TEXTE
143/2025

Abschlussbericht

Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung

von:

Dr. Bertram Zwisele, Pitt Bargfried, Carsten Böhm, Renata Stanczyk
ARGUS GmbH, Berlin

Dr. Michael Kern, Jörg Siepenkothen
Witzenhausen-Institut GmbH, Witzenhausen

Manfred Santjer, Lara Hannes
INFA GmbH, Ahlen

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

TEXTE 143/2025

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums
für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 33 302 0
FB001793

Abschlussbericht

Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung

von

Dr. Bertram Zwisele, Pitt Bargfried, Carsten Böhm, Renata Stanczyk
ARGUS GmbH, Berlin

Dr. Michael Kern, Jörg Siepenkothen
Witzenhausen-Institut GmbH, Witzenhausen

Manfred Santjer, Lara Hannes
INFA GmbH, Ahlen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:
Argus GmbH
Karl-Heinrich-Ulrichs-Str. 20a
10785 Berlin

Abschlussdatum:
März 2025

Redaktion:
Fachgebiet III 2.4 Abfalltechnik. Abfalltechniktransfer
Felix Römer

DOI:
https://doi.org/10.60810/openumwelt-7848

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, November 2025

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung

Seit dem 1. Januar 2015 sind Bioabfälle in Deutschland gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz getrennt zu sammeln. Die EU-Abfallrahmenrichtlinie von 2018 definiert zu erreichende, nationale Recyclingziele u. a. für Siedlungsabfälle, zu denen auch der Bioabfall gehört. Die an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle (vorrangig Heimkompostierung) können hierbei angerechnet werden und sind somit zur Erreichung der Recyclingziele relevant. In diesem Forschungsvorhaben wurde daher ein Konzept zur Ermittlung der Masse des Bioabfalls aus privaten Haushalten und Kleingärten entwickelt, die durch Heimkompostierung verwertet wird. Durch repräsentative Datenerhebung und die indirekte Differenzmethode wurden zwei Szenarien mit einem jährlichen pro-Kopf Aufkommen von 21,24 kg und 56,82 kg für private Haushalte entwickelt. Das höhere Szenario ist in den Augen der Studienautoren das praxisnähere und realistischere Ergebnis, welches jedoch auf erfahrungsbasierten Korrekturen der Anzahl an Anfallstellen mit Heimkompostierung (erhoben nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2) beruht. Die hierzu vorhandenen externen Daten sind mit großer Unsicherheit behaftet. Die Studie betont daher die Notwendigkeit, die Datengrundlage für die Heimkompostierung in Deutschland zu verbessern. Empfohlene Maßnahmen umfassen z. B. die gezielte Identifizierung von Grundstücken, umfassendere Befragungen sowie eine Verbesserung bei der Erfassung der Anzahl an Anfallstellen mit Heimkompostierung sowie schließlich eine eindeutigere Definition der Heimkompostierung. Für Kleingartenanlagen ergab eine ergänzende Abschätzung 492.869 Mg heimkompostierte Gartenabfälle pro Jahr in Deutschland. Für das Berechnungsjahr 2021 betrug die Masse an getrennt gesammeltem und einer Heimkompostierung zugeführtem Bioabfall nach den Berechnungen dieser Studie insgesamt 2.284.736 Mg im niedrigen bzw. 5.285.774 Mg im hohen Szenario.

Abstract: Determination of a data basis for calculating the influence of home composting on biowaste recycling

Since January 1, 2015, biowaste in Germany must be separately collected in accordance with the German Circular Economy Act (Kreislaufwirtschaftsgesetz). The EU Waste Framework Directive of 2018 sets national recycling targets to be achieved, including municipal waste, which also encompasses biowaste. Municipal bio-waste separated and recycled at source (home composting) can be credited towards these targets and is therefore relevant for achieving them. In this research project, a concept was developed to determine the mass of biowaste from private households and small gardens that are recycled through home composting. Through representative data collection and the indirect estimation by using a difference method, two scenarios were developed, estimating an annual per capita amount of 21.24 kg and 56.82 kg for private households. The higher scenario is considered by the study's authors to be the more practical and realistic result, though it relies on experience-based adjustments to the number of locations with home composting. The external data available for this comes with significant uncertainty. Therefore, the study emphasizes the need to improve the data basis for home composting in Germany. Recommended measures include identification of adequate properties, more comprehensive surveys, better tracking of the number of locations with home composting and the clarification of the definition of home composting. For small garden plots, an additional estimate found 492,869 metric tons of garden waste composted annually in Germany. For the reference year 2021, the total mass of separately collected biowaste managed through home composting was calculated to be 2,284,736 metric tons in the lower scenario and 5,285,774 metric tons in the higher scenario.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ... 10
Tabellenverzeichnis ... 11
Abkürzungsverzeichnis ... 13
Zusammenfassung ... 14
Summary ... 17
1 Veranlassung und Hintergrund ... 19
2 Zielsetzung ... 21
3 Arbeitspakete ... 22
3.1 Arbeitspaket 1: Literaturrecherche, Stakeholder-Befragung sowie die Erarbeitung des Konzeptes zur Probenahme und Datenauswertung ... 22
3.2 Arbeitspaket 2: Durchführung der Feldversuche ... 22
3.3 Arbeitspaket 3: Konzept zur EU-Berichtspflicht ... 22
4 Allgemeine Einschätzung der Heimkompostierung ... 23
5 Methodische Grundlagen ... 26
5.1 Begriffsbestimmungen ... 26
5.2 Strategie und statistischer Ansatz ... 27
5.2.1 Untersuchungsansatz ... 27
5.2.2 Stichprobenplanung und -auswahl ... 29
5.2.3 Stichprobenumfang ... 30
5.3 Mehrstufig geschichtetes Stichprobenkonzept ... 31
5.3.1 Festlegungen zur Durchführung der Probenahme und Sortierung ... 33
5.3.1.1 Auswahl der Primär- und Sekundärstichproben ... 33
5.3.2 Vorgehen zur Stichprobenauswahl ... 35
5.4 Festlegung der Zugriffsebene ... 36
5.5 Festlegung der Einflussgrößen ... 36
5.5.1 Jahreszeitliche Einflüsse ... 37
5.5.2 Räumliche Einflüsse ... 37
5.5.3 Sachliche Einflüsse ... 37
5.6 Erhebung ... 39
5.6.1 Probenahme ... 39
5.6.2 Sortierung ... 40
5.6.2.1 Sortierstoffgruppen ... 41
5.6.3 Befragung ... 41

5.6.3.1 Methodischer Ansatz ... 41
5.6.3.2 Inhalt des Befragungsbogens ... 42
5.7 Auswertung und Hochrechnung ... 43
5.7.1 Nutzungstypen der beprobten Grundstücke für die Entsorgung der erzeugten Organik ... 43
5.7.1.1 Paarteil 1 ohne Biotonne mit aktiver Heimkompostierung ... 45
5.7.1.2 Paarteil 1 ohne Biotonne ohne aktiver Heimkompostierung ... 46
5.7.1.3 Paarteil 2 mit Biotonne ohne aktiver Heimkompostierung ... 47
5.7.1.4 Paarteil 2 mit Biotonne mit aktiver Heimkompostierung ... 48
5.7.2 Paarbildung ... 48
5.7.3 Berechnung der Paardifferenzen ... 50
5.7.4 Standardisierung der Grüngutmenge aus der zusätzlichen Befragung ... 52
5.7.5 Ausreißeridentifikation und Plausibilitätsprüfung ... 56
5.7.6 Entwicklung der Schichtungsmatrix ... 57
5.7.6.1 Anfallstellen nach Konfiguration zur Abfallentsorgung und -verwertung ... 57
5.7.6.2 Grundstücks- und Gartenflächen ... 61
5.7.6.3 Wohn- und Einwohnerdaten ... 62
5.7.6.4 Zuordnung von Schichtparametern in außenbereichstypische Bebauung ... 62
5.7.7 Abschätzung der Gartenflächen und deren Gartenabfallpotenzial privater Haushalte ... 64
5.7.8 Mehrstufig geschichtete Hochrechnung ... 65
5.8 Heimkompostierung in Kleingartenanlagen ... 69
5.8.1 Befragung der Kleingärten im Untersuchungsgebiet ... 69
5.8.2 Methodik zur Hochrechnung der Heimkompostierung in KGA ... 69
6 Projektdurchführung ... 72
6.1 Pilotversuch zur Vorbereitung der Feldarbeit bei Haushalten bzw. Gebieten mit/ohne Heimkompostierung ... 72
6.2 Probenauswahl ... 72
6.3 Dateneingabe und -auswertung ... 73
6.4 Probenahme ... 73
6.5 Sortierung ... 74
6.6 Befragung ... 75
7 Ergebnisse ... 77
7.1 Stichprobenpaarung ... 77
7.2 Kennzahlen zur Schichtungsmatrix ... 77

7.2.1 Gartenfläche pro Anfallstelle mit betriebener Heimkompostierung 78
7.2.2 Verteilung von Einwohnern und Gartenflächen im Szenario A 79
7.2.3 Verteilung von Einwohnern und Gartenflächen im Szenario B 80
7.3 Hochrechnung 81
7.3.1 Hochrechnung Szenario A 81
7.3.2 Hochrechnung Szenario B 83
7.4 Heimkompostierung in Kleingartenanlagen 85
7.4.1 Befragung von Kleingärten in den Untersuchungsgebieten 85
7.4.2 Hochrechnung der Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen 85
7.5 Alternativer Paarungsansatz 85
7.6 Aufkommensvergleich Szenario A und B 90
8 Qualitätskontrolle 93
8.1 Bewertung der Anfallstellen 93
8.2 Aufkommensvergleich mit anderen Studien 94
8.3 Validierung über einen Potenzialvergleich von Garten-, Küchen- und Lebensmittelabfällen 95
8.3.1 Vergleich der Gartenabfälle 95
8.3.2 Vergleich der Küchen- und Lebensmittelabfälle 97
8.3.3 Validierung der durchschnittlichen Gartenfläche 97
9 Bewertung und Diskussion 99
9.1 Einschätzung der Ergebnisse 99
9.2 Verbesserungsvorschläge 100
9.3 Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen 102
10 EU-Berichterstattung 103
10.1 Fragebogen zur Berichterstattung 103
10.2 Berichterstattung Deutschlands für die Jahre 2020 und 2021 103
10.3 Berichterstattung für Deutschland für das Jahr 2022 104
10.4 Ableitung einer Berechnungsformel 104
10.5 EU-Qualitätskontrollbericht 105
11 Abschlussfachgespräch 110
12 Fazit 111
13 Quellenverzeichnis 113
Anhang 115
A.1 Ergebnisse des Stakeholder-Workshops 115

A.2 Screenshot des Abschnitts 3.2.10 des Qualitätskontrollberichts (QR Table 2 - Material-breakdown) 118
A.3 Fragebogen (Muster) 119
A.4 Fragebogen zur Marktforschung 120
A.5 örE Liste 121
A.6 Differenzbildung der Paarteile innerhalb der örE 135
A.7 Erhebungsbogen Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 142
A.8 Fragebogenauswertung der Kleingartenanlagen 145
A.9 Validierung des Stichprobenansatzes der Paarbildung (Match-Pair) 147
A.9.1 Beschreibung der Berechnungsmethoden 147
A.9.2 Darstellung der Ergebnisse 148
A.9.3 Bewertung 150
A.10 Tabelle 2 des Eurostat Fragebogens 152

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht des Ansatzes der indirekten Methode mittels Differenzbildung und Beschreibung der Probenahmestellen 29

Abbildung 2: Übersicht des mehrstufigen geschichteten Stichprobenkonzeptes 32

Abbildung 3: Entsorgungswege für Paarteil 1 mit aktiver Heimkompostierung 45

Abbildung 4: Entsorgungswege für Paarteil 1 ohne Heimkompostierung 46

Abbildung 5: Entsorgungswege für Paarteil 2 ohne Heimkompostierung 47

Abbildung 6: Entsorgungswege für Paarteil 2 mit Heimkompostierung 48

Abbildung 7: Paarbildung, nach Paarteil, Kompostierungs-Status und Grundstücksklasse 50

Abbildung 8: Schematische Vorgehensweise der Hochrechnung 67

Abbildung 9: Beispiel einer aus dem Restmüll aussortierten Organik-Stoffgruppe 74

Abbildung 10: Aus dem Bioabfall aussortierte Küchen-/Nahrungs-/Gartenabfälle 75

Abbildung 11: Beispiel einer Paargruppe in örE 1 87

Abbildung 12: Einwohnerspezifischer Vergleich Szenario A und B (kg/(E*a)) 90

Abbildung 13: Anstieg zwischen Gartenabfällen und küchenstämmigen Abfällen in Szenario A und B 91

Abbildung 14: Vergleich der Stoffgruppenzusammensetzung von Szenario A und B 92

Abbildung 15: Vergleich der Berechnungen zur Heimkompostierung von Gartenabfälle mit dem theoretischen, maximalen Potenzial 97

Abbildung 16: Screenshot des Abschnitts 3.2.10 des Qualitätskontrollberichts (QR Table 2 - Material-breakdown) 118

Abbildung 17: Fragebogenmuster 119

Abbildung 18: Erhebungsbogen zur Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Teil 1) 142

Abbildung 19: Erhebungsbogen zur Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Teil 2) 143

Abbildung 20: Erhebungsbogen zur Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Teil 3) 144

Abbildung 21: Tabelle 2 des Eurostat-Fragebogens 152

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stichprobenmatrix auf Bundesebene 34

Tabelle 2: Stichprobenmatrix auf örE Ebene 35

Tabelle 3: Definition der Schichten 39

Tabelle 4: Fälle der Überprüfung einer alternativen Berechnung des Wertes der sonstigen Gartenabfallentsorgung 54

Tabelle 5: Anfallstellen nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Statistisches Bundesamt, 2023) 59

Tabelle 6: Zuordnung der bundesweiten Anfallstellen gemeldet durch UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 nach Siedlungsstruktur in Konfiguration Biotonne und Heimkompostierung (Szenario A) 60

Tabelle 7: Modifizierte Zuordnung der bundesweiten Anfallstellen gemeldet durch UStatG §3 nach Siedlungsstruktur in Konfiguration Biotonne und Heimkompostierung (Szenario B) 60

Tabelle 8: Einteilung von Gebäuden nach Wohneinheiten in AB und nicht-AB 62

Tabelle 9: Zuteilung von Anfallstellen nach Szenario A in Bebauungsschichten (1. Schritt) .. 63

Tabelle 10: Split der Anfallstellenkonfiguration auf Bundesebene ohne Konfiguration ohne BT mit HK (Szenario A) 63

Tabelle 11: Verteilung von Anfallstellen und deren Konfiguration innerhalb des AB (Szenario A) 63

Tabelle 12: Entsorgungswege von Gartenabfällen (Potenzialabschätzung) 65

Tabelle 13: Schichtungsmatrix zur Hochrechnung auf die örE-Ebene 68

Tabelle 14: Siedlungsdichte der DE Schicht Typen 69

Tabelle 15: Aufwuchs- und Gartenabfallpotenziale in Kleingartenanlagen 70

Tabelle 16: Untersuchte örE 73

Tabelle 17: Rücklauf von Fragebögen 76

Tabelle 18: Anzahl der gebildeten Paare, nach Paarteil, Status der Heimkompostierung sowie Nutzung der Biotonne 77

Tabelle 19: Schichtungsmatrix zur Verteilung von Einwohnern in ländliche und städtische Siedlungsstrukturen 78

Tabelle 20: Schichtungsmatrix zur Verteilung von Gartenflächen in ländliche und städtische Siedlungsstrukturen 78

Tabelle 21: Privatgartenfläche pro Anfallstelle mit Heimkompostierung (Szenario A und B) .. 79

Tabelle 22: Einwohnerverteilung des Szenario A 79

Tabelle 23: Gartenflächenverteilung des Szenario A 80

Tabelle 24: Einwohnerverteilung des Szenario B 80

Tabelle 25: Gartenflächenverteilung des Szenario B 81

Tabelle 26: Szenario A – Hochgerechnete Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2021 – nach Stoffgruppen und Schichten.... 81

Tabelle 27: Szenario A – Hochgerechnete einwohnerspezifische Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2022 – nach Stoffgruppen und Schichten 82

Tabelle 28: Szenario A - Zusammensetzung der heimkompostierten Abfälle in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen und Schichten in Massenprozent 82

Tabelle 29: Szenario A - Heimkompostierte Abfälle pro Anfallstelle mit Heimkompostierung in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen 83

Tabelle 30: Szenario B – Hochgerechnete Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2022 – nach Stoffgruppen und Schichten.... 83

Tabelle 31: Szenario B - Hochgerechnete einwohnerspezifische Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2022 – nach Stoffgruppen und Schichten 84

Tabelle 32: Szenario B - Zusammensetzung der heimkompostierten Abfälle in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen und Schichten 84

Tabelle 33: Szenario B - Heimkompostierte Abfälle pro Anfallstelle in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen 85

Tabelle 34: Untersuchungscode im alternativen Paarungsansatz 86

Tabelle 35: Beispiel einer U-Code Paarung 86

Tabelle 36: Ergebnis des alternativen Paarungsansatzes 89

Tabelle 37: Anzahl der Wertmeldungen der örE nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 94

Tabelle 38: Gemeldetes Aufkommen heimkompostierter Abfälle kommunal, national und international 95

Tabelle 39: Zusammensetzung des Gartenabfallpotenzials nach Entsorgungspfaden basierend auf Ausgangsdaten in Kapitel 5.7.7 96

Tabelle 40: Mittlere Gartenflächen im Vergleich 98

Tabelle 41: örE-Liste 121

Tabelle 42 Differenzbildung der Paare innerhalb der örE 135

Tabelle 43: Statistische Parameter zur Fehlerrechnung 149

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AB	Außenbereichtstypische Bebauungsschicht
Abs.	Absatz
AG	Auftraggeber
AHK	Anfallstelle mit Heimkompostierung
AN	Auftragnehmer
ARRL	Abfallrahmenrichtlinie
Art.	Artikel
BT	Biotonne
DE	Deutschland
Destatis	Statistisches Bundesamt
E	Einwohner
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
GG	Grüngut
GGS	Grüngutsammlung
ha	Hektar
HH	Haushalte
HK	Heimkompostierung
Komp	Kompostierung
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
örE	öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
RM	Restmüll
sog.	sogenannten
UBA	Umweltbundesamt
UStatG	Umweltstatistikgesetz
Δ	Differenz

Zusammenfassung

In Deutschland sind gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz seit dem 1. Januar 2015 überlassungspflichtige Bioabfälle getrennt zu sammeln. Die EU-Abfallrahmenrichtlinie von 2018 legt fest, dass Bioabfälle bis spätestens Ende 2023 getrennt zu sammeln und zu recyceln sind. Dies kann in zentralen Anlagen oder direkt an der Anfallstelle, wie bei der Heimkompostierung, geschehen. Die Richtlinie fordert die Mitgliedsstaaten dazu auf, die Heimkompostierung aktiv zu fördern. Recyclingziele und -quoten sind ebenfalls festgelegt und umfassen sowohl zentral als auch dezentral verwertete biologisch abbaubare Siedlungsabfälle. Eine Studie des Umweltbundesamtes schätzt ein Massenpotenzial von 7,8 Mio. Mg/a[1] für diese Abfälle (Krause et al., 2015). Die EU-Kommission hat spezifische Vorschriften für die Berechnung und Berichterstattung dieser Daten festgelegt, insbesondere im Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004. Diese Vorschriften beinhalten, dass die Menge der an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle (d.h. vor allem heimkompostierten Bioabfälle) separat gemeldet werden muss. Aufgrund der Schwierigkeiten, solche Abfälle direkt zu messen, ist ein gemeinsamer Ansatz zur Sicherstellung der Zuverlässigkeit der Daten notwendig. Das Umweltbundesamt hat ARGUS – Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH, Witzenhausen - Institut GmbH und INFA - Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH beauftragt, die erforderlichen statistischen Daten zu erheben und ein Konzept für die Berichterstattung an die EU zu entwickeln.

Das Forschungsvorhaben zielte darauf ab, die Mengen an Bioabfällen aus privaten Haushalten und Kleingärten zu ermitteln, die auf dem eigenen Grundstück durch Heimkompostierung verwertet werden. Bislang fehlten genaue Angaben über die tatsächlich anfallenden und verwerteten Bioabfallmengen, eine einheitliche Definition der an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle bzw. der Heimkompostierung sowie die Anzahl der heimkompostierenden Haushalte in Deutschland. Daher wurde ein Konzept entwickelt und umgesetzt, um die bundesdurchschnittlichen Jahresmengen der in der Heimkompostierung verwerteten Bioabfälle zu berechnen. Der Fokus dieser Arbeit lag vor dem Hintergrund der Berichtspflicht auf der Quantifizierung, nicht aber auf der qualitativen Beurteilung der in Deutschland an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle. Hierzu wurde eine repräsentative Untersuchungsmethode auf Bundesebene entwickelt und durchgeführt, um die durchschnittlich pro Haushalt und Einwohner verwertete Jahresmenge an Bioabfällen zu bestimmen. Eine direkte Messung war zwar zulässig, aber aufwändig und potenziell subjektiv beeinflusst. Daher wurde eine Datenerhebung mittels Abfallanalysen von Rest- und Bioabfällen in repräsentativen Einzugsgebieten als objektiverer Ansatz gewählt. Zusätzlich wurden Haushalte befragt, um ihr Verhalten bei der Bioabfallentsorgung und die verwerteten Mengen zu ermitteln. Bei der Entwicklung der Methoden und des Konzepts wurden die Vorgaben des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 berücksichtigt, um eine jährliche Berichterstattung sicherzustellen.

Gemäß dem Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 sind zwei Methoden zur Bestimmung der Menge an heimkompostierten Bioabfällen zulässig. Da Schätzungen darauf hinwiesen, dass der Anteil der an der Quelle getrennten und recycelten Bioabfälle über 5 % des gesamten Siedlungsabfallaufkommens liegt, wurde Methode 2 angewandt. Diese Methode erfordert eine repräsentative Erhebung der Menge an Küchen- und Gartenabfällen, die kompostiert werden,

[1] Ergebend aus dem theoretischen Potenzial aus Küchen- und Gartenabfall, welche in keinem System erfasst bzw. ausgewiesen werden konnten, d.h. einen Verbleib im Garten/Kompost bzw. eine Entsorgung über privatwirtschaftlicher Biogut- und Grüngutentsorger. (Krause et al., 2015a)

durch direkte oder indirekte Messmethoden. Es wurde die indirekte Methode genutzt (Abfallanalysen und Befragungen), um die Heimkompostierungsmenge durch Differenzermittlung nach Match Pair Ansatz zu bestimmen. Dies erfolgte durch Sortieranalysen von Hausmüll und Bioabfällen sowie Befragungen zur Menge an Grüngutabfällen, die nicht auf dem Grundstück entsorgt wurden. Die Differenz zwischen den Abfallmengen von Haushalten, die Heimkompostierung betreiben, und solchen, die dies nicht tun, entsprach der heimkompostierten Menge. Diese Vorgehensweise ermöglichte eine jährliche Berichterstattung und wurde statistisch überprüft, um repräsentative und zuverlässige Daten zu gewährleisten.

In der Untersuchung wurden zwei Szenarien zur Ermittlung des Aufkommens und der Zusammensetzung von heimkompostierten Bioabfällen an privaten Haushalten in Deutschland entwickelt. Beide Szenarien nutzten die gleichen Analysen, fielen jedoch in der Hochrechnung aufgrund unterschiedlicher Hochrechnungsmatrizen unterschiedlich hoch aus. Die Hochrechnung basierte auf den Parametern Einwohner, Gartenfläche, Grundstücksfläche und der Konfiguration der Anfallstellen nach Nutzung von Biotonne und Heimkompostierung. Der wesentliche Unterschied beider Szenarien war die Konfiguration nach Nutzung von Biotonne und Heimkompostierung an den Anfallstellen, welche über das Umweltstatistikgesetz (UStatG §3 Abs. 2 Satz 2) erhoben wurden, jedoch aufgrund von unvollständiger Datenlage unterschiedlich in die jeweilige Konfiguration zugeordnet wurden. Im Szenario A wurde die Zuordnung der Anfallstellen lediglich auf Fehlwerte bereinigt. Szenario B passt die Zuordnung an, um eine realistischere Verteilung der Anfallstellen zu erreichen, wobei die Gesamtanzahl gleichbleibt. Das Szenario A schätzte ein Aufkommen von 21,24 kg/(E*a) und Szenario B ein Aufkommen von 56,82 kg/(E*a). Das Aufkommen im Szenario A spaltet sich auf in 17,85 kg/(E*a) Gartenabfälle und 3,39 kg/(E*a) küchenstämmige Abfälle. Im Szenario B sind 50,64 kg/(E*a) Gartenabfälle und 6,18 kg/(E*a) küchenstämmige Abfälle. In ländlichen Siedlungsstrukturen ist bei beiden Szenarien das höchste Aufkommen an heimkompostierten Bioabfällen zu finden (A: 39,2 kg/(E*a), B: 113,9 kg/(E*a)). In städtischen Siedlungsstrukturen sind es im Szenario A 19,9 kg/(E*a) und im Szenario B 26,6 kg/(E*a) heimkompostierte Bioabfälle.

Die Analyse zeigt, dass die Genauigkeit der Hochrechnung stark von der Datenqualität abhängt, wobei Szenario A als sicheres Ergebnis gilt, da hier Daten zur Hochrechnung wenig Korrektur benötigten. Szenario B gilt als praxisnäheres und realistischeres Ergebnis, welches einem starken Eingriff in die Hochrechnungsparameter bedarf. Ein zentrales Problem war die mangelnde Erfassung der Anfallstellen, da viele örtliche Entsorgungsträger keine spezifischen Daten liefern konnten. Verbesserungsvorschläge beinhalten eine gezielte Identifizierung von Grundstücken, um den Stichprobenverlust zu reduzieren, sowie umfassendere Umfragen zur Stabilisierung der Datenlage. Zudem sollten Gartenflächen differenziert betrachtet werden, um genauere Hochrechnungen zu ermöglichen.

Um die Datengrundlage für die Heimkompostierung in Deutschland zu verbessern, sollten Maßnahmen zur gezielten Datenerhebung und -zuordnung ergriffen werden. Eine detaillierte Befragung der Haushalte könnte helfen, die Qualität der Kompostierung und die Menge an entsorgtem Grüngut besser zu erfassen.

Die Studie unterstreicht die Notwendigkeit, die Datengrundlage weiter zu optimieren, um realistischere und repräsentativere Ergebnisse zur Heimkompostierung in Deutschland zu erzielen. Gegebenenfalls muss der Begriff der an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle und Heimkompostierung noch etwas klarer definiert werden.

Es wurde eine Abschätzung zum Aufkommen heimkompostierter Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen vorgenommen. Diese umfasst 492.869 Mg/a (5,84 kg/(E*a)) Gartenabfälle stammend aus einer Fläche von 48,889 ha Kleingartenanlagen in Deutschland.

Für die EU-Berichterstattung wurde jeweils eine Formel basierend auf Szenario A und B entwickelt, welches für Folgejahre fortgeschrieben werden kann, indem die Anzahl an Anfallstellen mit betriebener Heimkompostierung für das jeweilige Berichtsjahr aktualisiert wird und die Masse heimkompostierter Bioabfälle aus der Summe aus heimkompostierten Bioabfällen aus privaten Haushalten und den Kleingartenanlagen berechnet wird. Für das Jahr 2022 können nach Szenario A demnach 2.284.736 Mg (27,07 kg/(E*a)) und nach Szenario B 5.285.774 Mg (62,66 kg/(E*a)) berichtet werden. Die beiliegende Dokumentation zur EU-Berichterstattung wurde mit den Werten des Szenario A ausgefüllt.

Summary

In Germany, according to the Circular Economy Act, separately collecting mandatory biowaste has been required since January 1, 2015. The EU Waste Framework Directive of 2018 stipulates that biowaste must be separately collected and recycled by the end of 2023 at the latest. This can be done at centralized facilities or directly at the source, such as through home composting. The directive calls on Member States to actively promote home composting. Recycling targets and quotas are also defined and include both centrally and decentrally processed biodegradable municipal waste. A study by the German Environment Agency (UBA) estimates a mass potential of 7.8 million Mg/year for such waste (Krause et al., 2015). The EU Commission has established specific rules for the calculation and reporting of these data, especially in Implementing Decision (EU) 2019/1004. These rules require that the quantity of separately collected and recycled biowaste at the source (i.e., primarily home-composted biowaste) must be reported separately. Due to the difficulties of directly measuring such waste, a common approach is needed to ensure data reliability. The German Environment Agency commissioned ARGUS – Statistik and Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH, Witzenhausen - Institut GmbH und INFA - Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH to collect the required statistical data and develop a reporting concept for the EU.

The research project aimed to determine the quantities of biowaste from private households and gardens that are processed on their own property through home composting. So far, there has been a lack of accurate data on the actual quantities of biowaste generated and processed, a uniform definition of source-separated and recycled biological municipal waste or home composting, and the number of home-composting households in Germany. Therefore, a concept was developed and implemented to calculate the national average annual amounts of biowaste processed via home composting. The focus of this work, considering the reporting obligation, was on quantification rather than the qualitative assessment of biological municipal waste that is separated and recycled at the source in Germany. To this end, a representative survey method was developed and carried out at the federal level to determine the average annual quantity of biowaste processed per household and per inhabitant. While direct measurement was permissible, it was time-consuming and potentially subject to bias. Therefore, a data collection approach using waste analyses of residual and biowaste in representative catchment areas was chosen as a more objective method. Additionally, households were surveyed to determine their behaviour in biowaste disposal and the quantities processed. The development of the methods and concept considered the requirements of Implementing Decision (EU) 2019/1004 to ensure annual reporting.

According to the Implementing Decision (EU) 2019/1004, two methods are permitted to determine the amount of home-composted biowaste. Since estimates indicated that the share of source-separated and recycled biowaste exceeded 5 % of the total municipal waste, Method 2 was applied. This method requires a representative determination of the amount of kitchen and garden waste composted using either direct or indirect measurement methods. The indirect method (waste analyses and surveys) was used to determine the amount of home composting through a difference estimation based on a matched pair approach. This involved sorting analyses of household and biowaste, as well as surveys about the amount of green waste not disposed of on the property. The difference in waste quantities between households practicing home composting and those that do not correspond to the amount composted at home. This approach enabled annual reporting and was statistically reviewed to ensure representative and reliable data.

The study developed two scenarios to determine the quantity and composition of home-composted biowaste from private households in Germany. Both scenarios used the same analyses but differed in the extrapolation due to different extrapolation matrices. The extrapolation was based on parameters such as population, garden area, plot size, and the configuration of waste generation units based on the use of biowaste bins and home composting. The main difference between the two scenarios was the configuration based on the use of biowaste bins and home composting at the generation unit. This information was collected under the Environmental Statistics Act (UStatG §3 Para. 2 Sentence 2), but due to incomplete data, the assignments were made differently in each scenario. In Scenario A, the allocation of generation units was only cleaned of missing values. Scenario B adjusted the allocation to reflect a more realistic distribution of generation points while keeping the total number constant. Scenario A estimated a per capita quantity of 21.24 kg/cap, and Scenario B estimated 56.82 kg/cap. In Scenario A, this splits into 17.85 kg/cap of garden waste and 3.39 kg/cap of kitchen-derived waste. In Scenario B, it was 50.64 kg/cap of garden waste and 6.18 kg/cap of kitchen-derived waste. In rural settlement structures, the highest quantities of home-composted biowaste were found in both scenarios (A: 39.2 kg/cap, B: 113.9 kg/cap. In urban areas, these values were 19.9 kg/cap in Scenario A and 26.6 kg/cap in Scenario B.

The analysis shows that the accuracy of extrapolation strongly depends on the data quality, with Scenario A being considered a conservative result due to minimal correction needs in the extrapolation data. Scenario B is considered more practical and realistic but requires significant adjustments to the extrapolation parameters. A central problem was the lack of data on the waste generation units, as many local waste management authorities were unable to provide specific data. Suggestions for improvement include targeted identification of properties to reduce sample loss and more comprehensive surveys to stabilize the data situation. Garden areas should also be considered in a more differentiated way to enable more accurate extrapolations.

To improve the data basis for home composting in Germany, targeted data collection and assignment measures should be implemented. A detailed survey of households could help to better capture the quality of composting and the amount of green waste disposed.

The study highlights the need to further optimize the data basis to achieve more realistic and representative results for home composting in Germany. If necessary, the terms "biological municipal waste separated and recycled at the source" and "home composting" must be more clearly defined.

An estimate of the quantity of home-composted garden waste from allotment gardens was made. This includes 492,869 Mg/year (5.84 kg/cap) of garden waste originating from 48,889 ha of allotment gardens in Germany.

For EU reporting, a formula was developed for each of the two scenarios (A and B), which can be continued for subsequent years by updating the number of waste generation points with home composting for the respective reporting year and calculating the mass of home-composted biowaste from the sum of biowaste from private households and allotment gardens. For the year 2022, this results in a reported value of 2,284,736 Mg (27.07 kg/cap) under Scenario A and 5,285,774 Mg (62.66 kg/cap) under Scenario B. The accompanying documentation for EU reporting was completed using the values from Scenario A.

1 Veranlassung und Hintergrund

In Deutschland sind überlassungspflichtige Bioabfälle gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG §17) seit dem 1. Januar 2015 getrennt zu sammeln. In der im Jahr 2018 novellierten Abfallrahmenrichtlinie (Artikel 22, ARRL) legt die EU fest, dass spätestens bis zum 31.12.2023 Bioabfälle getrennt zu sammeln und zu recyceln sind. Das Recycling kann sowohl in zentralen Kompostierungs- oder Vergärungsanlagen erfolgen als auch direkt an der Anfallstelle. Hierunter fällt die Eigenkompostierung bzw. Heimkompostierung[2] (siehe auch Kapitel 5.1), die von den Mitgliedsstaaten aktiv gefördert werden soll (Artikel 22, ARRL). Neben diesen Anforderungen an die Bioabfallverwertung enthält die novellierte Richtlinie auch Recyclingziele in Form von Quoten (Artikel 11) und Vorschriften, wie diese Quoten zu berechnen sind (Artikel 11a). Bei der Berechnung der Recyclingquote für Siedlungsabfälle fließt sowohl der Stoffstrom der biologisch abbaubaren Siedlungsabfälle ein, der in zentralen Bioabfallbehandlungsanlagen verwertet wird, als auch derjenige, der von Haushalten im Rahmen der Heimkompostierung auf dem eigenen Grundstück verwertet wird. In diesem Stoffstrom wird einer UBA-Studie zufolge ein Massenpotenzial von bis zu 7,8 Mio. Mg/a vermutet (Krause et al., 2015). Die Berechnung der in Heimkompostierung verwerteten Bioabfälle hat dabei gemäß Anhang II des „Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 der Kommission vom 7. Juni 2019 zur Festlegung der Vorschriften für die Berechnung, die Prüfung und die Übermittlung von Daten über Abfälle gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung des Durchführungsbeschlusses C (2012) 2384 der Kommission“ zu erfolgen. Der zugehörige Anhang V („Daten über Siedlungsabfälle gemäß Artikel 7 Absatz 2“) legt das Format der an die Kommission zu übermittelnden Daten und des Qualitätskontrollberichts fest (vgl. Artikel 7 „Übermittlung der Daten“). Aus Anhang V ergibt sich zudem, dass es sich bei den „an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Abfällen“, unter die der Stoffstrom der Heimkompostierung fällt, nicht nur um ein verpflichtend zu berichtendes Merkmal handelt, sondern diese Mengen auch getrennt zu melden sind und nicht in die Zeile für biologische Abfälle aufzunehmen sind.

Die Kommission stellt in den Erwägungsgründen zu ihrem Durchführungsbeschluss fest: "In Bezug auf die Berechnung der an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle (Heimkompostierung) ist die tatsächliche Messung des Inputs oder des Outputs des Recyclingverfahrens nicht immer durchführbar, da solche Abfälle üblicherweise von einzelnen Haushalten bewirtschaftet werden. Daher sollte ein solider gemeinsamer Ansatz eingeführt werden, mit dem ein hohes Maß an Zuverlässigkeit der übermittelten Daten gewährleistet wird."

Zur Anwendung der in Anhang II („Methodik zur Berechnung von an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfällen gemäß Artikel 4 Absatz 3“) des Durchführungsbeschlusses festgelegten Berechnungsmethode bedarf es der Untersuchung, wie die dort geforderten Daten wissenschaftlich abgeleitet und mit den zur Verfügung stehenden statistischen und sonstigen Daten regelmäßig ermittelt und für eine Berichterstattung zur Verfügung gestellt werden können.

Die Unternehmen ARGUS – Statistik und Informationssysteme in Umwelt und Gesundheit GmbH, Witzenhausen - Institut GmbH und INFA - Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH wurden vom Umweltbundesamt beauftragt, die erforderliche statistische

[2] Die Begriffe „Eigenkompostierung“ und „Heimkompostierung“ werden hier synonym verwandt und zielen grundsätzlich auf diejenigen Akteure ab, die im Rahmen ihrer privaten Haushaltsführung Bioabfälle, die bei ihnen getrennt anfallen, in eigener Verantwortung auf ihrem Grundstück kompostieren. Insofern fallen unter dieses Verständnis nicht nur die Hausgartenbesitzer, sondern auch die sog. Schrebergärtner, allerdings keine öffentlichen und gewerblichen Akteure, die grundsätzlich auch Eigenkompostierung betreiben könnten.

Datengrundlage zu erheben und ein Konzept für die Berichterstattung an die EU zu entwickeln. Dafür wurden drei Arbeitspakete für die zu erbringende Leistung des Forschungsvorhabens formuliert (siehe Kapitel 3).

2 Zielsetzung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Bioabfälle aus privaten Haushalten mit Gartenanteil und aus der Bewirtschaftung von Kleingärten untersucht, die ihre nativ organischen Abfälle (z. B. Garten- und Küchenabfälle) auf dem eigenen Grundstück erfassten und durch Heimkompostierung verwerteten. Es gab bundesweit keine genauen Angaben über die tatsächlich anfallenden und verwerteten Mengen an Bioabfällen im Rahmen der Heimkompostierung. Bislang existierte keine Erfassungsmethode, und die Anzahl der Haushalte, die Heimkompostierung betrieben, war unbekannt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde daher ein Konzept zur Ermittlung von Daten zur Berechnung der bundesdurchschnittlichen Jahresmengen der in der Heimkompostierung verwerteten Bioabfälle insgesamt und pro Haushalt, bzw. je Einwohner in Kilogramm pro Einwohner und Jahr, entwickelt und umgesetzt. Zur Umsetzung des Konzeptes wurde eine auf Bundesebene repräsentative Untersuchungsmethode entwickelt und durchgeführt, um die haushaltsspezifische, durchschnittlich verwertete Jahresmenge an Bioabfällen zu bestimmen, die auf Privatgrundstücken anfallen und durch Heimkompostierung verwertet werden.

Eine direkte Bestimmung der Menge an verwerteten Bioabfällen aus der Heimkompostierung ist grundsätzlich gemäß den Vorgaben des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 zulässig. Jedoch stellte sich die Umsetzung als aufwändig dar, da für die Messungen an Haushalten, die Heimkompostierung betrieben, eine aktive Mitarbeit der ausgewählten Teilnehmenden über mehrere Wochen hinweg erforderlich gewesen wäre. Darüber hinaus konnte eine subjektive Beeinflussung durch die Teilnehmenden nicht ausgeschlossen werden.

Die vom Auftraggeber vorgeschlagene Datenerhebung, bei der durch Abfallanalysen von Restmüll und Bioabfall in repräsentativen Einzugsgebieten unter Anwendung statistisch geprüfter Methoden die Differenz der Bioabfallmengen von Haushalten/Grundstücken, die Heimkompostierung betrieben, und von Haushalten/Grundstücken, die keine Heimkompostierung betrieben, ermittelt wurde, wurde vom Projektteam als praktikablerer und objektiverer Ansatz eingeschätzt. Das Projektteam führte zusätzlich, eine Befragung von Haushalten aus beiden Untersuchungsgruppen durch, in der Heimkompostierende und nicht Heimkompostierende zu ihrem Verhalten bei der Entsorgung von Bioabfällen und zu quantitativen Abschätzungen von auf ihrem Grundstück verwerteten Mengen befragt wurden.

Bei der Konzept- und Methodenentwicklung zur Datenermittlung und zur Berechnungsmethode wurden die Vorgaben des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 berücksichtigt. Darüber hinaus wurde berücksichtigt, dass die Datenermittlung für eine jährliche Berichterstattung geeignet ist.

3 Arbeitspakete

3.1 Arbeitspaket 1: Literaturrecherche, Stakeholder-Befragung sowie die Erarbeitung des Konzeptes zur Probenahme und Datenauswertung

Arbeitspaket 1 umfasste die Teilaufgaben Literaturrecherche, Stakeholder-Befragung sowie die Erarbeitung des Konzeptes zur Probenahme und Datenauswertung. Das Ziel des Arbeitspakets 1 war die Erstellung eines Konzeptes zur Ermittlung von Daten zur Berechnung der bundesdurchschnittlichen Jahresmengen der in der Heimkompostierung verwerteten Bioabfälle.

Zur Vorbereitung einer fundierten Untersuchungsplanung und Ergebnisbewertung wurde eine umfangreiche Literatur- und Datenrecherche durchgeführt, die kontinuierlich fortgeschrieben wurde. Beiträge und Veröffentlichungen, die von methodischer Relevanz für das vorgesehene Vorhaben waren, wurden für die Versuchsplanung mitberücksichtigt.

3.2 Arbeitspaket 2: Durchführung der Feldversuche

In Arbeitspaket 2 wurde das in Arbeitspaket 1 entwickelte Konzept zur Probenahme und Datenauswertung umgesetzt. Es erfolgte die praktische Vorgehensweise bei der Stichprobennahme und Analytik sowie die Umsetzung der ergänzenden Befragung. Die Auswertung und Hochrechnung der Stichprobenergebnisse wurden ebenfalls unter diesem Arbeitspunkt durchgeführt. Die Ergebnisse der Befragung wurden in der Bestimmung der Heimkompostierungsmenge und der Hochrechnung berücksichtigt.

Das Stakeholder-Fachgespräch zum Projekt "Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung" fand am 20. Januar 2022 von 10:00-13:00 Uhr statt. Von 57 eingeladenen Personen (inklusive AG und AN) nahmen 35 Personen an der virtuellen Veranstaltung teil.

Die Themen des Stakeholder-Fachgesprächs waren der Stellenwert der Heimkompostierung (Anteil der Heimkompostierenden, Förderung der Heimkompostierung durch die öffentlich-rechtlichen Entsorger (örE), Mengenabschätzungen), die Auswirkungen auf die Umweltaspekte Klima-, Ressourcenschutz und auf die Recyclingquote sowie die zukünftigen Entwicklungen im Hinblick auf die Heimkompostierung.

3.3 Arbeitspaket 3: Konzept zur EU-Berichtspflicht

In Arbeitspaket 3 wurde basierend auf den Ergebnissen aus Arbeitspaketen 1 und 2 eine Methode zur Bestimmung der Heimkompostierungsmenge entwickelt. Die ermittelte Heimkompostierungsmenge fließt in die Berechnung der Recyclingquote für Siedlungsabfälle und die Berichterstattung an die EU. Unter Verwendung der erhobenen Daten zur Heimkompostierung und der Abschätzung des Anteils an Heimkompostierenden wurde eine erste Mengenabschätzung zur Berichterstattung an die EU ermittelt. Zudem wurde ein Konzept zur EU-konformen Berichterstattung erstellt, das zukünftig angewendet werden kann.

4 Allgemeine Einschätzung der Heimkompostierung

Der Stakeholder-Workshop diente dazu, Vertreter aus Ministerien, Regierungsbehörden, statistischen Ämtern, Forschungseinrichtungen, Umwelt- und Naturschutzorganisationen, Verbänden der Entsorgungswirtschaft, kommunalen Entsorgungsunternehmen sowie privaten Unternehmen in das Projekt einzubinden. Ziel war es, die Perspektiven dieser Stakeholder zum Thema Heimkompostierung zu erfassen und zu diskutieren. Insgesamt wurden 19 Teilnehmende des Workshops zur Einschätzung der Heimkompostierung befragt. Der Fragebogen basierte auf dem Multiple-Choice-Verfahren. Bei Antworten mit kategorisierten Intervallen (ordinale Klassen), welche Bereichsangaben verwendeten, wurde bei abgeschlossenen Bereichen der Klassenmittelpunkt zu Annährung verwendet (z.B. 30-50 % ~ 40 %). Bei halbseitig geöffneten Intervallen wurde, die unter Grenze verwendet (z.B. >70 % ~ 70 %). Die Ergebnisse des Workshops sind auch im Anhang A.1 übersichtlich dargestellt.

Die Ergebnisse der Stakeholderbefragung geben wichtige Einblicke in die Verbreitung und Wahrnehmung der Heimkompostierung. Rund 43 % der Gartennutzenden betreiben demnach Heimkompostierung. Von diesen Heimkompostierenden wurde geschätzt, dass 42 % zusätzlich eine Biotonne nutzen. Dies deutet darauf hin, dass ein erheblicher Anteil der Nutzer sowohl die Eigenkompostierung als auch die kommunale Bioabfallsammlung kombiniert. Etwa 47 % der Gartenabfälle und 25 % der Nahrungs- und Küchenabfälle werden laut Einschätzung der Stakeholder der Eigenverwertung zugeführt. Diese Zahlen zeigen, dass Heimkompostierung vor allem für Gartenabfälle eine bedeutende Rolle spielt, während Küchenabfälle seltener eigenkompostiert werden.

Die Menge, die jährlich in Heimkompostierung verwertet wird, wurde durchschnittliche auf 4,4 Millionen Tonnen geschätzt. Diese Zahl unterstreicht die Relevanz der Heimkompostierung als Teil der Abfallbewirtschaftung in Deutschland insbesondere im Vergleich zum Siedlungsabfallaufkommen von 51,8 Millionen Tonnen im Jahr 2021. Gleichzeitig gaben die Stakeholder an, dass etwa 44 % der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger die Heimkompostierung durch verminderte Gebühren oder Befreiungen von der Biotonne fördern, 15 % leisten finanzielle Unterstützung beim Komposterkauf leisten. Dies deutet darauf hin, dass v.a. Gebührenbefreiungen genutzt werden, um Heimkompostierung zu fördern.

In der Diskussion wurde deutlich, dass die Qualität der Heimkompostierung ein zentraler Aspekt ist. Zwar wird die Eigenkompostierung als ökologisch vorteilhaft betrachtet, wenn sie fachgerecht durchgeführt wird, doch es besteht die Sorge, dass ein erheblicher Teil der Abfälle unsachgemäß verwertet wird. Die Stakeholder waren sich einig, dass Küchenabfälle aufgrund ihrer Klimarelevanz bevorzugt über die Biotonne entsorgt werden sollten. Während die Heimkompostierung in der Regel als aerober Prozess erfolgt, ermöglicht die Vergärung von Bioabfällen eine energetische Nutzung. Zudem sind die hygienischen Risiken bei der Bioabfallvergärung im Vergleich zur Heimkompostierung geringer. Eigenkompostierung wird im Hinblick auf den Klimaschutz, als weniger effektiv eingeschätzt als industrielle Vergärung.

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklungen der Heimkompostierung erwarten die Stakeholder keine signifikanten Veränderungen im Nutzungsverhalten. Besonders in Gebieten mit längerer Biotonnenanbindung wird ein Rückgang der Heimkompostierung prognostiziert, was auf einen Lerneffekt der Bürger zurückgeführt wird. Gebührenstrukturen spielen dabei eine zentrale Rolle, und es wurde vorgeschlagen, die Biotonne flächendeckend kostenlos anzubieten, um die getrennte Erfassung von Bioabfällen zu fördern.

Die Diskussion zeigte zudem, dass die Heimkompostierung allein nicht ausreichen wird, um die EU-Recyclingquoten für Siedlungsabfälle (2025: 55 %, 2023: 60 %) zu erreichen, und dass eine

Kombination aus Eigenkompostierung und kommunaler Bioabfallsammlung notwendig ist. Die Qualität der Eigenverwertung sollte neben der Quantifizierung kritisch betrachtet und wissenschaftlich bewertet werden.

Von kommunaler Seite wurde im Stakeholder-Workshop kritisch angemerkt, dass die Eigenkompostierung von einigen Bürgerinnen und Bürgern oft als „Alibi“ genutzt wird, um keine Biotonne aufstellen zu müssen. Vor diesem Hintergrund haben viele Kommunen, die in der Vergangenheit die Eigenkompostierung durch Zuschüsse für Komposter gefördert haben, diese Praxis mittlerweile eingestellt. Während früher das Prinzip „Eigenkompostierung oder Biotonne“ galt, entwickelt sich die Diskussion zunehmend in Richtung „Eigenkompostierung und Biotonne“.

Ein wesentlicher Grund für diesen Wandel liegt in der Tatsache, dass küchenstämmige Lebensmittelabfälle für die Eigenkompostierung nur bedingt geeignet sind und deshalb häufig in der Restmülltonne entsorgt werden. Zahlreiche Hausanalysen bestätigen diesen Sachverhalt: Während Gartenabfälle in großem Umfang eigenkompostiert werden, landen gekochte Lebensmittelreste fast ausschließlich im Restmüll. Nur einzelne, selektierte Abfälle wie Kartoffelschalen werden tatsächlich kompostiert.

Zudem wirft die fachgerechte Nutzung der erzeugten Komposte Fragen auf. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass Gartenböden, insbesondere Beetflächen, häufig mit Nährstoffen überversorgt sind, insbesondere mit Phosphat. Eine Berliner Studie (Wiegel, 2023) analysierte rund 600 Bodenproben aus Hausgärten und befragte die Haushalte gleichzeitig zu Eigenkompostierung, Kompostverwendung und Biotonnen-Nutzung. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die übermäßige Kompostgabe eine zentrale Ursache für die beobachteten Nährstoffüberfrachtungen ist, da große Mengen an selbst kompostierten organischen Abfällen unkontrolliert aufgebracht werden.

