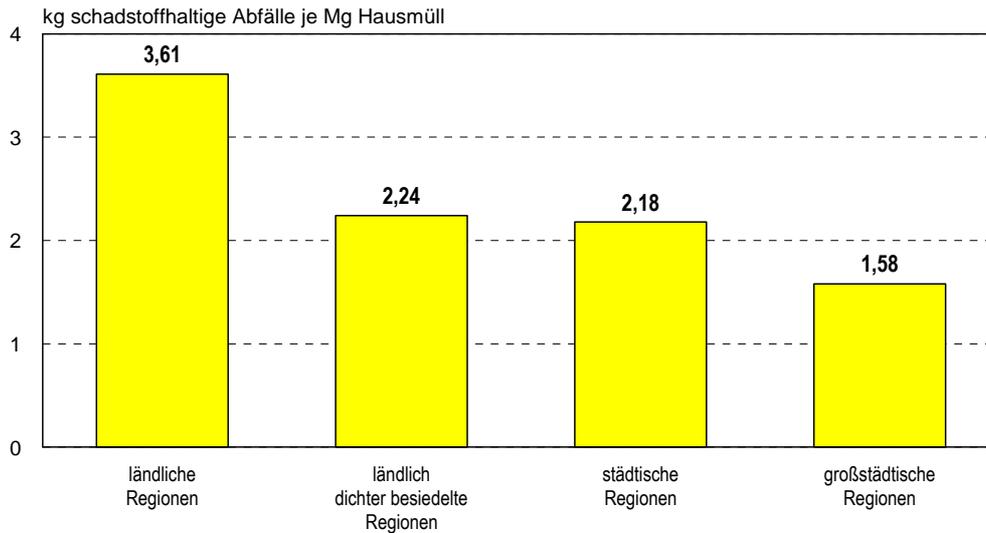


Abb. 24: Anteil schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der untersuchten Siedlungsstrukturen (kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll)

In Abb. 25 sind die Zusammensetzungen der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll in den Siedlungsstrukturen in Kilogramm je Einwohner und Jahr dargestellt.

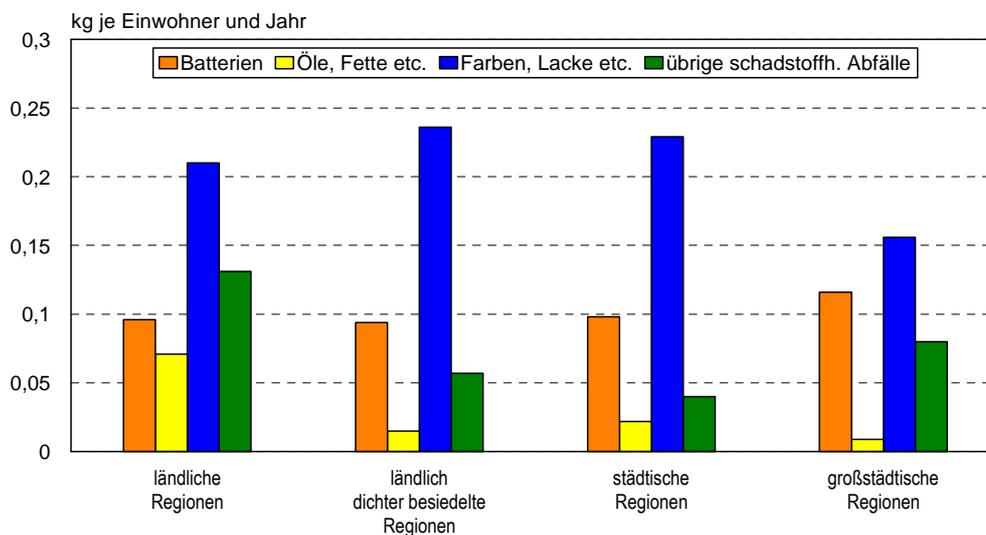


Abb. 25: Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll der untersuchten Siedlungsstrukturen (kg/E\*Jahr)

Stellt man nun die Anteile der dargestellten schadstoffhaltigen Abfälle der einzelnen Siedlungsstrukturen gegenüber, so zeigt sich, dass die Batterien in den ersten drei Siedlungsstrukturen etwa um einem Wert von knapp 0,100 kg/E\*Jahr lagen, während dieser Wert in der großstädtischen Region mit 0,116 kg/E\*Jahr höher war. Im Vergleich zu den anderen im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfällen lagen die ermittelten Batteriemengen dicht beieinander.

Öle, Fette etc. fanden sich in deutlichen Mengen (0,071 kg/E\*Jahr) im Hausmüll der ländlichen Region, während diese Schadstoff-Gruppe in den anderen Siedlungsstrukturen von untergeordneter Bedeutung war. Die Gruppe der Farben, Lacke etc. stellte in allen Siedlungsstrukturen den größten Anteil am Schadstoffaufkommen im Hausmüll. Die übrigen schadstoffhaltigen Abfälle fanden sich in der höchsten Menge im Hausmüll der ländlichen Region (0,131 kg/E\*Jahr).

### 5.5 Trefferquote – Anteil der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen

Neben der Menge der im Hausmüll enthaltenen schadstoffhaltigen Abfälle ist vor allem auch die Häufigkeit, mit der diese Abfälle im Hausmüll enthalten sind, von Bedeutung. Dies ist ein Indiz dafür, ob es sich bei der Entsorgung der schadstoffhaltigen Abfälle über den Hausmüll um singuläre Ereignisse oder eine regelmäßige Art der Entsorgung handelt. Im Folgenden ist daher der Anteil der Stichprobeneinheiten, die bei den Untersuchungen schadstoffhaltige Abfälle enthielten, als so genannte „Trefferquote“ dargestellt.

Von den insgesamt 723 untersuchten Stichprobeneinheiten enthielten 509 schadstoffhaltige Abfälle (70 %), während lediglich 214 Stichprobeneinheiten (30 %) ohne Fund waren (Abb. 26).

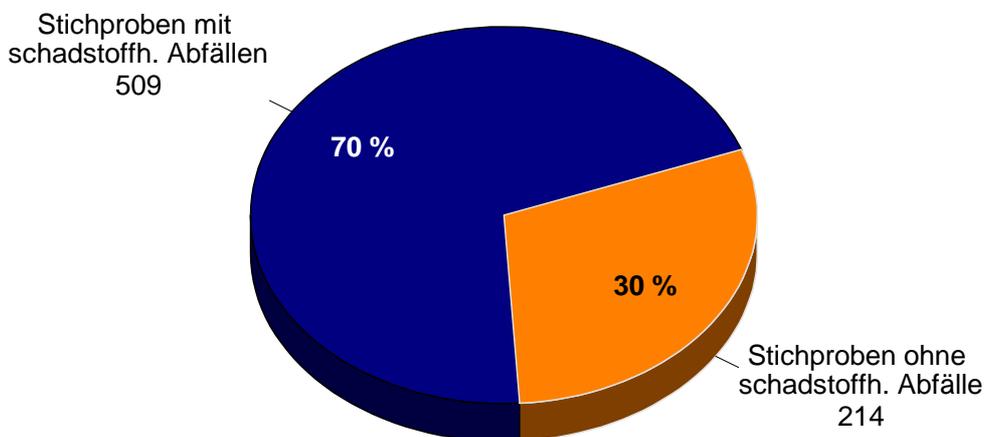


Abb. 26: Schadstofffunde in Stichprobeneinheiten

Der Anteil der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen war in der 1. Untersuchungskampagne etwas niedriger (68 %) als in der 2. Kampagne (72 %).

### 5.5.1 Trefferquote in den ÖRE

Die ermittelten Trefferquoten bei den untersuchten ÖRE wiesen eine große Spannweite auf. Die Quote der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen bewegte sich zwischen 42 % und 95 % (Abb. 27). Wie unterschiedlich diese „Ausbeute“ war, ist exemplarisch am Beispiel der Batterien auf Foto 4 und Foto 5 zu sehen, wo die Funde in den 30 Stichprobeneinheiten, die pro Sortierkampagne in einem ÖRE untersucht wurden, dargestellt sind.

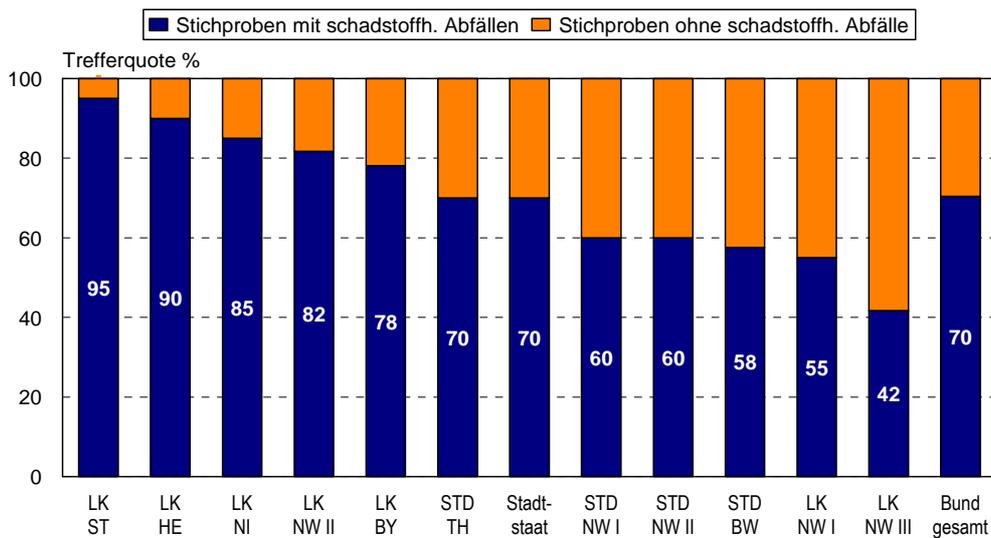


Abb. 27: Trefferquote schadstoffhaltige Abfälle in Stichprobeneinheiten – Gegenüberstellung ÖRE



Foto 4: Trefferquote Stadt in Baden-Württemberg (1. Sortierkampagne) am Beispiel der gefundenen Batterien



Foto 5: Trefferquote Landkreis in Sachsen-Anhalt (2. Sortierkampagne) am Beispiel der gefundenen Batterien

Einen interessanten Einblick gibt die Gegenüberstellung des ermittelten Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll) und der Trefferquote in den untersuchten ÖRE (Abb. 28)<sup>7</sup>.

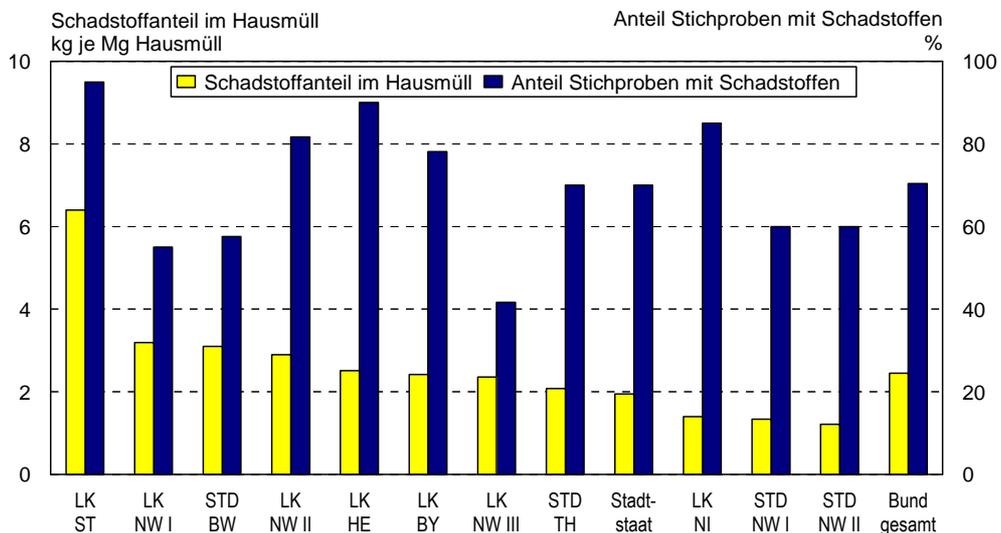


Abb. 28: Gegenüberstellung des Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und der Trefferquote in den untersuchten ÖRE

<sup>7</sup> Die Gegenüberstellung der Trefferquote mit dem Anteil schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (kg/Mg) wurde gewählt, da beide Werte keinen Einwohnerbezug aufweisen (im Gegensatz zur Menge schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (kg/E\*Jahr)).

Bei dem Landkreis in Sachsen-Anhalt wurde sowohl die höchste Trefferquote als auch der höchste Anteil schadstoffhaltiger Abfälle bei den durchgeführten Untersuchungen ermittelt. Hier fanden sich bei der zweiten Sortierkampagne in jeder der 30 untersuchten Stichprobeneinheiten schadstoffhaltige Abfälle (Foto 5).

Der niedersächsische Landkreis wies ebenfalls eine hohe Trefferquote auf, hatte jedoch einen sehr geringen Anteil schadstoffhaltiger Abfälle, d. h. hier wurden zwar schadstoffhaltige Abfälle mit großer Regelmäßigkeit im Hausmüll gefunden, jedoch nur in sehr geringen Mengen. Dies lässt auf eine relative homogene Verteilung der Schadstoffe schließen und nicht auf ein von Einzelstichproben dominiertes Resultat.

Geringe Trefferquoten bei vergleichsweise hohen Anteilen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll fanden sich in einem nordrhein-westfälischen Landkreis und der Stadt in Baden-Württemberg. Hier wurden zwar nur relativ selten schadstoffhaltige Abfälle in den Hausmüllstichproben ermittelt, dann jedoch in größeren Mengen.

Geringe Trefferquoten bei geringen Anteilen schadstoffhaltiger Abfälle fanden sich in den beiden nordrhein-westfälischen Städten.

### 5.5.2 Trefferquote in den Bebauungsstrukturen

In Abb. 29 sind die Quoten der Stichprobeneinheiten mit Schadstoffen in den Bebauungsstrukturen gegenübergestellt.

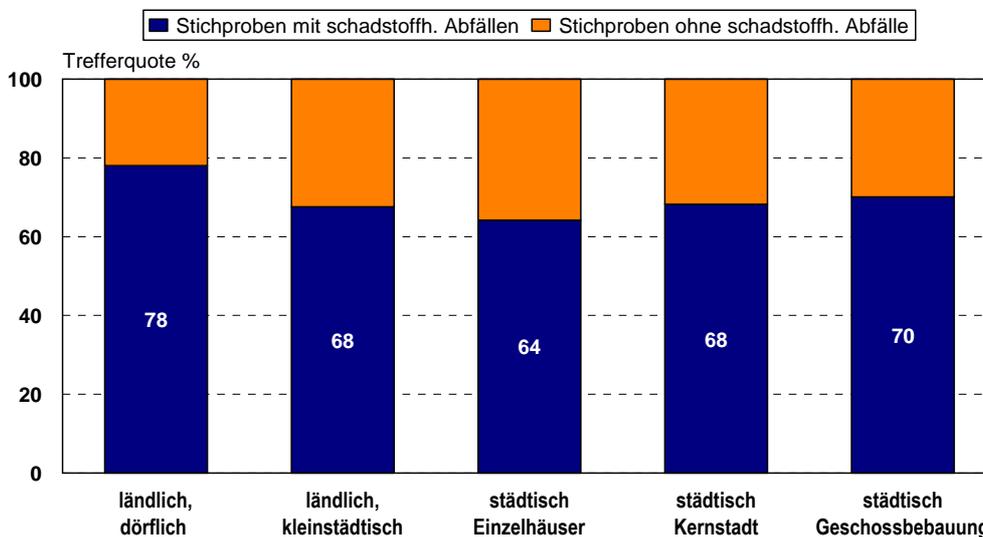


Abb. 29: Quote der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen in den Bebauungsstrukturen

Die ländlichen Bebauungsstrukturen wiesen höhere Quoten auf, als die städtischen Strukturen. Die niedrigste Trefferquote mit 64 % wurde in der städtischen Struktur „Einzelhäuser“ ermittelt, die höchste mit 78 % in der ländlich, dörflichen Siedlungsstruktur.

In Abb. 30 sind die Trefferquoten in den untersuchten Bebauungsstrukturen den Anteilen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll gegenübergestellt.

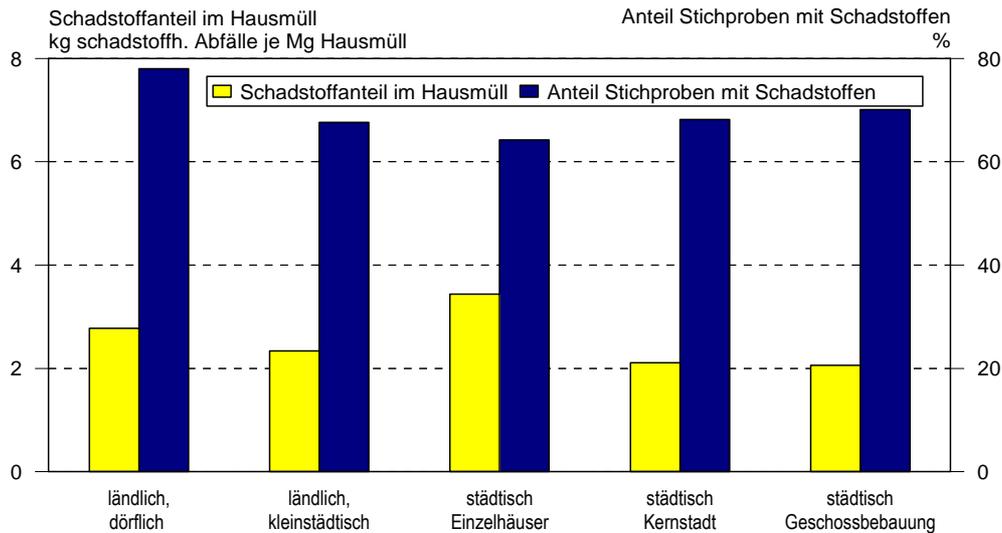


Abb. 30: Gegenüberstellung des Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und der Trefferquote in den untersuchten Bebauungsstrukturen

Die ländlichen Bebauungsstrukturen wiesen im Gegensatz zu der hohen Trefferquote relativ geringe Anteile an schadstoffhaltigen Abfällen auf. Dagegen fand sich in der Bebauungsstruktur mit der geringsten Trefferquote, den „städtischen Einzelhäusern“, der höchste Anteil schadstoffhaltiger Abfälle. Die hier ermittelten „positiven“ Stichprobeneinheiten enthielten vergleichsweise viele schadstoffhaltige Abfälle.

### 5.5.3 Trefferquote in den Siedlungsstrukturen

Auf der Ebene der Siedlungsstrukturen waren die in Abb. 31 dargestellten Trefferquoten zu verzeichnen.

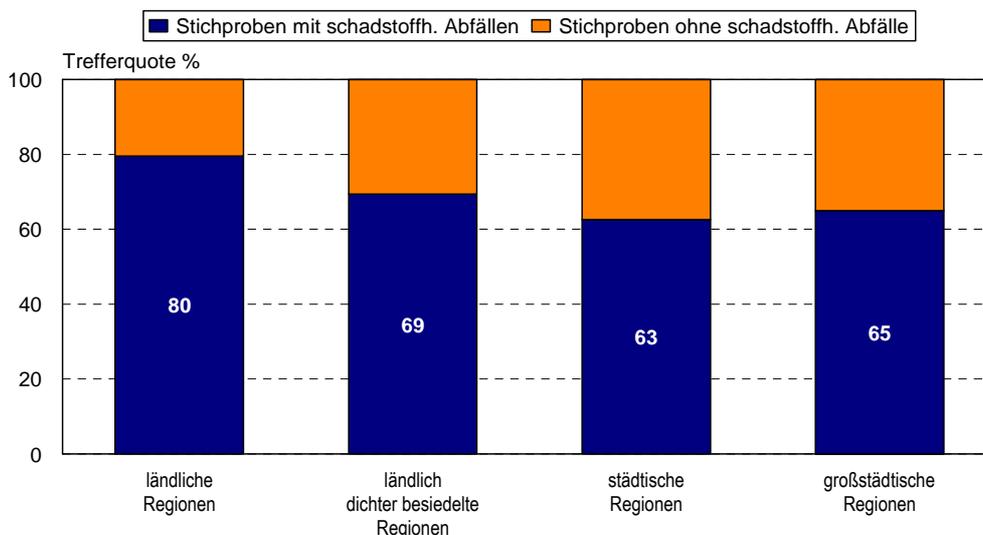


Abb. 31: Quote der Stichprobeneinheiten mit schadstoffhaltigen Abfällen in den Siedlungsstrukturen

Die ermittelte Trefferquote nimmt mit steigender Besiedlungsdichte ab, in der großstädtischen Region ist dann wieder ein leichter Anstieg feststellbar (vgl. hierzu Kap. 5.4.1).

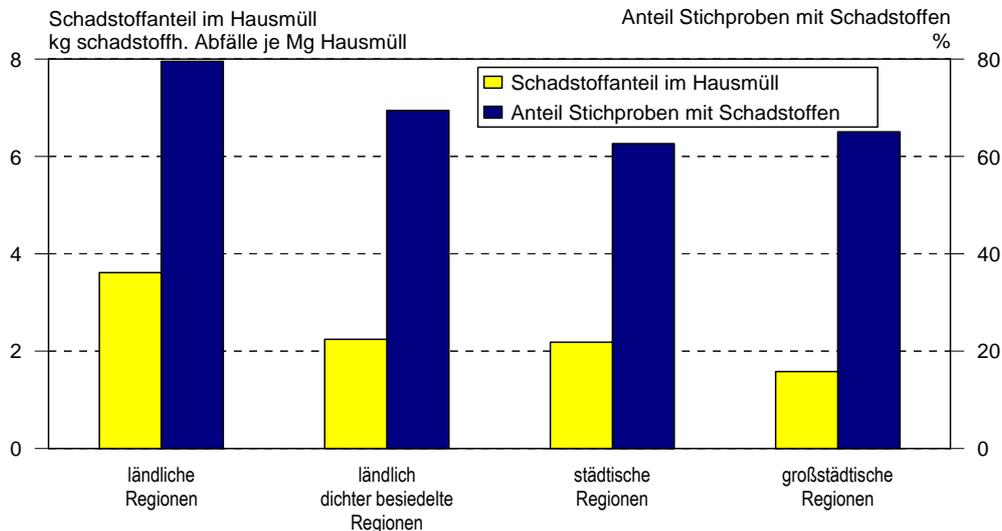


Abb. 32: Gegenüberstellung des Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und der Trefferquote in den untersuchten Siedlungsstrukturen

Die hohe Trefferquote in der ländlichen Region geht einher mit einem ebenfalls hohen Anteil schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll. Mit zunehmender Besiedlungsdichte ist neben der Abnahme der Trefferquote auch eine Abnahme des Anteils schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll feststellbar.

### 5.5.4 Trefferquoten nach Schadstoffgruppen

Auf der Ebene der Schadstoffgruppen wurden die in Abb. 33 dargestellten Trefferquoten erzielt. Besonders häufig wurden Batterien in den Stichproben ermittelt, die in insgesamt 62 % der Stichproben nachgewiesen werden konnten. In 12 % der Stichproben wurden Farben, Lacke, Lösungsmittel oder Klebstoffe nachgewiesen. An dritter Stelle waren Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle (6 %). Öle, Fette, Kraftstoffe und ÖlfILTER wurden noch in annähernd 5 % der Stichproben nachgewiesen. In jeweils ca. 3 % der Stichproben wurden Reinigungs- und Pflegemittel, Biozide sowie sonstige schadstoffhaltige Abfälle nachgewiesen.

Allerdings zeigt die Häufigkeit der vorgefundenen Schadstoffe keine Relation zum absoluten Aufkommen. Die spezifisch höchste Schadstoffmenge wurde mit 1,17 kg/Mg Hausmüll bei Farben und Lacken nachgewiesen. Hingegen wurden nur 0,61 kg Batterien je Mg Hausmüll gefunden. Öle, Fette, Kraftstoffe und ÖlfILTER und Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle waren mit jeweils ca. 0,2 kg je Mg Hausmüll vorzufinden. Bei Reinigungs- und Pflegemittel waren es 0,1 kg je Mg. Die weiteren Schadstoffe lagen jeweils unter 0,05 kg je Mg Hausmüll.

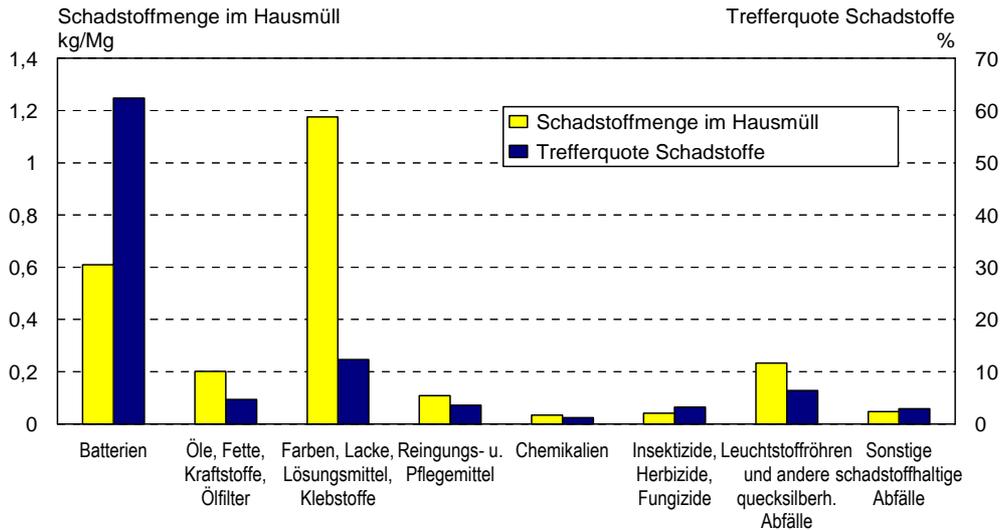


Abb. 33: Trefferquoten und Anteile der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll

## 5.6 Verteilmuster der Einzelergebnisse

Nachfolgend wird das spezifische Verteilmuster der Ergebnisse in so genannten Boxplots dargestellt, welche die Schwankungsbereiche der einzelnen Ergebnisse verdeutlichen. Es werden sowohl die Ergebnisse auf der Ebene der Siedlungsstrukturen als auch auf der Ebene der fünf verschiedenen Bebauungsstrukturen sowie für die Ergebnisse in den ÖRE und die einzelnen Schadstofffraktionen dargestellt.

