

Umstellung zum Gelben System – Abschätzung und Vergleich der THG-Emissionen

28 April 2025

„Alle Modelle sind falsch, aber einige sind nützlich“ (George Box, Statistiker, 1919-203)

Autor

Benoît Hazebrouck, Referat für Klima- und Umweltschutz

Mitwirkung und Überprüfung des Berichtes

Waldemar Bonnet, Abfallwirtschaftsbetrieb München

Marion Möhle, Referat für Klima- und Umweltschutz

Fabian Herrmann, Referat für Klima- und Umweltschutz

Weitere Mitwirkung (Daten, fachlicher Austausch)

Melanie Reinholz, Margit Sauter, Gerald Stutz, Martina Heller, Abfallwirtschaftsbetrieb München

Jörg Wagner, INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management

Kontakt

benoit.hazebrouck@muenchen.de oder gb2-1@muenchen.de (Gruppenpostfach)

Telefon: +49 - 1525-66-51450

Zusammenfassung

Die Erfassung von Leichtverpackungen (LVP) der privaten Haushalte erfolgt in München durch ein Bringsystem: Die Einwohner bringen diese Wertstoffe hauptsächlich zu Depotcontainern, die auf öffentlichen Flächen zur Verfügung gestellt werden.

Der Abfallwirtschaftsbetrieb München (AWM) möchte dem Stadtrat die Umstellung zu einem Holsystem vorschlagen.

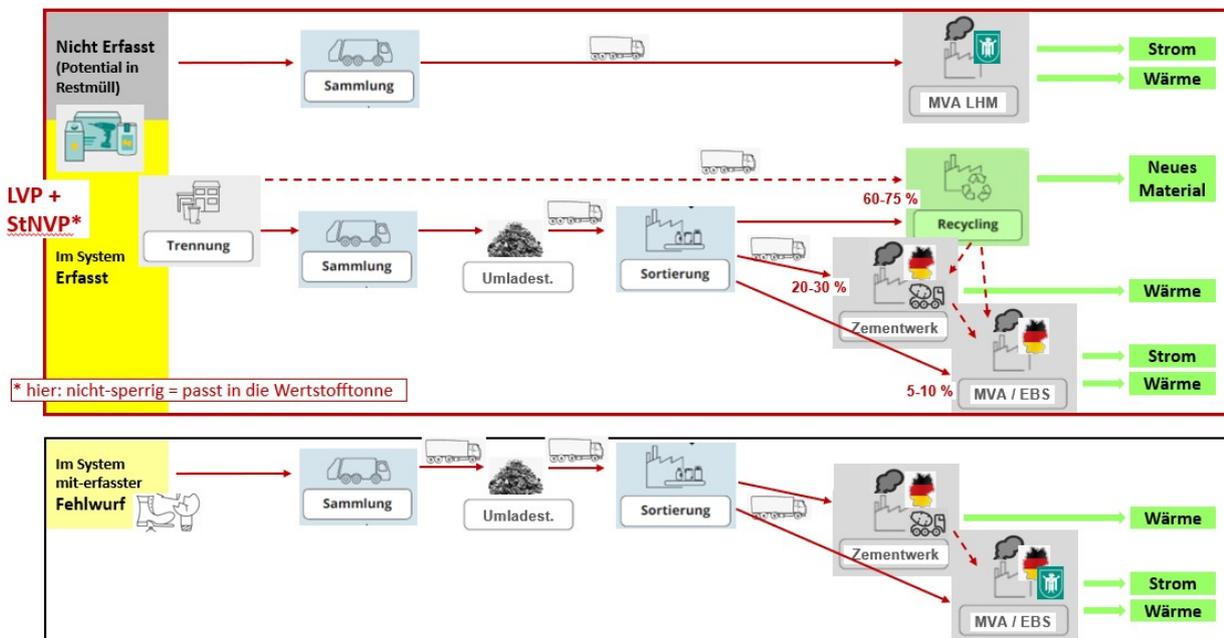
Diese Studie schätzt die Auswirkungen einer solchen Umstellung in Bezug auf den Klimaschutz, d.h. auf die mit dem Erfassungssystem verbundenen Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen), ab. Drei Varianten von Holsystemen wurden hier untersucht und untereinander sowie mit dem aktuellen System „Depotcontainer“ verglichen: Gelber Sack, Gelbe Tonne und Wertstofftonne. Alle drei Varianten gehören zu den sogenannten gelben Systemen.

Folgende Erfassungssysteme wurden quantitativ untersucht:

- Gelber Sack mit Wertstoffhof als Ergänzung (GS + WSH)
- Gelbe Tonne mit Wertstoffhof als Ergänzung (GT + WSH)
- Wertstofftonne mit Wertstoffhof als Ergänzung (WST + WSH)
- Depotcontainer mit Wertstoffhof als Ergänzung (DC + WSH), das aktuelle System in München.

Gegenstand der Bewertung war das gesamte Potential an Leichtverpackungen (LVP) sowie nicht-sperrigen, stoffgleichen Nichtverpackungen (StNVP) im Abfall der privaten Haushalte im Stadtgebiet München (vgl. Abbildung 1). „Nicht-sperrig“ bezeichnet hier Gegenstände, die in eine 1.100 l -Wertstofftonne passen. Außerdem wurden die zusätzlichen THG-Emissionen, die mit dem Fehlwurf (im Erfassungssysteme mit-erfassten Gegenständen, die keine LVP oder StNVP sind) verbunden sind, in die Bilanzierung einbezogen.

Abbildung 1: Prozessschritte und derer Ausgang



Folgende Prozessschritte wurden für die einzelnen Sammelsysteme bilanziert (vgl. Abbildung 1):

- Bereitstellung und regelmäßiger Austausch der Container, Tonnen und gelben Säcke
- Individualverkehr bei Bringsystemen (Depotcontainer, Wertstoffhof)
- Sammlung und Entladung in der Umladestation
- Transport zur Sortieranlage
- Sortierung
- Transport der Fraktionen zu Aufbereitungs-, Verwertungs- und Behandlungsanlagen

- Aufbereitung und Verwertung der verschiedenen Fraktionen: werkstoffliche Verwertung, rohstoffliche Verwertung (Schmelzofen), energetische Verwertung (Co-Verbrennung in Zementwerken, Ersatzbrennstoffanlage, Müllverbrennungsanlage).

Bei jedem Prozessschritt wurden die Stoffströme und die THG-Emissionen abgeschätzt.

Ein IST-Szenario (Jahr 2024) und ein ZUKUNFT-Szenario (2027-2039) wurden beschrieben und berechnet. Das ZUKUNFT-Szenario zeichnet sich v.a. durch verbesserte Erfassungs-, Sortierungs- und Recyclingeffizienz sowie durch veränderte Rahmenbedingungen zur Energiegewinnung (Strommix, Wärmemix) aus. Das IST-Szenario beschreibt die Einführungsphase des neuen Erfassungssystems unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen.

Zwei bundesweite Studien wurden herangezogen und an die Münchner Verhältnisse angepasst:

- Von der Sammlung bis zum Ausgang der Sortieranlage: *Analyse der Effizienz und Vorschläge zur Optimierung von Sammelsystemen der haushaltsnahen Erfassung von Leichtverpackungen und stoffgleichen Nichtverpackungen auf der Grundlage vorhandener Daten*. Umweltbundesamt, 2018.
- Vom Ausgang der Sortieranlage bis zur erfolgten Verwertung: *Ökobilanz zu den Leistungen der dualen Systeme im Bereich des Verpackungsrecyclings*. Öko-Institut e.V., April 2022.

Dabei wurden u.a. folgende Anpassungen vorgenommen, um die Münchner Verhältnisse abzubilden:

- Mengen und Zusammensetzung aus dem Münchner Pilotversuch 2024-2025
- Erfassungsziel aus dem Zero-Waste Konzept, angepasst an die gelben Systeme (im ZUKUNFT-Szenario)
- Lokale Gewinnung der Fernwärme und lokale Müllverbrennung
- Münchner Daten für die Fahrten zum Depotcontainer und zum Wertstoffhof.

Außerdem wurden die neuen gesetzlich vorgeschriebenen Recyclingquoten und die aktuell für Kunststoffe erreichten Recyclingquoten einbezogen.

Die Ergebnisse des Variantenvergleiches werden in den folgenden Tabellen und Abbildungen als Tonnen CO₂-Äquivalent pro Million Einwohner pro Jahr (t CO₂_{eq}/Mio.E/a) dargestellt: zuerst als absolute Werte, dann als relative Werte im Vergleich zum aktuellen System „Depotcontainer“.

Bei den dargestellten absoluten Werten (s. Tabelle 1 und Abbildung 2) stellen positive Werte eine Erhöhung der THG-Emissionen dar (negative Klimaschutzbilanz), negative Werte hingegen eine Reduzierung der verursachten THG-Emissionen. Zum Beispiel:

- Der Schritt „Aufbereitung und Verwertung ab der Sortieranlage“ weist eine positive Klimaschutzbilanz auf, weil dabei CO₂-beladenes neues Material (Kunststoff, Metall ...) durch Recyclat ersetzt wird: Durch die Verwendung von Recyclaten werden bei der Herstellung von neuen Materialien mehr THG-Emissionen eingespart als der Recyclingprozess verursacht. Folglich werden diese Werte als negative THG-Emissionen in die Bilanzierung aufgenommen.
- Die energetische Verwertung von nicht-erfassten Wertstoffen in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) weist eine negative Klimaschutzbilanz auf, da die bei der Verbrennung freigesetzten CO₂-Emissionen die THG-Einsparungen durch die dabei gewonnene Energie übertrifft. Folglich werden diese Werte als positive THG-Emissionen in die Bilanzierung aufgenommen.

Bei den dargestellten relativen Werten (s. Tabelle 2 und Abbildung 3) stellen negative Werte eine Reduzierung der THG-Emissionen im Vergleich zum aktuellen System „Depotcontainer“ dar.

Viele Eingabewerte in der THG-Bilanzierung mussten abgeschätzt werden. Die damit verbundenen Ungenauigkeiten führen dazu, dass die Berechnungsergebnisse als Orientierungswerte zu verstehen sind und geringfügige Unterschiede zwischen den Systemen nicht als endgültig betrachtet werden können. Verschiebungen von wenigen 100 t CO₂_{eq}/Mio.E/a können durch eine veränderte Datengrundlage schnell erreicht werden.

Tabelle 1: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte)

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	IST				ZUKUNFT			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe								
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	0	0	0	36	0	0	0	26
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	87	87	0	87	62	62	0	62
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	77	84	84	4	161	66	66	3
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	588	630	577	63	562	605	557	63
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	139	285	310	186	181	338	360	101
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-2.606	-4.462	-5.125	-3.308	-8.636	-14.767	-15.607	-5.346
2. Nicht-erfasste Wertstoffe								
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	86	51	37	104	86	51	37	104
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	8.664	6.629	7.136	8.085	13.594	6.530	6.229	17.383
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf								
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	19	94	152	21	21	68	95	11
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	65	116	135	7	62	111	129	7
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	95	473	767	104	5	15	22	3
Gesamtbilanz THG-Emissionen	7.213	3.986	4.072	5.388	6.097	-6.919	-8.112	12.418

Abbildung 2: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte)

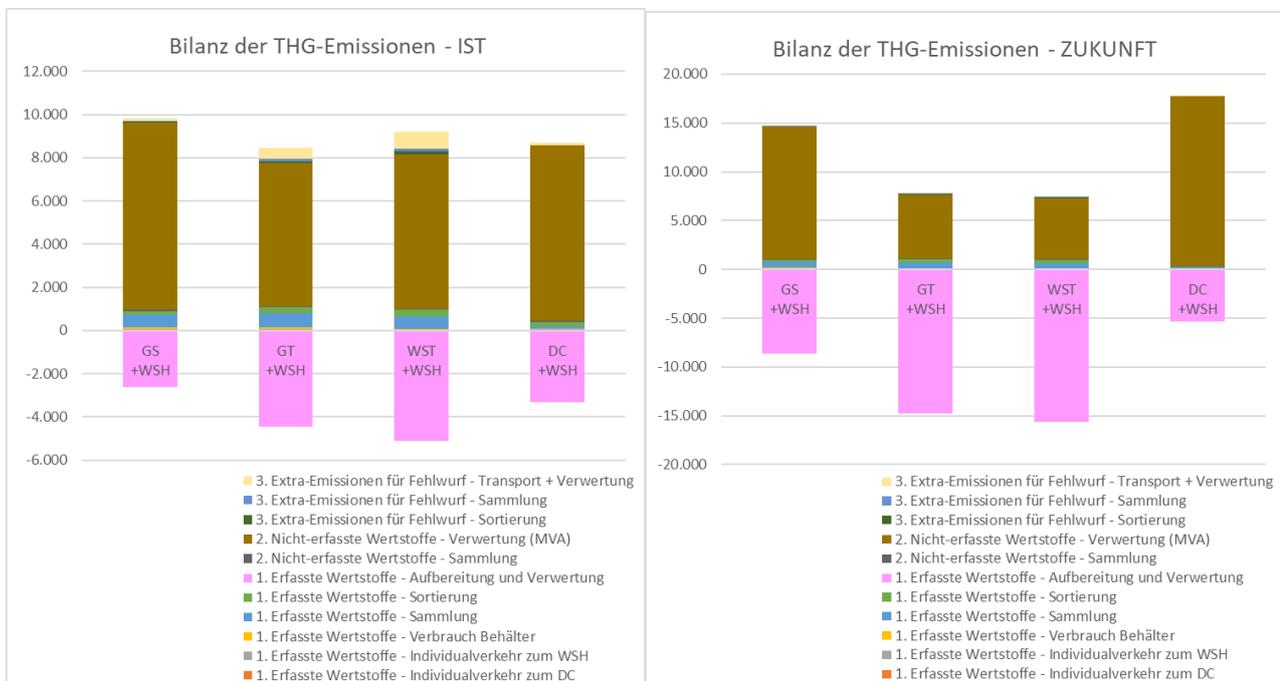
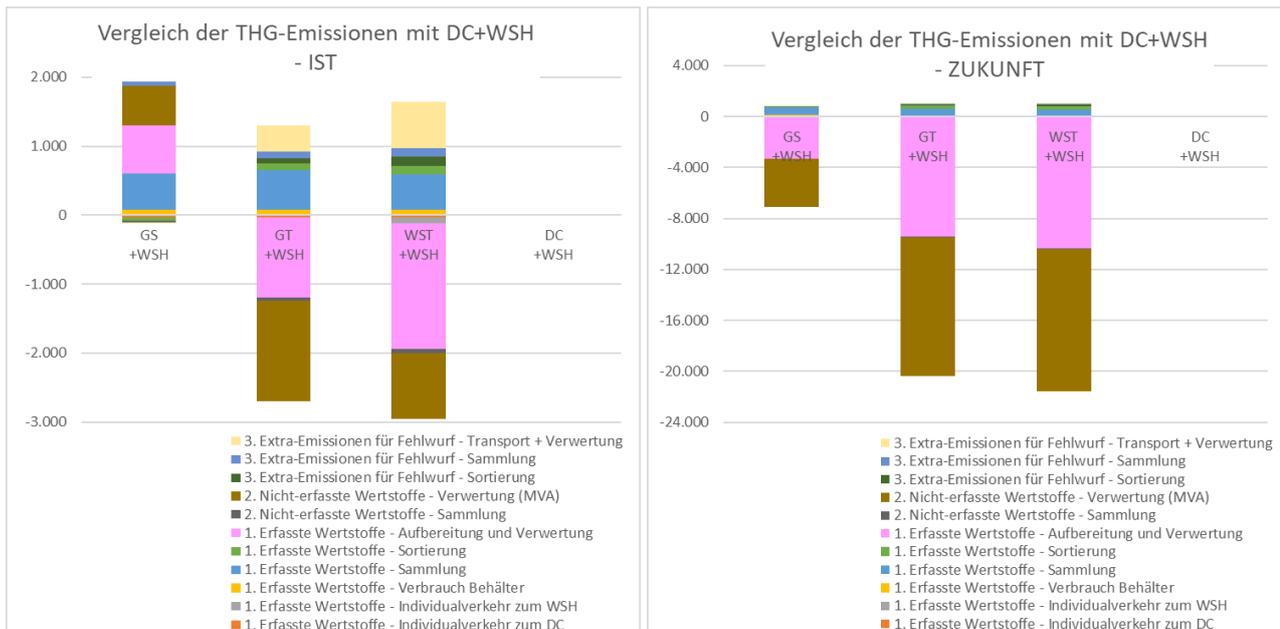


Tabelle 2: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen den vier Erfassungssystemen, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relative Werte)

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	IST				ZUKUNFT			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe								
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	-36	-36	-36	0	-26	-26	-26	0
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	0	0	-87	0	0	0	-62	0
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	73	80	80	0	158	63	63	0
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	525	567	514	0	499	543	494	0
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	-47	99	124	0	81	238	259	0
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	702	-1.154	-1.817	0	-3.290	-9.421	-10.261	0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe								
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	-19	-53	-67	0	-19	-53	-67	0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	579	-1.456	-950	0	-3.790	-10.854	-11.154	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf								
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	-2	73	131	0	10	57	84	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	58	109	128	0	55	104	122	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	-9	370	663	0	2	13	19	0
Gesamtbilanz THG-Emissionen	1.825	-1.402	-1.317	0	-6.321	-19.337	-20.530	0

Abbildung 3: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen der vier Erfassungssysteme, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relativer Vergleich)



Die Ergebnisse zeigen, dass die Erfassungssysteme „Wertstofftonne“ und „Gelbe Tonne“ klimafreundlicher abschneiden als die Systeme „Gelber Sack“ und „Depotcontainer“. Im ZUKUNFT-Szenario schneidet das System „Wertstofftonne“ besser als die „Gelbe Tonne“ ab. Die Unterschiede zwischen den beiden Systemen im IST-Szenario werden aufgrund der Ungenauigkeiten im Berechnungsmodell als vernachlässigbar eingestuft.

Ausschlaggebend für diese Ergebnisse sind die Mengen an erfassten und nicht erfassten LVP+StNVP sowie - in geringerem Maße- die Mengen an mit-erfassten systemfremden Stoffen (Fehlwurf). Auch die Sammelfahrten spielen im IST-Szenario eine nicht unerhebliche Rolle. Zum Beispiel:

- Die Systeme „Wertstofftonne“ und „Gelbe Tonne“ schneiden aufgrund höherer erfasster Mengen, trotz höherer Fehlwurfquote bei der Wertstofftonne, besser ab als die Systeme „Gelber Sack“ und „Depotcontainer“.
- Das System Depotcontainer ist im IST-Szenario mit besonders wenig Fehlwurf und mit wenig Sammelfahrten belastet, obwohl die erfassten Mengen eher niedrig sind. Dieser Vorteil nimmt im ZUKUNFT-Szenario stark ab. Ursächlich hierfür sind drei Effekte im ZUKUNFT-Szenario:
 - Es wird damit gerechnet, dass die Fehlwurfquote in den anderen Erfassungssystemen abnimmt;
 - Die Gutschriften für die Entsorgung der nicht-erfassten LVP+StNVP (thermische Verwertung in den Münchner Müllverbrennungsanlagen) werden kleiner, weil die substituierten Energieträger Strom und Wärme weniger CO₂-belastet werden;
 - Das relative Gewicht der Sammeltouren in den THG-Emissionen nimmt ab, da einer geringfügig höheren Fahrleistung erheblich höhere erfasste Mengen gegenüberstehen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Inhaltsverzeichnis	6
Anhangsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	9
Abbildungsverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1. Kontext und Ziele	13
2. Methodologische Übersicht	13
2.1. Systemgrenze, Schnittstellen	13
2.1.1. Material	13
2.1.2. Bezugsgrößen	13
2.1.3. Erfassungssysteme	14
2.1.4. Prozessschritte.....	14
2.1.5. Zeiträume	15
2.2. Prinzipien und Methode	15
2.2.1. Prinzipien	15
2.2.2. Prinzip der Abschätzung der THG-Emissionen	15
2.2.3. Referenzstudien und Anpassung	15
3. Stoffströme und -zusammensetzungen	16
3.1. Erfasste Mengen und Zusammensetzungen im IST-Szenario.....	16
3.1.1. Gelbe Systeme	16
3.1.1.1. Erfasste Mengen und Zusammensetzung: Beobachtungen	16
3.1.1.2. Erfasste Mengen: Modellierung	19
3.1.1.3. Fehlwurf: Erhebung und Modellierung	20
3.1.2. System „Depotcontainer“	21
3.1.3. Berücksichtigung des ergänzenden Wertstoffhofes	21
3.2. Erfasste Mengen und Zusammensetzungen im ZUKUNFT-Szenario	23
3.3. Repräsentativität der berücksichtigten Mengen, Sensitivität.....	24
3.4. Sortierung, Verteilung nach „Fraktionencluster“	25
3.5. Verwertung.....	28
3.5.1. Recyclingquoten	28
3.5.2. Ausbeute und Rest aus der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff	30
3.5.3. Nicht-erfasste Stoffe, Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“, Fehlwurf	31
4. THG-Berechnungen	32
4.1. Emissionsfaktoren für den Strommix	32
4.2. Prozessschritt „Trennung“	33
4.2.1. Bereitstellung der Säcke, Tonnen und Container	33
4.2.2. Individualtransport	35
4.3. Prozessschritt „Sammlung“	36
4.3.1. Anzahl und Länge der Sammeltouren	37
4.3.1.1. Gelbe Systeme	37
4.3.1.2. Depotcontainer.....	38
4.3.2. Reduzierung der Restmüll-Sammlung	38
4.3.3. Zuordnung der Sammeltouren zwischen LVP+StNVP und Fehlwurf	39
4.3.4. Emissionsfaktoren und THG-Emissionen der Sammeltouren.....	40
4.3.4.1. Auswahl des Modells	40
4.3.4.2. Kraftstoffverbrauch der Sammelfahrzeuge	41
4.3.4.3. Emissionsfaktoren der Kraftstoffe.....	42
4.3.5. Zwischenergebnisse für den Prozessschritt „Sammlung“	42
4.4. Prozessschritt „Sortierung“	43

4.5.	Prozessschritt „Transport nach der Sortieranlage“	43
4.6.	Prozessschritt „Aufbereitung und Verwertung“	43
4.6.1.	Recycling	44
4.6.2.	Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff	44
4.6.3.	Thermische Verwertung in einem Zementwerk.....	44
4.6.4.	Thermische Verwertung in einer EBS-Anlage.....	45
4.6.5.	Thermische Verwertung in einer Müllverbrennungsanlage.....	47
4.6.5.1.	Durchschnittliche Müllverbrennungsanlage in Deutschland	47
4.6.5.2.	Münchener Müllverbrennungsanlagen.....	47
5.	Ergebnisse, Schlussfolgerungen.....	50
5.1.	Ergebnisse.....	50
5.2.	Sensitivitätsanalyse, Stellschrauben zur Optimierung der THG-Bilanz	53
6.	Literaturverzeichnis	55

Anhangsverzeichnis

- Anhang 1: Zusammensetzung des Fehlwurfs im Pilotversuch – Vergleich zwischen den zwei Erhebungen
- Anhang 2: Einzelheiten der Modellierung der Stoffströme und -zusammensetzungen beim Recycling der Fraktionencluster „EPS“ (Expandiertes Polystyrol), „PPK aus LVP“ und „FKN“
- Anhang 3: Einzelheiten der Modellierung der Stoffgruppen und derer Eigenschaften bei der energetischen Verwertung
- Anhang 4: Modellierte Zusammensetzungen nach der „Klassifizierungsebene 3“ der erfassten und nicht erfassten Stoffe, des Fehlwurfs und des „Clusters Sortierrest von LVP+StNVP“ im IST-Szenario
- Anhang 5: Modellierte Zusammensetzungen nach der „Klassifizierungsebene 3“ der erfassten und nicht erfassten Stoffe, des Fehlwurfs und des Clusters „Sortierrest von LVP+StNVP“ im ZUKUNFT-Szenario
- Anhang 6: Sortierungsmatrix von UBA (2018), IST-Szenario
- Anhang 7: Sortierungsmatrix von UBA (2018), ZUKUNFT -Szenario
- Anhang 8: Verteilungsmatrix aus der „Klassifizierungsebene 3“ zu den 17 DS-Fraktionen (ohne Sortierung)
- Anhang 9: Verteilungsmatrix aus den 25 DS-Ausgangsfractionen zu den 17 „Fraktionencluster“ von Öko-Institut (2022a)
- Anhang 10: Modellierte Zusammensetzungen nach der Fraktionenclustern - Erfassten und nicht erfassten Stoffe, Fehlwurf und Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ - IST-Szenario
- Anhang 11: Modellierte Zusammensetzungen nach der Fraktionenclustern - Erfassten und nicht erfassten Stoffe, Fehlwurf und Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“- ZUKUNFT-Szenario
- Anhang 12: Zuordnung des Fehlwurfs und Zuordnung dessen Inhalts im Vergleichsszenario ohne Fehlwurf
- Anhang 13: Berechnung des Verbrauchs an gelben Säcken, Tonnen, Containern
- Anhang 14: Berechnung von Emissionsfaktoren für die Erstellung und die Verwertung der gelben Säcken, Tonnen, Container
- Anhang 15: Parameter zur Quantifizierung des Individualtransports
- Anhang 16: Berechnung der Anzahl und Länge der Sammeltouren sowie des verbundenen Verbrauchs
- Anhang 17: Emissionsfaktoren für PKW-Fahrten und Sammeltouren, Modellvergleich
- Anhang 18: Berechnung der C-Gehalte und Heizwerte der Stoffgruppen (Beispiele)
- Anhang 19: Berechnung der Gutschriften bei der energetischen Verwertung
- Anhang 20: Berechnung der Lasten bei der energetischen Verwertung
- Anhang 21: Emissionsfaktoren der verschiedenen Fraktionen - Zusammensetzung
- Anhang 22: Endberechnung der THG-Emissionen

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte).....	4
Tabelle 2: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen den vier Erfassungssystemen, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relative Werte)	4
Tabelle 3: Zusammensetzung und Mengen der im Pilotversuch erfassten Stoffen (5 Spalten links) und abgeleitete Mittelwerte für die drei Holsysteme (3 Spalten rechts) - Mittelwerte über die Erhebungen	18
Tabelle 4: Zusammensetzung des Fehlwurfs - Mittelwerte über die zwei Erhebungen	20
Tabelle 5: Modellierte Zusammensetzungen und Mengen der erfassten Stoffe im IST-Szenario.....	22
Tabelle 6: Mengen und Zusammensetzung der LVP+StNVP im Münchner Restmüll (Argus, 2024).....	23
Tabelle 7: Anpassung der erfassten Mengen und Zusammensetzungen für das ZUKUNFT-Szenario	24
Tabelle 8: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den im gelben System gesammelten Mengen.....	25
Tabelle 9: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den im gelben System gesammelten Mengen an Fehlwurf	25
Tabelle 10: Anteile der direkten energetischen Verwertung und Recyclingquoten nach Öko-Institut (2022a) und Anpassungen an die gesetzlichen Vorgaben und an Projektionen aus Statistiken.....	29
Tabelle 11: Recyclingquoten: in Öko-Institut, 2022a, gesetzliche Vorgaben, Projektionen aus Statistiken...	30
Tabelle 12: Verwendete Emissionsfaktoren für den deutschen und den europäischen Strommix.....	32
Tabelle 13: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber dem Emissionsfaktor für den deutschen Strommix.....	33
Tabelle 14: Parametrisierung der Bereitstellung der Säcke, Tonnen und Container	35
Tabelle 15: Zwischenergebnisse für den Prozessschritt „Sammlung“	42
Tabelle 16: Nettowirkungsgrade durchschnittlicher deutscher MVA und EBS-Anlagen nach Öko-Institut (2022a).....	46
Tabelle 17: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den Nettowirkungsgraden von durchschnittlichen deutschen MVA und EBS-Anlagen.....	46
Tabelle 18: Verwendete Nettowirkungsgrade für die Münchner MVA und Gas-HKW	48
Tabelle 19: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den Nettowirkungsgraden der Münchner MVA und Gas-HKW	49
Tabelle 20: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber der Substitutionsquote der Wärme aus der Münchner MVA mit Erdgas	50
Tabelle 21: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte).....	51

Tabelle 22: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen den vier Erfassungssystemen, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relative Werte)	51
Tabelle 23: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte) bezogen auf das gesamte Potential an LVP+StNVP	53
Tabelle 24: Zusammenfassung der wichtigsten Unsicherheiten in der Modellierung.....	53
Tabelle 25: Stellschrauben zur Optimierung der THG-Bilanz der Erfassungssysteme, die in der Hand der LHM liegen	54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozessschritte und derer Ausgang.....	2
Abbildung 2: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte)	4
Abbildung 3: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen der vier Erfassungssysteme, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relativer Vergleich).....	5
Abbildung 4: Prozessschritte und derer Ausgang.....	14
Abbildung 5: Entwicklung der Erfassten Mengen in den Pilotgebieten über das Versuchsjahr	17
Abbildung 6: Bestimmung der Zusammensetzung der Stoffstroms beim Prozessschritt „Sortierung“	26
Abbildung 7: Statistiken der Recyclingquote für Kunststoffverpackungen bis 2023 (Neue Verpackung, 2025)	29
Abbildung 8: Geplante Entwicklung der Verteilung der Fernwärmeerzeugung in München (LHM, 2024)	49
Abbildung 9: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte)	51
Abbildung 10: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen der vier Erfassungssysteme, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relativer Vergleich).....	52

Abkürzungsverzeichnis

a. n. g.	andere nicht genannt
AWM	Abfallwirtschaftsbetrieb München
C _{fossil} -Gehalt	Gehalt an fossilen Kohlenstoff
C-Gehalt	Kohlenstoff-Gehalt
CO _{2-eq}	CO ₂ -Äquivalent
DC	Depotcontainer
DS	Duales System
EBS	Ersatzbrennstoff
EF	Emissionsfaktor (hier für Treibhausgas-Emissionen)
EPS	Expandiertes Polystyrol
EW	Einwohner
FKN	Flüssigkeitskartonagen (aus „Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V.)
GS	Gelber Sack
GT	Gelbe Tonne
GW	Geschosswohnungsbau
HKW	Heizkraftwerk
KB	Kleinbehälter
KEG	Kunststoffe zur Energiegewinnung
KS	Kunststoff
kWh	Kilowattstunde
LHM	Landeshauptstadt München
LKW	Lastkraftwagen
LVP	Leichtverpackungen
LVP	Leichtverpackungen
Mg	Megagramm („Tonne“)
MGB	Müllgroßbehälter
MGB/l	Gelbe Tonne ländlich
MGB/s	Gelbe Tonne städtisch
Mio.E	Million Einwohner
MKS	Mischkunststoffe
MPO	Gemischte Polyolefin-Artikel
MVA	Müllverbrennungsanlage
NE-	Nichteisen- (hier als Aluminium betrachtet)
NV	Nichtverpackung/Nichtverpackungen
P.km	Personenkilometer
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PKW	Personenkraftwagen
PO	Polyolefine
PP	Polypropylen
PPK	Papier, Pappe, Karton
PS	Polystyrol
PVC	Polyvinylchlorid
StNVP	stoffgleiche Nichtverpackungen. Hier nur nicht-sperrige Gegenstände, d.h.

	die in eine 1.100 l -Wertstofftonne passen.
SWM	Stadtwerke München
t.km	Tonnenkilometer
THG	Treibhausgas
Verb.	Verbund
VerpackG	Verpackungsgesetz
VerpackV	Verpackungsverordnung
WB	Weißblech
WST	Wertstofftonne
WSTH	Wertstoffhof

1. Kontext und Ziele

Die Erfassung von Leichtverpackungen (LVP) der privaten Haushalte erfolgt in München durch ein Bringsystem: Die Einwohner bringen diese Wertstoffe hauptsächlich zu Depotcontainern, die auf öffentlichen Flächen zur Verfügung gestellt werden.