Um eine fachgerechte Eigenkompostierung zu fördern, sind bundesweit einheitliche Anforderungen erforderlich, die sowohl in städtischen als auch ländlichen Gebieten praktikabel sind. Bereits 2021 wurden im Rahmen eines UBA-Vorhabens (Bulach et al., 2021) konkrete Empfehlungen formuliert:

- **Gartenfläche:** Die notwendige Fläche für eine effektive Eigenkompostierung sollte sich an Haushaltsgröße und Gartennutzung orientieren. Ein Richtwert von mindestens 70 m^2 pro Haushalt wird empfohlen, wobei lokale Anpassungen möglich sind.
- **Kompostervolumen:** Die Größe des Komposters muss so bemessen sein, dass die anfallenden organischen Abfälle fachgerecht verarbeitet werden können.
- **Biotonnenvolumen:** Da eine vollständige Eigenverwertung organischer Abfälle praktisch nicht umsetzbar ist, sollte eine Befreiung von der Biotonne nur unter der Bedingung einer reduzierten Biotonnenkapazität genehmigt werden.
- **Vollzug:** Die Einhaltung der Voraussetzungen für eine Befreiung von der Biotonne sollte konsequent kontrolliert werden, beispielsweise durch Grundstücksbegehungen oder digitale Luftbildanalysen.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen könnte nicht nur die Qualität der Eigenkompostierung verbessern, sondern auch zur Reduktion von Abfallmengen und zur Förderung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft beitragen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Heimkompostierung ein wichtiger, aber auch komplexer Bestandteil der Abfallbewirtschaftung ist. Die Ergebnisse des Workshops

verdeutlichen, dass es weiterer Anstrengungen bedarf, um die ökologische Wirksamkeit zu steigern und die Bürger für die fachgerechte Durchführung der Eigenkompostierung zu sensibilisieren. Gleichzeitig sollten finanzielle und organisatorische Rahmenbedingungen geschaffen werden, um die getrennte Erfassung und hochwertige Verwertung von Bioabfällen weiter zu fördern.

5 Methodische Grundlagen

5.1 Begriffsbestimmungen

Es gibt bislang kein einheitliches Verständnis der Heimkompostierung. Unter dem Begriff **Heimkompostierung** wird im Kontext dieser Arbeit die eigenverantwortlich und privat durchgeführte Kompostierung von nativ-organische Abfälle aus dem Garten und der Essenszubereitung (z. B. Küchenabfälle und Lebensmittelabfälle), die aus privaten Haushalten und Kleingartenanlagen stammen, verstanden. Diese Abfälle werden nicht über die Biotonne, sonstige Sammlungen oder über die Restmülltonne erfasst, sondern auf dem eigenen Grundstück kompostiert und in den Boden eingebracht. Gemäß DIN EN 17427[3] (DIN, 2022), wird diese gärtnerische Tätigkeit von „Haushalten in kleinen, üblicherweise im Garten gelegenen Anlagen (sogenannte „Komposter“) durchgeführt“, was Maßnahmen des sogenannten Flächenrecyclings ausschließt. Im Rahmen der Analyse oder Differenzberechnung dieser Arbeit ist es nicht möglich, festzustellen, unter welchen Bedingungen und in welcher Qualität die organischen Abfälle in der Heimkompostierung verwertet werden, sondern es wird ein bilanzieller Ansatz zur Berechnung gewählt. So wird im Rahmen dieser Arbeit zum Beispiel auch gemulchtes Material, das das Grundstück nicht verlässt, zur Heimkompostierung gezählt. Ein Herausrechnen dieser Masse wäre aufgrund ihrer schwierigen Quantifizierbarkeit kaum möglich. Auch eine anderweitige, größtenteils illegale Entsorgung z. B. durch Verbrennung, die Kanalisation oder Entsorgung an Straßen oder im Wald wird nicht betrachtet, der Einfluss wird aber als gering eingestuft. Das hier zu Grunde gelegte Verständnis der Heimkompostierung geht methodenbedingt über das hinaus, was, z.B. im Kontext der Befreiung von der Biotonnenanschlusspflicht, in der Regel üblich sowie akzeptiert ist und lässt die qualitative Bewertung der durchgeführten Heimkompostierung außen vor.

Im für die Berichterstattung relevanten Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 wird der Begriff der „an der Anfallstelle getrennte und recycelte biologische Siedlungsabfälle“ genutzt, ohne eine nähere Definition hierfür zu liefern. Der verwendete Begriff des "Recyclings" setzt gemäß Artikel 3 Nummer 17 der Abfallrahmenrichtlinie die "Aufbereitung" von Produkten, Materialien oder Stoffen voraus. Diese Aufbereitung umfasst chemische, physikalische oder biologische Verfahren. Das Liegenlassen von Mahd gilt daher nicht als Recycling. Anders verhält es sich beim Zerkleinern und Einarbeiten von Bioabfällen in den Boden. Dieses kann als Recyclingverfahren gelten, wenn durch die Verwertung beispielsweise Bodenverbesserer oder Düngemittel ersetzt werden. Ebenso kann die Aufbereitung von Bioabfällen zu Tierfutter als Recycling betrachtet werden. Die Verbrennung von Bioabfällen (auf dem Feld) oder die Entsorgung über die Kanalisation hingegen stellen Beseitigung dar und sind kein Recycling.

Untersuchungsparameter dieser Arbeit ist die Heimkompostierungsmenge. Der Untersuchungsparameter, auch Zielgröße genannt, ist die Menge an organischen Abfällen, die auf Grundstücken getrennt gesammelt und durch Heimkompostierung verwertet wird. Die Heimkompostierungsmenge wird indirekt aus der Differenz der organischen Abfälle ermittelt, die durch Analysen des Restmülls und der Biotonne auf Grundstücken mit und ohne Heimkompostierung festgestellt wird. Darüber hinaus wird der Parameter zur Grüngutsammlung (GGS) berücksichtigt und durch Befragungen quantifiziert. Dabei wird angenommen, dass die Differenz an organischen Stoffen ordnungsgemäß auf dem eigenen Grundstück kompostiert wird. Eine detaillierte Erklärung, welche Grundstücke in Bezug auf die

[3] Verpackung: Anforderungen an und Prüfmethoden für heimkompostierbare Tragetaschen in einer kontrollierten Heimkompostieranlage; Deutsche Fassung EN 17427:2022

Biotonnennutzung und Heimkompostierung zur Differenzbildung herangezogen werden, inklusive ihrer Einschränkungen, findet sich in Kapitel 5.7.1 ff.

Der Untersuchungsparameter wird indirekt über die „Hilfsgrößen" Hausmüll- und Bioabfallmenge (durch Abfallanalysen) sowie über die Grüngutmenge (Befragungen) ermittelt. **Untersuchungsgegenstand** dieser Arbeit ist damit der Hausmüll, der Bioabfall, der über die Biotonne[4] erfasst wird, und die entsorgte Grüngutmenge. Je Untersuchungsgegenstand sind dabei die Gesamtmengen und nativ-organischen Stoffgruppen von Interesse.

Bei der **indirekten Messmethode mittels Differenzbildung** wird die Heimkompostierungsmenge derart bestimmt, dass jeweils Paare von Grundstücken mit einem oder mehreren Haushalten ohne Heimkompostierung (nur Biotonne zur separaten Erfassung der Organik) und mit Heimkompostierung (eventuell auch in Kombination mit einer Biotonne) gebildet werden. Zur vollständigen Bilanzierung werden u. a. auch die sonstigen Sammelmengen aus zusätzlichen Befragungen benötigt.

Der **Match-Pair Ansatz** (Machin, 2008) ist eine geeignete Methode für Untersuchungsparameter, die über Differenzbildung ermittelt werden. Die Anwendung dieser statistischen Methode erfordert, dass für jede Differenzberechnung Pärchen gebildet werden müssen, die sich in ihren Eigenschaften maßgeblich durch das Zielkriterium (Unterschied in der Heimkompostierung) unterscheiden. Dieser Ansatz ermöglicht es, den notwendigen Stichprobenumfang durch eine Varianzreduktion und damit den Untersuchungsumfang zu reduzieren.

5.2 Strategie und statistischer Ansatz

5.2.1 Untersuchungsansatz

Gemäß des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004[5] sind grundsätzlich mehrere Methoden zulässig. Neben der direkten und indirekten Messung kann eine vereinfachte Berechnung zur Anwendung kommen, wenn die Heimkompostierungsmenge einen Massenanteil von bis zu 5 % des gesamten kommunalen Siedlungsabfallaufkommen beträgt. In diesem Fall ist eine vereinfachte Methode zur Berechnung/ Abschätzung zulässig.

Da Schätzungen aus verschiedenen Literaturquellen (Krause et al., 2015; Richter et al., 2019) darauf hindeuteten, dass der Anteil der an der Quelle getrennten und recycelten Bioabfälle aus Siedlungsabfällen am gesamten Siedlungsabfallaufkommen auf nationaler Ebene mehr als 5 % beträgt, wird Methode 2 gemäß dem Durchführungsbeschluss für die Methodenentwicklung zugrunde gelegt.

Eine direkte Messung der an der Quelle getrennten und recycelten Bioabfälle aus Siedlungsabfällen (Heimkompostierung) ist aus verschiedenen Gründen aufwändig und aus methodischer Sicht problematisch. Bei einer direkten Bestimmung der Menge an verwerteten Bioabfällen aus der Heimkompostierung müssen nach den etablierten Branchenstandards die Messungen durch qualifiziertes Fachpersonal am Anfallsort stattfinden. Eine Bestimmung durch die Haushalte, die Heimkompostierung betreiben, ist aus Gründen der Objektivität

[4] Es wird in dieser Untersuchung nicht unterschieden, wie die Bioabfallsammlung im Detail ausgestaltet ist. Es lässt sich nicht ausschließen, dass die Ausgestaltung der Sammelsysteme (z.B. freiwillige Biotonne, Befreiungsmöglichkeit durch Eigenkompostierung, Holsysteme, etc.,) auch einen Einfluss auf das Verhalten der Heimkompostierung hat.

[5] Gemäß Anhang II Nr. 5 des Durchführungsbeschlusses sind für alle beprobten Grundstücke/ Haushalte die Mengen an nativ-organischen Abfällen zu ermitteln (unabhängig vom Sammelsystem: also unabhängig davon, ob diese Abfälle nur über Restmüllbehälter oder über Restmüll- und Bioabfallbehälter und Grüngutsammlung gesammelt werden). Anschließend ergibt die Differenz der ermittelten nativ-organischen Abfallmengen zwischen den unter a) und b) ermittelten Mengen die für die Recyclingquote zugrunde zulegende Menge der „an der Anfallstelle getrennten und recycelten nativ-organischen Abfälle".

auszuschließen. Die Analysen durch qualifiziertes Fachpersonal könnten nur auf dem Grundstück der Stichprobenteilnehmer nach vorheriger Ankündigung und Zustimmung der Stichprobenteilnehmer erfolgen. Zusätzlich wäre eine aktive Mitarbeit der Stichprobenteilnehmer, z. B. durch Informationen zur Standzeit oder durch separat gesammelte Kompostmengen über einen definierten Zeitraum, erforderlich. Das würde bedeuten, dass eine subjektive Beeinflussung durch die Teilnehmer wahrscheinlich ist.

In der vorliegenden Forschungsarbeit kam die indirekte Messmethode mittels Differenzbildung zur Anwendung. Durch eine indirekte Datenerhebung wurde die Heimkompostierungsmenge durch Abfallanalysen von Hausmüll und Bioabfall sowie durch Befragungen zur Grüngutmenge, die nicht auf dem Grundstück entsorgt wurde, durch eine Differenzermittlung bestimmt. Dazu wurden die Organik-Massen (Bioabfälle) in der Hausmülltonne privater Haushalte, in der Biotonne privater Haushalte sowie über die Grüngutabfälle, die außerhalb des Grundstücks über Bring- bzw. Holsysteme entsorgt wurden, ermittelt. Durch Sortieranalysen und Befragungen ausgewählter Grundstücke/Haushalte wurden die Organik-Massen von Haushalten/Grundstücken, die Heimkompostierung betreiben und von Haushalten/Grundstücken, die keine Heimkompostierung betreiben, verglichen. Die Organik in der Hausmüll- und der Bioabfalltonne aus privaten Haushalten wurde durch Sortieranalysen bestimmt. Die nicht auf dem Grundstück entsorgten Grüngutmengen wurden im Nachgang der Analysen durch eine Befragung ermittelt. Die Differenzmenge entsprach der auf dem Grundstück verbleibenden Bioabfallmenge, die durch private Haushalte verwertet wurde (die Heimkompostierungsmenge).

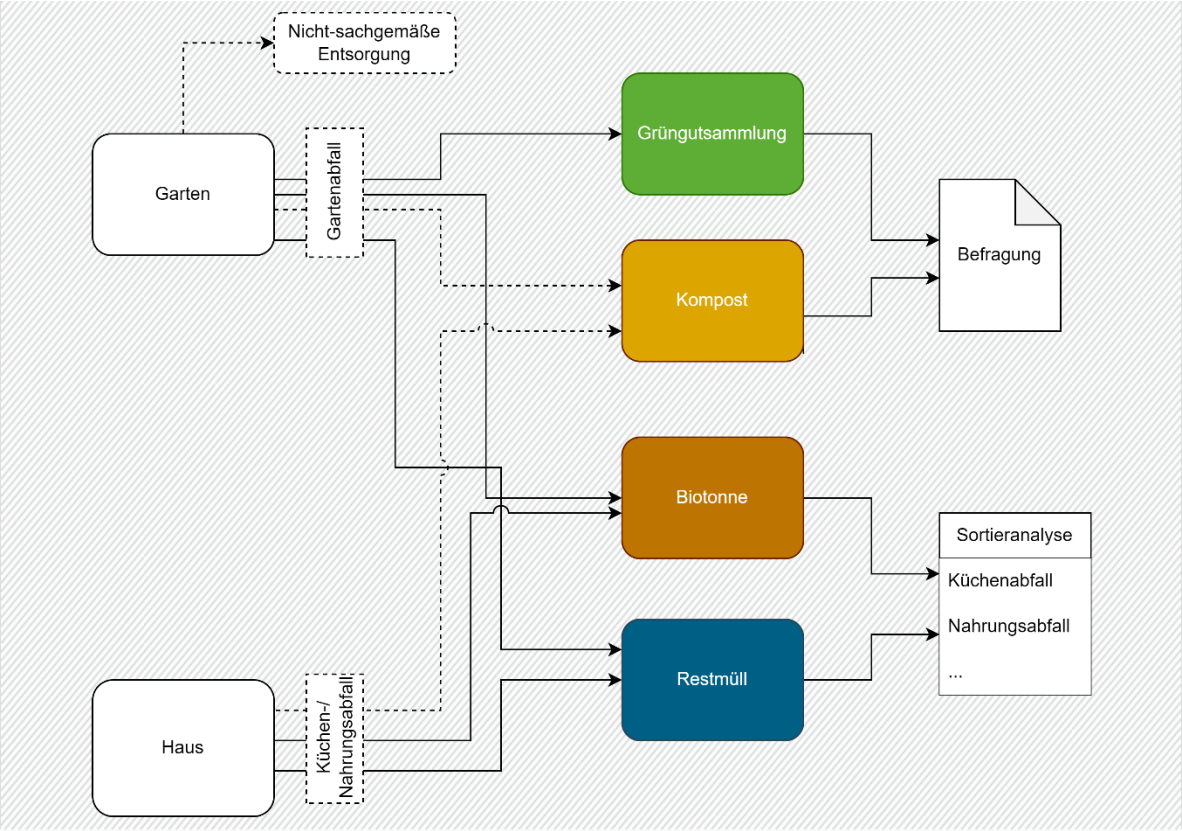
Bei der indirekten Methode war zu berücksichtigen, dass die Grüngutmengen, die nicht über die Biotonne bzw. über die Hausmülltonne entsorgt wurden, mit verhältnismäßigem Aufwand nur durch eine Befragung von Haushalten aus beiden Untersuchungsgruppen (Heimkompostierende und Nicht-Heimkompostierende) bestimmt werden konnten. Saisonbedingt anfallende Grüngutabfälle waren durch individuelle Abholtermine und spontane Selbstanlieferungen nicht zu planen und daher nur sehr schwer oder über einen sehr langen Zeitraum durch Verwiegungen vor Ort zu erfassen. In diesem Vorhaben wurde daher eine Vorgehensweise gewählt, bei der die Stichprobenteilnehmer zu ihrem Verhalten bei der Entsorgung von Bioabfällen, die auf anderen Wegen als über die Hausmüll- bzw. über die Bioabfall-Tonne entsorgt wurden, befragt wurden.

Das Methodenkonzept bestand somit aus zwei Komponenten: einer repräsentativen Stichprobenerhebung an Haushalten/Grundstücken über Sortieranalysen des Hausmülls und der Biotonnenabfälle sowie einer repräsentativen Befragung von Haushalten/Grundstücken, die bezüglich ihrer Mengen an Grüngutentsorgung außerhalb ihres Grundstücks und ihres Kompostierungsverhaltens sowie weiterer relevanter Informationen zur Gartennutzung befragt wurden.

Weiterhin war im Methodenkonzept zu berücksichtigen, dass die indirekte Methode mittels Differenzbildung voraussetzt, dass die Parameter Biotonnenanschluss, Betrieb einer Heimkompostierung und Nutzung der Grüngutsammlung zur Verfügung stehen. Auswahlverzeichnisse für die Biotonnen liegen bei den örE vor. Angaben zur Grüngutsammlung wurden durch die Fragebogenerhebung bei den Haushalten erfragt. Auswahlverzeichnisse für die Messpunkte der Zielgröße Heimkompostierung liegen im Gegensatz zu den Hilfsparametern (Hausmüll, Bioabfall und Grüngut) nicht vor. Es wurde daher die Annahme getroffen, dass örE mit Pflicht-Biotonne weniger Heimkompostierung betreiben und im Gegenzug dazu Haushalte, die sich von der Pflichtbiotonne haben befreien lassen, verstärkt Heimkompostierung betreiben. Auf diese Weise konnten Stichproben-Grundstücke, die eine höhere Wahrscheinlichkeit besaßen, Heimkompostierung zu betreiben, identifiziert werden.

Die Methode zur Datenerhebung wurde so konzipiert, dass die Datenermittlung in repräsentativen Einzugsgebieten unter Anwendung statistisch geprüfter Methoden angewandt wurde und für eine jährliche Berichterstattung geeignet ist. Der methodische Ansatz sowie die Erkenntnisse des UBA-Projektes „Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien“ (Dornbusch et al., 2020) werden bei der Datenauswertung und Hochrechnung weitgehend übernommen. Die Vorgehensweise zur Erstellung des Methodenkonzepts gemäß Methode 2 für den indirekten Ansatz mittels Differenzbildung wird in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben. In Abbildung 1 wird das Stichprobenkonzept schematisch dargestellt.

Abbildung 1: Übersicht des Ansatzes der indirekten Methode mittels Differenzbildung und Beschreibung der Probenahmestellen



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

5.2.2 Stichprobenplanung und -auswahl

Im Vorfeld der Untersuchung wurden drei Parameter zur Erfassung und Massenbilanzierung der organischen Abfälle auf privaten Grundstücken festgelegt: Biotonnenanschluss, Betrieb einer Heimkompostierung und Nutzung der Grüngutsammlung. Diese Parameter sollten durch verschiedene Formen der Datenerhebung erfasst werden. Bei der Planung der Stichprobennahme stand zunächst nur der Parameter Biotonnennutzung über die Abfallregister der öffentlich-rechtlicher Entsorgungsbetriebe (örE) zur Verfügung, um Grundstücke differenzieren zu können.

Der zentrale Parameter zur Auswahl der zu beprobenden Grundstücke, der Betrieb einer Heimkompostierung, für den es bei den örE keine Auswahlverzeichnisse gibt, konnte durch

Ausschluss subjektiver Einflüsse nicht direkt, sondern erst nach der Beprobung bei den Grundstücken erfasst werden. Wie in Kapitel 5.2.1 beschrieben, war der Anschluss der Biotonne der primäre Schlüssel zur Paarbildung und Stichprobenauswahl, während der Betrieb der Heimkompostierung erst als sekundärer Schlüssel zur Verfügung stand.

Da die Planung der Stichprobennahme und -auswahl ausschließlich auf dem Parameter Biotonne basierte, konnten die Grundstücke gleichmäßig in solche mit und ohne Biotonne unterteilt werden. Die Einführung des Parameters Heimkompostierung nach der Beprobung bedeutete jedoch, dass Paare aufgrund nicht übereinstimmender Kriterien (d. h. unterschiedliche Ausprägungen in der Heimkompostierung) für die Auswertung nicht genutzt werden konnten.

5.2.3 Stichprobenumfang

Das maßgebliche Kriterium zur Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs wurde durch die Forschungsfrage (Bestimmung der Heimkompostierungsmenge), die Genauigkeits-anforderungen und die Sicherheitsanforderungen (Signifikanzniveau) an die zu erzielende Ergebnisse vorgegeben. Vom Auftraggeber wurde ein Signifikanzniveau von 90 % und eine Stichprobenanzahl von 100 Stichproben vorgegeben. Um diese Anforderungen an den maximalen Stichprobenumfang zu erreichen, wurde nach einer geeigneten Methodik gesucht und mittels Erfahrungswerten für die Variationskoeffizienten aus Hausmüll- und Bioabfalluntersuchungen überprüft.

Eine Methode zur Varianzreduktion bei Differenzuntersuchungen ist der Match Pair Ansatz (Machin, 2008b) zur Optimierung des Stichprobenumfangs. Die Effektgröße Δ gibt dabei an, für welche standardisierte Differenz zwischen den Untersuchungspärchen maßgebliche Ergebnisse erzielt wurden. Die Parameter $t_{1-\alpha/2;n-1}$ und $t_{1-\beta}$ geben die Fehler 1. und 2. Art an. Um die Effektgröße Δ berechnen zu können, wurden Schätzer für die Differenz (Δ berechnet aus Paarteil mit Heimkompostierung (HK) und Paarteil ohne HK) und die Standardabweichung der Differenz der Untersuchungspärchen benötigt.

Differenzen und Standardabweichungen hierfür wurden aus einer laufenden Untersuchung in Berlin zum Biomonitoring (Wüst et al., 2023)[6] abgeschätzt. Hierzu wurden aus den Stichproben nachträglich ähnliche Pärchen gebildet. Die Effektgröße Δ (Mittelwert geteilt durch die Standardabweichung der Differenzen) wurde aus diesen Daten mit ca. 0,9 für die Küchenabfälle und mit 1,1 für die gesamte Organik abgeschätzt. Um für verschiedene Stoffgruppen (z. B. die Lebensmittelabfälle) auf der sicheren Seite zu sein, wurde für die Effektgröße Δ ein Wert von 0,3 festgelegt.

Wird für die Effektgröße Δ = 0,3, für den Fehler erster Art $t_{1-\alpha/2}$ = 1,69 (90 % Irrtumswahrscheinlichkeit) und für den Fehler 2. Art $t_{1-\beta}$ = 0,8 (Power = 80 %) eingesetzt, ergibt sich ein notwendiger Stichprobenumfang von 71 Stichprobenpärchen (n_{Pairs}). Wird für die Effektgröße Δ = 0,25 eingesetzt, ergibt sich ein notwendiger Stichprobenumfang von 101 Stichprobenpärchen (n_{Pairs}). Der notwendige Stichprobenumfang errechnet sich nach Gleichung *1* (Machin, 2008).

[6] Monitoring von Biogut verbracht in Biogut-Behältern in Berlin über einem Zeitraum von drei Jahren verglichen zu Organik-Massen im Restmüll. Studie durchgeführt von AN. Veröffentlichung ist nicht geplant.

$$n_{Pairs} = \frac{\left(t_{1-\alpha/2} + t_{1-\beta}\right)^2}{\Delta^2} + \frac{t^2_{1-\alpha/2}}{2} \qquad (1)$$

Als Stichprobenumfang für die Ermittlung maßgeblicher Unterschiede der Heimkompostmengen zwischen den Untersuchungspärchen wurden 100 Stichprobenpärchen festgelegt.

Zusätzlich kann geprüft werden, ob mit der Stichprobenanzahl von ca. 100 Pärchen (und damit 100 Differenzen) auch eine Genauigkeit der Untersuchungsparameter von ca. ± 10 % erreicht wird. Dazu wird die für Stichprobenuntersuchungen von Hausmüll übliche Formel (Schwarz, 1975; Gleichung 2) verwendet. Der Variationskoeffizient (VARkoeff(Diff)) berechnet sich aus der Standardabweichung der Differenzen dividiert durch den Mittelwert der Differenzen. Als zulässige Genauigkeit ε_{zul} wird in der Regel ein Wert von ± 10 % angestrebt.

$$n_{not} = \frac{t^2_{1-\alpha/2} \cdot VAR\,koeff(Diff)^2}{\varepsilon^2_{zul}} \qquad (2)$$

Wird Gleichung 2 nach ε_{zul} umgeformt, kann die zulässige Genauigkeit ε_{zul} bei vorgegebenem Stichprobenumfang abgeschätzt werden (siehe Gleichung *3*).

$$\varepsilon_{zul} = \frac{t_{1-\alpha/2} \cdot VAR\,koeff(Diff)}{\sqrt{n_{not}}} \qquad (3)$$

Wird der Variationskoeffizient aus der Biomonitoring-Untersuchung in Berlin von ca. 0,6 (Wüst et al., 2023) in die Formel zur Berechnung der zulässigen Genauigkeit eingesetzt, so ergibt sich ein Wert von ± 11 %.

Damit wird mit dem vorgegebenen Stichprobenumfang auch eine ausreichende Genauigkeit für die Zielgröße der Untersuchung erreicht.

Die Herleitung des notwendigen Stichprobenumfangs für eine bundesweit repräsentative Auswahl ergab mindestens 100 Stichprobenpärchen respektive 200 Grundstücke/ Haushalte für eine Probenahme der indirekten Messungen. Davon sind

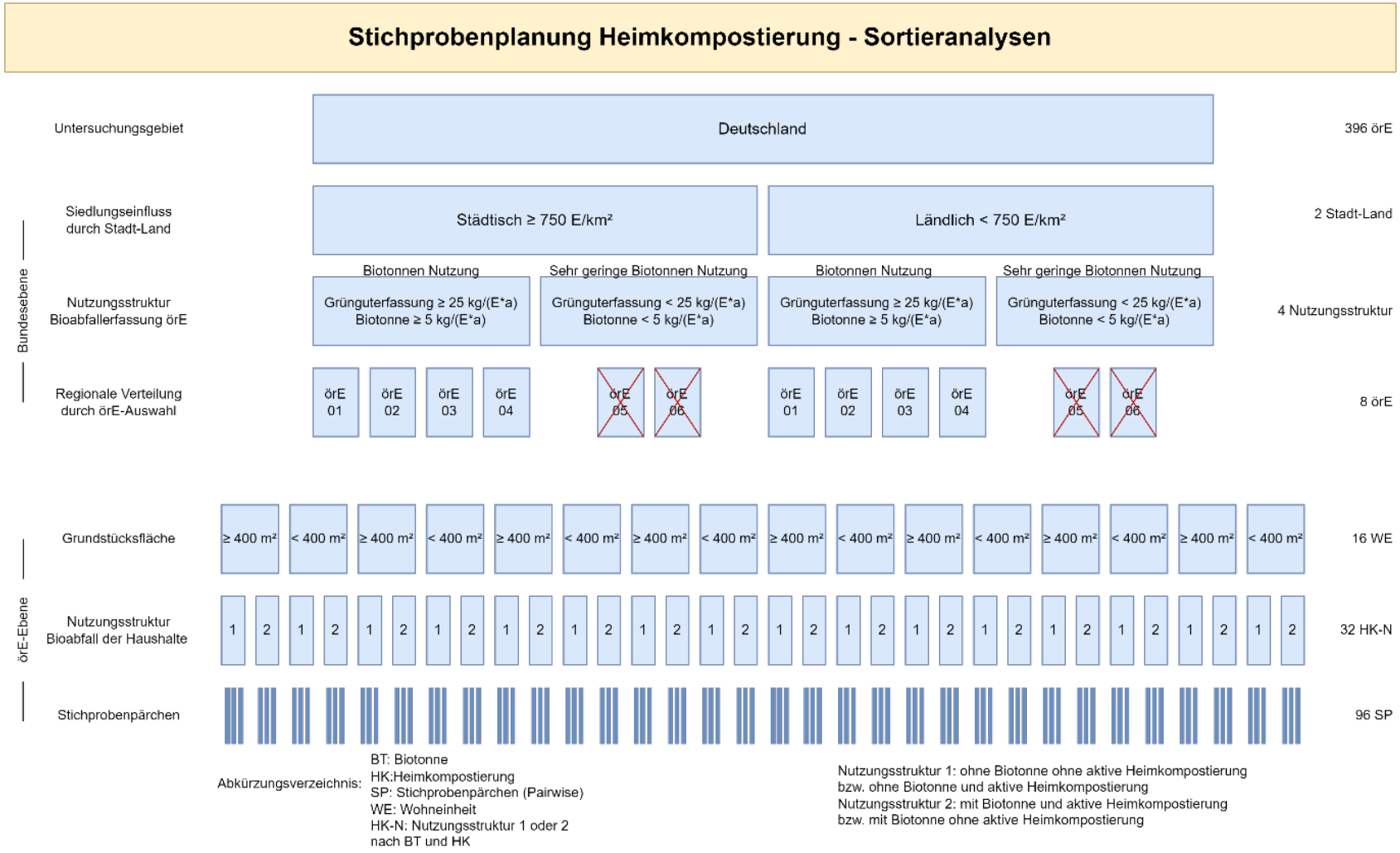
a) 100 Grundstücke/ Haushalte, die sogenannte aktive Recyclingeinrichtungen (Heimkompostierung) betreiben, durch welche an der Anfallstelle getrennte nativ-organische Abfälle recycelt werden (entspricht Grundstücken/Haushalte, mit Anlagen zur „Eigen- bzw. Heimkompostierung“) und

b) 100 zu a) in ihren Merkmalen (Siedlungsstruktur, Haushaltsgröße, Gartengröße, Gartenbepflanzung) vergleichbare Grundstücke/ Haushalte, welche die unter a) beschriebenen Anlagen nicht betreiben.

5.3 Mehrstufig geschichtetes Stichprobenkonzept

Die Abbildung 2 zeigt das mehrstufige geschichtete Stichprobenkonzept zur Bestimmung der Differenzmenge der Stichprobenpärchen „mit Biotonne“ und „ohne Biotonne“ in der Übersicht. In den folgenden Unterkapiteln werden die Schichtungen auf örE- und Bundesebene sowie die Stichprobenverteilungen näher erläutert.

Abbildung 2: Übersicht des mehrstufigen geschichteten Stichprobenkonzeptes



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

5.3.1 Festlegungen zur Durchführung der Probenahme und Sortierung

5.3.1.1 Auswahl der Primär- und Sekundärstichproben

Die Stichprobenauswahl erfolgte in einem zweistufigen Verfahren. Dies diente zum einen der repräsentativen Flächenabdeckung, das heißt der Berücksichtigung räumlicher Einflussgrößen, und zum anderen der Reduzierung des Untersuchungsaufwandes. Es wurde sichergestellt, dass die Analysen in vorher festgelegten Regionen stattfanden. Weiterhin wurde mit diesem Ansatz der Planungsaufwand erheblich verringert, da Auswahlverzeichnisse für die Stichproben nur für die Gebiete der Primärebene (örE) erstellt werden mussten und nicht für die Stichproben des gesamten Untersuchungsgebiets, wie dies bei nur einer Ebene notwendig gewesen wäre.

5.3.1.1.1 Primärauswahl der örE auf Bundesebene

Im ersten Schritt wurden öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger in repräsentativen Regionen Deutschlands kontaktiert, die eine deutschlandweite Verteilung abbilden. Diese Entsorgungsträger zeigten Interesse an einer Projektteilnahme und verfügten über Gebiete mit einem ausreichenden Potenzial an vergleichbaren Grundstücken. Dabei handelte es sich um Grundstücke mit Ein- bis Sechsfamilienhäusern und Gärten, sowohl mit als auch ohne Biotonne. Bei der Auswahl konnte die Projektgemeinschaft teilweise auf die in der bundesweite Hausmüllanalyse (Dornbusch et al., 2020) untersuchten Gebiete zurückgreifen, sofern sie den in dieser Untersuchung benötigten Kriterien entsprachen. Für die 100 Stichprobenpaare wurden insgesamt acht örE für die Untersuchung ausgewählt. Die Deutschland-Schichtung der örE beinhaltete die Unterscheidung nach:

- der Siedlungsstruktur nach Einwohnerdichte der örE:
  - Ländlich mit weniger als 750 Einwohnern pro km^2
  - Städtisch mit 750 Einwohnern oder mehr pro km^2
- der Nutzungsstruktur Bioabfallerfassung örE:
  - Bioabfallerfassung: wenn Grünguterfassung ≥ 25 kg/E*a und Bioabfallerfassung über Biotonnen ≥ 5 kg/(E*a) je örE
  - Sehr geringe Bioabfallerfassung: wenn Grünguterfassung < 25 kg/E*a und Bioabfallerfassung über Biotonne < 5 kg/(E*a) je örE
- Folgende örE werden von der Probenahme ausgeschlossen:
  - örE mit sehr geringem Biotonnen-Anschluss (< 5 kg/E*a) und
  - örE mit technisiertem Gebührensystem für Bioabfall.

Die Schichtungskriterien nach Siedlungsstruktur der Einwohnerdichte und Biotonnenanschluss wurden anhand der Studie „Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien“ (Dornbusch et al., 2020b) gewählt, da sich diese Schichtungskriterien bewährt haben und umsetzbar sind.

Bei technisierten Gebührensystemen (z.B. Identsystem) wurde vermutet, dass für Bioabfall die Unsicherheit zu groß ist, da für diese keine definierten Abholturnusse für die Planung kalkulierbar sind. Dies könnte dazu führen, dass die erforderliche Anzahl an Stichprobenpaaren, jeweils mit und ohne Biotonne, nicht erreicht wird. Daher wurden die örE mit diesen

Eigenschaften von der Analyse ausgeschlossen. Dennoch muss der Beitrag dieser Schicht in der Hochrechnung berücksichtigt werden.

In der folgenden Tabelle 1 sind die beprobten örE nach den Schichtungskriterien aufgelistet.

Tabelle 1: Stichprobenmatrix auf Bundesebene

Siedlungsstruktur	Nutzungsstruktur Bioabfallerfassung örE	Anzahl örE
Ländlich (<750 E/km²)	Bioabfallerfassung	4
Ländlich (<750 E/km²)	Sehr geringe Bioabfallerfassung	2
Städtisch (≥750 E/km²)	Bioabfallerfassung	4
Städtisch (≥750 E/km²)	Sehr geringe Bioabfallerfassung	2

5.3.1.1.2 Sekundärauswahl der Stichproben bzw. Stichprobenpärchen auf örE-Ebene

Auf Basis der Primärauswahl (der örE) wurden im nächsten Schritt die Sekundärstichproben ausgewählt (siehe Tabelle 2). Die Schichtung der Grundstücke auf örE-Ebene beinhaltete die Unterscheidung nach:

- Gartenflächen, bestimmt über die Grundstücksflächen mit dem Kriterium kleiner/größer gleich 400 Quadratmeter. Die Klassifizierung der Grundstücke in kleine und große Flächen erfolgte nach Einschätzung der AN, um mögliche Effekte von kleinen Grundstücken (Annahme: kein bis wenig Gartenfläche) und mittleren bis großen Grundstücken (mittel bis viel Gartenfläche) besser beurteilen zu können. Innerhalb der Klassen wird von einem Ähnlichen Gartennutzungsverhalten ausgegangen.
- Nutzungsstruktur der Bioabfälle der Haushalte

Folgende Adressen wurden von der Probenahme ausgeschlossen:

- Adressen ohne Gartenflächen, da dort keine Heimkompostierung im eigenen Garten möglich ist.
- Adressen mit mehr als 6 Wohneinheiten, da sie nicht zur typischen Bebauung im Außenbereich gehören. Es wurde davon ausgegangen, dass eine ordnungsgemäße Heimkompostierung nur in dieser Bebauungsschicht realisiert werden kann.
- Adressen mit Gewerbeeinheiten, da es hier zu einer Vermischung von privaten Haushaltsabfällen und Gewerbeabfällen kommt. Es ist daher nicht klar, welche organischen Abfälle welcher Herkunft sind. Nach Definition kann Heimkompostierung nur auf privaten Grundstücken und mit privaten Haushalts- bzw. Gartenabfällen betrieben werden.

Tabelle 2: Stichprobenmatrix auf örE Ebene

	Nutzungsstruktur der Bioabfälle der Haushalte		Anzahl Stichprobenpärchen/ Adressen	
	Pärchenteil 1 (ohne Biotonne)	Pärchenteil 2 (mit Biotonne)		
< 400 m²	mit aktiver Kompostierung	mit aktiver Kompostierung	3-4	4-5 Mit Reserve
< 400 m²	mit aktiver Kompostierung	ohne aktive Kompostierung	3-4	4-5 Mit Reserve
≥ 400 m²	mit aktiver Kompostierung	mit aktiver Kompostierung	3-4	4-5 Mit Reserve
≥ 400 m²	mit aktiver Kompostierung	ohne aktive Kompostierung	3-4	4-5 Mit Reserve
Gesamt			12-15	15-20 Mit Reserve

5.3.2 Vorgehen zur Stichprobenauswahl

Nachfolgend werden die Schritte zur Stichprobenauswahl beschrieben:

1. Erstellung einer Auswahlgrundlage für die Stichprobenbehälter. Dazu wurden das Adress- und Behälterverzeichnis für die Biotonnen und die Restmülltonnen inklusive der Abfuhrtermine beim örE benötigt und angefordert.
2. Mithilfe des Adress- und Behälterverzeichnisses wurden ein oder mehrere Gebiete identifiziert, in denen eine ausreichende Anzahl von Grundstücken mit Garten und 1 - 6 Familienhausbebauung aufzufinden waren. Dabei wurde darauf geachtet, dass in diesem Gebiet Stichproben mit und ohne Biotonne vorkamen. Stichproben ohne Biotonne konnten mit hoher Wahrscheinlichkeit an Grundstücken mit Befreiung vom Anschluss- und Benutzungszwang an die Biotonne (aufgrund von Heimkompostierung) vorkommen.
3. Mittels Internetrecherche wurde festgestellt, ob an Adressen gewerbliche Nutzung/Teilnutzung vorlag. Diese Adressen wurden vom Proben-Pool ausgeschlossen.
4. Über Liegenschaftskataster und Geoportale wurden Adressen mit und ohne Biotonne vermessen (Grundstücksgröße als Leitparameter für die Gartengröße) und nach kleiner und größer 400 m² geclustert.
5. Die ausgewählten Stichproben wurden nach Grundstücksgrößen und Nutzungsstruktur der Bioabfälle der Haushalte gruppiert. Aus diesem Pool wurden für jede Gruppe ähnliche Pärchen gebildet.
6. Aufgrund möglicher großer Abweichungen in den Grundstücksgrößen, den angeschlossenen Einwohnern an den Grundstücken, durch unterschiedliche Entleerungsrhythmen in den avisierten Analysewochen, Antwortverweigerer bei der Befragung etc. wurden ausreichend Ersatzadressen vorgesehen.
7. Zur Absicherung der erforderlichen Stichprobenanzahl (26 Einzelstichproben bzw. 13 Stichprobenpärchen je örE) wurden ausreichend viele Stichproben- und Reservepaare vorgehalten/ benötigt.
8. Dazu wurde folgende praktische Vorgehensweise umgesetzt: Je örE wurde eine Planungsgrundlage für die Auswahl der Stichproben (Grundstücksgrößen, Anzahl Haushalte,

Biotonnenanschluss, Entleerungsintervalle für Hausmüll und Biotonne etc.) für 60 Stichproben bzw. 30 Stichprobenpärchen erstellt.

9. Aus diesem Planungspool wurden am Tag der Probenahme mindestens 30 Stichproben bzw. 15 Wertepaare (mit und ohne Biotonne) beprobt.
10. Für die beprobten 15 Wertepaare wurden 50 fragebogenbasierte Interviews geplant. Diese wurden zunächst bei den 30 beprobten Adressen geführt. Wurde die Anzahl von 25 Fragebogenantworten nicht erreicht, wurden weitere Haushalte nach geeigneten Profilen interviewt.
11. Für die Probenahme wurden Listen und Protokolle angefertigt, in denen jeder Probe eine eindeutige Nummer zugeordnet wurde, über die die eindeutige Zuordnung zur zweiten Probe des Pärchens möglich war. Diese Nummer wurde auch für die Fragebögen verwendet.
12. Bei der Stichprobenauswahl war es aufgrund der Pärchenweise-Methode von sehr großer Bedeutung, dass möglichst ähnliche Pärchen ausgewählt wurden. Das bedeutet, dass die Randparameter wie z. B. Gartengröße und -nutzung, Haushaltsgröße, Abfallentsorgung etc. sich so wenig wie möglich unterscheiden sollten, um den Unterschied in der Heimkompostierung (Nutzung vs. keine Nutzung) möglichst gut herausarbeiten zu können.

5.4 Festlegung der Zugriffsebene

In der Praxis liegen weder bei den Statistikämtern noch bei den örE bzw. den beauftragten Entsorgern verwertbare Verzeichnisse zur Auswahl von Grundstücken mit und ohne Heimkompostierung vor. Die Erstellung eigener Verzeichnisse für die Untersuchungen durch Begehungen bzw. Befragungen für eine bundesweite Stichprobenuntersuchung war mit verhältnismäßigem Aufwand nicht umsetzbar. Für die Auswahl der Grundstücke/ Haushalte mit Heimkompostierung und ohne Heimkompostierung wurde das Kriterium mit Biotonne vs. ohne Biotonne als Hilfsgröße für die Auswahl herangezogen.

Dazu wurden vorliegende Informationen auf örE-Ebene zum Anschluss- bzw. Nutzungsgrad der Biotonnen ausgewertet. ÖrE mit einer einwohnerspezifischen Menge von ≤ 5 kg/E*a wurden als örE ohne etablierte Bioabfallsammlung eingestuft. Der Großteil der örE (337 bzw. 87,5 %) hat demnach entweder einen Anschluss- und Benutzungszwang für Biotonnen bzw. mindestens eine freiwillige Benutzung der Biotonnen eingeführt. In 12,5 % der örE (und in 9,5 % der angeschlossenen Einwohner) ist entweder keine Bioabfallsammlung oder eine Bioabfallsammlung in sehr geringem Umfang eingeführt.

Auswahlverzeichnisse bezüglich der Biotonnennutzung an Grundstücken/ Haushalten lagen bei den örE bzw. den beauftragten Entsorgern vor. Wird angenommen, dass Grundstücke/ Haushalte, die sich von der Verpflichtung zur Biotonnennutzung haben befreien lassen, Heimkompostierung betreiben, konnten aus diesem Pool Heimkompostierende mit relativ großer Wahrscheinlichkeit als geeignete Stichproben „mit Heimkompostierung“ gewonnen werden. Durch eine ausreichende Anzahl an Ersatzstichproben konnten so geeignete Stichproben über diesen Ansatz gewonnen werden.

Da es ebenfalls eine nennenswerte Anzahl an Grundstücken/ Haushalten gab, die Heimkompostierung betreiben und zusätzlich einen nennenswerten Anteil der Organik (oftmals Küchenabfälle) über die Biotonne entsorgen, waren Stichproben mit Heimkompostierung und Biotonne ebenfalls zu berücksichtigen.

5.5 Festlegung der Einflussgrößen

Basis der Entwicklung des Stichprobenkonzeptes für eine repräsentative Datenerhebung auf Bundesebene waren zeitliche, räumliche und sachliche Einflussparameter. Die Berücksichtigung

relevanter Einflussgrößen stellte sicher, dass systematische Fehler bzw. Verzerrungen einer Zufallserhebung vermieden werden. Es wurde sich dabei an der Methodik „Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien“ (Dornbusch et al., 2020) sowie Erfahrungswerten aus einer Vielzahl von Abfallanalysen der Projektgruppe orientiert.

5.5.1 Jahreszeitliche Einflüsse

Die Mengen und Zusammensetzung der zu untersuchenden Abfallarten Restmüll und Bioabfall unterliegen Schwankungen im Jahresverlauf. Als Einflussgrößen auf die jahreszeitlichen Schwankungen sind insbesondere die Vegetationsperioden mit deutlichen Veränderungen der Stoffgruppen Organik und Feinfraktion < 10 mm zu berücksichtigen. Weitere bekannte jahreszeitabhängige Schwankungen durch Konsumverhalten, Bau- und Renovierungstätigkeiten, Frühjahrsputz, Aschegehalte aus dem Hausbrand etc. sind im Kontext dieser Differenzmethode zu vernachlässigen, da diese Einflüsse in der Regel keinen starken Einfluss auf die untersuchte Organik-Masse haben. Unterstützt durch die begleitende Befragung von Einwohnern an ca. 200 Grundstücken (auswertbare Antworten) und der Stakeholder-Befragung sowie durch die langjährigen Erfahrungen der Bietergemeinschaft konnten die Einflüsse der Vegetationsperiode hinreichend gut abgeschätzt werden, so dass auf jahreszeitlich versetze Analysen in Form von Kampagnen verzichtet werden konnte. Die zeitlichen Einflüsse wurden durch Analysen zu verschiedenen Jahreszeiten berücksichtigt. Die vorgesehene Anzahl an 200 Haushalten/ Grundstücken bzw. 100 Stichprobenpaaren konnte damit jahreszeitunabhängig untersucht werden.

5.5.2 Räumliche Einflüsse

Durch die Verteilung der Auswahleinheiten auf nationaler Ebene über das gesamte Bundesgebiet sowie durch die Berücksichtigung von städtischen und ländlichen Strukturen wurden die räumlichen Aspekte berücksichtigt. Die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger mussten anonymisiert werden, was eine Voraussetzung für die Kooperation darstellte. Eine grobe Darstellung der Ergebnisse ist jedoch möglich.

5.5.3 Sachliche Einflüsse

Als sachliche Einflussgrößen auf die Heimkompostierungsmenge wurden die Siedlungsdichte, regionale Unterschiede, die Nutzungsstruktur der örE bezüglich ihrer Bioabfallerfassung (Biotonne sowie Grünguterfassung über Bring- und Holsysteme), die Gartenfläche (erfasst über den Leitparameter Grundstücksfläche) und die Biotonnen-Nutzung der Haushalte identifiziert (Dornbusch et al., 2020). Die sachlichen Einflussgrößen sind weiterhin getrennt nach Auswahlebenen (Bundesebene und örE-Ebene) zu betrachten.

Auf Bundesebene wurden drei Einflusskriterien berücksichtigt bei denen sich an die Einteilung der Studie „Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien“ (Dornbusch et al., 2020b) orientiert wurde:

1. Siedlungsdichte (Stadt/Land):
   zwei Schichten nach städtisch größer gleich 750 Einwohner/km² und ländlich bis 750 Einwohner/km²
2. Nutzungsstruktur Bioabfallerfassung des örE:
   Es wurden zwei Schichten nach Biotonnen-Nutzung (≥ 5 kg/(E*a)) / Grüngutsammlung (≥ 25 kg/(E*a)) und sehr geringe Biotonnen-Nutzung (< 5 kg/(E*a)) bzw.

sehr geringe Grüngutentsorgung (< 25 kg/(E*a)) gebildet. Diese Schichtung entfiel für die Sortieranalysen, da keine Biotonnen analysiert werden konnten Für die Hochrechnung wurde diese Schichtung benötigt; es wurden Informationen aus Sekundärdaten zu Hausmüll und Befragungen hinzugezogen

3. Region:
   Regionale Verteilung der Stichprobengebiete über das Bundesgebiet durch die örE-Auswahl. Aus jeder Region (Nord, Süd, Ost und West) wurden ca. zwei bis drei örE ausgewählt.

Auf örE-Ebene werden zwei Einflusskriterien berücksichtigt:

1. Grundstücks-/ Gartenfläche:
   Zwei Schichten: kleine Grundstücke mit unter 400 m² und große Grundstücke mit über ≥ 400 m² Fläche. In Voruntersuchungen wurde eine gute Korrelation zwischen Grundstücks- und Gartenflächen ermittelt. Die Klassifizierung der Grundstücke in kleine und große Flächen erfolgte nach Einschätzung der AN, um mögliche Effekte besser beurteilen zu können.
2. Nutzungsstruktur Bioabfälle der Haushalte:
   Auf Ebene der Stichprobenpärchen trat für den Pärchenteil ohne Heimkompostierung und mit Biotonne auch die Kombination Biotonne mit Kompostierung von Gartenabfällen auf (siehe hierzu Abbildung 1). Da die Bioabfallentsorgung auf dem Grundstück bei der Planung der Stichprobenauswahl nicht bekannt war, wurde eine Gleichverteilung hinsichtlich der Heimkompostierung angestrebt (paritätisch mit und ohne). Es wurde eine sogenannte „Soft Quota“ festgelegt, bei der bis zu 20 % Abweichungen von der 50 % Quote zulässig sind. Das heißt, dieses Schichtungskriterium konnte aufgrund der Datenlage auf örE-Ebene nur als „weiches Kriterium“ berücksichtigt werden. In der Hochrechnung wurde ein konservativer Ansatz gewählt, bei dem der Hochrechnungsfaktor so festgelegt wurde, dass die Heimkompostierungsmenge tendenziell unterschätzt wird. Dieses Vorgehen beruht auf dem Vorsorgeprinzip und der Risikominimierung. Durch eine Schätzung, die dazu neigt, die tatsächlichen Werte eher zu niedrig anzusetzen, werden potenzielle Risiken und Unsicherheiten besser abgedeckt. Dies ist besonders wichtig in Situationen, in denen die verfügbaren Daten unvollständig oder ungenau sind. Die bewusst gewählte Unterschätzung schafft eine Sicherheitsmarge, die dazu beiträgt, potenzielle Risiken zu minimieren und unvorhergesehene Entwicklungen zu berücksichtigen. So wird eine robuste Grundlage für Entscheidungen geschaffen und die Zuverlässigkeit der Ergebnisse erhöht In Tabelle 3 sind die Definitionen der Schichten in der Übersicht zusammengefasst.

Tabelle 3: Definition der Schichten

Ebene	Schichtungskriterium	Schichtbezeichnung	Definition
Bundesebene	Siedlungsdichte	Städtisch	≥ 750 Einwohner
		Ländlich	< 750 Einwohner
	Nutzungsstruktur Bioabfallerfassung örE	Bioabfallerfassung	wenn Grünguterfassung ≥ 25 kg/E*a und Bioabfallerfassung über Biotonne ≥ 5kg/E*a je örE
		Sehr geringe Bioabfallerfassung	wenn Grünguterfassung < 25 kg/E*a und Bioabfallerfassung über Biotonne < 5kg/E*a je örE
	Region	Nord-West	ca. 3
		Ost	ca. 2
		Mitte-Süd	ca. 3
örE-Ebene	Gartenfläche	Große Gartenfläche	Grundstücksfläche ≥ 400 m^2
		Kleine Gartenfläche	Grundstücksfläche < 400 m^2
	Nutzungsstruktur Bioabfälle der Haushalte	Für den Pärchenteil ohne HK mit Biotonne: keine aktive Kompostierung	Verteilung der HH: ca. 50 ± 20 %
		Für den Pärchenteil ohne HK mit Biotonne: mit aktiver Kompostierung	
		Für den Pärchenteil mit HK ohne Biotonne: jeweils aktive Kompostierung	

HH: Haushalte HK: Heimkompostierung örE: öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger

5.6 Erhebung

Zur Erstellung eines Methodenkonzeptes zur Datenauswertung gehörte die Entwicklung einer Methodik zur Aufnahme und Auswertung von Datenquellen u. a. Sammeldaten, Sortierdaten, Fragebögen sowie deren Überprüfungskonzept.