Dabei sind die Boxplots wie folgt zu interpretieren:

<b>Box</b>	= 50 % aller vorhandenen Werte (Interquartilenbereich)
<b>Median</b>	= Querstrich in der Box (kennzeichnet den Punkt, bei dem sich die Hälfte aller Werte über - bzw. unterhalb befinden)
<b>Whiskers</b>	= aus der Box herausragende Striche (Schwankungsbereich bis zum 1,5-fachen des Interquartilenbereiches nach oben [oberer Quartilenbereich = obere 25% der Werte] und unten [unterer Quartilenbereich = untere 25 % der Werte])
<b>Ausreißer (O/*)</b>	= Werte außerhalb des 1,5-fachen Interquartilenbereiches (Kreis)

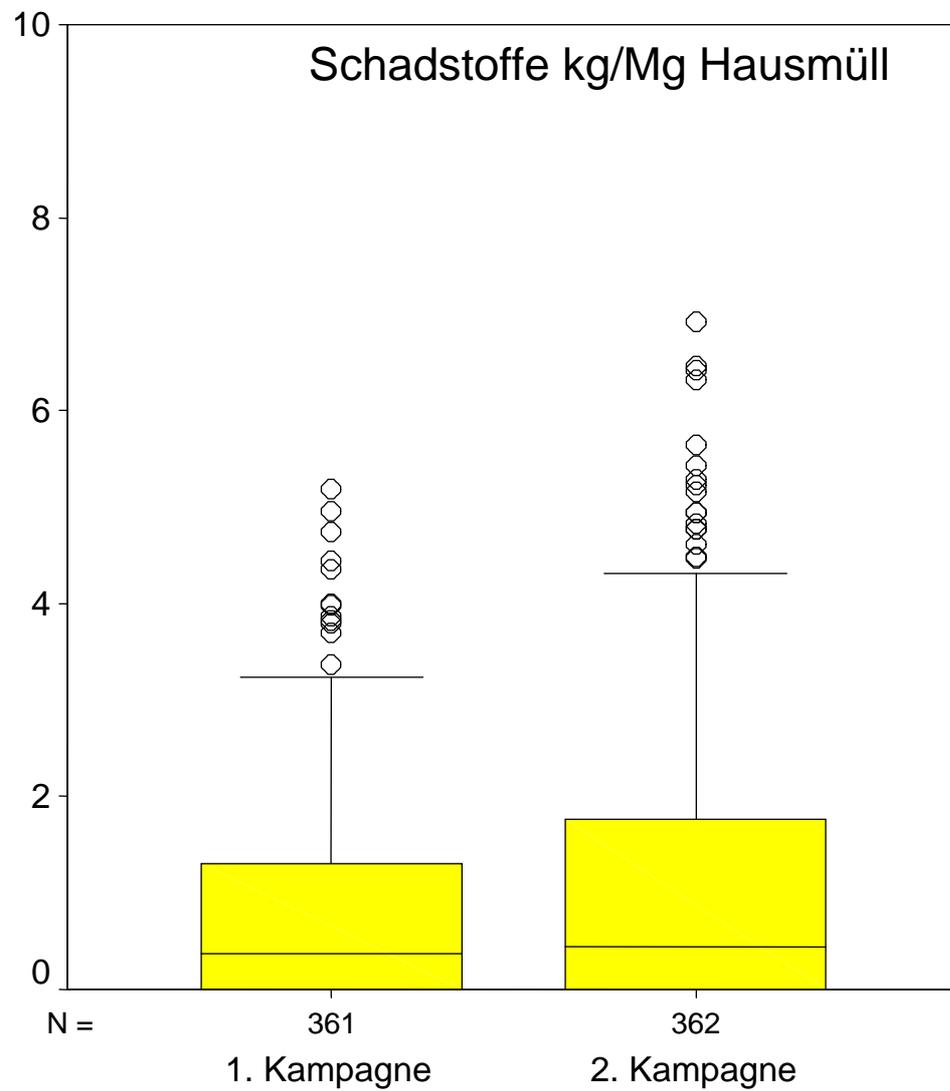


Abb. 34: Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von der Untersuchungskampagne (kg/Mg Siedlungsabfall)

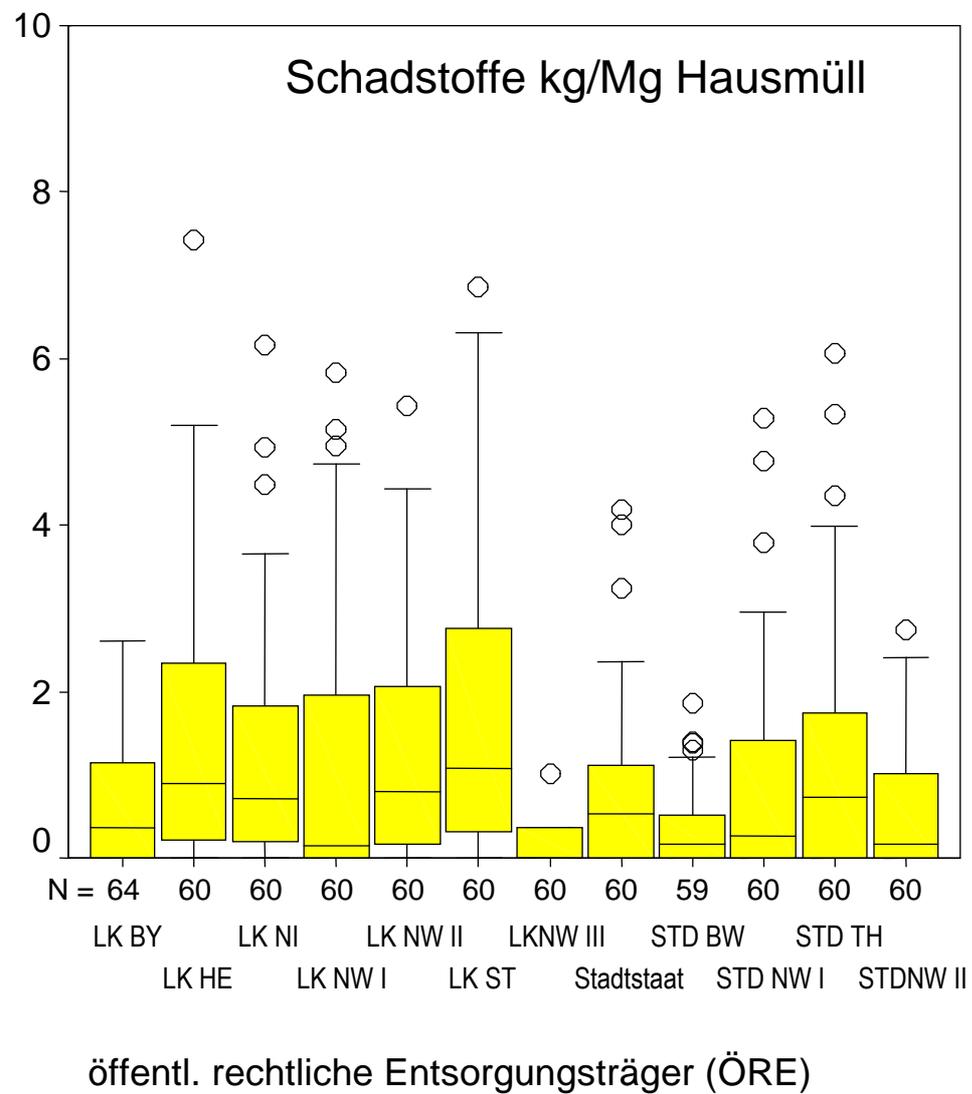


Abb. 35: Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von dem ÖRE (kg/Mg Siedlungsabfall)

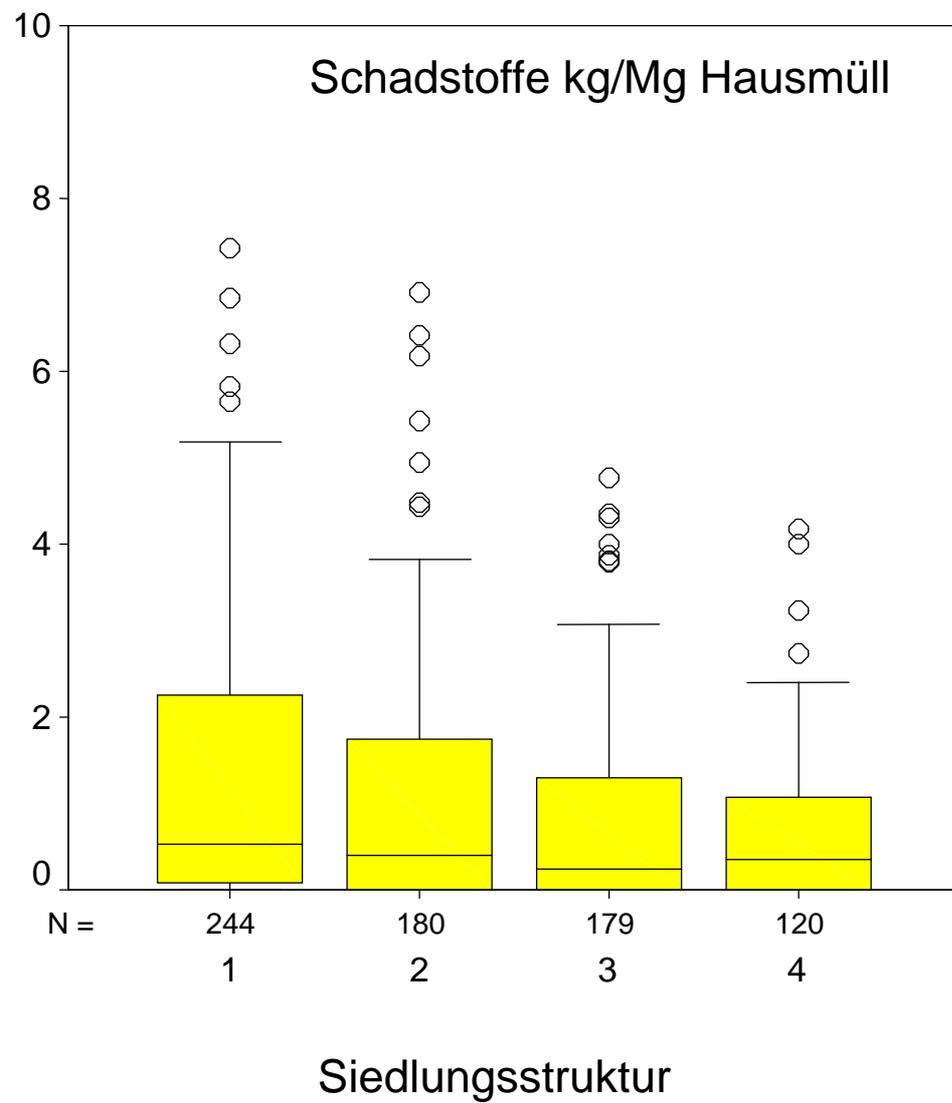


Abb. 36: Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur (kg/Mg Siedlungsabfall)

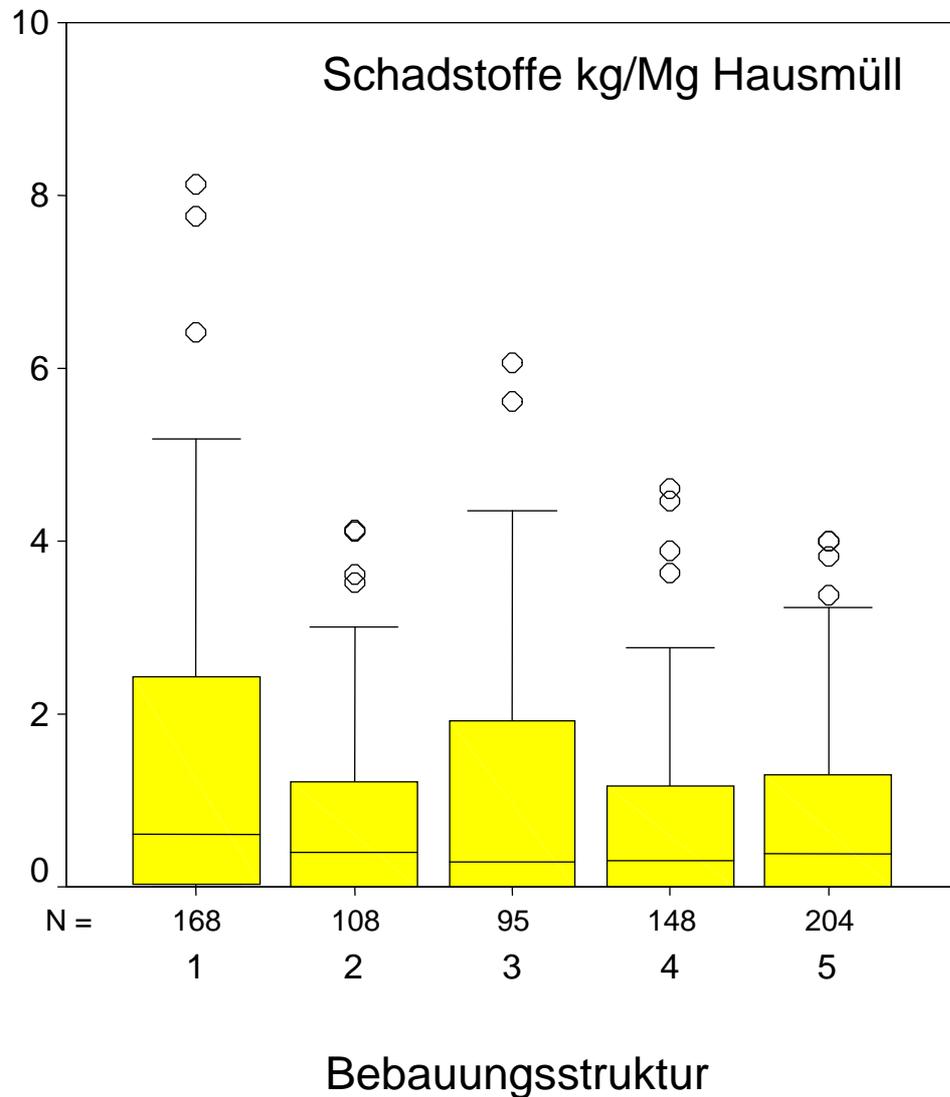


Abb. 37: Häufigkeitsverteilung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll in Abhängigkeit von der Baustruktur (kg/Mg Siedlungsabfall)

Beim Vergleich der beiden Untersuchungs-Kampagnen (Abb. 34) zeigt sich, dass die ermittelten Mediane annähernd gleich waren. Der Schwankungsbereich der ermittelten Werte war dagegen bei der 2. Kampagne deutlich größer. Bei der 1. Kampagne befanden sich 50 % der Werte in einer Box von weniger als 1,3 kg/Mg, bei der 2. Kampagne in einer Box bis zu 1,8 kg/Mg.

Der Schwankungsbereich der ermittelten Einzelwerte in den untersuchten ÖRE war sehr unterschiedlich (Abb. 35). Die engste Box wiesen der LK NW III und die Stadt BW (0,4 bzw. 0,6 kg/Mg) auf, die weiteste der LK ST (2,5 kg/Mg).

Bei den Anteilen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll zeigten die Siedlungsstrukturen mit zunehmender Besiedlungsdichte auch geringere Schwankungsbereiche der ermittelten Werte (Abb. 36).

Bei den Bebauungsstrukturen (Abb. 37) wies die Struktur „ländlich, dörflich“ die größte Streuung der ermittelten Werte auf. Die engsten Korridore hatten die Strukturen „ländlich, kleinstädtisch“ und „städtisch, Kernstadt“.

Bei der vergleichenden Betrachtung der ÖRE und der Bebauungs-/Siedlungsstrukturen zeigten diese engere Korridore, da sie eine größere Homogenität innerhalb der einzelnen Strukturen aufwiesen.

Bei einer höheren Trefferquote, d. h. einer höheren Fundhäufigkeit schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll, in den betrachteten Strukturen, war i. d. R. auch der Schwankungsbereich der ermittelten Werte größer.

## **5.7 Komplementär erfasste schadstoffhaltige Abfälle und Batterien**

In allen ÖRE werden über die Sonderabfall-Kleinmengensammlung sowie über die Altbatterieerfassung der GRS schadstoffhaltige Abfälle bzw. Batterien separat erfasst und dokumentiert. Stellt man diese separat gesammelten schadstoffhaltigen Abfälle den im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfälle (ohne Batterien) gegenüber, zeigt sich das in Abb. 38 dargestellte Bild.

ÖRE mit geringen Mengen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll wiesen hohe einwohnerspezifische Sonderabfallsammelmengen auf. Im umgekehrten Fall, d. h. bei großen Mengen an schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll, wurden nicht bei allen ÖRE niedrige Mengen an getrennt erfassten Sonderabfällen festgestellt.

Die von den ÖRE ausgewiesenen separat gesammelten schadstoffhaltigen Abfälle unterliegen keiner einheitlichen Erfassung, d. h. welche Sonderabfälle angenommen werden und in welchen Mengen ist sehr unterschiedlich. Zudem ist nicht ersichtlich ob, und in welchem Umfang gewerbliche Sonderabfälle in den ausgewiesenen Mengen erfasst sind. Daher kommt es zu Verzerrungen, was einen direkten Vergleich erschwert. Tendenzen sind jedoch, wie oben angeführt, deutlich erkennbar.

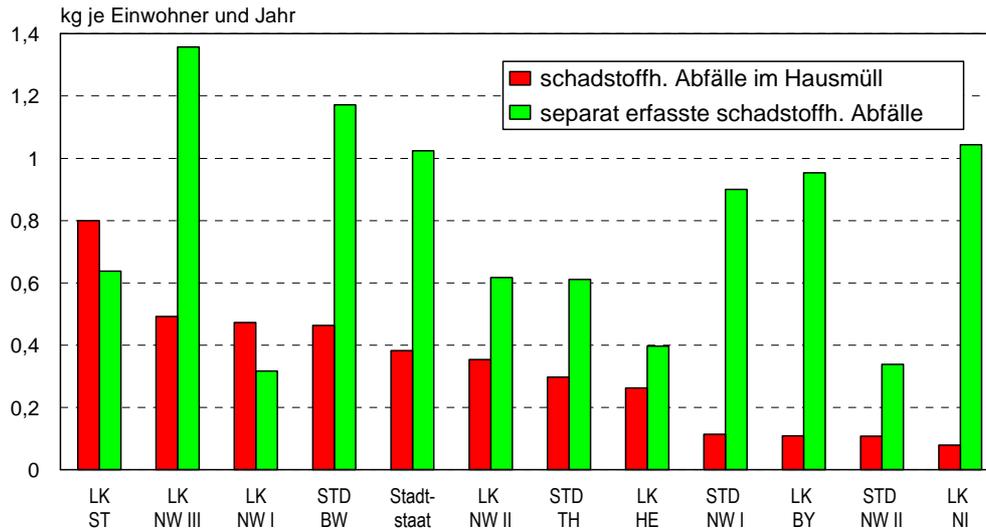


Abb. 38: Gegenüberstellung der separat gesammelten schadstoffhaltigen Abfälle und der schadstoffhaltigen Abfälle (ohne Batterien) im Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg/E\*Jahr)

Die GRS Batterien veröffentlicht alljährlich die in den ÖRE separat gesammelten Batteriemengen. In Abb. 39 sind die separat gesammelten Batterien und die im Hausmüll der untersuchten ÖRE ermittelten Batterien gegenübergestellt.

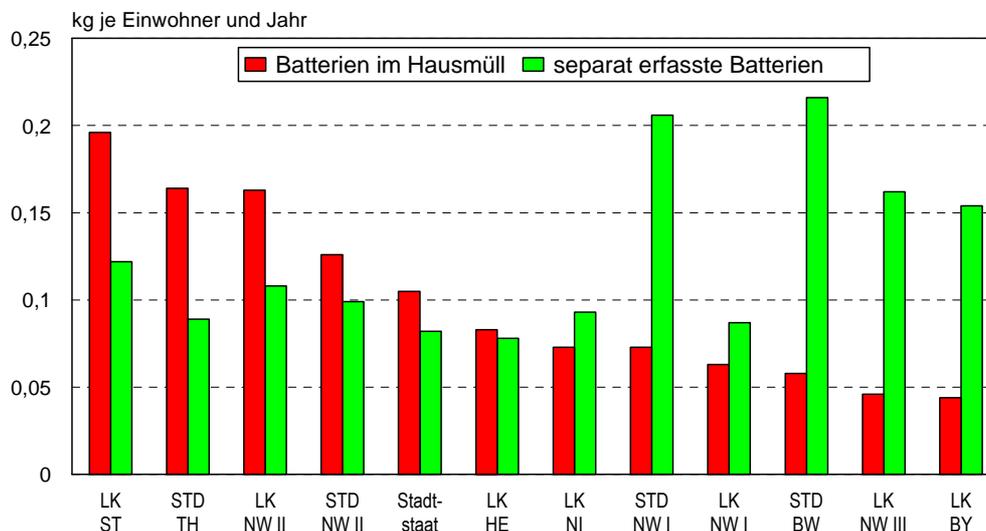


Abb. 39: Gegenüberstellung der separat gesammelten Batterien und der Batterien im Hausmüll der untersuchten ÖRE (kg/E\*Jahr)

Hier zeigen sich die Unterschiede aufgrund der einheitlichen Datenbasis wesentlich deutlicher. Während ÖRE mit hohen einwohnerspezifischen Batteriesammelmengen i. d. R. relativ geringe Mengen an Batterien im Hausmüll aufwiesen, gingen niedrige Mengen an getrennt erfassten Batterien meist mit hohen Batteriemengen im Hausmüll einher.

### 5.8 Hochrechnung der Ergebnisse auf Bundesebene

Basierend auf den in Kapitel 4 beschriebenen statistischen Auswertungsmodulen wurden die in den Strukturen ermittelten Ergebnisse auf Bundesebene hochgerechnet.

Hierzu wurden zunächst die Ergebnisse der für eine Bebauungsstruktur untersuchten sechs Stichprobeneinheiten gemittelt. Die Mittelwerte der Bebauungsstrukturen eines ÖRE wurden entsprechend ihrer Relevanz gewichtet und daraus die Abfallzusammensetzung bzw. Anteile der schadstoffhaltigen Abfälle des ÖRE ermittelt. Die Ergebnisse der ÖRE einer Siedlungsstruktur wurden wiederum gemittelt. Aus den Mittelwerten der Siedlungsstrukturen wurde dann, gewichtet über die Einwohnerzahlen der jeweiligen Siedlungsstruktur auf Bundesebene, die Hochrechnung der Menge schadstoffhaltiger Abfälle vorgenommen. Schematisch ist dies in Abb. 40 dargestellt.

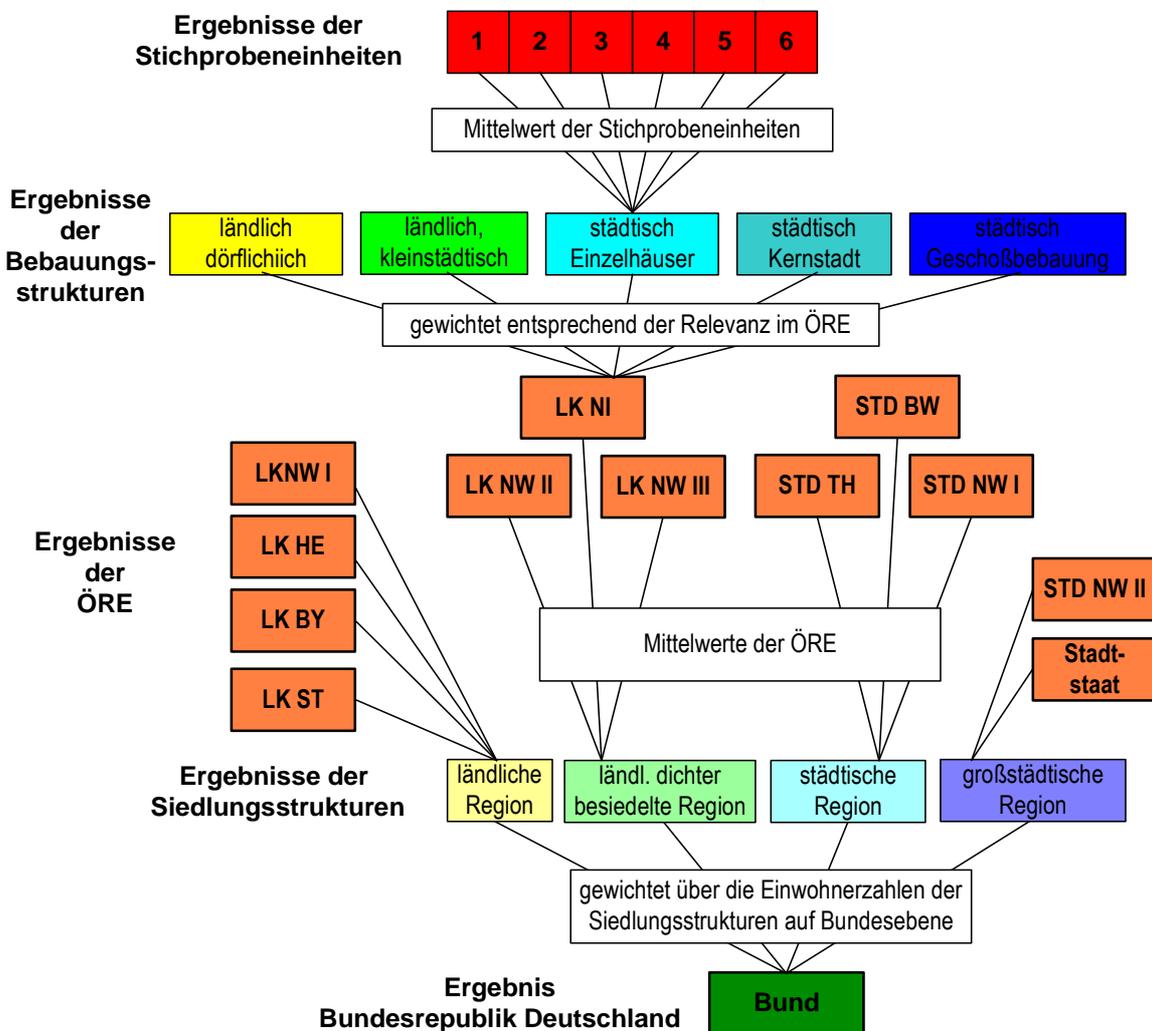


Abb. 40: Schema der Hochrechnung der Ergebnisse auf Bundesebene

Für die Bundesrepublik Deutschland wurde nach den vorliegenden Ergebnissen der Untersuchungen eine Menge über den Hausmüll entsorgter schadstoffhaltiger Abfälle von **0,419 kg je Einwohner und Jahr** ermittelt.

Dies entspricht einer jährlich in der Bundesrepublik allein von den privaten Haushalten über den Hausmüll entsorgten Menge schadstoffhaltiger Abfälle von **ca. 34.500 Mg**.

In Relation zu der deutschen Gesamthausmüllmenge (incl. der über die Systemabfuhr erfassten gewerblichen Abfälle) von ca. 15,1 Mio. Mg/Jahr (2000) nimmt sich diese Menge relativ gering aus. Entscheidend ist hierbei jedoch nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität der Abfälle, d. h. die auch von kleinen Mengen der schadstoffhaltigen Abfälle ausgehende potenzielle Gefährdung von Menschen und Umwelt.

In Abb. 41 und Abb. 42 sind die detaillierten Mengen der über den Hausmüll entsorgten schadstoffhaltigen Abfälle aufgeschlüsselt nach den Schadstoffarten dargestellt.