Der Abfallwirtschaftsbetrieb München (AWM) möchte dem Stadtrat die Umstellung zu einem Holsystem vorschlagen.

Diese Studie schätzt die Auswirkungen einer solchen Umstellung in Bezug auf den Klimaschutz, d.h. auf die mit dem Erfassungssystem verbundenen Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen), ab. Drei Varianten von Holsystemen wurden hier untersucht und untereinander sowie mit dem aktuellen System „Depotcontainer“ verglichen: Gelber Sack, Gelbe Tonne und Wertstofftonne. Alle drei Varianten gehören zu den sogenannten gelben Systemen.

Diese Studie wurde vom Referat für Klima- und Umweltschutz in Zusammenarbeit mit dem AWM ausgeführt.

In diesem Bericht werden folgende Aspekte der Studie sukzessiv vorgestellt und diskutiert:

- Prinzipien und Methode
- Modellierung der Stoffströme und -Zusammensetzungen
- Modellierung der Treibhausgas-Emissionen
- Gesamtergebnisse und derer Sensitivität.

2. Methodologische Übersicht

2.1. Systemgrenze, Schnittstellen

2.1.1. Material

Gegenstand der Bewertung ist das gesamte Potential an Leichtverpackungen (LVP) und nichtsperrigen, stoffgleichen Nichtverpackungen (StNVP) im Abfall der privaten Haushalte im Stadtgebiet München. Als „nicht-sperrig“ werden Gegenstände bezeichnet, die in eine 1.100 l fassende Wertstofftonne passen. Dieses gesamte Potential an LVP + StNVP ist eine feste Größe zu einem bestimmten Zeitpunkt, unabhängig vom Erfassungssystem. Es verteilt sich in drei erfassungssystemabhängige Mengen (vgl. Abbildung 4):

- Erfasste LVP + StNVP: mit dem jeweiligen Erfassungssystem gesammelte Menge an LVP + StNVP
- Nicht-Erfasste LVP + StNVP: LVP + StNVP, die (irrtümlicherweise) in der Restmülltonne landen, nicht getrennt und mit dem Restmüll thermisch verwertet werden (Münchner Müllverbrennungsanlage – MVA).

Außerdem wurden die zusätzlichen THG-Emissionen, die mit dem Fehlwurf (mit-erfassten Gegenständen, die keine LVP oder StNVP sind) verbunden sind, in die Bilanzierung einbezogen (vgl. Abbildung 4). Diese zusätzlichen THG-Emissionen definieren sich als die Differenz zu einem Vergleichsszenario ohne Fehlwurf, bei dem die entsprechenden Stoffe von den Einwohnern sachgemäß getrennt bzw. entsorgt würden.

2.1.2. Bezugsgrößen

Für die Modelberechnungen wurden als Bezugsgröße 1 Mio. Einwohner gewählt. Die Ergebnisse werden zusätzlich in Bezug auf 1 Mg Gesamtpotential an LVP+StNVP dargestellt.

Beide Bezugsgrößen sind unabhängig vom Erfassungssystem, im Gegensatz z.B. zur Bezugsgröße „erfasste Menge“, die z.T. in den Studien Öko-Institut (2022a) und UBA, 2018 verwendet wird. So wird eine direkte Vergleichbarkeit der Berechnungen bei jedem Prozessschritt gewährleistet.

Es besteht ein direkt proportionaler Zusammenhang zwischen Einwohnerzahl bzw. Gesamtpotential an LVP+StNVP und Stoffmengen sowie den THG-Emissionen.

2.1.3. Erfassungssysteme

Folgende Erfassungssysteme wurden quantitativ untersucht:

- Gelber Sack mit Wertstoffhof als Ergänzung (GS + WSH)
- Gelbe Tonne mit Wertstoffhof als Ergänzung (GT + WSH)
- Wertstofftonne mit Wertstoffhof als Ergänzung (WST + WSH)
- Depotcontainer mit Wertstoffhof als Ergänzung (DC + WSH), das aktuelle System in München.

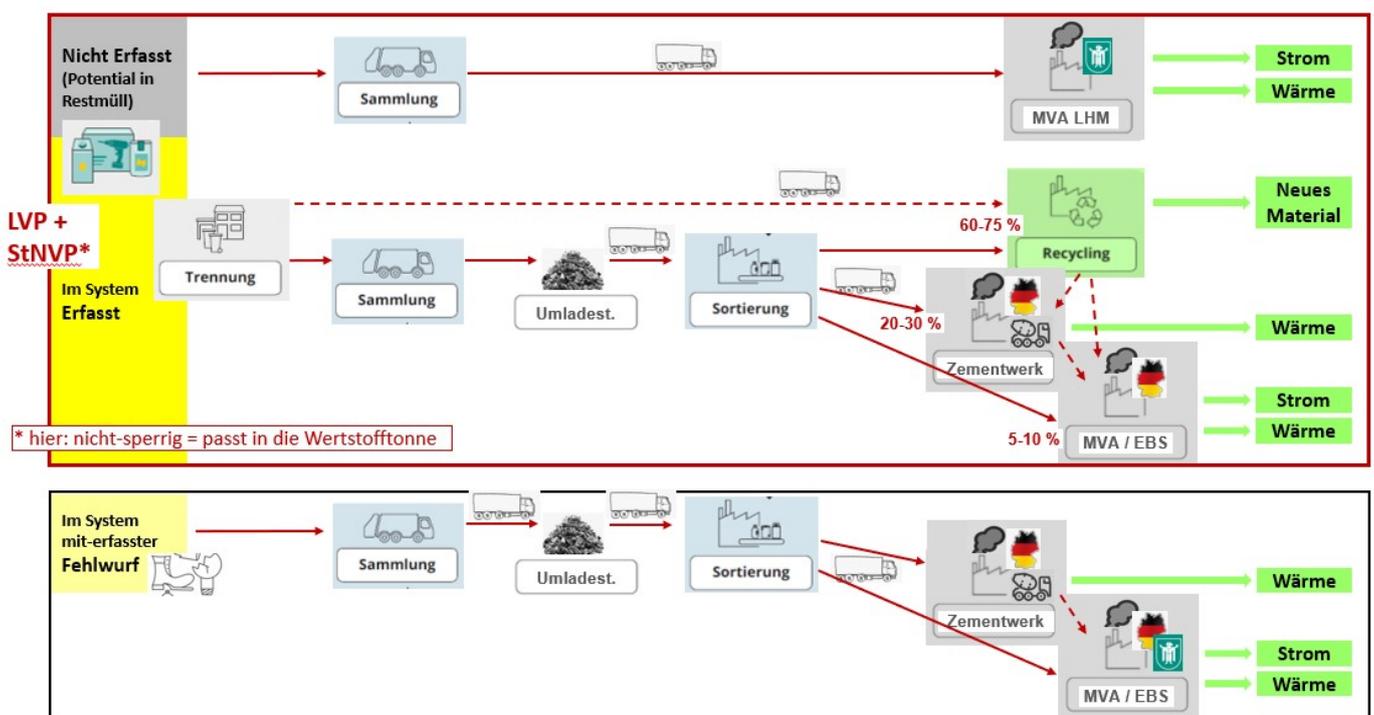
2.1.4. Prozessschritte

Folgende Prozessschritte wurden für die einzelnen Sammelsysteme bilanziert (vgl. Abbildung 4):

- Bereitstellung und regelmäßiger Austausch der Container, Tonnen und gelben Säcke
- Trennung, einschl. Individualtransport bei Bringsystemen (Depotcontainer, Wertstoffhof),
- Sammlung und Entladung in der Umladestation
- Transport zur Sortieranlage
- Sortierung
- Transport der Fraktionen zu Aufbereitungs-, Verwertungs- und Behandlungsanlagen
- Aufbereitung und Verwertung der verschiedenen Fraktionen: werkstoffliche Verwertung, rohstoffliche Verwertung (Schmelzofen), energetische Verwertung (Co-Verbrennung in Zementwerken, Ersatzbrennstoffanlage, Müllverbrennungsanlage).

Diese Schritte und derer Modellierung werden in den Kapiteln 3 und 4 beschrieben.

Abbildung 4: Prozessschritte und derer Ausgang



Anmerkung zur Abbildung: Ein teil des Fehlwurfs kann in der Sortieranlage den Wertstoffen zugeteilt werden und anschließend recycelt werden. Vereinfachend wird dieser Weg hier nicht dargestellt.

2.1.5. Zeiträume

Zwei Zeiträume wurden betrachtet: Ein IST-Szenario (Jahr 2024) und ein ZUKUNFT-Szenario (2027-2039). Der Zeitraum 2027-2039 bzw. das Jahr 2033 als Mittelwert wurde als geeigneter Zeitpunkt gewählt, da hier das eingeführte System beim Bürger als etabliert und der technische Fortschritt kalkulierbar erscheint.

Das ZUKUNFT-Szenario zeichnet sich v.a. durch verbesserte Erfassungs-, Sortierungs- und Recyclingeffizienz sowie durch veränderte Rahmenbedingungen zur Energiegewinnung (Strommix, Wärmemix) aus. Das IST-Szenario beschreibt die Einführungsphase des neuen Erfassungssystems unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen.

2.2. Prinzipien und Methode

2.2.1. Prinzipien

Folgende Prinzipien wurden für diese Studie beachtet:

- **Spezifität:** Es werden für München passende Daten benutzt.
- **Verhältnismäßigkeit:** Die Studie und ihre Berichterstattung werden am meisten bei den Stellen vertieft, wo ein bedeutsamer Einfluss auf die Endergebnisse erwartet oder für möglich gehalten wird.
- **Transparenz:** Die Vorgehensweise, Entscheidungen bei der Auswahl von Parametern, Quellen, Werten usw. und die daraus resultierende Unsicherheiten werden erläutert, begründet bzw. kommentiert. Die entscheidenden Berechnungsblätter werden zur Verfügung gestellt und sind mit Kommentaren und Darstellungskonventionen versehen, die die Verfolgung erleichtern. Ziel ist dabei, dass auch Außenstehende die Studie verstehen und nachvollziehen können.

2.2.2. Prinzip der Abschätzung der THG-Emissionen

Bei jedem Prozessschritt (vgl. Abbildung 4) wurden die Stoffströme und die THG-Emissionen abgeschätzt. Für die THG-Emissionen wurden Emissionsfaktoren (EF) benutzt. Diese beziehen sich auf die Mengen, die die jeweiligen Prozessschritte durchlaufen. Sie können positiv sein, wenn THG-Emissionen entstehen, oder negativ, wenn THG-Emissionen vermieden werden, z.B. durch die Substitution von Stoffen oder Energie und die resultierende Vermeidung von Gewinnung, Erstellung, Entsorgung dieser Stoffe oder Erzeugung dieser Energie. Im letzteren Fall werden „Gutschriften“ rechnerisch dem Vorgehen zugeteilt.

2.2.3. Referenzstudien und Anpassung

Für die Bilanzierung wurden zwei bundesweite Studien herangezogen und an die Münchner Verhältnisse angepasst:

- **Von der Sammlung bis zum Ausgang der Sortieranlage: *Analyse der Effizienz und Vorschläge zur Optimierung von Sammelsystemen der haushaltsnahen Erfassung von Leichtverpackungen und stoffgleichen Nichtverpackungen auf der Grundlage vorhandener Daten.*** Umweltbundesamt, Mai 2018:
„Auf der Basis vorliegender Sortieranalysen wurde die Effizienz unterschiedlicher Sammelsysteme für Leichtverpackungen (LVP) und stoffgleichen Nichtverpackungen (StNVP) analysiert und verglichen. (...) Für die Sortierung wurden ein IST-Szenario und ein ZUKUNFT-Szenario (Betrieb der Sortieranlagen nach dem Stand der Technik) berücksichtigt“.

- Vom Ausgang der Sortieranlage bis zur erfolgten Verwertung: *Ökobilanz zu den Leistungen der dualen Systeme im Bereich des Verpackungsrecyclings*. Öko-Institut e.V. April. 2022:
„Auf Datenbasis aller neun dualen Systeme, die in den Jahren 2019 und 2020 als bundesweite Systembetreiber zugelassen waren (...), wurden deren Umweltleistungen über die Methodik der Ökobilanz quantifiziert. Die Wirkungskategorie Treibhauspotential (GWP) stand dabei im Vordergrund der Studie. (...) Im Rahmen einer komparativen Ökobilanz wurden die Leistungen der dualen Systeme einem fiktiven Vergleichsszenario, welches die Abfallverwertung ohne die Leistung der dualen Systeme abbildet, gegenübergestellt. Dazu wurde vereinfacht die energetische Verwertung der gesamten Sammelmenge in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) bilanziert“.

Als Unterstützung für diese Anpassung wurde die Expertise der Autoren der ersten Studie, INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management, herangezogen.

Folgende Anpassungen wurden u.a. vorgenommen, um die Münchner Verhältnisse besser abzubilden:

- Mengen und Zusammensetzung aus dem Münchner Pilotversuch 2024-2025
- Erfassungsziel aus dem Zero-Waste Konzept, angepasst an die gelben Systeme (im ZUKUNFT-Szenario)
- Lokale Müllverbrennung und lokale Gewinnung der Fernwärme
- Münchner Daten für die Fahrten zum Depotcontainer und Wertstoffhof.

Lokale Quellen wurden dafür herangezogen, vor allem Daten und Informationen des AWM.

Außerdem wurden die neuen gesetzlich vorgeschriebenen Recyclingquoten und die aktuell für Kunststoffe erreichten Recyclingquoten berücksichtigt.

3. Stoffströme und -zusammensetzungen

Die Mengen und die Zusammensetzungen der erfassten Stoffe sowie der nicht-erfassten LVP+StNVP wurden entlang der relevanten Behandlungs- bzw. Bewertungsketten quantitativ gefolgt.

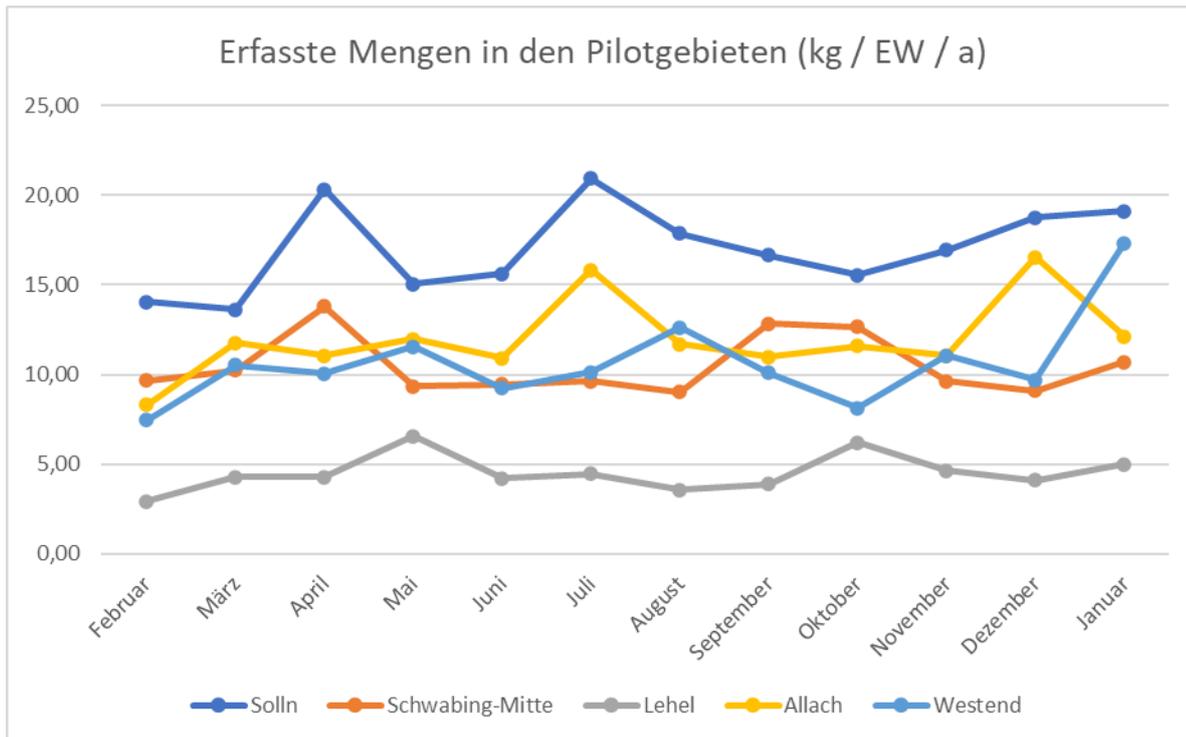
3.1. Erfasste Mengen und Zusammensetzungen im IST-Szenario

3.1.1. Gelbe Systeme

3.1.1.1. Erfasste Mengen und Zusammensetzung: Beobachtungen

Die in der Modellierung berücksichtigten Mengen basieren auf den Messungen des Pilotversuchs. Die Entwicklung der erfassten Mengen in den Pilotgebieten über das Versuchsjahr ist in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: Entwicklung der Erfassten Mengen in den Pilotgebieten über das Versuchsjahr



Solln: Wertstofftonne, Kleinbehälter; Schwabing Mitte: gelbe Tonne, Kleinbehälter; Lehel: gelber Sack, „im Wesentlichen“ Geschosswohnungsbau; Allach: gelbe Tonne, Geschosswohnungsbau; Westend: Wertstofftonne, Geschosswohnungsbau.

Die monatlichen Mengen wurden mit 12 multipliziert, um „jährliche“ Menge zu berechnen.

Aus dieser Abbildung gehen folgende Merkmale hervor:

- Erhebliche Schwankungen von Monat zu Monat.
 - Eine Ursache kann in einigen Fällen eine abweichende Anzahl von Leerungen sein, die aus den 14- bzw. 28-tägigen Leerungsintervallen resultieren.
 - Andere zu betrachtende Ursachen könnten jahreszeitspezifische Variationen im Verhalten der Einwohner, z.B. in Verbindung mit Ferienzeiten oder Festtagen (insb. Weihnachten), sein.
- Leichter Trend zur Zunahme der erfassten Mengen.
 - Dieser Trend könnte aus einer Verhaltensänderung der Bürger*innen (Gewöhnung an das neue System) resultieren.
- Geringe absolute Sammelmengen: Im Vergleich mit den Zahlen von UBA (2018) sind die Sammelmengen um den Faktor 2 bis 4 niedriger.
- Höhere Sammelmengen in den Kleinbehälter-Gebieten (KB: Solln, Allach) als in den Geschosswohnungsbau-Gebieten (GW: Westend, Schwabing Mitte) bei gleichem Erfassungssystem.
- Höhere Sammelmengen beim System „Wertstofftonne“ im Kleinbehälter-Gebiet Solln, allerdings nicht im GW-Gebiet Westend, im Vergleich mit dem System „Gelbe Tonne“ im GW-Gebiet Schwabing Mitte.
- Geringere Sammelmengen beim System „Gelber Sack“.

Unterschiedliche Mengen zwischen den Gebieten und/oder zwischen den Erfassungssystemen im Pilotversuch könnten mit weiteren unbekannteten Faktoren verbunden sein, wie z.B. dem Sammelrhythmus und dem Füllgrad der Tonnen bzw. wie Überfüllungen, die zu einer niedrigeren Erfassung führen könnten.

In Tabelle 3 (oberer Teil, linke Seite) ist die Zusammensetzung dargestellt, die während des Pilotjahrs gemessen (INFA, 2025) wurde. Die Messungen wurden, mit Ausnahme der Kunststoffe, für die nur ein Datensatz vorliegt, zwei Mal im Pilotjahr durchgeführt.

Tabelle 3: Zusammensetzung und Mengen der im Pilotversuch erfassten Stoffen (5 Spalten links) und abgeleitete Mittelwerte für die drei Holsysteme (3 Spalten rechts) - Mittelwerte über die Erhebungen

Erfassungssystem	Gelber Sack	Gelbe Tonne	Gelbe Tonne	Wertstofftonne	Wertstofftonne	Gelber Sack	Gelbe Tonne	Wertstofftonne
Gebiet	Lehel	Allach	Schwabing Mitte	Solln	Westend	Gewichteter Mittelwert - gesamtes Stadtgebiet		
Bebauungsstruktur	i. W. GW	KB	GW	KB	GW	11% KB, 75%GW, 14% Misch.		
Stoffgruppen	Zusammensetzung (%)					Zusammensetzung (%)		
Leichtverpackungen	76,2%	70,4%	56,9%	53,1%	47,7%	76,2%	59,4%	48,6%
Kunststofffolien	18%	18%	14%	11%	10%	17,9%	14,6%	9,9%
Hartkunststoffe, davon:	29%	29%	23%	24%	19%	29%	24%	20%
PE	13,4%	10,2%	9,7%	8,9%	5,7%	13,4%	9,8%	6,3%
PP	6,0%	8,1%	4,3%	6,1%	7,2%	6,0%	5,0%	7,0%
PS	1,3%	0,8%	1,3%	2,7%	1,0%	1,3%	1,3%	1,3%
PET	7,0%	6,4%	4,4%	4,3%	3,3%	7,0%	4,8%	3,5%
PVC	0,7%	0,8%	0,4%	0,4%	0,6%	0,7%	0,5%	0,6%
schwarze Kunststoffe	0,6%	2,8%	2,6%	1,3%	1,5%	0,6%	2,6%	1,5%
Fe-Metalle	9,8%	9,6%	7,8%	6,5%	9,6%	9,8%	8,1%	9,0%
NE-Metalle	1,7%	1,4%	1,0%	1,3%	0,9%	1,7%	1,1%	0,9%
FKN	15,2%	10,2%	9,9%	8,2%	6,9%	15,2%	9,9%	7,1%
Verbund	2,7%	1,8%	1,7%	2,2%	1,3%	2,7%	1,7%	1,5%
Stoffgl. Nicht-Verpackungen	11,9%	14,8%	16,1%	20,3%	18,1%	11,9%	15,9%	18,5%
Kunststofffolien	6,3%	5,4%	5,8%	6,8%	5,0%	6,3%	5,7%	5,3%
Hartkunststoffe, davon:	3,7%	7,1%	7,2%	8,4%	7,6%	3,7%	7,2%	7,7%
PE	1,7%	2,5%	3,1%	3,2%	2,2%	1,7%	3,0%	2,4%
PP	0,8%	2,0%	1,4%	2,2%	2,8%	0,8%	1,5%	2,7%
PS	0,2%	0,2%	0,4%	1,0%	0,4%	0,2%	0,4%	0,5%
PET	0,9%	1,5%	1,4%	1,5%	1,3%	0,9%	1,4%	1,3%
PVC	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%
schwarze Kunststoffe	0,1%	0,7%	0,8%	0,5%	0,6%	0,1%	0,8%	0,6%
Fe-Metalle	0,3%	0,6%	1,1%	2,0%	2,2%	0,3%	1,0%	2,1%
NE-Metalle	0,8%	0,6%	0,5%	1,1%	0,8%	0,8%	0,5%	0,8%
Verbund	0,9%	1,2%	1,6%	2,2%	2,6%	0,9%	1,5%	2,5%
Summe LVP+ StNVP	88,1%	85,2%	73,0%	73,4%	65,7%	88,1%	75,2%	67,1%
Systemfremde Wertstoffe	3,6%	5,2%	12,5%	9,9%	16,4%	3,6%	11,1%	15,2%
PPK-Verpackungen	1,9%	1,7%	4,7%	2,9%	3,6%	1,9%	4,1%	3,4%
PPK-Nichtverpackungen	0,5%	0,7%	1,6%	0,9%	4,4%	0,5%	1,4%	3,7%
Glas-Verpackungen	0,5%	1,1%	1,3%	2,3%	2,4%	0,5%	1,2%	2,4%
Glas-Nichtverpackungen	0,1%	0,1%	0,6%	0,2%	0,1%	0,1%	0,5%	0,1%
Holz-Verpackungen	0,0%	0,1%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,3%	0,1%
Holz-Nichtverpackungen	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,9%	0,0%	0,2%	0,8%
Elektrokleingeräte	0,3%	0,8%	0,6%	0,8%	2,4%	0,3%	0,6%	2,1%
Textilien	0,5%	0,9%	3,3%	2,8%	2,6%	0,5%	2,9%	2,6%
Sonstiges, Rest	8,4%	9,7%	14,6%	16,7%	17,9%	8,4%	13,7%	17,7%
organische Abfälle	0,6%	1,2%	0,6%	1,1%	1,5%	0,6%	0,7%	1,4%
verpackte Lebensmittel	2,2%	1,6%	2,0%	2,7%	1,8%	2,2%	1,9%	2,0%
Problem- und Schadstoffe	0,1%	0,1%	0,5%	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%	0,0%
Hygieneprodukte	1,5%	2,4%	2,3%	2,9%	4,0%	1,5%	2,3%	3,7%
Stoffe a. n. g.	4,2%	4,5%	9,4%	10,1%	10,7%	4,2%	8,5%	10,5%
Summe	100,0%	100,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Mengen (kg / EW / a)					Mengen (kg / EW / a)		
Leichtverpackungen	3,48	8,68	6,06	9,28	5,47	3,48	6,51	6,12
Stoffgl. Nicht-Verpackungen	0,54	1,82	1,72	3,55	2,07	0,54	1,74	2,32
Summe LVP+ StNVP	4,02	10,50	7,78	12,83	7,55	4,02	8,25	8,44
Systemfremde Wertstoffe	0,16	0,63	1,33	1,72	1,88	0,16	1,22	1,91
Sonstiges, Rest	0,38	1,20	1,55	2,92	2,06	0,38	1,50	2,22
Summe	4,56	12,33	10,66	17,48	11,48	4,56	10,96	12,58

Mangels genauerer Information wurde die von INFA erhobene Unterteilung der Kunststoffe auf die Kategorie „*Hartkunststoffe*“ angewandt, obwohl diese Unterteilung in der INFA-Studie für alle Kunststoffe zusammen gilt, „*Hartkunststoffe*“ und „*Kunststofffolien*“. Dadurch werden die einzelnen Kunststofffraktionen, die in den „*Kunststofffolien*“ überrepräsentiert sind, besonders Polyethylen (PE), in der modellierten Zusammensetzung der „*Hartkunststoffe*“ überschätzt. Eine Korrektur dieser Überbewertung war nicht möglich, da der Anteil der einzelnen Kunststofffraktionen in den „*Kunststofffolien*“ nicht bekannt ist. Eine Simulation mit einem um zwei Drittel reduzierten Anteil des PE - und mit entsprechend anteilig erhobenen Anteilen der anderen einzelnen Kunststofffraktionen- in den „*Hartkunststoffen*“ ergibt eine rechnerische Zunahme der gesamten THG-Emissionen zwischen 18 und 190 t CO_{2-eq}/Mio.E/a je nach Erfassungssystem und Szenario (IST oder ZUKUNFT): Die Ungenauigkeit in der Unterteilung der „*Hartkunststoffe*“ bleibt ohne bedeutsame Auswirkung auf die Ergebnisse der Studie.

Trotz zahlreicher Unterschiede erscheinen die Zusammensetzungen in Tabelle 3 untereinander eher kohärent. Wie erwartet wurden proportionell mehr Stoffgleiche Nichtverpackungen (StNVP) im System „Wertstofftonne“ gefunden. Dieses System zeichnet sich auch mit proportionell mehr nicht-vorgesehenen Stoffen aus (Fehlwurf, in der Tabelle „*systemfremde Stoffe*“ und „*sonstiges, Rest*“).

3.1.1.2. Erfasste Mengen: Modellierung

Um eine relative Unabhängigkeit gegenüber den zeitlichen Schwankungen zu gewährleisten und gleichzeitig den erkennbaren Trend zur Zunahme der Mengen zu berücksichtigen, wurde der Mittelwert der erfassten Mengen über die letzten sechs Monate in der Modellierung verwendet. In Tabelle 3 (unterer Teil, linke Seite) sind so berechnete Kerngrößen der erfassten Mengen dargestellt.