5.6.1 Probenahme

Um die Untersuchungsparameter oder auch die Zielgrößen der Untersuchung (Heimkompostierungsmenge) mit ausreichender Genauigkeit und Sicherheit bestimmen zu können, mussten die zu sortierenden Abfälle separat je Stichprobeneinheit erfasst und analysiert werden.

Die Sammlung der Stichproben erfolgte durch ein mehrstufiges Auswahlverfahren auf örE-Ebene in den zuvor festgelegten repräsentativen Gebieten durch Mitarbeiter der Projektpartner (Witzenhausen-Institut und INFA) am Tag der regulären Abfuhr, bevor die Abfuhrtour die

Behälter leerte. Die zu den ausgewählten Grundstücken gehörenden Behälter wurden einzeln in separate Bigbags oder andere Behälter umgeleert.

Da die Abfuhr für Bioabfall und Hausmüll in der Regel an unterschiedlichen Tagen erfolgte, mussten die Grundstücke mit Biotonne zweimal angefahren und beprobt werden. In örE mit technisiertem Gebührensystem für Hausmüll mussten die Restmüllbehälter zuerst beprobt werden. Für örE mit Hausmüll-Regelabfuhr konnte auch die Biotonne als erstes beprobt werden. Im Fall einer Beprobung der Restmülltonne mit Ident-System mussten bei der ersten Probenahme ausreichend Reserveproben gesammelt werden, da nicht absehbar war, welche Proben im zweiten Durchgang verfügbar sein würden. Das allgemeine Vorgehen erfolgte gemäß der Sortierrichtlinie Rheinland-Pfalz (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, 2023).

Bei den Probenahmen wurden mindestens folgende Daten in einem Sammelprotokoll festgehalten:

- Stichprobennummer
- Abfuhrgebiet und Abfuhrdatum
- Straße und Hausnummer des Behälterstandplatzes
- Anzahl und Größe der bereitgestellten Behälter
- Anzahl der Haushalte
- Abfuhrrhythmus
- Füllgrad der Behälter
- Gewicht der Behälterinhalte
- Auffälligkeiten (z. B. einsehbare Informationen zum Garten und zur Kompostierung)

Aus diesen Daten ließen sich in Verbindung mit den Einwohnerdaten[7] die abfallwirtschaftlich relevanten Kenngrößen ableiten. Hierbei standen insbesondere die Anzahl der an die Restmülltonne bzw. Biotonne angeschlossenen Einwohner sowie der Sammelturnus im Vordergrund. Komplementär wurden auf der Grundlage von Geodaten Grundstücksgrößen abgeschätzt (falls sie nicht bereitgestellt werden konnten).

5.6.2 Sortierung

Die örE stellten die erforderlichen Planungsdaten und organisatorischen Informationen zur Verfügung. Dazu gehörten ein Sortierstandort in ausreichender Größe und Ausstattung.

Die Inhalte der beprobten Rest- und Bioabfallbehälter wurden im Unterschied zu herkömmlichen Abfallanalysen einzeln sortiert. Das Material wurde auf ein Flachsieb mit 10 mm Rundlochung gegeben und dort nach den im Folgenden genannten Stoffgruppen sortiert (siehe Abschnitt 5.6.2.1).

Nach der Analyse jeder einzelnen Einzelstichprobe wurden die aussortierten Stoffgruppen gewogen und die Ergebnisse für die spätere Auswertung festgehalten. Zusätzlich erfolgte eine qualitative Bewertung der Stoffgruppen. Auffälligkeiten oder Besonderheiten wurden ebenfalls notiert.

[7] Die Einwohnerdaten müssen von den beteiligten örE zur Verfügung gestellt werden.

5.6.2.1 Sortierstoffgruppen

Schwerpunkt der Untersuchung der Rest- und Bioabfälle war die Ermittlung der Anteile „nativ-organischer Abfälle inklusive kompostierbarem Papier und sonstige kompostierbare Stoffe“. Um diese Anteile umfassend ausweisen zu können, erfolgte ein Siebschnitt bei 10 mm und die Fraktion > 10 mm wurde vollständig händisch sortiert. Der Siebdurchgang wurde nur gewogen und aufgrund zu kleiner Teilchengröße nicht weiter analysiert (Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, 2023). Die so erhobenen Daten sind kompatibel zur bundeweiten Hausmüllanalyse (Dornbusch et al., 2020), in der auch die Organik > 10 mm ausgewiesen wurde. Es ergeben sich die folgenden Stoffgruppen orientiert an der sächsischen Sortierrichtlinie (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), 2016) und dessen Ergänzung zur Identifikation von Lebensmittelabfällen (Wagner et al., 2016):

- Gartenabfälle
- Küchenabfälle
- Unverarbeitete (rohe) und kompostierbare Lebensmittelreste
- Nahrungsabfälle
- Unverpackte, verarbeitete und nicht kompostierbare Lebensmittelabfälle
- verpackte Nahrungsmittel (Korrektur um Verpackungsanteile)
- sonstige kompostierbare Stoffe
- kompostierbares Papier
- sonstiger Restmüll > 10 mm
- sonstiger Bioabfall > 10 mm
- Siebdurchgang ≤ 10 mm

5.6.3 Befragung

5.6.3.1 Methodischer Ansatz

Komplementär zu den Analysen der Abfälle der Hausmüll- und Biotonnen der ausgewählten Haushalte/ Grundstücke wurde eine Haushaltsbefragung durchgeführt. Der Fragebogen befindet sich im Anhang A.3. Hierbei wurde analog zu den Sortieranalysen eine Befragung von 100 Haushalten mit Heimkompostierung und 100 Haushalten ohne Heimkompostierung durchgeführt (insgesamt 200 Haushalte/ Grundstücke). Es wurde angestrebt, die zufällig ausgewählten Haushalte für die Stichprobenanalysen sowie die Haushalte für die Befragung möglichst zu synchronisieren.

Bei der Befragung wurden wie bei der Stichprobenuntersuchung Haushalte paarweise mit vergleichbaren Randbedingungen (Haushalts- und Grundstücksgröße, vergleichbare Hausmüll- und Bioabfallbehältervolumina, etc.) mit und ohne Heimkompostierung einbezogen.

Die Befragungen wurden vor Ort interviewbasiert unmittelbar nach der Abfallanalyse/-sortierung durchgeführt werden, um das Wegwerfverhalten der angeschlossenen Einwohner nicht zu beeinflussen. Bei Nichtantreffen wurde ein nummerierter Fragebogen mit Rückantwortschein und den Kontaktdaten zum Projektteam hinterlassen.

Bei Nichtantreffen wurden die Adressen ein zweites Mal persönlich aufgesucht. Auch bei der Befragung wurden die Reserveadressen der Probenahme berücksichtigt, um den notwendigen Rücklauf zu gewährleisten. Bei verbleibenden Antwortverweigerern der beprobten Adressen wurde angestrebt diese durch Ersatzadressen zu ersetzen. Diese Adressen mussten dem Grundstücksprofil so gut als möglich nahekommen. Die Anzahl der maximal durchgeführten Befragungen wurde auf 50 Befragungen bzw. 25 Pärchen je örE begrenzt.

5.6.3.2 Inhalt des Befragungsbogens

Für eine Bilanzierung des Grünguts bzw. der Gartenabfälle der beprobten Grundstücke ist es erforderlich, weitere spezifische Daten einzuholen, die über den üblichen Rahmen von Abfallanalysen hinausgehen. Dies geschieht über eine Befragung der Bewohner der beprobten Grundstücke im Nachgang an die Analyse der Restmüll- und Bioabfallmengen.

Einerseits erfolgt über die Befragung eine Zuordnung der Grundstücke nach aktiver und nicht aktiver Heimkompostierung. Andererseits wird versucht, auf Basis der Befragungen die Entsorgungsmengen des anfallenden Grünguts abzuschätzen. Konkret wird daher u. a. gefragt:

- Betreiben Sie eine Eigenkompostierung? (ja/nein)
- Entsorgen Sie Ihre Gartenabfälle auf Grüngutsammelstellen oder Wertstoffhöfen? (ja/nein)
  - wie häufig pro Jahr?
    - 1-mal pro Jahr
    - bis zu 3-mal pro Jahr
    - bis zu 5-mal pro Jahr
    - sofern mehr als 5-mal, wie oft?
  - welche Mengen je Anlieferung?
    - Kofferraum (0,25 m^3)
    - kleiner Hänger (0,5 m^3)
    - großer Hänger (2 m^3)
- Nutzen Sie weitere Entsorgungswege für Gartenabfälle? (ja/nein)
  - Gartenservice
  - Abholung durch Kommunalbetrieb
  - Biotonne
  - Restmüll
  - Verbrennung
  - Sonstige

Eine qualitative Aufnahme des Holsystem durch einen Gartenservice oder Kommunalbetrieb (ja oder nein) wurde gewählt, da viele der untersuchten örE kein zusätzliches Holsystem anbieten und nur wenige vereinzelt im Jahr eine Baum- bzw. Strauchschnittsammlung anbieten. Die

erfasste Menge über ein Holsystem ist daher gering und für die Teilnehmenden nur schwer quantifizierbar.

5.7 Auswertung und Hochrechnung

Es wurde eine Kategorisierung der Untersuchungsobjekte entwickelt, die zur Bestimmung eines Nutzungstyps der Entsorgung der erzeugten Organik als auch zur Paarbildung im Kontext der Differenzierungsmethodik dient.

5.7.1 Nutzungstypen der beprobten Grundstücke für die Entsorgung der erzeugten Organik

Bei der Methode der indirekten Bestimmung der Zielgröße (Differenzmethode) war zu berücksichtigen, dass an den Grundstücken mehrere Kombinationsmöglichkeiten der Bioabfallentsorgung zusammen mit bzw. ohne Heimkompostierung vorliegen konnten. In dieser Auswertung wurden für die Bioabfälle aus Küche und Garten folgende Kombinationsmöglichkeiten der Entsorgungswege berücksichtigt:

- Restmülltonne (Holsystem)
- Bioabfalltonne (Holsystem)
- Heimkompostierung
- sonst. Entsorgung:
  - davon Grüngut-Sammlung/ Recycling-Hof (Bringsystem)
  - davon Gartenservice/ kommunale Abholung (Holsystem)

Die Unterteilung des Untersuchungsgebiets (Deutschland) in Bring- und Holsysteme ergab in einer Untersuchung der Deutschen Umwelthilfe, dass 30 Landkreise bzw. Städte ein Bringsystem betreiben. Diese konnten 27 von insgesamt 390 örE (siehe Anhang A.5) zugeordnet werden. Da sie nur einen Anteil von etwa 7 % aller örE repräsentieren, wurden dessen Mengen als nicht relevant eingestuft. Eine Kombinationsmöglichkeit der Bioabfalltonne aus einem Bringsystem wurde von der Analyse ausgeschlossen.

Somit ließen sich die einzelnen beprobten Grundstücke je nach Kombination der Entsorgungswege in verschiedene Nutzungstypen einteilen. Grundstücke, die zur Entsorgung keine Biotonne nutzen, wurden hier als Paarteil 1 bezeichnet (nur Restmüll (RM)). Das Paarteil 2 umfasst Grundstücke, die neben der Restmülltonne ebenfalls eine Bioabfalltonne (BT) besitzen (RM + BT). Grundsätzlich wurde in der Auswertung der Ansatz verfolgt, die Paardifferenzen der Paarteile 1 und 2 zu bilden, d. h. Grundstücke ohne Biotonne im Vergleich zu Grundstücken mit Biotonne, da diese Information in den Abfallregistern der örE vorhanden ist. Zusätzlich können sich diese Paarteile in Bezug auf die Nutzung einer Heimkompostierung und die Nutzung sonstiger Entsorgungswege unterscheiden. Diese Information ist in keinem Register vorhanden und wurden daher per Befragung eingeholt.

Über die durchgeführten Sortieranalysen an den beprobten Grundstücken wurden die Entsorgungsmengen über den Weg der Restmüll- und Bioabfalltonne quantifiziert. Die Mengen der sonstigen Entsorgung über Bring- und Holsysteme wurden über eine Befragung der beprobten Haushalte im Nachgang der Probenahme abgeschätzt. Die Nutzung der sonstigen Entsorgung ist hier lediglich für die Bilanzierung der Grüngut-Abfallmengen relevant und stellt kein weiteres Schichtungskriterium dar.

Über die Befragungen der beprobten Haushalte lag ebenfalls die Information zum Kompostierverhalten eines Grundstücks vor. Mit dieser Information wurden die beprobten Haushalte per Selbstauskunft entsprechend des angegebenen Heimkompostierungsstatus (aktiv bzw. nicht aktiv) eingeordnet. Das Kriterium der aktiven bzw. nicht aktiven Kompostierung an einem beprobten Grundstück wurde genutzt, um aus den einzelnen ermittelten Paardifferenzen die geeigneten Schicht-Schätzwerte für eine geschichtete Hochrechnung abzuleiten.

Mit diesen Größen konnte die Bioabfallmenge aus Haushalten bilanziert werden. Der Anteil der Heimkompostierung war dabei zunächst unbekannt. Er wurde bei bestimmten Paarungen von Nutzungstypen über eine Differenzbildung und den ermittelten Entsorgungsmengen berechnet.

Es zeigte sich, dass bei den beprobten Grundstücken folgende Kombinationen der Entsorgung der anfallenden Organik auftreten, welche im Folgenden als Nutzungstypen bezeichnet werden:

- Restmüll ohne Biotonne, mit Heimkompostierung
- Restmüll ohne Biotonne, ohne Heimkompostierung
- Restmüll und Biotonne, mit Heimkompostierung
- Restmüll und Biotonne, ohne Heimkompostierung

Eine Entsorgung des Grünguts über sonstige Entsorgungswege konnte je nach Grundstück zusätzlich vorliegen und ist als Ergänzung/ Ersatz zur Biotonne bei saisonalen Spitzen zu verstehen. Sie wurde aber hier nicht zur weiteren Differenzierung der Nutzungstypen berücksichtigt, sondern für eine vollständige Bilanzierung je Paarteil bzw. Grundstück.

Im Folgenden sind die Entsorgungswege der Organik der einzelnen Nutzungstypen schematisch dargestellt (siehe Abbildung 3 bis Abbildung 6). Dabei wurde ebenfalls eine Bilanzierung der Organik-Massen je Nutzungstyp vorgenommen. Es wurde dafür angenommen, dass sich die erzeugte Organik-Masse eines Grundstücks jeweils aus den Anteilen ergibt, die - falls vorhanden - über die Restmülltonne, die Bioabfalltonne, die Heimkompostierung und über die sonstigen Entsorgungswege entsorgt wurden. Eine illegale Entsorgung wurde nicht berücksichtigt.

Die Bilanzierung der gesamten zu entsorgenden Organik-Masse jedes beprobten Grundstücks bzw. Paarteils (1 oder 2) ergibt sich rechnerisch über die Gleichung *4*:

$$Organik = RM + BT + Komp + GG \qquad (4)$$

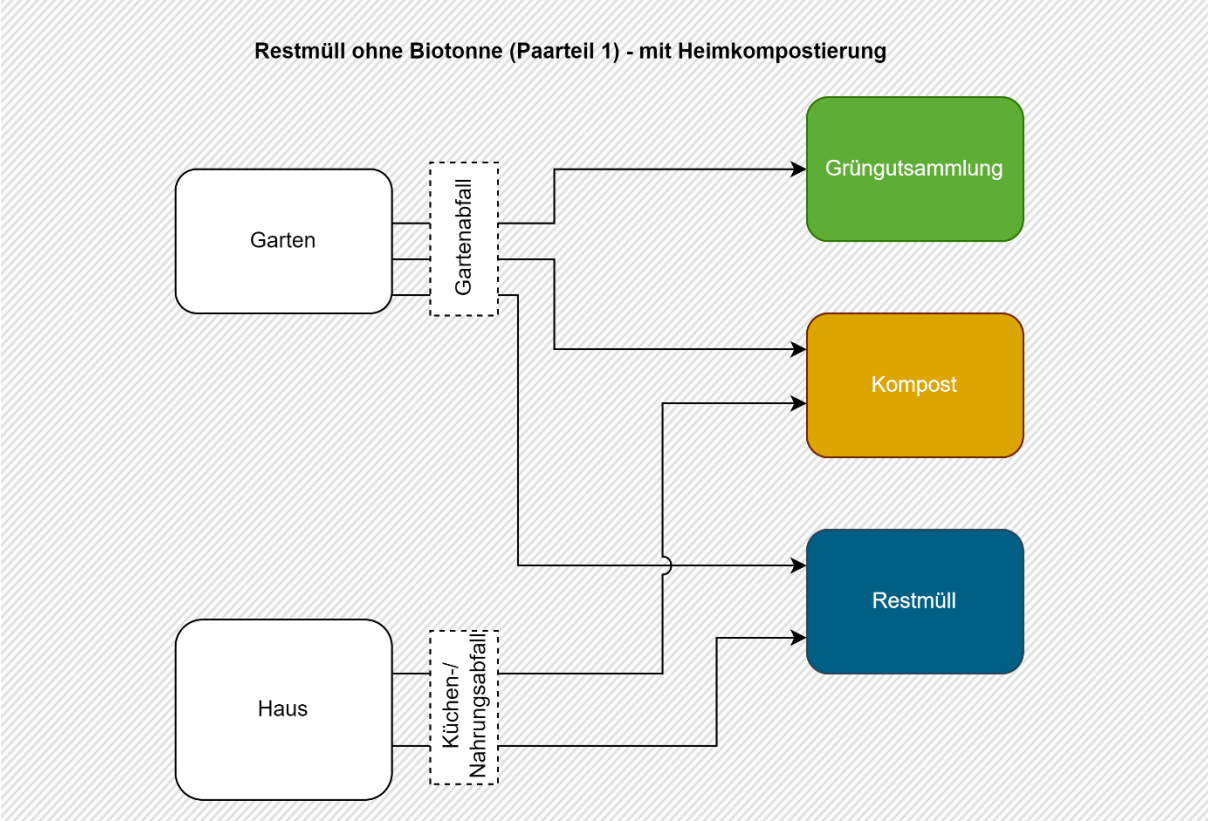
Organik:	zu entsorgende Organik-Masse des Grundstücks bzw. Paarteils
RM:	entsorgte Organik-Masse über Restmülltonne
BT:	entsorgte Organik-Masse über Bioabfalltonne, falls vorhanden (sonst = 0)
Komp:	verwertete Organik-Masse über Heimkompostierung, falls vorhanden (sonst = 0)
GG:	entsorgte Gartenabfälle über sonstige Entsorgungswege, d. h. Grüngutsammlung/Recyclinghof, oder Gartenservice/kommunale Abholung

Je nach Nutzungstyp ergeben sich daraus Anpassungen der o. g. Bilanzierung der Organik-Masse. Dabei ist der Weg der sonstigen Entsorgung von Grüngut den Gartenabfällen vorbehalten.

5.7.1.1 Paarteil 1 ohne Biotonne mit aktiver Heimkompostierung

Für den Nutzungstyp Paarteil 1 mit aktiver Heimkompostierung (Abbildung 3) entfällt die Entsorgungsmenge BT_1; ($BT_1 = 0$, Index 1 für Paarteil 1). Die Entsorgungsmengen der Organik über die Restmülltonne RM_1 sind aus der Analyse nach Stoffgruppen bekannt. Die sonstige Entsorgung des Grünguts wird über die Auswertung der Fragebögen abgeschätzt und ist damit rechnerisch ebenfalls bekannt. Die gesamte erzeugte Organik-Masse dieses Grundstücks ($Organik_1$) ist zunächst unbekannt. Über den Differenzansatz und die Kombination dieses Nutzungstyps mit einem anderen geeigneten Nutzungstyp (Paarteil 2 ohne aktive Heimkompostierung) kann die unbekannte Heimkompostierungsmenge ($Komp_1$) berechnet werden (s.u.). Das Ziel ist, dass die abzuschätzende kompostierte Organik-Masse ($Komp_1$) als einzige Unbekannte verbleibt, um die Gleichung zu bestimmen.

Abbildung 3: Entsorgungswege für Paarteil 1 mit aktiver Heimkompostierung



Quelle: eigen Darstellung, Argus GmbH

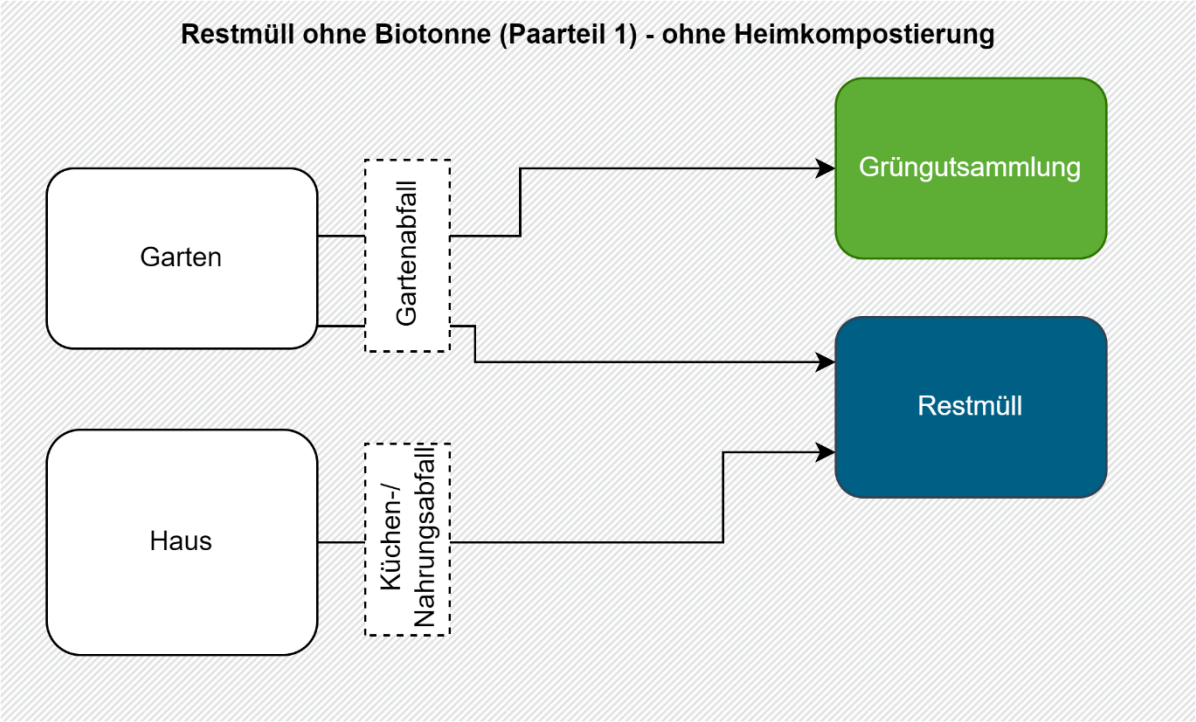
Beschrieben durch folgende Formel:

$$Organik_1 = RM_1 + Komp_1 + GG_1 \quad (5)$$

5.7.1.2 Paarteil 1 ohne Biotonne ohne aktiver Heimkompostierung

Analog dazu ergibt sich für den Nutzungstyp Paarteil 1 ohne Heimkompostierung (siehe Abbildung 4), dass die kompostierte Organik-Masse hier entfällt ($Komp_1 = 0$). Zur Anwendung des Differenzansatzes ist dieser Nutzungstyp dennoch relevant, um aus der Kombination mit geeigneten Grundstücken vorhandene unbekannte Größen der Bilanzierung zu eliminieren.

Abbildung 4: Entsorgungswege für Paarteil 1 ohne Heimkompostierung



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

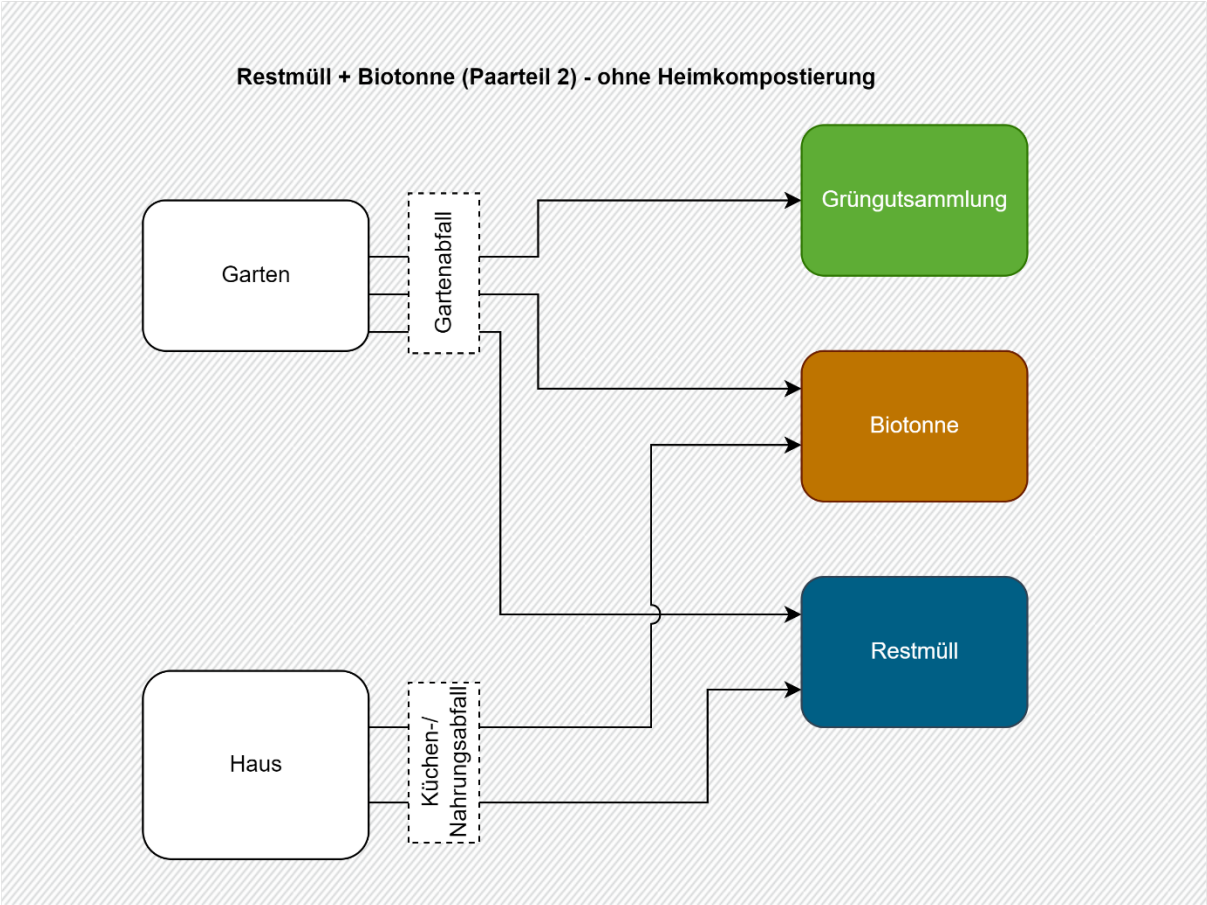
Beschrieben durch folgende Formel:

$$Organik_1 = RM_1 + GG_1 \qquad (6)$$

5.7.1.3 Paarteil 2 mit Biotonne ohne aktiver Heimkompostierung

Bei den Nutzungstypen des Paarteils 2 kommt die entsorgte Masse über die Bioabfalltonne BT_2 hinzu (Index 2 für Paarteil 2, siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Entsorgungswege für Paarteil 2 ohne Heimkompostierung



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

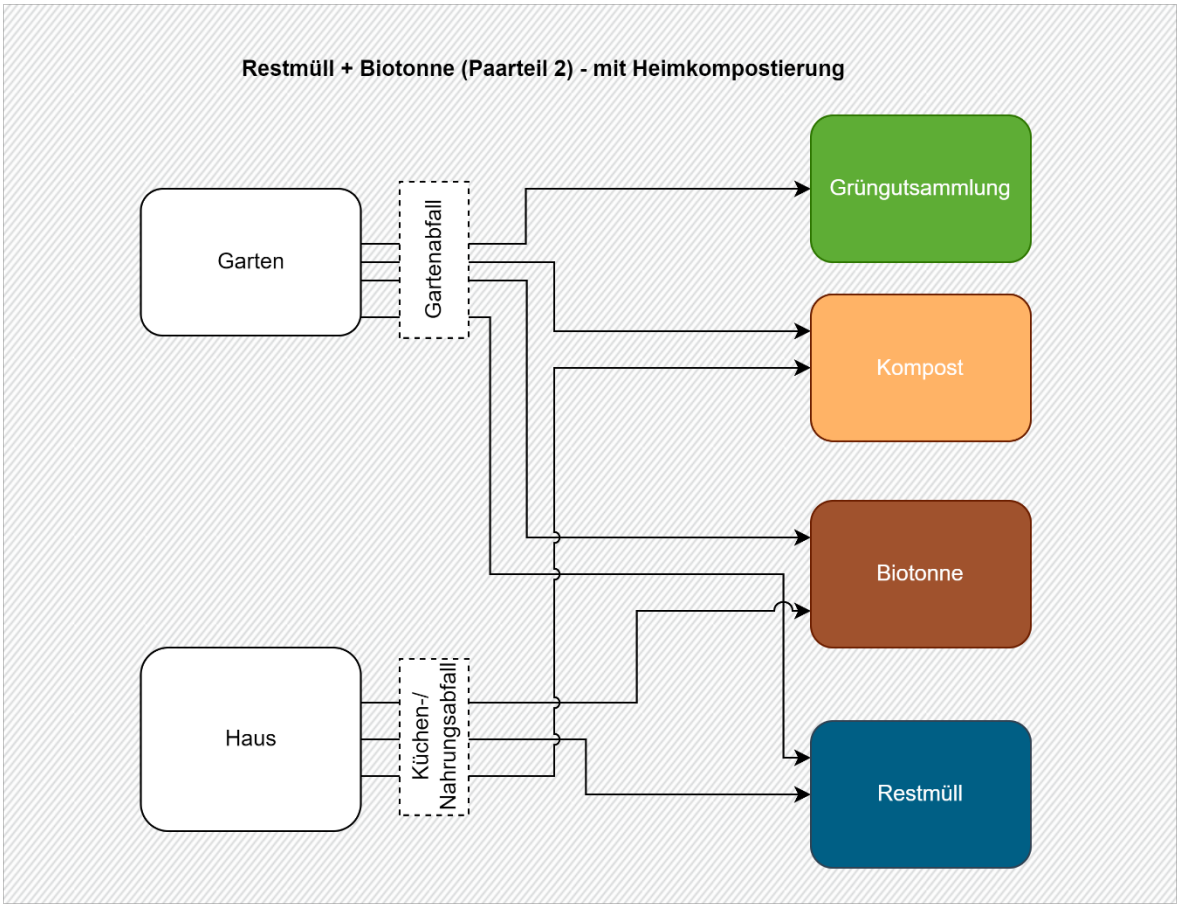
Beschrieben durch folgende Formel:

$$Organik_2 = RM_2 + BT_2 + GG_2 \quad (7)$$

5.7.1.4 Paarteil 2 mit Biotonne mit aktiver Heimkompostierung

Schließlich ergibt sich ein weiterer Nutzungstyp, der durch die Nutzung sämtlicher Entsorgungswege gekennzeichnet ist (Abbildung 6):

Abbildung 6: Entsorgungswege für Paarteil 2 mit Heimkompostierung



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

Beschrieben durch folgende Formel:

$$Organik_2 = RM_2 + BT_2 + GG_2 + Komp_2 \quad (8)$$

5.7.2 Paarbildung

Die Masse der kompostierten Bioabfälle ist für die zwei der vier Nutzungstypen mit aktiver Heimkompostierung zunächst unbekannt. Sie wurde über eine Differenzbildung von einzelnen, miteinander gepaarten und bilanzierten Grundstücken abgeschätzt. Die Auswahl von geeigneten Paarteilen zur Paarbildung erfolgte dabei unter der Maßgabe der Ähnlichkeit der jeweiligen Grundstücke. Aus einer Vielzahl von Untersuchungen von Hausmüll und Bioabfall geht hervor, dass die Siedlungsstruktur das entscheidende Schichtungskriterium ist. Da bei der Heimkompostierung jedoch nur eine Bebauungsschicht untersucht wird (AB), bleiben lediglich die Haushaltsgröße (relevant für Küchenabfälle) und die Gartenfläche (relevant für Gartenabfälle) zu berücksichtigen. Es wird daher angenommen, dass auf ähnlichen Grundstücken insgesamt eine ähnliche Masse kompostierbarer Organik erzeugt wird (siehe Gleichung 9).

$$Organik_1 \approx Organik_2 \quad (9)$$

Diese insgesamt produzierte Organik-Masse je Grundstück ist zunächst unbekannt, und verteilt sich in unterschiedlichen Anteilen auf die am Grundstück zur Verfügung stehenden Entsorgungswege (siehe Nutzungstypen in Kapitel 5.7.1).

Die beprobten Grundstücke erhalten eine Zuordnung nach Paarteilen, mit denen die Paare definiert (siehe Kapitel 5.2.1) und die Differenzen bestimmt werden:

- Paarteil 1: Grundstücke, die eine Restmüll-Tonne aber keine Bio-Tonne nutzen (PT1: RM ohne BT).
- Paarteil 2: Grundstücke, die eine Restmüll-Tonne und eine Bio-Tonne nutzen (PT2: RM mit BT).

Mit einer eigens entwickelten Codierung ist jeder Paarteil 1 ein Paarteil 2 (und umgekehrt) eindeutig zugeordnet und es wird ein Paar gebildet. Die Stichproben-örE und damit auch die einzelnen Stichproben wurden über das Jahr verteilt nach der Vegetationsperiode (innerhalb/außerhalb) ausgewählt, um saisonale Effekte der vorhandenen Organik zu berücksichtigen.

Die für eine Bilanzierung der Bioabfälle relevanten Merkmale der Heimkompostierung und der sonstigen Grüngut-Entsorgung können den jeweiligen Paarteilen allerdings erst nach erfolgter Grundstücksauswahl und Beprobung über die nachträglichen Befragungen zugeordnet werden. Dafür werden die beprobten Grundstücke (Paarteile) mit der zusätzlichen Information versehen, ob eine aktive Heimkompostierung betrieben wird. Die Antworten stammen aus den Befragungen der beprobten Haushalte: Betreiben Sie eine Eigenkompostierung?

- Antwort: nein -> Status: keine aktive Kompostierung
- Antwort: ja-> Status: aktive Kompostierung

Falls diese Informationen nicht verfügbar waren (z. B. Abwesenheit der Bewohner, Teilnahme abgelehnt), wurden vorgehaltene Ersatzbefragungen genutzt oder nachträgliche Einschätzungen[8] vorgenommen, um den beprobten Grundstücken dennoch einen Kompostierungs-Status zuzuordnen (aktiv / nicht aktiv). Somit sind die miteinander gepaarten Nutzungstypen erst nach der erfolgten Grundstücksauswahl und Auswertung der Befragungen vollständig bestimmt.

Die beprobten Grundstücke wurden zusätzlich zur Abschätzung des anfallenden Grünguts auf Basis der ermittelten Grundstücksflächen in Grundstücksklassen < 400 und ≥ 400 m² eingeteilt.

Im Folgenden ist zu berücksichtigen, dass nur bestimmte auftretende Paarungen von Nutzungstypen zur Ermittlung von Schätzwerten der heimkompostierten Mengen geeignet sind. Die geeigneten Paarungen ergeben sich aus den Massenbilanzen der folgenden Nutzungstypen:

1. Paarteil 1 ohne Biotonne mit aktiver Heimkompostierung (Abbildung 3) & Paarteil 2 mit Biotonne ohne Heimkompostierung (Abbildung 5)
2. Paarteil 1 ohne Biotonne ohne Heimkompostierung (Abbildung 4) & Paarteil 2 mit Biotonne mit aktiver Heimkompostierung (Abbildung 6)

[8] Gartenflächen und Gartenbepflanzung wurden durch Inaugenscheinnahme geschätzt. Komposteinheiten wurden entweder vor Ort oder anhand von Satellitenbildern zu identifizieren versucht.

Die entsprechenden Massenbilanzen der kompostierbaren Organik-Massen lauten damit:

$$RM_1 + Komp_1 + GG_1 \approx RM_2 + BT_2 + GG_2 \quad (10)$$

$$RM_1 + GG_1 \approx RM_2 + BT_2 + GG_2 + Komp_2 \quad (11)$$

Aus diesen geeigneten Paarungen werden die geschichteten Schätzwerte für die Hochrechnung abgeleitet:

$$Komp_1 \approx RM_2 + BT_2 + GG_2 - RM_1 - GG_1 \quad (12)$$

$$Komp_2 \approx RM_1 + GG_1 - RM_2 - BT_2 - GG_2 \quad (13)$$

Die beiden verbleibenden Paarungsmöglichkeiten sind zur Ableitung von Schätzwerten nicht geeignet, da sich die zugehörigen Gleichungen nicht eindeutig nach der kompostierten Organik-Masse $Komp_1$ bzw. $Komp_2$ auflösen lassen (Gleichung unterbestimmt), oder weil beide Paarteile gar keine Kompostierung betreiben und daher auch keine solche Unbekannte bestimmt werden kann.

Die folgende Übersicht zeigt je Quadrant, ob die gebildeten Paarungen (Grundstückstyp in Zeile mit Grundstückstyp in Spalte) für die Auswertung geeignet sind, d. h. wenn die o. g. Gleichungen nach der Heimkompostierung aufgelöst werden können (für Analyse nutzbar siehe Abbildung 7).

Der Quadrant oben/rechts entspricht dabei dem zuvor gennannten 1. Fall, d. h. ein Schätzwert für die Kompostierung bei Haushalten ohne Biotonne kann abgeleitet werden. Der Quadrant unten/links steht hingegen für den o. g. 2. Fall, bei dem ein Schätzwert der Heimkompostierung für Haushalte mit Restmüll- und Biotonne angesetzt werden kann.

Abbildung 7: Paarbildung, nach Paarteil, Kompostierungs-Status und Grundstücksklasse

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">PT 2: RM mit BT und HK</td><td colspan="2">PT 2: RM mit BT ohne HK</td></tr>
<tr><td></td><td><400 m²</td><td>≥400 m²</td><td><400 m²</td><td>≥400m²</td></tr>
<tr><td colspan="5">PT 1: RM mit aktiver HK</td></tr>
<tr><td><400 m²</td><td colspan="2" rowspan="2">Nicht nutzbar für Analyse</td><td colspan="2" rowspan="2">Für Analyse nutzbar</td></tr>
<tr><td>≥400 m²</td></tr>
<tr><td colspan="5">PT 1: RM ohne aktive HK</td></tr>
<tr><td><400 m²</td><td colspan="2" rowspan="2">Für Analyse nutzbar</td><td colspan="2" rowspan="2">Nicht nutzbar für Analyse</td></tr>
<tr><td>≥400 m²</td></tr>
</table>

Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

5.7.3 Berechnung der Paardifferenzen

Es wurde erläutert, dass mit der Auswahl der beprobten Grundstücke und über die zusätzlich durchgeführten Befragungen alle möglichen Kombinationen von Nutzungstypen auftreten. Davon werden diejenigen ausgewählt, die eine Bestimmung von Schätzwerten für die kompostierten Massen erlauben (siehe Kapitel 5.7.2).

Nachdem die Paare in der zuvor beschriebenen Weise definiert wurden, erfolgte die Berechnung der Paardifferenzen für folgenden einzelnen Stoffgruppen, die für die Heimkompostierung einen Beitrag leisten können:

- SG 1: Gartenabfälle
- SG 2: Küchenabfälle

- SG 5: sonstige kompostierbare Stoffe
- SG 6: kompostierbares Papier
- SG 8: Rest ≤ 10 mm

Bei den zuvor genannten Stoffgruppen wurde sowohl in der Restmüll- als auch in der Biotonne jeweils vollständige Kompostierbarkeit angenommen. Die übrigen analysierten Stoffgruppen (SG 3: Nahrungsabfälle unverpackt, SG 4: Nahrungsmittel verpackt, SG 7: sonstiger Rest) wurden in der Berechnung nicht weiter berücksichtigt, da sie für die Heimkompostierung aus hygienischen (Schädlingsbefall, etc.) und praktischen Gründen nicht geeignet bzw. nur mit Einschränkungen geeignet sind. Die nicht bzw. weniger gut geeigneten Stoffgruppen werden bei der überwiegenden Anzahl der Heimkompostierenden nicht der Kompostierung zugeführt, sondern in der Regel über den Restmüll entsorgt (Tronecker et al., 2015).

Zur Bestimmung der Paardifferenzen gemäß obigen Gleichungen ist zunächst eine Standardisierung der Abfallmengen notwendig, da sich die gepaarten Grundstücke in Bezug auf Einwohner und Gartenfläche unterscheiden. Zur Hochrechnung der kompostierten Organik-Masse müssen spezifische Bezugsgrößen für die verschiedenen Organik-Stoffgruppen in Betracht gezogen werden. Für die Stoffgruppe 1 „Gartenabfälle“ ist die Hochrechnung über die Gartenfläche sinnvoll, da vermutet wird, dass die Anzahl der Einwohnerinnen und Einwohner keinen maßgeblichen Einfluss auf die Gartenabfall-Massen hat. Für die Hochrechnung der restlichen Stoffgruppen ist neben der Standzeit jedoch die Anzahl der Einwohnerinnen und Einwohner als korrelierende Bezugsgröße zu wählen, da hier wiederum der Einfluss der Grundstücksgröße zu vernachlässigen ist. Die Standardisierung erfolgt für alle Stoffgruppen auf der Ebene der einzelnen Stichproben.

Die Stoffgruppe der Gartenabfälle wurde mit der zugehörigen Gartenfläche des Grundstücks (Sortierstoffgruppe 1) und der Standzeit und der angeschlossenen Einwohner (andere Sortierstoffgruppen) der Abfallbehälter normiert. Auch die aus den Befragungen abgeleiteten Gartenabfall-Massen, die das Grundstück über sonstige Entsorgungswege verlassen, wurden über die Gartenfläche standardisiert.

Auf Basis der Befragungen ist je nach Nutzungstyp eines Grundstücks eine scharfe Bestimmung der Massenbilanz für die Gartenabfälle nur eingeschränkt möglich. Da die Frage der Nutzung bestimmter Holsysteme - im Einzelnen Gartenservice bzw. kommunale Abholung (siehe Kapitel 5.6.3) - nur qualitativ mit Ja oder Nein beantwortet wurden, kann diesen Entsorgungswegen bei Nutzung keine Masse zugeordnet werden. Dies ist nur möglich, wenn dieser Weg nicht genutzt wird (Masse = 0). Die Nutzung der Bringsysteme als Entsorgungsweg (Grüngut-Sammelstelle/Recyclinghof) kann hingegen aus den Befragungen über eine Obergrenze abgeschätzt werden. Dabei wurde eine Grüngutkorrektur durchgeführt, sofern die aus den Fragebögen abgeleiteten Massen über einem bestimmten Grenzwert lagen (siehe Kapitel 5.7.5).

Die analysierten Massen der übrigen Stoffgruppen in Restmüll und Biotonne wurden mit der Zahl der zugehörigen Einwohner je Herkunfts-Grundstück und mit der jeweiligen Standzeit standardisiert.

Auf Ebene der einzelnen Stichproben-Paare werden dann für jede Stoffgruppe die Differenzen aus den Massenbilanzen gebildet, um daraus die Schätzwerte je Schicht abzuleiten:

$$Komp_{1,i} \approx RM_{2,i} + BT_{2,i} + GG_{2,i} - RM_{1,i} - GG_{1,i} \quad (14)$$

$$Komp_{2,i} \approx RM_{1,i} + GG_{1,i} - RM_{2,i} - BT_{2,i} - GG_{2,i} \quad (15)$$

i: i-te Stoffgruppe

Die berechneten Differenzwerte auf Paar-Ebene wurden durch arithmetische Mittelwertbildung nach Schichten zusammengefasst. Auf Ebene der Stichproben-Paare (insgesamt und geschichtet nach Grundstücksflächen) können sich für die Mittelwerte mitunter negative Beträge ergeben. Durch die Differenzmethode und die unvermeidbaren statistischen Schwankungen, die bei den Zielgrößen als Zufallsvariablen auftreten, ist es nicht auszuschließen, dass es auf örE-Ebene zu negativen Werten kommt (siehe Anhang A.6). Auf Bundesebene stabilisiert sich der Differenzwert (Heimkompostierungsmasse) durch die ausreichende Anzahl an Stichproben nach dem Gesetz der großen Zahlen für die zusammengefassten Stoffgruppen Küchen- und Gartenabfälle.

5.7.4 Standardisierung der Grüngutmenge aus der zusätzlichen Befragung

Die Masse an Gartenabfall in der Biotonne und im Restmüll ist aus der Abfallsortierung bekannt. Eine Standardisierung der Stichprobenergebnisse aus den Abfallanalysen wurde wie im vorigen Kapitel durchgeführt. Zur Bestimmung der kompostierten Gartenabfall-Masse eines Grundstücks müssen die Ergebnisse der Gartenabfallmassen aus der Befragung ebenfalls standardisiert werden. Dabei sind die sonstigen Entsorgungswege nach Anlieferung an Recycling-Höfe (Bringsystem), oder über die kommunale Grüngut-Sammlung oder durch einen Gartenservice (Holsystem) zu unterscheiden.

Es ist jedoch zu beachten, dass diese Aussagen der Befragten aufgrund der Unschärfe der Antworten (z. B. "jede Woche ein voller Kofferraum ") sehr ungenau sein können. Außerdem ließ der Fragebogen in Bezug auf die Entsorgung per Holsystem (Gartenservice, komm. Abholung) nur eine qualitative Aussage zu, so dass hier nur im Fall der Nicht-Nutzung eine Quantifizierung durch 0 möglich war. Im Fall der Nutzung war die Masse hingegen nicht quantifizierbar. Dies stellt eine Einschränkung dar, da die auf dem Grundstück verbleibende Masse nun überschätzt ist. Verbrennung und weitere sonstige Entsorgungswege für Gartenabfälle bzw. Grüngut wurden nicht berücksichtigt.

Allgemein ergibt sich das Potenzial der Gartenabfälle eines Grundstücks nach der folgenden Formel:

$$GA_{Pot} = GA_{Komp} + GA_{BT} + GA_{RM} + GA_{sonst} \quad (16)$$

GA_{Pot} Masse des Gartenabfallpotenzials
GA_{Komp} Masse Gartenabfall in der Heimkompostierung
GA_{BT} Masse Gartenabfall in der Biotonne
GA_{RM} Masse Gartenabfall in der Restmülltonne
GA_{sonst} Masse Gartenabfall über sonst. Entsorgungswege, z. B. Grüngutsammlung, bestehend aus einem Anteil per Bringsystem GG_{Bring} und einem Anteil per Holsystem GG_{Hol}

Der Weg der sonstigen Entsorgung GA_{sonst} setzt sich aus der Entsorgung per Bringsystem GA_{Bring} und der Entsorgung per Holsystem GA_{Hol} zusammen (siehe Gleichung *17*).

$$GA_{sonst} = GA_{Bring} + GA_{Hol} \quad (17)$$

Bei der Standardisierung sind folgende Fälle zu unterscheiden:

a) Bringsystem

b) Holsystem

c) Nutzung der Angaben im Fragebogen nicht möglich

Bringsystem

Die Gartenabfall-Masse, die ein Grundstück per Bringsystem verlässt (Anlieferung an Sammelstelle/RC-Hof), wurde per Fragebogen quantifiziert, wobei die Abschätzung durch die Befragten durch Angabe der Häufigkeit der Entsorgung und des jeweiligen geschätzten Volumens erfolgt (siehe Kapitel 5.6.3und Gleichung 18). Da durch die Befragung nur eine Angabe der Volumina pro Jahr sinnvoll war, die Grüngutmasse aber saisonabhängig ist, wurde die GA_{Bring} Masse auf Wochenwerte standardisiert. Somit konnte eine jahresabhängige Berechnung gemäße Gleichungen 19 bis 21 wie später erläutert, erfolgen. Die per Bringsystem entsorgten Gartenabfälle wurden gemäß folgender Formel berechnet:

$$GA_{Bring} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Vol_{Grüngut} \cdot \rho_{Grüngut}}{52 \cdot F_{Gartenfläche}} \quad (18)$$

$Vol_{Grüngut}$: Volumen Grüngut (Angabe zum Volumen gemäß Fragebogen)

$\rho_{Grüngut}$: Dichte Grüngut (Angenommene Grüngut-Dichte von 0,25 t/m^3 [9])

n: Anzahl der Anlieferungen (Angabe zur Häufigkeit gemäß Fragebogen)

$F_{Gartenfläche}$: Gartenfläche des Grundstücks zur Standardisierung

Holsystem

Für das Holsystem war nur eine qualitative Aussage möglich, so dass hier nur im Fall der Nicht-Nutzung eine Quantifizierung durch 0 möglich war. Im Fall der Nutzung war die Masse des Holsystem hingegen nicht direkt quantifizierbar. Für diesen Fall wurde der Überprüfungen nach A und B über die Aufwuchsraten entwickelt und ein Wert für die sonstige Grüngutentsorgung abgeschätzt.

Nutzung der Angaben im Fragebogen nicht möglich

Aufgrund der vorliegenden hohen Unschärfe der Angaben zur sonstigen Entsorgung per Bring- und Holsystem, wurden zwei Überprüfungen bzw. alternative Berechnungsmethoden auf Basis von Aufwuchsraten für die Stoffgruppe 1 (nur Gartenabfälle aus der Befragung) eingeführt, die im Folgenden beschrieben ist. Gab es eine positive Angabe zur Nutzung eines Bringsystem (GA_{Bring}) und keine Nutzung des Holsystem (GA_{Hol}) wurde für den Wert der sonstigen Grünabfallentsorgung ($GA_{sonst.}$) gleich dem Wert des Bringsystem gesetzt. Wurde kein Bring- oder Holsystem genutzt dann war der Wert der sonstigen Entsorgung gleich 0. Der Wert wird auf 0 gesetzt, wenn das Holsystem benutzt wurde, unabhängig der Nutzung eines Bringsystems.