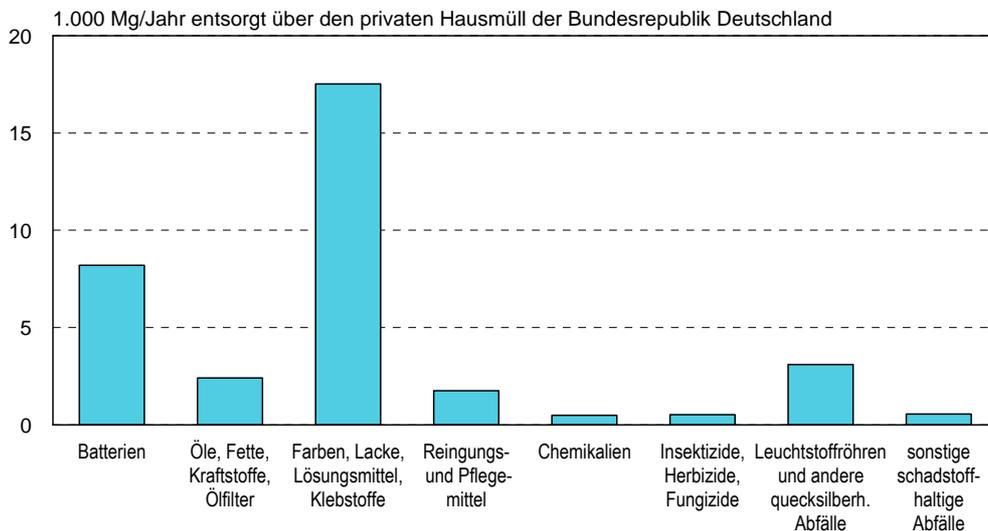


Abb. 41: Betrachtung der qualitativen Zusammensetzung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (hochgerechnet Mg/Jahr)

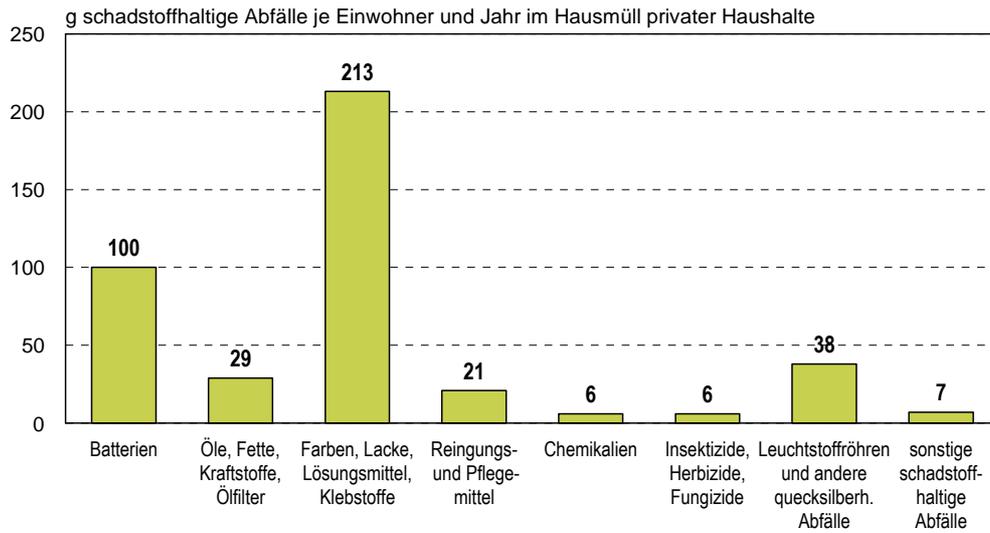


Abb. 42: Betrachtung der qualitativen Zusammensetzung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (einwohnerspezifisch g/Einwohner\*Jahr)

## 6 Plausibilitäts- und Fehlerbetrachtung

### 6.1 Plausibilitätsbetrachtung am Beispiel Batterien

#### 6.1.1 Plausibilitätskontrolle auf der Grundlage der Mengenbilanz der GRS Batterien

Die mit der größten Regelmäßigkeit im Hausmüll gefundene Gruppe schadstoffhaltiger Abfälle waren aufgrund ihrer ubiquitären Nutzung und der großen in Umlauf befindlichen Stückzahlen die Batterien.

Nach Inkrafttreten der Batterieverordnung und der Gründung der GRS Batterien wurden die Batterie-Mengenströme bilanziert und dokumentiert, so dass für diese – im Gegensatz zu den übrigen schadstoffhaltigen Abfällen – verlässliche Zahlen existieren, an Hand derer man die Plausibilität der erhobenen Daten überprüfen kann.

Insgesamt wurden von den Nutzern des GRS im Jahre 2002 29.982 Mg Batterien in Verkehr gebracht. Dies entspricht einer Gesamtstückzahl von rund 1,1 Milliarden Batterien (GRS 2003 a: Erfolgskontrolle 2002).

<b>In Verkehr gebrachte Batterien in Deutschland 2002</b>			
<b>Batterien*</b>	<b>Einheit</b>	<b>Deutschland</b>	<b>je Einwohner</b>
<b>Masse</b>	<b>kg</b>	<b>29.982.428</b>	<b>0,364</b>
<b>Stückzahl</b>	<b>Stück</b>	<b>1.135.796.000</b>	<b>13,8</b>
* = nur von Nutzern der GRS in Verkehr gebrachte Mengen      Quelle: GRS 2003 a: Erfolgskontrolle 2002			

Abb. 43: In Verkehr gebrachte Batterien in Deutschland 2002

Demzufolge wurden im Jahre 2002 im Mittel ca. 364 Gramm Batterien bzw. 13,8 Stück je Einwohner und Jahr in Verkehr gebracht (Abb. 43). Davon wurden durch die Rücknahmesysteme der GRS 2002 insgesamt 11.256 Mg Batterien gesammelt. Dies entspricht einer spezifischen Rücknahmemenge von 137 Gramm je Einwohner und Jahr (vgl. Abb. 44).

Die spezifische Mengenbilanz für Batterien für die Jahre 2000 (Untersuchungen des Witzhausen-Instituts zu Batterien im Hausmüll) und 2002 (aktuelle Untersuchungen zu schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll) ist in Abb. 44 dargestellt. Die Menge der in Verkehr gebrachten Batterien ist leicht gestiegen, der Anteil der durch die GRS zurückgenommenen Batterien hat sich deutlich erhöht. Dies ist zurückzuführen auf die gestiegene Zahl der GRS-Sammelbehälter für Batterien und Schaffung bequemer Rücknahmemöglichkeiten für den Verbraucher. Daher hat sich der Anteil der im Hausmüll gefundenen Batterien reduziert.

<b>Spezifische Mengenbilanz Batterien je Einwohner und Jahr 2000 und 2002</b>		
	<b>2000 Batterien g/E*a</b>	<b>2002 Batterien g/E*a</b>
Durch Nutzer der GRS in Verkehr gebracht	357	364
Durch GRS erfasste Mengen	114	137
Differenzmenge	243	227
<b>Davon im Hausmüll</b>	<b>115<sup>1</sup></b>	<b>100<sup>2</sup></b>
Davon in Gebrauch, Zwischenlagerung oder andere Entsorgung	128	127

<sup>1</sup> WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 c)

<sup>2</sup> Aktuelle Untersuchungen zu schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll

Abb. 44: Spezifische Mengenbilanz Batterien in Deutschland 2000 und 2002

### 6.1.2 Plausibilitätskontrolle auf der Grundlage der Batterietypenbilanz

In Abb. 45 sind die Stückzahlen, das Gewicht sowie die entsprechenden prozentualen Anteile der bei den Untersuchungen aus dem Hausmüll aussortierten Batterietypen dargestellt. Der mit Abstand häufigste Batterietyp, der bei den Untersuchungen gefunden wurde, waren Mignonzellen. Dies gilt sowohl bezogen auf die Stückzahlen, als auch auf das Gewicht.

Die Baby- und Monozellen wurden in deutlich geringerer Stückzahl gefunden, aufgrund ihres hohen Stückgewichts hatten sie jedoch einen relativ hohen gewichtsprozentualen Anteil (16,6 bzw. 22 Gew.-%).

Der Stück-Anteil der Knopfzellen belief sich auf 11 %, während deren gewichtsprozentualer Anteil lediglich 0,7 Gew.-% betrug.

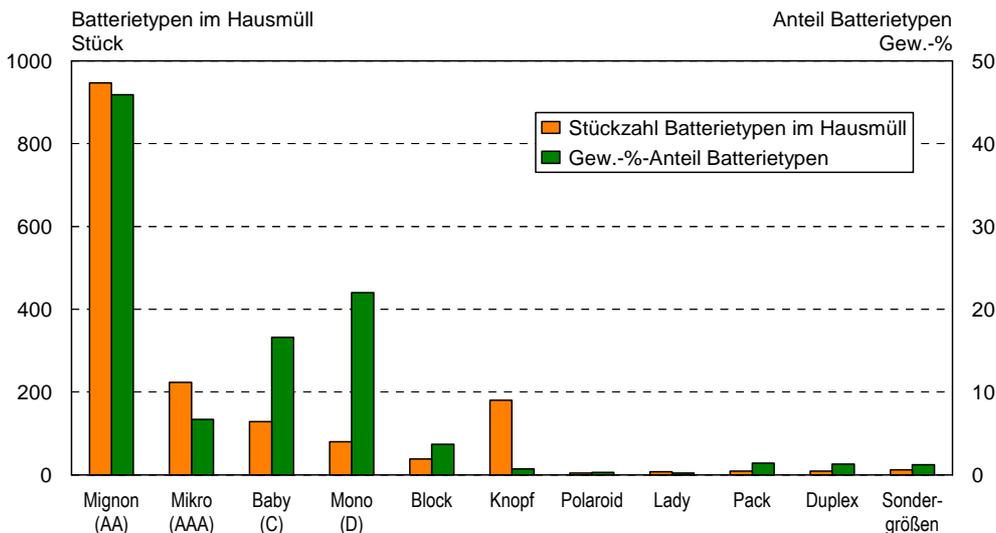


Abb. 45: Anzahl und gewichtsprozentuale Anteile der bei den Untersuchungen gefundenen Batterietypen im Hausmüll (WITZENHAUSEN-INSTITUT 2001 c)

In Tab. 12 sind die prozentualen Anteile der Stückzahlen der bei den Hausmülluntersuchungen gefundenen und der in Verkehr gebrachten Batterietypen und -arten dargestellt. Das Verteilmuster der gefundenen und in Verkehr gebrachten Batterietypen und -arten ist annähernd gleich, d. h. die bei den Untersuchungen im Hausmüll gefundenen Batterien ergaben ein sehr genaues Abbild der in Verkehr gebrachten Batterien.

Tab. 12: Stückzahlen (prozentuale Anteile) der im Hausmüll gefundenen und in Verkehr gebrachten Batterietypen und -arten (Quelle: GRS BATTERIEN 2002)

Batterietyp	im Hausmüll gefundene Batterien Stück-%	in Verkehr gebrachte Batterien Stück-%
Rundzellen ZnC, AlMn, ZnLuft	82,6	80,6
Rundzellen NiCd, Pb, Li, Li-Ion, Li, NiMH	6,4	8,8
Knopfzellen	11,0	10,6
<b>Summe</b>	100	100

Daraus ist zu schließen, dass nicht bestimmte Batterietypen und -arten bevorzugt zu den Rückgabestellen gebracht werden (insbesondere die schadstoffhaltigen Batterietypen) und andere in den Hausmüll gegeben werden, sondern dass von Seiten der Verbraucher ohne weitere Unterscheidung Batterien gesammelt bzw. über den Hausmüll entsorgt werden.

## 6.2 Plausibilitätskontrolle auf der Grundlage von Literaturdaten / Ergebnissen von Hausmüllanalysen in anderen ÖRE

### 6.2.1 Ergebnissen von Hausmüllanalysen in anderen ÖRE

Vergleichbare aktuelle Untersuchungen mit dem Schwerpunkt der Erhebung von schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll haben bisher auf Bundes- oder Landesebene nicht stattgefunden. Zwar wurden bei einer Vielzahl von öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern Hausmüllanalysen durchgeführt, allerdings zumeist vor dem Hintergrund anderer Fragestellungen, wie z. B. dem Anteil an Verpackungen und Wertstoffen im Hausmüll.

Eine aktuelle landesweite Untersuchung aus Bayern (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2003) zur Zusammensetzung von Abfällen aus privaten Haushalten, bei denen schadstoffhaltige Abfälle nach einer einheitlichen Methodik mit erhoben wurden, wird in Kapitel 6.2.3 separat betrachtet.

Bei der Recherche nach vergleichbaren Daten wurden Hausmüllanalysen von 26 öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern ermittelt, bei denen die Anteile schadstoffhaltiger Abfälle mit erhoben wurden<sup>8</sup>. Hierbei handelt es sich um Analysen die von verschiedenen Büros in den letzten Jahren (1998 – 2001) durchgeführt wurden, teilweise mit unterschiedlicher Bearbeitungstiefe und Methodik.

Bei den folgenden Gegenüberstellungen und Vergleichen ist daher folgendes zu berücksichtigen:

- Nur bei einem Teil dieser Analysen erfolgten Untersuchungen gemäß den zzt. gültigen Untersuchungsrichtlinien (Schichtung nach Bebauungsstrukturen, differenzierte Ermittlung der einwohnerspezifischen Parameter). Daher erfolgt der Vergleich der Ergebnisse unabhängig vom Einwohnerbezug auf der Basis der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (kg/Mg).
- Der Anteil der schadstoffhaltigen Abfälle wurde zumeist als Summenparameter erhoben. Eine weitere Differenzierung, welche schadstoffhaltigen Abfälle im Detail im Hausmüll gefunden wurden, erfolgte nur bei etwa fünf Untersuchungen.
- Schwerpunkte der durchgeführten Untersuchungen waren in der Regel nicht die Ermittlung der schadstoffhaltigen Abfälle. Die angewandte Methodik bei den vorliegenden Hausmüllanalysen zielte daher in der Regel nicht darauf ab, die im Müll vorhandenen schadstoffhaltigen Abfälle sicher und umfassend zu lokalisieren. So wurde beispielsweise in vielen Analysen diesbezüglich keine Sortierung des Fein- und

---

<sup>8</sup> ZELLNER, J. (2002), LANDKREIS UCKERMARK (2000), FABION GbR (2000 a, b, c), INGUT INGENIEURBÜRO FÜR UMWELTECHNOLOGIE (1998), MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (1999), BÜRO FÜR ABFALL + UMWELT PROF. SCHEFFOLD & PARTNER (1998), NELLES ET AL. (2001), WITZENHAUSEN-INSTITUT (2000, 2001 a, b, d, e), AWB ALTENBURG (1998), STADT ROSENHEIM (2003), SCHIRMER UMWELTECHNIK GMBH (1998), IZES INSTITUT FÜR ZUKUNFTSENERGIESYSTEME (2001), PANNING (2002), KANTAK & ADAM GbR (2000)

Mittelmülls ( $\leq 40$  mm) vorgenommen. Gerade die aktuellen Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass sich z. B. im Mittelmüll ein großer Anteil Batterien findet.

- Die Definition dessen, was bei den Untersuchungen als „schadstoffhaltiger Abfall“ angesehen wurde, war sehr unterschiedlich; so wurden z. T. Staubsaugerbeutel zu den schadstoffhaltigen Abfällen gerechnet und Medikamente mit erhoben. Für die folgenden Vergleiche wurden die Daten nach Möglichkeit vereinheitlicht.

In Abb. 46 sind die Ergebnisse der Untersuchungen in den anderen ÖRE dargestellt.

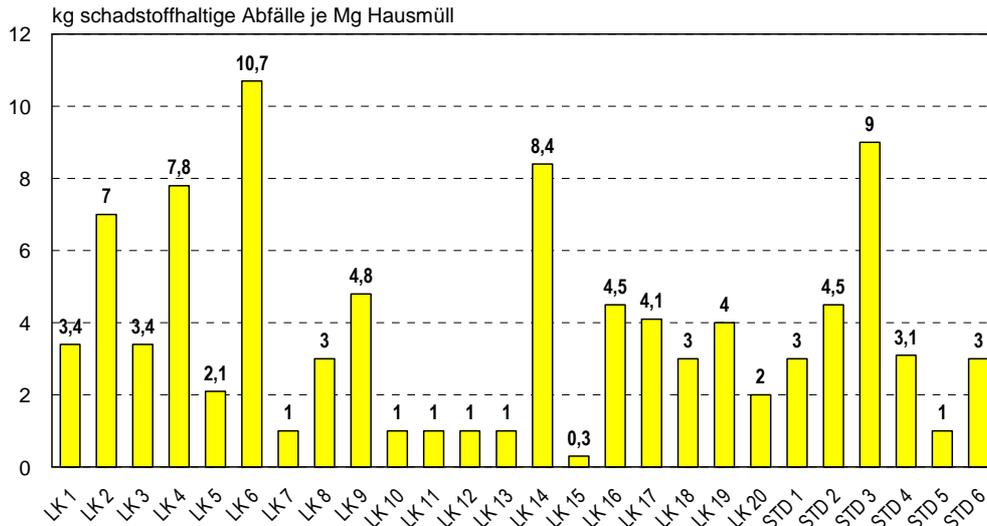


Abb. 46: Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll - Ergebnisse aus anderen ÖRE (1998 - 2001)

Die hier ermittelten Anteile schadstoffhaltiger Abfälle reichten von 0,3 – 10,7 kg je Mg Hausmüll. Im Vergleich dazu bewegten sich die bei den aktuellen Untersuchungen ermittelten Werte zwischen 1,21 und 6,4 kg/Mg (vgl. Abb. 16).

Für einen weiteren Vergleich wurden die Ergebnisse der anderen Untersuchungen entsprechend der Schichtung der aktuellen Untersuchung zusammengefasst. So sind in Abb. 47 die Ergebnisse der Bebauungsstrukturen und in Abb. 48 die Ergebnisse der Siedlungsstrukturen gegenübergestellt.

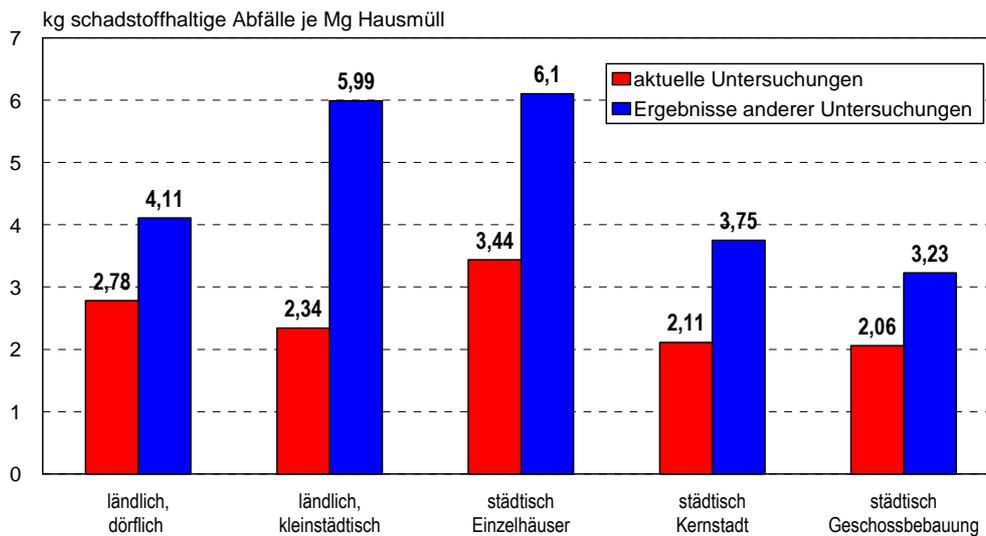


Abb. 47: Anteile schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der Bebauungsstrukturen - Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit Ergebnissen aus anderen Untersuchungen

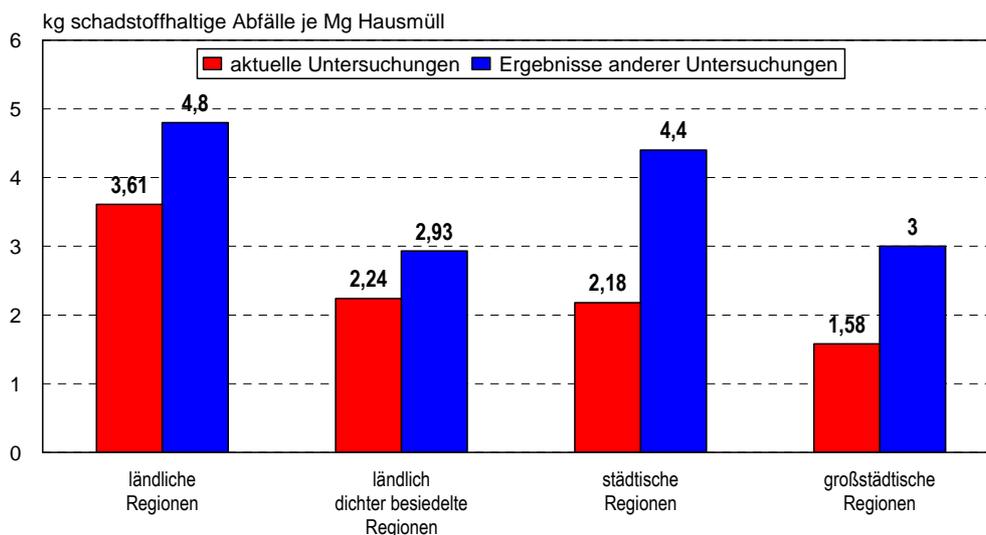


Abb. 48: Anteile schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll der Siedlungsstrukturen - Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit Ergebnissen aus anderen Untersuchungen

Ein Vergleich der Ergebnisse der Strukturen zeigt, dass die in den aktuellen Untersuchungen ermittelten Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll niedriger ausfielen, als die bei den anderen Untersuchungen ermittelten Anteile. Ursachen dürften zum einen die weitere Fassung des Begriffs „schadstoffhaltige Abfälle“ bei den anderen Untersuchungen sein. Zum anderen wurden die „anderen Untersuchungen“ zum Teil vor der flächendeckende Einführung der Batterieerfassung durch die GRS durchgeführt. Zudem weisen gerade die in Klein- und Kleinstmengen im Hausmüll anfallenden schadstoffhaltigen Abfälle große Schwankungsbereiche auf (vgl. 6.3). Tendenziell bewegen sich beide Ergebnisse im gleichen Rahmen.

## 6.2.2 Daten ausgewählter Landesabfallbilanzen

In Abb. 49 sind die Zusammensetzungen der im Hausmüll ermittelten und über die Sonderabfallkleinmengensammlung der ÖRE erfassten Mengen am Beispiel der Bundesländer Niedersachsen (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 2001) und Sachsen (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2000) gegenübergestellt.

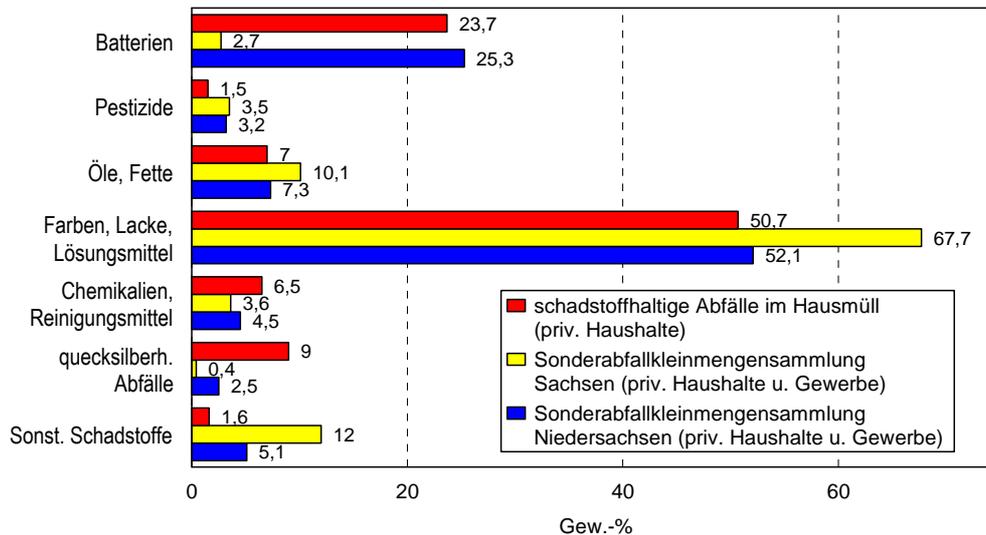


Abb. 49: Gegenüberstellung der Zusammensetzung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und über die Sonderabfallkleinmengensammlung erfasster schadstoffhaltiger Abfälle (Gew.-%)

Bei dieser vergleichenden Betrachtung ist zu beachten, dass die in den Abfallbilanzen der Länder ausgewiesenen Sammelmengen auch gewerbliche schadstoffhaltige Abfälle beinhalten, während die bei den Untersuchungen im Hausmüll ermittelten Mengen nur aus privaten Haushalten stammen.

Es zeigen sich deutliche Parallelen hinsichtlich der schwerpunktmäßig gesammelten und im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfälle. Die Häufigkeit der Nutzung schadstoffhaltiger Produkte spiegelt sich sowohl bei der separaten Sammlung als auch bei der Entsorgung über den Hausmüll wider.

Auf der anderen Seite korrespondieren die geringen Mengen separat erfasster Batterien in Sachsen mit den Ergebnissen in den beiden untersuchten ostdeutschen ÖRE - diese wiesen die höchsten Batteriemengen im Hausmüll auf.

## 6.2.3 Untersuchungen zu Zusammensetzung und Schadstoffgehalten in Siedlungsabfällen in Bayern

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz hat in den Jahren 1999 – 2002 in fünf Städten, neun Landkreisen und einem Abfallzweckverband Untersuchung zur Zusam-

mensetzung von Abfällen aus privaten Haushalten durchführen lassen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2003). Das Besondere hieran war, dass alle Untersuchungen nach der gleichen Methodik, basierend auf der Sortierrichtlinie des Landes Brandenburg (LUA BRANDENBURG 1998), durchgeführt wurden und somit kompatibel zur Methodik und den Ergebnissen dieser Arbeit sind.

Bei der Ermittlung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll wurden diese differenziert nach Sonderabfällen (Lacke, Farben, Altöl, Pestizide etc.), Batterien und Medikamenten erfasst. Lässt man die Medikamente unberücksichtigt, ergaben sich die folgenden Werte an schadstoffhaltigen Abfällen im bayerischen Hausmüll (Tab. 13).

Tab. 13: Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll in Bayern

<b>Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll in Bayern</b>		
Sonderabfälle	Batterien	<b>Summe schadstoffhaltige Abfälle</b>
0,2 kg/E*Jahr	0,14 kg/E*Jahr	<b>0,34 kg/E*Jahr</b>
0,18 Gew.-%	0,12 Gew.-%	<b>0,3 Gew.-%</b>

In der Summe fanden sich somit im Mittel 0,34 kg/E\*Jahr bzw. 0,3 Gew.-% schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll in Bayern. In den untersuchten Landkreisen fanden sich zwischen 0,08 – 0,6 kg/E\*Jahr, in den Städten zwischen 0,23 – 0,68 kg/E\*Jahr (ohne Medikamente).

Dies spiegelt sich auch bei der Betrachtung der differenzierten Strukturen wider; es fanden sich leicht ansteigende Werte an schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll mit zunehmender Besiedlungs-/Einwohnerdichte.