Aus den einzelnen Pilotgebieten wurden Mengen und Zusammensetzungen auf das gesamte Stadtgebiet übertragen. Dafür wurden die Zahlen der Pilotgebiete nach dem Anteil der Münchner Einwohner in den jeweiligen Gebietstypen gewichtet und gemittelt. Die jeweiligen Bevölkerungsanteile (s. Tabelle 3, rechte Seite, 3. Titelzeile) wurden vom AWM anhand eigener Statistiken ermittelt. Das System „Gelber Sack“ wurde in einem einzigen Pilotgebiet, Lehel, getestet. Dieses Pilotgebiet wird als „*im wesentlichen Geschosswohnungsbau-Gebiet*“ beschrieben. Da die GW-Gebiete ca. 75 % der Einwohnerzahl in München ausmachen, wurde dieses Pilotgebiet Lehel als repräsentativ für das gesamte Stadtgebiet betrachtet. Die so ermittelten Mittelwerte für das ganze Stadtgebiet sind in Tabelle 3 (rechte Seite) dargestellt.

Folgende Ergebnisse sind besonders hervorzuheben:

- Beim System „Gelber Sack“ werden im Vergleich zu den anderen Systemen deutlich geringere Sammelmengen erzielt. Dies wurde auch in der UBA-Studie (2018) beobachtet¹, allerdings in einem viel kleinerem Ausmaß. Mangels fundierter Alternativen -es sei denn, man würde die Ergebnisse des Pilotversuchs ignorieren- wurden diese Sammelmengen ohne Korrektur übernommen.
- Beim System „Wertstofftonne“ wurde im Vergleich zu den anderen Systemen eine hohe Fehlwurfquote -und auch hohe absolute Mengen an Fehlwurf- festgestellt. Eine mögliche Interpretation könnte sein, dass die Einwohner sich der Grenzen des breiteren Spektrums dieses Systems (noch) nicht vollständig bewusst sind. Die UBA-Studie von 2018 kann zu diesem Punkt keinen Vergleich liefern, da in dieser der Fehlwurf nicht separat erfasst wird.
- Beim System „Wertstofftonne“ wurden geringere Mengen an LVP (ohne StNVP) erfasst als beim System „Gelbe Tonne“. Dies erscheint unplausibel, weil in die Wertstofftonne dieselben LVP-Fraktionen eingeworfen werden dürfen wie in der „Gelben Tonne“. Auch UBA (2018) hat dieses Muster in seinen Datensätze beobachtet und ebenfalls als unplausibel bewertet. Daher wurden die

¹ In ländlichen Gebieten. Es lagen keine belastbare Daten für das System „Gelber Sack“ in städtischen Gebieten.

Werte aus dem Pilotversuch insofern korrigiert, dass die LVP-Mengen im System „Wertstofftonne“ den Mengen aus der „Gelben Tonne“ angeglichen wurden und unter Beibehaltung der Zusammensetzung, die Gesamtmenge im System „Wertstofftonne“ angehoben wurde. Das Ergebnis dieser Korrektur ist in Tabelle 5 auf Seite 22 präsentiert.

Dass dabei auch die Menge der weiteren Fraktionen (Fehlwurf und StNVP) erhöht wurde erscheint fraglich (würden die Einwohner mehr StNVP und Fehlwurf einwerfen, wenn sie mehr LVP einwerfen?), wirkt sich aber nur unwesentlich auf die gesamte THG-Bilanzierung aus (15 t CO_{2-eq}/Mio.E/a im IST-Szenario, maximal 230 t CO_{2-eq}/Mio.E/a im ZUKUNFT-Szenario).

Im Gegensatz dazu wirkt sich die durch die Korrektur bedingte Zunahme der erfassten Mengen im System „Wertstofftonne“ deutlicher im Variantenvergleich aus, und zwar zu Gunsten der Wertstofftonne: Im Vergleich mit den anderen Erfassungssystemen reduzieren sich die THG-Emissionen des Systems „Wertstofftonne“ um ca. 220 t CO_{2-eq}/Mio.E/a im IST-Szenario und um ca. 1.500 t CO_{2-eq}/Mio.E/a im ZUKUNFT-Szenario.

3.1.1.3. Fehlwurf: Erhebung und Modellierung

Die im Pilotversuch gemessene Zusammensetzung des Fehlwurfs bei den zwei Erhebungen ist im Anhang 1 dargestellt. Die Mittelwerte aus den zwei Erhebungen und die auf das gesamte Stadtgebiet übertragene Zusammensetzung sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Zusammensetzung des Fehlwurfs - Mittelwerte über die zwei Erhebungen

Erfassungssystem	Gelber Sack	Gelbe Tonne		Wertstofftonne		Gelber Sack	Gelbe Tonne	Wertstofftonne
	Lehel	Allach	Schwabing Mitte	Solln	Westend			
Gebiet						Gewichteter Mittelwert - gesamtes Stadtgebiet		
Bebauungsstruktur	i. W. GW	KB	GW	KB	GW	11% KB, 75% GW, 14% Misch.		
PPK-Verpackungen	15,8%	11,5%	17,2%	10,7%	10,3%	15,8%	16,5%	10,4%
PPK-Nichtverpackungen	3,7%	4,4%	5,9%	3,2%	12,7%	3,7%	5,7%	11,3%
Glas-Verpackungen	3,7%	7,1%	4,6%	8,5%	7,0%	3,7%	4,9%	7,2%
Glas-Nichtverpackungen	0,8%	0,3%	2,2%	0,6%	0,3%	0,8%	2,0%	0,3%
Holz-Verpackungen	0,0%	0,3%	1,1%	0,2%	0,3%	0,0%	1,0%	0,3%
Holz-Nichtverpackungen	0,0%	0,0%	0,7%	0,4%	2,6%	0,0%	0,7%	2,3%
Elektrokleingeräte	2,5%	5,4%	2,2%	3,0%	7,0%	2,5%	2,6%	6,4%
Textilien	3,7%	5,7%	12,2%	10,5%	7,4%	3,7%	11,5%	7,9%
organische Abfälle	4,6%	8,1%	2,2%	4,0%	4,4%	4,6%	2,9%	4,3%
verpackte Lebensmittel	17,8%	10,8%	7,2%	10,2%	5,2%	17,8%	7,6%	6,0%
Problem- und Schadstoffe	0,8%	0,3%	1,7%	0,0%	0,1%	0,8%	1,5%	0,1%
Hygieneprodukte	12,0%	15,9%	8,3%	10,7%	11,5%	12,0%	9,1%	11,4%
Stoffe a. n. g.	34,4%	30,1%	34,5%	38,0%	31,0%	34,4%	34,0%	32,1%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Die meisten Werte erweisen sich relativ stabil zwischen den beiden Erhebungen, mit Variationen von bis zu 2 Prozentpunkten. Allerdings sind auch einige Variationen von über 5 Prozentpunkten zu beobachten, die bei niedrigen Werten ggf. eine Verdreifachung oder sogar eine Verzehnfachung der Ergebnisse bedeuten.

Allerdings lassen sich keine klare Verteilungsmuster erkennen. Zum Beispiel:

- Der kleinste und der höchste Anteil an Nichtverpackungen aus Papier, Pappe, Karton (PPK) im Fehlwurf wurden in den Wertstofftonnen gefunden, der kleinste Anteil im Kleinbehälter-Gebiet (KB) und der höchste im Geschosswohnungsbau-Gebiet (GW).
- Die kleinsten und die höchsten Anteile an Hygieneprodukten und an organischen Abfällen im Fehlwurf wurden in den gelben Tonnen gefunden, im GW-Gebiet bzw. im KB-Gebiet. Bei den gelben Tonnen wurden proportional deutlich mehr Hygieneprodukte im KB-Gebiet gefunden, bei den Wertstofftonnen dagegen im GW-Gebiet.

Außerdem ist der Fehlwurf konzeptionell eher unabhängig von den in den gelben Systemen gezielten und tatsächlich erfassten Stoffen: Beim Fehlwurf handelt es sich um nicht sachgerecht entsorgte Materialien, die regulär von den Einwohnern auf anderen Entsorgungswegen beseitigt werden sollten (z.B. Restmüll). Lediglich bei Verpackungen aus PPK, Glas und Holz könnte eine Verwechslung zwischen den Sammelsystemen auftreten. Es erscheint beispielsweise nicht nachvollziehbar, warum proportional deutlich mehr verpackte Lebensmittel im System „Gelber Sack“ zu finden wären oder im System „Wertstofftonne“ deutlich weniger PPK-Verpackungen.

Deshalb stellt sich die Frage, ob die in den Messungen beobachteten Unterschiede zwischen den Erfassungssystemen zeitlich und räumlich repräsentativ sind oder eher zufällig erfolgt sind und folgend, ob diese Unterschiede bei den THG-Emissionen berücksichtigt werden sollten. Ein Risiko wäre, dass das Ergebnis des Systemvergleichs von systemunabhängigen Zusammensetzungen des Fehlwurfs abhängen würde. Alternative könnte eine einheitliche, mittlere Zusammensetzung des Fehlwurfs in der Modellierung aufgenommen werden. Auch um die Charakterisierung des Fehlwurfs in der Berechnung der THG-Bilanz zu vereinfachen (s. Anhang 3, 3. Abschnitt), wurde letztendlich letztgenannte Vorgehensweise gewählt: Die Emissionsfaktoren wurden über die Erfassungssysteme gemittelt.

3.1.2. System „Depotcontainer“

Für das aktuelle System „Depotcontainer“ liegen Daten über die erfassten Mengen, allerdings nicht über die Zusammensetzung, vor. Angesichts des gleichen Problems wurde in UBA (2018) ein Mittelwert über die anderen Erfassungssysteme berechnet und als Zusammensetzung für das System „Depotcontainer“ übernommen.

So wurde auch bei dieser Studie vorgegangen. Dabei wurde zusätzlich berücksichtigt, dass sich das System „Depotcontainer“ hinsichtlich der StNVP nur mit den Systemen „Gelber Sack“ und „Gelbe Tonne“ vergleichen lässt: Für die StNVP wurde das System „Wertstofftonne“ in die Berechnung des Mittelwertes nicht einbezogen.

Der AWM geht aufgrund seiner Erfahrungen davon aus, dass der Anteil des Fehlwurfs im System „Depotcontainer“ verhältnismäßig niedrig ist. Ein Anteil von 10 % erscheint dem AWM für München realistisch. Dieser Wert wurde übernommen und auch beim oben beschriebenen Mittel fest gehalten.

Die im System „Depotcontainer“ erfasste Menge beträgt ca. 6 kg/EW/a. Diese Menge ist deutlich niedriger als die vom ÜBA (2018) berichtete Menge von ca. 25 kg/EW/a. Die Gründe für diesen Unterschied wurden hier nicht untersucht. Auch das „gesamte Potential“ an LVP+StNVP erscheint niedriger in München als in den Gebieten, aus denen die Daten von UBA (2018) stammen, allerdings im geringeren Maße (Faktor 1,7, s. Kap. 3.2). Bekannt ist auch, dass die Depotcontainer in München tendenziell überbelastet sind.

3.1.3. Berücksichtigung des ergänzenden Wertstoffhofes

In München bietet der Wertstoffhof eine Ergänzung zum Hauptsammelsystem, egal ob „Gelber Sack“, „Gelbe Tonne“, „Wertstofftonne“ oder „Depotcontainer“.

In der Studie wurde davon ausgegangen, dass diese Möglichkeit ausschließlich Auswirkungen auf die StNVP hat, da für die Entsorgung von LVP aufgrund der räumlichen Nähe überwiegend das Hauptsammelsystem verwendet wird. Ebenfalls wurde davon ausgegangen, dass beim System „Wertstofftonne“ keine StNVP zum Wertstoffhof gebracht werden.

Das Mengenpotential an StNVP bei den anderen Systemen, das zum Wertstoffhof gebracht werden könnte, resultiert dann aus der Differenz zwischen den erfassten Mengen StNVP beim System „Wertstofftonne“ und den anderen Erfassungssystemen.

Wieviel von diesem Potential tatsächlich zum Wertstoffhof gebracht wird, ist unbekannt. Als „neutraler“ Mittelwert wurde eine Quote von 50 % von dieser Differenz übernommen.

Die so ergänzten -und finalen- Mengen und Zusammensetzungen der erfassten Stoffe je nach Erfassungssystem im IST-Szenario sind in Tabelle 5 präsentiert.

Tabelle 5: Modellierete Zusammensetzungen und Mengen der erfassten Stoffe im IST-Szenario

Erfassungssystem	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH
Gebiet	Gesamtes Stadtgebiet, Mengen WST korrigiert			
Leichtverpackungen	62,9%	57,4%	48,7%	66,0%
Kunststoffolien	14,7%	14,1%	9,9%	15,1%
Hartkunststoffe, davon:	23,9%	23,1%	20,1%	26,3%
PE	11,0%	9,5%	6,3%	10,3%
PP	4,9%	4,8%	7,0%	6,7%
PS	1,1%	1,2%	1,3%	1,4%
PET	5,8%	4,6%	3,5%	5,4%
PVC	0,6%	0,5%	0,6%	0,6%
schwarze Kunststoffe	0,5%	2,5%	1,5%	1,8%
Fe-Metalle	8,1%	7,8%	9,0%	9,9%
NE-Metalle	1,4%	1,0%	0,9%	1,3%
FKN	12,5%	9,6%	7,1%	11,3%
Verbund	2,2%	1,7%	1,5%	2,1%
Stoffgl. Nicht-Verpackungen	27,2%	18,6%	18,5%	25,2%
Kunststoffolien	9,0%	5,9%	5,3%	8,3%
Hartkunststoffe, davon:	10,9%	8,0%	7,7%	10,3%
PE	3,6%	2,8%	2,4%	3,5%
PP	3,6%	2,3%	2,7%	3,2%
PS	0,7%	0,5%	0,5%	0,6%
PET	2,0%	1,5%	1,3%	1,9%
PVC	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%
schwarze Kunststoffe	0,7%	0,7%	0,6%	0,8%
Fe-Metalle	2,7%	1,7%	2,1%	2,4%
NE-Metalle	1,3%	0,7%	0,8%	1,2%
Verbund	3,4%	2,2%	2,5%	3,1%
Summe LVP+ StNVP	90,1%	76,0%	67,1%	91,2%
Systemfremde Wertstoffe	3,0%	10,8%	15,2%	3,6%
PPK-Verpackungen	1,6%	4,0%	3,4%	1,3%
PPK-Nichtverpackungen	0,4%	1,4%	3,7%	0,6%
Glas-Verpackungen	0,4%	1,2%	2,4%	0,5%
Glas-Nichtverpackungen	0,1%	0,5%	0,1%	0,1%
Holz-Verpackungen	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%
Holz-Nichtverpackungen	0,0%	0,2%	0,8%	0,1%
Elektrokleingeräte	0,2%	0,6%	2,1%	0,3%
Textilien	0,4%	2,8%	2,6%	0,7%
Sonstiges, Rest	6,9%	13,2%	17,7%	5,3%
organische Abfälle	0,5%	0,7%	1,4%	0,3%
verpackte Lebensmittel	1,8%	1,8%	2,0%	0,9%
Problem- und Schadstoffe	0,1%	0,4%	0,0%	0,1%
Hygieneprodukte	1,2%	2,2%	3,8%	1,0%
Stoffe a. n. g.	3,4%	8,2%	10,6%	3,0%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	Mengen (kg / EW / a)			
Leichtverpackungen	3,48	6,51	6,51	4,46
Stoffgl. Nicht-Verpackungen	1,51	2,10	2,47	1,70
Summe LVP+ StNVP	4,98	8,61	8,98	6,16
Systemfremde Wertstoffe	0,16	1,22	2,03	0,24
Sonstiges, Rest	0,38	1,50	2,37	0,35
Summe	5,53	11,33	13,37	6,75

3.2. Erfasste Mengen und Zusammensetzungen im ZUKUNFT-Szenario

Es wird angenommen, dass sich die Wertstofftrennung durch die Einwohner zwischen IST- und ZUKUNFT-Szenario verbessert hat. Folgende Anpassungen wurden deshalb in der Modellierung des ZUKUNFT-Szenarios vorgenommen:

- Erfassungsquote von 70 % der LVP+StNVP. Dieser Wert ist eine Kombination der Zero-Waste-Ziele und einer AWM-Expertenabschätzung zum Potential des Systems „Gelbe Tonne“.
 - Diese Quote wurde auf das System „Gelbe Tonne“ angewendet.
 - Für die anderen gelben Erfassungssysteme wurden die Mengen an erfassten LVP+StNVP proportional angepasst. Die quantitativen Verhältnisse in den erfassten LVP+StNVP zwischen den Erfassungssystemen bleiben so unverändert zum IST-Szenario. Dies bedeutet, dass im System „Wertstofftonne“ die Quote von 70 % leicht überschritten ist, im System „Gelber Sack“ dagegen leicht unterschritten.
 - Als Ausnahme wurde für das System „Depotcontainer“ keine Verbesserung vorgesehen: Laut AWM ist dieses System an seiner Kapazitätsgrenze angelangt, da weder die Flächendichte der Container noch die Frequenz der Leerung (bis 3-mal pro Woche) erhöht werden kann.

- Reduzierung der Fehlwurfmenge:
 - Die angenommene aktuelle Fehlwurfquote von 10 % im System „Depotcontainer“ wurde hier als untere Grenze angenommen. Sie wurde auch für das ZUKUNFT-Szenario im System „Depotcontainer“ nicht weiter reduziert.
 - Für die anderen Erfassungssysteme wurde pauschal angenommen, dass der Abstand zu dieser 10 %-Grenze zwischen IST- und ZUKUNFT-Szenario halbiert wird.

Für die erste Anpassung ist eine Abschätzung des gesamten Potentials an LVP+StNVP pro Einwohner notwendig. Dieses gesamte Potential ergibt sich als Summe der zwei folgenden Stoffströme:

- (nicht-erfasste) LVP+StNVP im Münchner Restmüll im Jahr 2023 (Argus, 2024, S. 26). Der Mittelwert für private Haushalte wurde verwendet (s. Tabelle 6 unten).
- erfasste LVP+StNVP mit dem System Depotcontainer im IST-Szenario, wie oben berechnet.

Die Zusammensetzung dieser zwei Stoffströme ist anhand zwei verschiedener Kategorisierungssysteme beschrieben. Die Summierung erfolgte nach Konvertierung der Zusammensetzungen in ein gemeinsames Kategorisierungssystem, die „Klassifizierungsebene 3“ vom UBA (2018) (s. Kap. 3.4). So ergibt sich ein gesamtes Potential an LVP+StNVP in Höhe von ca. 26 kg/EW/a. Auch dieser Wert ist deutlich niedriger als im UBA (2018) berechnet (45 kg/EW/a).

Tabelle 6: Mengen und Zusammensetzung der LVP+StNVP im Münchner Restmüll (Argus, 2024)

	kg/EW/a	%
LVP, davon:	14,6	72,3%
Folien	3,4	16,8%
Hohlkörper	5,0	24,8%
Styropor	0,2	1,0%
Eisen-Metall	1,3	6,4%
Nichteisen-Metall	0,4	2,0%
Verbund	4,3	21,3%
StNVP, davon:	5,6	27,7%
Folien	2,1	10,4%
sonstige Kunststoffe	2,2	10,9%
Sonstige Metallteile	1,3	6,4%
Verbunde	0,0	0,0%
Summe LVP+ StNVP	20,2	100,0%

Die oben erläuterten Anpassungen und ihre Auswirkungen auf die modellierten Mengen werden in Tabelle 7 dargestellt. Die so modellierten Zusammensetzungen und Mengen der erfassten und nicht erfassten Stoffe sowie des Fehlwurfs nach der „Klassifizierungsebene 3“ sind im Anhang 4 für das IST-Szenario und im Anhang 5 für das ZUKUNFT-Szenario dargestellt.

Tabelle 7: Anpassung der erfassten Mengen und Zusammensetzungen für das ZUKUNFT-Szenario

Erfassungssystem Änderungen	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH	Quelle / Ermittlung
Reduzierung des Abstandes der Fehlwurfquote zu DC+WSH	50%	50%	50%	50%	Annahme
Heutige Fehlwurfquote	9,95%	24,05%	32,90%	8,86%	Aus dem Pilotversuch (INFA, 2025)
Künftige Fehlwurfquote	9,40%	16,45%	20,88%	8,86%	Berechnet als Ergebnis der Reduzierung des Abstandes zu DC+WSH
Ausschöpfung vom Gesamt-Potential im ZUKUNFT-Szenario		70%			Kombination Strategie Zero-Waste und AWM Expertenabschätzung, an das System "Gelbe Tonne" angewendet
Heutige Ausschöpfung vom Gesamtpotential		33%			Berechnet aus erfassten und nicht-erfassten Mengen
Erhöhung der erfassten Menge LVP+StNVP	114%	114%	114%	0%	GS, WST: Annahme: proportional gleiche Erhöhung wie GT DC: Keine Verbesserung: System an seiner Grenze
Anteil des heutigen Nicht-Erfasstes, der künftig erfasst wird	27%	55%	59%	0%	Berechnet: [zusätzlich Erfasst] / [Nicht-Erfasst_IST]
		Grün: Eingabe	Gelb: berechnet		

3.3. Repräsentativität der berücksichtigten Mengen, Sensitivität

Für die gelben Systeme basieren die in der Modellierung berücksichtigten erfassten und nicht-erfassten Mengen auf den Ergebnissen des einjährigen Pilotversuchs. Inwieweit diese Ergebnisse zeitlich repräsentativ sind, wurde an dieser Stelle nicht bewertet. Kritisch zu betrachten sind u.a.:

- die geringen erfassten Mengen im Vergleich mit UBA (2018) (vgl. Kap. 3.1.1.1). Diese Diskrepanz kann allerdings ebenfalls, wenn auch im geringeren Maße, beim „gesamten Potential“ an LVP+StNVP festgestellt werden (Faktor 1,7 statt hier Faktor 2 bis 4; s. Kap. 3.2)
- der un plausible Unterschied in den erfassten Mengen an LVP zwischen den Systemen „Gelbe Tonne“ und „Wertstofftonne“ (s. Kap. 3.1.1.2).

Eine Erhöhung der erfassten Mengen von LVP+StNVP in Höhe von 100 % erscheint dementsprechend für das IST-Szenario möglich. Die Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den im gelben System gesammelten Mengen wird in Tabelle 8 anhand einer fiktiven Verdopplung der im Pilotversuch erfassten Mengen (einschl. Fehlwurf) dokumentiert. Durch diese fiktive Änderung ändert sich die Rangfolge der THG-Emissionen zwischen den Systemen „Gelber Sack“ und „Depotcontainer“, der Abstand zwischen den Systemen „Gelbe Tonne“ und „Wertstofftonne“ einerseits und „Depotcontainer“ andererseits wird deutlicher.

Die Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den im gelben System gesammelten Mengen an Fehlwurf wird in Tabelle 9 anhand einer fiktiven Halbierung dieser Mengen dokumentiert. Die Rangfolge der THG-Emissionen zwischen den Erfassungssystemen ändert sich in dieser fiktiven Simulation nicht, der Abstand zwischen den Systemen „Gelbe Tonne“ und „Wertstofftonne“ einerseits und „Depotcontainer“ andererseits wird im IST-Szenario leicht deutlicher.

Die Unsicherheit an den erfassten und nicht-erfassten Mengen wurde im ZUKUNFT-Szenario durch die Erhöhung der erfassten Mengen an LVP+StNVP (+ 114 %, s. Tabelle 7 oben) erheblich reduziert.

Tabelle 8: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den im gelben System gesammelten Mengen

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	Verdoppelte gesammelte Mengen (nur) bei den gelben Systemen				Ausgewählte Modellierung				Differenz modifiziert - ausgewählt			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
Im IST-Szenario												
1. Erfasste Wertstoffe												
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	0	0	0	36	0	0	0	36	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	87	87	0	87	87	87	0	87	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	77	84	84	4	77	84	84	4	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	588	633	582	63	588	630	577	63	- 1	- 3	- 5	- 0
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	277	569	620	186	139	285	310	186	139	285	310	-
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-5.211	-8.923	-10.250	-3.988	-2.606	-4.462	-5.125	-3.308	- 2.606	- 4.462	- 5.125	- 680
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	88	51	37	104	86	51	37	104	- 2	- 0	- 1	- 0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	6.910	2.840	3.853	8.085	8.664	6.629	7.136	8.085	- 1.754	- 3.789	- 3.282	-
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	38	188	304	21	19	94	152	21	19	94	152	-
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	66	113	130	7	65	116	135	7	1	3	4	- 0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	191	951	1.539	104	95	473	767	104	96	477	773	0
Gesamtbilanz THG-Emissionen	3.110	-3.409	-3.101	4.708	7.213	3.986	4.072	5.388	- 4.103	- 7.395	- 7.173	- 680
Im ZUKUNFT-Szenario												
1. Erfasste Wertstoffe												
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	0	0	0	26	0	0	0	26	-	-	-	0
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	62	62	0	62	62	62	0	62	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	153	66	66	3	161	66	66	3	- 8	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	561	609	561	63	562	605	557	63	- 1	- 3	- 5	- 0
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	173	348	377	101	181	338	360	101	- 9	- 9	- 17	- 0
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-9.392	-16.060	-17.587	-6.441	-8.636	-14.767	-15.607	-5.346	- 755	- 1.293	- 1.980	- 1.095
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	88	51	37	104	86	51	37	104	- 2	- 0	- 1	- 0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	13.907	5.743	6.414	17.383	13.594	6.530	6.229	17.383	- 313	- 787	- 185	-
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	20	68	95	11	21	68	95	11	- 1	- 0	- 0	- 0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	63	108	125	7	62	111	129	7	- 1	- 3	- 4	- 0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	5	15	22	3	5	15	22	3	- 0	- 0	- 0	- 0
Gesamtbilanz THG-Emissionen	5.640	-8.990	-9.889	11.322	6.097	-6.919	-8.112	12.418	- 457	- 2.071	- 1.777	- 1.095

Anmerkung zur Tabelle: die berechnete erfasste Menge im System Depotcontainer ändert sich durch den Beitrag des Wertstoffhofes: In der Modellierung hängt dieser von den beim System „Gelbe Tonne“ gesammelten Mengen ab.

Tabelle 9: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den im gelben System gesammelten Mengen an Fehlwurf

Gesamtbilanz THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	Halbierte Mengen Fehlwurf (nur) bei den gelben Systemen				Ausgewählte Modellierung				Differenz modifiziert - ausgewählt			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
Im IST-Szenario	7.161	3.672	3.564	5.375	7.213	3.986	4.072	5.388	- 53	- 315	- 507	- 14
Im ZUKUNFT-Szenario	6.093	-6.950	-8.145	12.418	6.097	-6.919	-8.112	12.418	- 4	- 31	- 33	-

Anmerkung zur Tabelle: die berechnete erfasste Menge im System Depotcontainer ändert sich durch den Anteil des Wertstoffhofes, der in der Modellierung von den Mengen abhängt, die beim System „Gelbe Tonne“ gesammelt werden.

Für das System „Depotcontainer“ wurden die erfassten und nicht-erfassten Mengen aus Erhebungen eines längst etablierten Systems in die Modellierung übernommen: Die Unsicherheiten werden als gering eingeschätzt.

3.4. Sortierung, Verteilung nach „Fraktionencluster“

Der Prozessschritt „Sortierung“ betrifft die erfassten Stoffe. Die Sortierung wurde für die LVP+StNVP einerseits und den Fehlwurf andererseits getrennt modelliert.

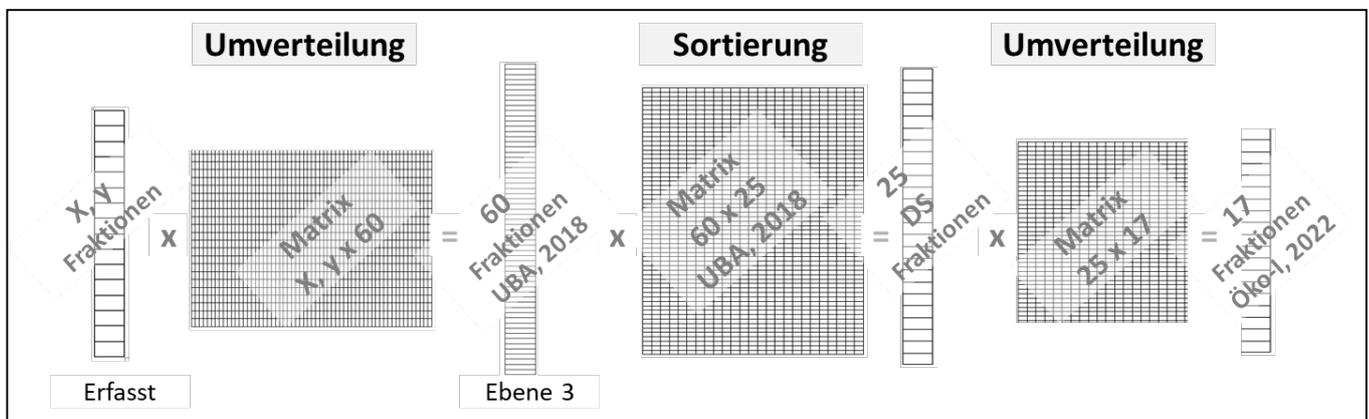
Die Zuordnung der Eingangsfraktionen der Sortieranlage in die Ausgangsfraktionen wurde anhand der zwei Sortierungsmatrizen für das IST- und das ZUKUNFT-Szenario von UBA (2018) modelliert (s. Anhang 6 und Anhang 7).