[9] Umrechnungsfaktoren für die Abfallstatistiken, Stand 2018 (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg): https://www.statistik-bw.de/DatenMelden/Formularservice/33_A_Umrechnungsfaktoren.pdf

Tabelle 4: Fälle der Überprüfung einer alternativen Berechnung des Wertes der sonstigen Gartenabfallentsorgung

Nutzung Bringsystem (GA_{Bring})	Nutzung Holsystem (GA_{Hol})	Wert der sonstigen Entsorgung ($GA_{sonst.}$)	Überprüfung
Ja	Nein	Wert des Bringsystem	A
Nein	Nein	0	A
Nein	Ja	0	A, B
Ja	Ja	0	A, B

Überprüfungen zur Ermittlung der sonstigen Gartenabfallmenge

Überprüfung A

Zunächst wurde definiert, in welchen Fällen eine alternative Berechnungsmethode der Grüngut-Massen vorgenommen werden sollte. Dazu wurden zunächst saisonale Obergrenzen des Gartenabfall-Potenzials abgeleitet, und ein Korrektur-Algorithmus wurde durchgeführt, wenn die Summe an Gartenabfällen - entsorgt über die Pfade Biotonne, Restmülltonne und sonstige Entsorgung - größer war als die Obergrenze des saisonalen Gartenabfall-Potenzials, d. h. wenn

$$\left(GA_{BT} + GA_{RM} + GA_{sonst,saisonal}\right) > GA_{OG\ Pot,saisonal} \qquad (19)$$

Die Obergrenze des Gartenabfall-Potenzials wurde auf der Grundlage einer Aufwuchszahl für die vegetationsreiche und für die vegetationsarme Periode festgelegt. Es wurde dafür zunächst eine mittlere Jahres-Aufwuchszahl 2,0 kg/(m^2*a)[10] zu Grunde gelegt.

Alternative Berechnungsmethodik A

Der Zweck der folgenden Berechnung besteht darin, das Jahresmittel der Aufwuchszahl in saisonale Werte aufzuteilen, um damit die saisonalen Obergrenzen des Gartenabfall-Potenzials zu bestimmen. Über folgenden Berechnungsansatz ergibt sich eine Abschätzung des Gartenabfall-Potenzials für die vegetationsreiche und -arme Periode (gewichtetes Jahresmittel):

$$GA_{Jahresmittel} = (W_{veg-reich} \times GA_{Pot,veg-reich} + W_{veg-arm} \times GA_{Pot,veg-arm})/1000 \qquad (20)$$

$GA_{Jahresmittel}$	mittlere Jahres-Aufwuchszahl von 2,0 kg/(m^2*a)
$W_{veg-reich}$	Gewichtungsfaktor der vegetationsreichen Periode von 39 Woche/a (¾ eines Jahres)
$GA_{Pot,veg-reich}$	Gartenabfall-Potenzial in der vegetationsreichen Periode
$W_{veg-arm}$	Gewichtungsfaktor der vegetationsarmen Periode von 13 Woche/a (¼ eines Jahres)
$GA_{Pot,veg-arm}$	Gartenabfall-Potenzial in der vegetationsarmen Periode, Annahme: 50 % von $GA_{Jahresmittel}$

Damit ergeben sich folgende saisonale Aufwuchszahlen, aus denen im weiteren Verlauf die Obergrenzen für das Gartenabfall-Potenzial je Grundstück gebildet werden.

[10] Wiegel, Ulrich (1992): Eigenverwertung: Teilkonzept der Abfallwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Eigenverwertung von Küchenabfällen nach Aufkommen (Wiegel, 1992)

- Aufwuchs in vegetationsreicher Periode $GA_{Pot,veg\text{-}reich}$: 45 g/m²*Woche
- Aufwuchs in vegetationsarmen Perioden $GA_{Pot,veg\text{-}arm}$: 19 g/m²*Woche

Mit der Annahme einer Streuung +/-50 % ergeben sich die jeweiligen Obergrenzen für das saisonale Gartenabfall-Potenzial:

- Obergrenzen Aufwuchs in vegetationsreicher Periode $GA_{OG\ Pot,veg\text{-}reich}$: 67 g/m²*Woche
- Obergrenze Aufwuchs in vegetationsarmen Perioden $GA_{OG\ Pot,veg\text{-}arm}$: 29 g/m²*Woche

Analog dazu wurden die Jahresangaben zur sonstigen Entsorgung im Bringsystem aus den Fragebögen über folgenden Ansatz in entsprechende saisonale Massen umgewandelt und zur Ausreißerkorrektur mit theoretischen Potenzialen verglichen:

$$GA_{Bring,Jahresmittel} = W_{veg.-reich} \times GA_{Bring,veg.-reich} + W_{veg.-arm} \times GA_{Bring,veg.-arm} \quad (21)$$

$GA_{Bring,Jahresmittel}$	mittlere Jahresmengen der Gartenabfälle laut Angaben im Fragebogen, die per Bringsystem entsorgt werden
$GA_{Bring,veg\text{-}reich}$	Masse der Gartenabfälle in der vegetationsreichen Periode
$GA_{Bring,veg\text{-}arm}$	Masse der Gartenabfälle in der vegetationsarmen Periode, Annahme: 50 % von $GG_{Bring,Jahresmittel}$

Eine Korrektur der sonstigen Entsorgungsmengen über das Holsystem entfiel, da hier nur qualitative Angaben vorlagen.

Mit den saisonal korrigierten Gartenabfall-Massen der berichteten sonstigen Entsorgungswege $GA_{sonst,saisonal}$ und den Obergrenzen des saisonalen Gartenabfall-Potenzials $GA_{OG\ Pot,saisonal}$ konnten die Fälle bzw. Grundstücke ausgewählt werden, die aufgrund der eingangs genannter Bedingung einer Korrektur bedurften. Insgesamt betraf dies 31 Grundstücke (26 für Paarteil 2 und 5 für Paarteil 1), welches 45 % Korrekturanteil darstellt. Ein deutliches Indiz dafür, dass die Schätzung der Gartenabfälle im Bringsystem von befragten Einwohnern zu ungenau sind, welches auf die beschränkte Volumenauswahl zurückzuführen ist bzw. der Abschätzungserfahrung der Einwohner.

Überprüfung B

Lag der Fall vor, dass die Summe der Gartenabfälle eines Grundstücks nicht scharf bestimmt werden konnte, weil über die Fragebögen die Nutzung eines Holsystems angegeben wurde (nur qualitativ), so wird die ursprünglich berichtete Masse der sonstigen Entsorgung $GA_{sonst,saisonal}$ als Freiheitsgrad aufgefasst, um für das Grundstück eine Korrektur bzw. Abschätzung in Richtung des zu erwartenden Gartenabfall-Potenzials durchzuführen.

Alternative Berechnungsmethodik B

Die Berechnung des korrigierten Ersatzwertes für die berichteten Massen der sonstigen Grüngut-Entsorgung erfolgte dann nach folgender Formel:

$$GA_{sonst,korrigiert} \leq GA_{Pot,saisonal} - (GA_{BT} + GA_{RM}) \quad (22)$$

Für die Fälle, dass die Summe der Gartenabfälle eines Grundstücks oberhalb der zuvor bestimmten saisonalen Potenzial-Obergrenze für Gartenabfälle $GA_{OG\ Pot,saisonal}$ lag, d. h. je nach Durchführungszeitraum der Kampagne oberhalb von $GA_{OG\ Pot,veg\text{-}reich}$ bzw. $GA_{OG\ Pot,veg\text{-}arm}$ (siehe Kapitel 5.7.5), so wird - falls $GA_{Bring,saisonal} > 0$ - die ursprünglich berichtete Masse der sonstigen Entsorgung $GA_{sonst,saisonal}$ als Freiheitsgrad aufgefasst. Dann erfolgte auch hier eine Korrektur in Richtung des zu erwartenden Gartenabfall-Potenzials gemäß Gleichung 22. Für den Fall, dass im Fragebogen keine Angaben zur sonstigen Grüngut-Entsorgung gemacht wurden, erfolgte keine weitere Korrektur, da dieser Angabe der Nicht-Nutzung vertraut wurde (wodurch $GA_{Bring,saisonal} = 0$).

Insgesamt kann die Summe der analysierten Gartenabfall-Massen in Bio- und Restmülltonne durch die vorgenommenen Korrekturen nicht unterschritten werden. Ausnahmsweise kann diese Summe ggf. dennoch über der zuvor gesetzten Obergrenze des Gartenabfall-Potenzials liegen, nämlich wenn die o.g. Einschränkungen keine Korrekturen erlauben und die analysierten Massen aus Restmüll- und Biotonne bereits höher als das angenommene Potenzial sind.

5.7.5 Ausreißeridentifikation und Plausibilitätsprüfung

Die Ausreißeridentifikation und Plausibilitätsprüfung erfolgten in mehreren Schritten. Zunächst wurde die Stichprobenauswahl überprüft, einschließlich Schichtung, Quoten und Ähnlichkeit der Pärchen. Anschließend wurden die Stichprobenergebnisse auf Vollständigkeit, Plausibilität und das Vorhandensein von Ausreißern überprüft. Dies beinhaltete auch die Bewertung der Ergebnisse im Hinblick auf vordefinierte Toleranzgrenzen für küchen- und gartenstämmige Stichprobenwerte.

Alle potenziell kritischen Stichprobendaten durchliefen einen Reviewprozess, bei dem sie einzeln bewertet und dokumentiert wurden. Es wurde sichergestellt, dass die Ergebnisse innerhalb der vorgegebenen Abweichungstoleranzen lagen.

5.7.6 Entwicklung der Schichtungsmatrix

Ziel der mehrstufig-geschichteten Schichtungsmatrix ist es, verschiedene Merkmale wie Einwohner, Gebäude, Grundstücksgrößenklassen, Gartenflächen sowie die Konfiguration der Abfallentsorgung (Nutzung der Biotonne) und -verwertung (Heimkompostierung) der Grundstücke zu erheben. Dabei steht im Fokus, die Verteilung dieser Merkmale in einer außenbereichstypischen Bebauung in Deutschland, öffentlich-rechtliche Entsorger (örE) und Stichproben zu bestimmen. Die Schichtungsmatrix wird somit als Instrument verwendet, um ein detailliertes Verständnis für die charakteristischen Eigenschaften und deren Verteilung in unterschiedlichen geografischen Kontexten zu gewinnen. Nachfolgende Unterkapitel beschreiben unterschiedliche Methoden zur Gewinnung dieser Merkmale. Die resultierende Schichtungsmatrix kann Tabelle 19 entnommen werden.

5.7.6.1 Anfallstellen nach Konfiguration zur Abfallentsorgung und -verwertung

5.7.6.1.1 Mikrozensuserhebung

Die tatsächliche Anzahl der bundesdeutschen Haushalte, die Heimkompostierung betreiben, sollte parallel über das Bundesamt für Statistik erhoben werden (z.B. über Mikrozensus, Schaffung einer Rechtgrundlage in einer Novelle des Umweltstatistikgesetzes). Im Verlauf des Projekts wurde die Durchführung der Mikrozensuserhebung vom Statistischen Bundesamt als nicht realisierbar eingestuft und zurückgewiesen.

5.7.6.1.2 Repräsentative Bevölkerungsumfrage durch Marktforschungsunternehmen

Eine weitere entwickelte Methode zur Erhebung wichtiger Merkmale für die Schichtungsmatrix insbesondere zum Betrieb der Heimkompostierung war eine umfassende Befragung von einer repräsentativen Teilmenge der deutschen Bevölkerung, welche alternativ zur Mikrozensuserhebung durchgeführt werden könnte. Ein zentraler Fokus dieser Befragung war es die Datenqualität zur Garten- und Kompostnutzung zu verbessern und zu validieren. Hierfür wurde ein Fragekonzept für Haushaltsbefragungen entwickelt, das im Anhang A.4 einsehbar ist, und von Marktforschungsunternehmen durchgeführt werden könnte.

Die Erhebung durch die Marktforschungsunternehmen sollte parallel zur entwickelten Stichprobenmethodik stattfinden, was bedeutet, dass sie nach denselben Kriterien der Bevölkerungsdichte (<750 E/km², ≥750 E/km²) und der Masse an Bioabfall (<25 kg/(E*a), ≥25 kg/(E*a)) gestaltet sein sollte. Ziel wäre eine Befragung mit einer ausreichend großen Stichprobengröße von ca. N=2000.

Das Projektkonsortium sowie das Umweltbundesamt befürworten aus fachlicher Sicht ausdrücklich die Abfrage des Status zum Betrieb der Heimkompostierung, die quantitative Abfrage des Kompostierungsanteils sowie eine qualitative Erfassung des Nutzungsverhaltens durch geeignete repräsentative Verfahren. Die befürwortete statistische Umfrage konnte im Rahmen des Projekts nicht durchgeführt werden.

5.7.6.1.3 Erhebung nach UStatG

Da eine Mikrozensusbefragung nicht realisierbar und eine statistische Umfrage nicht durchführbar war, wurde zur Ermittlung des Anschlussgrades der Biotonne und Nutzung der Heimkompostierung auf Daten der Erhebung nach UStatG §3 Abs.2 Satz 2 des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen. Nach dem Gesetz werden jährlich vom Statistischen Bundesamt bei den „zuständigen Entsorgungsträgern sowie bei Dritten, soweit ihnen Verwertungs- und

Beseitigungspflichten übertragen worden sind […]“[11] (UStatG §3 Abs.2 Satz 2) die Anfallstellen erhoben

a) bei denen Bioabfälle mittels Biotonne getrennt gesammelt werden,

b) bei denen Bioabfälle mittels Biotonne getrennt gesammelt und zudem Bioabfälle selbst kompostiert werden,

c) bei denen ein Anschluss- und Benutzungszwang für eine getrennte Bioabfallsammlung mittels Biotonne besteht, die aber vom Anschluss- und Benutzungszwang befreit sind, weil sie ihre Bioabfälle selbst kompostieren,

d) bei denen kein Anschluss- und Benutzungszwang für eine Biotonne besteht und keine Getrenntsammlung von Bioabfällen mittels Biotonne erfolgt.

Hierbei ist wichtig zu beachten, dass die Erhebung dieser Anfallstellen durch das Statistische Bundesamt per Erhebungsbogen (siehe Anhang A.7) erfolgt. Die Erfassung der Anfallstellen kann zusätzlich und freiwillig mit unterschiedlichen Einheiten wie z.B. Anzahl Behälter, Einwohner, Liegenschaften unterstützt werden. Es ist wichtig zu beachten, dass eine Anfallstelle an sich keiner rechtlichen Definition unterliegt. Hier könnte es durch Vermischung unterschiedlicher Einheiten zu Verzerrungen der Anzahl der Anfallstellen kommen, sofern diese nicht normiert werden. Die vom Statistischen Bundesamt erhaltenden Daten wurden als „gemeldete Anfallstellen“ übermittelt. Metadaten zu Einheiten oder Datenbasis wurden nicht übermittelt.

ARGUS erstellte eine Liste mit 390 örE (siehe Anhang A.5), denen die gemeldeten Anfallstellen zugeordnet werden sollten. Eine Zusendung der direkt erhobenen Daten, der Anfallstellen, des Statistischen Bundesamts war aus Datenschutzgründen nicht zulässig. Daher wurde sich dazu entschieden diese Anfallstellen zu anonymisieren. Sie wurden nach Siedlungsstruktur (ländlich, städtisch) anhand eines Einwohnerkriteriums von kleiner gleich bzw. größer 750 Einwohner pro Quadratkilometer festgelegt unterteilt und aggregiert für das Referenzjahr 2021[12] zugesandt (siehe Tabelle 5). Die zugesandten Daten enthielten ebenfalls Fehlwerte, d. h. Kategorien nach UStatG §3 bei denen kein Wert geliefert wurde, als auch Kategorien bei denen 0 Anfallstellen gemeldet wurden. Diese Unterteilung der Anfallstellen wurde ebenfalls für die beprobten örE zugesandt, hier jedoch nicht veröffentlicht Die Auswertung von Fehlwerten und Nullwerten zeigt, dass meldepflichtige öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger erhebliche Herausforderungen bei der Erfassung von Heimkompostierungsaktivitäten, wie beispielsweise in den Kategorien b) oder c), haben. So konnte z.B. ländliche örE in Kategorie b) nur zur Hälfte einen Wert berichten. Es vermindert die Qualität und Aussagekraft der gemeldeten Daten, ist jedoch zu Hochrechnungszwecken nach Ausschluss der Methoden des Mikrozensus oder einer statistischen Umfrage die einzig verfügbare Quelle zum Betrieb von Heimkompostierung. Dieser Umstand wird ausführlich in Kapitel 8.1 diskutiert.

[11] Meldende Institutionen umfasst u. a. Landkreise, örE, Abfallzweckverbände oder auch Landesämter

[12] Daten für das Berichtsjahr 2022 waren zum Zeitpunkt der Auswertung nicht vorhanden

Tabelle 5: Anfallstellen nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Statistisches Bundesamt, 2023)

Siedlungsstruktur	Angaben	Anfallstellen nach UStatG §3 Abs.2 Satz 2			
		a)	b)	c)	d)
städtisch	∑ städtische örE	6.587.907	403.836	568.558	1.011.632
	örE, die 0 Anfallstellen meldeten	3 (0,8 %)	33 (8,4 %)	25 (6,4 %)	38 (9,7 %)
	örE, die keine Anzahl liefern konnten	2 (0,5 %)	43 (10,9 %)	7 (1,8 %)	20 (5,1 %)
ländlich	∑ ländliche örE	12.160.402	205,265	3.202.626	2.965.714
	örE, die 0 Anfallstellen meldeten	13 (3,3 %)	49 (12,5 %)	38 (9,7 %)	124 (31,6 %)
	örE, die keine Anzahl liefern konnten	8 (2,0 %)	196 (49,9 %)	45 (11,5 %)	67 (17,0 %)

Die gemeldeten Anfallstellen wurden dann in folgender Weise den in Abschnitt 5.7.1 Nutzungstypen zugeordnet:

- Anfallstellen mit verfügbarer Biotonne und betriebener Heimkompostierung entsprechen den gemeldeten Anfallstellen gemäß UStatG §3 Abs.2 Satz 2b.
- Anfallstellen mit verfügbarer Biotonne und ohne betriebene Heimkompostierung entsprechen den gemeldeten Anfallstellen gemäß UStatG §3 Abs.2 Satz 2 a abzüglich UStatG §3 Abs.2 Satz 2 b.
- Anfallstellen ohne Biotonne und mit betriebener Heimkompostierung entsprechen den gemeldeten Anfallstellen gemäß UStatG §3 Abs.2 Satz 2 c.
- Für Anfallstellen ohne Biotonne und ohne betriebene Heimkompostierung wurde angenommen, dass diese den gemeldeten Anfallstellen gemäß UStatG §3 Abs.2 Satz 2 d entsprechen. Es gilt jedoch zu beachten, dass für diese Anfallstellen lediglich die Information vorliegt, dass es keinen Biotonnenanschluss gibt. Informationen zur Heimkompostierung fehlen, und es wird angenommen, dass keine betrieben wird.

Die Zuordnung interpretiert Fehlwerte mit dem Zahlenwert Null.

Die oben gelistete Zuordnung gemeldeter Anfallstellen nach Konfigurationen von Verfügbarkeit der Biotonne und Aktivität der Heimkompostierung wird nachfolgend als Szenario A betitelt. Deutschlandweit ergab diese Zuordnung 4,38 Mio. Anfallstellen mit Heimkompostierung (AHK;16,5 %) und 22,12 Mio. Anfallstellen ohne Heimkompostierung (83,5 %).

Tabelle 6: Zuordnung der bundesweiten Anfallstellen gemeldet durch UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 nach Siedlungsstruktur in Konfiguration Biotonne und Heimkompostierung (Szenario A)

	Mit BT mit HK	Mit BT ohne HK	Ohne BT mit HK	Ohne BT ohne HK
städtisch	403.836	6.184.071	568.558	1.011.632
ländlich	205.265	11.955.137	3.202.626	2.965.714
Zuordnung aus Erhebung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2	b	a-b	c	d

Des Weiteren wurde ein Szenario B entwickelt. Hier einigte sich die Arbeitsgruppe darauf, die Anfallstellen in den Konfigurationen umzuverteilen, da vermutet wurde, dass zum einen die Anzahl der Anfallstellen mit Biotonne und Heimkompostierung aufgrund fehlender Erhebung und Zugriffsebene seitens der örE stark unterrepräsentiert ist. Zum anderen ist die Anzahl der Anfallstellen ohne Biotonne und ohne Heimkompostierung möglicherweise überrepräsentiert. Die Anzahl an Anfallstellen ohne Biotonne und ohne Heimkompostierung kommen aus UStatG §3 Abs.2 Satz 2 d und obwohl die Information, dass eine Biotonne nicht vorhanden ist, bekannt ist, fehlt die Information zur Nutzung einer aktiven Heimkompostierung. Allerdings ist auch eine potentielle, gegenläufige Verzerrung bekannt. So bilden die Zahlen nach UStatG nicht ab, dass es eine Dunkelziffer an Grundstücke gibt, welche eine Heimkompostierung angeben, um sich z.B. von der Biotonne zu befreien, aber diese nicht oder nicht ordnungsgemäß betreiben. Eine flächendeckende Kontrolle dazu ist schwer zu etablieren. Es gibt jedoch Berichte von Kommunen, in denen nach Untersuchungen oder Satzungsänderungen nur noch ein kleiner Teil der zuvor registrierten Eigenkompostierenden weiterhin als solche geführt werden (z.B. (Hedden & Weißenberg, 2024)).

Nach übereinstimmender Einschätzung der Arbeitsgruppe wird durch Szenario A die Anzahl der Anfallstellen mit Biotonne und aktiver Heimkompostierung stark unterrepräsentiert, da seitens der örE keine Erhebungen und Zugriffsebenen vorliegen. Im Gegensatz dazu ist die Anzahl der Anfallstellen ohne Biotonne und ohne Heimkompostierung überrepräsentiert. Zu diesem Thema existieren keine einschlägigen Studien oder Literaturstellen. Um ein möglichst realistisches und praxisnahes Bild zu erhalten, wurde die Verteilung der Anfallstellen zur aktiven Heimkompostierung auf Basis einer Experteneinschätzung der Arbeitsgruppe vorgenommen (siehe Tabelle 7). Deutschlandweit ergab diese Zuordnung 14,13 Mio. Anfallstellen mit Heimkompostierung (53,3 %) und 12,37 Mio. Anfallstellen ohne Heimkompostierung (46,7 %).

Tabelle 7: Modifizierte Zuordnung der bundesweiten Anfallstellen gemeldet durch UStatG §3 nach Siedlungsstruktur in Konfiguration Biotonne und Heimkompostierung (Szenario B)

	Mit BT mit HK	Mit BT ohne HK	Ohne BT mit HK	Ohne BT ohne HK
städtisch	1.949.854	4.638.053	568.558	1.011.632
ländlich	6.182.834	5.977.569	5.426.912	741.429
Zuordnung aus Erhebung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2	Ländlich: b+0,5*(a-b) Städtisch: b+0,25*(a-b)	a-(Mit BT mit HK)	Ländlich: c+0,75*d Städtisch: c	Ländlich: 0,25*d Städtisch: d

Im Szenario B werden die Anfallstellen des Szenarios A teilweise neu zugeordnet. Es wird insbesondere angenommen, dass deutlich mehr Nutzer einer Biotonne gleichzeitig Heimkompostierung betreiben, vor allem in ländlichen Siedlungsstrukturen. Daher wird die nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 b gemeldete Menge um einen Anteil der Differenz (ländlich die Hälfte und städtisch ein Viertel) zwischen den Mengen aus UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 a und §3 Abs. 2 Satz 2 b erhöht.

Für Anfallstellen, bei denen keine Erfassungspflicht per Biotonne besteht (UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 d), liegen keine Erhebungsdaten zum Betrieb einer Heimkompostierung vor. Es wurde jedoch geschätzt, dass in ländlichen Siedlungsstrukturen etwa 75 % dieser Haushalte heimkompostieren und entsprechend neu zugeordnet werden.

Diese Annahmen basieren auf Experteneinschätzungen und Praxiserfahrungen, können jedoch mangels spezifischer Datenerhebungen nicht belegt werden.

5.7.6.2 Grundstücks- und Gartenflächen

Über eine Geoportal-Analyse wurden umfassende Geoinformationen von 100 zufällig ausgewählten Grundstücken pro beprobten örE erhoben. Die erfassten Geoinformationen beinhalten Angaben zu Grundstücksflächen, Gartenflächen und bebaute Flächen unterteilt in Grundstücksgrößen < 400 m^2 und ≥ 400 m^2. Dafür wurden die Landesgeoportale der Bundesländer genutzt und so konfiguriert, dass sie Geoinformationen anzeigen, darunter Informationen zu Gebäude- und Grundstücksflächen, Satellitenansichten zur Unterscheidung zwischen versiegelten Flächen und Gartenflächen sowie Angaben zu Straßennamen und Hausnummern.

Bei den städtischen örE wurden die 100 untersuchten Flächen in Außenbezirksgebieten zufällig ausgewählt. Die Zuweisung zu Außenbezirksgebieten wurden optisch vorgenommen (Grundstücke, die augenscheinlich eine Außenbezirksbaustruktur haben). Folgende Strukturen wurden dabei beachtet:

- niedrige Bebauung mit Hausgärten
- Villenbebauung mit parkartigen Gärten
- Bebauung mit Gärten und halbprivater Umgrünung, oder
- dörfliche Bebauung

Bei den ländlichen örE wurden eine Liste der zugehörigen Gemeinden erstellt und die auf dieser Ebene verfügbaren Daten zum „Grad der Urbanisierung“ von Eurostat[13] gegenübergestellt, und jeweils gleich viele Grundstücke für jeden vorhandenen Grad der Urbanisierung ausgewählt (zum Bsp. bei drei Urbanisierungsgraden je 33-34).

Urbanisierungsgrade:

1. Städte („Cities“)
2. Städte und halb verdichtete Gebiete („Towns and semi-dense areas“)
3. Ländliche Gebiete („Rural areas“)

[13] Download am 07.03.2023 von Daten unter https://ec.europa.eu/eurostat/documents/345175/501971/EU-27-LAU-2022-NUTS-2021.xlsx und Methodendokument unter https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/15348338/KS-02-20-499-EN-N.pdf/0d412b58-046f-750b-0f48-7134f1a3a4c2?t=1669111363941

5.7.6.3 Wohn- und Einwohnerdaten

In erster Linie werden umfassende Datensätze von Destatis verwendet. Dafür erfolgte eine detaillierte Einwohnerabfrage[14] pro örE, einschließlich der Verteilung der Einwohner auf Gebäudeklassen[15] mit 1-2, 3-6 und mehr als 6 Wohneinheiten. Die Gebäudeklassen mit 1-6 Wohneinheiten und dessen Einwohner geben letztlich die Anzahl an Gebäuden und Einwohner im Gebiet mit außenbereichstypischer Bebauung an und werden für eine Hochrechnung auf Deutschland- bzw. örE-Ebene genutzt.

5.7.6.4 Zuordnung von Schichtparametern in außenbereichstypische Bebauung

Nachfolgende detaillierte Erklärung zur Zuordnung von Schichtparametern basiert auf folgenden drei grundlegenden Annahmen:

1. In der außenbereichstypischen Bebauung (AB) besitzt ein Grundstück, ein Gebäude mit 1-6 Wohneinheiten und genau eine Anfallstelle.
2. Die bundesweit gemeldeten Anfallstellen erhobenen durch das UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 c mit der Konfiguration aktiver Heimkompostierung ohne Nutzung der Biotonne sind vollständig der außenbereichstypischen Bebauung (AB) zuzuordnen.
3. Die prozentuale Verteilung aller anderen Konfiguration nach Biotonne und Heimkompostierung[16] gemeldet nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 auf Bundesebene wird auf die Differenz aus gemeldeten Gebäuden (1-6 WE) und in der 2. Annahme zugeordneten Anfallstellen ohne Biotonnennutzung und aktiver Heimkompostierung gelegt.

Für die Bestimmung der Anzahl der Anfallstellen in außenbereichstypischer Bebauung wurde angenommen, dass diese der Anzahl der Gebäude mit 1 - 6 Wohneinheiten entspricht, welche sich in einer städtischen oder ländlichen Siedlungsstruktur befinden und unterschieden werden konnten (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Einteilung von Gebäuden nach Wohneinheiten in AB und nicht-AB

Siedlungsstruktur	Außenbereichstypische Bebauung (AB)	Nicht im AB
	Gebäude (1-6 WE)	Gebäude (6+ WE)
Ländlich	13.325.437	453.421
Städtisch	3.428.684	677.641

In der bundesweiten Schicht wurden im ersten Schritt alle Anfallstellen ohne Biotonne und mit betriebener Heimkompostierung der außenbereichstypischen Schicht zugeordnet, da diese Annahme nahelegt, dass es sich dabei um Grundstücke mit einem Gebäude mit 1 - 6 Wohneinheiten und einem Garten handelt. Offen war noch der Anteil an Gebäuden im AB mit 1 - 6 Wohneinheiten und deren restlicher Konfiguration nach Biotonne und Heimkompostierung (siehe Tabelle 9).

[14] Zensusverteilung und Einwohneranzahl Stichtag 31.12.2022: https://www-genesis.destatis.de/datenbank/beta/statistic/12411/table/12411-0015

[15] Gebäudeanzahl Stichtag 31.12.2022: https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=31231-0022&bypass=true&levelindex=0&levelid=1706900356827

[16] Mit Biotonnennutzung und mit aktiver Heimkompostierung, mit Biotonnennutzung ohne Heimkompostierung, ohne Biotonnennutzung ohne Heimkompostierung

Tabelle 9: Zuteilung von Anfallstellen nach Szenario A in Bebauungsschichten (1. Schritt)

		Siedlungsstruktur	
Bebauungsschicht	**Anfallstellenkonfiguration**	**Städtisch**	**Ländlich**
AB	Ohne BT mit HK	568.558	3.202.626
AB und nicht-AB	Mit BT mit HK	205.265	403.836
	Mit BT ohne HK	11.955.137	6.184.071
	Ohne BT ohne HK	2.965.714	1.011.632

Dafür wurden die noch nicht verwendeten Konfigurationen (mit BT mit HK, mit BT ohne HK, ohne BT ohne HK) normiert, d. h. es wurde zuerst deren Summe an Anfallstellen gebildet[17] und individuell ein Anteil durch Division der Summe gebildet (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Split der Anfallstellenkonfiguration auf Bundesebene ohne Konfiguration ohne BT mit HK (Szenario A)

Siedlungsstruktur	Mit BT mit HK	Mit BT ohne HK	Ohne BT ohne HK
Ländlich	5,3 %	81,4 %	13,3 %
Städtisch	1,4 %	79,0 %	19,6 %

Diese berechnete Verteilung wurde auf den Rest der bisher noch nicht verwendeten Gebäude mit 1 - 6 Wohneinheiten multipliziert. Somit wurden alle Konfiguration nach Wohneinheitenkategorie zugeordnet. Damit konnten Einwohner als Hochrechnungsparameter zugeordnet werden (siehe Kapitel 5.7.6.3 und Tabelle 11).

Tabelle 11: Verteilung von Anfallstellen und deren Konfiguration innerhalb des AB (Szenario A)

Siedlungsstruktur	Im AB				Nicht im AB
	Ohne BT mit HK	**Mit BT mit HK**	**Mit BT ohne HK**	**Ohne BT ohne HK**	
Ländlich	3.202.626	182.199	2.790.067	456.418	4.739.413
Städtisch	568.558	180.829	10.531.945	2.612.662	5.003.305

In der örE-Schichtung wurde das gleiche Prinzip wie in der bundesweiten Schicht angewandt. Sollten die betreffenden örE bei der Berichterstattung nach UStatG §3 Abs. 2 a, b und d mehrere Fehlwerte gemeldet haben, wurde die berechnete Verteilung für Gebäude mit 3 - 6 Wohneinheiten aus der bundesweiten Schicht verwendet. In diesen Fällen kommt es zu einer Verzerrung in der Hochrechnung und zeigt umso deutlicher die Wichtigkeit einer ordentlichen Berichterstattung.

Die Schichtung nach Grundstücksklasse basierte auf der umfassenden Geoportal-Analyse. Dabei erfolgte eine Unterteilung in Grundstücke größer gleich und kleiner 400 m^2. Diese Schichtung konnte sowohl auf der Ebene öffentlich-rechtlicher Entsorger (örE) als auch auf der Ebene der Siedlungsstrukturen, ländlich und städtisch aggregiert werden.

[17] Entspricht der Anzahl an Anfallstellen mit mehr als drei Wohneinheiten auf dem Grundstück

Damit verbunden konnte die mehrstufig geschichtete Hochrechnung einwohnerspezifisch für die Stoffgruppen Küchenabfälle, sonstige kompostierbare Stoffe, kompostierbares Papier und die Feinfraktion kleiner gleich 10 mm durch die Verteilung der Einwohner in Schichten nach Anfallstellenkonfiguration (Biotonnennutzung, Betrieb einer Heimkompostierung), Gebäudekategorien und Grundstücksklassen erfolgen. Die Hochrechnung für Gartenabfälle erfolgte wiederum flächenspezifisch mit Verteilung der Flächen in die zuvor genannten Schichten. Für die Schichtung nach Gartenflächen wurde ebenfalls die Geoportal-Analyse herangezogen. Hierbei wurde die Gartenfläche sowie die bebaute Fläche der untersuchten Grundstücke ermittelt, und deren Anteile an der Gesamtgrundstücksfläche wurden bestimmt. Die Gartenfläche der außenbereichstypischen Bebauungsstruktur im Bereich der öffentlich-rechtlichen Entsorger wurde pro Grundstücksklasse und Siedlungsstruktur berechnet. Hierbei erfolgte die Multiplikation mit der Anzahl der Gebäude mit 1 - 2 Wohneinheiten und der jeweiligen durchschnittlichen Gartenfläche.

5.7.7 Abschätzung der Gartenflächen und deren Gartenabfallpotenzial privater Haushalte

Das Witzenhausen-Institut hatte eine Statistik zur Gartenfläche für zukünftige Hochrechnungen bereitgestellt. Diese Statistik basierte auf der Auswertung des "Bestands an Wohngebäuden und Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden - Stichtag 31.12. - regionale Tiefe: Kreise" (Destatis, 2022) und wurde mit den Erkenntnissen aus dem UBA-Bericht "Verpflichtende Umsetzung der Getrenntsammlung von Bioabfällen" (Krause et al., 2015) kombiniert. Diese Zusammenführung führte zur Ableitung einer Gartenfläche bis auf Landkreisebene für Wohngrundstücke und auch eingeteilt nach städtisch oder ländlicher Schicht. Die Berechnung (siehe Gleichung 23) erfolgte anhand Anzahl der Wohngebäude pro Wohnhauskategorie (1 Wohnung, 2 Wohnungen, 3 und mehr Wohnungen, Wohnheime) (Statistische Ämter des Bundes und Länder, 2022) multipliziert mit der durchschnittliche bebauten Fläche (Krause et al., 2015).

$$Gartenfläche\ auf\ Wohngrundstücke\ =\ Wohnbaufläche\ - \sum(Anz.\ Whg.\ in\ Wohnhauskategorie\ \times\ Durchschnittl.\ Gebäudegrundfläche) \quad (23)$$

Die Auswertung ergab eine Gartenflächen auf Wohngrundstücken in Deutschland von 8.470 km². Für die Ermittlung eines Potenzials für Gartenabfälle von 16,94 Mio. Mg (200,81 kg/E*a) wurde die Aufwuchszahl und daraus resultierende Abfallmenge von 2 kg/m²*a auf die zuvor ermittelte Fläche multipliziert (siehe Gleichung 24).

$$Gartenabfallpotenzial = Gartenfläche * Aufwuchszahl = 16{,}94\ Mio.\ Mg \qquad (24)$$

Dieses Potenzial spaltet sich in verschiedene Entsorgungswege auf (Hausmüll, Biotonne, Grüngut von Privatgärten, Grüngut aus der kommunalen Sammlung, Heimkompostierung als auch illegale Entsorgung und Verbrennung; siehe Tabelle 12). Der Wert der nicht erfassten Masse von 96,02 kg/(E*a) ergab sich durch die Differenz des Gartenabfallpotenzials und allen anderen erfassten Entsorgungswegen. Diese Masse ergibt sich aus Eigenkompostierung/Mulchen, Verbrennung und Beseitigung und basiert auf den Daten der Potenzialberechnung von 2015. Hinzu kommt ein Differenzzuwachs aufgrund des Anstiegs der Gartenfläche von 7.954 km² in 2015 (Richter et al., 2019) auf 8.470 km² im Jahr 2022. Zur Quantifizierung des Heimkompostierungspotenzials wird angenommen, dass dieses sich aus der Masse an Eigenkompostierung/Mulchen und dem Differenzzuwachs ergibt und beträgt demnach 64,33 kg/(E*a).

Tabelle 12: Entsorgungswege von Gartenabfällen (Potenzialabschätzung)

Entsorgungsweg	Gartenabfallpotenzial kg/(E*a)	Quelle
Grüngutsammlung	59,85	(Richter et al., 2019)[18]
Hausmüll	4,86	(Dornbusch et al., 2020)
Biotonne	36,77	(Richter et al., 2019)[19]
Nicht erfasste Masse[20]	99,03	Berechnet[21]
• Eigenkompostierung/Mulchen • Verbrennung • Beseitigung • Sonstige (Differenzzuwachs)	55 23 12 9,33	(Richter et al., 2019) (Richter et al., 2019) (Richter et al., 2019) Berechnet[22]
Summe	**200,81**	**Berechnet**

Das Studienergebnis zur hochgerechneten heimkompostierten Gartenabfallmenge wird mittels des berechneten Potenzials der Heimkompostierung plausibilisiert (siehe Kapitel 8)

5.7.8 Mehrstufig geschichtete Hochrechnung

Bei der Hochrechnung wird in umgekehrter Reihenfolge zum Auswahlverfahren (siehe hierzu Kapitel 5.3.2) vorgegangen. Es handelt sich um eine geschichtete, mehrstufige Hochrechnung. Das allgemeine Vorgehen ist in Abbildung 8 schematisch dargestellt.

Ausgangspunkt für die mehrstufige geschichtete Hochrechnung sind die Stichprobenwerte der Heimkompostierung, die sich aus der Differenzberechnung der Hausmüll-, Bioabfall- und Grüngutbestimmungen ergeben. Alle Variablen zur Berechnung der Differenzen (Heimkompostierungsmengen) wurden jeweils auf einen Einwohnerbezug je Woche für Hausmüll und Bioabfall bzw. für Grüngut auf einen Flächenbezug je Woche standardisiert.

Ausgehend von den standardisierten Stichprobendaten wurden auf Stufe 2 die schichtspezifischen Ergebnisse auf örE-Ebene berechnet und zu Gesamtwerten je örE zusammengefasst (siehe Gleichung *25-26*).

$$\hat{X}_{i,h_{II}} = \sum_{j=1}^{n_{h_{II}}} \frac{E_{h_{II}}}{e_{h_{II}}} \cdot \dot{x}_{hij} \qquad \text{örE-Schicht Ebene} \qquad (25)$$

$$\hat{X}_i = \sum_{h_{II}=1}^{H_{II}} \hat{X}_{i,h_{II}} \qquad \text{örE-Ebene} \qquad (26)$$

$\hat{X}_{i,h_{II}}$: Schätzwerte für den Jahreswert in Schicht h_{II} auf örE-Ebene

[18] Einwohnerspezifischer Wert von 58,3 kg/(E*a) aus 2015 bei 82.175.700 Einwohnern extrapoliert auf Einwohnerzahl 2022 von 84.358.845

[19] Anteil Gartenabfälle in der Biotonne aus 2015 multipliziert mit Menge Biotonne aus 2022

[20] Differenz zum gesamten Gartenabfallpotenzial bzw. Summe von 200,81 kg/(E*a)

[21] Differenz aus berechneten Gartenabfallpotenzial und der erfassten Entsorgungsmengen (Grüngutsammlung, Hausmüll, Biotonne)

[22] Differenz aus Heimkompostierungspotenzial und den nicht erfassten Entsorgungswegen. Die Differenz resultiert aus der Zunahme an Gartenfläche

$\hat{X}_{\mathrm{i}}$: Schätzwerte für den Jahreswert auf örE-Ebene
i: Laufindex für örE
h_{II}: Laufindex für Schichten örE-Ebene, je i-te örE
j: Laufindex für Stichproben
H_{II}: Anzahl Schichten auf örE-Ebene (2)
$n_{h_{II}}$ Anzahl Stichproben in Schicht h_{II} (6)
$\dot{x}_{hij}$: j-te Stichprobenmasse in Schicht h_{II}, örE i
$E_{h_{II}}$: Einwohneranzahl örE in Schicht h_{II} in der Grundgesamtheit
für die Hochrechnung der Gartenabfälle sind die Einwohner durch Flächen zu ersetzen)
$e_{h_{II}}$: Einwohneranzahl örE in Schicht h_{II} in der Stichprobe
für die Hochrechnung der Gartenabfälle sind die Einwohner durch Flächen zu ersetzen)

Im nächsten Hochrechnungsschritt wurden die örE-Schätzwerte auf die bundesweiten-Schichten (DE-Schichten) hochgerechnet und zur Gesamtmasse für Deutschland zusammengefasst (siehe Gleichung 27-28).

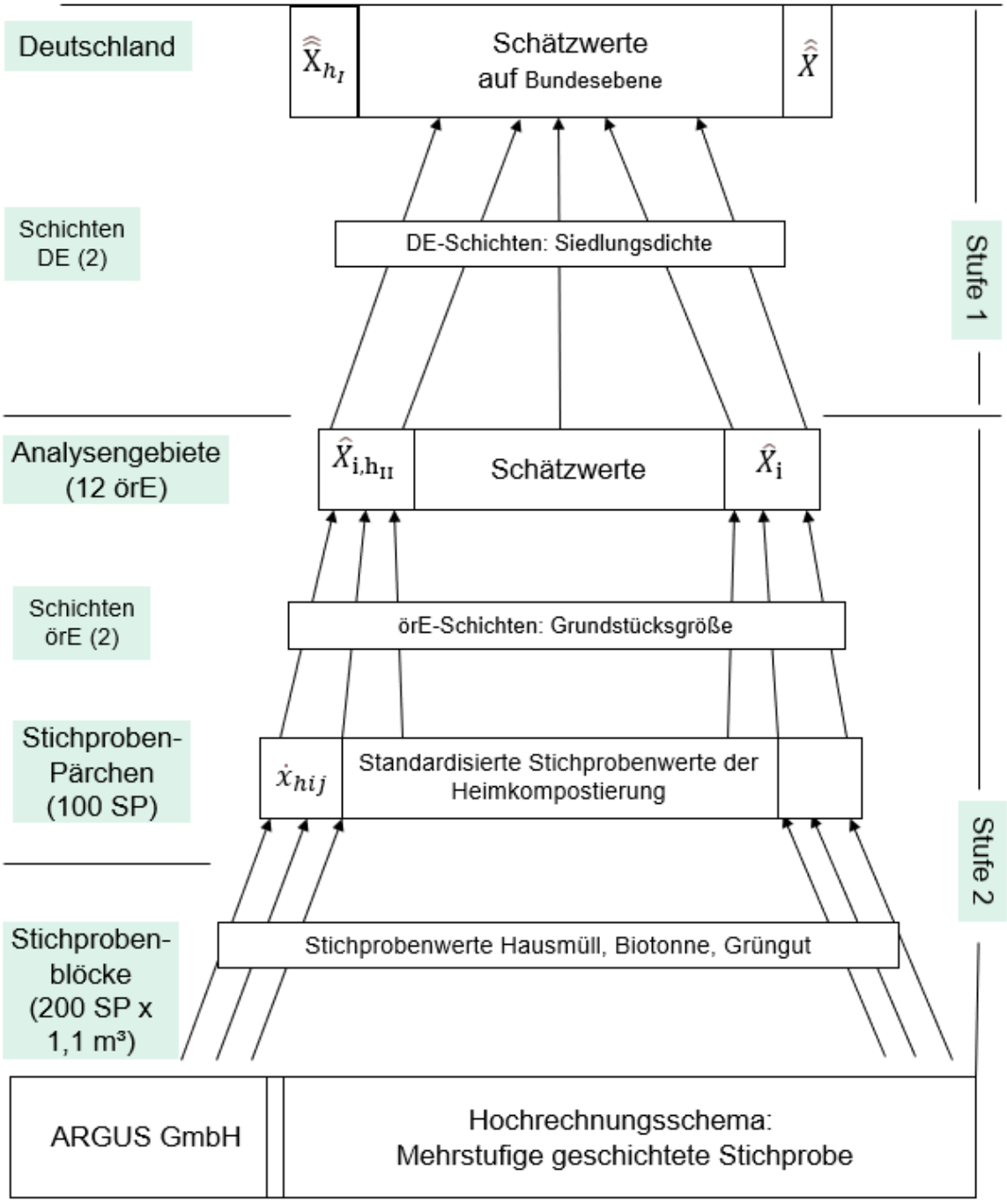
$$\hat{\hat{\mathrm{X}}}_{h_I} = \sum_{i=1}^{H_I} \frac{E_{h_I}}{e_{h_I}} \cdot \hat{X}_{\mathrm{i}} \qquad \text{Bundesebene-Schichten} \qquad (27)$$

$$\hat{\hat{X}} = \sum_{h_I=1}^{H_I} \hat{\hat{\mathrm{X}}}_{(h_I)} \qquad \text{Bundesebene} \qquad (28)$$

$\hat{\hat{\mathrm{X}}}_{(h_I)}$: Schätzwerte für den Jahreswert in Schicht h_I auf Bundes-Ebene
$\hat{\hat{X}}$: Schätzwert für den Jahreswert auf Bundes-Ebene
i: Laufindex für örE
h_I: Laufindex für Schichten (Bundes-Ebene)
H_I: Anzahl Schichten (Bundes-Ebene)
E_{h_I}: Einwohneranzahl örE in Schicht h_I in der Grundgesamtheit
für die Hochrechnung der Gartenabfälle sind die Einwohner durch Flächen zu ersetzen)
e_{h_I}: Einwohneranzahl örE in Schicht h in der Stichprobe
für die Hochrechnung der Gartenabfälle sind die Einwohner durch Flächen zu ersetzen)

Auf die Herleitung der verwendeten Berechnungsgleichungen wird auf die Quellen der bundesweiten Hausmüllanalyse aus den Jahren 1979 und 1980 (Barghoorn et al., 1981) und auf das Stichprobenverfahren von Schwarz (Schwarz, 1975) verwiesen.

Abbildung 8: Schematische Vorgehensweise der Hochrechnung



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

Im Folgenden wird beschrieben, wie die Methode zur Hochrechnung im vorliegenden Projekt umgesetzt wird.

Die Schätzwerte für die Hochrechnung auf die örE-Ebene (Gleichungen 25 und 26) wurden aus den vor Ort gemessenen Abfallanalysen, Randdaten und Befragungen ermittelt. Die Durchschnittsmenge heimkompostierter Abfälle wurde über die Anzahl der Einwohner, die Heimkompostierung betreiben und über die entsprechenden Gartenflächen der zugehörigen Grundstücke, zunächst auf die Ebene der beprobten örE (Stufe 2) und dann auf die Bundesebene Mittelwert hochgerechnet.

Für die Hochrechnung der Stichprobenergebnisse wurde somit die geschichtete Zahl der Personen benötigt, die in den Stichproben-örE und bundesweit Heimkompostierung betreiben. Ebenso waren zur Abschätzung der kompostierten Gartenabfälle die entsprechenden Gartenflächen zu ermitteln. Diese Größen werden in einer Schichtungsmatrix für die Hochrechnung hinterlegt.

Die Hochrechnung beschränkte sich auf Haushalte in Siedlungsstrukturen, bei denen eine Kompostierung erwartet werden kann. Haushalte in städtischen Siedlungsstrukturen, Innenstadt oder Großwohnanlagen sind ausgeschlossen. Es ist möglich, dass einige Grundstücke in der Berechnung nicht berücksichtigt werden. Da der hieraus resultierende Fehler jedoch vermutlich vernachlässigbar klein ist, wurde keine aufwendige Korrektur durchgeführt. Diese Vorgehensweise wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt. Die Hochrechnung ist damit auf den Anteil der aktiven Heimkompostierenden im Außenbereich von Siedlungen beschränkt. Weitere Schichtungskriterien der Hochrechnung sind ein Anschluss der Haushalte an eine Biotonne und die Grundstücksgröße.

Die Hochrechnung von der Stichprobe (Paardifferenzen der beprobten Grundstücke) auf die örE-Ebene erhält somit folgende Parameter (Tabelle 13):

Tabelle 13: Schichtungsmatrix zur Hochrechnung auf die örE-Ebene

	nur RM		**RM + BT**	
	< 400 m²	**≥ 400 m²**	**< 400 m²**	**≥ 400 m²**
aktive Kompostierung	Hochrechnung	Hochrechnung	Hochrechnung	Hochrechnung
nicht aktive Kompostierung	Beitrag HK = 0	Beitrag HK = 0	Beitrag HK = 0	Beitrag HK = 0

Es wird unterschieden zwischen Haushalten im Außenbereich von Siedlungen, die nur eine Restmüll-Tonne betreiben (nur RM) und solchen, die zusätzlich an eine Biotonne angeschlossen sind (RM + BT). Eine weitere Schichtung ergibt sich über die Berücksichtigung der Größe der beprobten Grundstücke nach Größenklassen < 400 bzw. ≥ 400 m^2.

Die Beiträge zur Heimkompostierung aus der Schicht der nicht aktiven Kompostierenden sind Null. Für die Schicht der aktiven Kompostierenden hingegen muss ein geeigneter Schätzwert aus den untersuchten Grundstücken und den gebildeten Paaren abgeleitet werden. Dies erfolgt gemäß der Match Pair Methode (siehe Kapitel 5.2.2) aus einem Vergleich definierter Paare über die Berechnung von Differenzen der Abfallmengen der beprobten Grundstücke.

Für die bundesweite Hochrechnung werden die beprobten örE einer städtischen bzw. ländlichen bundesweiten Schicht zugeordnet (siehe Tabelle 14). Für die bundesweite Hochrechnung

werden daraus Schicht-Kennwerte bestimmt Die kompostierte Abfallmenge wird geschichtet auf die Grundgesamtheit aller örE hochgerechnet. Damit k ein bundesweiter Durchschnittswert der heimkompostierten Masse abgeschätzt werden.

Tabelle 14: Siedlungsdichte der DE Schicht Typen

DE Schicht-Typ	Siedlungsdichte	Anzahl Stichproben-örE
1	Städtisch ≥ 750 (E/km²)	4
2	Ländlich < 750 (E/km²)	4

Die Datenauswertung und Hochrechnung umfassen die Prüfung der erhobenen Stichprobenergebnisse, die Bildung der Paare und der Paardifferenzen aus den Paarteilen, die Hochrechnung der Stichprobenergebnisse auf die Ebene der beprobten örE und auf die Grundgesamtheit sowie die übersichtliche Darstellung der Ergebnisse in Tabellen und Graphiken.