Tab. 14: Schadstoffgehalte im Hausmüll in Bayern differenziert nach Strukturen

	-      schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll      +
Siedlungsstruktur	ländlich < ländlich dicht < städtisch = großstädtisch
Bebauungsstruktur	Stadtrand / ländlich < städtisch < innerstädtisch

Zusammenfassend kommt das Bayerische Landesamt in seinem Bericht zu dem Schluss, dass mit zunehmendem Bebauungsgrad gerade im innerstädtischen Bereich mehrere Haushalte den gleichen, größer dimensionierten Restabfallbehälter benutzen und hier eingeschränkte räumliche Verhältnisse für eine Getrennthaltung von Abfällen vorzufinden sind. Das hat zur Folge, dass eine geringere „Identifikation“ mit dem produzierten eigenen Restmüll vorhanden ist. Zudem ist die Akzeptanz von Trennsystemen im

innerstädtischen Bereich kleiner als im ländlichen Bereich. Daher fanden sich hier höhere Restmüllmassen und auch höhere Anteile an schadstoffhaltigen Abfällen.

Bezogen auf die aktuellen Untersuchungen stellen die in Bayern ermittelten Werte keinen Widerspruch dar. In Bayern ist das System der getrennten Sammlung von Wert- und Schadstoffen sehr gut ausgebaut, ist von der Bevölkerung akzeptiert und wird daher auch stark frequentiert (vgl. hierzu Kap. 7.4). Daher liegt die im Hausmüll in Bayern ermittelte Menge schadstoffhaltiger Abfälle unter dem für die Bundesrepublik Deutschland ermittelten durchschnittlichen Wert (Kap. 5.8).

Die leicht gegenläufige Tendenz der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der Strukturen (in Bayern mehr schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll der verdichteten Strukturen (Tab. 14), bei den aktuellen Untersuchungen mehr schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll der weniger verdichteten Strukturen) erklärt sich ebenfalls aus der großen Akzeptanz der Trennsysteme. Diese ist in den ländlichen Strukturen in Bayern besser als in den städtischen.

Stellt man die Ergebnisse der Untersuchungen in Bayern und die der aktuellen Untersuchung gegenüber, so zeigt sich, dass der Hausmüll der ländlichen Strukturen in der aktuellen Untersuchung vergleichsweise höhere Schadstoffgehalte aufweist, die in den städtischen Strukturen ermittelten Werte sind dagegen annähernd gleich (Tab. 15).

Tab. 15: Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse (Bayern/aktuelle eigene Untersuchungen) differenziert nach Strukturen

Schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll		ländlich / ländlich dicht (Landkreise)	städtisch / großstädtisch (Städte)
		kg/E*Jahr	kg/E*Jahr
Untersuchung Bayern (1999 - 2002)	Ø	0,30	0,38
	Schwankungs- breite	0,08 - 0,6	0,23 - 0,68
aktuelle Untersuchungen (2000 - 2002)	Ø	0,46	0,38
	Schwankungs- breite	0,15 - 1,0	0,19 - 0,52

### 6.3 Fehlerbetrachtung

Die Abweichung der aus den Stichproben ermittelten Werte vom wahren Wert der Grundgesamtheit sollte durch die Berechnung eines Unsicherheitsbereichs dargelegt werden.

In den Sortierrichtlinien wird der Variationskoeffizient<sup>9</sup> des geschätzten Untersuchungsparameters (hier die Hausmüllmenge) als geeignete statistische Größe vorgeschlagen.

Für geschichtete Stichproben, wie sie für diese Untersuchung vorliegen, wird die Betrachtung der Variationskoeffizienten für die einzelnen Schichten empfohlen. Durch die Schichtung der Stichprobe (vgl. Kap. 3.3) wird der Variationskoeffizient und damit die Zufallsabweichung der Daten kleiner, weil die Schichten eine homogenere Datenmenge beinhalten als die gesamte Stichprobe.

Der Variationskoeffizient gibt die Standardabweichung als Prozentsatz des Mittelwertes an, d. h. um wie viel Prozent des Mittelwertes die Messwerte vom Mittelwert abweichen (EHRENBERG 1986). So weichen zum Beispiel die Messwerte der schadstoffhaltigen Abfälle in der Schicht „ländliche Region“ im Durchschnitt bis zu 52 % des Mittelwertes vom Mittelwert ab.

Tab. 16: Statistische Kenndaten der Schichten der aktuellen Untersuchungen

Aktuelle Untersuchungen zu schadstoffhaltigen Abfällen im Hausmüll 2000 - 2002	Standardabweichung	Variationskoeffizient %	95 % Vertrauensintervall untere Grenze	Mittelwert kg schadsth. Abfälle je Mg Hausmüll	95 % Vertrauensintervall obere Grenze
ländlich, dörflich	2,30	83	-2,19	2,78	7,75
ländlich, kleinstädtisch	2,30	98	-2,96	2,34	7,64
städtisch Einzelhäuser	2,46	65	-2,01	3,81	9,63
städtisch Kernstadt	2,41	114	-3,19	2,11	7,42
städtisch Geschoßbebauung	1,95	95	-2,07	2,06	6,19
ländliche Regionen	1,89	52	-2,40	3,61	9,63
ländlich dichter besiedelte Regionen	0,77	34	-1,07	2,24	5,54
städtische Regionen	0,89	41	-1,63	2,18	5,98
großstädtische Regionen	0,52	33	-5,08	1,58	8,24

Zur besseren Einordnung der in Tab. 16 dargestellten aktuellen Ergebnisse sind in Tab. 17 die Kenndaten für Schichten aus anderen Untersuchungen dargestellt<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Der Variationskoeffizient ist ein relatives, dimensionsloses, empirisches Streuungsmaß mit dem Mittelwert als Einheit (vom Mittelwert bereinigt, also ohne Nennung des Mittelwertes interpretierbar); geeignet zum Vergleich der Variabilität von Untersuchungsparametern mit verschiedenen Mittelwerten bzw. zum Vergleich von Stichproben eines Grundgesamtheitstyps.

<sup>10</sup> Zusammengefasst aus den Daten der in 6.2 aufgeführten anderen Hausmülluntersuchungen

Tab. 17: Statistische Kenndaten der Schichten anderer Hausmüll-Untersuchungen

Andere Hausmüll-Untersuchungen 1998 - 2001	Standard- abweichung	Variations- koeffizient %	95 % Vertrauens- intervall untere Grenze	Mittelwert kg schadsth. Abfälle je Mg Hausmüll	95 % Vertrauens- intervall obere Grenze
ländlich, dörflich	5,50	134	-8,34	4,11	16,55
ländlich, kleinstädtisch	6,14	103	-13,54	5,99	25,51
städtisch Einzelhäuser	8,56	140	-13,64	6,10	25,84
städtisch Kernstadt	2,17	58	-1,56	3,75	9,06
städtisch Geschoßbebauung	2,87	89	-3,17	3,23	9,63
ländliche Regionen	3,33	69	-3,08	4,80	12,67
ländlich dichter besiedelte Regionen	2,25	77	-2,02	2,93	7,88
städtische Regionen	3,39	77	-6,38	4,40	15,18
großstädtische Regionen	-	-	-	3,00	-

Die ermittelten Variationskoeffizienten zeigen, dass die Belastbarkeit der Ergebnisse der einzelnen Schichten sehr unterschiedlich ist.

Fallen die schadstoffhaltigen Abfälle in den untersuchten Schichten massenmäßig relativ gleichmäßig an, dann können sie mit einer höheren Genauigkeit angegeben werden, der Variationskoeffizient ist entsprechend niedrig.

Die Auswertung der Variationskoeffizienten verschiedener Hausmülluntersuchungen ergab (LUA NORDRHEIN-WESTFALEN 1998), dass die Variationskoeffizienten bzw. die natürliche Streuung der Gesamtmengen relativ geringe Unterschiede zeigten und um einen Wert von ca. 30 % schwankten. Für die einzelnen Stoffgruppen ergab sich eine deutlich größere Grundstreuung, da diese abhängt von der Regelmäßigkeit und dem Gewichtsanteil, mit dem die Stoffgruppe im Hausmüll erwartet wird. Bei den schadstoffhaltigen Abfällen, deren Aufkommen im Hausmüll aufgrund ihrer geringen Mengen stark schwankt, sind die Ergebnisse mit einer größeren Unsicherheit behaftet, der Variationskoeffizient ist hier entsprechend deutlich höher (Tab. 18).

Tab. 18: Variationskoeffizienten schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll - Ergebnisse anderer Untersuchungen

Ergebnisse von anderen Hausmülluntersuchungen*	Variationskoeffizient %
BHMA 1983/85	215
Berlin 1992/93 (1. Kampagne)	385
Berlin 1992/93 (2. Kampagne)	189
Bad Salzungen 1994	83
Dortmund 1994 (1. Kampagne)	138
Dortmund 1994 (2. Kampagne)	193
Dortmund 1994 (3. Kampagne)	197
Paderborn 1994/95 (1. Kampagne)	147
Paderborn 1994/95 (2. Kampagne)	183
Hannover 1995 (1. Kampagne)	242
Hannover 1995 (2. Kampagne)	131

\* LUA NORDRHEIN-WESTFALEN (1998)

Bezogen auf die Ergebnisse der aktuellen Untersuchungen heißt dies, dass die natürliche Streuung der ermittelten Untersuchungsergebnisse etwa der in anderen Hausmülluntersuchungen ermittelten entspricht bzw. deutlich geringer ist.

Absolute Gewissheit über eine Verteilung, über einen Mittelwert oder über eine Standardabweichung der Grundgesamtheit vermag keine Stichprobe zu geben (RUCK 2003). Dies berücksichtigt und vor dem Hintergrund der statistischen Vergleichsdaten können die ermittelten Untersuchungsergebnisse als gesichert angesehen werden.

## 7 Diskussion

In den vorangehenden Kapiteln wurden die Untersuchungsergebnisse detailliert dargestellt und beschrieben. Es wurde deutlich, dass Anteil und Menge der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll abhängig sind von der jeweiligen Siedlungs- und Bebauungsstruktur. Innerhalb dieser Strukturen waren deutliche Unterschiede hinsichtlich der Menge schadstoffhaltiger Abfälle feststellbar. Im Folgenden werden Ursachen für diese Verteilung und die verschiedenen Einflussgrößen eingehend betrachtet und kritisch diskutiert. Zudem werden Vergleiche und Betrachtungen zu Ergebnissen anderer Untersuchungen angestellt.

Hierbei stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Ist eine nationale Betrachtung von Schadstoffen auf der Grundlage von Stichprobenuntersuchungen zulässig?
- Was sind mögliche Einflussgrößen für das vorgefundene Schadstoffaufkommen?
- Wie ist die Effizienz des Erfassungssystems vor dem Hintergrund der rechtlichen Vorgaben zu bewerten?

### 7.1 Nationale Betrachtung schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll

Zur Bewertung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll ist eine strukturelle und räumliche Differenzierung des vorgefundene Schadstoffaufkommens sinnvoll. Als strukturelle Differenzierungsebenen werden die verschiedenen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, die Siedlungs- und Bebauungsstruktur betrachtet sowie als großräumige Differenzierung ein Ost-/West- sowie eine Nord-/Südvergleich durchgeführt.

Auch wenn die verschiedenen Differenzierungsebenen teilweise erhebliche Unterschiede aufweisen, sind diese nicht in der Methodik begründet, sondern haben klare Ursachen in den strukturellen und administrativen Rahmenbedingungen. So ist beispielsweise das im Hausmüll vorgefundene Portfolio an Batterien nahezu identisch mit den Anteilen der in Verkehr gebrachten Batterien.

Die Ergebnisse der Plausibilitäts- und Fehlerbetrachtung belegen, dass eine nationale Betrachtung von Schadstoffen auf der Grundlage von Stichprobenuntersuchungen zulässig ist und schlüssige, reproduzierbare Ergebnisse liefert. Vergleichbare Untersuchungsansätze wurden im Rahmen der bundesweiten Hausmüllanalyse (UMWELTBUNDESAMT 1986) sowie in den landesweit durchgeführten Müllanalysen in Bayern gewählt (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 2003).

Die landesweite Analyse von Hausmüll in Bayern (WEIGAND ET AL. 2005 a) ergab ein spezifisches Problemstoffaufkommen (Schadstoffe, Batterien und Medikamente) von 0,4 % des Restmüllaufkommens. Bei einem mittleren Abfallaufkommen in Bayern von 112 kg je Einwohner und Jahr ergibt dies eine Problemstoffmenge von 0,45 kg je Einwohner und Jahr. Im Vergleich dazu wurde bei der aktuellen bundesweiten Analyse ein

Schadstoffanteil von 0,25 % (allerdings ohne Medikamente) ermittelt, was bei einem mittleren spezifischen Müllaufkommen von ca. 160 kg Einwohner und Jahr eine absolute Schadstoffmenge von 0,42 kg je Einwohner und Jahr ergibt.

Lag die Trefferquote in Bayern bei 74 % (allerdings ebenfalls inklusive Medikamente), so lag diese in der aktuellen bundesweiten Untersuchung (ohne Medikamente) bei 70 %. Die Menge vorgefundener Batterien im Restmüll lag in der Untersuchung in Bayern bei 90 g je Einwohner und Jahr, in der bundesweiten Untersuchung bei 100 g je Einwohner und Jahr (WEIGAND 2005 b, persönliche Mitteilung). Somit zeigen beide Untersuchungen einen hohen Grad an Übereinstimmung.

## **7.2 Was sind mögliche Einflussgrößen für das vorgefundene Schadstoffaufkommen?**

In Tab. 19 sind Charakteristika und die ermittelten spezifischen Mengen der untersuchten Siedlungsstrukturen gegenübergestellt. Hier zeigt sich eine Abhängigkeit zwischen den Mengen separat erfasster und im Hausmüll ermittelter schadstoffhaltiger Abfälle. In Abb. 50 ist dieses Verhältnis grafisch dargestellt.

Es zeigt sich, dass bei den nach Siedlungsstrukturen zusammengefassten Ergebnissen die Region mit einem höheren Anteil schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (ländliche Region) geringere Mengen separat erfasster schadstoffhaltiger Abfälle aufwies. Andererseits wiesen die Regionen mit einem geringeren Anteil schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll (insbesondere die ländlich dichter besiedelte und die städtische Region) höhere Mengen separat erfasster schadstoffhaltiger Abfälle auf.

Die Siedlungsstruktur hat somit maßgeblichen Einfluss auf das Restmüllaufkommen und die -zusammensetzung. Andere nicht unmittelbar siedlungsspezifische Faktoren beeinflussen zusätzlich Restmüllaufkommen und -zusammensetzung (FRIPAN 2002).

	ländliche Region	ländlich dichter besiedelte Region	städtische Region	großstädtische Region
Untersuchte ÖRE	Landkreise	Landkreise	Kreisfreie Städte	Kreisfreie Stadt, Stadtstaat
Verdichtungsgrad	gering -	mittel - hoch -/+	hoch +	sehr hoch ++
Bebauungsstruktur	überwiegend ländl. dörflich und ländl. kleinstädtisch	alle Bebauungsstrukturen in relevantem Umfang vertreten	überwiegend städtische Strukturen mit ländl. kleinstädtischem Umland	überwiegend stark verdichtete städt. Strukturen
gemittelttes Hausmüllaufkommen kg/E*Jahr	141	180	179	229
gemittelttes Aufkommen separat erfasster schadstoffhaltiger Abfälle kg/E*Jahr	0,65	0,91	0,89	0,68
Trefferquote (Stichproben mit schadstoffh. Abfällen)	80%	69%	63%	65%
schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll kg/E*Jahr	0,51	0,4	0,39	0,36

Tab. 19: Charakteristika und spezifische Mengen in den untersuchten Siedlungsstrukturen

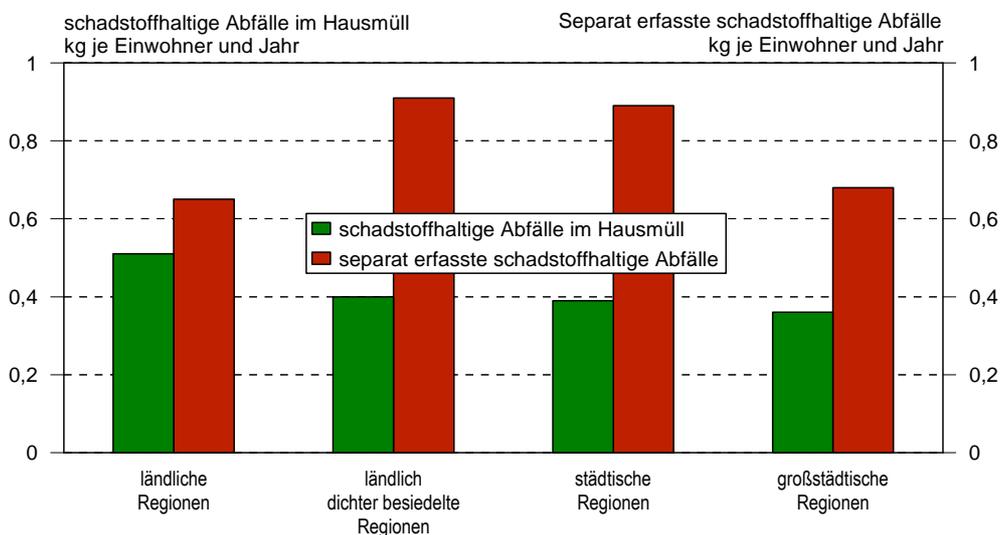


Abb. 50: Gegenüberstellung der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll und der separat erfassten schadstoffhaltigen Abfälle

In Analogie werden in Tab. 20 die Charakteristika und die ermittelten Mengen schadstoffhaltiger Abfälle der untersuchten Bebauungsstrukturen gegenübergestellt.

Mit zunehmender Bebauungsdichte werden i. d. R. die Wohneinheiten kleiner. Während im ländlichen Bereich und bei Ein- und Zweifamilienhäusern Wirtschafts- und Vorratsräume vorhanden sind, sind solche Räumlichkeiten in den kleinen Wohneinheiten der verdichteten Strukturen kaum zu finden. Die Konsequenz daraus ist fehlender Platz für eine getrennte Sammlung und Lagerung von Wertstoffen und Abfällen, i. e. auch schadstoffhaltigen Abfällen. Am deutlichsten zeigte sich das in der Struktur „städtisch, Mehrfamilienhäuser“<sup>11</sup>.

Zudem fehlt in diesen zumeist anonymen Wohnanlagen der verdichteten Strukturen eine soziale Kontrolle, die ansonsten, wenn Abfälle einem Haushalt zugeordnet werden können, eine wesentliche Stütze der separaten Sammlung von schadstoffhaltigen Abfällen darstellt. Infolge dessen fand sich in dieser Bebauungsstruktur der höchste Anteil schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll und mit 70 % die zweithöchste Trefferquote.

Mit zunehmender Bebauungsdichte nimmt die Akzeptanz für die separate Sammlung ab (FRIPAN 2002). Andererseits ist für die weniger verdichteten Strukturen ein höheres Potenzial an schadstoffhaltigen Produkten - und in der Folge Abfällen - anzunehmen. Dies resultiert aus den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten für solche Produkte in diesen Strukturen. In der Regel sind in diesen Strukturen Ein-/Zweifamilienhäuser mit Gärten vorzufinden, die Haushalte verfügen oft über ein bis zwei Fahrzeuge.

Vor diesem Hintergrund überrascht es nicht, dass die größten Mengen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll der Struktur „städtisch, Einzelhäuser“ zu finden sind. Die beiden ländlichen Strukturen, mit dem ebenfalls höheren Potenzial schadstoffhaltiger Produkte, wiesen dagegen geringere Mengen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll auf. Hier ist offenbar das Trennverhalten der Bewohner durch die stärkere soziale Kontrolle besser ausgeprägt. Die hohen Trefferquoten in diesen Strukturen verdeutlichen aber, dass auch hier der Hausmüll als gängige Entsorgungsmöglichkeit für schadstoffhaltige Abfälle genutzt wird.

Die geringsten Mengen schadstoffhaltiger Abfälle fanden sich in der Struktur „städtisch, Kernstadt“. Hier finden sich zwar auch kleine Wohneinheiten mit begrenzten Lagermöglichkeiten. Dem vergleichsweise geringen Schadstoffpotenzial dieser Struktur steht aber eine relativ gut ausgebaute Infrastruktur für die separate Erfassung schadstoffhaltiger Abfälle, insbesondere für Batterien, gegenüber.

Die tatsächlich vorgefunden Mengen an Schadstoffen werden somit durch das Zusammenspiel der drei Faktoren Schadstoffpotenzial, soziale Kontrolle/Motivation und der angebotenen Erfassungsstruktur bestimmt.

---

<sup>11</sup> Dies belegen auch die Untersuchungen zu Verpackungen im Hausmüll (WITZENHAUSEN-INSTITUT 2002 a). In der Bebauungsstruktur „städtische Mehrfamilienhäuser“ fanden sich die bei weitem höchsten Verpackungs- und Wertstoffanteile im Hausmüll.

	ländlich, dörflich	ländlich, kleinstädtisch	städtisch, Einzelhäuser	städtisch Kernstadt	städtisch, Mehrfamilienhäuser
<b>Verdichtungsgrad</b>	gering -	mittel +	gering - mittel -/+	hoch ++	hoch ++
<b>Behältergröße</b>	überwiegend 60/80/120 Liter MGB	60/80/120/240 Liter MGB	überwiegend 60/80/120 Liter MGB	überwiegend 240 Liter MGB	i.d.R. 1,1 m³ MGB
<b>Nutzung der Behälter</b>	i.d.R. durch einen einzelnen Haushalt	gemeinschaftlich oder durch einzelne	i.d.R. durch einen einzelnen Haushalt	i.d.R. gemeinschaft- liche Nutzung	gemeinschaftliche Nutzung
	bei Nutzung eines kleinvolumigen Behälters monetärer Vorteil für den Haushalt	nur begrenzt freie Behälterwahl und somit monetäre Vorteile durch Abfallvermeidung	bei Nutzung eines kleinvolumigen Behälters monetärer Vorteil für den Haushalt	i.d.R. keine freie Behälterwahl, kein finanzieller Anreiz zur Abfallvermeidung	keine freie Behälterwahl, kein finanzieller Anreiz zur Abfallvermeidung
<b>Räumliche Gegebenheiten</b>	große Wohneinheiten i.d.R. ausreichend Platz für getrennte Sammlung und Lagerung	große und kleine Wohneinheiten sowohl ausreichende als auch begrenzte Lagermöglichkeiten	große Wohneinheiten i.d.R. ausreichend Platz für getrennte Sammlung und Lagerung	kleine Wohneinheiten i.d.R. nur wenig Platz für getrennte Sammlung und Lagerung	kleine Wohneinheiten i.d.R. nur wenig Platz für getrennte Sammlung und Lagerung
<b>Soziales Umfeld</b>	gewachsene Strukturen, i.d.R. gut funktionierende soziale Kontrolle	überwiegend gewachsene Strukturen, soziale Kontrolle noch vorhanden	gewachsene Strukturen, i.d.R. gut funktionierende soziale Kontrolle	nur vereinzelt gewachsene Strukturen, zunehmend anonym, abnehmende soziale Kontrolle	sehr anonym, hohe Mieterfluktuation, i.d.R. hoher Ausländeranteil, kaum soziale Kontrolle
<b>Potenzial schadstoffhaltiger Abfälle in den Haushalten</b>	hoch ++ (überwiegend Eigenheim mit Garten, i.d.R. 1 -2 PKW)	erhöht + (Mietwohnungen und Eigenheim, i.d.R. PKW)	hoch ++ (überwiegend Eigenheim mit Garten, i.d.R. 1 - 2 PKW)	gering - mittel -/+ (überwiegend Mietwohnung, z.T. PKW)	gering - mittel -/+ (Mietwohnung, z.T. PKW)
<b>Trefferquote (Stichproben mit schadstoffh. Abfällen)</b>	78%	68%	64%	68%	70%
<b>schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll kg/E*Jahr</b>	0,39	0,39	0,52	0,36	0,46

Tab. 20: Charakteristika und spezifische Mengen schadstoffhaltiger Abfälle der untersuchten Bebauungsstrukturen

## 7.3 Erfassungsstruktur für Sonderabfallkleinmengen und Batterien

### 7.3.1 Bewertung der Erfassungsstruktur

Die Erfassungsstrukturen für Sonderabfälle in den untersuchten ÖRE sind in Tab. 21 in tabellarischer Form gegenübergestellt.

Gemein ist allen untersuchten ÖRE die Möglichkeit der kostenlosen Annahme von Sonderabfällen aus privaten Haushalten. Bei der Art und Weise der Sammlung und der „Benutzerfreundlichkeit“ der Annahmestellen sind jedoch z. T. deutliche Unterschiede zu erkennen. Die Annahme der schadstoffhaltigen Abfälle fußt auf zwei Bereichen:

- der stationären Sammlung (Bringsystem, ständig) und
- der mobilen Sammlung (Holsystem, periodisch).