Beide Matrizen verteilen die 60 detaillierten Eingangsfraktionen der „Klassifizierungsebene 3“ vom UBA (2018) in 25 Ausgangsfraktionen des Dualen Systems (DS). Für die daraus folgende Verwertung wurde die Modellierung von Öko-Institut (2022a) benutzt, die 17 „Fraktionencluster“ berücksichtigt. Die Bestimmung

der Zusammensetzung der sortierten Stoffströme nach den 17 „Fraktionencluster“ erfolgte deshalb in drei Schritten (vgl. Abbildung 6 unten):

- Verteilung der Stoffkategorien der INFA-Erhebung in die 60 detaillierten Fraktionen der „Klassifizierungsebene 3“ vom UBA (2018). Eine entsprechende Verteilungsmatrix wurde etabliert, mit der Unterstützung von AWM-Experten. Wenn eine Kategorie der INFA-Erhebung in mehrere Unterkategorien verteilt werden musste, wurde die durchschnittliche prozentuelle Unterteilung aus der UBA-Studie von 2018 angewendet². Diese Unterteilung einer Kategorie war allerdings in fast allen Fällen ohne Auswirkung auf die berechneten THG-Emissionen, weil die Unterkategorien sich letztendlich meistens im selben „Fraktionencluster“ befinden.
- Anwendung der Sortierungsmatrizen von UBA (2018). Dieser Schritt ergibt eine Zusammensetzung nach 25 Ausgangsfraktionen des Dualen Systems.
- Gruppierung der 25 DS-Ausgangsfraktionen in die 17 „Fraktionencluster“ vom Öko-Institut (2022a). Öko-Institut (2022a) definiert die „Fraktionencluster“ als Gruppierungen von DS- Fraktionen. Diese Definition wurde in eine Verteilungsmatrix übersetzt (Anhang 9).

Abbildung 6: Bestimmung der Zusammensetzung der Stoffstroms beim Prozessschritt „Sortierung“



Im Bericht vom Öko-Institut (2022a) sind die 17 „Fraktionencluster“ ausführlich dokumentiert. Angegeben sind u.a. folgende Informationen oder Ergebnisse:

- Emissionsfaktoren der vom Öko-Institut modellierten Verwertung, mit dem Detail der Lasten und Gutschriften je nach Verwertungsweg (Recycling, Zementwerk, EBS-Anlage / Müllverbrennungsanlage), sowie (durch die Beschreibung der verschiedenen Prozesse) die prozentuale Verteilung der jeweiligen Clustermengen je nach Verwertungsweg;
- Chemische Zusammensetzung der „reinen“ Fraktionen sowie derer Störstoffe, sowie Anteil der Störstoffe und Wassergehalt. Aus diesen Daten lassen sich die die THG-Emissionen bei der Verbrennung dieser Fraktionencluster ableiten.

Die nicht-erfassten Wertstoffe werden mit dem Restmüll in den Münchner Müllverbrennungsanlagen (MVA) energetisch verwertet. Um sich auf die oben erwähnten ausführlichen Informationen bei der Modellierung der THG-Emissionen der Verwertung stützen zu können, wurden auch die nicht-erfassten LVP+StNVP in die 17 „Fraktionencluster“ vom Öko-Institut (2022a) umverteilt. Genauer in die 16 ersten „Fraktionencluster“ vom Öko-Institut, die bestimmte Stoffgruppen darstellen. Der 17. Fraktionencluster

² Diese durchschnittliche prozentuelle Unterteilung wurde aus drei originalen Datensätzen berechnet, die von den Autoren der UBA-Studie von 2018 zur Verfügung gestellt wurden (INTECUS, 2024-2025). Diese Methode und diese Datensätze wurden gleichermaßen in der UBA-Studie von 2018 für die Bestimmung der Verteilung der Stoffströme in die 60 Fraktionen der „Klassifizierungsebene 3“ angewendet.

vom Öko-Institut, „Sortierreste aus LVP+StNVP“³, eine Sammlung von Resten aus allen Fraktionen der LVP+StNVP sowie von weiteren Stoffen aus dem Fehlwurf, wurde an dieser Stelle nicht einbezogen.

Für diese Umverteilung der nicht-erfassten Wertstoffe wurde die ursprüngliche Zusammensetzung aus der Argus-Studie (2024) den drei oben beschriebenen Verteilungsschritten unterzogen. Dabei wurde die Sortierungsmatrix für das ZUKUNFT-Szenario von UBA (2018) benutzt: Sie ordnet die 60 Eingangsfractionen präziser als die Matrix für das IST-Szenario zu, mit einem geringeren Anteil des Sammel-Cluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“. Diese Matrix wurde außerdem angepasst, indem die Komponenten dieses Sammel-Clusters „Sortierreste aus LVP+StNVP“ für jede Eingangsfraction in die anderen Ausgangsfractionen (anteilig) umverteilt wurden.

Einzig für die Eingangsfraction PVC war diese Umverteilung nicht möglich: Für diese Fraction ist in der Sortierungsmatrix vom UBA (2018) nur die Ausgangsfraction "Sortierreste" vorgesehen. Der Grund dafür ist, dass zurzeit keine Recyclingkette für PVC vorhanden ist (UBA, 2018). Diese Fraction PVC blieb deshalb der Ausgangsfraction "Sortierreste" zugeteilt. Diese DS-Ausgangsfraction "Sortierreste" und danach der resultierende Fractionencluster "Sortierreste aus LVP+StNVP" bestehen dann zu 100 % aus PVC.

Außerdem wurde die Eingangsfraction „Polystyrol NVP“ abweichend zum UBA (2018) zu 100 % der DS-Ausgangsfraction „Polystyrol“ zugeteilt, statt 70 % der DS-Ausgangsfraction „Polystyrol“ und 30 % der DS-Ausgangsfraction „Stoffgleiche Kunststoffe“.

Die so erzeugte Zuteilungsmatrix ist in Anhang 8 dargestellt.

Der Fractionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ in der Studie vom Öko-Institut (2022a) deckt sich nicht mit dem Fractionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP in unserer Studie:

- In der Studie vom Öko-Institut besteht dieser Fractionencluster zu einem wesentlichen Teil aus Fehlwurf: Der Fehlwurf wird in der Sortieranlage zum größten Teil aussortiert und je nach Bestandteil den verschiedenen Komponenten des Fractionenclusters „Sortierreste aus LVP+StNVP“, d.h. den DS-Ausgangsfractionen "Sortierreste", „MPO-KEG“ und „EBS“⁴, zugeteilt. So werden zum Beispiel laut Sortierungsmatrix „IST“ von UBA (2018) folgende 3.-Ebene-Fractionen des Fehlwurfs folgenden Ausgangsfractionen zugeteilt:
 - Glas, Keramik, Rest Windeln, Rest Leder, Textilien, Küchen-/ Gartenabfall und „Rest/Störstoffe /Verderbnisabfälle/ Feinkorn“: ca. 100 % zu "Sortierreste"
 - Holz: ca. 58% zu „EBS“ und ca. 48 % zu "Sortierreste"
 - PPK-Verbunde, Papier, Zellstoff: ca. 13 % zu „MPO-KEG“, ca. 29 % zu „EBS“, ca. 42 % zu "Sortierreste" aber auch ca. 16 % zu „PPK aus LVP“.
- Im Gegenteil besteht der Fractionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP in unserer Studie ausschließlich aus LVP+StNVP, deren ursprüngliche Zusammensetzung bekannt ist.

Die Merkmale des Fractionenclusters „Sortierreste aus LVP+StNVP“ des Öko-Instituts (2022a) gelten deshalb nicht für den Fractionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP in unserer Studie. Um sich auf die Charakterisierung der Fractionencluster vom Öko-Institut (2022a) stützen zu können, wurde der Fractionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP in die 16 ersten „Fractionencluster“ vom Öko-Institut (2022a) plus die Fraction PVC unterteilt, mit derselben Zuteilungsmatrix (s. Anhang 8) wie die nicht-erfassten LVP+StNVP. Dabei wurden die 16 ersten Fractionencluster vom Öko-Institut (2022a) mit unveränderten Eigenschaften (chemische Zusammensetzung, Störstoffanteil, Wassergehalt) in unsere Modellierung übernommen.

Für den Fehlwurf hingegen wurde jede Kategorie aus der INFA-Studie individuell bis zur Verwertung verfolgt. Für die Verwertung wurde die Verteilung in die verschiedenen Verwertungsbahnen laut

³ Im Bericht von Öko-Institut (2022a) „Sortierreste aus LVP“ genannt.

⁴ MPO-KEG: Gemischte Polyolefin-Artikel - Kunststoffe zur Energiegewinnung; EBS: Ersatzbrennstoff.

Sortierungsmatrizen berücksichtigt. Beispielweise wurde die Kategorie PPK in die folgende Ausgangsfraktionen unterteilt:

- „PPK aus LVP“: Anteil, der wie der Fraktionencluster PPK verwertet wird
- PPK - EBS + KEG: Anteil, der als EBS oder KEG der energetischen Verwertung zugeführt wird
- Sortierrest – PPK: Anteil, der mit der Restfraktion der Sortieranlage der energetischen Verwertung zugeführt wird.

Diese Vorgehensweise galt auch dem Vergleichsszenario zum Fehlwurf: In diesem Vergleichsszenario wird ein erheblicher Teil des aktuellen Fehlwurfs in die Restmülltonne eingeworfen.

3.5. Verwertung

Die Stoffströme und -zusammensetzungen werden nach der Sortieranlage von folgenden Parametern bestimmt:

- Verteilung zwischen Recycling einerseits und direkte energetische Verwertung in einem Zementwerk, einer Ersatzbrennstoffanlage (EBS-Anlage) oder einer Müllverbrennungsanlage (MVA) andererseits
- Rezyklatausbeute, Verteilung der jeweiligen Recyclingreste zwischen Zementwerk, EBS-Anlage und Müllverbrennungsanlage (MVA) sowie Eigenschaften dieser Recyclingreste (Störstoffanteil, Wassergehalt)
- Ausbeute der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff, Verteilung des Aufbereitungsrests zwischen Zementwerk, EBS-Anlage und Müllverbrennungsanlage (MVA) sowie Eigenschaften dieses Aufbereitungsrests (Wassergehalt)
- Anteile der stofflichen Verwertung im Zementwerk und der Metallrückgewinnung aus der Schlacke einer Müllverbrennungsanlage.

Für alle diese Parameter wurde prinzipiell die Modellierung vom Öko-Institut (2022a) übernommen. Ausnahmen und einige Einzelheiten werden in den folgenden Kapiteln erläutert. Besonders detaillierte Einzelheiten der Modellierung der Stoffströme und -zusammensetzungen beim Recycling der Fraktionencluster „EPS“ (Expandiertes Polystyrol), „PPK aus LVP“ und „FKN“ werden im Anhang 2 erläutert.

3.5.1. Recyclingquoten

Das Öko-Institut (2022a, Tabelle 3-20) gibt für jeden Fraktionencluster den Anteil der Stoffmengen an, die der direkten energetischen Verwertung zugeführt werden. Der ergänzende Anteil entspricht der Recyclingquote, d.h. dem Anteil der Stoffmengen, die dem Recycling zugeführt werden. Diese Werte sind in Tabelle 10 dargestellt.

Die Recyclingquoten von Öko-Institut (2022a) wurden in unsere Modellierung übernommen, allerdings mit einer Anpassung an die gesetzlichen Vorgaben und an aktuelle Statistiken. Folgende Quellen wurden dafür herangezogen:

- deutsche Verpackungsgesetz 2 (VerpackG 2) von 2021⁵
- europäische Verpackungsverordnung (VerpackV) von 2022⁶
- Statistiken der Recyclingquote für Kunststoffverpackungen bis 2023 (Neue Verpackung, 2025, vgl. Abbildung 7 unten).

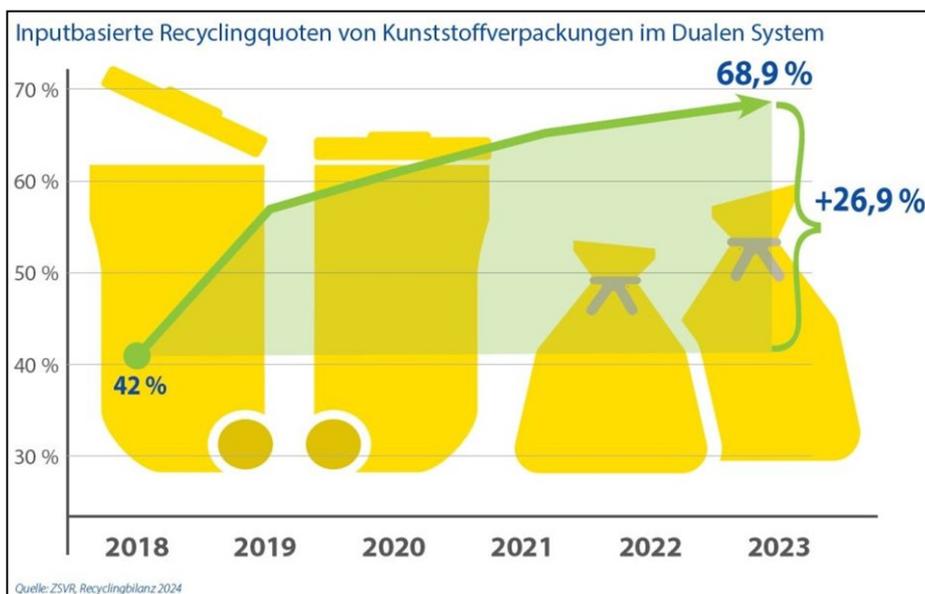
⁵ Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen vom 09. Juni 2021, gültig ab 1. Juli 2022.

⁶ Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Verpackungen und Verpackungsabfälle, zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1020 und der Richtlinie (EU) 2019/904 sowie zur Aufhebung der Richtlinie 94/62/EG. 2022.

Tabelle 10: Anteile der direkten energetischen Verwertung und Recyclingquoten nach Öko-Institut (2022a) und Anpassungen an die gesetzlichen Vorgaben und an Projektionen aus Statistiken

Fraktionencluster	Anteil direkte energetische Verwertung	Recyclingquote	Angepasste Recyclingquoten	
			Öko-Institut, 2022a	IST-Szenario
Folien	3%	97%		
PP	0%	100%		
PE	1%	99%		
PS	3%	97%		
EPS	0%	100%		
PET-Flaschen	12%	88%	90,2%	91,8%
PET (andere)	34%	66%	70,4%	73,8%
MPO	3%	97%		
PO-flex	2%	98%		
Formstabile Kunststoffe	2%	98%		
Hohlkörper	2%	98%		
Mischkunststoffe	75%	25%	33,7%	40,3%
Summe Kunststoffe	35%	65%	69%	72%
Verbunde, FKN	5%	95%		
PPK aus LVP	3%	97%		
NE-Metalle	0%	100%		
Weißblech	0%	100%		
Sortierreste aus LVP+StNVP	100%	0%		
Gesamt LVP+StNVP	45%	55%	57,0%	58,5%
Glas	0%	100%		
PPK (nicht LVP+StNVP)	1%	99%		
Summe alle Verpackungen	18%	82%	82,5%	82,5%

Abbildung 7: Statistiken der Recyclingquote für Kunststoffverpackungen bis 2023 (Neue Verpackung, 2025)



Das deutsche Verpackungsgesetz 2 und die europäische Verpackungsverordnung legen Vorgaben für bestimmte Verpackungsgruppen fest, die schrittweise in Kraft treten.

Aus den Statistiken der Recyclingquote für Kunststoffverpackungen bis 2023 wurden vorsichtige Projektionen für die Jahre 2024 und Jahr 2033 abgeleitet.

Diese Vorgaben und Projektionen sind in Tabelle 11 dargestellt, zusammen mit den entsprechenden Recyclingquoten aus der Studie des Öko-Instituts (2022a). Für Letztere wurden bei Verpackungsgruppen gewichtete Mittelwerte nach Verpackungsmengen berechnet.

Die Anpassung der Recyclingquoten von Öko-Institut (2022a) bestand in einer Anhebung auf das Niveau der gesetzlichen Vorgaben und der Projektionen aus den Statistiken. Tatsächlich erfüllen die Recyclingquoten des Öko-Instituts (2022a) die aktuelle und künftige gesetzliche Vorgaben, jedoch werden die statistischen Projektionen der Recyclingquote für Kunststoffverpackungen nicht erreicht.

Die daraus resultierenden Anpassungen der Recyclingquoten wurde für Fraktionencluster mit einer Recyclingquote kleiner als 90 % („PET-Flaschen“, „PET-Andere“ und „Mischkunststoffe“) vorgenommen. Die Anpassungen berücksichtigen das entsprechende Verbesserungspotenzial und die erfassten Mengen. Sie sind in Tabelle 10 oben dargestellt. In der Berechnung der Recyclingquoten wurde der Anteil der Kunststoffe, die sich im Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ befinden, nicht berücksichtigt.

Rechnerisch wurde eine proportionale Anpassung der Aufwendungen, Gutschriften und Lasten des Recyclings bzw. der energetischen Verwertung in den Tabellen der Emissionsfaktoren des Öko-Instituts (2022a, Anlage A-7) vorgenommen. In dieser proportionalen Anpassung wurde der Anteil der zum Recycling zugeführten Mengen berücksichtigt, der als Recyclingrest energetisch verwertet werden.

Tabelle 11: Recyclingquoten: in Öko-Institut, 2022a, gesetzliche Vorgaben, Projektionen aus Statistiken

	Öko-Institut, 2022a	VerpackG, 2022	VerpackV, 2022		Projektionen aus Statistiken 2023 **	
			ab 2025	ab 2030	2024	2033
Geltungszeitraum	2020 & 2030	ab 2022	ab 2025	ab 2030	2024	2033
Anwendungsszenario	IST & ZUKUNFT	IST & ZUKUNFT	IST	ZUKUNFT	IST	ZUKUNFT
Summe Kunststoffe	65%	63%	50%	50%	69,0%	72,0%
NE-Metalle	100%	50%*	50%	60%		
Weißblech	100%	50%*	70%	80%		
Summe alle LVP+StNVP	55%	50%				
Summe alle Verpackungen inkl. Glas & PPK	82%	55%*	65%	70%		

* Vorgabe aus der früheren europäischen Verpackungsverordnung.

3.5.2. Ausbeute und Rest aus der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff

Die Modellierung der Stoffströme und -zusammensetzungen in der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff wurde aus vom Öko-Institut (2022a) übernommen „Werden Abfallströme bzw. Sekundärabfallströme in einer EBS-Anlage oder einem Zementwerk verwertet, wird - falls nicht anders spezifiziert - eine Aufbereitung der Stoffströme bilanziert. Für die Aufbereitung wird ein Strombedarf von 320 kWh/Mg Inputmaterial angesetzt. Die Ausbeute beträgt 80 % bezogen auf den feuchten Input. 5 % der Aufbereitungsreste werden in der MVA energetisch verwertet. Der Rest sind Feuchteverluste“ (Öko-Institut, 2022a, S.38).

Einzelheiten dieser Modellierung, besonders im Falle eines Wassergehaltes des Inputs unter 19 %, werden im Anhang 3 erläutert.

3.5.3. Nicht-erfasste Stoffe, Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“, Fehlwurf

Die Sortierung und die abschließende Verwertung der erfassten Mengen können überregional in ganz Deutschland bzw. (für das Recycling) Europa stattfinden. Deshalb wurden keine lokale Daten in die Modellierung der erfassten Mengen (LVP+StNVP oder Fehlwurf) einbezogen, sondern die Verwertungswege vom Öko-Institut (2022a) übernommen. Die nicht-erfassten Wertstoffe dagegen werden mit dem Restmüll in den Münchner Müllverbrennungsanlagen (MVA) energetisch verwertet. Diese Stoffströme werden entsprechend in der Modellierung getrennt betrachtet. Dies betrifft auch das Vergleichsszenario zum Fehlwurf, in dem die betroffenen Stoffe von den Einwohnern sachgemäß getrennt bzw. entsorgt würden: würden: Ein Großteil davon würde in die Restmülltonne eingeworfen werden.

Der Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ wird in der Modellierung vom Öko-Institut (2022a) 100% der direkten energetischen Verwertung zugeführt:

- 68% einer Aufbereitung zum Zementwerk
- 18% einer MVA
- 14% einer Aufbereitung zur EBS-Anlage.

Der Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ des Öko-Instituts (2022a) entspricht in unserer Studie dem Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP, plus dem Großteil des Fehlwurfs. In unserer Studie wurde bei der Verwertung zwischen diesen zwei Komponenten sowie ggf. zwischen derer Bestandteilen differenziert:

- Die 16 ersten Unterfraktionen des Fraktionenclusters „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP (vgl. Kap. 3.4) werden der „hochwertigen“ energetischen Verwertung in einem Zementwerk oder einer EBS-Anlage zugeführt, im selben Verhältnis untereinander wie oben, allerdings ohne MVA (ca. 83 % Zementwerk, ca. 17% EBS-Anlage).
- Die 17. Unterfraktionen des Fraktionenclusters „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP, auf den Produkt PVC reduziert (vgl. Kap. 3.4), wird einer MVA zugeführt.
- Die detaillierten Ausgangsfraktionen des Fehlwurfs werden so verwertet:
 - 16 Fraktionencluster außer „Sortierrest aus LVP+StNVP“: stoffliche Verwertung genauso wie für die erfassten LVP
 - DS-Ausgangsfraktionen EBS und KEG: „hochwertige“ thermische Verwertung wie oben geschrieben (ohne MVA: ca. 83 % Zementwerk, ca. 17% EBS-Anlage)
 - DS-Ausgangsfraktion „Sortierrest“:
 - Szenario Fehlwurf: Thermische Verwertung in einer unspezifischen deutschen MVA
 - Vergleichsszenario ohne Fehlwurf: Verwertung der verwertbaren Fraktionen (Recycling, EBS, KEG) wie oben, der verbleibende Rest wird in die Restmülltonne eingeworfen und in die Münchner MVA energetisch verwertet. Bei ungenauer Beschreibung der Fraktionen des Fehlwurfs wurden einfache pauschale Zuteilungen zwischen der Verwertungswege getroffen, z.B. ein Drittel jeweils zu Recycling, zur EBS/KEG und zum Münchner MVA *via* dem Restmüll (vgl. Anhang 12).

Mit dieser Zuordnung wird für den Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ des Öko-Instituts (in unserer Studie „Sortierreste aus LVP+StNVP“ der erfassten LVP+StNVP, plus Großteil des Fehlwurfs) die ursprüngliche Verteilung 68% Zementwerk, 18% MVA, 14% EBS-Anlage im IST-Szenario annähernd erreicht.

4. THG-Berechnungen

4.1. Emissionsfaktoren für den Strommix

In der ganzen Studie wird der beim Verbraucher gelieferte Strom betrachtet, nach Erzeugung, Umspannung und Übertragung. Der Emissionsfaktor berücksichtigt also -so weit wie möglich-:

- die „Emissionen, die außerhalb der Umwandlungsprozesse in den sog. Vorketten entstehen, wie z. B. bei der Herstellung von Anlagen zur Energieumwandlung oder der Gewinnung und Bereitstellung von Primär- und Sekundärenergieträgern“ (UBA, 2024b)
- die Übertragungsverlust von der Erzeugung zum Verbraucher (vgl. Kap. 4.6.4 S. 45).

Für das IST-Szenario wurde der Emissionsfaktor vom Öko-Institut (2022a) für den deutschen Strommix aktualisiert.

Für das ZUKUNFT-Szenario basiert der Emissionsfaktor vom Öko-Institut (2022a) auf eine projektierte Zusammensetzung der Energieträger in der deutschen Stromproduktion für 2030. Eine andere Abschätzung vom Öko-Institut (2022b) für das Jahr 2035 basiert auf der Annahme, dass „der Anteil der erneuerbaren Energien in der bundesweiten Stromerzeugung wie von der Bundesregierung geplant stark ansteigt“. Das Projektionsjahr passt etwas besser zum Zeitintervall für das ZUKUNFT-Szenario (2027-2039, Mitte in 2033) und der Wert dieses Emissionsfaktors (0,129 kg CO_{2-eq}/kWh) scheint besser mit der aktuellen Entwicklung des deutschen Strommixes übereinzustimmen. Deshalb wurde der Emissionsfaktor vom Öko-Institut (2022b) ausgewählt.

Der Emissionsfaktor vom Öko-Institut (2022a) für den europäischen Strommix im Jahr 2030 wurde hingegen für das ZUKUNFT-Szenario beibehalten, da keine besseren Daten in der Recherche gefunden wurden.. Zudem ist der Einfluss des europäischen Strommixes auf die berechneten THG-Emissionen gering, da er lediglich für den Stromverbrauch beim Recycling im Ausland verwendet wird. „Die Rohdaten für die Berechnung der Anteile der Energieträger wurden von der European Commission (2021) angegeben“, schreibt Öko-Institut (2022a). Dieser Strommix wird im Öko-Institut (2022a) als „inkl. Vorkette“ bezeichnet, während der deutsche Strommix im selben Bericht als „inkl. Vorkette und Verluste“ bezeichnet wird. Die komplexe Frage zur Berücksichtigung der Übertragungsverluste von der Erzeugung bis zu den möglichen Recyclinganlagen in verschiedenen Ländern Europas wurde hier nicht näher untersucht.

Die hier verwendeten Emissionsfaktoren werden in Tabelle 12 dargestellt und mit den Werten des Öko-Instituts (2022a) verglichen. Die rechnerische Anpassung der Emissionsfaktoren des Strommixes in der Modellierung wird abhängig vom betrachteten Prozess im Kap. 4 erläutert.

Tabelle 12: Verwendete Emissionsfaktoren für den deutschen und den europäischen Strommix

In kg CO _{2-eq} /kWh	IST -Szenario	ZUKUNFT-Szenario
Deutscher Strommix	0,445	0,129
Quelle	UBA, 2024b	Öko-Institut 2022b
Erläuterung	Wert 2023, geschätzt	Geschätzt nach den Plänen der Bundesregierung in 2022
Öko-Institut, 2022a ^a , zum Vergleich	0,543	0,403
Europäischer Strommix	0,35	0,215
Quelle	Öko-Institut, 2022a	Öko-Institut, 2022a

^a Für das Jahr 2020 bzw. 2030

Die oben beschriebene Änderung der Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix schlägt sich in Änderungen der absoluten Werten der berechneten THG-Emissionen in der Größenordnung von + 1.000 t CO_{2-eq}/Mio.E/a (im IST- und im ZUKUNFT-Szenario) bis - 3.000 t CO_{2-eq}/Mio.E/a (im ZUKUNFT-Szenario) nieder. Diese Änderungen bleiben allerdings ohne markante Auswirkung auf die Differenzen zwischen den Erfassungssystemen im IST- Szenario (maximale Änderung i.H.v. 300 t CO_{2-eq}/Mio.E/a) oder auf den Vergleich der Erfassungssysteme im ZUKUNFT-Szenario (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber dem Emissionsfaktor für den deutschen Strommix

THG-Emissionen in t CO _{2-eq} / Mio.E / a	Strommix nach Öko-Institut (2022a)				Ausgewählte Modellierung				Differenz modifiziert - ausgewählt			
	GS	GT	WST	DC	GS	GT	WST	DC	GS	GT	WST	DC
	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH
Im IST-Szenario												
1. Erfasste Wertstoffe												
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	0	0	0	36	0	0	0	36	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	87	87	0	87	87	87	0	87	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	77	88	88	4	77	84	84	4	0	4	4	0
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	588	630	577	63	588	630	577	63	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	158	325	354	212	139	285	310	186	20	40	44	26
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-2.415	-4.129	-4.774	-3.069	-2.606	-4.462	-5.125	-3.308	191	333	351	239
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	86	51	37	104	86	51	37	104	-	-	-	-
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	9.984	7.705	8.197	9.326	8.664	6.629	7.136	8.085	1.320	1.076	1.061	1.241
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	21	107	173	23	19	94	152	21	3	13	22	3
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	65	116	135	7	65	116	135	7	-	-	-	-
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	65	323	523	71	95	473	767	104	- 30	- 151	- 244	- 33
Gesamtbilanz THG-Emissionen	8.716	5.303	5.309	6.864	7.213	3.986	4.072	5.388	1.503	1.316	1.238	1.476
Im ZUKUNFT-Szenario												
1. Erfasste Wertstoffe												
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	0	0	0	29	0	0	0	26	-	-	-	3
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	69	69	0	69	62	62	0	62	7	7	-	7
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	162	78	78	3	161	66	66	3	1	12	12	0
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	562	605	557	63	562	605	557	63	-	-	-	-
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	314	586	623	174	181	338	360	101	133	248	264	74
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-7.419	-12.648	-13.386	-4.654	-8.636	-14.767	-15.607	-5.346	1.217	2.119	2.221	692
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	86	51	37	104	86	51	37	104	-	-	-	-
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	10.715	5.101	4.905	13.678	13.594	6.530	6.229	17.383	- 2.878	- 1.428	- 1.324	- 3.705
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	36	118	164	19	21	68	95	11	15	50	70	8
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	62	111	129	7	62	111	129	7	-	-	-	-
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	23	77	107	13	5	15	22	3	3	19	61	86
Gesamtbilanz THG-Emissionen	4.610	-5.852	-6.784	9.506	6.097	-6.919	-8.112	12.418	- 1.487	1.067	1.328	- 2.912

4.2. Prozessschritt „Trennung“

4.2.1. Bereitstellung der Säcke, Tonnen und Container

Die THG-Emissionen, die mit der Bereitstellung der Säcke, Tonnen und Container verbunden sind, resultieren vom direkten Verbrauch der gelben Säcke und vom indirekten Verbrauch von Tonnen und Containern durch deren regelmäßigen Austausch. Diese THG-Emissionen werden im Öko-Institut (2022a) und im UBA (2018) nicht berücksichtigt.

Laut Herstellerangaben bestehen die Säcke und die Tonnen aus HDPE, die Container aus Polyesterharz mit Glasfaser. Andere Bestandmaterialien, wie das Metall für Verankerungen oder für Räder, wurden nicht berücksichtigt.

In einem ersten Schritt wurden die verbrauchten Mengen berechnet. Sie ergeben sich aus:

- der Menge und dem Einzelgewicht der verteilten gelben Säcken;
- der Menge, dem Einzelgewicht und der Lebensdauer der zur Verfügung gestellten Tonnen und Container.