Entsprechend der Schichtungsmatrix in Tabelle 13 ist für die folgenden vier Grundstückstypen (Schichten) mit aktiver Kompostierung ein Beitrag zur Heimkompostierung durch Hochrechnung zu ermitteln:

1. nur RM; Grundstücksfläche < 400 m^2
2. nur RM; Grundstücksfläche ≥ 400 m^2
3. RM mit BT; Grundstücksfläche < 400 m^2
4. RM mit BT; Grundstücksfläche ≥400 m^2

5.8 Heimkompostierung in Kleingartenanlagen

5.8.1 Befragung der Kleingärten im Untersuchungsgebiet

Im Rahmen der Datenverdichtung zur Analyse des Aufkommens von Grünabfällen in den Stichprobengebieten wurde ein spezieller Ansatz verfolgt, der auch den Beitrag von Kleingartenanlagen berücksichtigt. Das Witzenhausen-Institut führte eine Erhebung durch und entwickelte einen Fragebogen (A.8) für die örE im Untersuchungsgebiet. Dieser Fragebogen umfasst vier Kernfragen:

1. Existieren im Landkreis oder in der Stadt Kleingartenanlagen in signifikantem Umfang?
2. Wird in den Kleingartenanlagen oder von den Kleingärtnern die Nutzung von Biotonnen praktiziert?
3. Findet die Abfuhr von Gartenabfällen zu bestimmten Jahreszeiten (Frühjahr/Herbst) statt, beispielsweise durch Bereitstellung von Sammelcontainern?
4. Wenn ja, in welchen Mengen werden diese Gartenabfälle im Laufe eines Jahres abgefahren?

5.8.2 Methodik zur Hochrechnung der Heimkompostierung in KGA

Die Methodik zur Hochrechnung der Heimkompostierung umfasst nicht nur private Haushalte, sondern auch kompostierte Abfälle aus Kleingartenanlagen, wie im Kapitel 5.1 erläutert Dies erfolgt, da die Erfassung dieser Mengen ebenfalls für die EU-Berichterstattung zulässig ist. Dabei beschränkt sich die Hochrechnung auf Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen, die vor Ort

kompostiert wurden. Grundlegend für diese Hochrechnung sind rechtliche Regelungen gemäß BKleinG, insbesondere §3 Absatz 1, der vorschreibt, dass eine Kleingarteneinheit maximal 400 m^2 groß ist und mindestens ein Drittel der Fläche für gärtnerische Nutzung reserviert sein sollte, während Erholungsflächen wie Rasen und Ziergärten sowie baulich genutzte Flächen höchstens jeweils ein Drittel der Gesamtfläche einnehmen dürfen.

Zur Durchführung der Hochrechnung wurden Anfragen an den Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e.V. (BKD) gerichtet, um Informationen von Kleingartenmitgliedern zu erhalten. Der BKD gibt an 90 % aller Kleingartenanlagen in Deutschland zu repräsentieren. Die Gesamtfläche der BKD-Kleingärten beträgt insgesamt 44.000 ha bei einer durchschnittliche Kleingarten-fläche von 370 m^2. Diese 90 % wurden dann hochgerechnet, wodurch sich eine Fläche von 48.889 ha ergibt.

Für die Verteilung der Nutzflächen wurde eine Drittelung jeweils für gärtnerische, Erholungs- und bebauten Flächen gewählt. Es kann ein Potential zum Aufwuchs der Flächen sowie zur Entstehung von Gartenabfällen gebildet werden. Es wird angenommen, dass für bebaute Flächen kein Aufwuchs zustande kommt, Erholungsflächen der durchschnittlichen Aufwuchszahl (Wiegel, 1992) entsprechen und es auf Flächen zur gärtnerischen Nutzung zu einem deutlich höherem Aufwuchspotenzial durch Ernte z.B. Früchte oder Gemüse kommt, jedoch nur die Hälfte als Gartenabfall verbleibt (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Aufwuchs- und Gartenabfallpotenziale in Kleingartenanlagen

Flächenkategorie	Aufwuchs (kg/(m^2*a))	Gartenabfall (kg/(m^2*a))
Flächen zur gärtnerischen Nutzung	4	2
Erholungsflächen	2	2
Bebaute Flächen	0	0

Damit konnte ein potenzielles Aufkommen von 651.852 Mg Gartenabfall aus Kleingartenanlagen pro Jahr auf einer Gesamtfläche von 48.889 ha berechnet werden.

Zur Bestimmung des Anteils der Heimkompostierung in den Kleingartenanlagen wurde der öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger örE 6 gewählt, in dem auch Stichproben und Analysen des Restmülls und der Biotonne durchgeführt wurden. Es wird vereinfacht angenommen, dass die Kleingartenanlagen des örE 6 repräsentativ für alle Kleingärten in Deutschland stehen. Eine Anfrage beim örE ergab, dass sich insgesamt 56 Kleingartenvereine im Bereich des örE befinden, für welche Daten vorliegen für die mit ein Gartenabfallaufkommen von 400 Mg/a Grüngut gerechnet werden kann. Laut dem örE sind in den Kleingartenvereinen Biotonnen kaum vorhanden. Daher wird angenommen, dass die Aufstellung von Biotonnen im örE keinen Beitrag zur Gartenabfallsammlung in Kleingärten hat.

Nach offiziellen Angaben des örE 6 (örE 6, 2025) gibt es insgesamt 64 Kleingartenvereine mit insgesamt 3.800 Kleingartenanlagen. Somit kann die Anzahl der Kleingärten pro Verein bestimmt werden, und es ergeben sich 3.325 Kleingärten bei 56 Anlagen, die ein Aufkommen von 400 Mg/a in der Grüngutsammlung repräsentieren.

Der Anteil der heimkompostierten Gartenabfälle aus den Kleingartenanlagen des örE 6 berechnet sich nach Multiplikation der jeweiligen Nutzflächen nach Flächenkategorie mit dem jeweiligen entstehenden Gartenabfall minus der Masse innerhalb der Grüngutsammlung (siehe Gleichung *29*).

$$Faktor\ Heimkompostierung\ in\ KGA = \frac{\sum_i (Nutzfläche_i * Gartenabfall_i) - GA_{GGS}}{GA_{Pot}} \quad (29)$$

Der entstehende Faktor kann dann auf das gesamt berechnete potenzielle Aufkommen multipliziert werden, um die jährliche heimkompostierte Masse an Gartenabfällen in deutschen Kleingartenanlagen zu berechnen. Es ist wichtig zu betonen, dass es sich bei den vorliegenden Zahlen um eine überschlagsmäßige Rechnung handelt. Die angewandte Berechnungsmethode kann dazu führen, dass der Umfang der Heimkompostierung in KGA tendenziell zu groß angesetzt wird. Dies liegt daran, dass bestimmte Entsorgungsmethoden wie illegale Verbringung oder Verbrennung in den Berechnungen nicht berücksichtigt wurden oder sich die Entsorgung- und Nutzungsstruktur regional unterscheidet.

6 Projektdurchführung

6.1 Pilotversuch zur Vorbereitung der Feldarbeit bei Haushalten bzw. Gebieten mit/ohne Heimkompostierung

Das Stichprobenkonzept für die Untersuchung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung wurde speziell für diese Aufgabe entwickelt und ist aufgrund der Differenzmethode (für jeden der acht örE mussten für jede der 13 Stichproben (siehe Kapitel 5.3.1) zwei Grundstückspärchen mit ähnlichen Randbedingungen ausgewählt werden und eine Befragung der Haushalte für ebendiese Grundstücke durchgeführt werden) bislang einmalig. Das heißt, es lagen keine Erfahrungen zu diesem Ansatz vor. Aus diesem Grund wurde entschieden, eine Pilotuntersuchung in einem der in Frage kommenden örE vor der eigentlichen Felduntersuchung durchzuführen.

Der Pilotversuch wurde im Zeitraum Ende Juli bis Ende September 2022 durchgeführt. Die Ergebnisse aus der Pilotuntersuchung haben gezeigt, dass die Untersuchungsmethode bezüglich der Umsetzung der Probenahme, der Sortierung und der Fragebogenerhebung den Anforderungen entsprach, sodass der Pilotversuch als erste Felduntersuchung aufgenommen werden konnte.

6.2 Probenauswahl

Die Auswahl der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger wurde in Anlehnung an die bundesweite Hausmüllanalyse (Dornbusch et al., 2020) durchgeführt. Insgesamt sind Analysen bei acht örE durchgeführt worden. Bei jedem örE wurden im Vorfeld vergleichbare Grundstücke im Bereich von Ein- und Zweifamilienhausbebauung in zwei Gruppen (Gruppe I <400 m^2 und Gruppe II ≥ 400 m^2 Grundstücksfläche) jeweils mit bzw. ohne Biotonne identifiziert und geclustert. Neben den dafür über die örtlichen Entsorger gelieferten Daten zur Biotonnen-Nutzung in Abhängigkeit der Grundstücke wurde über die Geoportale der Bundesländer (wie z. B. GEOportal.NRW) manuell Grundstücksflächen erhoben. Auf dieser Grundlage konnten die erforderlichen Stichproben-Pärchen definiert werden. Ein Pärchen setzte sich zum Beispiel aus zwei Grundstücken mit einer Grundstücksfläche < 400 m^2 und einer vergleichbaren Gartengröße zusammen. Darüber hinaus war auf einem Grundstück eine Biotonne vorhanden, auf dem zweiten Grundstück erfolgte keine getrennte Erfassung der Bioabfälle über eine Biotonne. Die grundlegende Information zum Betrieb einer Heimkompostierung konnte zu diesem Zeitpunkt nicht erfolgen und wurde nachträglich über eine Befragung erhoben. Da im Vorfeld nicht planbar war, an welchen ausgewählten Grundstücken tatsächlich die Probennahmen und Interviews erfolgreich umsetzbar sein würden, wurden auch Reservepaare als Ausweichmöglichkeit zur Sicherung der erforderlichen Grundgesamtheit gebildet.

Die Feldarbeit inkl. der Befragungen der Grundstückseigner bzw. -Bewohner wurde bei den folgenden öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) durchgeführt (siehe Tabelle 16):

Tabelle 16: Untersuchte örE

örE	Siedlungsstruktur	Vegetationszeit	Beprobungszeitraum	Befragungszeitraum
örE 1	Städtisch	Vegetationsreich	24.-31.10.2022	22.11.-07.12.2022
örE 2	Städtisch	Vegetationsreich	14.-25.09.2023	07.12.2023
örE 3	Städtisch	Vegetationsarm	15.-16.03.2023	25.04.2023
örE 4	Ländlich	Vegetationsreich	16.-22.06.2023	17.07.2023
örE 5	Ländlich	Vegetationsreich	30.09-07.10.2022	22.11.-01.12.2022
örE 6	Städtisch	Vegetationsreich	09.-12.08.2022	21.-29.09.2022, 06.01.2023
örE 7	Ländlich	Vegetationsarm	15.-19.01.2024	15.02.2024
örE 8	Ländlich	Vegetationsarm	07.-14.11.2023	07.12.2023

Die Differenzierung der Untersuchungszeiträume nach vegetationsreicher- bzw. vegetationsarmer Phase war mit Blick auf die unterschiedlichen Grünabfallpotenziale in Abhängigkeit der Vegetationsphase zur Sicherstellung einer belastbaren Hochrechnung auf Jahresmengen erforderlich.

Bei den Sortierungen der Inhalte der Rest- und Bioabfallbehälter von den ausgewählten Grundstücken stand die Ermittlung der darin enthaltenen organischen Abfälle im Fokus. Bei der Befragung stand insbesondere der Umgang mit Grüngut (Gartenabfall) vor dem Hintergrund der Eigenverwertung bzw. der Externalisierung des Grünguts (Nutzung der Grünguterfassung im Hol- oder Bringsystem) im Vordergrund.

6.3 Dateneingabe und -auswertung

Um die bei der Stichprobenahme, den Sortieranalysen und der Befragung erhobenen Daten erfassen und dokumentieren zu können, wurden ein Sammelprotokoll, ein Sortierprotokoll und eine Eingabemaske für die Befragungsergebnisse entworfen, die alle Gegebenheiten und Anforderungen der Untersuchung berücksichtigten. Diese einheitlichen Formate und Eingabetools zur Datenerfassung und Datenübergabe waren so konzipiert, dass sie in das Auswertungs- und Hochrechnungstool übertragen und über eigens angelegte Datenbank-Abfragen automatisiert ausgewertet werden können.

Insbesondere wurde in den Sammelprotokollen die Codierung der unterschiedlichen beprobten Adressen bzw. Stichproben hinterlegt, um die Pärchen gemäß den Anforderungen der pärchenweisen Differenzmethode zu definieren und die notwendigen Pärchen-Differenzen zu bilden. In den Sortierprotokollen sind die Massen der untersuchten Stoffgruppen hinterlegt. Über die zuvor genannte Codierung wurden die Daten der Sortierprotokolle den Sammelprotokollen zugeordnet. Entsprechend waren auch die Ergebnisse der Haushaltsbefragungen codiert, um zusätzliche Informationen zum Bewohnerverhalten zuzuordnen.

6.4 Probenahme

In Gebieten mit Leerung der Rest- und Bioabfallbehälter an einem Tag war es möglich die erforderlichen Proben für die Pärchen an einem Tag zu erhalten. Bei alternierender Leerung der

Rest- und Bioabfallbehälter zeigte sich erst am Tag der Abholung der zweiten Fraktion, inwieweit die geplanten Pärchen tatsächlich belegt werden konnten. Daher wurden Alternativ- oder Ersatzgrundstücke bereits im Vorfeld bestimmt und konnten ggfs. in die Untersuchung einbezogen werden. Darüber hinaus war die eindeutige Zuordnung der bereitgestellten Behälter zu den Grundstücken bei der Probenahme eine besondere Herausforderung, da nicht immer alle Behälter über entsprechenden Aufkleber, Etiketten oder Beschriftungen verfügten. Wenn eine exakte Zuordnung der Behälter zu den verschiedenen Grundstücken nicht möglich war, wurden diese nicht in die Untersuchung einbezogen.

Lag bei einem ausgewählten Behälter eine eindeutige Zuordnung zu einem Grundstück vor, wurde die Leerhöhe im Behälter gemessen und der noch befüllte Behälter verwogen. Der Behälterinhalt wurde dann in Big-Bags oder mitgeführte Leerbehälter umgeschüttet, die anschließend mit entsprechenden Codierungen zur eindeutigen Zuordnung versehen wurden. Der geleerte Behälter wurde abschließend zum Erhalt des exakten Behältereigengewichtes erneut verwogen. Die gesammelten Proben wurden nach Abschluss der Probenahme zum Sortierstandort transportiert und dort einer detaillierten Analyse unterzogen.

6.5 Sortierung

In jedem der untersuchten örE wurde die Zusammensetzung der Rest- und Bioabfallbehälter separat für jeden der ausgewählten Behälterstandplätze/ Adressen ermittelt. Der Fokus lag auf der Organikstoffgruppe (siehe Abbildung 9).

Im Mittel bestanden alle sortierten Restmülltonnen aus 11,5 % unverpackten Nahrungsabfällen, 11,4 % Küchenabfällen, 8,5 % Gartenabfällen, 6,4 % kompostierbarem Papier, 5,2 % verpackten Nahrungsabfälle, 0,05 % sonstigen kompostierbaren Stoffen, 2,6 % Feinfraktion ≤ 10 mm und 54,4 % sonstigem Restmüll. Vergleichbarer Werte fanden sich in der bundesweiten Hausmüllanalyse (Dornbusch et al., 2020) mit 39 % nativ-organische Abfällen.

Abbildung 9: Beispiel einer aus dem Restmüll aussortierten Organik-Stoffgruppe

1: Gartenabfall, 2: Küchenabfall, 3: Nahrungsabfall, 4: verpackte Nahrungsabfälle
Quelle: eigene Aufnahme, INFA GmbH

Im Mittel bestanden alle sortierten Biotonnenabfälle (siehe Abbildung 10) aus 44,9 % Gartenabfällen, 25,5 % Küchenabfällen, 10,0 % unverpackten Nahrungsabfällen, 8,4 % kompostierbarem Papier, 0,1 % verpackten Nahrungsmitteln, 0 % sonstigen kompostierbaren Stoffen, 3,4 % sonstigem Restmüll und 7,6 % Feinfraktion ≤ 10 mm. In der organischen Gesamtmasse ergab sich somit ein Anteil von 88,9 %, welcher vergleichbar hoch ist mit anderen Studien wie z. B. 80,1 % in der „Ermittlung Lebensmittelabfälle in Deutschland im BJ 2020" (Gonser et al., 2025), jedoch in ihrer Zusammensetzung nach Garten- und Lebensmittelabfällen unterschiedlich ausfällt.

Abbildung 10: Aus dem Bioabfall aussortierte Küchen-/Nahrungs-/Gartenabfälle

Quelle: eigene Aufnahme, INFA GmbH

6.6 Befragung

Im Rahmen der von geschulten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern durchgeführten Befragungen der Bewohner der ausgewählten und beprobten Haushalte an der Haustür hatte sich der entwickelte Fragebogen bereits im Pre-Test als verständlich und praktikabel erwiesen. Trotz mehrfacher Versuche konnten aber wie erwartet nicht immer alle Bewohner erreicht bzw. interviewt werden, deren Hausmüll- bzw. Biotonnen im Rahmen der Probenahme ausgewählt und untersucht wurden. Da dieses bereits im Vorfeld erwartet und daher eine größere Anzahl an möglichen Pärchen definiert wurde, konnte in diesen Fällen auf vorhandenen Reservepärchen zurückgegriffen werden.

Die Auswertung der Fragebogeneinträge ergab, dass alle Kombinationen mit und ohne Biotonne und mit und ohne Heimkompostierung vorkommen. Aufgrund der Befragungsergebnisse musste eine nachträgliche Pärchen-Neuzuordnung überdacht und in Betracht gezogen werden, die von der Zuordnung der Planungsdaten abweicht. Diese wurde mittels eines alternativen

Paarungsansatzes (Kapitel 7.5) überprüft, führte jedoch zu keiner höheren Ausbeute an Paarungen.

Zur vollständigen Nutzbarkeit der Sortier- und Sammeldaten aus der Pilotuntersuchung war es notwendig, einige ersatzweise angefertigten Befragungen alternativer Haushalte zu aktivieren, um den Datensatz zu vervollständigen. Die entsprechenden Fragebögen wurden zu Dokumentationszwecken als solche in der Auswertung markiert.

Die Rücklaufquoten bei den Befragungen der Haushalte in den Probegebieten variierten zwischen 55 und 94 % (siehe Tabelle 17). Bei fehlenden Fragebögen musste im Nachgang mit Geoanalysen und Selbsteinschätzung gearbeitet werden.

Tabelle 17: Rücklauf von Fragebögen

örE	Adressen beprobt	Fragebögen zurück	Rücklaufquote
örE 1	36	32	89 %
örE 2	36	24	67 %
örE 3	38	21	55 %
örE 4	40	22	55 %
örE 5	32	30	94 %
örE 6	40	31	78 %
örE 7	31	22	71 %
örE 8	38	21	55 %

7 Ergebnisse

Folgende Unterkapitel zeigen Ergebnisse zur Stichprobenpaarung nach angewandter Pärchenweise-Methode, die ermittelten Kennzahlen der Schichtungsmatrix, der Hochrechnung und einem alternativen Paarungsansatz.

7.1 Stichprobenpaarung

Die folgende Übersicht (siehe Tabelle 18) zeigt die Verteilung der gebildeten Paare mit Zuordnung in Konfigurationen nach Nutzung der Biotonne und Heimkompostierung der Paarteile. Die Lage der Paarzahlen in einem bestimmten Quadranten (weiße Flächen mit geeigneten Paarungen, bzw. graue Flächen mit ungeeigneten Paarungen) zeigen die Nutzbarkeit der Paarungen zur Ableitung von Schätzwerten gemäß Kapitel 5.7.2. Insgesamt gab es 69 valide Paarbildungen zur Analyse und Hochrechnung während 58 Paare als nicht auswertbar eingestuft wurden.

Tabelle 18: Anzahl der gebildeten Paare, nach Paarteil, Status der Heimkompostierung sowie Nutzung der Biotonne

		Paarteil 2: Mit BT	
		Mit HK	Ohne HK
Paarteil 1: Ohne BT	Mit HK	28	57
	Ohne HK	12	30

Die Differenzbildung (siehe Methodik in Kapiteln 5.7.2 und 5.7.3) der erhobenen Masse einer Stoffgruppe erfolgt pro örE, unterteilt nach Paarteil 1 und 2, also entsprechend der Konfiguration von Biotonnennutzung und Heimkompostierung. Zudem wird eine weitere Unterteilung nach Grundstücksgröße vorgenommen (kleiner bzw. größer/gleich 400 m^2). Eine detaillierte Aufschlüsselung der Differenzbildung der Paarteile 1 und 2 nach Stoffgruppen und örE ist dem Anhang A.6 zu entnehmen.

7.2 Kennzahlen zur Schichtungsmatrix

Für die Schichtung wurden nur Einwohner und Gartenflächen, welche der außenbereichstypischen Bebauungsschicht (AB) zuzuordnen sind, berücksichtigt. Insgesamt wurden 52,3 Mio. Einwohner der Schicht AB zugeordnet während 32,1 Mio. Einwohner einer innenbereichstypischen Bebauungsschicht (Gebäude mit mehr als 6 WE), genannt Schicht IB, entfallen (siehe Tabelle 19). In AB wurden 25,5 % (13,3 Mio. Einwohner) der Einwohner einer städtischen Siedlungsstruktur (≥750 E/km^2) und 74,5 % (38,9 Mio. Einwohner) einer ländlichen Siedlungsstruktur (<750 E/km^2) zugeordnet. Nach Szenario A befinden sich in der städtischen Siedlungsstruktur der AB 2,8 Mio. Einwohner, welche auf einem Grundstück leben auf dem Heimkompostierung betrieben wird. Das entspricht 21,0 % aller Einwohner innerhalb dieser Schicht. In der ländlichen Siedlungsstruktur der AB wurden 16,2 Mio. Einwohner zugeordnet, welche auf einem Grundstück leben auf dem Heimkompostierung betrieben wird en. Das entspricht 41,7 % aller Einwohner innerhalb dieser Schicht. Insgesamt gab es in der gesamten AB 19,0 Mio. Einwohner, welche eine aktive Heimkompostierung betrieben. Da eine Heimkompostierung in der IB ausgeschlossen wurde, belief sich die Anzahl an Einwohner in

Deutschland, welche eine Heimkompostierung betreiben, ebenfalls auf 19,0 Mio. Einwohner, was einem Anteil von 22,6 % der Gesamtbevölkerung entspricht. Nach Szenario B befinden sich in der städtischen Siedlungsstruktur der AB 5,1 Mio. Einwohner, welche heimkompostieren. Das entspricht 38,0 % aller Einwohner innerhalb dieser Schicht. In der ländlichen Siedlungsstruktur der AB wurden 26,9 Mio. Einwohner, welche eine aktive Heimkompostierung betrieben, zugeordnet. Das entspricht 69,1 % aller Einwohner innerhalb dieser Schicht. Insgesamt gab es in der gesamten AB- 32,0 Mio. Einwohner, welche eine aktive Heimkompostierung betrieben. Da eine Heimkompostierung in der IB ausgeschlossen wurde, belief sich die Anzahl an Einwohnern in Deutschland, welche eine Heimkompostierung betreiben, ebenfalls auf 32,0 Mio., welches einem Anteil von 37,9 % der Gesamtbevölkerung entspricht.

Tabelle 19: Schichtungsmatrix zur Verteilung von Einwohnern in ländliche und städtische Siedlungsstrukturen

	Städtisch (AB)	Ländlich (AB)	Gesamt (AB)	Deutschlandweit
Einwohner	13.335.366	38.948.950	52.284.316	84.358.845
Heimkompostierende Szenario A	2.802.450 (21,0 %)	16.229.634 (41,7 %)	19.032.084 (36,4 %)	19.032.084 (22,6 %)
Heimkompostierende Szenario B	5.065.478 (38,0 %)	26.925.934 (69,1 %)	31.991.411 (61,2 %)	31.991.411 (37,9 %)

Von insgesamt 8.470 km² Gartenfläche an Wohngrundstücken wurden 7.195 km² (84,9 %) der außenbereichstypischen Bebauungsschicht zugeordnet, aufgeteilt in 1.149 km² städtische und 6.045 km² ländliche Siedlungsstruktur (siehe Tabelle 20). Der Betrieb einer Heimkompostierung wurde nach den gemeldeten Anfallstellen nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (siehe Kapitel 5.7.6.1.3) festgelegt und wurde daher für Szenario A und B berechnet. Der Anteil der Heimkompostierenden ist für Szenario B deutlich höher als für Szenario A.

Tabelle 20: Schichtungsmatrix zur Verteilung von Gartenflächen in ländliche und städtische Siedlungsstrukturen

	Städtisch (AB)	Ländlich (AB)	Gesamt (AB)	Deutschlandweit
Privatgartenfläche (km²)	1.149	6.045	7.195	8.470
Privatgartenfläche mit HK (km²) Szenario A	241,6	2.519,0	2.760,6	2.760,6
Privatgartenfläche mit HK (km²) Szenario B	437	4.179	4.616	4.616

7.2.1 Gartenfläche pro Anfallstelle mit betriebener Heimkompostierung

Nachfolgend wurde die Privatgartenfläche pro Anfallstelle mit Heimkompostierung (AHK) im Szenario A und B innerhalb der Siedlungsstrukturen berechnet (siehe Tabelle 21). Die AHK wurden für Szenario A aus Tabelle 6 und Szenario B Tabelle 7 entnommen. Die Privatgartenflächen entstammen der Tabelle 20. Es ist auffällig, dass in Szenario A in der ländlichen Siedlungsstruktur die durchschnittliche Privatgartenfläche pro AHK deutlich höher ausfällt als in der städtischen Siedlungsstruktur und auch höher als in ländlichen Siedlungsstruktur des Szenarios B.

Tabelle 21: Privatgartenfläche pro Anfallstelle mit Heimkompostierung (Szenario A und B)

	Städtisch (AB)	Ländlich (AB)	Gesamt (AB)
Privatgartenfläche (m²) pro AHK in Szenario A	248,46	739,17	630,23
Privatgartenfläche (m²) pro AHK in Szenario B	173,52	359,96	326,72

Im Durchschnitt ergeben sich im Szenario A 630,2 m² Garten pro Anfallstelle mit Heimkompostierung und 4,35 Einwohner. Im Szenario B sind es 326,7 m² Garten pro Anfallstelle mit Heimkompostierung und 2,26 Einwohner.

7.2.2 Verteilung von Einwohnern und Gartenflächen im Szenario A

Die Einwohnerschichtung nach den Siedlungsstrukturen Ländlich und Städtisch zeigt eine Aufteilung aller Einwohner (in außenbereichstypischer Bebauung) auf Konfigurationen Biotonnenanschluss, aktive Heimkompostierung und Grundstücksgröße kleiner bzw. größergleich 400 m² für das Szenario A (Tabelle 22) nach der in Kapitel 5.7.6.4 beschrieben Methodik.

Tabelle 22: Einwohnerverteilung des Szenario A

Siedlungsstruktur	Status HK	Ohne BT		Mit BT	
		< 400 m²	≥ 400 m²	< 400 m²	≥ 400 m²
Städtisch	Mit HK	3,7 %	12,9 %	1,0 %	3,4 %
	Ohne HK	2,5 %	8,6 %	15,3 %	52,6 %
Ländlich	Mit HK	2,9 %	21,1 %	0,1 %	0,9 %
	Ohne HK	1,8 %	13,1 %	7,4 %	52,7 %

Die Gartenflächenverteilung nach Siedlungsdichten Ländlich und Städtisch zeigen eine Aufteilung aller Gartenflächen (in außenbereichstypischer Bebauung) auf Konfigurationen Biotonnenanschluss, aktiver Heimkompostierung und Grundstücksgröße kleiner bzw. größergleich 400 m² für das Szenario A (Tabelle 23).

Tabelle 23: Gartenflächenverteilung des Szenario A

Siedlungsstruktur	Status HK	Ohne BT		Mit BT	
		< 400 m²	≥ 400 m²	< 400 m²	≥ 400 m²
Städtisch	Mit HK	0,8 %	23,3 %	0,0 %	1,0 %
	Ohne HK	14,4 %	0,5 %	2,0 %	58,1 %
Ländlich	Mit HK	0,8 %	23,3 %	0,0 %	1,0 %
	Ohne HK	14,4 %	0,5 %	2,0 %	58,1 %

7.2.3 Verteilung von Einwohnern und Gartenflächen im Szenario B

Die Einwohnerschichtung nach den Siedlungsdichten Ländlich und Städtisch zeigt eine Aufteilung aller Einwohner (in außenbereichstypischer Bebauung) auf die Konfigurationen Biotonnenanschluss, aktive Heimkompostierung und Grundstücksgröße kleiner-gleich bzw. größer 400 m² für das Szenario B (siehe Tabelle 24) nach der in Kapitel 5.7.6.4 beschriebenen Methodik.

Tabelle 24: Einwohnerverteilung des Szenario B

Siedlungsstruktur	Status HK	Ohne BT		Mit BT	
		< 400 m²	≥ 400 m²	< 400 m²	≥ 400 m²
Städtisch	Mit HK	3,7 %	12,9 %	4,8 %	16,6 %
	Ohne HK	2,5 %	8,6 %	11,5 %	39,5 %
Ländlich	Mit HK	5,0 %	35,7 %	3,5 %	24,9 %
	Ohne HK	0,4 %	3,0 %	3,4 %	24,1 %

Die Gartenflächenverteilung nach Siedlungsdichten Ländlich und Städtisch zeigen eine Aufteilung aller Gartenflächen (in außenbereichstypischer Bebauung) auf Konfigurationen Biotonnenanschluss, aktiver Heimkompostierung und Grundstücksgröße kleiner bzw. größer-gleich 400 m² für das Szenario B (Tabelle 25).

Tabelle 25: Gartenflächenverteilung des Szenario B

Siedlungsstruktur	Status HK	Ohne BT		Mit BT	
		< 400 m²	≥ 400 m²	< 400 m²	≥ 400 m²
Städtisch	Mit HK	1,2 %	15,4 %	1,5 %	19,9 %
	Ohne HK	10,3 %	0,8 %	3,6 %	47,3 %
Ländlich	Mit HK	1,3 %	39,4 %	0,9 %	27,5 %
	Ohne HK	3,3 %	0,1 %	0,9 %	26,6 %

7.3 Hochrechnung

Die Ergebnisse zur Hochrechnung basieren auf den zwei Szenarien A und B, welche sich durch die Zuordnung der Anfallstellen in Konfigurationen nach Biotonnenanschluss und betriebener Heimkompostierung unterscheidet (siehe Kapitel 5.7.6.4). Hierbei beruht Szenario A auf den Erhebungen durch UStatG und Szenario B auf den angepassten Werten nach einer Experteneinschätzung.

7.3.1 Hochrechnung Szenario A

Für die Entwicklung der Ergebnisse des Szenarios A wurde die Verteilung der Anfallstellen gemäß Tabelle 26 herangezogen und wie in Kapitel 5.7.6.1.3 beschrieben berechnet. Es wurde ein Gesamtaufkommen an heimkompostierten Abfällen von 1,79 Millionen Tonnen ermittelt, aufgeteilt in 0,26 Millionen Tonnen aus städtischen Siedlungsstrukturen und 1,53 Millionen Tonnen aus ländlichen Siedlungsstrukturen.

Tabelle 26: Szenario A – Hochgerechnete Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2021 – nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppe	Städtisch (Mg/a)	Ländlich (Mg/a)	Gesamt (Mg/a)
Gartenabfälle	151.933	1.354.167	1.506.100
Küchenabfälle	69.261	84.078	153.339
Sonstige kompostierbare Stoffe	2.853	310	3.163
Kompostierbares Papier	12.045	10.342	22.387
Rest ≤ 10 mm	28.713	78.165	106.878
Summe	264.804	1.527.063	1.791.867

Die Gesamthochrechnung ergab ein durchschnittliches Aufkommen von 21,24 kg pro Einwohner und Jahr für Deutschland an heimkompostierten Abfällen. Davon entfielen 39,21 kg pro

Einwohner und Jahr auf ländliche Siedlungsdichten und 19,86 kg pro Einwohner und Jahr auf städtische Gebiete siehe Tabelle 27.

Tabelle 27: Szenario A – Hochgerechnete einwohnerspezifische Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2022 – nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppe	Städtisch (kg/(E*a))	Ländlich (kg/(E*a))	Gesamt (kg/(E*a))
Gartenabfälle	11,39	34,77	17,85[1)]
Küchenabfälle	5,19	2,16	1,82
Sonstige kompostierbare Stoffe	0,21	0,01	0,04
Kompostierbares Papier	0,90	0,27	0,27
Rest ≤ 10 mm	2,15	2,01	1,27
Summe	19,86	39,21	21,24

[1] Entspricht 0,28 kg/(m² Garten*a) bei einer Gartenfläche von 8.470 km² auf den Wohngrundstücken privater Haushalte

Die heimkompostierten Abfälle setzen sich wie folgt (siehe Tabelle 28) nach städtischen und ländlichen Siedlungsdichten zusammen:

Tabelle 28: Szenario A - Zusammensetzung der heimkompostierten Abfälle in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen und Schichten in Massenprozent

Stoffgruppe	Städtisch	Ländlich	Gesamt
Gartenabfälle	57,4 %	88,7 %	84,1 %
Küchenabfälle	26,2 %	5,5 %	8,6 %
Sonstige kompostierbare Stoffe	1,1 %	0,0 %	0,2 %
Kompostierbares Papier	4,5 %	0,7 %	1,2 %
Rest ≤ 10 mm	10,8 %	5,1 %	6,0 %
Summe	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Insgesamt sind Gartenabfälle die größte Fraktion, welche heimkompostiert wird. Es fällt auf, dass in der ländlichen Bebauungsstruktur deutlich mehr Gartenabfälle heimkompostiert werden und in der städtischen deutlich mehr Küchenabfälle.

Bei einer Anzahl von insgesamt 4.380.285 Anfallstellen mit Heimkompostierung (AHK) nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 und Zuordnungsmethodik der Anfallstellen nach Konfiguration Biotonne und Heimkompostierung für Szenario A ergibt sich ein spezifisches Aufkommen von 409,08 kg pro Anfallstelle und Jahr (siehe Tabelle 29). Diese sind unterteilt in 343,84 kg/AHK*a Gartenabfälle und 65,24 kg/AHK*a küchenstämmiger Abfälle.

Tabelle 29: Szenario A - Heimkompostierte Abfälle pro Anfallstelle mit Heimkompostierung in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen

Stoffgruppe	Gesamt (kg/(AHK*a))
Gartenabfälle	343,84
Küchenabfälle	35,01
Sonstige kompostierbare Stoffe	0,72
Kompostierbares Papier	5,11
Rest ≤ 10 mm	24,40
Summe	409,08

7.3.2 Hochrechnung Szenario B

Für die Entwicklung der Ergebnisse des Szenarios B wurde die Verteilung der Anfallstellen gemäß Tabelle 7 herangezogen. Es wurde ein Gesamtaufkommen an heimkompostierten Abfällen von 4,79 Millionen Tonnen ermittelt, aufgeteilt in 0,36 Millionen Tonnen aus städtischen Siedlungsdichten und 4,44 Millionen Tonnen aus ländlichen Siedlungsdichten(siehe Tabelle 30).

Tabelle 30: Szenario B – Hochgerechnete Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2022 – nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppe	Städtisch (Mg/a)	Ländlich (Mg/a)	Gesamt (Mg/a)
Gartenabfälle	175.708	4.096.268	4.271.976
Küchenabfälle	108.534	147.459	255.993
Sonstige kompostierbare Stoffe	3.888	842	4.730
Kompostierbares Papier	19.149	12.085	31.234
Rest ≤ 10 mm	47.745	181.227	228.972
Summe	355.023	4.437.882	4.792.905

Die Gesamthochrechnung ergab ein durchschnittliches Aufkommen von 56,82 kg pro Einwohner und Jahr für Deutschland an heimkompostierten Abfällen(siehe Tabelle 31). Davon entfielen 52,61 kg pro Einwohner und Jahr auf ländliche Gebiete und 4,21 kg pro Einwohner und Jahr auf städtische Gebiete

Tabelle 31: Szenario B - Hochgerechnete einwohnerspezifische Jahresmengen für heimkompostierte Abfälle aus privaten Haushalten in Deutschland 2022 – nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppe	Städtisch (kg/(E*a))	Ländlich (kg/(E*a))	Gesamt (kg/(E*a))
Gartenabfälle	13,18	105,17	50,64[1)]
Küchenabfälle	8,14	3,79	3,03
Sonstige kompostierbare Stoffe	0,29	0,02	0,06
Kompostierbares Papier	1,44	0,31	0,37
Rest ≤ 10 mm	3,58	4,65	2,71
Summe	26,62	113,94	56,82

[1] Entspricht 0,50 kg/(m² Garten*a) bei einer Gartenfläche von 8.470 km² auf den Wohngrundstücken privater Haushalte

Die heimkompostierten Abfälle setzen sich wie folgt nach städtischen und ländlichen Siedlungsstrukturen zusammen:

Tabelle 32: Szenario B - Zusammensetzung der heimkompostierten Abfälle in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen und Schichten

Stoffgruppe	Städtisch	Ländlich	Gesamt
Gartenabfälle	49,5 %	92,3 %	89,1 %
Küchenabfälle	30,6 %	3,3 %	5,3 %
Sonstige kompostierbare Stoffe	1,1 %	0,0 %	0,1 %
Kompostierbares Papier	5,4 %	0,3 %	0,7 %
Rest ≤ 10 mm	13,4 %	4,1 %	4,8 %
Summe	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Es fällt auf in Tabelle 32, dass in der ländlichen Siedlungsstruktur deutlich mehr Gartenabfälle anfallen und in der städtischen mehr Küchenabfälle.

Bei einer Anzahl von insgesamt 14.128.158 Anfallstellen mit Heimkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 und Zuordnungsmethodik der Anfallstellen nach Konfiguration Biotonne und Heimkompostierung für Szenario B ergibt sich ein spezifisches Aufkommen von 339,24 kg pro Anfallstelle und Jahr (siehe Tabelle 33). Diese sind unterteilt in 302,37 kg/AHK Gartenabfälle und 36,87 kg/AHK küchenstämmiger Abfälle.

Tabelle 33: Szenario B - Heimkompostierte Abfälle pro Anfallstelle in Deutschland 2022 - nach Stoffgruppen

Stoffgruppe	Gesamt (kg/(AHK*a))
Gartenabfälle	302,37
Küchenabfälle	18,12
Sonstige kompostierbare Stoffe	0,33
Kompostierbares Papier	2,21
Rest ≤ 10 mm	16,21
Summe	339,24

7.4 Heimkompostierung in Kleingartenanlagen

7.4.1 Befragung von Kleingärten in den Untersuchungsgebieten

Die Ergebnisse dieser Befragung sind im Anhang A.7 dokumentiert. Aus ihnen lässt sich ableiten, dass Kleingartenanlagen eine stärkere Rolle innerhalb der Städte einnehmen.

7.4.2 Hochrechnung der Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen

Zur Hochrechnung der Gartenabfälle bei einer durchschnittlichen Fläche von 370 m^2 pro Kleingarten ergab sich im örE 6 eine Kleingartenfläche von 1,23 ha und ein Gartenabfallpotenzial aus Kleingartenanlagen von 1.640 Mg/a. Die Masse der heimkompostierten Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen wurde aus der Differenz zwischen dem Potenzial und der Grüngutsammlung gebildet und beträgt 1.240 Mg/a bzw. 75,6 % des Gartenabfallpotenzials.

Bei einer Gesamtkleingartenanlagenfläche von 48.889 ha in Deutschland und einem Gesamtaufkommen von 651.852 Mg Gartenabfällen pro Jahr ergibt sich bei einem Anteil der Heimkompostierung in Bezug auf das theoretische Gartenabfallpotential von 75,6 % eine heimkompostierte Masse von 492.869 Mg/a bzw. 5,84 kg/(E*a) innerhalb der deutschen Kleingartenanlagen. Grünabfälle aus KGAs sind nicht Teil des hochgerechneten Potenzials an Gartenabfällen in Kapitel 5.7.7. Die Fläche an Kleinanlagen kann ins Verhältnis zu der statistisch erfassten Grünanlagenfläche in Deutschland (315.641 ha) gesetzt werden und beträgt 15 Prozent. Dies bedeutet, dass KGAs, obwohl sie nur einen Teilbereich darstellen, einen signifikanten Anteil an der Gesamtfläche der Grünanlagen einnehmen.

Die Masse an Gartenabfall aus Kleingartenanlagen wird aus der Validierung und Bewertung der Szenarien A und B ausgeschlossen. Diese Masse wurde mittels einer eigenen Methodik vereinfacht hochgerechnet und wird für die Ermittlung der deutschlandweit heimkompostierten Masse z.B. für die EU-Berichterstattung aufaddiert.

7.5 Alternativer Paarungsansatz

Es wurde eine alternative Methode zur Paarung von Untersuchungsobjekten geprüft, um festzustellen, ob durch diese unterschiedliche Herangehensweise mehr Paare gebildet und potenziell ausgewertet werden können als mit der bisher verwendeten Methode (siehe Tabelle

34). Hierfür wurde ein Untersuchungscode (U-Code) für jedes Untersuchungsobjekt von fünf ausgewählten örE erstellt. Dieser U-Code verfügt über vier parametrisierte Stellen mit numerischer Kategorisierung und einer sequenziellen Nummerierung:

Tabelle 34: Untersuchungscode im alternativen Paarungsansatz

Position	Beschreibung	Werte
1	örE	1=örE 1 2=örE 3 3=örE 4 4=örE 5 5=örE 6
2	Grundstückskategorie	0 entspricht > 400 m² 1 entspricht ≥ 400 m²
3	Biotonne	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden
4	Mit oder ohne Heimkompostierung	0 = nicht vorhanden 1 = vorhanden
5 und ggf. 6	Sequenzielle Nummer	Ganzzahlige Werte beginnend bei 1

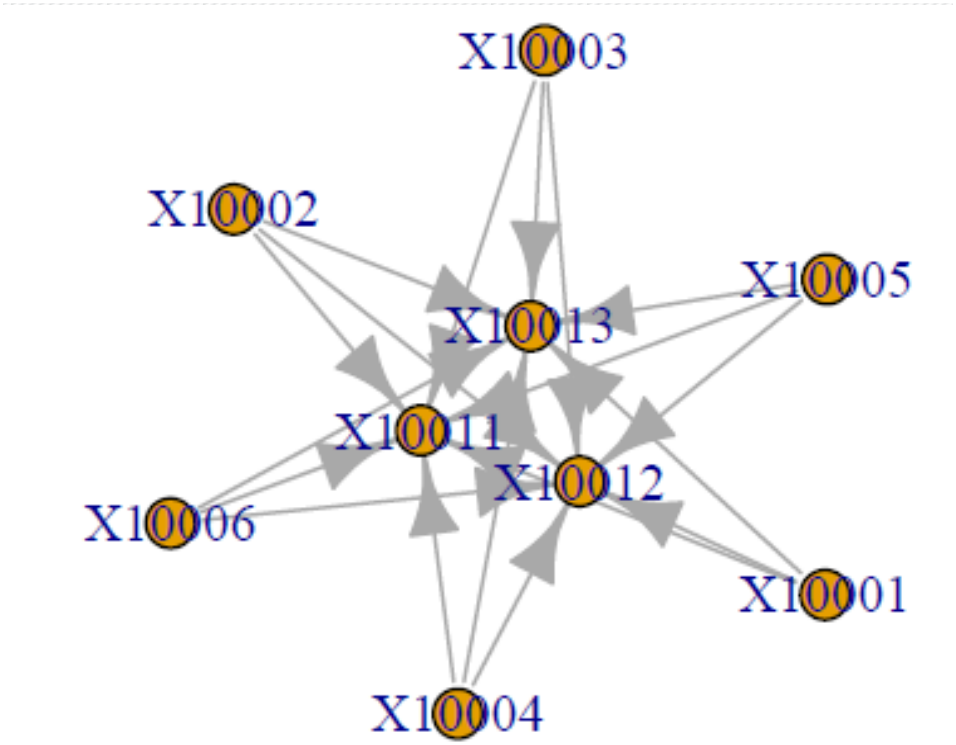
Die Paarung von Untersuchungsobjekten erfolgt potenziell dann, wenn die ersten drei Positionen übereinstimmen und die vierte Position unterschiedlich ist. (siehe Beispiel Tabelle 35).

Tabelle 35: Beispiel einer U-Code Paarung

U-Code 10004	U-Code 10013
örE 1 mit einem Grundstück <400m² ohne Biotonne und ohne betriebener Heimkompostierung mit Sequenznummer 4.	örE 1 mit einem Grundstück <400m² ohne Biotonne und aktiver Heimkompostierung mit Sequenznummer 3.

Durch diese Methode der Paarermittlung ergeben sich verschiedene Möglichkeiten zur Paarung, auch als Paargruppen bezeichnet (siehe Beispiel in Abbildung 11). Innerhalb dieser Paargruppen unterscheiden sich eine innere und eine äußere Paaruntergruppe, und zwar anhand des Parameters "aktive Heimkompostierung". Die innere Paaruntergruppe repräsentiert stets die maximale Anzahl möglicher Paarungen, da jedes Untersuchungsobjekt nur einmal für die Analyse und Hochrechnung genutzt werden kann. In der gezeigten Paargruppe in Abbildung 11 entspricht die maximale Anzahl der Paarbildungen n=3, wobei die U-Codes der inneren Paaruntergruppe die Nummern 10013, 10011 und 10012 aufweisen.

Abbildung 11: Beispiel einer Paargruppe in örE 1



Grundstücksflächen unter 400 m² ohne Biotonne (X-Markierung zeigt ein Untersuchungsobjekt an, Innere Gruppe: mit aktiver Heimkompostierung, Äußere Gruppe: Ohne aktive Heimkompostierung)
Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

Diese potenziellen Paarungen allein liefern noch keine Informationen über die Ähnlichkeit der Untersuchungsobjekte untereinander. Die Einschätzung der Ähnlichkeit innerhalb der Paargruppen erfolgt durch den Vergleich von Parametern, darunter die Grundstücksgröße, die Gartenfläche und die Einwohnerzahl der Untersuchungsobjekte. Dafür wird ein Untersuchungsvektor für jedes Objekt erstellt, welcher die drei genannten Parameter enthält (siehe Formel *30*).

$$Untersuchungsvektor\ \overrightarrow{x_i} = \begin{pmatrix} Grundstücksgröße \\ Gartenfläche \\ Einwohner \end{pmatrix} \tag{30}$$

Die Untersuchungsvektoren werden im Vorfeld der Ähnlichkeitsanalyse standardisiert. Dies erfolgt durch die Aufteilung der Paargruppe in Teilmengen, wobei jede Teilmenge ein Untersuchungsobjekt aus der inneren Paaruntergruppe einschließlich seiner potenziellen Partner repräsentiert. Aus dieser Teilmenge wird ein Durchschnittswert der Untersuchungsvektoren berechnet. Die Berechnung des Durchschnitts erfolgt, indem der Untersuchungsvektor des jeweiligen Untersuchungsobjekts aus der inneren Paaruntergruppe mit der Anzahl der möglichen Partner gewichtet wird (siehe beispielhafte Berechnung in Formel 31). Anhand des Beispiels in Abbildung 11 könnte bspw. das Objekt X10013 aus der inneren Paargruppe mit insgesamt sechs anderen Objekten der äußeren Paargruppe gepaart werden, daher wird für die Mittelwertvektorberechnung für das Objekt X10013 der Vektor der inneren Paargruppe gewichtet und geht 6-fach in die Berechnung ein.

$$Mittelwertvektor\ \overrightarrow{x_{M10013}} = \frac{6*\overrightarrow{x_{10013}}+\overrightarrow{x_{10001}}+\overrightarrow{x_{10002}}+\overrightarrow{x_{10003}}+\overrightarrow{x_{10004}}+\overrightarrow{x_{10005}}+\overrightarrow{x_{10006}}}{12} \quad (31)$$

Der Mittelwertvektor in dieser Teilmenge wird zur Normierung jedes enthaltenen Untersuchungsvektors verwendet, d. h. jeder Vektor aus innerer oder äußerer Paargruppe wird für jede mögliche Paarung, mit dem jeweiligen Mittelwertvektor dividiert und damit normalisiert. Anschließend wird die euklidische Distanz (siehe Formel *32*) angewandt, um den räumlichen Abstand zwischen den normierten Untersuchungsvektoren der äußeren Paaruntergruppe innerhalb der Teilmenge und dem Untersuchungsvektor der inneren Paaruntergruppe zu berechnen.

$$d(x,y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2} \quad (32)$$

Die Annahme ist, dass eine geringere euklidische Distanz zwischen zwei Untersuchungsobjekten auf eine höhere Ähnlichkeit hinweist. Dieser Vergleich wird für alle Teilmengen und Paargruppen durchgeführt. Bei der Auswahl von Paaren sollten solche bevorzugt werden, bei denen die euklidische Distanz möglichst gering ist.

Der alternative Ansatz zur Paarbildung ergab, dass bei den Objektdaten von fünf örE die maximale Anzahl von Paaren gleich 49 beträgt. Diese Anzahl entspricht der des bisher verwendeten Ansatzes, da die umfangreiche Parametrisierung hinsichtlich Biotonne und aktiver Heimkompostierung bei begrenzter Stichprobenauswahl diese Alternative einschränkt. Besondere Herausforderungen ergeben sich bei den Ausprägungen in örE 3 und örE 4, da in einigen Fällen keine Paarungen gebildet werden können (siehe Tabelle 36). Dennoch birgt diese Methodik viel Potenzial sollten erneut Beprobungen in Zukunft stattfinden. Ein hohes Potenzial ergibt sich vor allem dann, wenn Informationen zur Nutzung der Heimkompostierung neben der Biotonne bereits vor der Probenahme vorliegen. Um eine maximale Ausbeute zu gewährleisten, könnte die Auswahl der zu beprobenden Grundstücke im Vorfeld erfolgen. Dies würde jedoch eine Weiterentwicklung der Methodik erfordern sowie die Verfügbarkeit von Informationen zur Heimkompostierung, die zum Zeitpunkt der Erhebung erst nach der Probenahme durch Befragungen ermittelt werden konnten. Notwendig wäre hierfür ein Register mit Angaben zu den Anfallstellen, dass auch Informationen zur Nutzung der Heimkompostierung und Biotonne enthält.