ÖRE	Stationäre Sammlung	Mobile Sammlung	Sonstige Sammlung	Batterieerfassung durch GRS	Allgemeines und Besonderes	Annahme von Medikamenten
LK BY	1 Sammelstelle geöffnet 1 mal monatlich	1 Schadstoffmobil 130 Einsatzorte pro Jahr (ca. 2 mal im Jahr pro Haltepunkt für 30 - 60 Minuten)	80 Batteriesammelbehälter an öffentlichen Plätzen; Hinweis auf die Rückgabemöglichkeiten beim Handel.	74 Sammelstellen 1064 Einw./Sammelstelle 8,9 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe erfolgt kostenlos - mit Ausnahme von Altöl, Autobatterien und Altreifen (Hinweis auf günstigere Rücknahme über Händler); Schadstoffe aus dem gewerblichen Bereich werden nicht bei der mobilen Sammlung angenommen.	ja ergänzender Hinweis auf Abgabemöglichkeit bei Apotheken
LK HE	1 Sammelstelle geöffnet 3 mal wöchentlich	Schadstoffsammelmobil 2 mal jährlich in jedem Ort des Kreisgebietes	Batteriesammelbehälter in über 100 öffentlichen Gebäuden	126 Sammelstellen 1049 Einw./Sammelstelle 8,7 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos; Gewerbetreibende müssen ein Entgeld entrichten; maximale Menge 100 kg, maximale Gebindegröße 20 l; Altöl und Autobatterien werden nicht angenommen (Hinweis auf Rückgabe beim Händler)	nein Hinweis auf Abgabemöglichkeit bei Apotheken
LK ST	1 Sammelstelle stationäre Schadstoffsammlung werktags auf der Deponie	mobile Schadstoffsammlung 2 mal jährlich		63 Sammelstellen 1119 Einw./Sammelstelle 10,9 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos; Gewerbetreibende müssen die Entsorgungskosten übernehmen; maximale Gebindegröße 20 kg bzw. 30 l	ja
LK NW I	1 Sammelstelle stationäre Schadstoffsammlung werktags und samstags auf der Deponie	mobile Schadstoffsammlung 2 - 4 mal jährlich (je nach Gemeinde)		67 Sammelstellen 2782 Einw./Sammelstelle 18,6 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos	nein Hinweis auf Abgabemöglichkeit bei Apotheken
LK NI	3 Sammelstellen geöffnet werktags und samstags	mobile Schadstoffsammlung 1 - 4 mal jährlich (je nach Gemeinde)		184 Sammelstellen 982 Einw./Sammelstelle 8,4 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos; für Gewerbetreibende kostenpflichtig (bis 2.000 kg/Jahr Annahme an stationären Sammelstellen); Annahme von Altöl und Autobatterien gegen Gebühr	nein Hinweis auf Abgabemöglichkeit bei Apotheken
LK NW II	1 Sammelstelle geöffnet werktags und samstags	mobile Schadstoffsammlung 4 mal jährlich in den kreisangehörigen Städten und Gemeinden (lt. Satzung)		188 Sammelstellen 1572 Einw./Sammelstelle 3 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte bei stationärer Sammlung kostenpflichtig (7 Euro/Anlieferung, Batterien kostenlos)	nein
LK NW III	1 Sammelstelle	Schadstoffsammelmobil		167 Sammelstellen 2647 Einw./Sammelstelle 3,5 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos	
STD BW	2 Sammelstellen geöffnet 3 mal wöchentlich bzw. werktags und samstags	Schadstoffsammelmobil 2 mal jährlich in den verschiedenen Stadtteilen	Batteriesammelbehälter an den meisten Glascontainern (39 im Stadtgebiet)	231 Sammelstellen 1782 Einw./Sammelstelle 4,7 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos; für Gewerbetreibende kostenpflichtig (Annahme an einer Sammelstelle)	ja
STD TH	3 Sammelstellen	Schadstoffsammelmobil 2 mal jährlich in den verschiedenen Stadtteilen	Batteriesammelbehälter in Schulen und öffentlichen Einrichtungen	157 Sammelstellen 1301 Einw./Sammelstelle 1,7 km <sup>2</sup> /Sammelstelle		ja
STD NW I	1 Sammelstelle geöffnet werktags	Schadstoffsammelmobil 8 mal jährlich an 30 verschiedenen Haltepunkten in der Stadt		241 Sammelstellen 1014 Einw./Sammelstelle 0,7 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos	ja
Stadt- staat	13 Sammelstellen geöffnet werktags und samstags	Schadstoffsammelmobil täglich im Stadtgebiet unterwegs		1949 Sammelstellen 873 Einw./Sammelstelle 0,4 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos; Annahme von Altöl und Altreifen gegen Gebühr	ja
STD NW II	3 Sammelstellen geöffnet werktags und samstags	Schadstoffsammelmobil 2 mal wöchentlich im Stadtgebiet unterwegs (ca. 6 mal pro Jahr an den Haltepunkten für jeweils 20 Minuten)		409 Sammelstellen 961 Einw./Sammelstelle 0,4 km <sup>2</sup> /Sammelstelle	Annahme der Schadstoffe für Privathaushalte kostenlos	nur stationär; Hinweis, dass diese keine Problemabfälle sind und eine Abgabemöglichkeit bei Apotheken besteht

Tab. 21: Erfassungs-Infrastruktur für Sonderabfallkleinmengen und Batterien in den untersuchten ÖRE

Die stationäre Sammlung erfolgt i. d. R. an Abfallentsorgungsanlagen, Bau- und Recyclinghöfen oder Betriebshöfen des Entsorgers. Hier gab es zum einen Unterschiede hinsichtlich der Anzahl der Annahmestellen im Kreis-/Stadtgebiet. In jedem untersuchten ÖRE war mindestens eine stationäre Annahmestelle vorhanden, die maximale Anzahl fand sich in dem untersuchten Stadtstaat mit 13 Annahmestellen. Zum anderen variierten die Öffnungszeiten. Im für den Bürger günstigsten Fall waren die Annahmestellen werktags und samstags geöffnet, im ungünstigsten Fall lediglich einmal monatlich (LK BY).

In einigen der untersuchten ÖRE war die Annahme von Altöl und Autobatterien kostenpflichtig (LK BY, LK NI, Stadtstaat) bzw. wurde verweigert (LK HE). Hier wird jedoch deutlich auf die kostenlose Rücknahme dieser Stoffe durch den Handel hingewiesen.

In vier der untersuchten ÖRE wurden Medikamente nicht bei separater Schadstoffsammlung angenommen, sondern auf die Abgabemöglichkeiten bei Apotheken verwiesen.

Eine weitere Besonderheit gab es in dem ÖRE LK NW II; hier war die Anlieferung von Sonderabfällen an der stationären Sammelstelle grundsätzlich mit Kosten verbunden. Die Abgabe bei der mobilen Sammlung war jedoch auch hier kostenlos.

Die mobile Schadstoffsammlung wurde in allen untersuchten ÖRE angeboten. Hier gab es jedoch Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit des Einsatzes und der Zahl der Haltepunkte. In den meisten ÖRE erfolgte die mobile Sammlung zweimal jährlich. Es gab jedoch auch den Service, dass die mobile Sammlung achtmal jährlich an dreißig verschiedenen Haltepunkten im Stadtgebiet durchgeführt wurde (STD NW I).

Eine gesonderte Betrachtung ist wieder bei der Rücknahme gebrauchter Batterien und Akkumulatoren angebracht. Die GRS hat in allen untersuchten ÖRE ein flächendeckendes Rücknahmesystem durch den Handel installiert. In den dicht besiedelten ÖRE mit einer guten Infrastruktur des Handels findet sich auch ein dichtes Netz an Rücknahmestellen. So gibt es beispielsweise in dem Stadtstaat je 0,4 km<sup>2</sup> eine GRS-Sammelstelle für durchschnittlich 873 Einwohner. In dünn besiedelten ÖRE dagegen, wie z. B. in dem LK NW I, gab es nur alle 18,6 km<sup>2</sup> eine Sammelstelle für 2782 Einwohner.

Neben der über den Handel von der GRS installierten Rücknahmestruktur gibt es in der Regel von den ÖRE unterhaltene Rückgabemöglichkeiten für Batterien. Zum einen geschieht dies über die stationären und mobilen Schadstoffsammelstellen. Zum anderen gibt es Sammelbehälter in öffentlichen Verwaltungsgebäuden oder Schulen. Eine besondere Art der separaten Erfassung von Batterien gab es in der STD BW, wo an den meisten der im Stadtgebiet aufgestellten Glascontainer Behälter für die Sammlung gebrauchter Batterien angebracht waren<sup>12</sup>.

Je nach der Dichte der Sammel-Infrastruktur und der Information der Bürger über die Möglichkeiten der separaten Sammlung durch die ÖRE variieren daher Menge und Herkunft der separat erfassten Batterien (Abb. 51).

---

<sup>12</sup> Diese Möglichkeit der Batterierückgabe im Umfeld von Altglascontainern wird im Rahmen eines Pilotprojektes auch im Landkreis Friesland Nord und in der Stadt Wilhelmshaven erprobt (GRS BATTERIEN 2003 b).

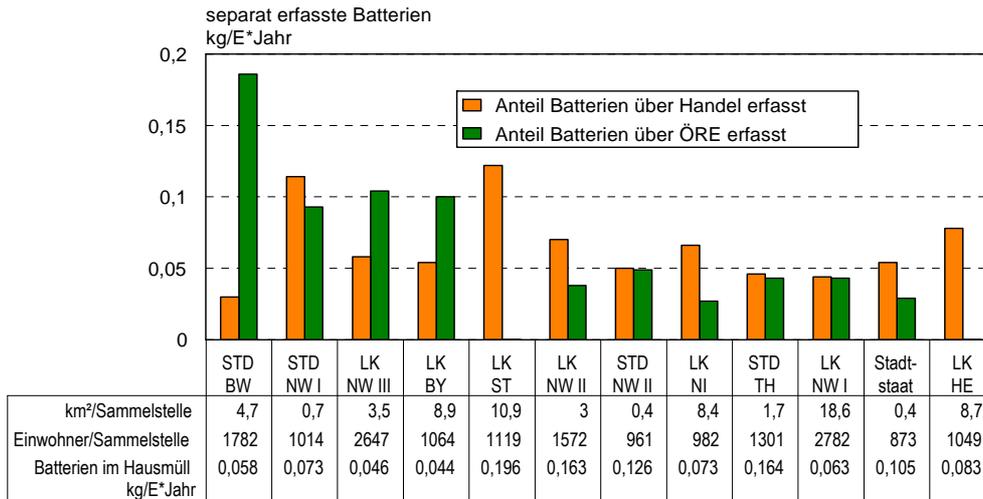


Abb. 51: Herkunft separat erfasster Batterien und ergänzende Strukturdaten

ÖRE	Erfassungsstruktur GRS	Erfassungsstruktur ÖRE	Fazit Sammlung und Entsorgung von Batterien
STD BW	von allen untersuchten Städten die schlechteste GRS-Infrastruktur (Einzugsbereich je Sammelstelle 4,7 km² bzw. 1.782 Einwohner)	sehr komfortables System über den ÖRE (Sammelbehälter an Glascontainern)	sehr geringe Mengen über den Handel, sehr hohe Mengen über den ÖRE, sehr hohe separat erfasste Gesamtmenge, geringe Mengen im Hausmüll
STD NW I	hohe GRS Sammelstellendichte	gutes Angebot durch den ÖRE	annähernd gleich hohe Mengen aus Handel und ÖRE, sehr hohe separat erfasste Gesamtmenge, mittlere Mengen im Hausmüll
LK NW III	für eine Flächenlandkreis sehr hohe GRS Sammelstellendichte (Einzugsbereich je Sammelstelle 4,7 km²) jedoch auch viele Einwohner je Sammelstelle (2.647)	gut funktionierendes Erfassungssystem des ÖRE	hohe Mengen über den ÖRE, geringere Mengen über den Handel, hohe separat erfasste Gesamtmenge, sehr geringe Mengen im Hausmüll
LK BY	geringe GRS Sammelstellendichte	gut funktionierende Erfassung über den ÖRE (wenn auch mit sehr eingeschränktem Angebot bei der stationären Sammlung)	hohe Mengen über den ÖRE, geringere Mengen über den Handel, hohe separat erfasste Gesamtmenge, sehr geringe Mengen im Hausmüll
LK ST	geringe GRS Sammelstellendichte	keine Erfassung über den ÖRE	sehr hohe Mengen über den Handel, nichts über den ÖRE, sehr hohe Mengen im Hausmüll
LK NW II	für einen Flächenlandkreis sehr hohe GRS Sammelstellendichte (Einzugsbereich je Sammelstelle 3 km²) jedoch auch viele Einwohner je Sammelstelle (1.572)	kaum ausgebaute Erfassung über den ÖRE	deutliche höhere Mengen über den Handel als über den ÖRE, mittlere separat erfasste Gesamtmenge, jedoch aufgrund der geringen Abschöpfungsrate über den ÖRE sehr hohe Mengen im Hausmüll
STD NW II	sehr hohe GRS Sammelstellendichte	gutes Angebot durch den ÖRE	annähernd gleich hohe Mengen aus Handel und ÖRE, aber auf niedrigem Niveau, daher hohe Mengen im Hausmüll
LK NI	geringe GRS Sammelstellendichte, jedoch auch relativ wenig Einwohner je Sammelstelle (982)	geringes Angebot durch den ÖRE	mehr als doppelt so viele Batterien über den Handel als über den ÖRE, relativ geringe separat erfasste Gesamtmenge, aber auch geringe Mengen im Hausmüll
STD TH	für städtische Struktur mittlere GRS Sammelstellendichte	relativ gutes ÖRE Angebot	annähernd gleich hohe Mengen aus Handel und ÖRE, geringe separat erfasste Gesamtmenge, sehr hohe Mengen im Hausmüll
LK NW I	sehr geringe GRS Sammelstellendichte (Einzugsbereich je Sammelstelle 18,6 km²) und sehr viele Einwohner je Sammelstelle (2.782)	kein ausgeprägtes Angebot über den ÖRE	Sammelmengen über Handel und ÖRE etwa gleich, geringe separat erfasste Gesamtmenge, geringe Mengen im Hausmüll
Stadtstaat	sehr hohe GRS Sammelstellendichte	gutes Angebot durch den ÖRE	deutliche höhere Sammelmengen über den Handel als über den ÖRE, geringe separat erfasste Gesamtmenge, hohe Mengen im Hausmüll
LK HE	geringe GRS Sammelstellendichte	auch Sammlung über den ÖRE, aber keine Andienung an GRS	hohe Mengen über den Handel, nichts über den ÖRE, mittlere Mengen im Hausmüll

### 7.3.2 Korrelation zwischen Erfassungsstrukturen und Schadstoffmengen

In Tab. 22 sind die Erfassungs-Infrastruktur für schadstoffhaltige Abfälle sowie die separat erfassten bzw. über den Hausmüll entsorgten Mengen in den untersuchten ÖRE bewertet. Dieses „Benchmarking“ ermöglicht einen Vergleich der ÖRE hinsichtlich der Leistungsfähigkeit des Systems zur separaten Erfassung schadstoffhaltiger Abfälle vor dem Hintergrund der bereitgestellten Infrastruktur. Die Bewertung erfolgt von sehr gut über gut, durchschnittlich, schlecht bis sehr schlecht.

Die Infrastruktur war in den untersuchten Städten besser als in den Landkreisen. In den Städten gibt es für den Bürger „kurze Wege“, eine höhere Dichte der Annahmestellen (insbesondere für Batterien) und ein gutes Serviceangebot. In den Landkreisen ist es dagegen nicht möglich, über die gesamte Fläche eine gleich gute Infrastruktur vorzuhalten. Eine derartige bessere Infrastruktur des Erfassungssystems geht i. d. R. mit einer messbaren Steigerung der Effizienz einher (HOESS ET AL. 2002).

Exemplarisch seien hier zwei ÖRE herausgegriffen. In der Stadt NW I wird eine gute bis sehr gute Infrastruktur zur Erfassung schadstoffhaltiger Abfälle vorgehalten und es gab hohe separat erfasste Sammelmengen und nur sehr geringe Mengen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll. Die Infrastruktur in dem Landkreis ST ist dagegen nur als durchschnittlich zu bewerten und es wurden gute bis durchschnittliche separate Sammelmengen erfasst. Es fanden sich jedoch regelmäßig sehr hohe Mengen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll, so dass der Landkreis an letzter Stelle der untersuchten ÖRE rangiert.

ÖRE	Bewertung der Infrastruktur der separaten Schadstofferrfassung in den ÖRE					Gesamt-bewertung Infrastruktur	Bewertung der Erfassung schadstoffhaltiger Abfälle		Gesamt-bewertung Mengen Erfassung	Bewertung der Entsorgung schadstoffhaltiger Abfälle		Gesamt-bewertung Mengen Entsorgung	Gesamt-bewertung ÖRE
	stationär	mobil	sonstige	GRS	Allgemein Gebühren		Schadstoffe separat erfasst (ÖRE)	Batterien separat erfasst (GRS)		Schadstoffe im Hausmüll	Trefferquote Schadstoffe (Fundhäufigkeit)		
STD NW I	+	++	0	++	+	+	+	++	+	+	+	+	0,7
STD NW II	++	++	0	++	+	++	-	+	-	+	+	+	0,6
Stadtstaat	++	++	0	++	+	++	+	-	+	+	-	0	0,4
LK NW III	-	0	0	+	+	0	+	++	+	-	+	+	0,4
STD BW	+	+	++	+	+	+	+	++	++	-	+	0	0,3
LK NI	++	+	0	-	+	+	+	-	+	+	--	0	0,2
STD TH	+	+	+	+	0	+	+	-	0	-	-	-	-0,1
LK NW I	+	+	0	--	+	0	+	-	0	-	+	0	-0,1
LK BY	--	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-0,2
LK NW II	+	+	0	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-0,4
LK HE	-	+	+	-	+	-	--	-	--	-	--	-	-0,8
LK ST	-	+	0	-	+	0	+	+	+	--	--	--	-0,9

**Bewertung**

++	sehr gut	+ 2
+	gut	+ 1
0	durchschnittlich	0
-	schlecht	- 1
--	sehr schlecht	- 2

Tab. 22: Bewertungsraster

In Abb. 52 sind die Bewertungen aus Tab. 22 zueinander in Beziehung gesetzt. Auf der x-Achse sind die zusammengefassten Bewertungen der Infrastruktur und der separat erfassten Mengen in den ÖRE aufgeführt und diesen auf der y-Achse die Werte der über den Hausmüll entsorgten Mengen und der Trefferquote zugeordnet.

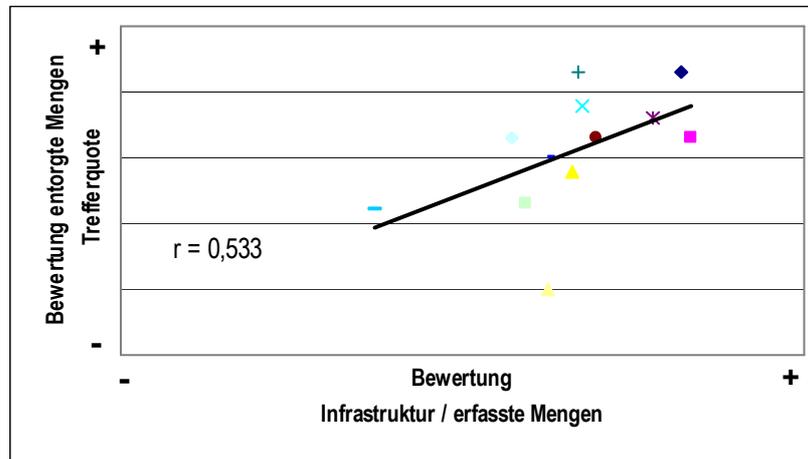


Abb. 52: Korrelation Bewertung Infrastruktur / erfasste Mengen und entsorgte Mengen / Trefferquote in den untersuchten ÖRE

Der ausgewiesene Korrelationskoeffizient  $r = 0,533$  zeigt eine deutliche Abhängigkeit zwischen der Bewertung der Frequenz und der Menge der über den Hausmüll entsorgten schadstoffhaltigen Abfälle und der Infrastruktur.

Neben den im Vorangehenden betrachteten und anhand der erhobenen Werte messbaren Faktoren ist daher noch eine weitere Variable von Bedeutung: die Motivation der Bürger.

Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche separate Sammlung ist eine gute Infrastruktur und Logistik. Diese muss jedoch auch von den Bürgern angenommen und genutzt werden. Wenn die Motivation zur getrennten Sammlung von schadstoffhaltigen Abfällen vorhanden ist, kann dies auch eine vergleichsweise „schlechte“ Infrastruktur kompensieren, wie beispielsweise in dem untersuchten bayerischen Landkreis. Andererseits nutzt bei mangelnder Beteiligung der Bürger auch keine „gute“ Infrastruktur. Dies führt, wie beispielsweise in der thüringischen Stadt, zu relativ geringen Sammelmengen und hohen Anteilen im Hausmüll.

Eine gute und kontinuierliche Abfall- und insbesondere Schadstoffberatung ist eine unverzichtbare Voraussetzung für eine hohe separate Erfassungsmenge und damit die Reduktion von Schadstoffen im Hausmüll.

## 7.4 Großräumige Bewertung der Ergebnisse

Des Weiteren gibt es den Untersuchungen zufolge deutliche regionale Unterschiede hinsichtlich der über den Hausmüll entsorgten schadstoffhaltigen Abfälle. Hierbei soll insbesondere ein Vergleich zwischen den Untersuchungsgebieten in den alten und neuen sowie zwischen nördlichen und südlichen Bundesländern dargestellt werden (Abb. 53).

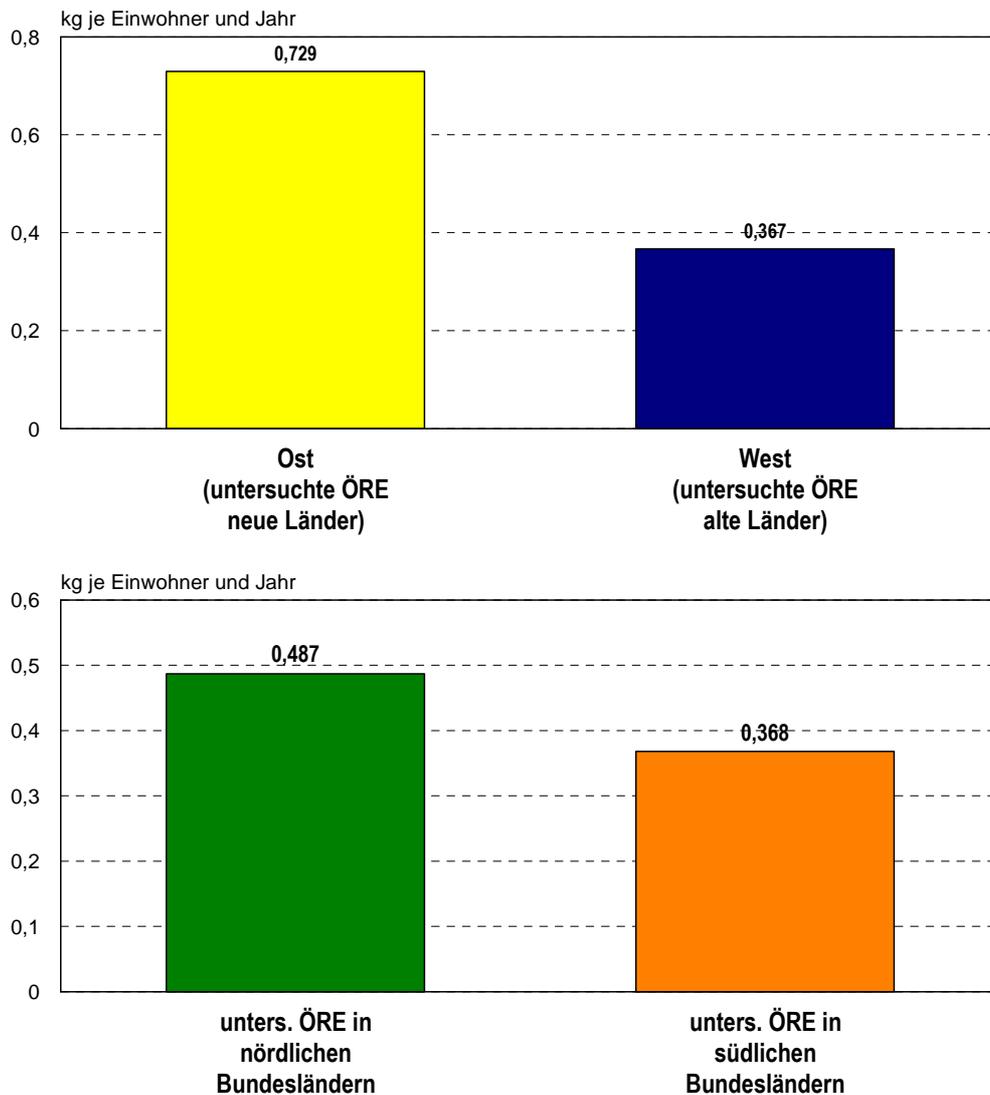


Abb. 53: Gegenüberstellung der Anteile schadstoffhaltiger Abfälle am Hausmüll – untersuchte ÖRE in alten/neuen Bundesländern (oben) und nördlichen/südlichen Bundesländer (unten)

Im bundesweiten Vergleich wiesen die untersuchten ÖRE in den neuen Bundesländern mit die höchsten Mengen schadstoffhaltige Abfälle im Hausmüll auf. Während im Mittel in den alten Ländern die spezifische Menge an Schadstoffen bei 0,37 kg Einwohner und Jahr lag, war sie in den neuen Ländern mit 0,73 kg Einwohner und Jahr nahezu doppelt so hoch.

Ein Ost-West-Gefälle belegt auch die Statistik der GRS (GRS BATTERIEN 2002), der zufolge die zurück genommenen Batteriemengen in den fünf neuen Bundesländern deutlich geringer ausfallen als die in den alten Bundesländern. Demzufolge ist auch ein höheres Batterieaufkommen im Hausmüll zu erwarten.

Ein geringeres Gefälle lässt sich zwischen den nördlichen (incl. der neuen Bundesländer) und südlichen Bundesländern feststellen. In den süddeutschen Untersuchungsgebieten konnten die mit Abstand niedrigsten Schadstoffmengen nachgewiesen werden. Dies geht einher mit vergleichbar sehr geringen spezifischen Mengen an Hausmüll in den südlichen Bundesländern (Abb. 54).

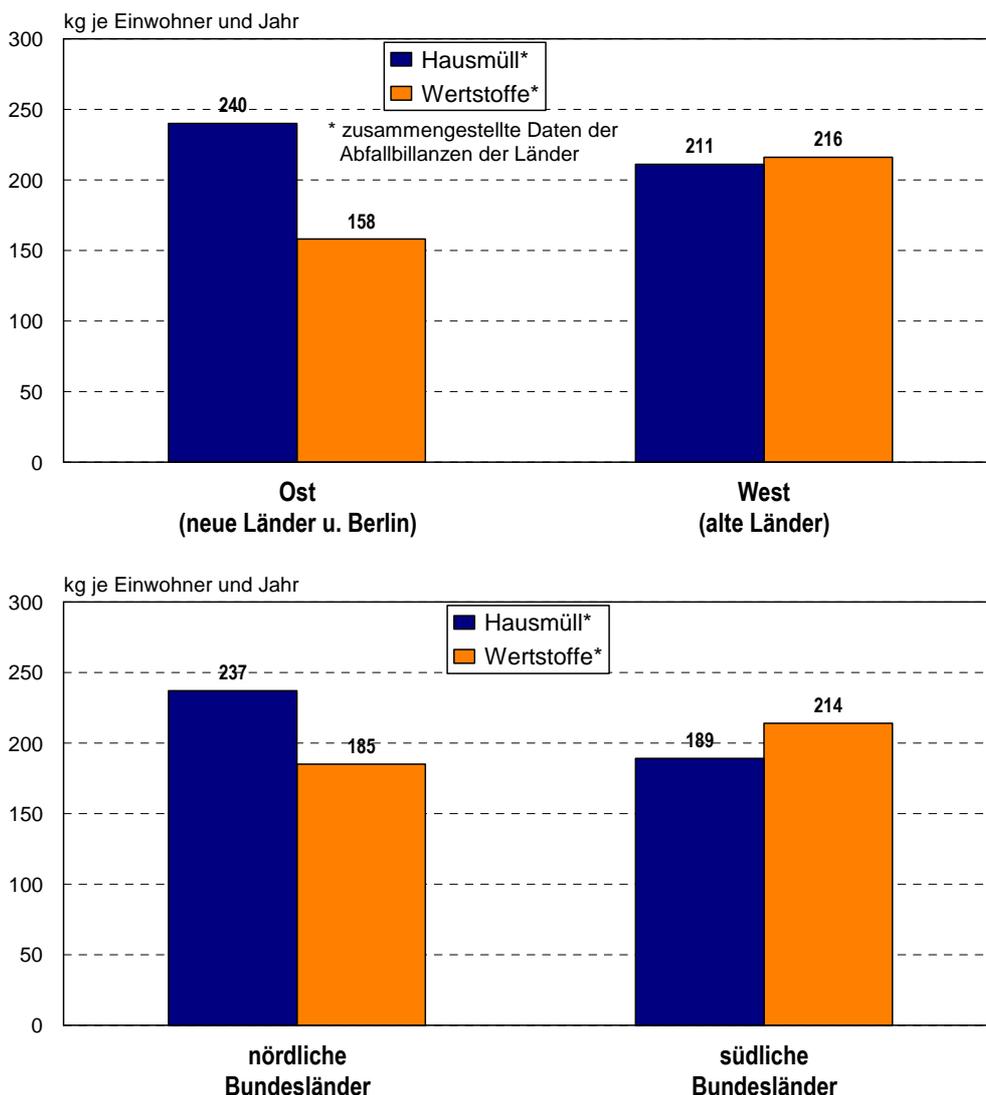


Abb. 54: Hausmüllaufkommen und Aufkommen separat erfasster Wertstoffe - Vergleich alte/neue Bundesländer (oben), nördliche/südliche Bundesländer (unten) (kg je Einwohner und Jahr) basierend auf den Daten der Abfallbilanzen der Länder

Die neuen Bundesländer hatten höhere Hausmüllmengen und eine geringere Menge separat erfasster Wertstoffe (= trockene Wertstoffe und Bioabfälle). In Kombination mit den im Hausmüll ermittelten Schadstoffmengen lässt dies den Schluss zu, dass verglichen mit den alten Bundesländern, wo sich deutlich geringere Schadstoffmengen im Hausmüll fanden und wesentlich mehr Wertstoffe separat erfasst wurden, die getrennte Sammlung von Wert- und Schadstoffen nicht so gut funktioniert.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Gegenüberstellung der nördlichen und südlichen Bundesländer: höhere einwohnerspezifische Schadstoffmengen im Hausmüll sowie geringere separat erfasste Wertstoffmengen in den nördlichen Bundesländern verglichen mit den südlichen Bundesländern, wo die getrennte Sammlung von Wert- und Schadstoffen offensichtlich besser funktioniert.