Diese Daten wurden vom AWM zur Verfügung gestellt und z.T. durch Daten von Dienstleistern ergänzt. Dabei wurden für die Anzahl der gelben Säcken, der gelben Tonnen und der Wertstofftonnen die Daten vom Pilotversuch verwendet und auf das gesamte Stadtgebiet hochgerechnet. Sie werden im Anhang 13 dokumentiert.

Beim Wertstoffhof wurde angenommen, dass die Container unabhängig von den dort abgegebenen LVP+StNVP bereitgestellt werden: Die verbundenen Emissionen werden nicht in die Modellierung eingezogen.

In einem zweiten Schritt wurden Emissionsfaktoren für den Verbrauch und die Entsorgung (Verwertung) des jeweiligen Materials berechnet. Dabei wurden folgenden Komponenten einbezogen (vgl. Anhang 14):

- Emissionsfaktor des recycelten Materials. Dieser wurde als Summe der Aufwendungen für das Recycling des angepassten stellvertretenden Fraktionenclusters ermittelt, dividiert durch die Recyclingquote und den Ausbeutensatz (s. Tabelle 14 unten)
- Anteil des recycelten Materials in den Säcken, Tonnen und Containern (Daten vom AWM bzw. von Dienstleistern)
- Emissionsfaktor des frischen (nicht-recycelten) Materials (BAFA, 2024)
- Anteil des frischen neuen Materials in den Säcken, Tonnen und Containern
- Emissionsfaktor für die Verformung des Materials, berechnet aus dessen physikalischen Eigenschaften⁷. In einer ersten Berechnung für HDPE erweist sich dieser Emissionsfaktor als vernachlässigbar im Vergleich mit den anderen hier erwähnten Emissionsfaktoren. Daraufhin wurde dieser Emissionsfaktor für den Polyesterharz nicht berechnet und nicht berücksichtigt
- Emissionsfaktor für die Verwertung des verbrauchten Materials: Dabei wurde abweichend vom Öko-Institut (2022a) als Gutschrift für das erzielte recycelte Material der oben beschriebene Emissionsfaktor des recycelten Materials verwendet, um eine Verzerrung zwischen der Emissionsfaktoren des verbrauchten und des hergestellten recycelten Materials zu vermeiden⁸. Für die Berechnung dieses Emissionsfaktors wurden für die Materialien angepassten Eigenschaften ermittelt und verwendet: Wassergehalt, Gehalt an fossilem Kohlenstoff, Heizwert, usw. (s. Kap 4.6).

Die in dieser Berechnung eingesetzten Parametrisierung wird in Tabelle 14 dargestellt.

Die Depotcontainer in München gehören nicht dem AWM, sondern einem Dienstleister. Es wird davon ausgegangen, dass bei einer Umstellung zum gelben System diese Depotcontainer vom Dienstleister zurückgeholt und weiter an anderer Stelle eingesetzt werden. Dementsprechend wurde keine einmalige Verwertung von entsorgten Depotcontainern in die Modellierung integriert.

Die THG-Bilanzierung ergibt, dass die Bereitstellung der Behälter keine nennenswerte Auswirkung auf den Vergleich der THG-Emissionen zwischen den Erfassungssystemen hat: Die Emissionen betragen hier weniger als 100 t CO_{2-eq}/Mio.E/a im IST-Szenario und 200 t CO_{2-eq}/Mio.E/a im ZUKUNFT-Szenario, im Vergleich zu gesamten Unterschieden zwischen den Erfassungssystemen im Tausendbereich (im IST-Szenario) bzw. im Zehntausendbereich (im ZUKUNFT-Szenario, s. Tabelle 21 S. 51). Die Unsicherheiten bei der Modellierung dieser Bereitstellung haben dementsprechend keinen Einfluss auf die Gesamtergebnisse.

⁷ Temperatur der Verformung bzw. des Materials vor der Verformung, Schmelzpunkt, Spezifische Wärmekapazität, Latente Fusionswärme, Emissionsfaktor des Energieträgers Erdgas.

⁸ Diese Modellierung ist mathematisch äquivalent zur folgenden Modellierung:

1. Das recycelte Material, das bei der Verwertung der ausgebrauchten Behälter gewonnen wird, fließt rechnerisch in das recycelte Material, das bei der Erstellung der neuen Behälter eingesetzt wird. Die Recyclingquote und der Ausbeutensatz werden dabei berücksichtigt.
2. Für den fehlenden Anteil an recyceltem Material im neuen Behälter bzw. für die überschüssige Menge an erzeugtem recyceltem Material wird der oben beschriebene Emissionsfaktor des recycelten Materials verwendet.

Tabelle 14: Parametrisierung der Bereitstellung der Säcke, Tonnen und Container

	Gelbe Säcke	Tonnen	Container
Material ^a	HDPE	HDPE	Polyesterharz mit Glasfaser
Quelle	AWM	AWM	Hersteller
Stellvertretender Fraktionencluster	„PE“ (Polyethylen)	„PE“ (Polyethylen)	„PET-andere“ Polyethylenterephthalat mit niedrigem Flaschen-Anteil
Recyclingquote von entsorgten Behältern	99%	100%	0%
Quelle	Öko-Institut (2022a)	AWM (99% nach Öko-Institut, 2022a)	Annahme wegen der gemischten Glasfaser
Ausbeute beim Recycling	70%	70%	Nicht relevant
Quelle	Öko-Institut (2022a)	Öko-Institut (2022a)	
Energetische Verwertung – Mix (Zuführung)	Wie in Öko-Institut (2022a): 68% Zementwerk, 18% MVA, 14% EBS-Anlage	Nicht betroffen	Keine MVA (anteilig verteilt): 83% Zementwerk, 17% EBS-Anlage
Begründung	Mit den LVP+StNVP erfasst	-	Wertvolles Material für die energetische Verwertung
Anteil an recyceltem Material in den Behältern	0%	80%	70%
Quelle	Annahme wegen der strengen Anforderungen an das Material (dünn und zerreifest)	AWM aus Herstellerangaben	In Anlehnung an die Tonnen, um 10% reduziert aufgrund der Glasfaser
Wassergehalt	0	0	0
Störstoffanteil	0	0	0
Lebensdauer	-	15 Jahre	30 Jahre
Quelle		AWM	AWM

^a Hauptmaterial: Andere Materialien, wie das Metall für Verankerungen oder für Räder, wurden nicht berücksichtigt.

4.2.2. Individualtransport

Als Individualtransport wird der Transport der LVP+StNVP (plus ggf. Fehlwurf) zum Depotcontainer bzw. zum Wertstoffhof bezeichnet.

Grundsätzlich wurde die Modellierung der Fahrten vom UBA (2018) übernommen. „Als Aufwendungen gelten ausschließlich die Entfernungen, die mit dem PKW zurückgelegt werden. Die Anlieferung zu Fuß/per Rad wurde nicht betrachtet.“ Die Parameter vom UBA (2018) wurden herangezogen:

- Anliefermenge pro Anlieferung
- Anzahl Anlieferungen zum Bringsystem pro Jahr
- Anteil LVP+StNVP in den Anlieferungen, „also der Anteil der Anlieferfahrten, die bei Anlieferung mehrerer Abfälle/Wertstoffe [z.B. Glas] den LVP[+StNVP] zuzuordnen sind“
- Mittlere Distanz der Einwohner-Grundstücke zum Bringsystem
- Anteil der Anlieferungen, die mit dem PKW erfolgen
- Anteil der Direktfahrten (mit dem PKW), d.h. der „Fahrten die ausschließlich der Anlieferung von Abfällen/Wertstoffen zum Depotcontainer/Wertstoffhof dienen“
- Anteil Kombifahrt (mit dem PKW), d.h. den „Fahrten, die auch zu mindestens einem anderen Zweck als der Anlieferung von Abfällen/Wertstoffen an den Depotcontainer/Wertstoffhof dienen“
- Distanz der Kombifahrt für LVP+StNVP, d.h. der Strecke, die in den Kombifahrten den LVP+StNVP zugeordnet werden. Das sind ein Teil der Strecke die ohnehin auch ohne LVP+StNVP gefahren werden würden, plus der Umweg zum Bringsystem.

Die o.g. Parameter wurden anschließend an die Münchner Gegebenheiten angepasst. Hierfür wurden feste Daten (z.B. mittlerer Abstand zwischen Containerinseln), Expertenaussagen vom AWM sowie vorhandene Daten aus der UBA-Studie verwendet. Diese Werte werden im Anhang 18 erläutert, dokumentiert und kommentiert.

Einige dieser Werte sind als Größenordnung zu verstehen, z.B. der Anteil der Anlieferung per PKW zum Depotcontainer (20 %) oder der Anteil der (nicht-sperrigen) LVP+StNVP in den Anlieferungen zum Wertstoffhof (5 %). Allerdings haben diese Unsicherheiten höchstens eine moderate Auswirkung auf den Variantenvergleich zwischen den Erfassungssystemen: Die berechneten THG-Emissionen für den Individualtransport betragen etwa 100 t CO_{2-eq}/Mio.E/a, im Vergleich zu gesamten Unterschieden zwischen den Erfassungssystemen im Tausendbereich (im IST-Szenario) bzw. im Zehntausendbereich (im ZUKUNFT-Szenario).

Entsprechend der Annahmen zu den Wertstoffströmen wird davon ausgegangen, dass beim System „Wertstofftonne“ keine Fahrt zum Wertstoffhof stattfinden.

Für die Umrechnung der gefahrenen km in THG-Emissionen wurden Emissionsfaktoren für PKW-Fahrten (in Tonnen CO_{2-eq} pro gefahrener km) angewendet:

- Für das IST-Szenario, wurde der Durchschnittswert von UBA (2024a) übernommen „über alle Antriebsarten (Benzin, Diesel, Elektro, Flüssig- und Erdgas, Hybrid), inkl. graue Energie für Fahrzeug, Infrastruktur, Energiebereitstellung“. Für den Elektroantrieb berechnet die UBA „mit dem durchschnittlichen Strom-Mix in Deutschland“. Der im Hintergrund benutzte Emissionsfaktor für den deutschen Strommix ist nicht bekannt. Eine Anpassung an den eigenen Emissionsfaktor war deshalb hier nicht möglich.
- Für das ZUKUNFT-Szenario wurde eine Anpassung an die Verkehrswende vorgenommen, anhand Projektionen vom UBA (2024c) und aktuellen Daten zur Verteilung der verschiedenen Antriebsarten im Verkehr bei PKWs und zu deren Emissionen (Deutschlandatlas, 2025). Bei Elektro-Antrieben wurde der eigene Emissionsfaktor für den deutschen Strommix verwendet (vgl. Kap. 4.1).

Die Modellierung dieser Anpassung ist hier nicht detailliert dargestellt. Die Auswirkung auf den Emissionsfaktor bleibt moderat: Er wird um 28% reduziert im Vergleich mit dem IST-Szenario, von 0,23 kg CO_{2-eq}/km auf 0,17 kg CO_{2-eq}/km (s. Anhang 17). Dies hat keine Auswirkung auf die gesamte THG-Bilanz.

4.3. Prozessschritt „Sammlung“

Öko-Institut (2022a) berechnet diesen Prozessschritt durchschnittlich für alle Erfassungssysteme des Dualen Systems. Folgende Daten werden dabei angewendet:

- eine Sammeltrecke von 10 km / Tour mit Stop-and-Go-Fahrweise, das mit einem generischen „ecoinvent Prozess“ „municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {RER}“ abgebildet ist.
- ein Transport zum Umschlagplatz von 15 km, der mit generischen „ecoinvent Prozess“ „transport, freight, lorry, >32 metric ton, EURO5 {RER}“ abgebildet ist.

Das Öko-Institut ermittelt auf dieser Weise einen Emissionsfaktor von 0,01 kg CO₂-Äquivalent pro kg erfasster Menge für diesen Prozessschritt. Das ecoinvent-Modell ist allerdings nicht öffentlich zugänglich.

Im UBA-Bericht von 2018 werden spezifische Parameter für die verschiedenen Erfassungssysteme berechnet, wie beispielsweise die Anzahl der Sammeltouren pro Jahr und pro Million Einwohner. Diese Berechnungen basieren auf einer allgemeinen Analyse, die eine Sammeltour in charakteristische Zeitabschnitte unterteilt.

In dieser Studie wurden hingegen spezifische Daten aus München verwendet.

In den Studien vom Öko-Institut 2022 und vom UBA 2018 trägt dieser Prozessschritt nur geringfügig zu den Unterschieden in den THG-Emissionen zwischen den Erfassungssystemen bei. In der THG-Bilanzierung für München trägt er maßgeblich zum Gesamtergebnis bei. Ursächlich für diesen Unterschied sind:

- einerseits die abweichende Definition der Bezugsgröße (in der Netto-Bilanz werden positive Emissionen von nicht erfassten Mengen mit den negativen Treibhausgasemissionen erfasster Mengen verrechnet).
- andererseits höhere Emissionsfaktoren für die Fahrleistung (s. Kap. 4.3.4).

4.3.1. Anzahl und Länge der Sammeltouren

4.3.1.1. Gelbe Systeme

Der AWM geht von einer konstanter Anzahl an Sammeltouren pro Einwohner während des betrachteten Zeitraums aus, also sowohl im IST- als auch im ZUKUNFT-Szenario. In Verbindung mit der Erhöhung der Sammelmengen zwischen diesen beiden Szenarien führt dies zu einem höheren Füllgrad der Müllfahrzeuge im ZUKUNFT-Szenario, wobei die Höchstkapazität der Fahrzeuge nicht überschritten wird.

Aufgrund der Erfahrungen aus dem Pilotversuch erwartet der AWM eine unterschiedliche Anzahl an Sammeltouren je nach Holsysteme. Entscheidend sind dabei die Dauer der Leerung und die Anzahl der zu leerenden Mülltonnen. Letztere wird wiederum durch das zur Verfügung gestellte Volumen der Tonnen bestimmt. Für die Systeme „Gelbe Tonne“ und „Wertstofftonne“ setzt der AWM ein Volumen von 25 bzw. 27,5 Litern pro Einwohner pro Woche an und berechnet daraus für die aktuelle Einwohnerzahl 12.474 bzw. 13.721 Sammeltouren pro Jahr. Für das Sammeln der gelben Säcke schätzt der AWM eine 1,3 bis 1,5-fach kürzere Sammeldauer als bei den Tonnensystemen. Dies führt zu einer um den Faktor 1,4 reduzierten Anzahl von Sammeltouren im System „Gelber Sack“ (8.910 pro Jahr).

Eine schnellere Sammlung und eine entsprechend verringerte Anzahl der Touren bedeutet gleichzeitig eine längere Strecke pro Tour im Sammelgebiet, so dass die gesamte jährlich zurückgelegte Strecke im Sammelgebiet für alle drei Erfassungssysteme identisch bleibt, während die jährliche Strecke außerhalb des Sammelgebiets für den Gelben Sack aufgrund der geringeren Anzahl an Touren niedriger ausfällt.

Beide jährliche Strecken variieren zudem proportional zur Leerungsfrequenz und zur Einwohnerzahl.

In der Modellierung wurde zuerst eine gemeinsame jährliche Strecke im Sammelgebiet pro Million Einwohner für eine bestimmte Leerungsfrequenz (1 Leerung / Monat) im IST-Szenario aus den Daten des Pilotversuchs berechnet (vgl. Anhang 16):

- Laut AWM betrug im Pilotversuch die über alle Erfassungssysteme gemittelte Sammeltour etwa 55 km, davon 38,5 km außerhalb des Sammelgebiets und 16,5 km für die eigentliche Sammelstrecke.
- Aus der Anzahl der Touren in den jeweiligen Pilotgebieten und dem Verhältnis von 1 zu 1,4 für die Strecke pro Tour im Sammelgebiet zwischen „Gelber Sack“ einerseits und „Gelbe Tonne“ und „Wertstofftonne“ andererseits wurde für jedes Erfassungssystem eine durchschnittliche Strecke pro Tour im Sammelgebiet so berechnet, dass der nach Tourenzahl gewichtete Durchschnitt die erhobene durchschnittliche Strecke von 16,5 km ergibt.
- Anhand der Anzahl der Sammeltouren sowie der Einwohnerzahl und der Frequenz der Leerungen in den jeweiligen Pilotgebieten wurde für jedes Erfassungssystem eine jährliche Strecke im Sammelgebiet pro Million Einwohner für eine Leerung / Monat errechnet.
- Ein Mittelwert über die drei Erfassungssysteme wurde schließlich errechnet, gewichtet nach der Einwohneranzahl in den entsprechenden Pilotgebieten.

Diese gemeinsame jährliche Strecke im Sammelgebiet wurde anschließend an die geplante Leerungsfrequenz im IST-Szenario angepasst. Dabei wurde folgende Annäherung⁹ vom AWM übernommen:

- Kleinbehältergebiete: 1 Leerung / Monat.
- Geschosswohnungsbau-Gebiete und Mischgebiete: 2 Leerungen / Monat.

Zusätzlich wurde der aktuelle Anteil von 11 % Kleinbehältergebiete (bezogen auf die Anwohnerzahl) angewendet.

Die Strecke pro Tour außerhalb des Sammelgebiets (38,5 km) wurde als konstant betrachtet.

Im ZUKUNFT-Szenario wurde von einer erhöhten Einwohnerzahl und einer entsprechend proportionalen Steigerung der Anzahl an Sammeltouren ausgegangen, während die gesamte jährliche Strecke im Sammelgebiet unverändert bleibt: Ausschließlich der Bevölkerungszuwachs durch Nachverdichtung wurde berücksichtigt, die zusätzlichen Sammelstrecken in neu entstandenen Wohngebieten wurden dagegen vernachlässigt¹⁰. Die so verursachte Unterbewertung der gesamten Strecke im Sammelgebiet und folglich der durch den Prozessschritt „Sammlung“ verursachten THG-Emissionen im ZUKUNFT-Szenario bleibt minimal:

- Laut Wikipedia (2024) blieb beispielsweise der Flächenzuwachs der Wohngebiete zwischen 2007 und 2019 unter 1 %.
- Zum Vergleich: Der Bevölkerungszuwachs zwischen dem IST- und dem ZUKUNFT-Szenario beträgt ca. 8 %.
- Die Berücksichtigung eines Flächenzuwachses von 1 % (auch für die Restmüllsammlung, s. Kap. 4.3.2) würde sich in einer Änderung der gesamten THG-Emissionen von etwa 10 t CO_{2,eq}/Mio.E/a im ZUKUNFT-Szenario niederschlagen, was im Vergleich zu Unterschieden über 1.000 t CO_{2,eq}/Mio.E/a zwischen den Erfassungssystemen vernachlässigbar ist.

Die Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber der Anzahl der Sammeltouren im Jahr bei den gelben Systemen ist moderat: Bei einer fiktiven, jedoch in Bezug auf die Ladung pro Fahrt machbaren Halbierung dieser Anzahl, bleibt die Reduzierung der THG-Emissionen unter 200 t CO_{2,eq}/Mio.E/a.

4.3.1.2. Depotcontainer

Für das System „Depotcontainer“ wurde die Anzahl der entleerten Container auf Grundlage der enthaltenen Mengen so berechnet, dass ein Füllgrad von 90 % des Sammelfahrzeugs, also der maximalen Nutzlast, erreicht wird. Die aktuelle Tourenlänge von 75 km wurde für beide Szenarien übernommen.

Die Strecke außerhalb des Sammelgebiets bleibt unverändert bei 38,5 km. Daraus resultiert eine Strecke innerhalb des Sammelgebiets von 36,5 km.

4.3.2. Reduzierung der Restmüll-Sammlung

Aufgrund der erhöhten Sammlung von LVP+StNVP geht der AWM von einem verringerten Bedarf an Restmüllsammlung aus, sei es durch die Abmeldung von Restmülltonnen oder durch eine Reduzierung einzelner Leerungsfrequenzen. Entsprechend den erwarteten Erfassungsmengen wird eine Reduzierung von 6 % für eine vollständige Entfaltung des Systems „Gelbe Tonne“ im ZUKUNFT-Szenario (mit 20 kg/EW/a

⁹ In Wirklichkeit befinden sich in den Kleinbehältergebiete auch einige Behälter, die öfter als einmal pro Monat geleert werden müssen, was zu zusätzlichen Fahrten führt, aber auch in den Mischgebieten viele Behälter, die nur einmal pro Monat geleert werden, was Einsparungen bei den Strecken im Sammelgebiet möglich macht.

¹⁰ Als Folge dieser Verdichtung reduzieren sich im ZUKUNFT-Szenario die modellierte Länge der Strecken pro Tour sowie die jährliche Strecke pro Einwohner im Sammelgebiet invers zur Einwohnerzahl.

LVP+StNVP+Fehlwurf geholt in den AWM-Projektionen¹¹) und von 8 % für das System „Wertstofftonne“ (mit 22 kg/EW/a abgeholt) eingeplant. Diese Werte beziehen sich auf die Anzahl der Sammeltouren pro Einwohner. Diese Werte entsprechen etwa proportional der Abnahme der nicht-erfassten Mengen im Vergleich zum aktuellen System (Depotcontainer, 6 kg/EW/a, deshalb 14 kg/EW/a Abnahme bei 20 kg/EW/a abgeholt), in Relation zur Restmüllmenge (ca. 210 kg/EW/a).

Dieses Modell wurde in den Berechnungen berücksichtigt und auf die Sammelsysteme „Gelber Sack“ und „Depotcontainer“ extrapoliert. Dieses Modell führt auch dazu, dass im Falle einer Abnahme der erfassten Mengen (wie im IST-Szenario für das System „Gelber Sack“) mehr Restmülltouren erforderlich sind.

Die aktuelle Zahl der Restmülltouren beträgt 825 Touren pro Woche, d.h. 42.900 Touren pro Jahr, für das Stadtgebiet. Die Anzahl der Sammeltouren pro Einwohner wird für ein gegebenes Erfassungssystem als konstant angenommen.

Wie im Kap. 4.3.1.1 wird eine Strecke außerhalb des Sammelgebiets von 38,5 km pro Tour berücksichtigt.

Auch hier geht eine geringere Anzahl an Touren -bei gegebener Leerungsfrequenz- mit einer längeren Sammelstrecke pro Tour im Sammelgebiet einher: Die gleichen Wege werden befahren, jedoch schneller, da weniger Restmülltonnen auf einer gegebenen Distanz entleert werden müssen. Die jährlichen Strecken im Sammelgebiet für die Restmüllsammmlung je nach LVP+StNVP-Sammelsystem wurden wie im Kap. 4.3.1.1 anhand der Leerungsfrequenz (4 Leerungen / Monat) ermittelt (siehe Anhang 16).

Die Auswirkung der Reduzierung der Restmüllsammmlung entspricht bis zu 12 % der Treibhausgasemissionen des Prozessschrittes „Sammmlung“ der erfassten LVP+StNVP+Fehlwurf (12% beim System „Wertstofftonne“). Verursachend für diese geringe Auswirkung sind:

- die geringere Ladung an LVP+StNVP (+Fehlwurf) pro Tour im Vergleich mit dem Restmüll: Maximal 1,6 Mg pro Tour im IST-Szenario, 2,8 Mg pro Tour im ZUKUNFT-Szenario, im Gegensatz zu 7,65 Mg pro Tour für den Restmüll. Dies bedeutet, dass rechnerisch eine Fahrt Restmüll fast drei bzw. fünf Fahrten LVP+StNVP ersetzt;
- die Annahme, dass die Leerungsfrequenz des Restmülls in jedem Sammelgebiet und somit die jährliche Strecke im Sammelgebiet mit der Zeit konstant bleiben: rechnerisch werden nur Strecken außerhalb des Sammelgebiets gespart, wo der Kraftstoffverbrauch je 100 Kilometer am niedrigsten ist (s. Kap. 4.3.4.2 unten);
- die Annahme, dass der Kraftstoffverbrauch je Kilometer auf einer gegebenen Sammelstrecke konstant ist, unabhängig von der Anzahl der zu leerenden Tonnen auf dieser Sammelstrecke (Kap. 4.3.4.2 unten): Bei reduzierten gesammelten Mengen an Restmüll wird wahrscheinlich die Leerungsfrequenz von einzelnen Restmülltonnen reduziert, was die längeren einzelnen Strecken im Sammelgebiet ermöglicht. Dabei werden -bei gleicher Leerungsfrequenz- weniger Tonnen pro Kilometer geleert, was mit weniger Stop-and-Go Fahrweise und deshalb weniger Kraftstoffverbrauch je Kilometer einhergehen könnte. Es liegen uns allerdings keine Daten über einen solchen Effekt vor.

4.3.3. Zuordnung der Sammeltouren zwischen LVP+StNVP und Fehlwurf

Die in den drei vorherigen Kapiteln beschriebenen Sammeltouren bzw. Reduzierung der Restmüll-Sammmlung gelten für alle Wertstoffe zusammen, LVP+StNVP und Fehlwurf.

¹¹ Diese Projektion des AWM (20 kg/EW/a) stimmt im Großen und Ganzen mit den Berechnungen überein, die auf den Zero-Waste-Zielen basieren (21,7 kg/EW/a, ohne die im Wertstoffhof erfasste Menge).

Gegenstand der THG-Bewertung ist allerdings das gesamte Potential an LVP+StNVP. Beim Fehlwurf werden lediglich die verbundenen zusätzlichen THG-Emissionen der Bilanzierung hinzugefügt. Die THG-Emissionen der Sammlung werden deshalb getrennt dargestellt.

Dafür wurden die THG-Emissionen den LVP+StNVP bzw. dem Fehlwurf im Verhältnis der jeweiligen erfassten Mengen zugeordnet. Für die gelben Systeme wurden dabei ausschließlich die Mengen im ZUKUNFT-Szenario herangezogen, weil der AWM die künftige Sammlung auf Basis dieser Mengen dimensioniert hat¹². Dabei betrachtet wurden:

- die Mengen ohne Wertstoffhof-Anteil für die Sammlung der erfassten Mengen;
- die Mengen mit Wertstoffhof-Anteil für die Reduzierung der Restmüll-Sammlung.

Der LVP+StNVP-Anteil der Reduzierung der Restmüll-Sammlung entspricht einer Reduzierung der Sammlung der nicht-erfassten LVP+StNVP. Um die Sammlung der nicht-erfassten LVP+StNVP vollständig in die THG-Bilanzierung zu integrieren, wurde zusätzlich der aktuelle Anteil der nicht-erfassten LVP+StNVP in den Restmüll-Sammeltouren proportional zum Mengenanteil der nicht-erfassten LVP+StNVP im Restmüll berechnet.

4.3.4. Emissionsfaktoren und THG-Emissionen der Sammeltouren

4.3.4.1. Auswahl des Modells

Die Berechnung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) für den Gütertransport erfolgt üblicherweise – auch im UBA-Bericht von 2018 – anhand von Emissionsfaktoren pro transportierte Tonne und Kilometer (UBA, 2021; UBA, 2024a). Diese Vorgehensweise basiert auf der Annahme, dass das Gewicht der Fracht entscheidend für die THG-Emissionen ist.

Ob diese Annahme jedoch für die Sammlung von LVP+StNVP oder sogar für Restmüll zutrifft, ist fraglich: Die Fracht ist in diesem Fall deutlich leichter als das Sammelfahrzeug selbst. Im Durchschnitt wiegt die Fracht bei der Restmüllsammlung weniger als 8 Tonnen pro Tour (Berechnung des AWM), bzw. die maximale Fracht an LVP+StNVP etwa 8 Tonnen¹³ und die effektive Fracht an LVP+StNVP in der Modellierung maximal 2,8 Tonnen. Im Vergleich dazu liegt das Leergewicht des Sammelfahrzeugs bei etwa 15 Tonnen (Meinhardt, 2025). Zudem fahren die Sammelfahrzeuge nur am Ende der Sammelstrecke mit voller Ladung. Am Anfang der Sammeltour und nach der Entladung sind sie unbeladen.

Tatsächlich ergeben einfache Berechnungen¹⁴, dass die Emissionsfaktoren des UBA (2018) und des Öko-Instituts (2022a) für die Sammeltouren die THG-Emissionen des im Pilotversuch festgestellten Dieserverbrauchs nicht abdecken. Bei einer niedrigen Ladung wie im Pilotversuch (ca. 2,2 t) werden diese THG-Emissionen um den Faktor 4 bis 8 unterschritten. Bei voller Ladung (8 t / Fahrt) werden sie mit dem Emissionsfaktor des Öko-Instituts beinahe gedeckt, mit dem Emissionsfaktor des UBA (2018) um den Faktor 2,5 verfehlt. Ohne Zugang zu dem vom Öko-Institut verwendeten *ecoinvent*-Modell ist eine Anpassung an die transportierte Last nicht möglich. Auch mit den Emissionsfaktoren vom UBA (2021, 2024) für den Gütertransport mit LKWs über 12 t (0,23 bis 0,40 kg CO_{2-eq}/t.km je nach Fahrweise, von Güterfernverkehr

¹² Für das System „Depotcontainer“ bleibt die Verteilung der jeweiligen erfassten Mengen zwischen LVP+StNVP und Fehlwurf im IST- und im ZUKUNFT-Szenario unverändert.

¹³ Unter der Annahme eines Volumens von 24 m³ und einer komprimierten Dichte von 350 kg/m³ (Daten des AWM).

¹⁴ S. Anhang 17. Verwendete Daten: Emissionsfaktoren des UBA (2018) und des Öko-Instituts (2022a) für die Sammeltouren: 0,11233 kg CO_{2-eq}/t.km und 0,01 kg CO_{2-eq} pro kg erfasster Menge für 40 km Streckenlänge (einschl. Rückfahrt vom Umschlagplatz); Dieserverbrauch im Pilotversuch: 68 l / 100 km; Emissionsfaktor vom Dieselmotorkraftstoff: 2,66 kg CO_{2-eq} / l plus 17 % Zuschlag für die Bereitstellung des Kraftstoffs (aus UBA, 2021, Abb. 14, LKW > 12 t).

bis zu Nah- und Verteilerverkehr) werden die THG-Emissionen des Dieserverbrauchs für die Sammeltouren um den Faktor 2 oder mehr verfehlt.