Tabelle 36: Ergebnis des alternativen Paarungsansatzes

örE	Ohne BT	Mit BT	Grundstücksgrößen-Kategorie
örE 1	3	1	<400 m²
	3	3	≥400 m²
örE 3	4	0	<400 m²
	1	4	≥400 m²
örE 4	4	4	<400 m²
	0	4	≥400 m²
örE 5	4	3	<400 m²
	1	2	≥400 m²
örE 6	1	2	<400 m²
	2	3	≥400 m²
	23	26	

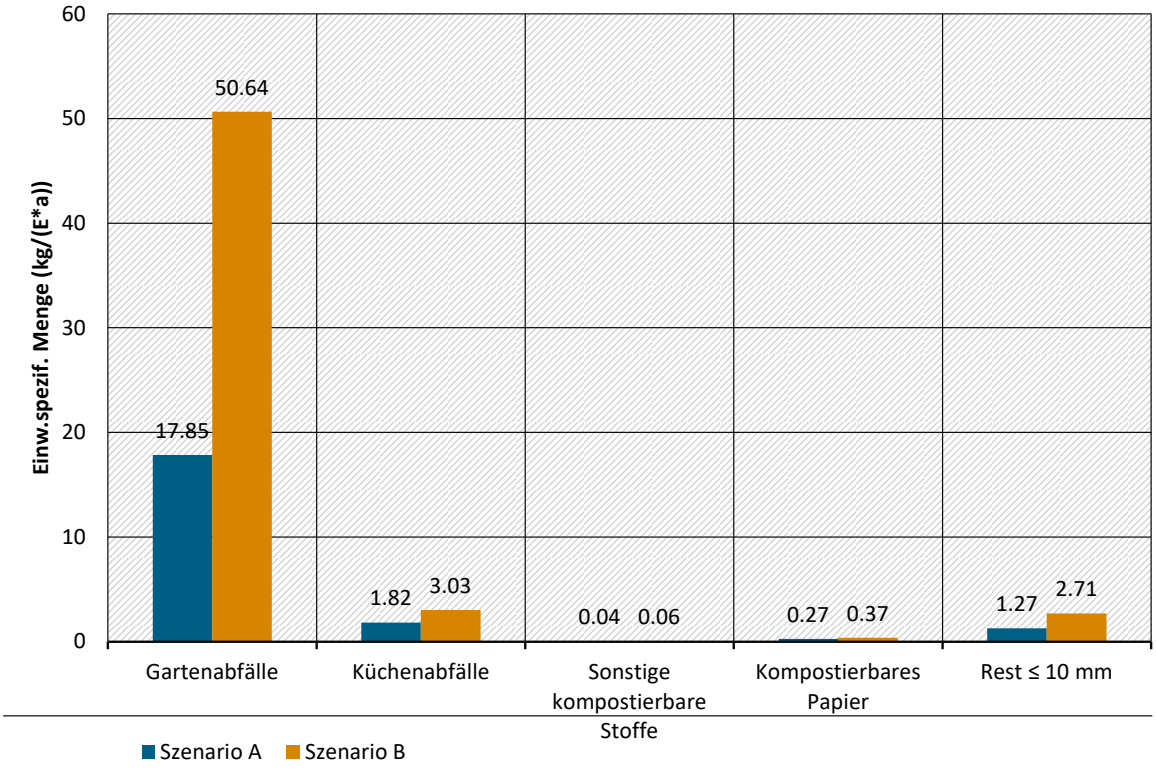
7.6 Aufkommensvergleich Szenario A und B

Die Analyse der kompostierten Bioabfallmengen privater Haushalte in Szenario A und Szenario B zeigt deutliche Unterschiede in den Massen und Stoffgruppenzusammensetzung (Abbildung 12). In Szenario B wurden insgesamt höhere Abfallmengen kompostiert, wobei die Gesamtsumme aller -Stoffgruppen 56,82 kg/(E*a) im Vergleich zu 21,24 kg/(E*a) in Szenario A beträgt.

Insbesondere die Massen an Gartenabfällen und Küchenabfällen waren in Szenario B wesentlich höher als in Szenario A. Die Masse an Gartenabfällen stieg von 17,85 kg/(E*a) in Szenario A auf 50,64 kg/(E*a) in Szenario B, während die Masse an Küchenabfällen von 1,82 kg/(E*a) auf 3,03 kg/(E*a) anstieg.

Beide Szenarien basieren auf den gleichen Stichprobenergebnissen, Gesamt-Einwohner und Gesamt-Gartenfläche sind jedoch in Bezug auf deren Verteilung auf die Konfiguration nach Biotonne und Heimkompostierung (siehe Kapitel 5.7.6.1) unterschiedlich. Durch die Zuordnung der Anfallstellen, gemeldet nach UStatG §3 Abs.2 Satz 2, ergeben sich nach den beschriebenen Korrekturen in Szenario B deutlich mehr Anfallstellen mit betriebener Heimkompostierung (deutschlandweit 53,3 %) als in Szenario A (deutschlandweit 16,5 %). Dieser Anstieg lässt sich sowohl im Gesamtergebnis der Hochrechnung als auch in den Stoffgruppen beobachten (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13).

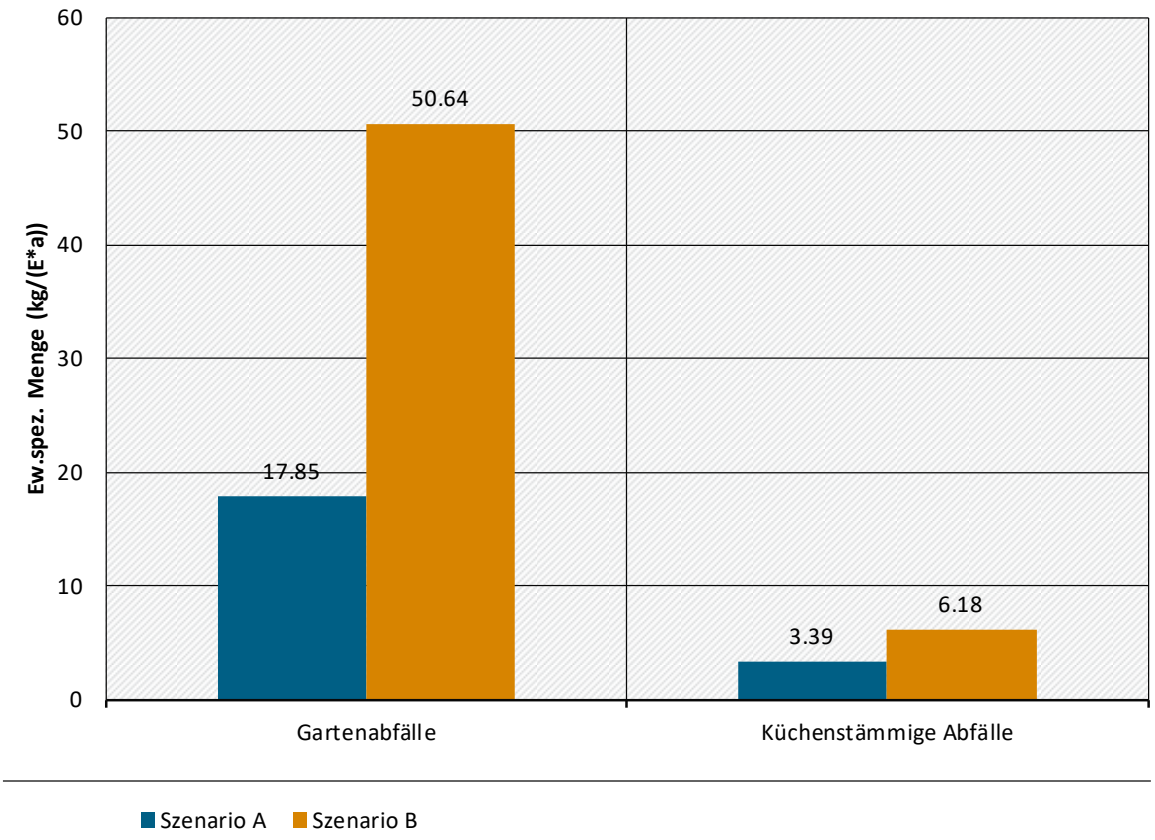
Abbildung 12: Einwohnerspezifischer Vergleich Szenario A und B (kg/(E*a))



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

Die Gartenabfälle sind im Vergleich im Szenario B um Faktor 2,84 höher als im Szenario A. Küchenstämmige Abfälle, die Summe aus den Stoffgruppen Küchenabfälle, sonstige kompostierbare Stoffe, kompostierbares Papier und Rest ≤ 10 mm, sind um Faktor 1,82 höher.

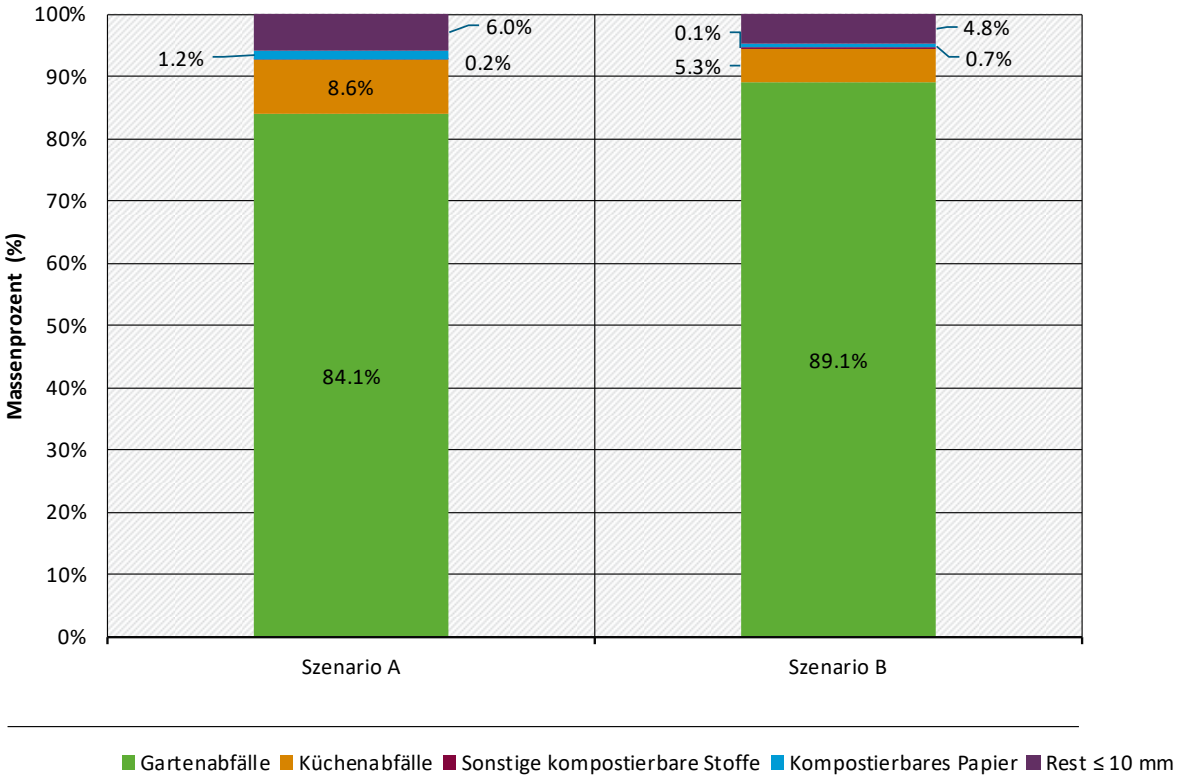
Abbildung 13: Anstieg zwischen Gartenabfällen und küchenstämmigen Abfällen in Szenario Aund B



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

Die Analyse der Stoffgruppenzusammensetzung (Abbildung 14) zeigt, dass in Szenario B eine deutliche Verschiebung zu höheren Anteilen von Gartenabfällen (89 %) und niedrigeren Anteilen von Küchenabfällen (5 %) im Vergleich zu Szenario A (84 % bzw. 9 %) zu verzeichnen ist. Die Anteile anderer Stoffgruppen wie kompostierbares Papier und Reste ≤ 10 mm sind zwischen den Szenarien zu vernachlässigen. Deutlich ist, dass Gartenabfälle im Kompost in beiden Szenarien einen deutlich dominierenden Anteil haben.

Abbildung 14: Vergleich der Stoffgruppenzusammensetzung von Szenario A und B



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

8 Qualitätskontrolle

In beiden Szenarien wurde versucht, ein realistisches Bild des Aufkommens und der Zusammensetzung der Stoffgruppen in der Heimkompostierung privater Haushalte Deutschlands zu erhalten. Dabei nutzen beide Szenarien dasselbe zugrunde liegende Hochrechnungsmodell. Die Schichtungsmatrizen unterscheiden sich jedoch in der Zuteilung der Anfallstellen nach den Konfigurationen Biotonne und Heimkompostierung. Dies führt zu einer deutlichen Differenz im erwarteten Aufkommen (Szenario A: 21,24 kg/(E*a); Szenario B: 56,82 kg/(E*a)). Es ist von entscheidender Bedeutung, zu validieren, welches Szenario ein möglichst realitätsnahes Abbild schafft.

8.1 Bewertung der Anfallstellen

Im Szenario A basiert die Zuordnung der Anfallstellen auf den übermittelten Daten gemäß UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (siehe Tabelle 5). Dabei wird davon ausgegangen, dass Anfallstellen ohne spezifische Information zur Heimkompostierung, gemäß UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 d, diese nicht betreiben, d. h. der Anteil der Heimkompostierenden in dieser Berichtskategorie unterrepräsentiert wurde. Es fiel auf, dass die gemeldeten Anfallstellen nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 b Anfallstellen bei denen Bioabfälle mittels Biotonne getrennt gesammelt werden und zudem Bioabfälle selbst kompostiert werden, im Vergleich zu anderen Kategorien sehr niedrig waren (siehe Tabelle 6). Dies könnte daran liegen, dass nur 38,7 % der örE (151 von 390) diese Kategorie ausfüllen konnten. Darüber hinaus meldeten 82 örE 0 Anfallstellen in dieser Kategorie, was von der Arbeitsgruppe als unrealistisch und fernab der Praxis eingestuft wurde. Es wird vermutet, dass die örE die erforderlichen Informationen zur Heimkompostierung von Anfallstellen mit Biotonne entweder nicht erheben konnten oder nur mit zu großem Aufwand, weshalb sie entweder keinen Wert oder den Wert Null meldeten und damit der Anteil an Heimkompostierenden mit Biotonne unterrepräsentiert ist. Dies könnte durch eine Umfrage des Statistischen Bundesamts bei den örE zur Erhebung der Benutzerfreundlichkeit des Erhebungsbogen (siehe Anhang A.7) abgefragt werden. Bei der Abfrage nach UStatG Satz §3 Abs. 2 Satz 2 sollte auf Verständlichkeit und klare Ausfüllbarkeit geachtet werden, da es in der derzeitigen Form zu einer Vermischung verschiedener Parameter kommt. Einerseits wird nach der Anzahl der Anfallstellen gefragt, die jedoch nicht eindeutig definiert sind. Andererseits kann dieser unklaren Anzahl eine Einheit zugeordnet werden, wie zum Beispiel Einwohner, Haushalte oder Behälter. Dieser hohe Freiheitsgrad in der Berichterstattung erschwert potenziell eine einheitliche Normierung der Ergebnisse. In den zugesendeten Ergebnissen des Statistischen Bundesamts wurde dieses Erhebungsdetail nicht berücksichtigt. Die Zahlen wurden lediglich als Anfallstellen angegeben, ohne eine genaue Definition dieser Einheiten bzw. einer Normierung.

Tabelle 37: Anzahl der Wertmeldungen der örE nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2

Angaben der örE	Anzahl der Wertmeldung der örE in Kategorien nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2			
	a)	b)	c)	d)
Keine Werte geliefert	10 (2,6 %)	239 (61,3 %)	52 (13,3 %)	87 (22,3 %)
Null	16 (4,1 %)	82 (21,0 %)	63 (16,2 %)	162 (41,5 %)
Werte ohne Nullen	364 (93,3 %)	69 (17,7 %)	275 (70,5 %)	141 (36,2 %)
Wert geliefert	380 (97,4 %)	151 (38,7 %)	338 (86,7 %)	303 (77,7 %)
örE Anz. Gesamt	390	390	390	390

a) Anfallstellen bei denen Bioabfälle mittels Biotonne getrennt gesammelt werden,
b) Anfallstellen bei denen Bioabfälle mittels Biotonne getrennt gesammelt und zudem Bioabfälle selbst kompostiert werden
c) Anfallstellen bei denen ein Anschluss- und Benutzungszwang für eine getrennte Bioabfallsammlung mittels Biotonne besteht, die aber vom Anschluss- und Benutzungszwang befreit sind, weil sie ihre Bioabfälle selbst kompostieren
d) Anfallstellen bei denen kein Anschluss- und Benutzungszwang für eine Biotonne besteht und keine Getrenntsammlung von Bioabfällen mittels Biotonne erfolgt

In der Zuordnungsmethodik von Szenario B (siehe Tabelle 7) wurde die Zuordnung des Szenario A angepasst. Dabei wurde sichergestellt, dass die Gesamtanzahl der Anfallstellen gleichbleibt, jedoch die Anzahl der Anfallstellen der Nutzung der Heimkompostierung in den Kategorien "mit BT" und "ohne BT" neu verteilt wird, da diese Kategorien aufgrund fehlender Daten oder Informationen zur Heimkompostierung unterrepräsentiert waren, wie zuvor beschrieben. Die Verteilungskoeffizienten wurden intern mit Abfallanalyseexperten der Arbeitsgruppe diskutiert und so gewählt, dass eine möglichst realistische und praxisnahe Verteilung der Anfallstellen für die Heimkompostierung entsteht. Da auch für das Szenario B die lückenhafte Datenbasis der Anfallstellen aus der Erhebung des UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 besteht, liegt auch hier die Vermutung nahe, dass trotz deutlich höherem Ergebnis der Wert immer noch unterschätzt wird. Dennoch müssen die Grundannahmen für Szenario B in folgenden Untersuchungen durch Evidenz belegt werden.

8.2 Aufkommensvergleich mit anderen Studien

Zur Beurteilung der Szenarienergebnisse kann ein Vergleich mit anderen spezifischen nationalen, internationalen und kommunalen Daten herangezogen werden (siehe Tabelle 38). Bei einer Literaturrecherche wurden fünf Werte gefunden, die darauf hindeuten, dass bisher nur wenige Instanzen versucht haben, die Heimkompostierung zu berichten. Frankreich, ein strukturähnliches Land zu Deutschland, berichtete 65 kg/(E*a), etwas mehr als in Szenario B. Ähnliches gilt für das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern, das einen noch höheren Wert berichtete, was sich im Kontext des Szenario B möglicherweise durch seine stark ländliche Struktur erklären lässt. Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass die gemeldeten Werte eine enorme Spannweite aufweisen, was darauf hindeutet, dass die gemeldeten Aufkommen erhebliche Unterschiede in ihrer Berechnungs- oder Erhebungsmethodik aufweisen und möglicherweise regionale Unterschiede bestehen. Beide Szenarien lassen sich dennoch gut in den Kontext der nationalen und internationalen Vergleichsdaten einordnen. Szenario A repräsentiert ein Szenario mit geringerem Kompostierungsaufkommen, vergleichbar mit den unteren bis mittleren Werten der Vergleichsdaten. Szenario B zeigt ein höheres Aufkommen und positioniert sich in einem mittleren Bereich der internationalen Praxis. Aufgrund der kleinen

Anzahl vergleichbarer Aufkommenswerte ist eine Aussage darüber, welches Szenario das deutsche Aufkommen besser repräsentiert, jedoch beschränkt.

Tabelle 38: Gemeldetes Aufkommen heimkompostierter Abfälle kommunal, national und international

Berichtet von	Aufkommen heimkompostierter Abfall (kg/(E*a))	Quelle
Szenario A	21,24	
Szenario B	56,82	
Berlin	14,1	(Vogt & Harju, 2023)
Finnland	16	UBA TEXTE 86/2023 (Vogt et al., 2023)
Frankreich	65	UBA TEXTE 86/2023 (Vogt et al., 2023)
Mecklenburg-Vorpommern	71	UBA TEXTE 84/2014 (Krause et al., 2015a)
Österreich	94	(BMK AT, 2023)[23]

8.3 Validierung über einen Potenzialvergleich von Garten-, Küchen- und Lebensmittelabfällen

Um zu überprüfen, ob die Masse der heimkompostierten Abfälle realistisch ist und inwiefern sie vom potenziellen Wert abweicht, wird ein Vergleich mit dem Potenzial an entsorgten Gartenabfall (siehe Kapitel 5.7.7) und dem Potenzial an entsorgten Küchen- und Lebensmittelabfällen aus privaten Haushalten gezogen.

8.3.1 Vergleich der Gartenabfälle

Für Gartenabfälle wurde ein Potenzial von 200,81 kg/(E*a) basierend auf der verfügbaren Gartenfläche privater Haushalte von 8.470 km^2 und der Aufwuchszahl von 2 kg/m^2*a bestimmt. Bei der Hochrechnung wurde berücksichtigt, dass eine angemessene Heimkompostierung nur auf Grundstücken mit einer typischen Außenbereichsbebauung stattfinden kann, d. h. auf Grundstücken mit Garten und 1 - 6 Wohneinheiten. Diese Fläche umfasst insgesamt 7.195 km^2 und damit 85 % der gesamten verfügbaren Gartenfläche privater Haushalte. Das Gesamtpotenzial reduziert sich daher überschlägig um 30,2 kg/(E*a) auf 170,58 kg/(E*a) und das Potenzial für die Heimkompostierung von 64,33 kg/(E*a) (siehe Berechnung in Kapitel 5.7.7 sowie (Richter et al., 2019)) auf 54,65 kg/(E*a) (siehe Tabelle 39).

[23] 840.000 Tonnen gemeldet für 2021 bei einer Einwohnerzahl von 8.932.664

Tabelle 39: Zusammensetzung des Gartenabfallpotenzials nach Entsorgungspfaden basierend auf Ausgangsdaten in Kapitel 5.7.7

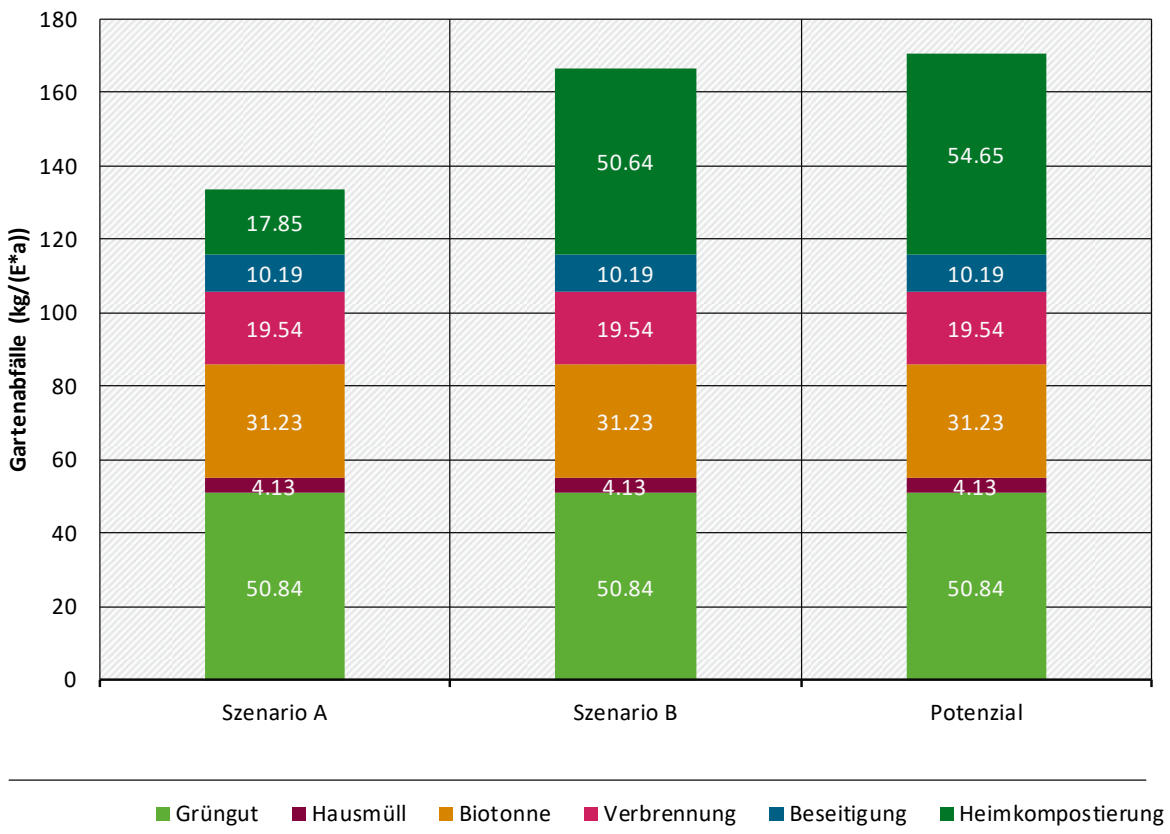
Entsorgungspfade		Potenzial (kg/(E*a))
Innerhalb AB		170,58
	Grüngut	50,84
	Restmülltonne	4,13
	Biotonne	31,23
	Verbrennung	19,54
	Beseitigung	10,19
	Heimkompostierung	54,65
Außerhalb der AB		30,23

Ein Vergleich der Szenarien A und B mit dem Potenzial für Gartenabfälle innerhalb der außenbereichstypischen Schicht (siehe Abbildung 15) zeigt, dass für die Heimkompostierung das Szenario A eine erhebliche Differenz von knapp 37 kg/(E*a) oder 66,6 Prozent der Masse aufweist, was darauf hinweisen könnte, dass diese Masse entweder unterschätzt wird bzw. in andere nicht erfasste Entsorgungspfade fällt und das Potenzial nicht ausgenutzt wird. Das Szenario B hingegen weist eine sehr geringere Differenz von etwa 4,01 kg/(E*a) auf, was 97,7 Prozent des Potenzials für Heimkompostierung entspricht und hier das theoretische Potenzial an Gartenabfällen fast vollständig ausgeschöpft wird.

Im Verhältnis zum veranschlagten theoretischen Potenzial der Heimkompostierung liegt Szenario B deutlich näher an dem theoretisch abgeschätzten Maximum als Szenario A. Während Szenario A nur etwa 33 % des theoretischen Potenzials erreicht, wird in B 92,6 % des Potenzials abgeschöpft. Hier kommt die Korrelation der Anfallstellen der Schichtungsmatrix zum Tragen, da aufgrund vieler Fehlwerte (siehe Tabelle 37) und fehlender Information zur Heimkompostierung (z. B. UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 d)) im Szenario A an deutlich weniger Anfallstellen heimkompostiert wird als im Szenario B. Szenario B fügt sich gut in die Verteilung der Entsorgungswege von Gartenabfällen in Tabelle 12 aus Kapitel 5.7.7 ein. Der dort genannte Wert zur Heimkompostierung von 55 kg/(E*a) setzt sich aus im Garten verbleibenden Biomassen, u.a. durch Eigenkompostierung und Mulchen, zusammen. Das Aufkommen nach Szenario B liegt mit 50,64 kg/(E*a) ebenfalls mit 4,01 kg/(E*a) knapp unterhalb dieses Wertes.

Eine Aussage zur Verwertungsqualität (Schnellkomposter, Komposthaufen, Mulchen, Flächenrecycling o. ä.) an der Anfallstelle kann über die gewählte Differenzmethodik für beide Szenarien nicht ermittelt werden.

Abbildung 15: Vergleich der Berechnungen zur Heimkompostierung von Gartenabfälle mit dem theoretischen, maximalen Potenzial



Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

8.3.2 Vergleich der Küchen- und Lebensmittelabfälle

Für den Vergleich der heimkompostierten Küchen- und Lebensmittelabfälle werden Daten aus der GfK-Studie von 2020 (Hübsch, 2021)[24] sowie aus der UBA-Studie zur "Verpflichtenden Umsetzung der Getrenntsammlung von Bioabfällen" (Krause et al., 2015) herangezogen. Diese Studien haben Werte für die Kompostierung von mehr als 10 kg pro Einwohner und Jahr ermittelt. Szenario A liegt mit 1,82 kg/(E*a) Küchenabfällen bzw. 3,39 kg/(E*a) küchenstämmigen Abfällen deutlich unter diesen Werten, ebenso Szenario B mit 3,03 kg/(E*a) Küchenabfällen bzw. 6,18 kg/(E*a) küchenstämmigen Abfällen. Aufgrund der geringen Differenz in Szenario B wird angenommen, dass es eine realistischere Schätzung der tatsächlichen Masse darstellt. Eine Überschätzung der Massen wird aufgrund der Differenz zum Potenzial in beiden Szenarien nicht angenommen.

8.3.3 Validierung der durchschnittlichen Gartenfläche

Im Durchschnitt ergibt sich in Szenario A eine Gartenfläche von 630,2 m^2 und im Szenario B von 326,7 m^2 pro Anfallstelle mit Heimkompostierung (siehe Tabelle 40). Zur Einordnung dieser Flächen wurde ein Studienvergleich gewählt, um zu überprüfen ob ermittelte Flächen zu hoch oder zu niedrig ausfallen. Im Vergleich fällt Szenario A deutlich höher aus als jede andere untersuchte Quelle während Szenario B sich nur leicht unterhalb der Befragungen der Hochschule Geisenheim (Sparke & Lehberger, 2021) und Gardena (Gardena, 2023) bewegt. Die

[24] Kompostierte Lebensmittelmengen S.42ff

Zahlen sind jedoch nur bedingt vergleichbar, da die Fremduntersuchungen nicht der gleichen Untersuchungsmethodik bzw. Kriterien entsprechen. Das heißt kleine Privatgärten außerhalb des AB könnten hier miterfasst worden sein, weshalb deren Gartenflächen geringer ausfallen.

Tabelle 40: Mittlere Gartenflächen im Vergleich

Berichtet von	Mittlere Gartenfläche (m^2)	Quelle
Szenario A	630,2	Eigene Hochrechnung
Szenario B	326,7	Eigene Hochrechnung
Geoportalsanalyse[1]	527,2	Eigene Untersuchung
Hochschule Geisenheim[2]	377	(Hochschule Geisenheim, 2021)
Gardena[3]	339	(Gardena, 2023)

[1] Satellitenuntersuchung von 800 Grundstücken
[2] Befragung von 510 Personen
[3] Umfrage mit 1000 Teilnehmenden

9 Bewertung und Diskussion

9.1 Einschätzung der Ergebnisse

In beiden Szenarien wird ein realistisches Bild des Aufkommens und der Stoffgruppenzusammensetzung der Heimkompostierung in Deutschland angestrebt, basierend auf einem gemeinsamen Hochrechnungsmodell. Die Schichtungsmatrizen unterscheiden sich jedoch in der Zuteilung der Anfallstellen, was zu einer signifikanten Differenz im erwarteten Aufkommen führt (Szenario A: 21,24 kg/(E*a); Szenario B: 56,82 kg/(E*a)). Die Validierung, welches Szenario realistischer ist, ist entscheidend.

Im Szenario A wird die Zuordnung der Anfallstellen auf Basis unzureichender Daten vorgenommen, wodurch der Anteil der Heimkompostierenden möglicherweise unterrepräsentiert ist. Viele örE konnten keine spezifischen Daten liefern, was auf Mängel in der Datenerhebung hinweist. Szenario B passt die Zuordnung an, um eine realistischere Verteilung der Anfallstellen zu erreichen, wobei die Gesamtanzahl gleichbleibt.

Der Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien zeigt, dass die Werte für die Heimkompostierung stark variieren, wobei Szenario A im unteren Bereich und Szenario B im mittleren Bereich der internationalen Praxis einzuordnen sind. Aufgrund der begrenzten Vergleichsdaten ist jedoch eine klare Aussage zur Repräsentativität der Szenarien schwierig.

Ein Vergleich der heimkompostierten Gartenabfälle zeigt, dass Szenario B nahezu das gesamte theoretische Potenzial der im Garten verbleibenden Biomasse nutzt, während Szenario A deutlich darunterbleibt. Ähnliches gilt für Küchen- und Lebensmittelabfälle, wo Szenario B realistischere Schätzungen liefert. Die durchschnittlichen Gartenflächen pro Anfallstelle variieren zwischen den Szenarien, wobei Szenario A tendenziell höhere Werte zeigt, die jedoch möglicherweise nicht mit anderen Studien vergleichbar sind.

Die Berechnung der Ergebnisse beruht auf der laut Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 zulässigen Differenzmethode, welche sich der indirekte Messungen der Hausmüll-, Bioabfall- und Grüngutmengen bedient. Im ersten Schritt erfolgt die Paarbildung zur Differenzermittlung anhand der Bereitstellung einer Biotonne (Paarteil 1 ohne Biotonne, Paarteil 2 mit Biotonne), da dieser Parameter bereits über die Abfallregister der örE für die Probenahmeplanung verfügbar ist. Im zweiten Schritt werden die Paare danach gebildet, ob sie eine unterschiedliche Konfiguration hinsichtlich der Heimkompostierung aufweisen (aktiver Betrieb der Heimkompostierung, kein Betrieb der Heimkompostierung). Die auf Grundstücken anfallenden Organik-Massen (Küchen- und Gartenabfälle) werden jeweils auf einem Grundstück mit Heimkompostierung und auf einem Grundstück ohne Heimkompostierung bestimmt und pärchenweise verglichen. Dazu musste eine ausreichend große Anzahl an Pärchen repräsentativ bestimmt und analysiert werden. Durch den gewählten Match-Pair Ansatz (Anhang A.9) konnte die Varianz der Stichprobenuntersuchung und damit auch der benötigte Stichprobenumfang geringgehalten werden.

Aufgrund fehlender Verzeichnisse der betriebenen Heimkompostierungen wurden die Grundstücke mit Heimkompostierung indirekt über die in den örE vorliegenden Verzeichnisse zum Biotonnenanschluss bestimmt. Dies hat zu einem Verlust von 33 % der ausgewählten und analysierten Stichprobenpärchen geführt, da für diese Pärchen in beiden Paarteilen keine Heimkompostierung oder in beiden Paarteilen eine Heimkompostierung vorlag. Dies hat in der Folge die Belastbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigt.

Ein weiterer Aspekt der Differenzmethode hat gezeigt, dass die Grüngutmenge nur über eine Befragung der Grundstücksbesitzer im Anschluss an die Haus- und Bioabfallanalyse bestimmt

werden konnte. Für die Grüngutmenge, die einen wesentlichen Anteil der organischen Abfälle in der Heimkompostierung ausmacht, wurden Korrekturen auf Basis von Aufwuchsraten vorgenommen. Für die Berechnung der Belastbarkeit der Ergebnisse wurden daher nur valide, nicht korrigierte Messergebnisse herangezogen.

Gleichwohl konnten Genauigkeiten für die Heimkompostierungsmenge bestimmt aus der Abfallanalytik (d.h. ausgenommen der abgeschätzten Menge aus der Befragung zur Grüngutsammlung) und differenziert nach küchen- und gartenstämmig in einem Bereich von ± 10 Prozent ermittelt werden.

Die weitaus größere Unsicherheit der hochgerechneten Heimkompostierungsmenge ist auf die Statistik zum Anschluss der Grundstücke mit Heimkompostierung (Anfallstellen) nach UStatG §3 Abs.2 Satz 2 zurückzuführen. Die Statistik basiert auf folgenden Grundannahmen, die aus den Angaben der örE abgeleitet werden, geht aber im Weiteren nicht auf folgende Konstellationen, für die Grundstücke mit Heimkompostierung zuordenbar wären, ein. Dies ist auf die „Erhebungsgrundsätze“ bei DESTATIS-Erhebungen zurückzuführen, für die annahmebasierte Schätzungen ausgeschlossen sind. Basierend auf der UStatG Erhebung ohne annahmebasierte Schätzungen wurde Szenario A entwickelt. Weiterhin ist der Nachweis eines echten Betriebes der Heimkompostierung für die Befreiung der Biotonne der nationalen Statistik kaum durchführbar. Diese Kontrollen sollen von den örE eingeführt werden, um zu gewährleisten, dass die Heimkompostierung auch durchgeführt wird bzw. ordnungsgemäß ausgeführt wird. Die Validierung der hochgerechneten Schätzwerte, basierend auf Kennwerten zu Aufwuchsraten von Grünabfällen, Erfahrungswerten zu Küchenabfällen aus privaten Haushalten sowie Vergleichsdaten aus anderen Studien (Richter et al., 2019), zeigte, dass die theoretisch erwartbaren Organikmengen für die Heimkompostierung deutlich höher liegen als die im Szenario A berechneten Werte. Die Gesamtmengen der heimkompostierten Abfälle übersteigen somit die in Szenario A prognostizierten Werte erheblich. Für diese annahmebasierte Hochrechnung durch Experteneinschätzungen wurde Szenario B entwickelt.

Die Hochrechnung der Gesamtmengen der zu erwartenden Organik-Massen, die heimkompostiert werden, wird damit von der Anzahl der zu berücksichtigenden Anfallstellen mit Heimkompostierung und zweitrangig von der Genauigkeit der Stichprobenuntersuchung bestimmt. Hierin wird auch das größte Optimierungspotenzial für zukünftige Untersuchungen zur Heimkompostierung gesehen.

Bedeutung von Küchenabfällen und Grüngut im Gesamtbild

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die mengenmäßige Bedeutung der Gartenabfälle im Vergleich zu den Küchenabfällen. Es ist festzustellen, dass die Bestimmung der Küchenabfälle aufgrund ihrer klaren Zuordnung zu den Entsorgungspfaden statistisch präziser erfasst werden kann als die Gartenabfälle. Dennoch zeigt die erhebliche Masse der Gartenabfälle, dass der Beitrag der Küchenabfälle insgesamt eher gering ist. Dieser Punkt sollte bei der Optimierung der Datenerhebung für zukünftige Untersuchungen in Betracht gezogen werden.

9.2 Verbesserungsvorschläge

Die verfügbaren Daten zur Erstellung von Auswahlgrundlagen und Schichtungsmatrizen für eine belastbare Hochrechnung weisen mehrere Schwächen auf, die einer kritischen Betrachtung unterliegen.

a) Erstellung der Auswahlgrundlage für die Stichproben: Zunächst besteht ein beträchtlicher Verlust (46 %) zwischen den erhobenen Stichproben und den tatsächlich für die Analyse verwendbaren Stichproben oder Paarungen (69 von 127 Paarungen). Darüber hinaus war

die Anzahl der Grundstücke mit Biotonne und Heimkompostierung, die für Probenentnahmen zur Verfügung standen, äußerst begrenzt. Um diese Schwäche zu beheben, sollte vor einer erneuten Probenentnahme eine gezielte Identifizierung von Grundstücken zur Paarung mithilfe von Satellitenaufnahmen erfolgen, um im Vorfeld zu klären, ob dort tatsächlich Heimkompostierung betrieben wird. Dieser Ansatz könnte dazu beitragen, den Verlust an Stichproben zu reduzieren und die statistische Stabilität der Ergebnisse zu verbessern.

b) Erstellung der Schichtungsmatrizen zur bundesweiten Hochrechnung: Ein weiterer Verbesserungspunkt betrifft die Ermittlung von Anfallstellen und ihrer Zuordnung zur Heimkompostierung. Die bisherige Erhebung gemäß UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 deckt dieses Thema nur unzureichend ab und ist insgesamt lückenhaft, da die meisten örE keine Erhebung des UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 b betreiben und es insgesamt noch viele Anfallstellen ohne Information zur Heimkompostierung bei Biotonnennutzern gibt (UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 a bzw. b) gibt. Eine Umverteilung der Anfallstellen war daher notwendig, um ein möglichst realistisches Bild abzubilden. Weiterhin wird auch keine Information zur Heimkompostierung bei Anfallstellen bei denen kein Anschluss- und Benutzungszwang für eine Biotonne besteht und keine Getrenntsammlung von Bioabfällen mittels Biotonne erfolgt (UStatG §3 Abs.2 Satz 2 d) erhoben. Ein möglicher Lösungsansatz wäre die Durchführung von Umfragen (z.B. durch Zensus), um die Schätzer und Verteilungsfaktoren der Grundstücke zu stabilisieren und eine klare Zuordnung zur Heimkompostierung zu ermöglichen.

c) Weitere Schwachpunkte: Auf kommunaler Ebene gestaltet sich die Quantifizierung anderer Entsorgungswege wie z. B. die Grüngutsammlung als herausfordernd, da diese auch Parkabfälle und nicht aus privaten Haushalten stammende Gartenabfälle umfassen. In zukünftigen Studien zum Thema Heimkompostierung sollten auch private Grüngutsammler zu Abschätzung dieser Menge mit involviert werden. Die Hochrechnung von Gartenabfällen ist stark abhängig von den gängigen Aufwuchsraten von 2 Kilogramm pro Quadratmeter Gartenfläche und Jahr, welche jedoch in starker Abhängigkeit zum Jahresklima z.B. Trockenheitseinfluss stehen. Eine Änderung dieser Rate könnte die Ergebnisse erheblich beeinflussen. Eine mögliche Lösung könnte sein, Gartenflächen weiter in Kategorien mit unterschiedlichen Aufwuchsraten zu unterteilen.

d) Die derzeitige Umlegung des ermittelten Anteils der Heimkompostierung in Kleingartenanlagen aus einem kommunalen Bereich auf alle kommunalen Bereiche in Deutschland basiert auf einer Differenzrechnung über das Aufwuchspotenzial. Für eine detailliertere Hochrechnung müssten weitere Studien durchgeführt werden, um eine genauere Aufteilung zwischen Grüngutsammlung und Heimkompostierung zu erzielen und somit eine höhere Sicherheit zu gewährleisten.

e) Paarbildung: Die Annahme, dass Grundstücke mit Biotonne keine Heimkompostierung betreiben und umgekehrt, muss überdacht werden. Die Realität zeigt, dass diese Annahme oft nicht zutrifft. Es sollte zukünftig vor Beprobung bereits bekannt sein, wer Heimkompostierung betreibt.

f) Erhebung nach UStatG: Die Qualität der erhobenen Anfallstellen und viele Leerstellen müssen validiert werden. Es gibt ungemeldete Heimkompostierungen sowie solche, die zur Befreiung gemeldet, aber nicht oder nur geringfügig betrieben werden. Eine Aussage über die Qualität der Kompostierung kann über diese Erhebung direkt nicht vorgenommen werden. Weiterhin müssten Anfallstellen standardisiert werden, so dass gemeldete Zahlen mit unterschiedlicher Einheit zusammengeführt werden können.

g) Fragebögen: Die Befragung müsste detaillierter erfolgen damit mehr metrische und weniger kategorische Antworten abgegeben werden, insbesondere zur Aufnahme von Daten zur Qualität des Heimkompostbetriebs als auch der entsorgten Grüngutmenge über ein Hol-/Bringsystem.

h) Zur vertieften Bewertung wird empfohlen, in zukünftigen Projekten eine qualitative Untersuchung des Heimkompostierung durchzuführen, um daraus auch Rückschlüsse auf die Klimawirkungen ziehen zu können.

9.3 Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen

Es handelt sich bei den vorliegenden Zahlen um eine überschlägige Rechnung. Die angewandte Berechnungsmethode kann dazu führen, dass der Umfang der Heimkompostierung in Kleingartenanlagen tendenziell zu groß angesetzt wird. Dies liegt daran, dass bestimmte Entsorgungswege wie illegale Verbringung oder Verbrennung in den Berechnungen nicht berücksichtigt wurden. Eine Aussage zur Präzision und Zuverlässigkeit dieser statistischen Schätzung ist nicht quantifizierbar. Studien zum Aufkommensvergleich von Gartenabfällen aus Kleingartenanlagen sind zum Zeitpunkt der Studienausführung nicht vorhanden.

10 EU-Berichterstattung

10.1 Fragebogen zur Berichterstattung

Die Berichterstattung an die EU-Kommission erfolgt mittels des Excel-Fragebogens „Municipal Waste Reporting Obligation (MWRO)“, der auf der Homepage von Eurostat zum Download zur Verfügung steht[25]. Der Fragebogen enthält sowohl die Datentabelle als auch den Qualitätskontrollbericht für die Berichterstattung an die EU. Die Datentabelle und der Qualitätskontrollbericht basieren auf den Vorgaben des Anhangs V des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004.

Der Fragebogen beinhaltet zwei Blätter mit Datentabellen (Tabelle 2 und Tabelle 3) und zwei Blätter mit den Qualitätskontrollberichten zu den beiden Datentabellen. Für die Berichterstattung sind für Deutschland nur die Tabelle 2 „Material breakdown“ und der zugehörige Qualitätskontrollbericht relevant (siehe ausgefüllt in Kapitel 10.5).[26]

Anhang A.10 zeigt Tabelle 2 des Fragebogens, welche das Siedlungsabfallaufkommen aufgeschlüsselt nach Materialien sowie die verwerteten bzw. beseitigen Massen je Material gemäß den Formatvorgaben des Anhangs V des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 abfragt. In Zeile 14 von Tabelle 2 wird der heimkompostierte Bioabfall (bio-waste separated and recycled at source) abgefragt. Anzugeben sind in Spalte H die heimkompostierte Masse und in Spalte T die recycelte Masse. Im Falle der Heimkompostierung entsprechen sich diese beiden Massen.

Die Beschreibung der Methodik und der Datenqualität erfolgt in Abschnitt 3.2.10 (siehe Anhang A.2) des Qualitätskontrollbericht zu Tabelle 2 („QR Table 2 - Material-breakdown“). Der Qualitätskontrollberichts entspricht inhaltlich den Vorgaben des Abschnitts 3.2.10 in Anhang V, Teil B des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004, enthält jedoch einige wenige Ergänzungen bzw. Präzisierungen der abgefragten Informationen.

Die Beschreibung der Methode ist im Qualitätskontrollbericht aufgeteilt in eine allgemeine Beschreibung und in die detailliertere Erläuterung spezifischer methodischer Aspekte. Die methodischen Beschreibungen im Qualitätskontrollbericht sollten generell kurz und prägnant gefasst werden. Für detaillierte methodische Informationen sollte auf Referenzen verwiesen werden, die in Abschnitt 6 „Main national websites, reference documents and publications“ des Qualitätskontrollberichts aufgeführt werden können.

Des Weiteren sind in Abschnitt 3.2.14 methodische Änderungen gegenüber dem Vorjahr sowie deren mengenmäßiger Einfluss zu erläutern. Führt eine Methodenänderung zu einem Bruch in der Zeitreihe, dann ist die entsprechende Zahl in Tabelle 2 mit der Standard-Fußnote „B“ für „Break in time series“ zu versehen.

10.2 Berichterstattung Deutschlands für die Jahre 2020 und 2021

Die Heimkompostierung von Bioabfällen wurde von Deutschland erstmalig für das Berichtsjahr 2020 an die EU berichtet. Die Schätzung der heimkompostierten Masse erfolgte mit Hilfe des Faktors Bioabfall/Anfallstelle, der auf Basis der getrennt erfassten Bioabfälle aus Haushalten und der Zahl der Anfallstellen mit Biotonne ermittelt wurde, und der anschließenden

[25] https://circabc.europa.eu/ui/group/b01d2930-990e-44fb-9121-a9a6b00a1283/library/f30aad90-8238-4dda-ab91-a280964d0a99/details

[26] Tabelle 3 „Recycling rate“ und der zugehörige Qualitätskontrollbericht sind nur von den EU-Mitgliedsländern auszufüllen, die die Erreichung der Recyclingquote für Siedlungsabfälle gemäß den Vorgaben von Anhang IV („altes“ Berichtsformat) berichten, was für Deutschland nicht zutrifft

Hochrechnung mittels der Zahl der Anfallstellen mit Eigenkompostierung. Die für das Berichtsjahr 2020 ermittelte Masse beträgt 2,553 Mio. Tonnen. Mangels einer aktuelleren Datengrundlage wurde für das Berichtjahr 2021 der gleiche Wert berichtet wie für 2020 berichtet.

10.3 Berichterstattung für Deutschland für das Jahr 2022

Gemäß der Methode der indirekten Messung des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 Anhang II Satz 5 wurde für das Referenzjahr 2022 eine umfassende und repräsentative Studie durchgeführt. Die Studie „Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung“ (FKZ: 3721 33 302 0) (UBA, 2024) zielte darauf ab, die Masse an getrennt gesammelten biologischen Siedlungsabfällen zu bestimmen, die aktiv kompostiert wurden. Für die Berichterstattung wird das Szenario A der Studie genutzt, für welches ein Aufkommen von 2.284.736 Mg Bioabfällen ermittelt wurde, die an der Anfallstelle getrennt erfasst und über Heimkompostierung recycelt wurden. Dieses Aufkommen kann in Tabelle 2 des Fragebogens (siehe Anhang A.10) in der Zeile „Bio-waste separated and recycled at source“ als generierte Masse und als 100-Prozent recycelte Masse berichtet werden.

10.4 Ableitung einer Berechnungsformel

Nach dem Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 Anhang II ist die Formel zur Berechnung der Masse an der Anfallstelle getrennter und recycelter biologischer Siedlungsabfälle folgendermaßen aufzustellen:

$$m_{MBWRS} = \sum n_{ARUi} \times (m_{Fi} + m_{Gi}) \qquad (33)$$

Dabei ist:

- m_{MBWRS} - Masse der an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle;
- n_{ARUi} - Anzahl aktiver Recyclingeinrichtungen für das Recycling von biologischen Siedlungsabfällen an der Anfallstelle in Teilstichprobe i;
- m_{Fi} - Masse der an der Anfallstelle recycelten biologischen Siedlungsabfälle (Lebensmittel- und Küchenabfälle) je aktive Recyclingeinrichtung in Teilstichprobe i;
- m_{Gi} - Masse der an der Anfallstelle recycelten biologischen Siedlungsabfälle (Garten- und Parkabfälle) je aktive Recyclingeinrichtung in Teilstichprobe i.

Diese Berechnungsformel lässt sich adaptieren anhand der absoluten Masse an heimkompostierten Abfällen umgerechnet für ein spezifisches Aufkommen für Anfallstellen an denen heimkompostiert wird. Dabei bilden die Summe der Stoffgruppen Küchenabfälle, Sonstige kompostierbare Stoffe, kompostierbares Papier und Rest ≤ 10 mm den Koeffizienten m_F für recycelte biologischen Siedlungsabfälle küchenstämmiger Abfälle und die Stoffgruppe Gartenabfälle den Koeffizient m_G. Die Anzahl aktiver Recyclingeinrichtungen n_{ARU} wird dargestellt durch die Anzahl aller Anfallstellen mit Heimkompostierung. Des Weiteren wird die hochgerechnete Masse aus den Kleingartenanlagen auf das Ergebnis addiert. Diese kann den Anfallstellen nicht zugeordnet werden, da sie der Differenz des Gartenabfallpotenzial und der Grüngutsammlung entspricht. Parkabfälle sind nicht im Koeffizienten m_G enthalten, da sie nicht Bestandteil der Studie waren. Dennoch könnten sie in zukünftigen Untersuchungen, die speziell auf Parkabfälle ausgerichtet sind, erfasst und quantifiziert werden (siehe Gleichung *34*).

$$m_{HK} = n_{ARU} \times (m_F + m_G) + m_{KGA} \quad (34)$$

Dabei ist:

- m_{HK} – Heimkompostierte Abfallmenge in Deutschland
- n_{ARU} – Anzahl Anfallstellen mit Heimkompostierung
- m_F – Masse an küchenstämmigen Abfällen im Heimkompost
- m_G – Masse an Gartenabfall im Heimkompost
- m_{KGA} – Heimkompostierte Abfallmenge aus Kleingartenanlagen in Deutschland

Für Szenario A ergibt sich folgende Formel und Berechnung für das Jahr 2022[27] (und 2021):

$$4.380.285 \times \frac{(65{,}24\ Mg + 343{,}84\ Mg)}{1000} + 492.869\ Mg = 2.284.736\ Mg \quad (35)$$

$$2.284.736\ Mg / 84.358.845\ E * 1000 = 27{,}08\ \text{kg/E} \quad (36)$$

Für Szenario B ergibt sich folgende Formel und Berechnung für das Jahr 2022[28] (und 2021):

$$14.128.158 \times \frac{(36{,}87\ Mg + 302{,}37\ Mg)}{1000} + 492.869\ \text{Mg} = 5.285.774\ Mg \quad (37)$$

$$5.285.774\ Mg / 84.358.845\ E * 1000 = 62{,}66\ \text{kg/E} \quad (38)$$

Für das Referenzjahr 2022 kann weiterhin nach der Methodik aus Kapitel 5.7.6.1.3 eine neue Anzahl an Anfallstellen an denen heimkompostiert wird mittels der Anfallstellen gemeldet nach UstatG §3 Abs. 2 Satz 2 aus dem Jahr 2022 berechnet werden, welche zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht zur Verfügung standen. Andere Terme der Formeln nach Szenario A und B bleiben gleich.