## 7.5 Leistungsfähigkeit des Systems zur Erfassung von Sonderabfallkleinmengen

Eine Gegenüberstellung der über die Sonderabfall-Kleinmengensammlung separat erfassten schadstoffhaltigen Abfälle mit dem im Hausmüll ermitteltem Anteil lässt Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit des Erfassungs-Systems zu. In Abb. 55 sind die hochgerechneten Ergebnisse der Sonderabfall-Kleinmengensammlung in den ÖRE den hochgerechneten im Hausmüll befindlichen Menge schadstoffhaltiger Abfälle gegenübergestellt.

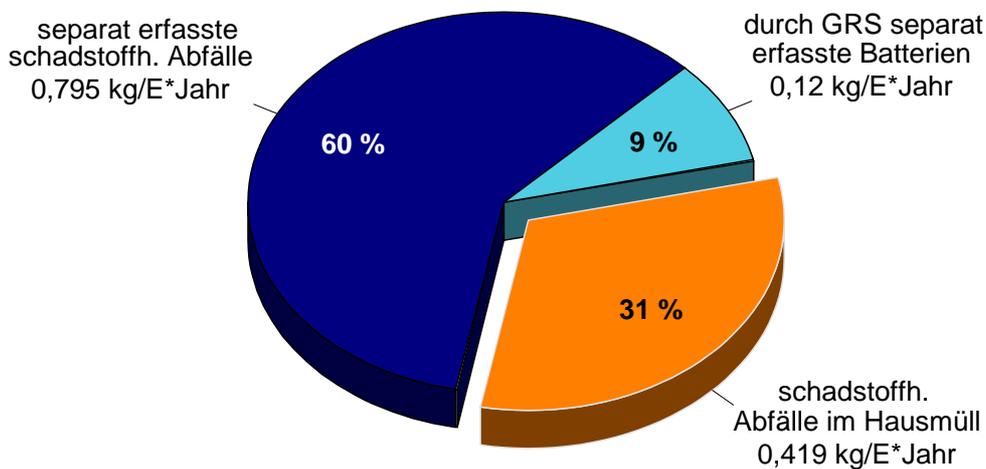


Abb. 55: Separat erfasste (Mittelwert Länderabfallbilanzen, Erfolgskontrolle GRS) und über den Hausmüll entsorgte (Hochrechnung Untersuchungen) schadstoffhaltige Abfälle

Nimmt man die Summe der über den Hausmüll entsorgten und der durch die ÖRE und die GRS Batterien separat erfassten schadstoffhaltigen Abfälle als Potenzial schadstoff-

haltiger Abfälle, so ergibt sich, dass 69 % der schadstoffhaltigen Abfälle separat erfasst und die restlichen 31 % über den Hausmüll entsorgt werden.

Bei dieser Betrachtung ist jedoch zu berücksichtigen, dass auch teilweise gewerbliche Sonderabfälle in die ausgewiesenen separat erfassten Mengen einfließen sowie schadstoffhaltige Abfälle auch über andere Systeme (Wertstoffe) bzw. über Littering entsorgt werden. Untersuchungen zur Zusammensetzung gewerblicher, über die reguläre Hausmüllabfuhr entsorgter Abfälle ergaben einen Anteil von etwa 3,2 kg schadstoffhaltiger Abfälle je Mg Geschäftsmüll (KERN ET AL. 2001 f).

Zur besseren Einordnung der Leistungsfähigkeit der separaten Sammlung schadstoffhaltiger Abfälle ist ein Vergleich zu anderen Wertstoffsammelsystemen angebracht (KERN ET AL. 2002 b). In Abb. 56 sind Anteile separat erfasster bzw. im Hausmüll befindlicher Fraktionen dargestellt.

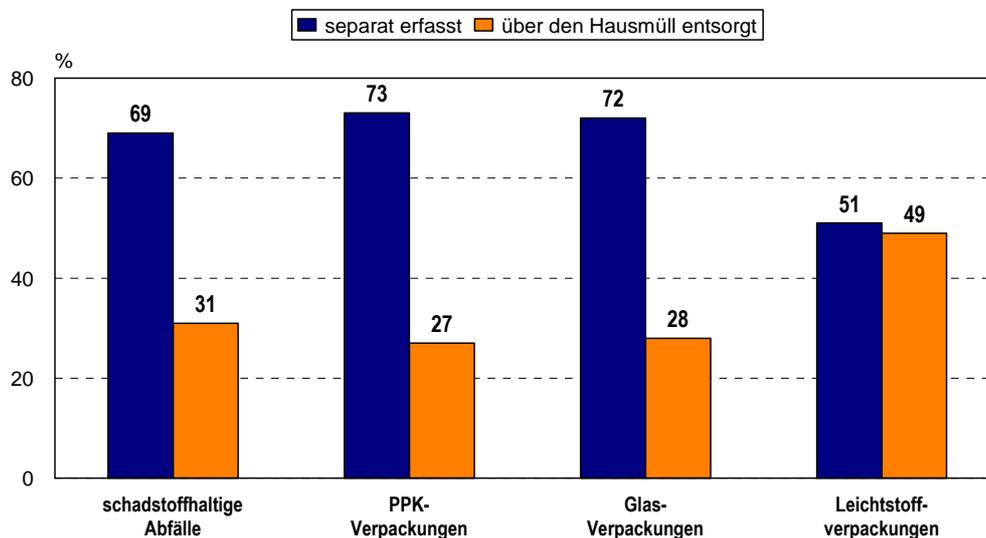


Abb. 56: Gegenüberstellung der Anteile separat erfasster und über den Hausmüll entsorgter schadstoffhaltiger Abfälle und Verpackungen

Während von den PPK- und Glas-Verpackungen jeweils ca. 70 % separat erfasst wurden, werden bei den Leichtstoffverpackungen lediglich ca. 50 % separat erfasst. Auch hier ist jeweils ein gewisser Anteil an gewerblichen Wertstoffanlieferungen zu unterstellen. In diesem Zusammenhang stellt die Sonderabfallkleinmengen-Sammlung insgesamt ein vergleichbar gutes Ergebnis dar.

## 8 Fazit

Nach der im Vorangehenden erfolgten differenzierten Betrachtung der Untersuchungsergebnisse lassen sich hinsichtlich der schadstoffhaltigen Abfälle im Hausmüll die folgenden Schlüsse ziehen:

### 1.) **Die Sonderabfallkleinmengen-Sammlung trägt wesentlich zur Schadstoffentfrachtung des Hausmülls bei.**

Die Sonderabfallkleinmengen-Sammlung findet eine breite Resonanz in Deutschland und trägt somit wesentlich zur Schadstoffentfrachtung von Hausmüll bei. Die im Hausmüll vorgefundenen Sonderabfälle zeigen eine starke Korrelation zu den getrennt erfassten Mengen an Sonderabfällen. Dort, wo große Mengen an Sonderabfällen separat erfasst werden, finden sich vergleichsweise wenige Schadstoffe im Hausmüll bzw. umgekehrt. Im Mittel liegen die getrennt erfassten Mengen bei ca. 69 %, komplementär werden ca. 31 % der Schadstoffe im Hausmüll vorgefunden. Selbst wenn man davon ausgeht, dass die getrennt erfassten Sonderabfallkleinmengen nicht in allen Fällen ausschließlich privaten Ursprungs sind, zeigt die Erfassungsleistung ein vergleichsweise gutes Ergebnis.

### 2.) **Der Hausmüll wird regelmäßig für die Entsorgung schadstoffhaltiger Abfälle genutzt**

Obwohl erhebliche Mengen an Schadstoffen über die Sonderabfallkleinmengen-Sammlung separat erfasst werden, werden dennoch regelmäßig schadstoffhaltige Abfälle über den Hausmüll entsorgt. Insgesamt wurden in über 70 % der untersuchten Stichproben schadstoffhaltige Abfälle der acht verschiedenen Kategorien nachgewiesen. Selbst in dem ÖRE mit den geringsten Schadstoffmengen wurden noch in 42 % der Stichproben Sonderabfälle gefunden. Hingegen wurden in dem ÖRE mit dem höchsten Sonderabfallanteil in über 95 % der Stichproben Sonderabfälle gefunden. Am häufigsten wurden Batterien in ca. 62% der Stichproben gefunden, gefolgt von Farben und Lacken (in ca. 12%) sowie Leuchtstoffröhren (in ca. 6%).

### 3.) **Das Schadstoffpotenzial wird quantitativ durch wenige Fraktionen bestimmt.**

Den größten Anteil an den im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfällen hatten – gemessen am Gewicht – Farben, Lacke etc. mit 50,7 %, gefolgt von Batterien mit 23,7 %. Der Anteil an Leuchtmitteln und anderen quecksilberhaltigen Abfällen betrug 9 %, Öle, Fette, Kraftstoffe machten 7 % aus. Diese vier Fraktionen bestimmten somit über 90 % des Schadstoffaufkommens. Die übrigen im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfälle hatten nur geringe Anteile am Gesamtschadstoffaufkommen.

Mit der größten Anzahl und Regelmäßigkeit sowie mit deutlichem Abstand vor allen übrigen schadstoffhaltigen Abfällen wurden Batterien im Hausmüll gefunden, in nahezu zwei Drittel der gesamten untersuchten Stichproben. Hierbei wurden kaum Unterschiede zwischen der ersten und der zweiten Sortierkampagne festgestellt.

Die absolute Menge der in Verkehr gebrachten schadstoffhaltigen Produkte spiegelt sich sowohl bei der separaten Sammlung als auch bei der Entsorgung über den Hausmüll wider. Selbst das Verteilmuster der im Hausmüll detektierten Batterietypen war prozentual nahezu identisch mit dem der in Verkehr gebrachten Menge.

#### **4.) Das Schadstoffaufkommen im Hausmüll ist stark durch strukturelle und regionale Einflüsse geprägt.**

Bei den Untersuchungen wurden deutliche strukturell bzw. regional bedingte Unterschiede hinsichtlich der Menge und Zusammensetzung der im Hausmüll gefundenen schadstoffhaltigen Abfälle ermittelt.

Die im Hausmüll vorgefundene Schadstoffmenge wird durch die in Verkehr gebrachte Menge, die Motivation der Bürger sowie das Beratungs- und Entsorgungsangebot bestimmt. Die höchsten spezifischen Mengen an Schadstoffen im Hausmüll wurden in ländlichen Regionen gefunden, obwohl dort i. d. R. die höchste Mitmachbereitschaft (teilweise als Folge der sozialen Kontrolle) vorgefunden wurde. Dies konnte allerdings nicht das im ländlichen Bereich vorgefundene höhere Sonderabfallpotenzial (größere Wohneinheiten, Garten, Werkstatt, höherer Heimwerkerbedarf usw.) sowie das teilweise unbefriedigende Entsorgungsangebot (lange Wege) für Sonderabfälle kompensieren, so dass hier absolut die höchsten Mengen gefunden wurden.

Hinzu kommt, dass den höheren spezifischen Schadstoffmengen im ländlichen Bereich i. d. R. eine im Vergleich zu verdichteten Regionen geringere Hausmüllmenge gegenüber steht, so dass sich die Schadstoffkonzentration hierdurch zusätzlich erhöht. So liegt die Schadstoffkonzentration im ländlichen Bereich bei 3,61 kg je Mg Hausmüll; im großstädtischen Bereich durch die stärkere „Verdünnung“ mit Hausmüll lediglich bei 1,58 kg je Mg Hausmüll.

Im Gegensatz hierzu haben zwar verdichtete Bebauungsstrukturen zumeist ein geringeres Einsatzpotenzial für sonderabfallhaltige Produkte (z. B. kleinere Wohneinheiten, kein eigener Garten usw.) sowie i. d. R. ein besseres Angebot für die Abnahme von Sonderabfällen (z. B. kürzere Entfernungen, höhere Sammelfrequenz), aber dennoch werden in diesen Strukturen erhebliche Mengen an Sonderabfällen über den Hausmüll entsorgt. Gründe hierfür sind das geringere Zwischenlagerpotenzial für Sonderabfälle sowie meistens ein geringeres Umweltbewusstsein kombiniert mit einer geringeren sozialen Kontrolle als Folge anonymer Wohnstrukturen.

Über die Bebauungs- und Siedlungsstruktur hinausgehend zeigten sich auch Unterschiede im Aufkommen schadstoffhaltiger Abfälle im Hausmüll bei einem Vergleich der Bundesländer. Untersuchungsgebiete der südlichen Bundesländer wiesen deutlich weniger Schadstoffe im Hausmüll auf als die nördlichen Bundesländer. Ebenso waren im Mittel in den Untersuchungsgebieten der alten Bundesländer deutlich weniger Schadstoffe im Hausmüll zu finden als in den neuen Bundesländern. Diese Ergebnisse gehen einher mit den höheren spezifischen Hausmüllmengen sowohl in den Untersuchungsgebieten der neuen Bundesländer als auch in den nördlichen Bundesländern. Umgekehrt können in den südlichen Bundesländern sowie in den alten Bundesländern spezifisch höhere getrennt erfasste Wertstoffmengen festgestellt werden, was als Indiz für ein höheres

Umweltbewusstsein und eine größere Getrenntsammlungsdisziplin gewertet werden kann.

#### **5.) Das Potenzial zur Leistungssteigerung ist vorhanden.**

In allen Siedlungs- und Bebauungsstrukturen wird der Hausmüllpfad von den Bürgern als regelmäßiger Entsorgungsweg für schadstoffhaltige Abfälle genutzt. In über 70 % der Stichproben wurden Sonderabfälle identifiziert.

Die schadstoffhaltigen Abfälle wurden häufig in geballter Form dem Hausmüll angedient (z. B. Plastiktüten voller Batterien). Dies lässt auf eine vorherige Sammlung schließen, die auch die Intention einer getrennten Entsorgung impliziert. Hier ist ein erweiterter Beratungsansatz sinnvoll und notwendig, um der positiven Intention auch einen positiven Vollzug folgen zu lassen.

Eine separate Entsorgung dieser Materialien ist für den Bürger erheblich aufwendiger und unkomfortabler (Anfahrt zur Sammelstelle, unpassende Öffnungszeiten) als die bequeme Entsorgung über den Müllbehälter vor dem Haus. Im Umkehrschluss bedeutet jedoch ein verbessertes Angebot zur Schadstoffsammlung nicht zwangsläufig, dass dieses auch von den Bürgern angenommen wird.

#### **6.) Über 0,4 Kilogramm Sonderabfall werden von jedem Bürger über den Hausmüll entsorgt.**

Auf der Grundlage der dargestellten Ergebnisse ergab sich eine durchschnittlich über den Hausmüll entsorgte Menge schadstoffhaltiger Abfälle von 0,419 kg je Einwohner und Jahr. Dies entspricht einer bundesweiten Absolutmenge von ca. 34.500 Mg schadstoffhaltiger Abfälle pro Jahr. Bezogen auf das durchschnittliche spezifische Hausmüllaufkommen von ca. 160 kg je Einwohner und Jahr beträgt der Schadstoffanteil demnach 0,25 %.

In Relation zum deutschen Hausmüllaufkommen 2000 (incl. Geschäftsmüll) von ca. 15,1 Mio. Mg/Jahr mag die Menge zwar gering erscheinen, allerdings sind hierbei nicht die Quantität, sondern die Qualität sowie das vorhandene Schadstoffpotenzial der Abfälle von Bedeutung.

#### **7.) Die Schadstoffentfrachtung des Hausmülls ist Voraussetzung für eine vollständige Verwertung der Abfälle.**

Die Schadstoffentfrachtung des Hausmülls durch eine getrennte Erfassung der selektierbaren Sonderabfälle ist notwendige Voraussetzung für eine vollständige stoffliche und energetische Verwertung der Abfälle, wie es von Seiten des BMU für das Jahr 2020 angestrebt wird. Gerade die immer stärker praktizierte Positivauslese von stofflich verwertbaren Bestandteilen aus dem Restmüllstrom führt zwangsläufig zu einer Aufkonzentration der Schadstoffe im verbleibenden Restmüll. Da die vollständige Verwertung auch eine vollständige, i. d. R. energetische Verwertung der Restfraktionen impliziert, sollte hierbei das geringstmögliche Schadstoffniveau dieser Fraktionen angestrebt werden. Nur so

kann sichergestellt werden, dass eine möglichst hochwertige energetische Verwertung erfolgen kann.

#### **8.) Hausmüllsortieranalysen sind ein sinnvolles Medium zum Monitoring des Schadstoffaufkommens im Hausmüll.**

Die Ergebnisse der strukturanalytischen Schadstoffbewertung von Hausmüll zeigen, dass mit differenzierten Hausmüllanalysen das spezifische Schadstoffpotenzial ermittelt und somit zur abfallwirtschaftlichen Bewertung herangezogen werden kann. Vor diesem Hintergrund wäre es sinnvoll, dass jeder öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger kontinuierlich Hausmüllanalysen zur Bewertung der Schadstoffsituation durchführt. Die so gewonnenen Ergebnisse können ein Indiz für die Notwendigkeit der Verbesserung der Infrastruktur für die Erfassung von Schadstoffen sein sowie zur Intensivierung der Öffentlichkeitsarbeit (Abfallberatung) beitragen.

Wie die unterschiedlichen positiven bzw. negativen Ergebnisse bei den untersuchten öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger zeigen, basiert der jeweilige Erfolg auch auf den umgesetzten abfallwirtschaftlichen Maßnahmen im Bereich der Sonderabfallkleinmengen-Sammlung sowie der Bewusstseins-schaffung durch Abfallberatung. Dieses setzt allerdings die Erkenntnis eines Defizits im Bereich „Schadstoffe im Hausmüll“ voraus. Dieses Defizit kann durch Abfallanalysen offen gelegt werden.

## 9 Zusammenfassung

Produkte mit Sonderabfällen sind im privaten täglichen Gebrauch in allen Lebensbereichen in vielfältiger Form anzutreffen. Exemplarisch seien hier nur die jährlich in Verkehr gebrachten 1,1 Mrd. Batterien genannt, die einem spezifischen jährlichen Batterieverbrauch von ca. 14 Stück je Bürger entsprechen. Per Gesetz sind die Vorgaben für die getrennte Erfassung, Verwertung bzw. schadlose Beseitigung von Sonderabfällen in den entsprechenden Bundes- bzw. Landesgesetzen sowie durch Rechtsvorgaben der EU geregelt.

Zur Erreichung dieser Ziele werden von kommunaler Seite mobile bzw. stationäre Rücknahmesysteme für Sonderabfälle angeboten (Sonderabfallkleinmengen-Sammlung). Darüber hinaus werden im Rahmen der Produktverantwortung für verschiedene Schadstoffe (z. B. Batterien, Altöl, Elektroaltgeräte) eigenständige Rücknahmesysteme installiert. Dennoch werden nicht unerhebliche Mengen an Sonderabfällen über den Hausmüll entsorgt. Exakte Daten liegen hierzu allerdings bisher nicht vor.

Gerade bei dem beginnenden Wandel der Abfallwirtschaft von einer beseitigungsorientierten Entsorgungswirtschaft hin zu einer echten Verwertungswirtschaft mit dem Ziel der vollständigen Verwertung im Jahre 2020 (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT 1999) kommt der Schadstoffentfrachtung als Grundlage für eine erweiterte und optimierte stoffliche bzw. energetische Verwertung eine besondere Rolle zu.

Vor diesem Hintergrund beabsichtigt die vorliegende Arbeit auf der Grundlage einer empirischen Analyse (differenzierte Hausmüllanalysen) eine quantitative und qualitative Bewertung der über den Hausmüll entsorgten Schadstoffe bzw. Sonderabfälle vorzunehmen und die Leistungsfähigkeit der getrennten Erfassungssysteme für private Sonderabfälle zu bewerten. Darüber hinaus sollen strukturelle und regionale Einflussgrößen ermittelt werden.

Hierzu wurden bei zwölf ÖRE aus acht verschiedenen Bundesländern im Zeitraum von 1999 bis 2002 insgesamt 723 Stichproben (jeweils ein Kubikmeter Hausmüll) gezogen und entsprechend den Vorgaben zur Durchführung von Hausmüllanalysen nach verschiedenen Schadstoffkategorien sortiert. Im Einzelnen wurden die folgenden acht verschiedenen Schadstoffgruppen differenziert:

- Batterien
- Öle, Fette, Kraftstoffe und Ölfiler
- Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze und Klebstoffe
- Reinigungs- und Pflegemittel
- Chemikalien
- Pestizide
- Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle
- sonstige schadstoffhaltige Abfälle

Die Stichproben wurden jeweils vier verschiedenen Siedlungsstrukturen sowie fünf verschiedenen Bebauungsstrukturen zugeordnet. In jedem ÖRE wurde jeweils eine Wiederholungskampagne durchgeführt, so dass je ÖRE insgesamt mindestens 60 Einzelstichproben über einen Zeitraum von zweimal einer Woche vor Ort von einem vierköpfigen Analyseteam untersucht wurden.

Insgesamt wurden in über 70 % der untersuchten Stichproben schadstoffhaltige Abfälle der acht verschiedenen Kategorien nachgewiesen. Im ÖRE mit den geringsten Schadstoffmengen wurden nur in 42 % der Stichproben Sonderabfälle gefunden. Hingegen wurden in dem ÖRE mit dem höchsten Sonderabfallanteil in 95 % der Stichproben Sonderabfälle gefunden.

Lediglich vier Schadstoffkategorien bedingten über 90 % der Sonderabfallmengen. Mengemäßig waren die Fraktionen Farben, Lacke (50,7 %), Batterien (23,7 %), Leuchtmittel und andere quecksilberhaltige Abfälle (9 %) sowie Öle, Fette, Kraftstoffe (7 %) am stärksten vertreten.

Im Mittel wurden 0,419 kg Sonderabfälle je Einwohner und Jahr über den Hausmüll entsorgt. Dies entspricht einer bundesweiten absoluten Menge von Sonderabfällen im Hausmüll von ca. 34.500 Mg pro Jahr. Bezogen auf das gesamte Hausmüllaufkommen in Deutschland von ca. 15,1 Mio. Mg/Jahr (im Jahr 2000 incl. Geschäftsmüll) beträgt der Schadstoffanteil somit im Mittel ca. 0,25 %.

Durch die Sonderabfallkleinmengen-Sammlung wurden im Mittel ca. 0,795 kg Sonderabfälle je Einwohner und Jahr getrennt erfasst. Zudem wurden durch das Rücknahmesystem der GRS weitere 0,12 kg je Einwohner und Jahr getrennt erfasst. Somit verbleiben ca. 31 % des Schadstoffpotenzials im Hausmüll.

Der Schwankungsbereich auf der Ebene der zwölf ÖRE lag zwischen 0,150 und 1,0 kg Sonderabfall je Einwohner und Jahr. Bezogen auf ein Mg Hausmüll lag der Schwankungsbereich in den zwölf ÖRE zwischen 1,21 und 6,4 kg Sonderabfall. Literaturdaten<sup>13</sup> von 26 ÖRE ergaben einen Schwankungsbereich von 1 kg bis 10,7 kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll.

Neben dem eigentlichen Potenzial an Sonderabfällen im privaten Bereich sind insbesondere die Motivation der Bürger in Kombination mit der sozialen Kontrolle sowie das Entsorgungsangebot entscheidend für die Menge und Zusammensetzung der im Hausmüll vorgefundenen Schadstoffe.

Differenziert nach den vier Siedlungsstrukturen lag der Schwankungsbereich zwischen 0,361 und 0,508 kg Sonderabfall je Einwohner und Jahr, wobei in großstädtischen Regionen die geringsten und in ländlichen Strukturen die höchsten Sonderabfallmengen vorgefunden wurden.

---

<sup>13</sup> Die hierfür zugrunde gelegten Schadstoffkategorien waren teilweise nicht im Detail bekannt.

Differenziert nach den Bebauungsstrukturen lag der Schwankungsbereich zwischen 0,360 und 0,520 kg Sonderabfall je Einwohner und Jahr, wobei der höchste Wert in der städtischen Einzelhausbebauung vorgefunden wurde.

Es wurde deutlich, dass im ländlichen Bereich das größte Einsatzfeld für Produkte mit Sonderabfällen vorzufinden ist und dies i. d. R. gleichzeitig dem schlechtesten Entsorgungsangebot gegenübersteht (geringe Dichte der Annahmestellen für Sonderabfallkleinmengen sowie große Zeitintervalle der Sammlung). Beispielsweise schwankte das mittlere Einzugsgebiet für die Batterieerfassung der GRS in den 12 ÖRE von 0,4 km<sup>2</sup> je Sammelstelle bis 18,6 km<sup>2</sup> je Sammelstelle.

Trotz der zu erwartenden größeren sozialen Kontrolle in ländlichen Regionen und dem tendenziell höheren Umwelt-/Abfallbewusstsein wurden dort die höchsten Schadstoffmengen identifiziert. Übertroffen wurde dies nur noch durch die städtische Einzelhausbebauung, wobei dort davon auszugehen ist, dass die soziale Kontrolle geringer ausgeprägt ist.

Stellt man die Menge der über die Sonderabfallkleinmengen-Sammlung und die GRS Batterien erfassten Sonderabfälle den im Hausmüll vorgefundenen Sonderabfällen gegenüber, ergibt sich in etwa eine Abschöpfungsrate von 69 %. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei diesen Mengen auch eine begrenzte Menge an gewerblichen Sonderabfällen berücksichtigt wird. Demzufolge trägt die Sonderabfallkleinmengen-Sammlung zu einer erheblichen Schadstoffentfrachtung des Hausmülls bei und ist somit unverzichtbarer Bestandteil einer nachhaltigen Abfallwirtschaft insbesondere hinsichtlich des Ziels der vollständigen Verwertung, wie es die Bundesregierung spätestens zum Jahr 2020 anstrebt.