Laut UBA (2018) wird der Emissionsfaktor für die Sammeltouren „durch den Kraftstoffverbrauch dominiert“. Dies wird auch im UBA (2021) deutlich, wo die anderen Parameter „Fahrzeugherstellung“ und „Infrastruktur“ lediglich etwa 6 % der gesamten THG-Emissionen ausmachen (Abbildungen 13 und 14, Lkw über 12 t, in UBA, 2021).

Aus diesem Grund wurde in den Berechnungen ein Modell mit festem, Lastunabhängigem Dieserverbrauch pro gefahrenem Kilometer, abhängig von der Fahrweise, gewählt. Die Bereitstellung des Kraftstoffs wurde zudem in dieses Modell einbezogen. Die anderen Parameter „Fahrzeugherstellung“ und „Infrastruktur“ wurden hingegen vernachlässigt. Die Dabei verursachte Unterschätzung um maximal 6 % der mit der Sammlung verbundenen THG-Emissionen bleibt ohne Einfluss auf den Vergleich der Erfassungssysteme.

4.3.4.2. Kraftstoffverbrauch der Sammelfahrzeuge

Über den gesamten Pilotversuch hat der AWM einen durchschnittlichen Dieserverbrauch von 68 Litern pro 100 km, ähnlich wie im UBA (2018; 70 l / 100 km), erhoben. Die Sammeltour setzt sich zusammen aus:

- 38,5 km außerhalb des Sammelgebiets, mit normaler Fahrweise
- 16,5 km innerhalb des Sammelgebiets, mit Stop-and-Go-Fahrweise.

Für die normale Fahrweise gibt der AWM einen Dieserverbrauch von 38 Litern pro 100 km an, das UBA (2018) einen Verbrauch von 25 Litern pro 100 km für einen „herkömmlichen LKW (>12 Mg)“. Ursächlich für den Unterschied könnte der urbane Kontext der Fahrt außerhalb des Sammelgebiets in München sein.

Aus diesen Daten ergibt sich ein Dieserverbrauch von 138 Litern pro 100 km für die Stop-and-Go-Fahrweise im Sammelgebiet. Wie im Kap. 4.3.2 kurz diskutiert wurde mangels alternativer Daten dieser Wert in der Modellierung als konstant betrachtet: Eine mögliche Graduierung der Stop-and-Go-Fahrweise in Abhängigkeit vom Erfassungssystem (z. B. Gelber Sack im Vergleich zur Tonne) oder von der linearen Dichte der zu leerenden Tonnen oder der zu holenden Säcke auf der Sammelstrecke wurde nicht berücksichtigt.

Für das Erfassungssystem „Depotcontainer“ werden Heckladerfahrzeuge mit einem Volumen von 24 m³ eingesetzt. Für diese liegen uns keine Daten von den Dienstleistern zum Kraftstoffverbrauch vor. Für die Fahrt außerhalb des Sammelgebiets (normale Fahrweise im urbanen Kontext) wurde der Wert von 38 Litern pro 100 km wieder verwendet.

Für die Strecke innerhalb des Sammelgebiets, mit den zusätzlichen Stopps bei den Wertstoffinseln, wäre ein leicht höherer Wert erwartet. So eine Fahrt entspricht etwa einem „Nah- und Verteilerverkehr“, für den das UBA (2021) aus Daten vom 2017 einen THG-Emissionsfaktor (in kg CO_{2-eq}/t.km) für einen LKW > 12 t 58 % höher als der Äquivalent vom UBA (2024) aus Daten von 2022 für einen durchschnittlichen Gütertransport angibt. Angewendet auf den Dieserverbrauch vom UBA (2018, Daten < 2018) für die normale Fahrt mit einem „herkömmlichen LKW“ >12 t (25 Litern pro 100 km) ergäbe dieser „Zuschlag“ von 58 % einen Dieserverbrauch von 39,5 Liter pro 100 km. So eine Kombination von drei verschiedenen Quellen kann nur eine Größenordnung zur Plausibilitätsprüfung liefern. Der Wert von 38 Liter pro 100 km erscheint somit in der Größenordnung plausibel, auch wenn eher niedrig. Mangels fundierter Alternativen wurde dieser Wert in die Modellierung für die Strecke innerhalb des Sammelgebiets übernommen.

Diese Unsicherheit hat allerdings keine nennenswerte Auswirkung auf den Vergleich der THG-Emissionen zwischen den Erfassungssysteme: Eine Erhöhung des Verbrauchs um 5 Liter pro 100 km z.B. würde rechnerisch zu einer Steigerung der THG-Emissionen des Systems „Depotcontainer“ um maximal 10,5 t CO_{2-eq}/Mio.E/a führen, im Vergleich zu Unterschieden über 1.000 t CO_{2-eq}/Mio.E/a zwischen den Erfassungssystemen.

Bei einer Umstellung auf das Erfassungssystem „Wertstofftonne“ würde der AWM die Sammlung von LVP+StNVP in 25 % des Stadtgebiets übernehmen, um die Menge an StNVP zu kompensieren, für deren

Sammlung das Duale System nicht zuständig ist (sogenanntes „Gebietsteilungsmodell“). Diese Sammlung würde vollständig mit Biogas-betriebenen Sammelfahrzeugen durchgeführt werden. Derzeit besteht die Flotte des AWM jedoch zu etwa 50 % aus Biogas-betriebenen Fahrzeugen. Eine Änderung dieser Quote für den Zeitraum 2027-2039 ist nicht vorgesehen. Diese Quote von 50 % wurde für die Modellierung der Sammlung von LVP+StNVP durch den AWM übernommen, da eine höhere Quote bei dieser Sammlung mit einer niedrigeren Quote bei anderen Sammlungen (Restmüll, Biotonne, Papiertonne) kompensiert wird. Die Quote von 50 % Biogas-betriebenen Sammelfahrzeugen wurde auch für die Modellierung der Restmüllsammlung angewendet.

Im Pilotversuch hat der AWM einen Gasverbrauch von 65 kg pro 100 km über die 55 km lange Sammeltour festgestellt. Der Gasverbrauch für die Strecken außerhalb und innerhalb des Sammelgebiets wurde unter Verwendung der gleichen Proportionen wie beim Dieselverbrauch berechnet. Diese Proportionen könnten jedoch den Gasverbrauch innerhalb des Sammelgebiets überbewerten, da das Verbrauchsverhalten der Biogas-betriebenen Sammelfahrzeuge für die Stop-and-Go-Fahrweise optimiert sein soll (CNG-Mobility, 2022).

Ein Dienstleister hat beim AWM eine Quote von 2 % Elektrosammelfahrzeugen gemeldet. Es liegen allerdings keine Daten über zukünftige Pläne vor. Es wird eine gewisse Trägheit bei der Umstellung auf Elektrosammelfahrzeuge vermutet. Daher wurde dieser potenzielle Anteil an Elektro-Sammelfahrzeugen in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

4.3.4.3. Emissionsfaktoren der Kraftstoffe

Für den Dieseldieselkraftstoff wurde der Emissionsfaktor vom BAFA (2024) verwendet, zusätzlich zu einem Zuschlag von 17 % für die Energiebereitstellung des Dieseldieselkraftstoffs (aus UBA, 2021).

Es wird angenommen, dass das eingesetzte Biogas anderen möglichen Anwendungen „entnommen“ wird bzw. nicht mehr zur Verfügung steht. Eine präzise Modellierung würde einen lokalen oder regionalen „Gas-Mix“ berücksichtigen. Vereinfacht wurde hier der Anteil des Biogases in diesem lokalen oder regionalen „Gas-Mix“ vernachlässigt. Stattdessen wurde der Emissionsfaktor vom BAFA (2024) für Erdgas verwendet. Mangels spezifischer Informationen wurde der gleiche Zuschlag (17 %) für die Energiebereitstellung von Erdgas verwendet wie beim Dieseldieselkraftstoff.

4.3.5. Zwischenergebnisse für den Prozessschritt „Sammlung“

Die berechneten THG-Emissionen für die Sammlung von LVP+StNVP(+Fehlwurf) sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Zwischenergebnisse für den Prozessschritt „Sammlung“

THG-Emissionen in t CO _{2eq} / Mio.E / a	IST				ZUKUNFT			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe								
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	588	630	577	63	562	605	557	63
2. Nicht-erfasste Wertstoffe								
THG-Emissionen Sammlung aktuell	104	104	104	104	104	104	104	104
Δ THG-Emissionen Sammlung Restmüll	-19	-53	-67	0	-19	-53	-67	0
Gesamt "Nicht-erfasste Wertstoffe"	86	51	37	104	86	51	37	104
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf								
THG-Emissionen Sammlung Fehlwurf	67	127	152	7	64	122	147	7
Δ THG-Emissionen Sammlung Restmüll	-2	-10	-18	0	-2	-10	-18	0
THG-Emissionen Sammlung	65	116	135	7	62	111	129	7
Gesamtbilanz THG-Emissionen	890	965	921	286	857	930	889	286

Das Erfassungssystem „Depotcontainer“ zeichnet sich durch deutlich niedrigere THG-Emissionen als die gelben System aus: Bei diesem System sind erheblich weniger Fahrten zur Sammlung der Wertstoffe erforderlich. Dies liegt daran, dass es viel weniger Sammelpunkte gibt, was die Streckenlänge und den Kraftstoffverbrauch pro 100 km reduziert, aber auch daran, dass die Sammelfahrzeuge besser ausgelastet sind (7,6 Mg pro Tour statt maximal 1,6 Mg bzw. 2,8 Mg pro Tour im IST- bzw. ZUKUNFT-Szenario). Bei den gelben Systemen kompensiert die Reduzierung der Mengen an nicht-erfassten LVP+StNVp und damit der Fahrten für die Restmüllsammlung nicht annähernd die Fahrleistung für die Wertstoffsammlung.

Im Vergleich der THG-Emissionen zwischen den Erfassungssystemen spielt dieser Unterschied zwischen dem System „Depotcontainer“ und den gelben Systemen eine nicht unwesentliche, auch wenn nicht entscheidende Rolle im IST-Szenario: Er reduziert um ca. ein Drittel den Abstand zwischen dem System „Depotcontainer“ und den Systemen „Gelbe Tonne“ und „Wertstofftonne“. Im ZUKUNFT-Szenario, in dem mehr LVP+StNVp und weniger Fehlwurf erfasst werden, liegt dieser Unterschied eine Größenordnung unter der Netto-Bilanz der THG-Emissionen und spielt somit keine Rolle in der Gesamtwertung.

4.4. Prozessschritt „Sortierung“

Im Öko-Institut (2022a) beinhaltet der Prozessschritt „Sortierung“ auch den Transport vom Umschlagplatz zur Sortieranlage. Die Modellierung von Öko-Institut (2022a) wurde übernommen, allerdings mit den eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix. Da außerdem die von Öko-Institut (2022a) berechneten Aufwendungen der Anlage für Wärme und Diesel und für den Transport zur Anlage in dessen Bericht (Annexen A-5 bis A-7) unter oder an der Darstellungsgrenze von 0,01 kg CO_{2-eq} / kg Abfall liegen und damit sehr ungenau dargestellt sind, wurde die ganze Anlage samt Transport vollständig neu berechnet.

Dabei wurden die Verbrauchsdaten von Öko-Institut (2022, Tabelle 3-19) und die Emissionsfaktoren der BAFA (2024) verwendet. Der vom Öko-Institut verwendete Emissionsfaktor für den Transport pro Tonne-Kilometer wurde anhand der Daten und Ergebnisse des Öko-Instituts (2022) rekonstruiert. Dies geschah auf Grundlage des Emissionsfaktors für den Transport pro Kilogramm des Fraktionenclusters „PET (andere)“ sowie der entsprechenden Transportdistanz zur Verwertung (Anhänge A-5 bis A-7 bzw. abgeleitet von Tabelle 3-18; Die Transportdistanz ist maximal beim Fraktionencluster „PET (andere)“).

Die so berechneten Emissionsfaktoren sind im Anhang 21 dargestellt.

4.5. Prozessschritt „Transport nach der Sortieranlage“

Dieser Prozessschritt umfasst die Transporte der Fraktionen zu Aufbereitungs-, Verwertungs- und Behandlungsanlagen.

Hier wurden die Ergebnisse der Modellierung von Öko-Institut (2022a) ohne Änderung übernommen. Diese Modellierung berücksichtigt die Standorte der verschiedenen Anlagen in Deutschland und auch die Transporte zum Recycling außerhalb Deutschlands.

4.6. Prozessschritt „Aufbereitung und Verwertung“

Dieser Prozessschritt umfasst verschiedene Arten und Etappen der Aufbereitung und Verwertung der verschiedenen Fraktionen:

- Recycling: werkstoffliche Verwertung und rohstoffliche Verwertung in Schmelzofen
- Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff (EBS) für eine EBS-Anlage oder einem Zementwerk
- Energetische Verwertung (Zementwerk, Ersatzbrennstoffanlage oder Müllverbrennungsanlage), die ggf. auch von rohstofflicher Verwertung begleitet ist.

4.6.1. Recycling

Beim Recycling selbst entstehen THG-Emissionen für Aufwendungen für Strom, Diesel, Wärme (Gas) und ggf. Hilfsstoffe und weitere Aufwendungen.

Durch die Substitution von neuem Material werden dagegen die Gewinnung, Erstellung und Entsorgung dieser Stoffe vermieden und die verbundenen Aufwendungen (Energie...) gespart. Dafür werden „Gutschriften“ rechnerisch dem Vorgehen zugeteilt.

Die Modellierung von Öko-Institut (2022a) wurde übernommen, aber mit den eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix. Die vom Öko-Institut (2022a) berechneten Aufwendungen für Strom (Annexen A-6 und A-7) wurden entsprechend angepasst. Dabei wurde für jeden Fraktionencluster die Verteilung des Recyclings zwischen Deutschland (eigene Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix) und dem Ausland (Emissionsfaktoren vom Öko-Institut für den europäischen Strommix) laut Öko-Institut (2022, Tabelle 3-18¹⁵) berücksichtigt.

Die Zusammensetzung der Gutschriften für die Substitution von neuem Material ist im Bericht von Öko-Institut (2022a) nicht erläutert. Eine Anpassung dieser Gutschriften zu den eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix war deshalb nicht möglich. Dies stellt eine Einschränkung unseres Vorgehens dar.

4.6.2. Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff

„Für die Aufbereitung wird ein Strombedarf von 320 kWh/Mg Inputmaterial angesetzt.“ (Öko-Institut, 2022a, S.38). Laut Öko-Institut (2022a) findet die energetische Verwertung ausschließlich in Deutschland statt.

Für die Berechnung der THG-Emissionen wurden die eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix verwendet.

Für die EBS-Anlage wurde die ganze Last neu berechnet (Kap. 4.6.4). Die THG-Emissionen der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff wurden anhand der eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix berechnet und in die Last für die energetische Verwertung in der EBS-Anlage integriert¹⁶ (s. Anhang 20).

Für das Zementwerk wurde die Last nicht neu berechnet (Kap. 4.6.3). Hier wurde die von Öko-Institut (2022a) berechnete Last für die energetische Verwertung (Anlage A.7) übernommen und an den geänderten Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix angepasst (s. Details im Anhang 3).

4.6.3. Thermische Verwertung in einem Zementwerk

Die Modellierung von Öko-Institut (2022a) berücksichtigt die direkte Substitution von verschiedenen Brennstoffen im Verhältnis zum eingebrachten Heizwert sowie ggf. die Substitution von Bauxit im Zementwerk. Gutschriften werden entsprechend dem Vorgehen zugeordnet. Zusätzlich zur Aufbereitung entstehen Emissionen durch die Verbrennung des fossilem Kohlenstoffs, der in den Wertstoffen enthalten ist.

¹⁵ In Tabelle 3-18 wird zwischen „Mischkunststoffe, alt“ und „Mischkunststoffe, neu“ differenziert. Diese Differenzierung ist sonst im Bericht vom Öko-Institut (2022a) nicht zu finden, wo nur ein gesamter Fraktionencluster „Mischkunststoffe“ benutzt wird. Mangels Information wurde hier die „mittlere“ Annahme getroffen, dass dieser Fraktionencluster „Mischkunststoffe“ zu 50% jeweils aus „Mischkunststoffe, alt“ und „Mischkunststoffe, neu“ besteht.

¹⁶ Und zwar zu 100%. Dem Restanteil von in der Regel 1%, der nach der Aufbereitung in einer MVA energetisch verwendet wird, wird keine Aufwendungen für diese Aufbereitung zugeordnet.

Die Modellierung vom Öko-Institut (2022a) und ihre Ergebnisse (Annexen A-6 und A-7) wurden ohne Änderungen übernommen und lediglich an den Anteil der jeweiligen Fraktion angepasst, der einem Zementwerk zugeführt wird.

Der neu berücksichtigte Wertstoff Holz (im Fehlwurf) wird in der Modellierung zum Teil in einem Zementwerk verwertet. Da das Holz keinen fossilen Kohlenstoff enthält, entsteht die Last ausschließlich aus der Aufbereitung. Die Gutschrift wurde anhand der jeweilige Heizwerte aus der Gutschrift eines anderen Fraktionenclusters abgeleitet.

4.6.4. Thermische Verwertung in einer EBS-Anlage

Wie beim Zementwerk entstehen zusätzlich zur Aufbereitung Emissionen durch die Verbrennung des in den Wertstoffen enthaltenen fossilen Kohlenstoffs. Zudem werden bei der EBS-Anlage Hilfsstoffe (Gas, Coke ...) in der Modellierung eingerechnet (Öko-Institut, 2022a, Kap. 3.6.1.4).

Die Gutschrift wird folgendermaßen berechnet (Öko-Institut, 2022a): *„Aus dem Heizwert des Abfalls ergeben sich als Produkte der MVA/EBS-Anlage Strom und Wärme. Durch die Multiplikation des abfallspezifischen Heizwertes mit den Nettowirkungsgraden einer energetischen Verwertungsanlage kann die rückgewonnene thermische und elektrische Energie abgebildet werden. Die produzierte Nettostrommenge wird gegenüber dem deutschen Strommix, die produzierte Wärmemenge dem Haushalts-Wärmemix im jeweiligen Bezugsjahr gutgeschrieben.“*

Die betroffenen Anlagen können sich überregional in ganz Deutschland befinden: Keine lokalen Daten können in die Modellierung einbezogen werden.

Die THG-Bilanzierung der thermischen Verwertung in einer EBS-Anlage wurde vollständig neu berechnet¹⁷. Dabei wurden das Modell und die Input-Daten (Netto-Wirkungsgrade der Tabelle 16, Haushalts-Wärmemix, Wärmeverluste im den Leitungen des Fernwärmenetzes (15 %) und an der Hausübergabestation (10 %), ...) vom Öko-Institut (2022a) übernommen. Lediglich für den deutschen Strommix wurden eigene Emissionsfaktoren verwendet (s. Kap. 4.6.4).

Für diese Neuberechnung -sowie für die Neuberechnung für die Müllverbrennungsanlagen im nächsten Kapitel- wurden für jede Stoffgruppe (ursprünglichen oder angepassten Fraktionencluster des Öko-Instituts (2022a) sowie neue eingeführte Stoffgruppen) der Gehalt an fossilen Kohlenstoff (C_{fossil} -Gehalt) sowie der Heizwert berechnet: Diese beiden Parameter bestimmen die Last bzw. die Gutschrift bei der Verbrennung. Für diese Berechnung wurden die chemischen Zusammensetzungen der Stoffgruppen und derer Störstoffe sowie die jeweiligen Störstoff-Anteile und Wasser-Gehalte der Fraktionencluster vom Öko-Institut (2022a) einbezogen (Annexe A-1 und A-2 sowie S. 29-31), unverändert oder, für die neuen Stoffgruppen, die Reststoffe der Recyclingprozesse und die (getrocknete) Ausgangsstoffe der Aufbereitung zur EBS, angepasst (s. Anhang 3). Zur Ableitung des Heizwertes aus der chemischen Zusammensetzung wurde die Formel von Öko-Institut (2022a), Annexe A-1, angewendet. Diese Daten und Ergebnisse sind im Anhang 18 dargestellt.

¹⁷ Eine rechnerische Anpassung der Ergebnisse der Modellierung des Öko-Instituts (2022a) an die eigene Modellierung hätte sich für die die EBA-Anlage und die MVA als schwierig gestaltet:

- die Ergebnisse der beiden Verwertungswege werden im Bericht des Öko-Instituts nicht getrennt voneinander dargelegt, sondern zusammen, und
- beide Bilanzierungen sind nicht proportional korreliert: Die Aufbereitung zur EBS trägt zur Last bei einer EBS-Anlage, nicht einer MVA, bei; Umgekehrt trägt die Rückgewinnung von Metallen aus Verbrennungsrückständen zur Gutschrift bei einer MVA, nicht einer EBS-Anlage, bei.

Tabelle 16: Nettowirkungsgrade durchschnittlicher deutscher MVA und EBS-Anlagen nach Öko-Institut (2022a)

Anlagentyp	Wirkungsgrad	2019/2020 (IST)	2030 (ZUKUNFT)
MVA	Thermischer Wirkungsgrad	33,3 %	37,5 %
	Elektrischer Wirkungsgrad	11,3 %	11,7 %
	Gesamt	44,6 %	49,2 %
EBS-Anlage	Thermischer Wirkungsgrad	37,0 %	37,0 %
	Elektrischer Wirkungsgrad	15,0 %	15,0 %
	Gesamt	52,0 %	52,0 %

Die Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den Nettowirkungsgraden durchschnittlicher deutscher MVA und EBS-Anlagen wird in Tabelle 17 anhand einer fiktiven Erhöhung um 50 % dieser Nettowirkungsgrade dokumentiert. Mit einer solchen 50 %-Erhöhung nähern sich diese Nettowirkungsgrade den Nettowirkungsgraden der Münchner MVA bzw. Gas-Heizkraftwerken an (67-74 % vs. 75 % bzw. 78 % vs. 90 %: s. Kap. 4.6.5.2). Diese Simulation führt zu keiner bedeutsamen Änderung der Rangfolge der THG-Emissionen unter den Erfassungssystemen. Der Abstand zwischen den Systemen „Gelbe Tonne“ und „Wertstofftonne“ einerseits und „Gelber Sack“ und „Depotcontainer“ andererseits wird dagegen in dieser Simulation deutlicher.

Tabelle 17: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den Nettowirkungsgraden von durchschnittlichen deutschen MVA und EBS-Anlagen

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	Wirkungsgrad Netto Deutsche MVA und EBS-Anlage x 1,5				Ausgewählte Modellierung				Differenz modifiziert - ausgewählt			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
Im IST-Szenario												
1. Erfasste Wertstoffe												
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	76	83	83	3	77	84	84	4	0	0	0	0
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-2.714	-4.646	-5.315	-3.440	-2.606	-4.462	-5.125	-3.308	109	184	190	132
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	11	57	92	12	95	473	767	104	84	416	674	91
Gesamtbilanz THG-Emissionen	7.020	3.385	3.207	5.165	7.213	3.986	4.072	5.388	193	601	865	224
Im ZUKUNFT-Szenario												
1. Erfasste Wertstoffe												
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	160	66	66	3	161	66	66	3	1	0	0	0
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-8.761	-14.981	-15.830	-5.420	-8.636	-14.767	-15.607	-5.346	125	215	223	74
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	-83	-272	-380	-45	5	15	22	3	87	287	401	47
Gesamtbilanz THG-Emissionen	5.884	-7.421	-8.736	12.297	6.097	-6.919	-8.112	12.418	213	502	624	121

Für den deutschen Strommix wurden eigene Emissionsfaktoren mit Vorketten verwendet (s. Kap. 4.1).

Diese Emissionsfaktoren gelten dem Strom, der dem Endverbraucher geliefert wird.

Die Strommengen, die durch die Multiplikation des Heizwertes mit dem elektrischen Nettowirkungsgrad der energetischen Verwertungsanlage berechnet werden, gelten jedoch dem Strom unmittelbar ab der Verwertungsanlage, vor Transformation und Übertragung im Netz. Um diesen Strom mit Emissionsfaktoren inkl. Vorketten gutschreiben zu können, wurde, ähnlich wie in Öko-Institut (2022a) bei der Fernwärme, der elektrischen Nettowirkungsgrad um den Übertragungsverlust vom Kraftwerk bis zum Verbraucher korrigiert.

Dieser Übertragungsverlust „setzt sich zusammen aus dem Übertragungsverlust vom Kraftwerk zur Transformatorstation mit etwa 3 % bis 5 % und der Übertragung von der Transformatorstation zu den Verbrauchern mit nochmal dem gleichen oder sogar höherem Übertragungsverlust“ (Hack et al., 2013). Für die erste Komponente des Übertragungsverlustes wurde der Mittelwert von 4 % verwendet, für die zweite der Wert des deutschen Statistischen Bundesamtes laut Hack et al. (2012), 6 %. Dies ergibt einen Gesamtwert von 10 %.

4.6.5. Thermische Verwertung in einer Müllverbrennungsanlage

Zwei Fälle von Müllverbrennungsanlagen (MVA) wurden in die Modellierung einbezogen:

- Durchschnittliche Müllverbrennungsanlage in Deutschland
- Münchner Müllverbrennungsanlage.

4.6.5.1. Durchschnittliche Müllverbrennungsanlage in Deutschland

Dieser Fall betrifft die Stoffe, die direkt aus der Sortierung (Primärabfallströme) oder indirekt als Reste von Aufbereitung- oder Recyclingprozessen (Sekundärabfallströme) in eine Müllverbrennungsanlage verschickt werden.

Die Berechnung der Last und der Gutschrift in der MVA erfolgt wie bei der EBS-Anlage. Allerdings entfällt hier die Last durch eine Aufbereitung und wird eine Gutschrift für die Rückgewinnung von Metallen hinzugefügt (Öko-Institut, 2022a, Kap. 3.6.1.3 und 3.9.2.2¹⁸).

Auch für die MVA wurde die THG-Bilanzierung vollständig neu berechnet, mit dem Modell und den Input-Daten (Netto-Wirkungsgrade der Tabelle 16, Haushalts-Wärmemix, Wärmeverluste, ...) des Öko-Instituts (2022a) und mit den eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix (s. Kap. 4.6.4 und Anhang 3).

4.6.5.2. Münchner Müllverbrennungsanlagen

Dieser Fall betrifft:

- die nicht-erfassten LVP+StNVP, die -unsachgemäß- in die Restmülltonne eingeworfen werden: Diese Stoffe werden mit dem Restmüll in den Münchner MVA (HKW Nord Blöcke 1 und 3 in Unterföhring) energetisch verwertet.
- den Fehlwurf im Vergleichsszenario „ohne Fehlwurf“, in dem die betroffenen Stoffe von den Einwohnern sachgemäß getrennt bzw. entsorgt würden: Ein Teil davon würde dann ebenso mit dem Restmüll in den Münchner MVA energetisch verwertet.

Die Münchner MVA liefern Wärme an das Münchner Fernwärmenetz sowie Strom. Die Modellierung folgte derselben Logik wie im Öko-Institut (2022a), jedoch mit einem eigenen Modell der Gutschreibung der erzeugten Energie:

- Laut Stadtwerken München (SWM) sind die Münchner MVA beim Brennstoff-Ausnutzungsgrad doppelt so effektiv wie herkömmliche Anlagen (SWM, 2025a). Die Umrechnung des Brennstoff-Ausnutzungsgrades in einen Netto-Wirkungsgrad hängt von vielen Faktoren ab, die mit der Zeit und besonders mit dem externen Bedarf an Wärme (u.a. Menge und Temperaturniveau) variieren (UBA, 2023). Unten diesen Vorbehalten halten die SWM (2025b) einen Netto-Wirkungsgrad von 75 % für eine geeignete durchschnittliche Abschätzung für die Münchner Standorte. Dies entspricht dem Wert, den die Stadtwerke Rosenheim für Ihre Müll-HKW veröffentlichen. Diese Rosenheimer Müll-HKW basiert auf derselben Kraft-Wärme-Kopplung-Technologie wie die Münchner MVA (SWRo, 2025). Dieser Wert von 75% wurde in die Modellierung übernommen, sowohl im IST- wie im ZUKUNFT-Szenario, wobei in einer konservativen Sicht mögliche weitere Fortschritte nicht berücksichtigt wurden¹⁹. Der Netto-Wirkungsgrad der Münchner MVA verteilt sich zu $\frac{3}{4}$ in

¹⁸ In einem direkten Austausch mit Öko-Institut (2025) wurde bestätigt, dass die aus den Verbrennungsrückständen gewonnenen Metalle wie im Kapitel 3.9.2.2 des Berichts von 2022 weiter verarbeitet werden.

¹⁹ Die Stadtwerke Rosenheim weisen auf einen Fortschritt beim Wirkungsgrad in Höhe von 1% pro Jahr seit 2020. Vorsichtshalber wird hier davon ausgegangen, dass dieses Rhythmus ab 75 % Netto-Wirkungsgrad nicht langfristig zu halten ist. In München könnte mittelfristig eine der beiden MHKW mit einer Rückgewinnung der Kondensationswärme nachgerüstet werden, was die Effektivität steigern würde.

Wärmeerzeugung und zu ¼ in Stromerzeugung (SWM, 2025b), was der Verteilung im Öko-Institut (2022a) für eine durchschnittliche Müllverbrennungsanlage in Deutschland entspricht. Die so berechneten Wirkungsgrade werden in Tabelle 18 dargestellt.