10.5 EU-Qualitätskontrollbericht

Abschnitt 3.2.10. „Biologische Siedlungsabfälle, die an der Anfallstelle getrennt und recycelt werden“ gemäß Anhang V des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004

Abschnitt 3.2.10 des Qualitätskontrollberichts verlangt folgenden Informationen, die in die jeweiligen Boxen einzutragen sind:

[27] Die Anzahl an Anfallstellen für das Szenario A basieren auf den gemeldeten Anfallstellen nach UstatG §3 Abs. 2 Satz 2 aus dem Jahr 2021 beschrieben in Kapitel 5.7.6.1.3. Für das Jahr 2022 kann eine Neuberechnung nach Aktualisierung der Anzahl durchgeführt werden.

[28] Die Anzahl an Anfallstellen für das Szenario A basieren auf den gemeldeten Anfallstellen nach UstatG §3 Abs. 2 Satz 2 aus dem Jahr 2021 beschrieben in Kapitel 5.7.6.1.3. Für das Jahr 2022 kann eine Neuberechnung nach Aktualisierung der Anzahl durchgeführt werden.

„Allgemeine Beschreibung der angewandten Methodik, einschließlich der Verwendung direkter und indirekter Messungen sowie der Anwendung einer vereinfachten Methodik zur Messung von biologischen Siedlungsabfällen, die an der Anfallstelle getrennt und recycelt werden."

Gemäß der Methode der indirekten Messung des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 Anhang II Satz 5 wurde für das Referenzjahr 2022 eine umfassende und repräsentative Studie durchgeführt. Die Studie „Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung" (FKZ: 3721 33 302 0) zielte darauf ab, die Masse an getrennt gesammelten biologischen Siedlungsabfällen zu bestimmen, die aktiv von privaten Haushalten und Grundstücken kompostiert wurden. Dabei wurde die Differenzmethode nach dem Match-Pair-Ansatz angewendet. Die Angaben und Verweise in der Berichterstattung beziehen sich auf den vorläufigen Abschlussbericht, welcher im Laufe des Jahres 2024 veröffentlicht wird. Die Methode basiert in Übereinstimmung mit Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 Anhang II Satz 11 auf repräsentativen Stichproben und geeigneten Teilstichproben. Die Ergebnisse dieser Erhebungen sind nach wissenschaftlich anerkannten statistischen Verfahren statistisch signifikant.

Die indirekte Messung basierte auf Abfallanalysen von Hausmüll und Bioabfall privater Haushalte sowie deren Befragungen zur Masse des Grünguts, das außerhalb des Grundstücks entsorgt wurde (siehe Kapitel 5.6.2 und 5.6.3). Das Methodenkonzept umfasst zwei Hauptkomponenten: eine repräsentative Stichprobenerhebung durch Sortieranalysen des Hausmülls und der Biotonnenabfälle sowie eine umfassende Befragung der Haushalte und Grundstücke. Diese Befragungen enthalten Informationen zur Grüngutentsorgung, zum Kompostierungsverhalten und weiteren relevanten Aspekten der Gartennutzung.

Zur Bestimmung der Differenzmenge der Stichprobenpärchen wurde ein mehrstufiges geschichtetes Stichprobenkonzept genutzt (siehe Kapitel 5.3). Die Hochrechnung der Differenzergebnisse erfolgte anhand von Einwohnerzahl, Gartenflächen und Anfallstellen gemäß UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (siehe Kapitel 5.7). Zusätzlich zur Heimkompostierung in privaten Haushalten wurde auch die Heimkompostierung in Kleingartenanlagen berücksichtigt und aufaddiert (siehe Kapitel 5.8).

„Beschreibung der Methoden, die angewandt werden, um mithilfe von Registern oder Erhebungen die Anzahl aktiver Recyclingeinrichtungen oder die Anzahl der Personen zu ermitteln, die am Recycling von an der Anfallstelle getrennten biologischen Siedlungsabfällen beteiligt sind, und um sicherzustellen, dass die Anzahl aktiver Recyclingeinrichtungen nur Recyclingeinrichtungen umfasst, die von den Abfallerzeugern aktiv genutzt werden."

Zur Ermittlung wurden die Anfallstellen gemeldet nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (siehe Kapitel 5.7.6.1.3) aus dem Berichtsjahr 2021 genutzt und nach Konfigurationen mit bzw. ohne Biotonnennutzung und mit bzw. ohne Heimkompostierung nach Szenario A der Studie zugewiesen (siehe Kapitel 5.7.6.1.3 und Kapitel 7.2). Die Zuordnung erfolgt unter der Annahme, dass grundlegend nur auf privaten Grundstücken in außenbereichstypischer Bebauung, d. h. an Anfallstellen mit einem Gebäude mit 1-6 Wohneinheiten und Garten, auch heimkompostiert werden kann (siehe Kapitel 5.7.6.3). Lokale Behörden führen teilweise Kontrollen auf privaten Grundstücken durch, um zu überprüfen, ob bei einer Befreiung von der Biotonnennutzung aufgrund von Heimkompostierung diese auch tatsächlich umgesetzt wird.

„Beschreibung der Methoden zur Ermittlung der Mengen von an der Anfallstelle getrennten und recycelten Siedlungsabfällen gemäß den Formeln in Anhang II."

Die methodischen Grundlagen zur Bestimmung der ermittelten Mengen an den Anfallstellen ist ausführlich im Kapitel 5.7.6.1 beschrieben. Die Berechnungsformel aus dem Anhang II Satz 1 des Durchführungsbeschlusses (EU) 2019/1004 kann angepasst werden. Dabei wird die absolute

Menge an heimkompostierten Abfällen berücksichtigt und auf spezifische Aufkommen für Anfallstellen mit Heimkompostierung umgerechnet. Dabei bilden die Summe der Stoffgruppen küchenstämmiger Abfälle (Küchenabfälle, sonstige kompostierbare Stoffe, kompostierbares Papier, Rest ≤ 10 mm) den Koeffizienten m_F und die Stoffgruppe Gartenabfälle den Koeffizienten m_G. Die Anzahl aktiver Recyclingeinrichtungen n_{ARU} wird dargestellt durch die Anzahl aller Anfallstellen mit Heimkompostierung. Des Weiteren wird die hochgerechnete Masse aus den Kleingartenanlagen auf das Ergebnis addiert. Diese umfasst nur Gartenabfälle ($n_{ARUi} = 1$; $m_F = 0$) und wird mit Gleichung 39 berechnet. Sie ist unabhängig von der Anzahl der Anfallstellen mit aktiver Heimkompostierung.

$$m_{HK} = n_{ARU} \times (m_F + m_G) + m_{KGA} \qquad (39)$$

Dabei ist:

- m_{HK} – Heimkompostierte Abfallmenge in Deutschland
- n_{ARU} – Anzahl Anfallstellen mit Heimkompostierung
- m_F – Masse an küchenstämmigen Abfällen im Heimkompost
- m_G – Masse an Gartenabfall im Heimkompost
- m_{KGA} – Heimkompostierte Abfallmenge aus Kleingartenanlagen in Deutschland

Die abgeleiteten Formeln 40 und 41 entsprechen dem Szenario A der Studie (Kapitel 10.4).

$$4.380.285 \times \frac{(65{,}24\ Mg + 343{,}84\ Mg)}{1000} + 492.869\ Mg = 2.284.736\ Mg \qquad (40)$$

$$2.284.736\ Mg / 84.358.845\ E * 1000 = 27{,}08\ kg/E \qquad (41)$$

„Ausführliche Beschreibung der Erhebungen, einschließlich ihrer Periodizität, Teilstichproben, Konfidenzniveaus und Konfidenzintervalle."

Die Erhebung über Sortierung und Befragung der zu untersuchenden Anfallstellen erfolgte über den Zeitraum 2022 - 2024 verteilt in vegetationsreichen und vegetationsarmen Jahreszeiten. Die der Analyse zugrunde liegende Teilstichprobe hat eine Beobachtungszahl von N = 69 Probenpärchen. Das Konfidenzintervall für die ermittelte Heimkompostierung liegt bei ± 7,5 % bei einem Konfidenzniveau von 95 %.

Die Berichterstattung kann jährlich durchgeführt werden. Für eine kontinuierliche Berichterstattung werden die oben genannten Formeln genutzt und die Anzahl der Anfallstellen mit Heimkompostierung n_{ARU} für das jeweilige Berichtsjahr aktualisiert. Hierfür werden jährlich Abfragen des deutschen statistischen Bundesamtes zur Anzahl aktiver Recyclingeinrichtungen für das Recycling von biologischen Siedlungsabfällen durchgeführt (siehe Gleichung 42).

$$m_{HK} = n_{ARU} \times \frac{(343{,}84\ Mg + 65{,}24\ Mg)}{1000} + 492.869\ Mg \qquad (42)$$

Die Anzahl der Anfallstellen mit betriebener Heimkompostierung wird nach Szenario A der Studie berechnet (siehe Kapitel 5.7.6.4) und setzt sich aus folgenden Zahlen zusammen:

- Anfallstellen mit verfügbarer Biotonne und betriebener Heimkompostierung entsprechen den gemeldeten Anfallstellen gemäß UStatG §3 Abs.2 Satz 2 b.

- Anfallstellen ohne Biotonne und mit betriebener Heimkompostierung entsprechen den gemeldeten Anfallstellen gemäß UStatG §3 Abs.2 Satz 2 c.

Zukünftig kann es zu Änderungen der heimkompostierten Menge durch folgende Parameter und Abfallströme kommen:

- Präzisere Zuordnung der Anfallstellen nach aktiver Heimkompostierung innerhalb des UStatG §3 Abs.2 Satz 2 bzw. Korrektur der Anfallstellen auf Basis von wissenschaftlichen Erhebungen. Verbesserung der Daten durch Überprüfung der lokalen Register
- Veränderungen bei der lokalen Sammlungsinfrastruktur und Gebührenordnung (Einführung Biotonne, Einführung Anschluss und Benutzungszwang, Entfallen der Möglichkeit zur Befreiung von der Biotonne durch Heimkompostierung usw.)
- Demographische Entwicklung
- Einflüsse durch Witterung (Aufwuchszahl)
- Erfassung heimkompostierter Parkabfälle
- Neue Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik von Gartenabfällen in Kleingartenanlagen

In Übereinstimmung mit Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 Anhang II Satz 10 sollen spätestens nach 5 Jahren (für Berichtsjahr 2027) erneut ausführliche Untersuchungen zur Heimkompostierungsmenge in Deutschland vorgelegt werden.

„Beschreibung der Maßnahmen, mit denen sichergestellt werden soll, dass die gemeldeten Mengen von an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfällen nicht zu hoch angesetzt sind (einschließlich der Anwendung eines Koeffizienten für den Feuchtigkeitsverlust).“

Die gemeldete Menge beträgt 21,24 kg/(E*a). Dies entspricht etwa 30 % des ermittelten, theoretischen Potenzials von Bioabfällen in der Heimkompostierung, das 70,6 kg/(E*a) beträgt. Dieses Potenzial setzt sich zusammen aus 60,6 kg Gartenabfällen (siehe Kapitel 8.3.1) und 10 kg Küchenabfällen (Krause et al., UBA Texte 84/2014, 2015). Die gemeldete Menge basiert auf den amtlich übermittelten Statistiken zu aktiv betriebenen Recyclingstellen. Diese sind möglicherweise zu niedrig angesetzt, da die Eigenkompostierung in Deutschland nicht Berichts- oder genehmigungspflichtig ist. Weiterhin sind eigenkompostierte Abfälle aus Park- und Grünanlagen nicht enthalten. Die tatsächlich eigenkompostierte Menge sollte also höher sein.

Der Einfluss des Feuchtigkeitsverlusts wird während der Sortierung bzw. Beprobung als vernachlässigbar gering eingeschätzt. Biologische Siedlungsabfälle unterliegen vom Zeitpunkt ihres Anfalls an einem kontinuierlichen Feuchtigkeits- und Rotteverlust. Die Proben an der Anfallstelle wurden immer am Tag der regulären Abholung gemessen. Der Verlust vor der Messung wird daher als vernachlässigbar eingeschätzt. Es finden keine Umrechnungen statt

„Beschreibung der Maßnahmen, mit denen sichergestellt werden soll, dass die Behandlung von an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfällen ordnungsgemäß durchgeführt wird und dass der recycelte Output verwendet wird und diese Verwendung Vorteile für die Landwirtschaft oder eine Verbesserung des Umweltzustands mit sich bringt.“

Genannte Maßnahmen können von der amtlichen Statistik nicht überprüft werden.

Die Komposte werden in den Boden zurückgeführt und sorgen so für einen Nährstoffkreislauf sowie eine Verbesserung der Bodeneigenschaften. Die nicht ordnungsgemäße Durchführung wird auf Basis der Nachbarschaftsordnung, kommunalen Satzung oder der Umweltgesetzgebungen geahndet.

Abschnitt 3.2.14. „Unterschiede zu den für die vorangegangenen Berichtsjahre gemeldeten Daten

Wesentliche methodische Änderungen der für das aktuelle Berichtsjahr verwendeten Berechnungsmethode im Vergleich zu der für frühere Berichtsjahre verwendeten Berechnungsmethode, falls vorhanden (insbesondere rückwirkende Revisionen, ihre Art und die Frage, ob ein Bruch in der Reihe für ein bestimmtes Jahr gekennzeichnet werden muss).“

Abschnitt 3.2.14 des Qualitätskontrollberichts verlangt folgenden Informationen, die in die jeweiligen Boxen einzutragen sind:

„Erläutern Sie alle wesentlichen methodischen Änderungen in Bezug auf die gemeldeten Daten zur Abfallbehandlung seit dem letzten Berichtsjahr.“

Für das Berichtsjahr 2021 wurde die Studie „Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung“ (FKZ: 3721 33 302 0) durchgeführt mit dem Ziel, die Menge an getrennt gesammelten biologischen Siedlungsabfällen präziser zu bestimmen, die aktiv kompostiert wurden. Die Studie nutzt wie in den Vorjahren die Erhebung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 zur Berechnung der Anzahl von Anfallstellen mit aktiver Heimkompostierung. Die methodische Änderung liegt in der Berechnung von Koeffizienten für küchenstämmige Abfälle und Gartenabfälle aus privaten Haushalten, welche zur Hochrechnung mittels Anfallstellen genutzt werden. Weiterhin wurde eine heimkompostierte Masse für Kleingartenanlagen berechnet und auf das Aufkommen aufaddiert.

„Erläuterung der Ursachen für die Mengenabweichung (welche Abfallströme, Sektoren oder Schätzungen haben die Abweichung verursacht und was ist die zugrunde liegende Ursache) für jeden Bestandteil der verwerteten Siedlungsabfälle, der eine Abweichung von mehr als 10 % von den für das vorangegangene Bezugsjahr vorgelegten Daten aufweist.“

Die zu berichtende Menge für das Berichtsjahr 2022 ist um 10,5 % geringer als die berichtete Menge aus 2021. Die Menge aus 2021 entspricht dem Ergebnis aus der erstmaligen Berichterstattung für 2020, welche über ein Schätzverfahren ermittelt wurde. Die über die Forschungsstudie „Ermittlung einer Datengrundlage zur Berechnung des Einflusses der Heimkompostierung auf die Bioabfallverwertung“ ermittelte Menge basiert auf einer detaillierteren Methodik als das Ergebnis der ersten Berichterstattung und weist ein statistisch repräsentatives und präziseres Ergebnis auf. Es ist wahrscheinlich, dass die derzeitige Methode zum jetzigen Zeitpunkt die Heimkompostierung systematisch unterschätzt, da einzelne Faktoren (v.a. die Anzahl der Anfallstellen) der Berechnung in zukünftigen Berechnungen sicherer bestimmt werden müssen und im Kontext der Untersuchungen in der Regel die niedrigeren Werte angenommen wurden.

"Berechnen Sie für jede Siedlungsabfallkomponente (Komponente bedeutet in diesem Zusammenhang jede in der Tabelle in Teil A definierte Abfallkategorie, z. B. Metalle, Glas, Kunststoffe, Papier und Pappe usw.) die prozentuale Veränderung der behandelten Abfälle im aktuellen Berichtsjahr im Vergleich zum vorherigen Jahr.“

Siedlungsabfallkomponente	Variation (%)	Hauptgrund für die Variation
Menge an getrennt gesammelten biologischen Siedlungsabfällen zu bestimmen, die aktiv kompostiert wurde	-10,5 %	Neue Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik

11 Abschlussfachgespräch

Im Rahmen des Abschlussfachgesprächs am 12. März 2025, an dem rund 40 Stakeholder teilnahmen – darunter auch Teilnehmende des vorangegangenen Stakeholder-Workshops – wurden die angewandte Methodik sowie die zentralen Ergebnisse des Projekts vorgestellt und diskutiert. Die Diskussion machte deutlich, dass es für die Weiterentwicklung der Berichtspflichten zur Heimkompostierung offene Fragen und Handlungsbedarfe gibt. Wesentliche Ergebnisse der Diskussion sollen im Folgenden zusammengefasst werden.

Im Vorfeld des Fachworkshops wurde die uneinheitliche Verwendung des Begriffs Heimkompostierung thematisiert. Begriffe wie Eigenkompostierung, Eigenverwertung oder – im europäischen Kontext – aktive Recyclingeinheit wurden diskutiert. Problematisch sind dabei insbesondere die unscharfen Definitionen im EU-Durchführungsbeschluss, die zu unterschiedlichen Interpretationen führen können. Sowohl das Umweltbundesamt als auch das Bundesumweltministerium betonten die Notwendigkeit einer klaren und belastbaren Begriffsbestimmung, die eine einheitliche Anwendung und Interpretation ermöglicht. Eine Differenzierung zwischen der bilanziellen Bestimmung über die Differenzmethode und einer tatsächlich betriebenen Eigenkompostierung im engeren Sinne wurde als sinnvoll erachtet. Auch die Abbildung des Grünguts im Rahmen der statistischen Erhebung wurde kritisch hinterfragt. Insbesondere die private Grüngutsammlung im Bring- und Holsystem wird im derzeitigen Durchführungsbeschluss nicht berücksichtigt, obwohl sie für die Differenzmethode eine wichtige Rolle spielt. Die Datenerhebung über Fragebögen bedarf einer detaillierteren Datenaufnahme der Menge an erfassten Grüngut im Hol- bzw. Bringsystem.

Ein weiteres Thema war die Identifikation und Quantifizierung der Anfallstellen von Heimkompostierung. Die bisherigen Daten, insbesondere solche, die auf § 3 Abs. 2 Satz 2 UStatG basieren, wurden aufgrund unklarer Einheiten, Datenlücken und mangelnder Vergleichbarkeit als qualitativ unzureichend bewertet. Mehrere Stakeholder äußerten zudem Zweifel an der Umsetzbarkeit entsprechender statistischer Erhebungen nach der derzeitigen Fassung des UStatG und wünschten sich vereinfachte, alternative Erhebungsmethoden, etwa in Form von regelmäßigen repräsentativen Umfragen, wie von der Projektgruppe vorgestellt und bevorzugt. Solche alternativen Ansätze könnten im Sinne eines Bürokratieabbaus praktikabler sein und gleichzeitig die Qualität der Daten verbessern. Sowohl eine Vollerhebung durch die örE als auch eine Aufnahme in den Mikrozensus wurden vorgeschlagen und kritisch betrachtet.

Zur Verbesserung der Datengrundlage wurde zudem vorgeschlagen, bereits bei der Proben- bzw. Gebietsauswahl die Eigenkompostierung gezielt zu berücksichtigen, um fundiertere Aussagen über deren Nutzung und Umfang treffen zu können. In der Praxis wurde dies bereits erprobt, erweist sich jedoch aufgrund fehlender belastbarer Auswahlkriterien als schwierig umsetzbar. Eine gezielte Berücksichtigung würde auch dazu beitragen, Paarungsverluste bei der Abgrenzung zwischen Bioabfallnutzung und Heimkompostierung zu verringern und die Gesamtaussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen. Perspektivisch könnten hierzu auch moderne Fernerkundungsverfahren wie hochauflösende Satellitenbilder oder Drohnenaufnahmen eingesetzt werden. Deren Anwendung setzt jedoch eine sorgfältige datenschutzrechtliche Prüfung sowie ggf. entsprechende Genehmigungsverfahren voraus. Schließlich wurde seitens einiger Beteiligter die Hoffnung geäußert, dass sich politisch eine tragfähige Lösung zur Umsetzung der Berichtspflichten finden lässt.

12 Fazit

Das Ziel des Forschungsvorhabens bestand darin, ein Konzept zur Erfassung und Berechnung der bundesdurchschnittlichen Mengen an Bioabfällen zu entwickeln, die auf privaten Grundstücken durch Heimkompostierung verwertet werden, um eine belastbare Datengrundlage für eine jährliche Berichterstattung zu schaffen. Die Erhebung der Heimkompostierungsmenge wurde erstmals durch eine Primärdatenerhebung auf Stichprobenbasis mithilfe der indirekten Differenzmethode durchgeführt. Hierbei wurde ein statistischer Ansatz nach der Pärchenweise-Methode angewendet (Machin, 2008). Erwartungsgemäß konnten nicht alle relevanten Stoffströme, die die Stichprobengrundstücke verlassen, durch praktische Erhebungen analysiert werden. Ein beträchtlicher Teil der Gartenabfälle verlässt die Grundstücke über anderweitige Erfassung im Bringsystem bzw. irregulärer Abholung und entzieht sich somit den etablierten Sammelsystemen für Hausmüll und getrennt erfassten Bioabfall. Dadurch basieren viele der Primärdaten auf Befragungsergebnissen der Grundstückseigentümer, die teilweise ungenau sein können.

Die Erstellung belastbarer Auswahlgrundlagen und Schichtungsmatrizen stellt sich als entscheidend heraus. Die Anwendung der Pärchenweise-Methode kann deutliche Vorteile bieten, wenn die Auswahlgrundlagen für die Stichprobengewinnung und die Messung der Grüngutabfälle verbessert werden. Durch einen mehrstufig geschichteten Ansatz können die Gebiete, für die Stichprobenverzeichnisse erstellt werden müssen, wesentlich eingegrenzt und der Aufwand somit reduziert werden. Dadurch können Grundstücke mit Heimkompostierung nach Nutzungstypen zuverlässig ausgewählt werden. Die Befragung der Haushalte hat sich jedoch als Schwachpunkt in der Qualitätssicherung für die Messung der Grüngutabfälle erwiesen. Die Befragung müsste detaillierter erfolgen damit mehr metrische und weniger kategorische Antworten abgegeben werden, insbesondere zur Aufnahme von Daten zur Qualität des Heimkompostbetriebs als auch der entsorgten Grüngutmenge über ein Hol-/Bringsystem.

In beiden Szenarien wurde ein realistisches Bild des Aufkommens und der Stoffgruppenzusammensetzung der Heimkompostierung in Deutschland angestrebt, basierend auf einem gemeinsamen Hochrechnungsmodell. Die Schichtungsmatrizen unterschieden sich jedoch in der Zuteilung der Anfallstellen, was zu einer signifikanten Differenz im erwarteten Aufkommen führte (Szenario A: 21,24 kg/(E*a); Szenario B: 56,82 kg/(E*a)). Im Szenario A wurde die Zuordnung der Anfallstellen auf Basis unzureichender Daten vorgenommen, wodurch der Anteil der Heimkompostierenden möglicherweise unterrepräsentiert war. Viele örE konnten keine spezifischen Daten liefern, was auf Mängel in der Datenerhebung hinweist. Szenario B passt die Zuordnung an, um eine realistischere Verteilung der Anfallstellen zu erreichen, wobei die Gesamtanzahl gleichbleibt.

Die Berechnungen in beiden Szenarien basierten auf indirekten Messungen und einem Match-Pair-Ansatz, um die statistische Varianz zu reduzieren. Die beschriebenen Lücken und Schwachstellen, die in dieser Erhebung identifiziert wurden, sind in diesem Forschungsbericht transparent dargestellt und sollten in weiteren Untersuchungen durch eine Verbesserung der statistischen Datenlage und der Untersuchungsmethodik weiter optimiert werden. Es wurden zwei Szenarien entwickelt, um die Bandbreite der Heimkompostierungsmenge einzugrenzen.

Die Erhebung nach dem UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 ist lückenhaft und unvollständig, was eine realistische Hochrechnung erschwert. Die Zuordnung von Anfallstellen und die Validierung der Daten sind problematisch, da viele örE keine spezifischen Daten liefern konnten.

Zur Verbesserung der Datengrundlage für die Heimkompostierung in Deutschland sollten gezielte Maßnahmen ergriffen werden. Eine gezielte Identifizierung von Grundstücken zur

Paarung mithilfe von Satellitenaufnahmen könnte den Verlust an Stichproben reduzieren. Umfragen und Zensus könnten die Schätzer und Verteilungsfaktoren stabilisieren und eine klare Zuordnung zur Heimkompostierung ermöglichen. Eine Unterteilung von Gartenflächen in Kategorien mit unterschiedlichen Aufwuchsraten könnte die Hochrechnung von Gartenabfällen verbessern. Detaillierte Fragebögen könnten helfen, mehr metrische und weniger kategorische Antworten zu erhalten, insbesondere zur Qualität des Heimkompostbetriebs und der entsorgten Grüngutmenge. Schließlich gibt es noch einige Unklarheiten bei der Definition der Heimkompostierung bzw. der zu berichtenden an der Anfallstelle getrennten und recycelten biologischen Siedlungsabfälle.

Szenario B, mit 56,82 Kilogramm heimkompostiertem Abfall pro Jahr und Einwohner, wird als wahrscheinliche Szenario angesehen. Es steht größtenteils im Einklang mit einigen Ergebnissen nationaler, kommunaler und internationaler Studien, der durchschnittlichen Gartenfläche pro Anfallstelle sowie dem theoretischen, maximalen Potenzial der heimkompostierten Abfälle. Hinsichtlich dem Szenario A wird vermutet, dass die Anzahl der Anfallstellen, an denen Heimkompostierung betrieben wird, unterschätzt wurde, was auch zu einer Unterschätzung der hochgerechneten Heimkompostierungsmenge führt. Dennoch erfordert dieses Szenario weniger manuelle Eingriffe und Abschätzungen.

Die Analyse zeigt, dass Gartenabfälle mengenmäßig einen erheblichen Anteil an der Heimkompostierung ausmachen, während der Beitrag der Küchenabfälle insgesamt eher gering ist. Dies sollte bei zukünftigen Datenerhebungen berücksichtigt werden. Insgesamt unterstreicht die Studie die Notwendigkeit, die Datengrundlage für die Heimkompostierung in Deutschland weiter zu verbessern, um genauere und repräsentativere Ergebnisse zu erzielen. Durch gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Datenerhebung und -zuordnung sowie detaillierte Befragungen kann die Belastbarkeit der Hochrechnungen deutlich gesteigert werden. Zukünftige Untersuchungen sollten diese Aspekte berücksichtigen, um ein realistischeres Bild der Heimkompostierung und ihrer Mengen in Deutschland zu zeichnen.

Gartenabfälle aus Kleingartenanlagen wurden über eine Abschätzung der Gartenfläche abgeschätzt und betragen 5,84 kg/(E*a). Es bedarf noch weiteren Untersuchungsbedarf zur repräsentativen Quantifizierung und qualitativer Einordung zur Verwertung. Eine genaue Aussage zur Präzision und Zuverlässigkeit der Schätzung ist aufgrund fehlender Vergleichsstudien nicht möglich.

13 Quellenverzeichnis

Bulach, W., Dehoust, G., Alexandra Möck, Oetjen-Dehne, R., Kaiser, F., Rademacher, J., & Lichtl, M. (2021). Texte | 09/2021, Forschungskennzahl FKZ: 3717 34 341 0 Ermittlung von Kriterien für hochwertige anderweitige Verwertungsmöglichkeiten von Bioabfälle. *Umweltbundesamt*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-01-18_texte_09-2021_verwertung_bioabfaelle.pdf

DIN. (2022). *Verpackung—Anforderungen an und Prüfmethoden für heimkompostierbare Tragetaschen in einer kontrollierten Heimkompostieranlage; Deutsche Fassung EN 17427:2022*. https://dx.doi.org/10.31030/3318564

Dornbusch, H.-J., Hannes, L., Santjer, M., Böhm, C., Wüst, S., Dr. Kern, M., Siepenkothen, H.-J., & Kanthak, M. (2020, Juni). Texte | 113/2020, Forschungskennzahl 3717 35 344 0 FB000328 Vergleichende Analyse von Siedlungsrestabfällen aus repräsentativen Regionen in Deutschland zur Bestimmung des Anteils an Problemstoffen und verwertbaren Materialien. *Umweltbundesamt*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_113-2020_analyse_von_siedlungsrestabfaellen_abschlussbericht.pdf

Gardena. (2023). *So sieht der deutsche Garten aus: Zahlen und Fakten rund um die persönliche Wohlfühl-Oase Gartenumfrage 2023*. https://www.media-gardena.com/news-so-sieht-der-deutsche-garten-aus-zahlen-und-fakten-rund-um-die-persoenliche-wohlfuehl-oase?id=180686&menueid=17196&l=deutschland

Gonser, J., Zwisele, B., Küchen, V., Wüst, S., & Kern, M. (2025). *Forschungskennzahl 3723 34 301 2 Monitoring der Lebensmittelabfälle in Deutschland; Erfüllung der Berichtspflicht gegenüber der EU-Kommission in den Jahren 2023 und 2024 [Unveröffentlichter Bericht]* (Umweltbundesamt, Hrsg.). Umweltbundesamt.

Hedden, D., & Weißenberg, B. (2024, Juni 27). *Einführung einer Biotonne auf freiwilliger Basis in der Stadt Leverkusen im Jahr 2023 – eine erste Bilanz*. Getrennte Sammlung von Bio- und Grünabfällen in verdichteten Siedlungsbereichen in Nordrhein-Westfalen. https://www.lanuk.nrw.de/fileadmin/lanuv/abfall/pdf/veranstaltung_bioabfaelle/3_Hedden-Weissenberg_Stadt_Leverkusen-2.pdf

Hübsch, H. (2021, September 30). *Systematische Erfassung des Lebensmittelabfalls der privaten Haushalte in Deutschland—Schlussbericht 2020* (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Hrsg.). Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ernaehrung/Lebensmittelverschwendung/GfK-Analyse-2020.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Krause, P., Oetjen-Dehne, R., Dehnen, D., & Erchinger, H. (2015, Januar). Texte | 84/2014, Forschungskennzahl 3712 33 328, UBA-FB 002012, Verpflichtende Umsetzung der Getrenntsammlung von Bioabfällen. *Umweltbundesamt*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_84_2014_verpflichtende_umsetzung_der_getrenntsammlung_von_bioabfaellen.pdf

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (Hrsg.). (2023). *Richtlinie zur Analyse von Restabfall in Rheinland-Pfalz.* https://mkuem.rlp.de/fileadmin/14/Themen/Abfall_und_Boden/Kreislaufwirtschaft__Produktionsintegrierter_Umweltschutz__Produktverantwortung/Abfall/Rundschreiben/SortierrichtlinieRestabfall.pdf

Machin, D. (Hrsg.). (2008). *Sample size tables for clinical studies* (3rd ed). Wiley-Blackwell.

örE 6. (2025, März 28). *Grün- und Spielflächen, Kleingärten in Münster* [Website der Stadt Münster]. Grünflächen, Umwelt, Nachhaltigkeit. https://www.stadt-muenster.de/gruen/stadtgruen

Richter, F., Kern, M., Raussen, T., & Wagner, J. (2019, Januar 7). *Optimierung der Erfassung, Aufbereitung und stofflich-energetischen Verwertung von Grüngut in Deutschland (Grün-OPTI)* (Witzenhausen-Institut GmbH,

Hrsg.). https://witzenhausen-institut.de/wp-content/uploads/witzenhausen-institut-gruen-opti-schlussbericht.pdf

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) (Hrsg.). (2016). *Richtlinie zur einheitlichen Abfallanalytik in Sachsen*. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23865/documents/39943

Sparke, K., & Lehberger, M. (2021). *Gärten in Zeiten des Corona-Lockdowns—Wiederholungsstudie* (Hochschule Gneisenheim, Hrsg.). https://www.hs-geisenheim.de/fileadmin/redaktion/FORSCHUNG/Institut_fuer_Logistik_Frischprodukte/Professur_fuer_Gartenbauoekonomie/Wiederholungsstudie_Gaerten_in_Zeiten_des_Corona-Lockdowns.pdf

Statistische Ämter des Bundes und Länder. (2022). *Regionalstatistik vom Statistische Ämter des Bundes und Länder—Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden—Stichtag 31.12. - Regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte* (Excel Tabelle Nos. 31231-02-01–4) [Xlsx].

Tronecker, D., Meyer, S., Hertel, M., Pitschke, T., Hoppenheidt, K., & Kreibe, S. (2015). Bifa-Text Nr. 65 „Eigenverwertung von Bioabfällen—Eigenkompostierung, Eigendeponierung, illegale Entsorgung“. *bifa Umweltinstitut*.

Wagner, J., Baumann, J., & Müller, R. (2016). *Bericht zur Ergänzung der Sortierrichtlinie 2014* (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Hrsg.). https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23865/documents/39942

Wiegel, U. (1992). *Eigenverwertung: Teilkonzept der Abfallwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Eigenverwertung von Küchenabfällen nach Aufkommen* [Doktorarbeit]. Technische Universität Berlin.

Wüst, S., Zwisele, B., Böhm, C., & Bargfried, P. (2023). *Biomonitoring in Berlin—Monitoring von Biogut verbracht in Biogut-Behältern in Berlin über einem Zeitraum von 3 Jahren verglichen zu Organik-Massen im Restabfall [Unveröffentlichter Bericht]*.

Anhang

A.1 Ergebnisse des Stakeholder-Workshops

Befragung

1. Wie hoch schätzen Sie den Anteil an Gartennutzern, die eine Heimkompostierung betreiben?
2. Auswertung der ausgezählten Nennungen ergab einen durchschnittlichen Anteil von 43 %.
3. Wie hoch schätzen Sie den Anteil der Heimkompostierenden, die zusätzlich eine Biotonne nutzen?
4. Auswertung ergab einen durchschnittlichen Anteil von 42 %.
5. Wie hoch schätzen Sie den Anteil der Gartenabfälle, die der Eigenverwertung bei Heimkompostierenden zugeführt werden?
6. Auswertung ergab einen durchschnittlichen Anteil von 47 %.
7. Wie hoch schätzen Sie den Anteil der Nahrungs- und Küchenabfälle, die der Eigenverwertung bei Heimkompostierenden zugeführt werden?
8. Auswertung ergab einen durchschnittlichen Anteil von 25 %.
9. Wie groß schätzen Sie die Menge, die jährlich in Heimkompostierung verwertet wird?
10. Auswertung ergab einen Durchschnitt von 4,4 Mio. Tonnen.
11. Wie hoch schätzen Sie den Anteil der Kreise und kreisfreien Städte (örE), die die Heimkompostierung subventionieren durch verminderte Gebühren für eine reduzierte Bioabfallsammlung oder durch eine Befreiung von der Biotonne?
12. Auswertung ergab einen durchschnittlichen Anteil von 44 %.
13. Wie hoch schätzen Sie den Anteil der Kreise und kreisfreien Städte (örE), die die Heimkompostierung subventionieren durch finanzielle Unterstützung Komposterkauf?
14. Auswertung ergab einen durchschnittlichen Anteil von 15 %.
15. Wie schätzen Sie die Heimkompostierung im Vergleich zur industriellen Kompostierung/Vergärung im Hinblick auf den Klimaschutz ein?
16. Auswertung der Antworten ist im Mittel „neutral“.
17. Wie schätzen Sie die Heimkompostierung im Vergleich zur industriellen Kompostierung/Vergärung im Hinblick auf den Ressourcenschutz ein?
18. Auswertung ist im Mittel „neutral“.
19. Wie wird sich Ihrer Meinung nach der Anteil der Gartennutzer mit Heimkompostierung die nächsten 10 Jahre entwickeln?

    Auswertung ist im Mittel „gleichbleibend“.

Diskussion zu Untersuchungskonzept und Umsetzung

- Qualität der Verwertung: In der berechneten Quote wird die Qualität der Verwertung nicht berücksichtigt, jedoch wird im Rahmen des Projekts eine Abschätzung der hochwertig verwerteten Menge diskutiert.
- Abschläge für nicht-hochwertige Verwertung: Es sind keine Abschläge vorgesehen, da dies im Durchführungsbeschluss nicht vorgesehen ist und einen hohen Aufwand bedeuten würde.
- Berücksichtigung der Lebensverhältnisse: Diese werden nur indirekt über Schichtungen der Stichproben, insbesondere über die Grundstücksgröße, berücksichtigt.
- Gebührensysteme: Eine Schichtung nach Gebührensystem ist nicht vorgesehen, jedoch werden durch die Einbeziehung von acht öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) verschiedene Systeme berücksichtigt.
- Erhebung der Grüngutsammelmengen: Die Mengen werden über Befragungsergebnisse ermittelt.
- Berücksichtigung von Kleingärten: Kleingärten werden durch Befragungen, statistische Daten und Literaturauswertungen in die Untersuchung einbezogen.
- Berücksichtigung von Satzungen: Die Satzungen der beteiligten örE werden in der Auswertung berücksichtigt.

Themenpaket P1: Stellenwert der Heimkompostierung

- Die Einbeziehung der Verwertungsqualität würde zu geringeren Mengen in der Quote führen, aber eine sachgerechte Kompostierung wird als ökologisch vorteilhaft betrachtet. Es wird jedoch vermutet, dass ein erheblicher Teil der heimkompostierten Abfälle nicht fachgerecht verwertet wird.
- Ohne Heimkompostierung kann die Recyclingquote wahrscheinlich nicht erreicht werden.
- Küchenabfälle sollten nicht der Eigenkompostierung überlassen werden; stattdessen sollte eine allgemeine Biotonnenpflicht eingeführt werden, um den ökologischen Auswirkungen und der Überdüngung entgegenzuwirken.
- Eigenkompostierung ist klimaschädlicher als industrielle Vergärung, weshalb parallel eine Biotonne für Küchenabfälle genutzt werden sollte.
- Es wird betont, dass die Bürger nicht bevormundet werden sollten, jedoch Aufklärung über die Folgen der Eigenkompostierung erfolgen sollte.

Themenpaket P2: Auswirkungen auf Umwelt- und Recyclingaspekte

- Es gibt laufende Studien in Berlin zur Überdüngung durch Kompost und zur Klima- und Umweltwirksamkeit der Eigenkompostierung, die relevante Ergebnisse für die Untersuchung liefern werden.
- Küchenabfälle sollten wegen ihrer Klimarelevanz nicht eigenkompostiert werden, während holzige Gartenabfälle besser im Gartenkompost aufgehoben sind.
- Die Eigenkompostierung kann zu einer erheblichen Klimabelastung führen, besonders wenn nicht fachgerecht kompostiert wird.

Themenpaket P3: Zukünftige Entwicklungen der Heimkompostierung

- In Gebieten mit längerer Biotonnenanbindung gibt es eine sinkende Befreiungsquote für die Biotonne. Es wird erwartet, dass mit steigendem Lerneffekt der Bürger die Heimkompostierung weiter zurückgeht.
- Gebühren spielen eine signifikante Rolle bei der getrennten Erfassung von Bioabfällen, daher wird vorgeschlagen, die Biotonne kostenlos anzubieten.

Weitere Anmerkungen und Empfehlungen

- Qualitätsunterschiede in der Eigenverwertung sollten im Abschlussbericht kritisch betrachtet werden.
- Es wird angeregt, Folgeprojekte zu den Klimaauswirkungen der Heimkompostierung durchzuführen.
- Die Beteiligung von Gartenpflegeunternehmen und deren Mengen sollten in zukünftigen Erhebungen berücksichtigt werden.

A.2 Screenshot des Abschnitts 3.2.10 des Qualitätskontrollberichts (QR Table 2 - Material-breakdown)

Abbildung 16: Screenshot des Abschnitts 3.2.10 des Qualitätskontrollberichts (QR Table 2 - Material-breakdown)

3.2.10. Municipal bio-waste separated and recycled at source
•General description of the methodology applied, including the use of direct and indirect measurement and where a simplified methodology to measure municipal bio-waste separated and recycled at source may have been used if the total reported quantity is <5% of total MSW generated. •Describe the methods used to obtain the number of active recycling units or the number of persons involved in recycling of municipal bio-waste separated at source, for example through registries or surveys. In addition, set out the methods used to ensure that the number of active recycling units includes only those recycling units that are actively used by waste producers (e.g. that drop outs are being excluded from the total number of active units). •Describe the methods to establish the amounts of municipal bio-waste separated and recycled at source as required by the formulas in Annex II. Explain how the key parameters in the formulas have been derived, and what values have been used. •Provide a detailed description of any surveys undertaken, including their periodicity, subsamples, confidence levels and confidence intervals (e.g. 95% +/- 10%). •Describe the measures used to ensure that the reported amounts of municipal bio-waste that is separated and recycled at source are not overestimated. For example, what cross-checks have been taken comparing the reported figures to other data e.g. the estimate proportion of food/kitchen waste in MSW per household. If a coefficient related to moisture loss has been used in the calculations, describe how this has been calculated. •Describe any measures used to ensure that the treatment of municipal bio-waste that is separated and recycled at source is properly carried out and that the recycled output is used and results in benefits to agriculture or ecological improvement. For example, training, auditing etc.
Description of the methods used to obtain the number of active recycling units or the number of persons involved in recycling of municipal bio-waste separated at source through registries or surveys and to ensure that the number of active recycling units includes only those recycling units that are actively used by waste producers.
Description of the methods to establish the amounts of municipal bio-waste separated and recycled at source as required by the formulas in Annex II.
Detailed description of surveys, including their periodicity, subsamples, confidence levels and confidence intervals.
Description of measures to ensure that the reported amounts of municipal bio-waste that is separated and recycled at source are not overestimated (including the application of a coefficient related to moisture loss).
Description of measures to ensure that the treatment of municipal bio-waste that is separated and recycled at source is properly carried out and that the recycled output is used and results in benefits to agriculture or ecological improvement.