Die Ergebnisse der strukturanalytischen Schadstoffbewertung von Hausmüll zeigen, dass mit differenzierten Hausmüllanalysen das spezifische Schadstoffpotenzial ermittelt und somit zur abfallwirtschaftlichen Bewertung und Maßnahmenplanung herangezogen werden kann. Vor diesem Hintergrund wäre es wünschenswert, dass jeder öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger kontinuierlich Hausmüllanalysen zur qualitativen Bewertung des Hausmülls durchführt.

Die Schadstoffentfrachtung des Hausmülls durch eine getrennte Erfassung der selektierbaren Sonderabfälle ist notwendige Voraussetzung für eine vollständige stoffliche und energetische Verwertung der Abfälle. Gerade die immer stärker praktizierte Positivauslese von stofflich verwertbaren Bestandteilen aus dem Restmüllstrom führt zwangsläufig zu einer Aufkonzentration der Schadstoffe im verbleibenden Restmüll. Da vollständige Verwertung auch eine vollständige, i. d. R. energetische Verwertung der Restfraktionen impliziert, sollte hierbei das geringstmögliche Schadstoffniveau dieser Fraktionen angestrebt werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass eine möglichst hochwertige energetische Verwertung erfolgen kann.

## 10 Literaturverzeichnis

- ABFALLGESETZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (1988): Landesabfallgesetz (LAbfG). 21. Juni 1988, GV. NW. 1988 S. 250; ...; 1995 S. 666
- ABFALLGESETZ DES LANDES SACHSEN-ANHALT (AbfG LSA) (1998): 10. März 1998, GVBl. 1998 S. 112
- ABFALLVERZEICHNISVERORDNUNG (2001): Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (AVV). 10. Dezember 2001, BGBl. I S. 3379
- ABFALLWIRTSCHAFTS- UND ALTLASTENGESETZ FÜR MECKLENBURG-VORPOMMERN (1997): Abfallwirtschaftsgesetz (AbfAIG M-V) 15. Januar 1997, GVOBl. M-V 1997 S. 43
- ABFALLWIRTSCHAFTSGESETZ FÜR DAS LAND SCHLESWIG-HOLSTEIN (1999): Landesabfallwirtschaftsgesetz (LAbfWG) 18. Januar 1999, GVBl. 1999 S. 26
- ALTÖLVERORDNUNG (AltöIV) (2002): 16. April 2002, BGBl. I Nr. 26 vom 26.4.2002 S.1360
- AWB ALTENBURG (1998): Hausmüllanalyse Sommer 1998.  
<http://www.awb-altenburg.de/restmue.html>
- BATTERIEVERORDNUNG (2001): Verordnung über die Rücknahme und Entsorgung gebrauchter Batterien und Akkumulatoren (BattV). 2. Juli 2001, BGBl. I S. 1486, zuletzt geändert am 09.09.2001, S. 2331
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (HRSG.) (2001): Abfallwirtschaft – Hausmüll in Bayern – Bilanzen 2000. Augsburg
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (HRSG.) (2003): Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Siedlungsabfällen. Augsburg
- BEHÖRDE FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT DER FREIEN UND HANSESTADT HAMBURG (HRSG.) (2001): Abfallstatistik Siedlungsabfälle 2000. Hamburg
- BESTIMMUNGSVERORDNUNG BESONDERS ÜBERWACHUNGSBEDÜRFTIGE ABFÄLLE (BestbÜ-AbfV) (1996): Verordnung zur Bestimmung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. 10. September 1996, BGBl. I S. 1366; 1998 S. 3956
- BILITEWSKI, B., HÄRDLE, G., MAREK, K. (1994): Abfallwirtschaft (2. Aufl.). Berlin
- BRANDENBURGISCHES ABFALLGESETZ (BbgAbfG) (1997): 6. Juni 1997, GVBl. 1997 S. 40; 1999 S.162
- BREMER SENATOR FÜR BAU UND UMWELT (HRSG.) (2004): Land Bremen: Bilanz der Siedlungsabfälle und weiterer, in den Anlagen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger sowie in Anlagen der von diesen beauftragten Dritten entsorgten Abfälle 1999 bis 2003. Bremen

- BREMISCHES AUSFÜHRUNGSGESETZ ZUM KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (BremAGKrW-/AbfG) (1998): 23. November 1998, Brem. GBl. 1998 S. 289; 2002 S.389
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1999): BMU legt Eckpunkte für die Zukunft der Entsorgung von Siedlungsabfällen vor. 20.08.1999
- BÜRO FÜR ABFALL + UMWELT PROF. SCHEFFOLD & PARTNER (1998): Rest-Hausmüll-/Wertstoff-Sortieranalyse Donnersbergkreis. Bingen. Studie im Auftrag der Kreisverwaltung des Donnersberkreises
- EHRENBERG, A. S. C. (1986): Statistik oder der Umgang mit Daten. VCH Verlagsgesellschaft. Weinheim
- FABION GBR (2000 a): Untersuchungen des Restabfalls aus Haushalten im Landkreis Coburg. Würzburg. Studie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz
- FABION GBR (2000 b): Untersuchungen des Restabfalls aus Haushalten im Landkreis Kitzingen. Würzburg. Studie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz
- FABION GBR (2000 c): Untersuchungen des Restabfalls aus Haushalten im Landkreis Pfaffenhofen. Würzburg. Studie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz
- FRIPAN, J. (2002): Restmüllzusammensetzung in Abhängigkeit von der Siedlungsstruktur. In: Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Restmüllanalysen – eine Grundlage eines nachhaltigen Stoffstrommanagements der Abfallwirtschaft (S. 23–31). Augsburg
- GESETZ ÜBER DIE VERMEIDUNG UND ENTSORGUNG VON ABFÄLLEN UND BEHANDLUNG VON ALTLASTEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG (1996): Landesabfallgesetz (LAbfG). 21. Oktober 1996, GVBl. 1996 S. 617; 1997 S. 470; 1998 S.422; 1999 S. 292
- GESETZ ÜBER DIE VERMEIDUNG, VERMINDERUNG UND VERWERTUNG UND BESEITIGUNG VON ABFÄLLEN UND DIE SANIERUNG VON ALTLASTEN (1999): Thüringer Abfallwirtschafts- und Altlastengesetz (ThAbfAG). 15. Juni 1999, GVBl. 1999 S. 385
- GESETZ ZUR FÖRDERUNG DER KREISLAUFWIRTSCHAFT UND SICHERUNG DER UMWELTVERTRÄGLICHEN BESEITIGUNG VON ABFÄLLEN IN BERLIN (1999): Kreislauf- und Abfallgesetz Berlin (KrW-/AbfG Bln). 21. Juli 1999, GVBl. 1999 S. 413
- GESETZ ZUR VERMEIDUNG, VERWERTUNG UND SONSTIGE ENTSORGUNG VON ABFÄLLEN IN BAYERN (1996): Bayerisches Abfallgesetz (BayAbfG). 9. August 1996, GVBl. 1996 S. 396; 1999 S. 36
- GRS BATTERIEN (2002): Erfolgskontrolle 2001. Hrsg. Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien. Hamburg

- GRS BATTERIEN (2003 a): Erfolgskontrolle 2002. Hrsg. Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien. Hamburg
- GRS BATTERIEN (2003 b): Pilotprojekt Batterierückgabe am Altglascontainer.  
<http://www.grs-batterien.de>
- HAMBURGISCHES ABFALLWIRTSCHAFTSGESETZ (HmbAbfG) (1992): 1. Dezember 1992, HmbGVBl. 1992 S. 251; 1994 S. 79; 1995 S. 221; 2000 S. 60; 2001 S. 251
- HESSISCHES AUSFÜHRUNGSGESETZ ZUM KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (HAKA) (1997): Mai 1997, GVBl. 1997 S. 173; 1997 S. 232
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (HRSG.) (2001): Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2000. Wiesbaden
- HOESS, P., BERTHOLD, E. (2002): Durchführung von Restmüllsortierkampagnen; Restmüllzusammensetzung in Abhängigkeit von der Abfallwirtschaftsstruktur. In: Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Restmüllanalysen – eine Grundlage eines nachhaltigen Stoffstrommanagements der Abfallwirtschaft (S. 13 – 21). Augsburg
- INGUT INGENIEURBÜRO FÜR UMWELTECHNOLOGIE (1998): Sortieranalyse für Restmüll Deponiezweckverband Eiterköpfe. Riedstadt. Studie im Auftrag der Björnson Beratende Ingenieure GmbH
- IZES INSTITUT FÜR ZUKUNFTSENERGIESYSTEME (2001): Abfallzusammensetzung im Saarland. <http://www.izes.de>
- KANTAK & ADAM GBR (2000): Hausmüll- und BIOGUT-Untersuchungen 1999 – Endbericht der Hausmülluntersuchungen. Berlin. Studie im Auftrag der Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR) und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
- KERN, M., SCHWILLING, T., SIEPENKOTHEN, H.-J. (2002 a): Geschäftsmülluntersuchungen Berlin 2000/01. In: Müll und Abfall Heft 5/02, S. 238 – 249. Erich Schmidt Verlag, Berlin
- KERN, M., SIEPENKOTHEN, H.-J., WIEMER, K. (2002 b): Verpackungen im Restmüll. In: Wiemer, K., Kern, M. (Hrsg.): Verpackungsverwertung im Umbruch, S. 73 – 101. Verlag Witzhausen-Institut, Witzhausen
- KREISLAUFWIRTSCHAFTS- UND ABFALLGESETZ (1996): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Krw-/AbfG). 12. September 1996, BGBl. I S.1354
- LANDESABFALLWIRTSCHAFTS- UND ALTLASTENGESETZ (LAbfWAG) (1998): 2. April 1998, GVBl. 1998 S. 97
- LANDESAMT FÜR NATUR UND UMWELT DES LANDES SCHLESWIG-HOLSTEIN (HRSG.) (2001): Abfallbilanz 2000. Flintbek

- LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE (HRSG.) (2001): Daten zur Abfallwirtschaft 2000. Güstrow
- LANDKREIS UCKERMARK (2000): Auswertung der Hausmüllanalyse 1999/2000. <http://www.uckermark.de/landkreis/kreisverwaltung/kreisverwaltung.htm>
- LAU SACHSEN-ANHALT (1998): Leitfaden für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Masse und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle in Sachsen-Anhalt – Teilbereich „Abfälle aus privaten Haushalten“. Halle: Berichte des Landesamtes für Umweltschutz
- LUA BRANDENBURG (1998): Richtlinie für die Durchführung von Untersuchungen zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung fester Siedlungsabfälle im Land Brandenburg. Potsdam: Fachbeiträge des Landesumweltamtes – Titelreihe Nr. 34
- LUA NORDRHEIN-WESTFALEN (1998): Leitfaden zur Bestimmung der Menge und Zusammensetzung von Abfällen aus Haushaltungen. Essen: Materialien Nr. 47
- MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES BRANDENBURG (HRSG.) (2001): Abfallbilanz Brandenburg 2000. Potsdam
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT DES LANDES SACHSEN-ANHALT (HRSG.) (2001): Abfallbilanz 2000 für das Land Sachsen-Anhalt. Magdeburg
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND FORSTEN RHEINLAND-PFALZ (HRSG.) (2001): Abfallbilanz 2000. Mainz
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.) (1999): Untersuchungen der Restmüllqualität ausgewählter Gebietskörperschaften im Hinblick auf alternative Behandlungsverfahren. Stuttgart. Reihe Abfall, Heft 61, Dezember 1999
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.) (2001): Abfallbilanz 2000. Stuttgart
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (HRSG.) (2001): Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2000. Düsseldorf
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (HRSG.) (2002): Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2001. Düsseldorf
- NACHWEISVERORDNUNG (2002): Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (NachwV). 17. Juni 2002, BGBl. I Nr. 44 vom 3.7.2002 S. 2374; 24.6.2002 S. 2247; 15.8.2002 S. 3302
- NELLES, M. ET AL. FH HILDESHEIM/HOLZMINDEN/GÖTTINGEN (2001): Ermittlung von Basisdaten für die geplante mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage (MBA) auf der Zentraldeponie Deiderode. Göttingen. Studie im Auftrag des Landkreises Göttingen

- NIEDERSÄCHSISCHES ABFALLGESETZ (NAbfG) (1994) 14. Oktober 1994, BGBl. 1994 S. 468; 1996 S. 82; 1996 S. 242; 1997 S. 539; 1999 S. 46
- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (HRSG.) (2001): Niedersächsische Abfallbilanz 2000. Hannover
- PANNING, R. (2002): Hausmüllanalyse Magdeburg. In: Müll und Abfall Heft 1/02, S. 4 – 9. Erich Schmidt Verlag. Berlin
- RUCK, W. (2003): Aussagekraft von Abfallanalysewerten. In: Gallenkemper, Bidlingmaier, Doedens, Stegmann (Hrsg.) Tagungsband der 8. Münsteraner Abfallwirtschaftstage. Münster
- SAARLÄNDISCHES ABFALLGESETZ (SAbfG) (1997): 26. November 1997, Amtsbl. Saarland
- SAARLÄNDISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT (HRSG.) (2001): Abfallbilanz 2000. Saarbrücken
- SÄCHSISCHES ABFALLWIRTSCHAFTS- UND BODENSCHUTZGESETZ (SächsABG) (1999): 15. Juni 1999, SächsGVBl. 1999 S. 261
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (1998): Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen. Dresden. Materialien zur Abfallwirtschaft
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (HRSG.) (2000): Landesabfallwirtschaftsbericht 1998. Dresden.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (HRSG.) (2001): Abfallbilanz des Freistaates Sachsen 2000. Dresden
- SCHIRMER UMWELTTECHNIK GMBH (1998): Untersuchung der Restabfälle aus privaten Haushalten. Mainz. Studie im Auftrag der Entsorgungsbetriebe Zweibrücken
- SCHNURER, H.(2004): Mündliche Mitteilung
- SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (HRSG.) (2001): Abfallbilanz des Landes Berlin 2000. Berlin
- STADT ROSENHEIM (2003): Probleme mit dem Problemabfall?  
[http://www.rosenheim.de/aemter/dez\\_3/III\\_36/flyer/problemuell.htm](http://www.rosenheim.de/aemter/dez_3/III_36/flyer/problemuell.htm)
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (2001): Kreiszahlen – Ausgewählte Regionaldaten für Deutschland Ausgabe 2000. Hrsg.: Niedersächsisches Landesamt für Statistik. Hannover
- THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (HRSG.) (2001): Abfallbilanz 2000. Erfurt
- THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (1993): Merkblatt zur Durchführung von Hausmüllanalysen. Erfurt: Thüringer Staatsanzeiger Nr. 20/1993, S. 767 – 769

- UMWELTBUNDESAMT (1986): Bundesweite Hausmüllanalyse 1983 – 1985, Auftrag des Umweltbundesamtes an die TU Berlin. UBA-Forschungsbericht 103 03 508. Berlin
- VKS Information 46 (2004): Entsorgung gefährlicher Abfälle – Handlungshilfe für die kommunale Kleinmengensammlung
- WEIGAND, H. UND MARB, C. (2005 a): Zusammensetzung und Schadstoffgehalt von Restmüll. In: Müll und Abfall 10/05, S. 522-530
- WEIGAND, H. (2005 b): Persönliche Mitteilung
- WIEMER, K., FROHNE, R., TÄUBER, U., KERN, M. (1995 a): Kohlenstoff als Ressource (Teil 1). In: Müll und Abfall 6/95, S. 403-415
- WIEMER, K., FROHNE, R., TÄUBER, U., KERN, M. (1995 b): Das Trockenstabilatverfahren. Mechanisch-Biologische Abfallaufbereitung (MBA) mit dem Ziel der sofortigen oder späteren thermischen Nutzung (Teil 2). In: Müll und Abfall 11/95
- WIEMER, K. (1999): Müll: Ressource der Zukunft. Vortrag und Veröffentlichung: MVA contra MBA "Perspektiven biologischer Restabfallbehandlungsverfahren" am Beispiel Mecklenburg-Vorpommern, April 1999, Universität Rostock
- WIEMER, K., TAPPEN, I. (1999): "Abfallwirtschaft und Klimaschutz". In: Wasser und Abfall 1/99, 1 Jg., S.16-19
- WILKEN, M., ZESCHMER-LAHL, B. (1994): Schadstoffe in festen Abfällen. In: Hösel / Bilitewski / Schenkel / Schnurer (Hrsg.): Müllhandbuch Bd. 3, 1752. Erich Schmidt Verlag Berlin
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2000): Hausmüllanalyse im Lahn-Dill-Kreis - Abschlussbericht. Witzenhausen. Studie im Auftrag der Abfallwirtschaft Lahn-Dill
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 a): Hausmüllanalyse im Landkreis Kassel - Fortschreibung. Witzenhausen. Studie im Auftrag der Regionalen Abfallentsorgung Landkreis Kassel
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 b): Resthausmüllanalyse im Landkreis Hameln-Pyrmont. Witzenhausen. Studie im Auftrag der Kreisabfallwirtschaft Hameln-Pyrmont
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 c): Batterien im Hausmüll. Witzenhausen. Studie im Auftrag der Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien (GRS)
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 d): Restabfallanalysen und Restabfallprognose für die Stadt Wolfsburg. Witzenhausen. Studie im Auftrag der Stadt Wolfsburg Geschäftsbereich Abfallwirtschaft
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 e): Forschungsvorhaben Wissenschaftliche Stoffstromanalyse verschiedener Inputmaterialien in der Trockenstabilat®-Anlage Rennerod – Teilbericht Hausmüllanalyse. Witzenhausen. Studie im Auftrag des Abfallwirtschaftsbetriebes Westerwaldkreis

- 
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2001 f): Geschäftsmüll- und Gewerbeabfalluntersuchungen in Berlin. Witzenhausen. Studie im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Ref. IX E)
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2002): Verpackungen im Hausmüll. Witzenhausen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
- WITZENHAUSEN-INSTITUT (2003): Elektro- und Elektronikschrott im Hausmüll. Witzenhausen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
- YATES, F. (1981): Sampling methods for censuses and surveys. Charles Griffin. London
- ZELLNER, J. (2002): Nutzen der Kenntnis von Restabfallzusammensetzung und Schadstofffrachten für die abfallwirtschaftliche Praxis vor Ort. In: Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Restmüllanalysen – eine Grundlage eines nachhaltigen Stoffstrommanagements der Abfallwirtschaft (S. 73–84). Augsburg

## Anhang

ÖRE	Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle (kg/Mg)								
	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe schadstoffh. Abfälle ÖRE kg/Mg
LK NI	0,658	0,126	0,222	0,127	0,014	0,106	0,130	0,015	<b>1,40</b>
STD TH	0,739	0,011	1,105	0,105	0,000	0,031	0,062	0,030	<b>2,08</b>
Stadtstaat	0,420	0,061	0,927	0,306	0,110	0,000	0,127	0,001	<b>1,95</b>
LK HE	0,597	0,996	0,199	0,033	0,012	0,007	0,093	0,576	<b>2,51</b>
STD BW	0,343	0,364	2,273	0,077	0,000	0,005	0,017	0,024	<b>3,10</b>
LK BY	0,672	0,414	0,882	0,000	0,152	0,004	0,233	0,000	<b>2,36</b>
LK ST	1,318	0,202	4,503	0,137	0,000	0,023	0,209	0,005	<b>6,40</b>
LK NW II	0,914	0,035	1,607	0,034	0,000	0,059	0,253	0,000	<b>2,90</b>
LK NW I	0,373	0,542	0,239	0,026	0,013	0,159	1,835	0,000	<b>3,19</b>
LK NW III	0,207	0,113	1,793	0,225	0,063	0,015	0,000	0,000	<b>2,42</b>
STD NW I	0,528	0,023	0,423	0,127	0,006	0,018	0,114	0,100	<b>1,34</b>
STD NW II	0,646	0,018	0,416	0,000	0,011	0,026	0,092	0,000	<b>1,21</b>

ÖRE	Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle (kg/E*Jahr)								
	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe schadstoffh. Abfälle ÖRE kg/E*Jahr
LK NI	0,073	0,014	0,022	0,013	0,002	0,012	0,015	0,002	<b>0,151</b>
STD TH	0,164	0,002	0,246	0,023	0,000	0,007	0,013	0,007	<b>0,462</b>
Stadtstaat	0,105	0,015	0,232	0,076	0,028	0,000	0,032	0,000	<b>0,489</b>
LK HE	0,083	0,135	0,028	0,004	0,002	0,001	0,012	0,081	<b>0,346</b>
STD BW	0,058	0,061	0,382	0,013	0,000	0,001	0,003	0,004	<b>0,521</b>
LK BY	0,044	0,026	0,058	0,000	0,010	0,000	0,015	0,000	<b>0,153</b>
LK ST	0,196	0,028	0,714	0,022	0,000	0,003	0,031	0,001	<b>0,996</b>
LK NW II	0,163	0,006	0,287	0,006	0,000	0,011	0,045	0,000	<b>0,518</b>
LK NW I	0,063	0,093	0,041	0,004	0,002	0,027	0,305	0,000	<b>0,537</b>
LK NW III	0,046	0,025	0,400	0,050	0,014	0,003	0,000	0,000	<b>0,538</b>
STD NW I	0,073	0,003	0,060	0,018	0,001	0,003	0,016	0,014	<b>0,187</b>
STD NW II	0,126	0,004	0,080	0,000	0,002	0,005	0,017	0,000	<b>0,234</b>

Struktur	Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle (kg/Mg)								Summe schadstoffh. Abfälle Struktur kg/Mg
	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, ÖlfILTER	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	
ländliche Regionen	0,740	0,539	1,456	0,049	0,044	0,048	0,593	0,145	<b>3,61</b>
ländlich dichter bes. Regionen	0,593	0,091	1,207	0,128	0,026	0,060	0,128	0,005	<b>2,24</b>
städtische Regionen	0,537	0,133	1,267	0,103	0,002	0,018	0,064	0,052	<b>2,18</b>
großstädtische Regionen	0,533	0,040	0,671	0,153	0,061	0,013	0,109	0,00043	<b>1,58</b>
ländlich, dörflich	0,818	0,532	0,907	0,092	0,009	0,076	0,128	0,218	<b>2,78</b>
ländlich, kleinstädtisch	0,504	0,092	0,635	0,011	0,003	0,009	1,086	0,003	<b>2,34</b>
städtisch Einzelhäuser	0,449	0,466	2,066	0,206	0,115	0,036	0,087	0,016	<b>3,44</b>
städtisch Kernstadt	0,623	0,067	1,099	0,164	0,005	0,036	0,101	0,017	<b>2,11</b>
städtisch Mehrfam.	0,576	0,044	1,181	0,069	0,079	0,013	0,078	0,020	<b>2,06</b>
<b>Bund gesamt</b>	<b>0,610</b>	<b>0,202</b>	<b>1,175</b>	<b>0,109</b>	<b>0,034</b>	<b>0,041</b>	<b>0,233</b>	<b>0,047</b>	<b>2,45</b>

Struktur	Zusammensetzung der schadstoffhaltigen Abfälle (kg/E*Jahr)								Summe schadstoffh. Abfälle Struktur kg/E*Jahr
	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, ÖlfILTER	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	
ländliche Regionen	0,096	0,071	0,210	0,008	0,004	0,008	0,091	0,021	<b>0,51</b>
ländlich dichter bes. Regionen	0,094	0,015	0,236	0,023	0,005	0,009	0,020	0,001	<b>0,40</b>
städtische Regionen	0,098	0,022	0,229	0,018	0,000	0,003	0,011	0,008	<b>0,39</b>
großstädtische Regionen	0,116	0,009	0,156	0,038	0,015	0,002	0,025	0,00011	<b>0,36</b>
ländlich, dörflich	0,111	0,080	0,127	0,011	0,001	0,013	0,013	0,029	<b>0,39</b>
ländlich, kleinstädtisch	0,078	0,014	0,137	0,001	0,000	0,001	0,161	0,000	<b>0,39</b>
städtisch Einzelhäuser	0,079	0,044	0,329	0,039	0,007	0,006	0,016	0,002	<b>0,52</b>
städtisch Kernstadt	0,092	0,011	0,195	0,038	0,001	0,005	0,019	0,003	<b>0,36</b>
städtisch Mehrfam.	0,112	0,012	0,270	0,018	0,023	0,002	0,021	0,004	<b>0,46</b>
<b>Bund gesamt</b>	<b>0,100</b>	<b>0,029</b>	<b>0,213</b>	<b>0,021</b>	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>	<b>0,038</b>	<b>0,007</b>	<b>0,42</b>

Öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger	1. Kampagne		2. Kampagne		Gesamt (1. + 2. Kampagne)	
	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit
	%	%	%	%	%	%
LK BY	81,3	18,8	75,0	25,0	78,1	21,9
LK HE	86,7	13,3	93,3	6,7	90,0	10,0
LK ST	90,0	10,0	100,0	0,0	95,0	5,0
LK NW I	50,0	50,0	60,0	40,0	55,0	45,0
LK NI	93,3	6,7	76,7	23,3	85,0	15,0
LK NW II	86,7	13,3	76,7	23,3	81,7	18,3
LK NW III	26,7	73,3	56,7	43,3	41,7	58,3
STD BW	55,2	44,8	60,0	40,0	57,6	42,4
STD TH	66,7	33,3	73,3	26,7	70,0	30,0
STD NW I	63,3	36,7	56,7	43,3	60,0	40,0
Stadtstaat	70,0	30,0	70,0	30,0	70,0	30,0
STD NW II	50,0	50,0	70,0	30,0	60,0	40,0
<b>Gesamt</b>	<b>68,4</b>	<b>31,6</b>	<b>72,4</b>	<b>27,6</b>	<b>70,4</b>	<b>29,6</b>

Siedlungsstruktur	1. Kampagne		2. Kampagne		Gesamt (1. + 2. Kampagne)	
	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit
	%	%	%	%	%	%
ländliche Regionen	77,0	23,0	82,0	18,0	79,5	20,5
ländlich dichter bes. Regionen	68,9	31,1	70,0	30,0	69,4	30,6
städtische Regionen	61,8	38,2	63,3	36,7	62,6	37,4
großstädtische Regionen	60,0	40,0	70,0	30,0	65,0	35,0

Bebauungsstruktur	1. Kampagne		2. Kampagne		Gesamt (1. + 2. Kampagne)	
	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	Schadstoffe in der Stichprobeneinheit	<u>keine</u> Schadstoffe in der Stichprobeneinheit
	%	%	%	%	%	%
ländlich, dörflich	79,8	20,2	76,2	23,8	78,0	22,0
ländlich, kleinstädtisch	57,4	42,6	77,8	22,2	67,6	32,4
städtisch Einzelhäuser	66,0	34,0	62,5	37,5	64,2	35,8
städtisch Kernstadt	68,9	31,1	67,6	32,4	68,2	31,8
städtisch Mehrfam.	65,7	34,3	74,5	25,5	70,1	29,9