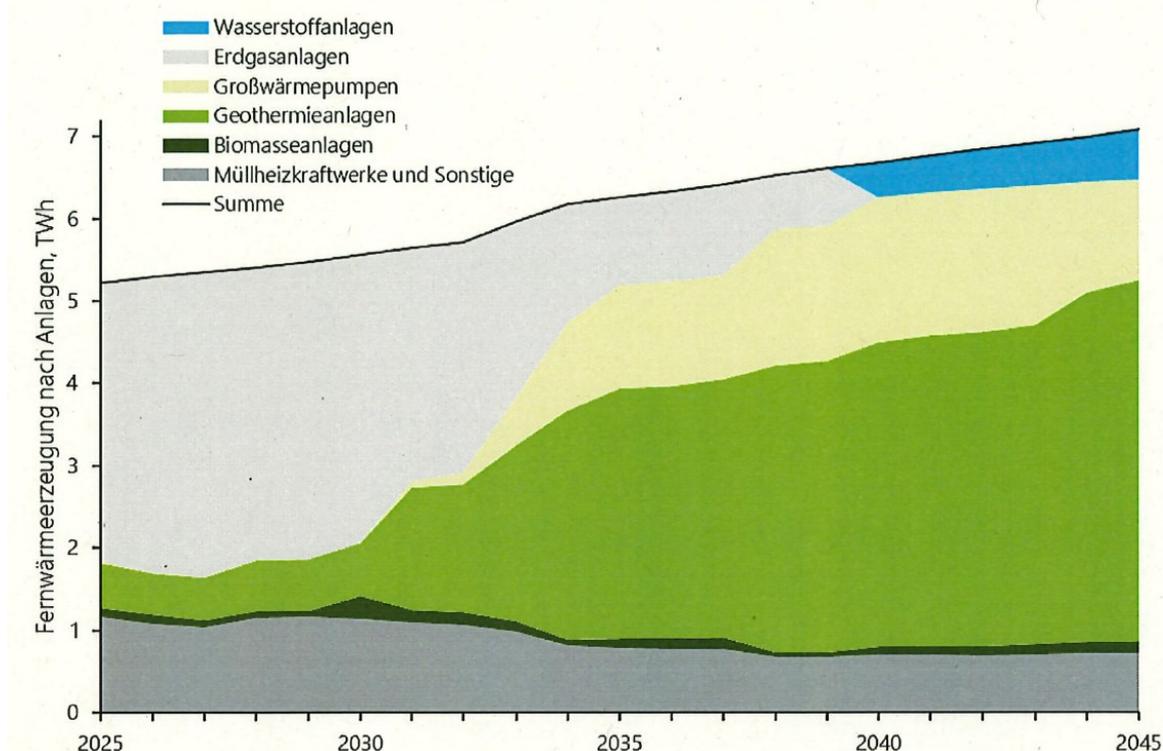
- Für die Gutschreibung des erzeugten Stroms wurden auch hier eigene Emissionsfaktoren des deutschen Strommixes verwendet.
- Bei der Wärmeerzeugung wurde eine direkte Substitution des Erdgases simuliert, der sonst für die Erzeugung der gleichen Wärmemenge in den Münchner Gas-HKW²⁰ verfeuert wird, um den Bedarf an Fernwärme zu decken. Dabei wird auch berücksichtigt, dass die Gas-HKW auch Strom erzeugen: Wird Erdgas substituiert, wird entsprechend weniger Strom durch die Gas-HKW erzeugt. Folgende Parameter wurden in diese Modellierung einbezogen:
 - Die Netto-Wirkungsgrade der Münchner Gas-HKW: Der gesamte Netto-Wirkungsgrad der Münchner Gas-HKW beträgt laut SWM (2025b) 90%, verteilt zu 2/3 bzw. 1/3 zwischen Wärmeerzeugung und Stromerzeugung (s. Tabelle 18).
 - Das Ausmaß des Wärmebedarfes: Der Wärmebedarf variiert saisonal und wird in der Zukunft immer mehr von erneuerbaren Energien gedeckt. Die Mengen am Münchner Abfall die in den zwei MVA verbrannt werden, können nur minimal gesteuert werden, zum Beispiel durch Zwischenlagerung. So entstehen tendenziell immer größere Zeitintervalle um die Sommerzeit, in denen Heizwärme aus fossiler Energie nicht benötigt wird. In diesen Zeiten wird die Anlage so gesteuert, um mehr Strom statt Wärme zu produzieren, bis zu einem elektrischen Nettowirkungsgrad in Höhe von 30% (SWM, 2025b). Für die Abschätzung des Wärmebedarf im IST- und im ZUKUNFT-Szenario wurde die geplante Entwicklung der Verteilung der Fernwärmeerzeugung in München (Abbildung 8 unten) laut „Transformationsplan für die Fernwärme“ der LHM (2024a) herangezogen. Laut Abbildung 8 basiert die Fernwärme zurzeit zu beinahe 90 % auf den Müll- und Erdgasanlagen, im Jahr 2033 dagegen zu einem Drittel. Aufgrund dieser Information wurde folgende Parametrisierung angesetzt:
 - 100 %-Substitution mit Erdgas der in den MVA erzeugten Wärme im IST-Szenario, 33 % im ZUKUNFT-Szenario
 - Erhöhung des elektrischen Nettowirkungsgrads der Stromerzeugung für diese äquivalente 33 %-Zeitintervall ohne Erdgassubstitution im ZUKUNFT-Szenario auf den maximalen Wirkungsgrad von 25%-30% laut SWM (hier Mittelwert von 27,5%). Dies ist gleichbedeutend wie ein jährlich gemittelter Wirkungsgrad von $\frac{2}{3} \times 56,6 = 37,7 \%$ bei der Wärmeerzeugung und von $\frac{1}{3} \times 18,4 + \frac{2}{3} \times 27,5 = 21,4 \%$ bei der Stromerzeugung.

Tabelle 18: Verwendete Nettowirkungsgrade für die Münchner MVA und Gas-HKW

Anlagentyp	Wirkungsgrad	IST	ZUKUNFT
MVA	Thermischer Wirkungsgrad	56,6 %	56,6 %
	Elektrischer Wirkungsgrad	18,4 %	18,4 %
	Gesamt	75,0 %	75,0 %
Gas-HKW	Thermischer Wirkungsgrad	60,0 %	60,0 %
	Elektrischer Wirkungsgrad	30,0 %	30,0 %
	Gesamt	90,0 %	90,0 %

²⁰ Besonders im HKW-Nord Block 2 am selben Standort, bis zu dessen voraussichtlichen technischen Lebensende in 2035 (SWM, 2025a)

Abbildung 8: Geplante Entwicklung der Verteilung der Fernwärmeerzeugung in München (LHM, 2024)



Die Unsicherheit in den Nettowirkungsgraden der Münchner MVA und Gas-HKW liegt bei etwa 5 Prozentpunkten. Die Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber dieser Unsicherheit wird in Tabelle 19 dokumentiert. Bei einer fiktiven Änderung um 5 Prozentpunkte ändern sich Die absolute Werte der THG-Emissionen im Bereich von 1.000 t CO₂-eq/Mio.E/a im IST-Szenario, von 100-500 t CO₂-eq/Mio.E/a im ZUKUNFT-Szenario, allerdings ohne nennenswerte Auswirkungen auf den Vergleich zwischen den Erfassungssystemen.

Tabelle 19: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber den Nettowirkungsgraden der Münchner MVA und Gas-HKW

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	Wirkungsgrad Netto Münchner MVA 70% statt 75%				Ausgewählte Modellierung				Differenz modifiziert - ausgewählt			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
Im IST-Szenario												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	10.097	7.799	8.302	9.436	8.664	6.629	7.136	8.085	1.433	1.170	1.167	1.351
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	80	401	649	88	95	473	767	104	- 15	- 73	- 118	- 16
Gesamtbilanz THG-Emissionen	8.632	5.084	5.120	6.723	7.213	3.986	4.072	5.388	1.418	1.097	1.049	1.335
Im ZUKUNFT-Szenario												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	14.010	6.736	6.418	17.918	13.594	6.530	6.229	17.383	416	206	189	535
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	-7	-23	-32	-4	5	15	22	3	- 12	- 39	- 54	- 6
Gesamtbilanz THG-Emissionen	6.502	-6.751	-7.977	12.946	6.097	-6.919	-8.112	12.418	404	168	135	528
THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	Wirkungsgrad Netto Münchner Gas-HKW 85% statt 90%				Ausgewählte Modellierung				Differenz modifiziert - ausgewählt			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
Im IST-Szenario												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	7.066	5.324	5.835	6.579	8.664	6.629	7.136	8.085	- 1.598	- 1.305	- 1.301	- 1.506
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	111	555	898	122	95	473	767	104	16	81	131	18
Gesamtbilanz THG-Emissionen	5.632	2.763	2.902	3.900	7.213	3.986	4.072	5.388	- 1.581	- 1.223	- 1.169	- 1.488
Im ZUKUNFT-Szenario												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	13.203	6.336	6.052	16.881	13.594	6.530	6.229	17.383	- 391	- 194	- 178	- 502
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	16	52	72	9	5	15	22	3	11	36	51	6
Gesamtbilanz THG-Emissionen	5.717	-7.077	-8.239	11.922	6.097	-6.919	-8.112	12.418	- 380	- 158	- 127	- 496

Im Falle einer langsameren Umsetzung des „Transformationsplans für die Fernwärme“ der LHM würde der Bedarf an Fernwärme aus den Münchner HKW und damit die Substitutionsquote der Wärme aus der Münchner MVA mit Erdgas im ZUKUNFT-Szenario, höher ausfallen. Die Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber diesen Parametern wird in Tabelle 20 anhand einer fiktiven, jedoch denkbaren Verdoppelung dieser Substitutionsquote dokumentiert. In dieser Simulation reduzieren sich die berechneten THG-Emissionen erheblich, um mehrere Tausend Tonnen CO₂-Äquivalent pro Million Einwohner und Jahr. Diese Reduzierung erfolgt hauptsächlich bei der Verwertung der nicht-erfassten LVP+StNVP: Der energetischen Verwertung dieser Wertstoffe in den Münchner MVA werden dank der erhöhten Substitutionsquote höhere gesparte Emissionen gutgeschrieben.

Tabelle 20: Sensitivität der berechneten THG-Emissionen gegenüber der Substitutionsquote der Wärme aus der Münchner MVA mit Erdgas

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	Substitution der Wärme aus der Münchner MVA mit Erdgas: 66% statt 33% im ZUKUNFT-Szenario				Ausgewählte Modellierung				Differenz modifiziert - ausgewählt			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
	Im ZUKUNFT-Szenario											
2. Nicht-erfasste Wertstoffe												
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	8.267	3.889	3.809	10.541	13.594	6.530	6.229	17.383	- 5.327	- 2.641	- 2.421	- 6.842
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf												
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	155	509	711	84	5	15	22	3	150	493	689	81
Gesamtbilanz THG-Emissionen	921	-9.067	-9.843	5.657	6.097	-6.919	-8.112	12.418	- 5.176	- 2.148	- 1.732	- 6.761

5. Ergebnisse, Schlussfolgerungen

5.1. Ergebnisse

Die Endberechnung der THG-Emissionen wird im Anhang 22 präsentiert. Die Ergebnisse des Variantenvergleiches werden in den folgenden Tabellen und Abbildungen als Tonnen CO₂-Äquivalent pro Million Einwohner pro Jahr (t CO₂-eq/Mio.E/a) zusammenfassend dargestellt: zuerst als absolute Werte, dann als relative Werte im Vergleich zum aktuellen System „Depotcontainer“.

Bei den dargestellten absoluten Werten (s. Tabelle 21 und Abbildung 9) stellen positive Werte eine Erhöhung der THG-Emissionen dar (negative Klimaschutzbilanz), negative Werte hingegen eine Reduzierung der verursachten THG-Emissionen. Zum Beispiel:

- Der Schritt „Aufbereitung und Verwertung ab der Sortieranlage“ weist eine positive Klimaschutzbilanz auf, weil dabei CO₂-beladenes neues Material (Kunststoff, Metall ...) durch Recyclat ersetzt wird: Durch die Verwendung von Recyclaten werden bei der Herstellung von neuen Materialien mehr THG-Emissionen eingespart als der Recyclingprozess verursacht. Folglich werden diese Werte als negative THG-Emissionen in die Bilanzierung aufgenommen.
- Die energetische Verwertung von nicht-erfassten Wertstoffen in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) weist eine negative Klimaschutzbilanz auf, da die bei der Verbrennung freigesetzten CO₂-Emissionen die THG-Einsparungen durch die dabei gewonnene Energie übertrifft. Folglich werden diese Werte als positive THG-Emissionen in die Bilanzierung aufgenommen.

Bei den dargestellten relativen Werten (s. Tabelle 22 und Abbildung 10) stellen negative Werte eine Reduzierung der THG-Emissionen im Vergleich zum aktuellen System „Depotcontainer“ dar.

Viele Eingabewerte in der THG-Bilanzierung mussten abgeschätzt werden. Die damit verbundenen Ungenauigkeiten führen dazu, dass die Berechnungsergebnisse als Orientierungswerte zu verstehen sind und geringfügige Unterschiede zwischen den Systemen nicht als endgültig betrachtet werden können. Verschiebungen von wenigen 100 t CO₂-eq/Mio.E/a können durch eine veränderte Datengrundlage schnell erreicht werden.

Tabelle 21: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte)

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	IST				ZUKUNFT			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe								
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	0	0	0	36	0	0	0	26
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	87	87	0	87	62	62	0	62
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	77	84	84	4	161	66	66	3
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	588	630	577	63	562	605	557	63
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	139	285	310	186	181	338	360	101
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-2.606	-4.462	-5.125	-3.308	-8.636	-14.767	-15.607	-5.346
2. Nicht-erfasste Wertstoffe								
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	86	51	37	104	86	51	37	104
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	8.664	6.629	7.136	8.085	13.594	6.530	6.229	17.383
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf								
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	19	94	152	21	21	68	95	11
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	65	116	135	7	62	111	129	7
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	95	473	767	104	5	15	22	3
Gesamtbilanz THG-Emissionen	7.213	3.986	4.072	5.388	6.097	-6.919	-8.112	12.418

Abbildung 9: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte)

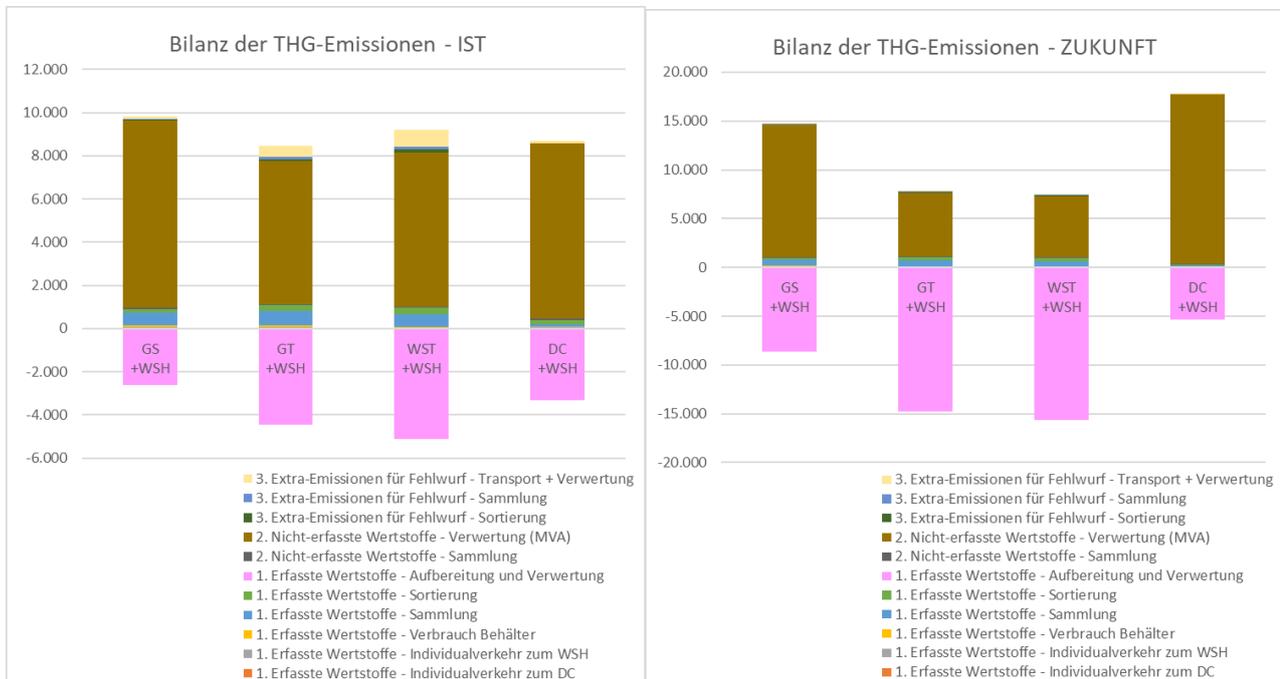
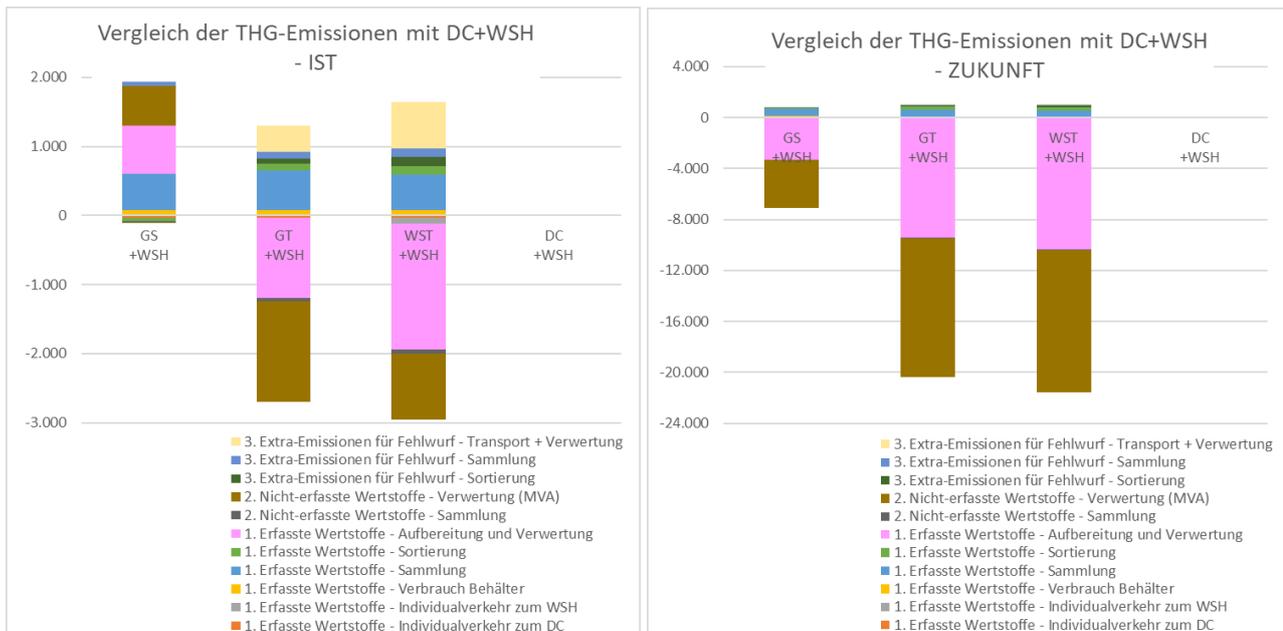


Tabelle 22: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen den vier Erfassungssystemen, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relative Werte)

THG-Emissionen in t CO ₂ -eq / Mio.E / a	IST				ZUKUNFT			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe								
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	-36	-36	-36	0	-26	-26	-26	0
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	0	0	-87	0	0	0	-62	0
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	73	80	80	0	158	63	63	0
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	525	567	514	0	499	543	494	0
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	-47	99	124	0	81	238	259	0
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	702	-1.154	-1.817	0	-3.290	-9.421	-10.261	0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe								
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	-19	-53	-67	0	-19	-53	-67	0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	579	-1.456	-950	0	-3.790	-10.854	-11.154	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf								
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	-2	73	131	0	10	57	84	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	58	109	128	0	55	104	122	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	-9	370	663	0	2	13	19	0
Gesamtbilanz THG-Emissionen	1.825	-1.402	-1.317	0	-6.321	-19.337	-20.530	0

Abbildung 10: Ergebnisse des Variantenvergleiches zwischen der vier Erfassungssysteme, bezogen auf das aktuelle System „Depotcontainer“ (relativer Vergleich)



Die Ergebnisse zeigen, dass die Erfassungssysteme „Wertstofftonne“ und „Gelbe Tonne“ klimafreundlicher abschneiden als die Systeme „Gelber Sack“ und „Depotcontainer“. Im ZUKUNFT-Szenario schneidet das System „Wertstofftonne“ besser als die „Gelbe Tonne“ ab. Die Unterschiede zwischen den beiden Systemen im IST-Szenario werden aufgrund der Ungenauigkeiten im Berechnungsmodell als vernachlässigbar eingestuft.

Ausschlaggebend für diese Ergebnisse sind die Mengen an erfassten und nicht erfassten LVP+StNVP sowie - in geringerem Maße- die Mengen an mit-erfassten systemfremden Stoffen (Fehlwurf). Auch die Sammelfahrten spielen im IST-Szenario eine nicht unerhebliche Rolle. Zum Beispiel:

- Die Systeme „Wertstofftonne“ und „Gelbe Tonne“ schneiden aufgrund höherer erfasster Mengen, trotz höherer Fehlwurfquote bei der Wertstofftonne, besser ab als die Systeme „Gelber Sack“ und „Depotcontainer“.
- Das System Depotcontainer ist im IST-Szenario mit besonders wenig Fehlwurf und mit wenig Sammelfahrten belastet, obwohl die erfassten Mengen eher niedrig sind. Dieser Vorteil nimmt im ZUKUNFT-Szenario stark ab. Ursächlich hierfür sind drei Effekte Im ZUKUNFT-Szenario;
 - Es wird damit gerechnet, dass die Fehlwurfquote in den anderen Erfassungssystemen abnimmt;
 - Die Gutschriften für die Entsorgung der nicht-erfassten LVP+StNVP (thermische Verwertung in den Münchner Müllverbrennungsanlagen) werden kleiner, weil die substituierten Energieträger Strom und Wärme weniger CO₂-belastet werden;
 - Das relative Gewicht der Sammeltouren in den THG-Emissionen nimmt ab, da einer geringfügig höheren Fahrleistung erheblich höhere erfasste Mengen gegenüberstehen.

In Tabelle 23 werden zudem die Ergebnisse des Variantenvergleiches bezogen auf das gesamte Potential an LVP+StNVP (t CO₂_eq / Mg Potential) dargestellt.

Tabelle 23: Berechnete THG-Emissionen für die vier Erfassungssysteme (absolute Werte) bezogen auf das gesamte Potential an LVP+StNVP

THG-Emissionen in kg CO ₂ -eq / Mg Potential an LVP+StNVP	IST				ZUKUNFT			
	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe								
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum DC	0	0	0	1,4	0	0	0	1,0
1. Erfasste Wertstoffe - Individualverkehr zum WSH	3	3	0	3	2	2	0	2
1. Erfasste Wertstoffe - Verbrauch Behälter	3	3	3	0	6	3	3	0
1. Erfasste Wertstoffe - Sammlung	22	24	22	2	21	23	21	2
1. Erfasste Wertstoffe - Sortierung	5	11	12	7	7	13	14	4
1. Erfasste Wertstoffe - Aufbereitung und Verwertung	-99	-169	-194	-126	-328	-560	-592	-203
2. Nicht-erfasste Wertstoffe								
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Sammlung	3	2	1	4	3	2	1	4
2. Nicht-erfasste Wertstoffe - Verwertung (MVA)	329	252	271	307	516	248	236	660
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf								
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sortierung	1	4	6	1	1	3	4	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Sammlung	2	4	5	0	2	4	5	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf - Transport + Verwertung	3,6	18,0	29,1	3,9	0,2	0,6	0,8	0,1
Gesamtbilanz THG-Emissionen	274	151	155	204	231	-263	-308	471

5.2. Sensitivitätsanalyse, Stellschrauben zur Optimierung der THG-Bilanz

Die höchste Unsicherheit in der Modellierung wird für diejenige Prozessschritte und Erfassungssysteme erwartet, die folgende Merkmale aufweisen:

- die berechneten THG-Emissionen machen einen wesentlichen Anteil der Gesamtemissionen aus
- und Eingabedaten sind mit hohen Unsicherheiten beladen
- und diese Eingabedaten beeinflussen die Ergebnisse des Prozessschrittes wesentlich, z.B. linear.

An verschiedenen Stellen in diesem Bericht wurde die Sensitivität der THG-Emissionen gegenüber den Eingabedaten erläutert. In Tabelle 24 werden die wichtigsten Unsicherheiten in der Modellierung zusammengefasst.

Tabelle 24: Zusammenfassung der wichtigsten Unsicherheiten in der Modellierung

Parameter	(Realistische) Änderung des Eingabewerts	Resultierende Änderung der berechneten THG-Emissionen (t CO ₂ -eq/Mio.E)							
		IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
Mengen gesammelt (nur bei den gelben Systemen)	Verdoppelt	- 4.103	- 7.395	- 7.173	- 680	- 457	- 2.071	- 1.777	- 1.095
Mengen Fehlwurf (nur bei den gelben Systemen)	Halbiert	- 53	- 315	- 507	- 14	- 4	- 31	- 33	1
Emissionsfaktor für den deutschen Strommix	Nach Öko-Institut (2022a)	1.503	1.316	1.238	1.476	- 1.487	1.067	1.328	- 2.912
Wirkungsgrad Netto der durchschnittlichen deutschen MVA und EBS-Anlage	Multipliziert mit 1,5	- 193	- 601	- 865	- 224	- 213	- 502	- 624	- 121
Wirkungsgrad Netto der Münchner MVA	70% statt 75%	1.418	1.097	1.049	1.335	404	168	135	528
Wirkungsgrad Netto der Münchner Gas-HKW	85% statt 90%	- 1.581	- 1.223	- 1.169	- 1.488	- 380	- 158	- 127	- 496
Substitution der Wärme aus der Münchner MVA mit Erdgas	66% statt 33% im ZUKUNFT-Szenario	-	-	-	-	- 5.176	- 2.148	- 1.732	- 6.761

Folgende Stellschrauben zur Optimierung der THG-Bilanz der Erfassungssysteme, die in der Hand der LHM liegen, ergeben aus der gesamten Studie:

Tabelle 25: Stellschrauben zur Optimierung der THG-Bilanz der Erfassungssysteme, die in der Hand der LHM liegen

Stellschraube	Auswirkung	Umsetzbarkeit
Auswahl des Erfassungssystems	Erheblich	Ist mit anderen Aspekten abzuwägen
Erfassungsquote	Erheblich	Unbestimmt: abhängig von der Effizienz der Bürgerinformation
Reduzierung der Netto THG-Bilanz der Münchner Müllverbrennungsanlagen: Steigerung des Nettowirkungsgrads, Abscheidung und dauerhafte Lagerung der emittierten CO ₂ ...	Erheblich	Kostenintensive Nach- bzw. Ausrüstung, lange Planungszeit, begrenztes restliches Potenzial zur Steigerung des Nettowirkungsgrads. Die Technologie zur Abscheidung und dauerhaften Lagerung der emittierten CO ₂ steht zurzeit noch nicht marktreif zur Verfügung, wäre in der Zukunft mit erheblichen Kosten verbunden
Fehlwurfquote	Gering	Unbestimmt: abhängig von der Effizienz von der Bürgerinformation
Entfernung der Sortieranlage	Gering	Ein Anreiz wäre leicht einzuführen, durch Punkte im Ausschreibungsverfahren
Entfernung der Verwertungsstandorte	Gering	Z.T. durch die Entfernung der Sortieranlage. Sonst schwierig

6. Literaturverzeichnis

ARGUS, 2024. 3-ToSy-Analyse München 2023. Abschlussbericht. 2024

BAFA, 2024. Informationsblatt CO₂-Faktoren Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. 15.02.2024.

BIFA, 2011: Wertstoffhöfe, Gelber Sack und Wertstofftonne – Eine Ökoeffizienz- und Akzeptanzanalyse für Bayern am Beispiel Zweckverband für Abfallwirtschaft Kempten. bifa-Text Nr. 55. BIFA Umweltinstitut. November 2011.

Braker, undatiert. Thermoforming high density polyethylene sheet. using temperature-controlled aluminum tooling. Brett K. Braker, Pennsylvania College of Technology. Undatiert.

Carmen, 2020. So viel Heizwert steckt im Holz. 27.10. 2020. <https://www.carmen-ev.de/2020/10/27/so-viel-heizwert-steckt-im-holz/>

BVSE, 2022. Recyceltes HDPE mit hervorragender CO₂-Bilanz. Fachverband Kunststoffrecycling (BVSE). 06 Mai 2022. <https://www.bvse.de/gut-informiert-kunststoffrecycling/nachrichten-recycling/8511-recyceltes-hdpe-mit-hervorragender-co2-bilanz.html>

CNG-mobility, 2022. 60 Biogas-LKW Schließen Kreislauf. CNG-mobility. 23.08.2022. <https://www.cng-mobility.ch/beitrag/60-biogas-lkw-schliessen-kreislauf/>

Deutschlandatlas, 2025. Elektro-Pkw: Zahl der zugelassenen Fahrzeuge steigt. Undatiert. https://www.deutschlandatlas.bund.de/DE/Karten/Wie-wir-uns-bewegen/111-Elektroautos-Pkw-Bestand.html#_er5bkcs5t. Im Januar 2025.

GEO, 2024. Sortierung von 01.02. - 31.10.2024. Erhebung der Firma Geo. November 2024.

Hack Nina, Simon Unz, Christoph Pieper, Michael Beckmann, 2013: [Stand der Technik und innovative Verfahrenskonzepte zur Umwandlung und Speicherung elektrischer Energie](#), Kapitel 4. 4. Betrachtungen zu verschiedenen Energienutzungsgraden, Seite 832. In: Beckmann, Hurtado: *Kraftwerkstechnik - Sichere und nachhaltige Energieversorgung*, Band 5, TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, Neuruppin 2013, [ISBN 978-3-944310-04-6](#).