Quelle: Eurostat

A.3 Fragebogen (Muster)

Abbildung 17: Fragebogenmuster

FRAGEBOGEN

1. Wie nutzen Sie ihren Garten? *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- Rasen ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Ziergarten/Blumenbeete ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Nutzgarten ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Sonstige ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Geschätzte Gartenfläche: ☐ *m^2 (Bitte Fläche eintragen)*

2. Düngen Sie Ihren Garten? *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- Nein ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Ja ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
  - Wann ja, wie? *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - Mit Kompost ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - Mit gekauftem Dünger ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - Sonstige ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*

3. Betreiben Sie eine Eigenkompostierung? *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- Nein ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Ja ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
  - Wann ja, wie? *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - Komposthaufen ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - Schnellkomposter ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - Sonstige ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*

4. Welche organischen Abfälle kompostieren Sie? *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- Gartenabfälle ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- gekochte Speisen ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Obst und Gemüse ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Backwaren ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Kaffee und Tee ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Fleisch und Fisch ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Sonstige ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*

5. Was machen Sie mit Rasenschnitt? *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- mulchen ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Komposthaufen ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Mähroboter ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Biotonne ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- wegbringen ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*

6. Entsorgen Sie Ihre Gartenabfälle auf Grüngutsammelste *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- Nein ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Ja ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
  - Wann ja, wie oft? *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - 1 mal pro Jahr ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - bis zu 3 mal pro Jahr ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - bis zu 5 mal pro Jahr ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - sofern mehr als 5 mal, wie oft? ☐ *pro Jahr (Bitte Anz. eintragen)*
  - Wann ja, welche Mengen je Anlieferung? *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - Kofferraum (0,25 m^3) ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - kleiner Hänger (0,5 m^3) ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
    - großer Hänger (2 m^3) ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*

7. Nutzen Sie weitere Entsorgungswege für Gartenabfälle? *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- Gartenservice ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Abholung durch Kommunalbetrieb ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Biotonne ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Restmüll ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Verbrennung ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Sonstige ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*

8. Verfüttern Sie Küchenabfälle (z.B. an Hühner)? *(ggf. mit X Ankreuzen)*

- Ja ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*
- Nein ☐ *(ggf. mit X Ankreuzen)*

9. Wie viele Personen wohnen auf dem Grundstück? *(Anzahl bitte eintragen)*

Anzahl: ☐

Quelle: eigene Darstellung, Argus GmbH

A.4 Fragebogen zur Marktforschung

1. Demographie
   1.1. Anzahl an Haushalten und Personen am Gartengrundstück
   1.2. Anzahl Biotonnen am Grundstück
2. Gartennutzung
   2.1. Wie nutzen Sie Ihren Garten?
      - Erholungszwecke oder Nutzgarten
   2.2. Wie groß ist die Gartenfläche
      - Insgesamt
      - Anteile an Rasen
      - Anteil Ziergarten/Blumenbeete
      - Anteil Nutzgarten
      - Anteil Sonstige Fläche
3. Entsorgung von Garten- und Küchenabfällen
   3.1. Entsorgung von Gartenabfällen
      - Anteil an Kompostierung auf dem eigenen Grundstück
      - Anteil an gemulchten Gartenabfällen
      - Anteil an Grungütsammlung oder Anlieferung auf Wertstoffhof
      - Anteil an Biotonne
      - Anteil an Restmülltonne
      - Anteil an sonstiger Entsorgung (Verfütterung, Gartenservice)
   3.2. Entsorgung von Küchenabfällen
      - Anteil an Kompostierung auf dem eigenen Grundstück
      - Anteil an Biotonne
      - Anteil an Restmülltonne
      - Anteil an sonstiger Entsorgung (Verfütterung, Gartenservice)
   3.3. Kompostierungsart
      - Komposthaufen
      - Schnellkomposter
      - Sonstige
   3.4. Art der kompostierten Gartenabfälle auf dem eigenen Grundstück
      - Strauchige Gartenabfälle
      - Rasenschnitt
      - Obst und Gemüse
      - Sonstige
   3.5. Art der kompostierten Küchenabfälle auf dem eigenen Grundstück
      - Kaffee und Tee
      - Obst und Gemüse
      - Gekochte Speisen
      - Backwaren
      - Fleisch und Fisch
      - Sonstige

A.5 örE Liste

Tabelle 41: örE-Liste

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
01001	Flensburg	Schleswig-Holstein	Städtisch
01002	Kiel	Schleswig-Holstein	Städtisch
01003	Lübeck	Schleswig-Holstein	Städtisch
01004	Neumünster	Schleswig-Holstein	Städtisch
01051	Dithmarschen	Schleswig-Holstein	Ländlich
01053	Herzogtum Lauenburg	Schleswig-Holstein	Ländlich
01054	Nordfriesland	Schleswig-Holstein	Ländlich
01055	Ostholstein	Schleswig-Holstein	Ländlich
01056	Pinneberg	Schleswig-Holstein	Ländlich
01057	Plön	Schleswig-Holstein	Ländlich
01058	Rendsburg-Eckernförde	Schleswig-Holstein	Ländlich
01059	Schleswig-Flensburg	Schleswig-Holstein	Ländlich
01060	Segeberg	Schleswig-Holstein	Ländlich
01061	Steinburg	Schleswig-Holstein	Ländlich
01062	Stormarn	Schleswig-Holstein	Ländlich
02000	Hamburg	Hamburg	Städtisch
03101	Stadt Braunschweig	Niedersachsen	Städtisch
03102	Stadt Salzgitter	Niedersachsen	Ländlich
03103	Stadt Wolfsburg	Niedersachsen	Ländlich
03151	Landkreis Gifhorn	Niedersachsen	Ländlich
03153	Landkreis Goslar	Niedersachsen	Ländlich
03154	Landkreis Helmstedt	Niedersachsen	Ländlich
03155	Landkreis Northeim	Niedersachsen	Ländlich
03157	Landkreis Peine	Niedersachsen	Ländlich
03158	Landkreis Wolfenbüttel	Niedersachsen	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
03241	Zweckverband Abfallwirtschaft Region Hannover	Niedersachsen	Ländlich
03251	Landkreis Diepholz	Niedersachsen	Ländlich
03252	Landkreis Hameln-Pyrmont	Niedersachsen	Ländlich
03254	Zweckverband Abfallwirtschaft Hildesheim	Niedersachsen	Ländlich
03255	Landkreis Holzminden	Niedersachsen	Ländlich
03256	Landkreis Nienburg	Niedersachsen	Ländlich
03257	Landkreis Schaumburg	Niedersachsen	Ländlich
03294	Stadt Göttingen	Niedersachsen	Städtisch
03295	Landkreis Göttingen	Niedersachsen	Ländlich
03296	Stadt Cuxhaven	Niedersachsen	Ländlich
03297	Landkreis Cuxhaven	Niedersachsen	Ländlich
03351	Zweckverband Celle	Niedersachsen	Ländlich
03353	Landkreis Harburg	Niedersachsen	Ländlich
03354	Landkreis Lüchow-Dannenberg	Niedersachsen	Ländlich
03356	Landkreis Osterholz	Niedersachsen	Ländlich
03357	Landkreis Rotenburg (Wümme)	Niedersachsen	Ländlich
03358	Landkreis Heidekreis	Niedersachsen	Ländlich
03359	Landkreis Stade	Niedersachsen	Ländlich
03360	Landkreis Uelzen	Niedersachsen	Ländlich
03361	Landkreis Verden	Niedersachsen	Ländlich
03393	GfA Lüneburg	Niedersachsen	Ländlich
03401	Stadt Delmenhorst	Niedersachsen	Städtisch
03402	Stadt Emden	Niedersachsen	Ländlich
03403	Stadt Oldenburg (Oldb)	Niedersachsen	Städtisch
03404	Stadt Osnabrück	Niedersachsen	Städtisch
03405	Stadt Wilhelmshaven	Niedersachsen	Ländlich
03451	Landkreis Ammerland	Niedersachsen	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
03452	Landkreis Aurich	Niedersachsen	Ländlich
03453	Landkreis Cloppenburg	Niedersachsen	Ländlich
03454	Landkreis Emsland	Niedersachsen	Ländlich
03455	Landkreis Friesland	Niedersachsen	Ländlich
03456	Landkreis Grafschaft Bentheim	Niedersachsen	Ländlich
03457	Landkreis Leer	Niedersachsen	Ländlich
03458	Landkreis Oldenburg	Niedersachsen	Ländlich
03459	Landkreis Osnabrück	Niedersachsen	Ländlich
03460	Landkreis Vechta	Niedersachsen	Ländlich
03461	Landkreis Wesermarsch	Niedersachsen	Ländlich
03462	Landkreis Wittmund	Niedersachsen	Ländlich
04011	Bremen	Bremen	Städtisch
04012	Entsorgungsbetrieb Bremerhaven (EBB)	Bremen	Städtisch
05111	Stadt Düsseldorf	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05112	Stadt Duisburg	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05113	Stadt Essen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05114	Stadt Krefeld	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05116	Stadt Mönchengladbach	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05117	Stadt Mülheim an der Ruhr	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05119	Stadt Oberhausen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05120	Stadt Remscheid	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05122	Stadt Solingen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05124	Stadt Wuppertal	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05154	Kreis Kleve	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05158	Kreis Mettmann	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05162	Rhein-Kreis Neuss	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05166	Kreis Viersen	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05170	Kreis Wesel	Nordrhein-Westfalen	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
05314	Stadt Bonn	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05315	Stadt Köln	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05316	Stadt Leverkusen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05358	Kreis Düren	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05362	Rhein-Erft-Kreis	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05366	Kreis Euskirchen	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05370	Kreis Heinsberg	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05382	Rhein-Sieg-Kreis	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05391	Stadt Aachen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05392	Städteregion Aachen (ohne Stadt Aachen)	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05393	Bergischer AWV	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05512	Stadt Bottrop	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05513	Stadt Gelsenkrichen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05515	Stadt Münster	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05554	Kreis Borken	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05558	Kreis Coesfeld	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05562	Kreis Recklinghausen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05566	Kreis Steinfurt	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05570	Kreis Warendorf	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05711	Stadt Bielefeld	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05754	Kreis Gütersloh	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05758	Kreis Herford	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05762	Kreis Höxter	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05766	Kreis Lippe	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05770	Kreis Minden-Lübbecke	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05774	Kreis Paderborn	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05911	Stadt Bochum	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05913	Stadt Dortmund	Nordrhein-Westfalen	Städtisch

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
05914	Stadt Hagen	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05915	Stadt Hamm	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05916	Stadt Herne	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05954	Ennepe-Ruhr-Kreis	Nordrhein-Westfalen	Städtisch
05958	Hochsauerlandkreis	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05962	Märkischer Kreis	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05966	Kreis Olpe	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05970	Kreis Siegen-Wittgenstein	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05974	Kreis Soest	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
05978	Kreis Unna	Nordrhein-Westfalen	Ländlich
06411	Darmstadt (Stadt)	Hessen	Städtisch
06412	Frankfurt am Main (Stadt)	Hessen	Städtisch
06413	Offenbach (Stadt)	Hessen	Städtisch
06414	Wiesbaden (Stadt)	Hessen	Städtisch
06431	Bergstraße	Hessen	Ländlich
06432	Darmstadt-Dieburg	Hessen	Ländlich
06434	Hochtaunuskreis	Hessen	Ländlich
06436	Main-Taunus-Kreis	Hessen	Städtisch
06437	Odenwaldkreis	Hessen	Ländlich
06438	Offenbach	Hessen	Städtisch
06439	Rheingau-Taunus-Kreis	Hessen	Ländlich
06491	Groß-Gerau	Hessen	Ländlich
06492	Main-Kinzig-Kreis	Hessen	Ländlich
06493	Wetteraukreis	Hessen	Ländlich
06494	Stadt Bad Vilbel	Hessen	Städtisch
06495	Stadt Kelsterbach	Hessen	Städtisch
06496	Stadt Maintal	Hessen	Städtisch
06531	Gießen	Hessen	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
06532	Lahn-Dill-Kreis	Hessen	Ländlich
06533	Limburg-Weilburg	Hessen	Ländlich
06534	Marburg-Biedenkopf	Hessen	Ländlich
06535	Vogelsbergkreis	Hessen	Ländlich
06611	Kassel (Stadt)	Hessen	Städtisch
06631	Fulda	Hessen	Ländlich
06632	Hersfeld-Rotenburg	Hessen	Ländlich
06633	Kassel	Hessen	Ländlich
06634	Schwalm-Eder-Kreis	Hessen	Ländlich
06635	Waldeck-Frankenberg	Hessen	Ländlich
06636	Werra-Meißner-Kreis	Hessen	Ländlich
07111	Stadt Koblenz	Rheinland-Pfalz	Städtisch
07131	Landkreis Ahrweiler	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07132	Landkreis Altenkrichen	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07133	Landkreis Bad Kreuznach	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07134	Landkreis Birkenfeld	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07135	Landkreis Cochem-Zell	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07137	Landkreis Mayen-Koblenz	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07138	Landkreis Neuwied	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07140	Landkreis Rhein-Hunsrück-Kreis	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07141	Landkreis Rhein-Lahn-Kreis	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07143	Landkreis Westerwaldkreis	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07292	Zweckverband A.R.T.	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07311	Stadt Frankenthal	Rheinland-Pfalz	Städtisch
07312	Stadt Kaiserslautern	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07313	Stadt Landau	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07314	Stadt Ludwigshafen	Rheinland-Pfalz	Städtisch
07315	Stadt Mainz	Rheinland-Pfalz	Städtisch

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
07316	Stadt Neustadt/Weinstr.	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07317	Stadt Pirmasens	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07318	Stadt Speyer	Rheinland-Pfalz	Städtisch
07319	Stadt Worms	Rheinland-Pfalz	Städtisch
07320	Stadt Zweibrücken	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07331	Landkreis Alzey-Worms	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07332	Landkreis Bad Dürkheim	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07333	Landkreis Donnersbergkreis	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07334	Landkreis Germersheim	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07335	Landkreis Kaiserslautern	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07336	Landkreis Kusel	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07337	Landkreis Südliche Weinstraße	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07338	Landkreis Rhein-Pfalz-Kreis	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07339	Landkreis Mainz-Bingen	Rheinland-Pfalz	Ländlich
07340	Landkreis Südwestpfalz	Rheinland-Pfalz	Ländlich
08111	Stuttgart	Baden-Württemberg	Städtisch
08115	Böblingen	Baden-Württemberg	Ländlich
08116	Esslingen	Baden-Württemberg	Städtisch
08117	Göppingen	Baden-Württemberg	Ländlich
08118	Ludwigsburg	Baden-Württemberg	Städtisch
08119	Rems-Murr-Kreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08121	Heilbronn	Baden-Württemberg	Städtisch
08125	Heilbronn, Land	Baden-Württemberg	Ländlich
08126	Hohenlohekreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08127	Schwäbisch Hall	Baden-Württemberg	Ländlich
08128	Main-Tauber-Kreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08135	Heidenheim	Baden-Württemberg	Ländlich
08136	Ostalbkreis	Baden-Württemberg	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
08211	Baden-Baden, Stadt	Baden-Württemberg	Ländlich
08212	Karlsruhe	Baden-Württemberg	Städtisch
08215	Karlsruhe, Land	Baden-Württemberg	Ländlich
08216	Rastatt	Baden-Württemberg	Ländlich
08221	Heidelberg	Baden-Württemberg	Städtisch
08222	Mannheim	Baden-Württemberg	Städtisch
08225	Neckar-Odenwald-Kreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08226	Rhein-Neckar-Kreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08231	Pforzheim	Baden-Württemberg	Städtisch
08235	Calw	Baden-Württemberg	Ländlich
08236	Enzkreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08237	Freudenstadt	Baden-Württemberg	Ländlich
08311	Freiburg	Baden-Württemberg	Städtisch
08315	Breisgau-Hochschwarzwald	Baden-Württemberg	Ländlich
08316	Emmendingen	Baden-Württemberg	Ländlich
08317	Ortenaukreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08325	Rottweil	Baden-Württemberg	Ländlich
08326	Schwarzwald-Baar-Kreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08327	Tuttlingen	Baden-Württemberg	Ländlich
08335	Konstanz	Baden-Württemberg	Ländlich
08336	Lörrach	Baden-Württemberg	Ländlich
08337	Waldshut	Baden-Württemberg	Ländlich
08415	Reutlingen	Baden-Württemberg	Ländlich
08416	Tübingen	Baden-Württemberg	Ländlich
08417	Zollernalbkreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08421	Ulm	Baden-Württemberg	Städtisch
08425	Alb-Donau-Kreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08426	Biberach	Baden-Württemberg	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
08435	Bodenseekreis	Baden-Württemberg	Ländlich
08436	Ravensburg	Baden-Württemberg	Ländlich
08437	Sigmaringen	Baden-Württemberg	Ländlich
09161	Ingolstadt	Bayern	Städtisch
09162	München, Stadt	Bayern	Städtisch
09163	Rosenheim, Stadt	Bayern	Städtisch
09171	Altötting	Bayern	Ländlich
09172	Berchtesgadener Land	Bayern	Ländlich
09173	Bad Tölz-Wolfratshausen	Bayern	Ländlich
09174	Dachau	Bayern	Ländlich
09175	Ebersberg	Bayern	Ländlich
09176	Eichstätt	Bayern	Ländlich
09177	Erding	Bayern	Ländlich
09178	Freising	Bayern	Ländlich
09179	Fürstenfeldbruck	Bayern	Ländlich
09180	Garmisch-Partenkirchen	Bayern	Ländlich
09181	Landsberg a. Lech	Bayern	Ländlich
09182	Miesbach	Bayern	Ländlich
09183	Mühldorf a. Inn	Bayern	Ländlich
09184	München	Bayern	Ländlich
09185	Neuburg-Schrobenhausen	Bayern	Ländlich
09186	Pfaffenhofen a.d. Ilm	Bayern	Ländlich
09187	Rosenheim	Bayern	Ländlich
09188	Starnberg	Bayern	Ländlich
09189	Traunstein	Bayern	Ländlich
09190	Weilheim-Schongau	Bayern	Ländlich
09191	AWV Isar-Inn	Bayern	Ländlich
09261	Landshut, Stadt	Bayern	Städtisch

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
09273	Kelheim	Bayern	Ländlich
09274	Landshut	Bayern	Ländlich
09292	ZAW Donau-Wald	Bayern	Ländlich
09293	ZAW-SR Straubing	Bayern	Ländlich
09361	Amberg, Stadt	Bayern	Städtisch
09362	Regensburg, Stadt	Bayern	Städtisch
09363	Weiden i.d. OPf., Stadt	Bayern	Ländlich
09371	Amberg-Sulzbach	Bayern	Ländlich
09372	Cham	Bayern	Ländlich
09373	Neumarkt i.d. Oberpfalz	Bayern	Ländlich
09374	Neustadt a. d. Waldnaab	Bayern	Ländlich
09375	Regensburg	Bayern	Ländlich
09376	Schwandorf	Bayern	Ländlich
09377	Tirschenreuth	Bayern	Ländlich
09461	Bamberg, Stadt	Bayern	Städtisch
09462	Bayreuth, Stadt	Bayern	Städtisch
09463	Coburg, Stadt	Bayern	Städtisch
09471	Bamberg	Bayern	Ländlich
09472	Bayreuth	Bayern	Ländlich
09473	Coburg	Bayern	Ländlich
09474	Forchheim	Bayern	Ländlich
09476	Kronach	Bayern	Ländlich
09477	Kulmbach	Bayern	Ländlich
09478	Lichtenfels	Bayern	Ländlich
09479	Wunsiedel i. Fichtelgebirge	Bayern	Ländlich
09494	AZV Hof	Bayern	Ländlich
09561	Ansbach, Stadt	Bayern	Ländlich
09562	Erlangen, Stadt	Bayern	Städtisch

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
09563	Fürth, Stadt	Bayern	Städtisch
09564	Nürnberg, Stadt	Bayern	Städtisch
09565	Schwabach, Stadt	Bayern	Städtisch
09571	Ansbach	Bayern	Ländlich
09572	Erlangen-Höchstadt	Bayern	Ländlich
09573	Fürth	Bayern	Ländlich
09574	Nürnberger Land	Bayern	Ländlich
09575	Neustadt a.d. Aisch-Bad Windsheim	Bayern	Ländlich
09576	Roth	Bayern	Ländlich
09577	Weißenburg-Gunzenhausen	Bayern	Ländlich
09661	Aschaffenburg, Stadt	Bayern	Städtisch
09662	Schweinfurt, Stadt	Bayern	Städtisch
09663	Würzburg, Stadt	Bayern	Städtisch
09671	Aschaffenburg	Bayern	Ländlich
09672	Bad Kissingen	Bayern	Ländlich
09673	Rhön-Grabfeld	Bayern	Ländlich
09674	Hassberge	Bayern	Ländlich
09675	Kitzingen	Bayern	Ländlich
09676	Miltenberg	Bayern	Ländlich
09677	Main-Spessart	Bayern	Ländlich
09678	Schweinfurt	Bayern	Ländlich
09679	Würzburg	Bayern	Ländlich
09761	Augsburg, Stadt	Bayern	Städtisch
09762	Kaufbeuren, Stadt	Bayern	Städtisch
09764	Memmingen, Stadt	Bayern	Ländlich
09771	Aichach-Friedberg	Bayern	Ländlich
09772	Augsburg	Bayern	Ländlich
09774	Günzburg	Bayern	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
09775	Neu-Ulm	Bayern	Ländlich
09777	Ostallgäu	Bayern	Ländlich
09778	Unterallgäu	Bayern	Ländlich
09795	Nordschwäbischer AWV	Bayern	Ländlich
09796	ZAK Kempten	Bayern	Ländlich
10091	Entsorgungsverband Saar (EVS)	Saarland	Ländlich
10092	Lebach	Saarland	Ländlich
10093	Merzig	Saarland	Ländlich
10094	Saarbrücken	Saarland	Städtisch
10095	St. Wendel	Saarland	Ländlich
10096	Völklingen	Saarland	Ländlich
10097	Eppelborn	Saarland	Ländlich
10098	Mettlach	Saarland	Ländlich
10099	Wadgassen	Saarland	Ländlich
11000	Berlin	Berlin	Städtisch
12051	Brandenburg an der Havel	Brandenburg	Ländlich
12052	Cottbus	Brandenburg	Ländlich
12053	Frankfurt (Oder)	Brandenburg	Ländlich
12054	Potsdam	Brandenburg	Städtisch
12060	Barnim	Brandenburg	Ländlich
12063	Havelland	Brandenburg	Ländlich
12064	Märkisch-Oderland	Brandenburg	Ländlich
12065	Oberhavel	Brandenburg	Ländlich
12067	Oder-Spree	Brandenburg	Ländlich
12068	Ostprignitz-Ruppin	Brandenburg	Ländlich
12069	Potsdam-Mittelmark	Brandenburg	Ländlich
12070	Prignitz	Brandenburg	Ländlich
12071	Spree-Neiße	Brandenburg	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
12073	Uckermark	Brandenburg	Ländlich
12091	AEV „Schwarze Elster“	Brandenburg	Ländlich
12092	KAEV Niederlausitz	Brandenburg	Ländlich
12093	SBAZV	Brandenburg	Ländlich
13003	Rostock	Mecklenburg-Vorpommern	Städtisch
13004	Schwerin	Mecklenburg-Vorpommern	Ländlich
13071	Mecklenburgische Seenplatte	Mecklenburg-Vorpommern	Ländlich
13072	Landkreis Rostock	Mecklenburg-Vorpommern	Ländlich
13073	Vorpommern-Rügen	Mecklenburg-Vorpommern	Ländlich
13074	Nordwestmecklenburg	Mecklenburg-Vorpommern	Ländlich
13075	Vorpommern-Greifswald	Mecklenburg-Vorpommern	Ländlich
13076	Ludwigslust-Parchim	Mecklenburg-Vorpommern	Ländlich
14511	Chemnitz, Stadt	Sachsen	Städtisch
14521	ZAS (Erzgebirgskreis)	Sachsen	Ländlich
14522	Mittelsachsen	Sachsen	Ländlich
14523	Vogtlandkreis	Sachsen	Ländlich
14524	Zwickau	Sachsen	Ländlich
14612	Dresden, Stadt	Sachsen	Städtisch
14625	Bautzen	Sachsen	Ländlich
14626	Görlitz	Sachsen	Ländlich
14695	Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (ZAOE)	Sachsen	Ländlich
14713	Leipzig, Stadt	Sachsen	Städtisch
14729	Leipzig	Sachsen	Ländlich
14730	Nordsachsen	Sachsen	Ländlich
15001	Dessau-Roßlau	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15002	Halle (Saale)	Sachsen-Anhalt	Städtisch
15003	Magdeburg	Sachsen-Anhalt	Städtisch
15081	Altmarkkreis Salzwedel	Sachsen-Anhalt	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
15082	Anhalt-Bitterfeld	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15083	Börde	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15084	AW SAS Burgenlandkreis	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15085	enwi Harz	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15086	Jerichower Land	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15087	Mansfeld-Südharz	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15088	Saalekreis	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15089	Salzlandkreis	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15090	Stendal	Sachsen-Anhalt	Ländlich
15091	Wittenberg	Sachsen-Anhalt	Ländlich
16051	Stadt Erfurt	Thüringen	Städtisch
16053	Stadt Jena	Thüringen	Städtisch
16054	Stadt Suhl	Thüringen	Ländlich
16055	Stadt Weimar	Thüringen	Städtisch
16061	Lk Eichsfeld	Thüringen	Ländlich
16062	Lk Nordhausen	Thüringen	Ländlich
16064	Unstrut-Hainich-Kreis	Thüringen	Ländlich
16065	Kyffhäuserkreis	Thüringen	Ländlich
16066	Lk Schmalkalden-Meiningen	Thüringen	Ländlich
16067	Lk Gotha	Thüringen	Ländlich
16068	Lk Sömmerda	Thüringen	Ländlich
16069	Lk Hildburghausen	Thüringen	Ländlich
16070	Ilm-Kreis	Thüringen	Ländlich
16071	Lk Weimarer Land	Thüringen	Ländlich
16072	Lk Sonneberg	Thüringen	Ländlich
16074	Saale-Holzland-Kreis	Thüringen	Ländlich
16077	Lk Altenburger Land	Thüringen	Ländlich
16091	AZV (Wartburgkreis / Stadt Eisenach)	Thüringen	Ländlich

örE ID	örE Name	Bundesland	Einwohnerdichte
16092	AWV-Ostthüringen	Thüringen	Ländlich
16093	ZASO (Lk Saalfeld-Rudolstadt / Saale-Orla-Kreis)	Thüringen	Ländlich

A.6 Differenzbildung der Paarteile innerhalb der örE

Tabelle 42 Differenzbildung der Paare innerhalb der örE

örE	Siedlungsstruktur	SG	Fläche	Mit HK (kg/(m²*Woche))	Ohne HK (kg/(m²*Woche))
örE 1	Städtisch	Gartenabfälle	< 400 m²	0,08	0,001
örE 1	Städtisch	Gartenabfälle	≥ 400 m²	0,058	-0,048
örE 1	Städtisch	Küchenabfälle	< 400 m²	-	-4,077
örE 1	Städtisch	Küchenabfälle	≥ 400 m²	0,868	-0,228
örE 1	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	0	0
örE 1	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	0	0
örE 1	Städtisch	Kompostierbares Papier	< 400 m²	0,542	-0,183
örE 1	Städtisch	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	0,908	-0,01
örE 1	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	0,188	-0,384
örE 1	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	0,319	-0,03

örE	Siedlungsstruktur	SG	Fläche	Mit HK (kg/(m²*Woche))	Ohne HK (kg/(m²*Woche))
rE 2	Städtisch	Gartenabfälle	< 400 m²	-	0
örE 2	Städtisch	Gartenabfälle	≥ 400 m²	-	-
örE 2	Städtisch	Küchenabfälle	< 400 m²	-	0
örE 2	Städtisch	Küchenabfälle	≥ 400 m²	-	-
örE 2	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	-	0
örE 2	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	0,035	-
örE 2	Städtisch	Kompostierbares Papier	< 400 m²	-	0
örE 2	Städtisch	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	0,135	-
örE 2	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	-	0
örE 2	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	0,333	-
örE 3	Städtisch	Gartenabfälle	< 400 m²	-	0
örE 3	Städtisch	Gartenabfälle	≥ 400 m²	0,088	-
örE 3	Städtisch	Küchenabfälle	< 400 m²	-	0
örE 3	Städtisch	Küchenabfälle	≥ 400 m²	-4,946	-

örE	Siedlungsstruktur	SG	Fläche	Mit HK (kg/(m²*Woche))	Ohne HK (kg/(m²*Woche))
örE 3	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	-	0
örE 3	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	0,019	0
örE 3	Städtisch	Kompostierbares Papier	< 400 m²	-	0
örE 3	Städtisch	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	0,334	-0,482
örE 3	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	-	0
örE 3	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	1,746	-0,095
örE 4	Ländlich	Gartenabfälle	< 400 m²	0,242	-0,016
örE 4	Ländlich	Gartenabfälle	≥ 400 m²	0,056	-
örE 4	Ländlich	Küchenabfälle	< 400 m²	-	-0,179
örE 4	Ländlich	Küchenabfälle	≥ 400 m²	1,018	-
örE 4	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	0	0
örE 4	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	-0,009	-

örE	Siedlungsstruktur	SG	Fläche	Mit HK (kg/(m²*Woche))	Ohne HK (kg/(m²*Woche))
örE 4	Ländlich	Kompostierbares Papier	< 400 m²	-0,062	-0,228
örE 4	Ländlich	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	0,294	-
örE 4	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	0,538	-0,002
örE 4	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	0,561	-
örE 5	Ländlich	Gartenabfälle	< 400 m²	0,195	-0,061
örE 5	Ländlich	Gartenabfälle	≥ 400 m²	0,057	-
örE 5	Ländlich	Küchenabfälle	< 400 m²	-	-0,598
örE 5	Ländlich	Küchenabfälle	≥ 400 m²	0,818	-
örE 5	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	0	0
örE 5	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	0,006	-
örE 5	Ländlich	Kompostierbares Papier	< 400 m²	0,065	-0,092
örE 5	Ländlich	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	-0,255	-
örE 5	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	0,694	-0,036
örE 5	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	0,027	-

örE	Siedlungsstruktur	SG	Fläche	Mit HK (kg/(m²*Woche))	Ohne HK (kg/(m²*Woche))
örE 6	Städtisch	Gartenabfälle	< 400 m²	0,247	-
örE 6	Städtisch	Gartenabfälle	≥ 400 m²	0,192	0,161
örE 6	Städtisch	Küchenabfälle	< 400 m²	-	-
örE 6	Städtisch	Küchenabfälle	≥ 400 m²	0,454	-0,861
örE 6	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	0,25	-
örE 6	Städtisch	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	0,098	-0,015
örE 6	Städtisch	Kompostierbares Papier	< 400 m²	0,256	-
örE 6	Städtisch	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	0,255	-0,088
örE 6	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	0,644	-
örE 6	Städtisch	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	0,768	-0,14
örE 7	Ländlich	Gartenabfälle	< 400 m²	0,064	-0,027
örE 7	Ländlich	Gartenabfälle	≥ 400 m²	-	0,039
örE 7	Ländlich	Küchenabfälle	< 400 m²	-	-0,218
örE 7	Ländlich	Küchenabfälle	≥ 400 m²	0,825	-0,366

örE	Siedlungsstruktur	SG	Fläche	Mit HK (kg/(m²*Woche))	Ohne HK (kg/(m²*Woche))
örE 7	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	-0,053	-0,013
örE 7	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	-	-0,038
örE 7	Ländlich	Kompostierbares Papier	< 400 m²	0,153	0,001
örE 7	Ländlich	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	-	-0,053
örE 7	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	0,394	-0,106
örE 7	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	-	-0,344
örE 8	Ländlich	Gartenabfälle	< 400 m²	-	0
örE 8	Ländlich	Gartenabfälle	≥ 400 m²	0,557	-
örE 8	Ländlich	Küchenabfälle	< 400 m²	-	0
örE 8	Ländlich	Küchenabfälle	≥ 400 m²	-	-
örE 8	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	< 400 m²	-	0
örE 8	Ländlich	Sonstige kompostierbare Stoffe	≥ 400 m²	0,08	-

örE	Siedlungsstruktur	SG	Fläche	Mit HK (kg/(m²*Woche))	Ohne HK (kg/(m²*Woche))
örE 8	Ländlich	Kompostierbares Papier	< 400 m²	-	0
örE 8	Ländlich	Kompostierbares Papier	≥ 400 m²	0,06	-
örE 8	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	< 400 m²	-	0
örE 8	Ländlich	Rest ≤ 10 mm	≥ 400 m²	1,856	-

A.7 Erhebungsbogen Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2

Abbildung 18: Erhebungsbogen zur Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Teil 1)

STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER

Erhebung der öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgung 2022

Eigenkompostierung

OERE-EKO

FÜR IHRE UNTERLAGEN

Ansprechperson für Rückfragen (freiwillige Angabe)

Name:

Telefon oder E-Mail:

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

Bitte beachten Sie bei der Beantwortung der Fragen die Erläuterungen zu 1 bis 7 in der separaten Unterlage.

Identnummer (bei Rückfragen bitte angeben)

Bitte gehen Sie wie folgt vor:

Die Statistik der öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgung ist ein wichtiger Faktor für abfallwirtschaftliche Themen und Entscheidungen.

Die Erhebung dient zur Ermittlung der Anzahl der Anfallstellen (Einheiten), die Eigenkompostierung betreiben und/oder die Biotonne nutzen. Als Anfallstelle (Einheit) im Sinne dieser Erhebung sind Haushalte, Liegenschaften, Behälter u. a. definiert. Bitte geben Sie die Anzahl der Anfallstellen wenn möglich in derselben Art der Einheit (siehe Erläuterungen in der separaten Unterlage) an.

Berichtsjahr ist das Kalenderjahr 2022.

Hinweise zur Erhebung

Erhoben werden die Anzahl der Anfallstellen (Einheiten), die Eigenkompostierung betreiben und/oder die Biotonne nutzen.

a. Mit Biotonnen-Nutzung:
Anzahl der Anfallstellen, bei denen Bioabfälle mittels Biotonne getrennt gesammelt werden.

b. Eigenkompostierung:
Anzahl der Anfallstellen, bei denen Bioabfälle mittels Biotonne getrennt gesammelt und zudem Bioabfälle selbst kompostiert werden.

c. Mit Befreiung von der Nutzung der Biotonne:
Anzahl der Anfallstellen, bei denen ein Anschluss- und Benutzungszwang für eine getrennte Bioabfallsammlung mittels Biotonne besteht, die aber vom Anschluss- und Benutzungszwang befreit sind, weil sie ihre Bioabfälle selbst kompostieren.

d. Ohne Nutzungsmöglichkeit der Biotonne:
Anzahl der Anfallstellen, bei denen kein Anschluss- und Benutzungszwang für eine Biotonne besteht und keine Getrenntsammlung von Bioabfällen mittels Biotonne erfolgt.

Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder

Abbildung 19: Erhebungsbogen zur Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Teil 2)

Erhebung der Haushaltsabfälle 2022
Eigenkompostierung

Identnummer

Die Meldung erfolgt für:

Entsorgungsgebiet: .....

Kreis: .....

Gemeinde: .....

Amtlicher Gemeindeschlüssel (AGS): .....

Die Eigenkompostierung in weiteren Entsorgungsgebieten ist jeweils auf einem eigenen Fragebogen zu melden.

Anfallstellen	Anzahl	Art der Einheit (freiwillige Angabe) 1	Keine Angabe möglich 2	Bemerkungen 3
a. mit Biotonnen-Nutzung 4			☐	
b. mit Biotonne und gleichzeitiger Eigenkompostierung 5			☐	
c. mit Befreiung von der Nutzung der Biotonne 6			☐	
d. ohne Nutzungsmöglichkeit der Biotonne 7			☐	

Bemerkungen

Zur Vermeidung von Rückfragen unsererseits können Sie hier auf besondere Ereignisse und Umstände hinweisen, die Einfluss auf Ihre Angaben haben.

Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder

Abbildung 20: Erhebungsbogen zur Eigenkompostierung nach UStatG §3 Abs. 2 Satz 2 (Teil 3)

Erhebung der öffentlich-rechtlichen Abfallentsorgung 2022

OERE-EKO

Eigenkompostierung

Erläuterungen zu dem Fragebogen

1 Art der Einheit (freiwillige Angabe)
Bitte geben Sie hier das Kürzel für die Art der Einheiten an, für die die Angaben in diesem Entsorgungsgebiet gemacht wurden:

Haushalte	=	H
Liegenschaften	=	L
Objekte	=	O
Einwohner/Personen	=	P
Behälter	=	B
Andere Einheit *Falls zutreffend, erläutern Sie diese bitte in der Spalte „Bemerkungen".*	=	A

2 Keine Angabe möglich
Falls Sie keine Angaben für bestimmte Einheiten machen können, so kreuzen Sie das entsprechende Feld für „Keine Angabe" an.

3 Bemerkungen
Bitte geben Sie hier z. B. an, warum Sie keine Angabe machen können oder welche Besonderheiten es bei der Art der Einheit gibt.

4 a. mit Biotonnen-Nutzung
Geben Sie hier bitte die Anzahl der Einheiten an, die über eine Biotonne verfügen.

5 b. mit Biotonnen-Nutzung und gleichzeitiger Eigenkompostierung
Geben Sie hier bitte an – soweit bekannt – wie viele Einheiten neben der Nutzung einer Biotonne auch Bioabfälle selbst kompostieren.

6 c. mit Befreiung von der Nutzung der Biotonne
Geben Sie hier bitte an, wie viele Einheiten eine Befreiung von der Biotonne haben mit der Begründung, dass sie ihre Abfälle selbst kompostieren. Auch wenn Ihnen der Grund der Befreiung bei einer Einheit nicht bekannt ist, rechnen Sie bitte diese Einheit dieser Kategorie zu. Bitte vermerken Sie dies bei den Bemerkungen.

7 d. ohne Nutzungsmöglichkeit der Biotonne
Geben Sie hier bitte die Anzahl der Einheiten an, die an die öffentliche Müllabfuhr angeschlossen sind, in deren Entsorgungsgebiet jedoch keine Biotonne angeboten wird (= potentielle Anzahl an Biotonnennutzerinnen und -nutzern im Gebiet).

Quelle: Statistische Ämter des Bundes und der Länder

A.8 Fragebogenauswertung der Kleingartenanlagen

Landkreis örE 4

1. Im Landkreis sind keine nennenswerten Kleingartenkolonien vorhanden.
2. In den Bereichen Bad Lauterberg und Hann. Münden befinden sich solche Anlagen, und es ist anzunehmen, dass es noch weitere Anlagen gibt. Keine dieser Anlagen ist jedoch an ein Komposttonnensystem angeschlossen.
3. Die Sammlung von Baum- und Strauchschnitt erfolgt nicht in den Kleingartenanlagen.
4. Grünabfälle aus Kleingärten müssen zur Entsorgungsanlage oder zu den Sammelplätzen gebracht werden. Es liegen keine Daten darüber vor, welches Abfallaufkommen aus Kleingärten stammt.

Stadt örE 1

1. In der Stadt örE 1 gibt es insgesamt 18 Kleingartenkolonien unter dem Dachverband "Kleingärten" sowie 5 private, selbst organisierte Gartenkolonien.
2. Die Nutzung von Biotonnen in den Kleingartenkolonien variiert, und es gibt keine einheitliche Praxis. Einige Kolonien verwenden Biotonnen, während andere auf Eigenkompostierung setzen.
3. Die Stadt örE 1 bietet jährlich drei Gartenabfallsammlungen an, die jeweils an Samstagen stattfinden. Diese Sammlungen decken 35 Standorte im Stadtgebiet örE 1 ab, wovon 16 Standorte in Kleingartenkolonien liegen. Normalerweise erfolgt die Anfahrt dieser Sammelstellen mit einem Müllsammelfahrzeug, besetzt mit einem Fahrer und einem Müllwerker. Das Team steht vor Ort zur Verfügung, um die Gartenabfälle zum Müllwagen zu bringen. Es ist wichtig zu beachten, dass die Ablagerung von Abfällen vor dem offiziellen Termin nicht gestattet ist. Vereinzelt stellt die Stadt örE 1 auch Absetzcontainer für die Kleingartenkolonien bereit.
4. Im Jahr 2022 wurden insgesamt 194 Megagramm (Mg) Gartenabfälle gesammelt, wovon 132,3 Mg an den Sammelstellen in den Kleingartenkolonien eingesammelt wurden.

Landkreis örE 5

1. Kleingartenkolonien sind im Landkreis örE 5 nicht verbreitet. In der Behälterdatenbank des Landkreises gibt es die Nutzungsgruppe „Gartengrundstück“. Darüber sind 12 Stück 120l- und 23 Stück 240l-Biotonnen registriert. Darin enthalten ist der einzige Kleingartenverein, der bei der Abfallwirtschaft Kreis örE 5 als Kunde registriert ist (Krähenweg 2, Sandershausen).
2. Ja, wie bereits unter Punkt 1 erwähnt.
3. Die Sammlung von Baum- und Strauchschnitt findet nicht direkt in den Kleingartenanlagen statt. Stattdessen erfolgt die Anlieferung von Schnittgut an den dafür vorgesehenen Sammelstellen.
4. Es liegen keine verfügbaren Daten vor.

Stadt örE 3

1. Im Stadtgebiet gibt es etwa 120 Kleingartenanlagen mit insgesamt rund 8.700 Parzellen, zuzüglich einer unbekannten Anzahl an Eigentumsgärten.
2. In den letzten Jahren wurden etwa 180 Gärten mit Biotonnen ausgestattet. Allerdings wurden diese im vergangenen Jahr wieder eingezogen, da Abfälle aus Gärten als Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen gelten, für die seitens des örE keine Biotonnen bereitgestellt werden.
3. Die Stadt verfügt über drei Wertstoffhöfe sowie zwei Grünabfallannahmestellen, die von April bis November geöffnet sind. Zusätzlich werden in den Monaten April/Mai und Oktober/November etwa 40 Grüncontainer an verschiedenen Standorten im Stadtgebiet aufgestellt. Diese stehen den Kleingärtnern zur Entsorgung ihrer Grünabfälle zur Verfügung.
4. Es werden keine genauen Statistiken über die Abfallmengen aus Kleingartenanlagen geführt.

A.9 Validierung des Stichprobenansatzes der Paarbildung (Match-Pair)

A.9.1 Beschreibung der Berechnungsmethoden

Für die Bestimmung der Kompostmenge wurde in diesem Vorhaben eine indirekte Messung über die Abfallströme, die ein Grundstück verlassen, vorgeschlagen. Dabei wurde jeweils ein Paarteil mit und ein Paarteil ohne Heimkompostierung zur Differenzberechnung gegenübergestellt (siehe auch Beschreibung der Methodik in Kapitel 5.2). Um zu prüfen, ob der Match-Pair Ansatz zu einer Reduktion des Stichprobenumfangs (und damit des Untersuchungsaufwandes) bei gleichbleibender Genauigkeit (ausgedrückt über die Varianz) führt, wurden zwei alternative Methoden zur Berechnung der Varianzen überprüft und miteinander verglichen.

1) Match-Pair-Ansatz

Bei dieser Methode wird die Differenz für jedes einzelne Pärchen gebildet und die Varianz aus den Einzelwerten der Differenzen berechnet. Dies ist zulässig, wenn bei der Pärchenauswahl zwei Grundstücke derart ausgewählt werden, dass sie bezüglich ihrer Eigenschaften bis auf das Merkmal Heimkompostierung maximal ähnlich sind (Gartengröße, Bewuchs, Einwohneranzahl, soziodemographische Parameter …). Es kann dann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der beiden Paarteile (Zufallsvariablen) hoch korreliert sind und damit die Varianzberechnung der Differenz wie bei Vorliegen einer Zufallsvariablen erfolgen kann.

Das Konfidenzintervall berechnen sich nach folgender Gleichung 43:

$$\varepsilon(d) = \pm\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \frac{var(d)}{\bar{d}^2}} \cdot t_{1-\alpha/2} \qquad (43)$$

wobei: ε(d): zulässiger relativer Fehler der Pärchendifferenz (Kompostmenge)

n: Stichprobenanzahl

d: Differenz der Pärchen (entspricht Kompostmenge)

$t_{1-\alpha/2}$: Koeffizient der Student-t-Verteilung

2a) Differenzschätzung mit Pärchenbindung

Bei dieser Methode liegen die maximal ähnlichen Eigenschaften der Grundstückspärchen nicht vor. Die Messwerte von Paarteil 1 und Paarteil 2 müssen als unabhängige Zufallsvariablen angenommen werden.

Das Konfidenzinterfall berechnet sich nach folgender Gleichung 44:

$$\varepsilon(d) = \pm\left(\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \left(v(x)^2 + v(y)^2 - 2 \cdot r \cdot v(x) \cdot v(y)\right)}\right) \cdot t_{1-\alpha/2} \qquad (44)$$

wobei: x: Stichprobenmenge Paarteil 1

y: Stichprobenmenge Paarteil 2

v(x): Variationskoeffizient x

v(y): Variationskoeffizient y

$t_{1-\alpha/2}$: Koeffizient der Student-t-Verteilung

2b) Differenzschätzung ohne Pärchenbindung

Bei dieser Methode werden eine gleiche Anzahl an Grundstücken mit und ohne Heimkompostierung zufällig ausgewählt. Die Pärchen zur Berechnung der Differenzen (Kompostmenge) werden zufällig zugeteilt. Es besteht keine Pärchenbindung. Der Aufwand bei der Erstellung einer Auswahlgrundlage für die Stichprobenziehung ist geringer als im Vergleich zu den Pärchen-gebundenen Methoden.

Das Konfidenzintervall berechnet sich analog zur Gleichung (43).

A.9.2 Darstellung der Ergebnisse

Die Berechnung des zulässigen Fehlers ε (relatives Konfidenzintervall) wurde mit den nach örE und Nutzungstypen (HK ohne Biotonne und HK mit Biotonne) geschichteten Stichprobenergebnissen ermittelt, die sich für die Methodenvergleiche besser eignen. Auf Stichprobenbasis müssen die Szenarien nicht berücksichtigt werden.

Die hilfsweise erhobenen Daten aus den Befragungen der Haushalte zu den getrennt gesammelten Grünabfällen (meist Sacksammlungen) wurden nicht in die Varianzberechnungen einbezogen. Da unterschiedliche Aufteilungen zwischen den erfassten Mengen in der Biotonne (Messwert berücksichtigt) und der Grüngutsammlung (Schätzwerte der Haushalte nicht berücksichtigt) zu Verzerrungen führen würden, ist für die Gartenabfallmenge mit größeren Streuungen zu rechnen. Für die haushaltsstämmigen Küchenabfälle sind alle Messwerte in den Varianzberechnungen berücksichtigt.

Für küchenstämmige Abfälle wurden 100 % der Stichproben aus den Restmüll- und Bioabfallmassen zur Berechnung der Differenzen herangezogen. Für die der gartenstämmigen Abfälle wurden ebenfalls nur die Stichproben aus den Restmüll- und Bioabfallmassen zur Berechnung der Differenzen herangezogen. Die über die Fragebogen-Erhebung erfassten Gartenabfallmengen (keine Analysenwerte) wurden nicht in die Varianzbetrachtungen einbezogen. Der Massenanteil an Gartenabfälle, der über die Befragung ermittelt wurde liegt bei ca. 30 bis 40 % und ist bei den Fehlerbetrachtungen nicht zu vernachlässigen.

Um die tatsächliche Genauigkeit des Verfahrens beurteilen zu können wurde neben dem Gesamtwert für Garten und Küchenabfälle der Gartenabfall und die haushaltstämmigen Küchenabfälle jeweils separat berechnet und verglichen.

Insgesamt wurden je Schicht ca. 15 Stichprobenpärchen analysiert. Daraus ergaben sich insgesamt für alle Schichten 127 Stichprobenpärchen bzw. 254 Pärchenteile. Wie bereits in Kapitel 7.1 dargestellt, konnten für die Küchenabfälle und für die Gartenabfälle 69 gültige Stichprobenpärchen ausgewertet werden.

In Tabelle 43 sind die Ergebnisse der Varianzberechnungen und der relativen Konfidenzintervalle für die Berechnungsmethoden und die Gesamtwerte für Garten- und Küchenabfall, die Gartenabfälle und die haushaltstämmigen Küchenabfälle zu entnehmen.

Tabelle 43: Statistische Parameter zur Fehlerrechnung

		Pärchenweise-Methode	Differenz-schätzung mit Pärchen-bindung	Differenz-schätzung ohne Pärchen-bindung
Garten & Küche	n	69	69	69
Gesamt	Summe [kg]	245,9	245,9	248,5
	Mittelwert [kg]	3,56	3,56	3,60
	Varianz(d)	1,8001	245,9254	248,4903
	Varkoeff(d)	37,6 %	67,7 %	209,2 %
	Korrelationskoeff.		0,2994	0,2509
	KI_{rel} (ε_d)	± 7,5 %	± 7,8 %	± 8,0 %
	KI_{rel} (ε_d) bezogen auf n= 100	± 6,3 %	± 6,5 %	± 6,7 %
Küchenstämmige	n	69	69	69
Stoffgruppen	Summe [kg]	45,8	45,8	45,8
	Mittelwert [kg]	0,66	0,66	0,66
	Varianz(d)	0,1184	45,7795	0,1568
	Varkoeff(d)	51,9 %	66,3 %	59,7 %
	Korrelationskoeff.		0,4019	0,0145
	KI_{rel} (ε_d)	± 10,4 %	± 6,2 %	± 8,5 %
	KI_{rel} (ε_d) bezogen auf n= 100	± 8,6 %	± 5,2 %	± 7,0 %
Gartenstämmige	n	69	69	69
Stoffgruppen	Summe [kg]	200,1	200,1	200,1
	Mittelwert [kg]	2,90	2,90	2,90
	Varianz(d)	1,6573	26.018	26.018
	Varkoeff(d)	44,4 %	0,0 %	0,1 %
	Korrelationskoeff.		0,2678	-0,0067

		Pärchenweise-Methode	Differenz-schätzung mit Pärchen-bindung	Differenz-schätzung ohne Pärchen-bindung
	KI_{rel} (ε_d)	± 8,9 %	± 18,3 %	± 20,5 %
	KI_{rel} (ε_d) bezogen auf n= 100	± 7,4 %	± 15,2 %	± 17,1 %

KI: 90%-Konfidenzintervall
d: Differenz zwischen den Untersuchungspärchen
(ε_d): zulässiger relativer Fehler der Pärchendifferenz (Kompostmenge)

A.9.3 Bewertung

Insgesamt zeigt die Pärchenweise-Methode bei gleichbleibendem Stichprobenumfang Vorteile bei der erreichbaren Genauigkeit der Ergebnisse. Eine Herausforderung besteht darin, exakt vergleichbare Haushalte zu finden, die zweifelsfrei identifiziert werden können. In der Praxis müssen dabei häufig Kompromisse eingegangen werden, die von den Idealbedingungen abweichen. Erwartungsgemäß unterliegen die Gartenabfälle größeren Schwankungen, was auf den Entsorgungsweg der Grüngutabfälle zurückzuführen ist, die nicht über eigene Messungen erhoben und somit nicht in die Stichproben einbezogen werden konnten. Eine Berücksichtigung der Grüngutmengen aus den Fragebogenerhebungen hätte die Streuungsbreite weiter erhöht.

Als weitere „Störgröße“ bei der Varianzberechnung hat sich die Schichtung nach Nutzungstypen erwiesen. Grundstücke mit Heimkompostierung und Nutzung der Biotonne zeigten im Vergleich zu den Grundstücken mit Heimkompostierung ohne Biotonne bezüglich der Varianzen deutlich abweichendes Verhalten insbesondere in den Differenzen der küchenstämmigen Abfälle. Bedingt durch die nicht vorhersehbare Verteilung der Nutzungstypen lag eine deutliche Unterrepräsentativität der Grundstücke mit Heimkompostierung und Biotonne vor. Aufgrund der geringen Stichprobenanzahl und der damit einhergehenden größeren Streuung für diese Schicht wurde insbesondere für die küchenstämmigen Abfälle ein größerer relativer Fehler ermittelt, der so nicht zu erwarten war. Berechnet man den relativen Fehler ausschließlich für die Schicht HK ohne Biotonne, wird ein deutlich kleinerer relativer Fehler ermittelt.

Es zeigt sich, dass für die Gartenabfälle die Problematik der Grüngut-Berücksichtigung und für die küchenstämmigen Abfälle die Nutzungstypen zu einer Varianzvergrößerung geführt haben.

Für den Gesamtwert der Küchen und Gartenabfälle, die eigentliche Zielgröße für die Kompostmenge, zeigt sich eine akzeptable Streubreite, die für die Pärchenweise-Methode sogar noch unterhalb der küchenstämmigen Abfälle liegt.

Der Vergleich der Pärchen-gebundenen Methoden zeigt deutliche Vorteile gegenüber der Pärchen-ungebunden Methode. Die Pärchen-gebundenen Methoden zeigen relative Genauigkeiten, die um mindestens 5 % unterhalb der nicht gebundenen Methode liegen. Das heißt, bei gleicher Genauigkeit müssten im nicht gebundenen Fall zusätzliche Pärchen beprobt werden. Da für die Vergleichsrechnung mit denselben Testdaten gerechnet wurde, ist zu erwarten, dass die Unterschiede bei unabhängigen Testdaten noch höher ausfallen werden.

Zusammenfasend ist festzustellen, dass die Match-Pair-Methode deutliche Vorteile aufweisen kann, wenn die Auswahlgrundlage für die Stichprobengewinnung und die Messung der Grüngutabfälle erheblich verbessert werden. Über den mehrstufig geschichteten Ansatz können

die Gebiete, für die Stichprobenverzeichnisse zu erstellen sind, wesentlich eingeschränkt und damit im Aufwand reduziert werden. Damit können Grundstücke mit Heimkompostierung nach Nutzungstypen zuverlässig ausgewählt werden. Für die Messungen der Grüngutabfälle hat sich die Befragung der Haushalte als Schwachpunkt in der Qualitätssicherung erwiesen. Da die Grüngutmenge einen erheblichen Anteil an der Berechnung der Kompostmengen ausmacht, muss über das Befragungskonzept mit Validierungen vor Ort nachgedacht werden.

A.10 Tabelle 2 des Eurostat Fragebogens

Abbildung 21: Tabelle 2 des Eurostat-Fragebogens

Table 2 - material breakdown according to Implementing Decision 2019/1004/EC Annex V

Country:		
Reference year:		2021

Codes	Municipal waste	List of Waste codes (LoW) (for generated amounts only)	Municipal waste generated (tonnes)[1]	Standard footnotes	Explanatory footnote	Separate collection[8] (tonnes)	Standard footnotes	Explanatory footnote	Preparing for reuse (tonnes)	Standard footnotes	Explanatory footnote	Recycling (tonnes)	Standard footnotes	Explanatory footnote	Energy recovery (tonnes)[2]	Standard footnotes	Explanatory footnote	Other recovery (tonnes)[3]	Standard footnotes	Explanatory footnote
			GEN			COL_SEP			PRP_REU			RCY			RCV_E			RCV_OTH		
TOTAL	Total																			
W063_122_MUN	Metals	20 01 40, 15 01 04, 15 01 11*																		
W063_122_MUN_INC	Metals seperated after incineration of waste[4]	20 01 40, 15 01 04, 15 01 11*																		
W071_MUN	Glass	20 01 02, 15 01 07																		
W074_MUN	Plastic	20 01 39, 15 01 02																		
W072_MUN	Paper and cardboard	20 01 01, 15 01 01																		
W091_092_MUN	Bio-waste	20 01 08, 20 01 25, 20 02 01																		
W091_092_MUN_S	Bio-waste seperated and recycled at source[5]	20 01 08, 20 01 25, 20 02 01																		
W075_MUN	Wood	20 01 37*, 20 01 38, 15 01 03																		
W076_MUN	Textiles	20 01 10, 20 01 11, 15 01 09																		
W082_84_MUN	Electrical and electronic equipment	20 01 21*, 20 01 23*, 20 01 35*, 20 01 36																		
W0841_MUN	Batteries	20 01 33*, 20 01 34																		
W1011_MUN	Bulky waste[6]	20 03 07																		
W1011_1021_MUN	Mixed waste	20 03 01, 15 01 06																		
MUN_OTH	Other	See below[7]																		

Notes:

Cell shading:

White: Data provision is required.
Light blue: provision of data is voluntary.
Light orange: Footnotes (only to be filled-in when relevant)
Black: Reporting is not applicable.

(1) The amount of generated waste per material may be based on data on separately collected waste and on estimates derived from regularly updated waste composition surveys of municipal waste. Where no such surveys are available, the category of mixed waste may be used. The concept of municipal waste generated is the same as in Table 1 - JQ Format. The LoW codes relate to the generated quantities only, other codes e.g. chapter 19 10 / 19 12 would relate to waste treatment.

(2) This includes incineration with energy recovery and the reprocessing of waste to be used as fuels or other means to generate energy. The weight of waste subject to energy recovery per material may be based on estimates derived from regularly updated waste composition surveys of municipal waste. Where no such surveys are available, the category of mixed waste may be used.

(3) This excludes preparing for reuse, recycling and energy recovery, and includes backfilling.

(4) Metals separated after incineration of municipal **waste shall be reported separately and shall not be included in the row for metals and in the total amount of waste entering energy recovery operations.**

(5) Bio-waste separated and recycled at source sh**all be reported separately and shall not be included in the row for bio-waste.**

(6) This includes large dimension waste items which require specific collection and treatment such as furniture and mattresses.
Note: as you move through the waste process (e.g. from waste generation to recycling) there will be no bulky waste (e.g. under recycling) as this will be broken down by then.

(7) 20 01 13*,20 01 14*, 20 01 15*, 20 01 17*, 20 01 19*, 20 01 21*, 20 01 23*, 20 01 26*, 20 01 27*, 20 01 28, 20 01 29*, 20 01 30, 20 01 31*, 20 01 32, 20 01 41, 20 01 99, 20 02 03, 20 03 02, 20 03 03, 20 03 99, 15

(8) Proportion of municipal waste generated that is collected separately - this does not equal the sum total of the subsequent columns.

Quelle: Eurostat