1. Sortier- kampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll										
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit										Summe Gew.-%	
				Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe kg/Mg		
LK NI	2	1	1	0,943	0	0	0	0	0	0	0	0,164	1,107	0,111
LK NI	2	1	2	0,700	0	0	0	0	0	0	0	0	0,700	0,070
LK NI	2	1	3	0,545	1,496	0	5,719	0	0	0	0	0	7,760	0,776
LK NI	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NI	2	1	5	1,213	0	1,389	0,142	0	0	0	0	0	2,743	0,274
LK NI	2	1	6	0,369	0	0,212	0,224	0	1,565	0	0	0	2,370	0,237
LK NI	2	5	1	0,976	0	0,063	0	0	0	0	0	0	1,039	0,104
LK NI	2	5	2	0,354	0	0	0	0	0	0	0	0	0,354	0,035
LK NI	2	5	3	0,719	0	0	0	0	0	0	0	0	0,719	0,072
LK NI	2	5	4	0,172	0	0	0	0	0	0,904	0	0	1,076	0,108
LK NI	2	5	5	0,139	0	0	0	0	0	0	0	0	0,139	0,014
LK NI	2	5	6	0,132	0	0	0	0	0	0	0	0	0,132	0,013
LK NI	2	2	1	0,818	0	0	0,846	0	0	0	0	0	1,664	0,166
LK NI	2	2	2	0,485	0	0	0	0	0	0	0	0	0,485	0,048
LK NI	2	2	3	0,678	0	0	0	0	0,634	0	0	0	1,312	0,131
LK NI	2	2	4	0,147	0	0	0	0	0	0	0	0,038	0,185	0,018
LK NI	2	2	5	0,728	0	1,300	0	0	0	0	0	0	2,028	0,203
LK NI	2	2	6	0,211	0	0,023	0	0	0	0	0	0	0,234	0,023
LK NI	2	4	1	0,413	0	0	0	0	0	0	0	0	0,413	0,041
LK NI	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NI	2	4	3	0,132	0	5,599	0	0	0	0	0	0,439	6,170	0,617
LK NI	2	4	4	0	0	0,894	0	0	0	0	0	0	0,894	0,089
LK NI	2	4	5	0,494	0	0	0	0	0	0	0	0	0,494	0,049
LK NI	2	4	6	0,710	0	0	0	0	0	0	0	0	0,710	0,071
LK NI	2	1	1	0,132	0	0	0	0	0	0	0	0	0,132	0,013
LK NI	2	1	2	0,030	1,883	0	0	0	0	0	0	0	1,913	0,191
LK NI	2	1	3	0,548	0	0	0	0	0	0	0	0	0,548	0,055
LK NI	2	1	4	1,591	0	0	0	0	0	0	0	0	1,591	0,159
LK NI	2	1	5	0	0	1,150	0	0	0	0	0	0	1,150	0,115
LK NI	2	1	6	0,582	0	0	0	0	0	0	0	0	0,582	0,058



1. Sortier- kampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoff- röhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoff- haltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
STD TH	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	1	2	0,140	0	0	0	0	0	0	0	0,140	0,014
STD TH	3	1	3	0,390	0	0	0	0	0	0	0	0,390	0,039
STD TH	3	1	4	2,265	0	0	0	0	0	0	0	2,265	0,227
STD TH	3	1	5	0,693	0	0	0	0	0	0	0	0,693	0,069
STD TH	3	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	1	1,024	0	12,267	0	0	0	0	0	13,291	1,329
STD TH	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	5	1,235	0	0	0	0	0	0	0	1,235	0,124
STD TH	3	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	2	0,516	0,788	0	0	0	0	0	0	1,305	0,130
STD TH	3	5	3	0,120	0	0	0	0	0	0	0	0,120	0,012
STD TH	3	5	4	3,076	0	0	0	0	0	0	0	3,076	0,308
STD TH	3	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	6	0,279	0	5,052	0	0	0	0	0	5,331	0,533
STD TH	3	3	1	1,172	0	0	3,997	0	0	0,888	0	6,058	0,606
STD TH	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	3	3	0,349	0	3,519	0	0	0	0	0	3,868	0,387
STD TH	3	3	4	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0,055	0,006
STD TH	3	3	5	0,295	0	0	0	0	0	1,474	0	1,769	0,177
STD TH	3	3	6	1,148	0	3,201	0	0	0	0	0	4,349	0,435
STD TH	3	4	1	0,847	0	0	0	0	0	0	0	0,847	0,085
STD TH	3	4	2	0,892	0	0	0	0	0	0	0	0,892	0,089
STD TH	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	1,481	1,481	0,148
STD TH	3	4	4	2,031	0	0	0	0	0,647	0	0	2,678	0,268
STD TH	3	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	4	6	1,573	0	0	0	0	0	0	0	1,573	0,157

2. Sortierkampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
STD TH	3	1	1	1,881	0	0	0	0	0	0	0	1,881	0,188
STD TH	3	1	2	0,080	0	0,080	0	0	0	0	0,053	0,214	0,021
STD TH	3	1	3	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0,002
STD TH	3	1	4	1,109	0	0	0	0	0	0	0	1,109	0,111
STD TH	3	1	5	0,525	0	0	0	0	0	0	0	0,525	0,053
STD TH	3	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	1	0,430	0	0	0	0	0	0	0	0,430	0,043
STD TH	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	3	1,677	0	0	0	0	0	0	0	1,677	0,168
STD TH	3	5	4	0,481	0	0	0	0	0	0	0	0,481	0,048
STD TH	3	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	6	0	0	28,124	0	0	0	0	0	28,124	2,812
STD TH	3	5	1	3,993	0	0	0	0	0	0	0	3,993	0,399
STD TH	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	3	0,960	0	0	0	0	0	0	0	0,960	0,096
STD TH	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	5	5	0,059	0	0	0	0	0	0	0	0,059	0,006
STD TH	3	5	6	0,999	0	0	0	0	0	0	0	0,999	0,100
STD TH	3	3	1	1,895	0	13,343	0	0	0	0	0	15,238	1,524
STD TH	3	3	2	0,854	0	0	0	0	0	0	0	0,854	0,085
STD TH	3	3	3	0,273	0	1,364	0	0	0,737	0	0	2,374	0,237
STD TH	3	3	4	3,816	0	0	0	0	0	0	0	3,816	0,382
STD TH	3	3	5	0,258	0	0	0	0	0	0	0	0,258	0,026
STD TH	3	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	4	2	1,710	0	0	0	0	0	0	0	1,710	0,171
STD TH	3	4	3	1,216	0	0	0	0	0	0	0	1,216	0,122
STD TH	3	4	4	0	0	0,761	0	0	0	0	0	0,761	0,076
STD TH	3	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD TH	3	4	6	1,626	0	0	0	0	0	0	0	1,626	0,163



2. Sortier- kampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Sichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, ÖlfILTER	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunsthharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoff- röhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoff- haltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
Stadtstaat	4	4	1	0,756	0	0	0	0	0	0	0	0,756	0,076
Stadtstaat	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	4	4	0,593	0	0	0	0	0	0	0	0,593	0,059
Stadtstaat	4	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	5	4	1,065	0	0	0	0	0	0	0	1,065	0,107
Stadtstaat	4	5	5	0	0	0	0	0	0,776	0	0	0,776	0,078
Stadtstaat	4	5	6	0,009	0	0	0	0	0	0	0	0,009	0,001
Stadtstaat	4	3	1	0,294	0	0	0	0	0	0	0	0,294	0,029
Stadtstaat	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	3	3	0	0	4,179	0	0	0	0	0	4,179	0,418
Stadtstaat	4	3	4	0,793	0	0	0	0	0	0	0	0,793	0,079
Stadtstaat	4	3	5	0,117	0	0	0	0	0	0	0	0,117	0,012
Stadtstaat	4	3	6	0,459	0	0	0	0	0	0,041	0	0,500	0,050
Stadtstaat	4	5	1	0,239	0	0	0	0	0	0	0	0,239	0,024
Stadtstaat	4	5	2	1,206	0	0	0	0	0	0	0	1,206	0,121
Stadtstaat	4	5	3	0	0	0	0	0	0	5,236	0	5,236	0,524
Stadtstaat	4	5	4	1,088	0	0	0	0	0	0	0	1,088	0,109
Stadtstaat	4	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stadtstaat	4	5	6	0,393	0	0	0	0	0	0	0	0,393	0,039
Stadtstaat	4	5	1	1,744	0	0	0	0	0	0	0	1,744	0,174
Stadtstaat	4	5	2	0,159	0	0	0	0	0	0	0	0,159	0,016
Stadtstaat	4	5	3	0,380	0	0	0	0	0	0	0	0,380	0,038
Stadtstaat	4	5	4	0,876	0	0	0	0	0	0	0	0,876	0,088
Stadtstaat	4	5	5	2,024	0	0	0	0	0	0	0	2,024	0,202
Stadtstaat	4	5	6	0,378	0	0	0	0	0	0	0	0,378	0,038



2. Sortier- kampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Sichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfiler	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoff- röhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoff- haltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
LK HE	1	5	1	1,433	0	0	0	0	0	0	0	1,433	0,143
LK HE	1	5	2	0,947	0	0	0,254	0	1,372	0	0	2,573	0,257
LK HE	1	5	3	1,088	0	0	0	0	0	0	0	1,088	0,109
LK HE	1	5	4	2,129	0	0	0	0	0	0	0	2,129	0,213
LK HE	1	5	5	0,109	0,504	1,305	0	0	0	0	0	1,918	0,192
LK HE	1	5	6	0,104	0	0	0	0	0	0	0	0,104	0,010
LK HE	1	1	1	0,209	25,785	0,588	1,062	0	0	0	0	27,644	2,764
LK HE	1	1	2	1,192	12,952	2,286	0	0	0	0	0	16,430	1,643
LK HE	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	10,573	10,573	1,057
LK HE	1	1	4	0,008	4,930	0	0	0	0	0	0	4,938	0,494
LK HE	1	1	5	0,343	0	0	0	0	0	0	0,128	0,471	0,047
LK HE	1	1	6	0,008	0	0	0	0	0	0	0	0,008	0,001
LK HE	1	4	1	0,311	0	0	0	0	0	0	0	0,311	0,031
LK HE	1	4	2	0,110	0	0	0	0	0	0	0	0,110	0,011
LK HE	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK HE	1	4	4	1,341	0,588	0,612	0	0	0	0	0	2,542	0,254
LK HE	1	4	5	1,197	0	0	0	0	0	0	0	1,197	0,120
LK HE	1	4	6	0,523	0	0	0	0,247	0	0	0	0,770	0,077
LK HE	1	2	1	0,167	0	0	0	0	0	0,759	0	0,926	0,093
LK HE	1	2	2	0,179	0	0	0	0	0	2,563	0,144	2,886	0,289
LK HE	1	2	3	0,452	0	0	0	0,293	0	0	0	0,745	0,075
LK HE	1	2	4	3,608	0	0	0	0	0	0	0	3,608	0,361
LK HE	1	2	5	0,663	0	0,135	0	0	0	0	0	0,798	0,080
LK HE	1	2	6	0,616	0	0	0,344	0	0	0	0	0,960	0,096
LK HE	1	1	1	0,437	0	0	0	0	0	0	0	0,437	0,044
LK HE	1	1	2	0,428	1,597	0	0	0	0	0	0	2,026	0,203
LK HE	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK HE	1	1	4	1,269	0	0	0	0	0	0	0	1,269	0,127
LK HE	1	1	5	0,354	0	0	0	0	0	0	0	0,354	0,035
LK HE	1	1	6	0,239	0	0	0	0	0	0	0	0,239	0,024





1. Sortierkampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
LK BY	1	3	1	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,0002
LK BY	1	3	2	0,522	0	26,119	0	0	0	0	0	26,642	2,664
LK BY	1	3	3	1,321	0	0	0	0	0	0	0	1,321	0,132
LK BY	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	3	5	0,026	0	2,763	0	11,051	0	0	0	13,840	1,384
LK BY	1	3	6	0	0	0,029	0	0	0	0	0	0,029	0,003
LK BY	1	1	1	0,005	0	0,319	0	0	0	0	0	0,324	0,032
LK BY	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	1	4	2,365	0	0	0	0	0	0	0	2,365	0,237
LK BY	1	1	5	0,472	0	0	0	0	0	0	0	0,472	0,047
LK BY	1	1	6	0,369	0	0	0	0	0	0	0	0,369	0,037
LK BY	1	5	1	0,205	0	0	0	0	0	0	0	0,205	0,020
LK BY	1	5	2	0,100	0	0	0	0	0	0	0	0,100	0,010
LK BY	1	5	3	0,383	0	0	0	0	0	0	0	0,383	0,038
LK BY	1	5	4	0,257	0	0	0	0	0	0	0	0,257	0,026
LK BY	1	5	5	0,181	0	0	0	0	0	0	0	0,181	0,018
LK BY	1	5	6	1,292	0	0	0	0	0	0	0	1,292	0,129
LK BY	1	1	1	0,397	0	0	0	0	0	2,205	0	2,602	0,260
LK BY	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0,507	0	0,507	0,051
LK BY	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	1	4	0,531	0	0	0	0	0	0	0	0,531	0,053
LK BY	1	1	5	10,100	0	0	0	0	0	0	0	10,100	1,010
LK BY	1	1	6	0,888	0	18,878	0	0	0	0	0	19,766	1,977
LK BY	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	4	2	0,262	0	0	0	0	0	0	0	0,262	0,026
LK BY	1	4	3	0,369	0	0	0	0	0	0	0	0,369	0,037
LK BY	1	4	4	0,412	0	0	0	0	0	0	0	0,412	0,041
LK BY	1	4	5	0,958	0	0	0	0	0	0	0	0,958	0,096
LK BY	1	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	4	7	0,808	0	0	0	0	0	0	0	0,808	0,081
LK BY	1	4	8	1,638	0	0	0	0	0	0	0	1,638	0,164

2. Sortier- kampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfiler	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunsthharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoff- röhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoff- haltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
LK BY	1	3	1	0,042	0	0	0	0	0	0	0	0,042	0,004
LK BY	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	3	4	0,561	0	0	0	0	0	0	0	0,561	0,056
LK BY	1	3	5	0,130	30,890	0	0	0	0	0	0	31,020	3,102
LK BY	1	3	6	0,229	0	0	0	0	0	0	0	0,229	0,023
LK BY	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	1	3	0,520	0	0	0	0	0	0	0	0,520	0,052
LK BY	1	1	4	1,529	0	0	0	0	0	0,907	0	2,436	0,244
LK BY	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	1	6	0,264	0	0	0	0	0	0	0	0,264	0,026
LK BY	1	5	1	0,722	0	0	0	0	0	0	0	0,722	0,072
LK BY	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	5	3	0,636	0	0	0	0	0	0	0	0,636	0,064
LK BY	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	5	5	0,545	0	0	0	0	0	0,489	0	1,034	0,103
LK BY	1	5	6	0,355	0	0	0	0	0	0	0	0,355	0,036
LK BY	1	1	1	0,176	0	7,145	0	0	0	7,571	0	14,892	1,489
LK BY	1	1	2	1,799	0	0	0	0	0	0,483	0	2,281	0,228
LK BY	1	1	3	0,376	0	0	0	0	0	0	0	0,376	0,038
LK BY	1	1	4	1,269	0	0	0	0	0	0	0	1,269	0,127
LK BY	1	1	5	0,211	0	0	0	0	0	0	0	0,211	0,021
LK BY	1	1	6	0,286	0	0	0	0	0	0	0	0,286	0,029
LK BY	1	4	1	4,831	0	0	0	0	0	0	0	4,831	0,483
LK BY	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK BY	1	4	3	0	0	0	0	0	0,465	0	0	0,465	0,047
LK BY	1	4	4	0,002	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,0002
LK BY	1	4	5	0,245	0	0	0	0	0	0	0	0,245	0,025
LK BY	1	4	6	0,013	0	0	0	0	0	0	0	0,013	0,001
LK BY	1	4	7	4,610	0	0	0	0	0	0	0	4,610	0,461
LK BY	1	4	8	0,099	0	0	0	0	0	0	0	0,099	0,010



2. Sortierkampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Sichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
LK ST	1	1	1	0,486	0	0	0	0	0	0	0	0,486	0,049
LK ST	1	1	2	0,977	0	0	0	0	0	0	0	0,977	0,098
LK ST	1	1	3	0,265	0	0	0	0	1,244	0	0	1,510	0,151
LK ST	1	1	4	0,662	3,208	10,023	0	0	0	0,802	0	14,694	1,469
LK ST	1	1	5	6,312	0	0	0	0	0	7,866	0	14,179	1,418
LK ST	1	1	6	0,526	0	0,511	0	0	0	0	0	1,037	0,104
LK ST	1	2	1	0,398	0	0	0	0	0	0	0,043	0,441	0,044
LK ST	1	2	2	0,845	0	0	0	0	0	0	0	0,845	0,084
LK ST	1	2	3	1,608	0	0	0	0	0	0	0,048	1,656	0,166
LK ST	1	2	4	0,406	0	0	0	0	0	0	0	0,406	0,041
LK ST	1	2	5	6,317	0	0	0	0	0	0	0	6,317	0,632
LK ST	1	2	6	0,904	0	0	0	0	0	0	0	0,904	0,090
LK ST	1	4	1	1,554	0	0	0	0	0	0	0	1,554	0,155
LK ST	1	4	2	2,719	0	0	0	0	0	0,044	0	2,763	0,276
LK ST	1	4	3	0,315	0	0	0	0	0	0	0	0,315	0,032
LK ST	1	4	4	10,295	0	0	0	0	0	0	0	10,295	1,029
LK ST	1	4	5	3,231	0	0	0	0	0	0,659	0	3,890	0,389
LK ST	1	4	6	0,144	0	0	0	0	0	0	0	0,144	0,014
LK ST	1	1	1	1,902	0	0	0,228	0	0	0	0	2,130	0,213
LK ST	1	1	2	3,063	0	0	0	0	0	0	0	3,063	0,306
LK ST	1	1	3	1,446	9,957	28,174	3,983	0	0	0	0	43,561	4,356
LK ST	1	1	4	2,544	0	0	0	0	0	0	0	2,544	0,254
LK ST	1	1	5	3,116	0	0	0	0	0	0	0	3,116	0,312
LK ST	1	1	6	2,268	0	0	0	0	0	0	0	2,268	0,227
LK ST	1	5	1	1,185	0	0	0	0	0	0	0,169	1,354	0,135
LK ST	1	5	2	0,955	0	0	0	0	0	0	0	0,955	0,096
LK ST	1	5	3	0,504	0	0	0	0	0	0	0	0,504	0,050
LK ST	1	5	4	5,651	0	0	0	0	0	0	0	5,651	0,565
LK ST	1	5	5	0,668	0	0	0	0	0	0	0	0,668	0,067
LK ST	1	5	6	0,344	0	68,846	0	0	0	0	0	69,190	6,919

1. Sortierkampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
LK NW I	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	5	0	0	0	0	0	0	0,781	0	0,781	0,078
LK NW I	1	2	6	0	0	0	0	0	0	5,823	0	5,823	0,582
LK NW I	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	1	2	0,172	2,696	0	0	0,833	0	0	0	3,701	0,370
LK NW I	1	1	3	0	0	1,654	0	0	0	0	0	1,654	0,165
LK NW I	1	1	4	0,376	5,975	8,536	1,639	0	0	0	0	16,525	1,653
LK NW I	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	1	1	0	4,958	0	0	0	0	0	0	4,958	0,496
LK NW I	1	1	2	4,735	0	0	0	0	0	0	0	4,735	0,474
LK NW I	1	1	3	0	7,284	0	0	0	5,142	0	0	12,426	1,243
LK NW I	1	1	4	0,183	0	0	0	0	0,081	0	0	0,264	0,026
LK NW I	1	1	5	1,137	0	0	0	0	0	0	0	1,137	0,114
LK NW I	1	1	6	0,030	0	0	0	0	0	0	0	0,030	0,003
LK NW I	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	3	0,184	0,835	0	0	0	0	0	0	1,019	0,102
LK NW I	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	5	0,137	0	0	0	0	0	0	0	0,137	0,014
LK NW I	1	2	6	2,996	0	0	0	0	0	0	0	2,996	0,300
LK NW I	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW I	1	2	6	0,712	0	0	0	0	0	0	0	0,712	0,071



1. Sortierkampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoffhaltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
LK NW II	2	2	2	0,163	0	0	0	0	0	0	0	0,163	0,016
LK NW II	2	2	3	8,229	0	0	0	0	0	0	0	8,229	0,823
LK NW II	2	2	4	0	0	0,155	0	0	0	0	0	0,155	0,016
LK NW II	2	2	5	0,399	0	0	0	0	0	0	0	0,399	0,040
LK NW II	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0,990	0	0,990	0,099
LK NW II	2	1	1	0,386	0	0	0	0	0	0	0	0,386	0,039
LK NW II	2	1	2	0,214	0	0	0	0	0	0	0	0,214	0,021
LK NW II	2	1	3	0,158	0	0,169	0	0	0	0	0	0,327	0,033
LK NW II	2	1	4	0,907	0	0	0	0	0	0	0	0,907	0,091
LK NW II	2	1	5	4,439	0	0	0	0	0	0	0	4,439	0,444
LK NW II	2	1	6	2,568	0	0	0	0	0	0	0	2,568	0,257
LK NW II	2	1	1	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,0001
LK NW II	2	1	2	2,335	0	3,550	2,536	0	2,029	0	0	10,450	1,045
LK NW II	2	1	3	0,158	0	0	0	0	0	0	0	0,158	0,016
LK NW II	2	1	4	0,979	0	0,233	0	0	0	0	0	1,213	0,121
LK NW II	2	1	5	0,637	0	0	0	0	0	0	0	0,637	0,064
LK NW II	2	1	6	0,522	0	0,275	0	0	0	0	0	0,797	0,080
LK NW II	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW II	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW II	2	4	3	0	1,132	0	0	0	0	0	0	1,132	0,113
LK NW II	2	4	4	0,939	0	0	0	0	0	0	0	0,939	0,094
LK NW II	2	4	5	0,832	0	0	0	0	0	0	0	0,832	0,083
LK NW II	2	4	6	0,634	0	0	0	0	0	2,114	0	2,748	0,275
LK NW II	2	5	1	0	0	0	0	0	1,242	0	0	1,242	0,124
LK NW II	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW II	2	5	3	0	0	38,531	0	0	0	0	0	38,531	3,853
LK NW II	2	5	4	0,410	0	0	0	0	0	0	0	0,410	0,041
LK NW II	2	5	5	0,128	0	0,727	0	0	0	0	0	0,855	0,086
LK NW II	2	5	6	1,582	0	2,238	0	0	0	0	0	3,820	0,382





2. Sortier- kampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, ÖlfILTER	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunsthharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoff- röhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoff- haltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
LK NW III	2	3	1	2,533	0	0	0	0	0	0	0	2,533	0,253
LK NW III	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	3	4	1,016	0	0	0	0	0	0	0	1,016	0,102
LK NW III	2	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	5	2	2,361	0	0	0	0	0	0	0	2,361	0,236
LK NW III	2	5	3	0	0	0	0	6,914	0	0	0	6,914	0,691
LK NW III	2	5	4	0,189	0	0	0	0	0	0	0	0,189	0,019
LK NW III	2	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	5	6	0	2,042	0	0	0	0	0	0	2,042	0,204
LK NW III	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	4	2	0,307	0	0	0	0	0	0	0	0,307	0,031
LK NW III	2	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	4	4	0,369	0	0	0	0	0	0	0	0,369	0,037
LK NW III	2	4	5	0,019	0	0	0	0	0	0	0	0,019	0,002
LK NW III	2	4	6	0,369	0	0	0	0	0	0	0	0,369	0,037
LK NW III	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	2	2	0,339	0	0	0	0	0	0	0	0,339	0,034
LK NW III	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	2	4	0,442	2,510	0	0	0	0	0	0	2,952	0,295
LK NW III	2	2	5	0	0	47,234	0	0	0	0	0	47,234	4,723
LK NW III	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	1	1	0,172	0	0	0	0	0	0	0	0,172	0,017
LK NW III	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	1	3	0,246	0	0	0	0	0	0	0	0,246	0,025
LK NW III	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LK NW III	2	1	5	0	0	6,412	0	0	0	0	0	6,412	0,641
LK NW III	2	1	6	0,705	1,057	0	0	0	0	0	0	1,762	0,176

1. Sortier- kampagne				kg schadstoffhaltige Abfälle je Mg Hausmüll									
ÖRE	Siedlungsstruktur	Bebauungsstruktur	Stichprobeneinheit	Batterien	Öle, Fette, Kraftstoffe, Ölfilter	Farben, Lacke, Lösungsmittel, Kunstharze, Klebstoffe	Reinigungs- und Pflegemittel	Chemikalien	Insektizide, Herbizide, Fungizide	Leuchtstoff- röhren und andere quecksilberh. Abfälle	Sonstige schadstoff- haltige Abfälle	Summe kg/Mg	Summe Gew.-%
STD NW I	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	4	2	1,916	0	0	0	0	0	0	0	1,916	0,192
STD NW I	3	4	3	0,190	0	0	0	0	0	0	0	0,190	0,019
STD NW I	3	4	4	0,164	0	0	0	0	0	0	0	0,164	0,016
STD NW I	3	4	5	8,824	0	0	0	0	0	2,064	0	10,888	1,089
STD NW I	3	4	6	0,863	0,493	0	0	0	0	0,579	0	1,934	0,193
STD NW I	3	3	1	0,372	0	0	0	0	0	0	0	0,372	0,037
STD NW I	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	3	4	3,789	0	0	0	0	0	0	0	3,789	0,379
STD NW I	3	3	5	0,472	0	0	0	0	0	0	0	0,472	0,047
STD NW I	3	3	6	0,253	0	0,138	0	0	0	0	1,519	1,911	0,191
STD NW I	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	5	2	2,141	0	0	0	0	0	0	0	2,141	0,214
STD NW I	3	5	3	0,157	0	0	0	0	0	0	0	0,157	0,016
STD NW I	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	5	5	0,611	0	0	0	0	0	0	2,350	2,961	0,296
STD NW I	3	5	6	0,070	0	0	0	0	0	0	0	0,070	0,007
STD NW I	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0,501	0,501	0,050
STD NW I	3	4	2	0	0	0	0	0	0,869	0	0	0,869	0,087
STD NW I	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	4	6	0,190	0	0,626	0	0,493	0,341	0	0	1,650	0,165
STD NW I	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	2	3	0,511	0	0	0	0	0	0	0	0,511	0,051
STD NW I	3	2	4	1,173	0	0	0	0	0	0	0	1,173	0,117
STD NW I	3	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STD NW I	3	2	6	0,441	0	0	0	0	0	0	0	0,441	0,044







<b>Siedlungsstrukturen</b>	
1	ländliche Regionen (bis 150 E/km <sup>2</sup> )
2	ländlich dichter besiedelte Regionen (> 150 - 750 E/km <sup>2</sup> )
3	städtische Regionen (> 750 - 1750 E/km <sup>2</sup> )
4	großstädtische Regionen (> 1750 E/km <sup>2</sup> )

<b>Bebauungsstrukturen</b>	
1	ländlich, dörflich
2	ländlich, kleinstädtisch
3	städtisch Einzelhäuser
4	städtisch Kernstadt
5	städtisch Mehrfamilienhäuser