Holz-Energie-Zentrum, 2025. Holz ist gespeicherte Sonnenenergie! Undatiert. <https://www.holzpellet.com/verbrennungsprozesse.html>. Im Januar 2025.

INFA, 2025. Wissenschaftliche Begleitung zum Pilotversuch eines Gelben Systems für München. INFA. 2025.

INTECUS, 2024-2025. Fachlicher Austausch mit INTECUS GmbH Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management. Dezember 2024 bis März 2025.

Kunststoffe.de, 2025. Polyethylenterephthalat (PET). Undatiert. <https://www.kunststoffe.de/a/grundlagenartikel/polyethylenterephthalat-pet-285552>. Feb. 2025.

LHM, 2024a. Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung in München - Transformationsplan für die Fernwärme. Sitzungsvorlage Nr. 20-26 / V 12515 für den gemeinsamen Ausschuss für Arbeit und Wirtschaft und Klima- und Umweltschutz vom 16.04.2024.

LHM, 2024b. Statistische Daten zur Münchner Bevölkerung, <https://stadt.muenchen.de/infos/statistik-bevoelkerung.html>. Im November 2024.

Meinhardt, 2025: Unsere Sammelsysteme zur Abfallentsorgung. Produktbroschüre Meinhardt. Undatiert. <https://www.meinhardt.biz/downloads/broschueren>. Im Januar 2025.

Neue Verpackung, 2025. Recyclingquote für Kunststoffverpackungen erreicht neuen Rekord. 21. Jan. 2025. <https://www.neue-verpackung.de/markt/recyclingquote-fuer-kunststoffverpackungen-erreicht-neuen-rekord-337.html>.

Öko-Institut, 2022a. Ökobilanz zu den Leistungen der dualen Systeme im Bereich des Verpackungsrecyclings. Öko-Institut e.V. April. 2022.

Öko-Institut, 2025. Telefongespräch mit Herrn Dr. Mayer, Ko-Autor der Öko-Institut Studie von 2022. 14.03.2025.

Sommer, J.; Trumpf, R.; Haas, A. (2012): Reststoffverwertung in der Papierindustrie am Beispiel des Heizkraftwerkes Wörth der Papierfabrik Palm, Konzept, Realisierung, Inbetriebnahme und erste Betriebserfahrungen, 2012.

SWM, 2025a. Kraft-Wärme-Kopplung: Effektiv und ressourcenschonend. Stadtwerke München. <https://www.swm.de/unternehmen/kraft-waerme-kopplung>. Im Januar 2025.

SWM, 2025b. Fachlicher Austausch mit den Stadtwerken München - Strom- und Wärmeerzeugung, Konzeption und Strategie. Februar und März 2025.

SWRo, 2025. Energie aus dem Müllheizkraftwerk (MHKW). Stadtwerke Rosenheim, <https://www.swro.de/de/unternehmen/erzeugungsanlagen/muellheizkraftwerk>. Im Januar 2025.

UBA, 2018. Analyse der Effizienz und Vorschläge zur Optimierung von Sammelsystemen der haushaltsnahen Erfassung von Leichtverpackungen und stoffgleichen Nichtverpackungen auf der Grundlage vorhandener Daten. Umweltbundesamt, Mai 2018.

UBA, 2021. Umweltfreundlich mobil! Ein ökologischer Verkehrsartenvergleich für den Personen- und Güterverkehr in Deutschland. Umweltbundesamt, März 2021.

UBA, 2023. Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im Energiesystem. Umweltbundesamt, 18.10.2023. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/kraft-waerme-kopplung-kwk-im-energiesystem#Energietr%C3%A4ger>

UBA, 2024a. Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel des Linien und Individualverkehrs im Personenverkehr in Deutschland 2022. In "Emissionsdaten". Umweltbundesamt. 15.01.2024. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/emissionsdaten>. Im Januar 2025.

UBA, 2024b. Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2023. Umweltbundesamt. Mai 2024.

UBA, 2024c. Aktualisierung TREMOD/TREMOD-MM und Ermittlung der Emissionsdaten des Verkehrs nach KSG im Jahr 2023. Endbericht. Umweltbundesamt. TEXTE 126/2024. März 2024. Tabelle 78 & 79.

Wikipedia, 2024. München. <https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%Bcnchen>. Im November 2024.

Wikipedia-PEHD, 2025. High-density polyethylene. https://en.wikipedia.org/wiki/High-density_polyethylene#cite_ref-4. Februar 2025

Wikipedia-PVC, 2025. Polyvinylchlorid. https://de.wikipedia.org/wiki/Polyvinylchlorid#Hart-PVC_und_Weich-PVC. Im Januar 2025.

Anhang 1: Zusammensetzung des Fehlwurfs im Pilotversuch – Vergleich zwischen den zwei Erhebungen

Erfassungssystem	Gelber Sack	Gelbe Tonne		Wertstofftonne	
Gebiet	Lehel	Allach	Schwabing Mitte	Solln	Westend
Bebauungsstruktur	i. W. GW	KB	GW	KB	GW
2. Quartal					
Systemfremde Wertstoffe					
PPK-Verpackungen	15,7%	12,6%	19,4%	11,1%	9,9%
PPK-Nichtverpackungen	3,5%	4,6%	5,4%	3,0%	14,2%
Glas-Verpackungen	6,1%	6,0%	6,8%	12,6%	7,5%
Glas-Nichtverpackungen	0,0%	0,7%	0,0%	0,4%	0,6%
Holz-Verpackungen	0,0%	0,7%	1,8%	0,0%	0,6%
Holz-Nichtverpackungen	0,0%	0,0%	1,1%	0,4%	1,4%
Elektrokleingeräte	1,7%	2,0%	3,9%	1,9%	7,0%
Textilien	3,5%	3,3%	12,2%	12,6%	7,5%
Sonstiges, Rest					
organische Abfälle	3,5%	7,3%	1,4%	4,8%	3,5%
verpackte Lebensmittel	21,7%	11,3%	6,8%	11,1%	6,1%
Problem- und Schadstoffe	0,9%	0,7%	0,4%	0,0%	0,3%
Hygieneprodukte	13,0%	19,9%	7,5%	11,1%	10,4%
Stoffe a. n. g.	30,4%	31,1%	33,3%	31,1%	31,0%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%
4. Quartal					
Systemfremde Wertstoffe					
PPK-Verpackungen	15,9%	10,3%	14,8%	10,3%	10,9%
PPK-Nichtverpackungen	4,0%	4,1%	6,5%	3,4%	11,1%
Glas-Verpackungen	1,6%	8,3%	2,3%	4,2%	6,5%
Glas-Nichtverpackungen	1,6%	0,0%	4,6%	0,8%	0,0%
Holz-Verpackungen	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,0%
Holz-Nichtverpackungen	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	3,8%
Elektrokleingeräte	3,2%	9,0%	0,4%	4,2%	7,0%
Textilien	4,0%	8,3%	12,2%	8,4%	7,3%
Sonstiges, Rest					
organische Abfälle	5,6%	9,0%	3,0%	3,1%	5,3%
verpackte Lebensmittel	14,3%	10,3%	7,6%	9,2%	4,4%
Problem- und Schadstoffe	0,8%	0,0%	3,0%	0,0%	0,0%
Hygieneprodukte	11,1%	11,7%	9,1%	10,3%	12,6%
Stoffe a. n. g.	38,1%	29,0%	35,7%	45,2%	31,1%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%
Unterschied [4. Quartal] - [2. Quartal], abgerundet					
Systemfremde Wertstoffe					
PPK-Verpackungen	0%	-2%	-5%	-1%	1%
PPK-Nichtverpackungen	0%	0%	1%	0%	-3%
Glas-Verpackungen	-4%	2%	-5%	-8%	-1%
Glas-Nichtverpackungen	2%	-1%	5%	0%	-1%
Holz-Verpackungen	0%	-1%	-1%	0%	-1%
Holz-Nichtverpackungen	0%	0%	-1%	0%	2%
Elektrokleingeräte	1%	7%	-4%	2%	0%
Textilien	0%	5%	0%	-4%	0%
Sonstiges, Rest					
organische Abfälle	2%	2%	2%	-2%	2%
verpackte Lebensmittel	-7%	-1%	1%	-2%	-2%
Problem- und Schadstoffe	0%	-1%	3%	0%	0%
Hygieneprodukte	-2%	-8%	2%	-1%	2%
Stoffe a. n. g.	8%	-2%	2%	14%	0%

Anhang 2: Einzelheiten der Modellierung der Stoffströme und -zusammensetzungen beim Recycling der Fraktionencluster „EPS“ (Expandiertes Polystyrol), „PPK aus LVP“ und „FKN“

Im Bericht vom Öko-Institut (2022a) ist für den Fraktionencluster „EPS“ (Expandiertes Polystyrol) die Recycling-Ausbeute in Höhe von 95% (bezogen auf den feuchten Input) nicht kompatibel mit den Standardwerten von 14,5 % für den Störstoffanteil und 8 % für den Wassergehalt. Diese beiden Parameter wurden dann pauschal auf 5% und 0% herabgesetzt. Wegen des minimalen Anteils der Fraktionsgruppe EPS an die gesamten LVP+StNVP (< 0,01%) hat diese Anpassung keinen nennenswerten Einfluss auf die errechneten THG-Emissionen.

Das Recycling der Fraktionencluster „PPK aus LVP“ und „FKN“ erfolgt laut Öko-Institut (2022a) in mehreren Schritten. Im vorletzten Schritt entstehen Verluste aus der Papieraufbereitung, Papierfangstoffe und „Rejecte/Spuckstoffe“. Diese Verluste werden in einer EBS-Anlage, einer MVA oder einem Zementwerk energetisch verwertet. Öko-Institut (2022a) präzisiert weiter: *„Eine Aufbereitung der genannten Stoffströme wird nicht berücksichtigt. Die chemische Zusammensetzung der Verlustströme ist Sommer et al. (2012) entnommen.“* Sommer et al. (2012) geben für diese Stoffe einen Wassergehalt von 50 % bzw. 39 % an. Öko-Institut (2025) hat bestätigt, dass in dessen Modellierung keine weitere Reduzierung des Wassergehalts vorgenommen wird. Diese Vereinfachung entspräche z.T. der Realität vor Ort: Bei vielen dieser Recyclinganlagen werden die Verluste aus der Papieraufbereitung lediglich gepresst und anschließend in Verbrennungsanlagen vor Ort verwertet. Außerdem ist der Anteil dieser Stoffe an die gesamten LVP+StNVP minimal. Diese Vereinfachung hat deshalb keinen nennenswerten Einfluss auf die errechneten THG-Emissionen. Diese Modellierung wurde auch hier übernommen.

Anhang 3: Einzelheiten der Modellierung der Stoffgruppen und derer Eigenschaften bei der energetischen Verwertung

1) Zum Kap. 3.5.2 - Ausbeute und Rest aus der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff

Die Modellierung der Stoffströme und -zusammensetzungen in der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff wurde aus vom Öko-Institut (2022a) übernommen „*Werden Abfallströme bzw. Sekundärabfallströme in einer EBS-Anlage oder einem Zementwerk verwertet, wird - falls nicht anders spezifiziert - eine Aufbereitung der Stoffströme bilanziert. Für die Aufbereitung wird ein Strombedarf von 320 kWh/Mg Inputmaterial angesetzt. Die Ausbeute beträgt 80 % bezogen auf den feuchten Input. 5 % der Aufbereitungsreste werden in der MVA energetisch verwertet. Der Rest sind Feuchteverluste*“ (Öko-Institut, 2022a, S.38).

Die Aufbereitungsreste betragen demnach $100\% - 80\% = 20\%$ des feuchten Inputs. Der Anteil vom feuchten Input, die in einer MVA energetisch verwertet wird, beträgt 5 % davon, d.h. 1 % des feuchten Inputs. Daraus ergeben sich Feuchteverluste von $100\% - 80\% - 1\% = 19\%$ des feuchten Inputs.

Außerdem wurde davon ausgegangen, dass der Wassergehalt der Ausbeute und der Wassergehalt des MVA-Anteils gleich sind. Dieser Wassergehalt ergibt sich aus dem Wassergehalt des Inputs.

Wenn der Wassergehalt des Inputs niedriger als 19 %, d.h. der Trockengehalt höher als 81 %, ist, ist diese Verteilung unmöglich bzw. würde sie einem Verlust von Wertstoff entsprechen. In diesem Fall wurde in der Studie vom Öko-Institut (2022a) laut zusätzlichen Erläuterungen vom Öko-Institut (2025) die Verteilung angepasst. Folgende Anpassung wurde dementsprechend in diesem Fall in unsere Modellierung übernommen:

- Die Feuchteverluste wurden auf den Wassergehalt des Inputs begrenzt. Dies geht mit einem Wassergehalt von 0 % in der Ausbeute und im MVA-Anteil einher.
- Die Ausbeute und der MVA-Anteil wurden proportional angehoben, um zusammen den Trockengehalt des Inputs zu ergeben.

In unserer Modellierung betrifft diese Anpassung folgende Stoffgruppen:

1. Fraktionencluster „*PET-Flaschen*“, „*PET-Andere*“ und „*Mischkunststoffe*“ der erfassten LVP+StNVP:
 - Im Öko-Institut (2022a) werden zwischen 12 % und 75 % von deren Mengen einer direkten energetischen Verwertung im Zementwerk zugeführt (Öko-Institut, 2022a, S. 43), d.h. werden zuerst der Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff zugeführt
 - Ihr Wassergehalt beträgt 8% für die PET-Fraktionencluster (Standardwert für Kunststoffe) und 15 % für den Fraktionencluster „*Mischkunststoffe*“ (Öko-Institut, 2022a, S. 30).Für die anderen Kunststoff-Fraktionencluster sowie für die Fraktionencluster FKN und PPK wird modelliert, dass die direkte energetische Verwertung über eine MVA erfolgt. Die Metall-Fraktionen werden nicht direkt der energetischen Verwertung zugeführt (Öko-Institut, S. 43-50). Diese Fraktionencluster der erfassten LVP+StNVP sind also nicht von der Anpassung betroffen.
2. Alle Kunststoff-, Metall- sowie „*FKN*“ Unterfraktionen des Fraktionenclusters „*Sortierreste aus LVP+StNVP*“ der erfassten LVP+StNVP: Für sie gelten Wassergehalte unter 19 % (Öko-Institut, 2022a, S. 30-31, s. Anhang 18). Sie werden einer direkten energetischen Verwertung im Zementwerk und in einer EBS-Anlage zugeführt.
3. Fraktionencluster „*PPK*“ (aus der PPK-Sammlung) und neue Stoffgruppen Holz und Textilien im Fehlwurf, für die eine anteilige direkte energetische Verwertung in einer EBS-Anlage angenommen wurde (s. Anhang 3, 4. Abschnitt und Anhang 18 für den verwendeten Wassergehalt).

2) Zum Kap. 4.6.2 - Aufbereitung zum Ersatzbrennstoff für das Zementwerk: Rechnerische Anpassung der Berechnung der THG-Emissionen im Öko-Institut (2022a) an die eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix

Für das Zementwerk wurde die Last nicht neu berechnet (Kap. 4.6.3). Hier wurde die von Öko-Institut (2022a) berechnete Last für die energetische Verwertung (Anlage A.7) übernommen und an den geänderten Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix angepasst (s. Detail im Anhang 3):

- Für die 16 ersten Fraktionencluster der erfassten LVP+StNVP (d.h. außer „Sortierreste aus LVP+StNVP“) wurde zuerst anhand des Stromverbrauchs und der jeweiligen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix eine Last-Differenz je kg Input zwischen der Berechnung vom Öko-Institut (2022a) und der eigenen Berechnung ermittelt. Dann wurde diese Last-Differenz der vom Öko-Institut dargestellten Last für die Verwertung im Zementwerk hinzugefügt¹⁶. Dabei wurde der Anteil des Fraktionenclusters berücksichtigt, der -ggf. über verschiedene Wege (direkte Verwertung, Recycling)- einem Zementwerk zugeführt wird.
- Für die 16 ersten Unterfraktionen des Fraktionenclusters „Sortierreste aus LVP+StNVP“ war diese Vorgehensweise nicht möglich, weil sich der Anteil der jeweiligen Unterfraktionen, der -ggf. über verschiedene Wege (direkte Verwertung, Recycling)- einem Zementwerk zugeführt wird, im Vergleich zu den 16 ersten Fraktionencluster der erfassten LVP+StNVP ändert. Für diesen Fall wurde zuerst die Last des Stromverbrauchs der Aufbereitung neu berechnet, sowohl für diese 16 Unterfraktionen als für die 16 ersten Fraktionencluster der erfassten LVP+StNVP; Dann wurde für jede Unterfraktion die Last der Verwertung im Zementwerk ohne Aufbereitung proportional zum Anteil der jeweiligen Fraktion, der einem Zementwerk zugeführt wird, angepasst; Letztlich wurde die Last des Stromverbrauchs der Aufbereitung für jede Unterfraktionen der „Sortierreste aus LVP+StNVP“ wieder dieser angepassten Last ohne Aufbereitung hinzugefügt.
- Diese letzte Vorgehensweise wurde ebenfalls auf die zwei 2 Materialien der entsorgten gelben Säcke, Tonnen und Depotcontainer (s. Kap. 4.2.1) angewendet.

3) Zum Kap. 4.6.4 und zum Kap. 4.6.5: Thermische Verwertung in einer EBS-Anlage und einer MVA

Für zusätzliche Stoffe oder neu definierte Stoffgruppen gilt folgendes:

- Für PVC wurde vereinfachend die chemische Zusammensetzung vom PVC ohne Zusatzstoffe angewendet. Zusatzstoffe können je nach Benutzungsziel bis zu 50% des Materials ausmachen (Wikipedia-PVC, 2025). Sie verändern den C-Gehalt und damit die THG-Emissionen aber auch den Heizwert und damit die Gutschrift -vermutlich in derselben Richtung, wenn nicht in gleicher Höhe. Die PVC machen in der Modellierung ca. 0,5 % der erfassten Mengen aus. Diese beide Merkmale führen dazu, dass möglichen Auswirkungen dieser Vereinfachung auf die Ergebnisse der Studie minimal sind. Außerdem wurden die gleichen Störstoffe (Menge und Zusammensetzung) und Wassergehalt wie für standard-Kunststoffe im Öko-Institut (2022, S 30-31) berücksichtigt.
- Holz als getrennter Ausgang der Sortieranlage macht maximal 0,5 % der erfassten Mengen aus. Es wird davon ausgegangen, dass es sich dabei nicht um Gartenholz handelt (dafür gäbe es die Kategorie „organische Abfälle“ in der INFA-Studie), sondern um trockenes Konstruktionsholz oder ähnliches. Anhand verschiedener Quellen (Carmen, 2020. Holz-Energie-Zentrum, 2025) und eigener Messungen wurde eine typische chemische Zusammensetzung sowie ein Wassergehalt von 12 % angesetzt. Es wurde keine Störstoffe berücksichtigt.
- Für Textilien als getrennter Ausgang der Sortieranlage (≤ 1 % der erfassten Mengen im IST-Szenario, $\leq 0,2$ % im ZUKUNFT- Szenario), wurde mangels genauerer Beschreibung die Annahme getroffen, dass sie zu 50 % jeweils aus natürlichem Stoff und aus Polyester bestehen. Für diese zwei

Komponente wurden vereinfachend die Eigenschaften von Holz bzw. vom Fraktionencluster „PET-andere“ des Öko-Instituts (2022a) verwendet.

- Für die Stoffgruppen „Sortierrest vom Fehlwurf“ sowie „Restmüll aus dem Ex-Fehlwurf“ (im Vergleichsszenario ohne Fehlwurf) und derer Komponente liegen keine Daten zur chemischen Zusammensetzung, zum C-Gehalt oder zum Heizwert vor. Die Bezeichnungen der INFA-Studie (2025) erlauben keine genaue Ermittlung dieser Werte („organische Abfälle“, „verpackte Lebensmittel“, „Hygieneprodukte“). Besonders die Kategorie „Stoffe a. n. g.“ („andere nicht genannt“) ist nicht weiter definiert und macht zwischen 3% und 11% der erfassten Mengen im IST-Szenario aus.
 - Der C-Gehalt, der C_{fossil} -Gehalt und der Heizwert wurden dann in einem ersten Schritt im IST-Szenario so berechnet, dass die jeweiligen nach den Mengen gewichteten Mittelwerte über die Stoffgruppen "Sortierreste aus LVP+StNVP" der erfassten LVP+StNVP sowie EBS, KEG und Sortierrest vom Fehlwurf den Werten des Öko-Instituts (2022a) für den Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ entsprechen.
 - Für das ZUKUNFT-Szenario wurde diese Methode nicht weiter angewendet, weil die Werte des Öko-Instituts (2022a) für den Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ aktuelle Werte sind, deren Gültigkeit für das ZUKUNFT-Szenario offen ist. Die Zusammensetzung der Stoffgruppe „Sortierrest vom Fehlwurf“ verändert sich zwischen dem IST- und dem ZUKUNFT-Szenarien, als Folge der angenommenen verbesserten Leistung der Sortieranlagen (UBA, 2018). Die Zusammensetzung des Fehlwurfs insgesamt bleibt dagegen stabil in der Modellierung, lediglich dessen Mengen nehmen ab. Der C-Gehalt, der C_{fossil} -Gehalt und der Heizwert im ZUKUNFT-Szenario wurden dann in einem zweiten Schritt aus den Werten im IST-Szenario und aus diesen Veränderungen abgeleitet.
 - Zwischen den Szenarien mit und ohne Fehlwurfe, wird ein Teil der Stoffgruppe „Sortierrest vom Fehlwurf“ in verschiedene Verwertungswegen geleitet (Glas-Container, Papiertonne, Biotonne), der Rest kommt in die Restmülltonne. In einem dritten Schritt wurden der C-Gehalt, der C_{fossil} -Gehalt und der Heizwert für die Gruppe „Restmüll aus dem Ex-Fehlwurf“ im IST- und im ZUKUNFT -Szenario aus den Werten für die Gruppe „Sortierrest vom Fehlwurf“, aus der Veränderungen in der Zusammensetzung und aus den Werten der einzelnen Komponenten des Fehlwurfs abgeleitet.
 - Anhand der so berechneten Werte wurde der THG-Emissionsfaktor der energetischen Verwertung in einer MVA für die Stoffgruppen „Sortierrest vom Fehlwurf“ (durchschnittliche Deutsche MVA) und „Restmüll aus dem Ex-Fehlwurf“ (Münchner MVA) ermittelt.
 - Dabei wurden Werte für die Fehlwurf-Fraktion „organische Abfälle“ benötigt: Diese Fraktion (max. 1,5 % der erfassten Mengen) sollte in die Biotonne eingeworfen werden und findet sich deshalb im ZUKUNFT-Szenario nicht mehr in der Gruppe „Restmüll aus dem Ex-Fehlwurf“. Mangels genauere Informationen wurde grob ein pflanzliches Material auf Basis vom Holz mit einem Wassergehalt in Höhe von 70%, nah an Gemüse (ca. 80%), angesetzt.

4) Zum Kap. 4.6, Thermische Verwertung: Modellierung der Stoffgruppe "Sortierreste aus LVP+StNVP" der erfassten LVP+StNVP

Der THG-Emissionsfaktor für die thermische Verwertung der Stoffgruppe "Sortierreste aus LVP+StNVP" der erfassten LVP+StNVP (d.h. ohne Fehlwurf) im Zementwerk und in der EBS-Anlage wurde in drei Schritten berechnet:

1. Der C-Gehalt, der C_{fossil} -Gehalt und der Heizwert jeder einzelnen Unterfraktion wurden anhand der chemischen Zusammensetzungen der Zielstoffe und der Störstoffe, des Anteils der Störstoffe und

des Wassergehalts berechnet. Die Werte dieser Parameter wurden vom Öko-Institut (2022a) übernommen, lediglich korrigiert für EPS (s. Kap. 3.5.3). Diese Berechnungen befinden sich im Anhang 18;

2. Der THG-Emissionsfaktor wurde für jede einzelne Unterfraktion berechnet, anhand der gleichen Berechnungstabellen wie für die 16 ersten Fraktionencluster der erfassten LVP+StNVP, allerdings mit den angepassten Zuführungsquoten zum Zementwerk, zur EBS-Anlage und zur MVA;
3. Der nach den jeweiligen Mengen gewichteter Mittelwert für die Stoffgruppe "*Sortierrest aus LVP+StNVP*" der erfassten LVP+StNVP wurde berechnet (s. Anhang 18).

5) Zum Kap. 4.6.5: Thermische Verwertung der nicht-erfassten LVP+StNVP in den Münchner MVA

Die einzelnen Fraktionencluster der nicht-erfassten LVP+StNVP sind die gleichen wie die der Stoffgruppe "*Sortierrest von erfassten LVP+StNVP*" (Nur die Proportionen der jeweiligen Fraktionencluster sind unterschiedlich). Die THG-Emissionsfaktoren für die thermische Verwertung (in den Münchner MVA) dieser einzelnen Fraktionencluster werden genau wie im vorherigen Abschnitt ermittelt. Anschließend werden diese einzelnen THG-Emissionsfaktoren nicht gemittelt, sondern in die Endberechnung der THG-Emissionen übernommen (s. Anhang 22).

6) Zum Kap. 4.6 - Prozessschritt „Aufbereitung und Verwertung“- Modellierung des Fehlwurfs

Die Fraktionen des Fehlwurfs bzw. des Ex-Fehlwurfs (im Vergleichsszenario ohne Fehlwurf) außerhalb der Stoffgruppen „*Sortierrest vom Fehlwurf*“ und „*Restmüll aus dem Ex-Fehlwurf*“ wurden wie die 16 ersten Fraktionencluster der erfassten LVP+StNVP (d.h. ohne „*Sortierreste aus erfassten LVP+StNVP*“) modelliert: Die jeweiligen in dieser Studie angepassten THG-Emissionsfaktoren (Anhang 21) wurden einbezogen.

Für zusätzliche Stoffe oder neu definierte Stoffgruppen gilt dabei folgendes:

- Der Emissionsfaktor des Öko-Instituts (2022a) für die Verwertung vom Glas wurde nur für den deutschen Strommix beim Recycling angepasst. Die entsprechende Last wurde anhand des Störstoffanteils (7%) sowie der verbrauchten elektrischen Energie (14,8 kWh/Mg Glas) laut Öko-Institut (2022, S. 51) sowie des eigenen Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix neu berechnet. Die Gutschriften und die Lasten für eine „*Verwertung in MVA/EBS-Anlage*“ laut Öko-Institut (2022a) wurden nicht angepasst, da sie vernachlässigbar im Vergleich zum gesamten EF für Glas (+0,01 und -0,01 kg CO_{2-eq} / kg Abfall gegenüber -0,33 kg CO_{2-eq} / kg Abfall) sind und da die Behandlung der betroffenen Störstoffen im Öko-Institut (2022a) nicht erläutert wird.
- Die PPK wurden entsprechend der Sortierungsmatrizen von UBA (2018) modelliert. Diese Modellierung wurde auch beim Vergleichsszenario „ohne Fehlwurf“ angewendet -obwohl eine Modellierung als PPK aus der Papiertonne in diesem Fall zutreffender wäre-, um keine Verzerrung des Vergleichs zwischen den zwei Szenarien einzubringen. Es wird kein bedeutsamer Einfluss dieser Vorgehensweise erwartet, da die Modellierung der beiden Ströme „*PPK aus LVP*“ und „*PPK aus der Papiertonne*“ im Öko-Institut (2022a) ähnlich sind.

Für jedes Erfassungssystem wurde ein gewichteter Durchschnitt mit den THG-Emissionsfaktoren der Stoffgruppen „*Sortierrest vom Fehlwurf*“ und „*Restmüll aus dem Ex-Fehlwurf*“ ermittelt. Wie im Kapitel 3.1.1.3 erläutert, wurde anschließend sowohl für das IST-Szenario als für das ZUKUNFT-Szenario der Durchschnittswert über die vier Erfassungssysteme ermittelt.

Die Differenz der Emissionsfaktoren zwischen dem Szenario mit Fehlwurf und dem Vergleichsszenario ohne Fehlwurf ergab ein „Delta-EF bei der Verwertung“, das weiter in die Endberechnung der THG-Emissionen einbezogen wurde (s. Anhang 22).

Anhang 4: Modellerte Zusammensetzungen nach der „Klassifizierungsebene 3“ der erfassten und nicht erfassten Stoffe, des Fehlwurfs und des „Clusters Sortierrest von LVP+StNVP“ im IST-Szenario

Erfassungssystem	Fraktion	Erfasst				Nicht-Erfasst	Gesamt-Potential	Nicht-Erfasst			
		Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH			Alle	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH
Berechnungsmethode		Zusammensetzung [Erfasst] x [Matrix "Zuordnung 3. Ebene"]				Z-setzung	Zusammensetzung	Zusammensetzung			
							Aus den Mengen unten				
WB und WB Verb. - VP	VP	8,1%	7,8%	9,0%	9,9%	6,4%	7,5%	7,1%	6,1%	4,4%	6,4%
WB-Verb. Pfand-VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
FE Schrott - NV	NV	2,7%	1,7%	2,1%	2,4%	4,1%	3,7%	3,9%	4,5%	4,1%	4,1%
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	0,7%	0,6%	0,5%	0,7%	1,1%	1,0%	1,0%	1,1%	1,1%	1,1%
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,4%
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Alu Pfand- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Alu - NV	NV	0,6%	0,3%	0,3%	0,5%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	-0,1%	0,0%
NE-Schrott - NV	NV	0,8%	0,4%	0,5%	0,7%	2,3%	2,0%	2,2%	2,6%	2,6%	2,3%
Folien < DIN A4 - VP	VP	9,5%	9,1%	6,4%	9,7%	10,9%	10,8%	10,9%	10,3%	11,5%	10,9%
Folie < Din A4 - NV	NV	3,9%	2,6%	2,3%	3,6%	4,6%	4,4%	4,5%	4,9%	4,9%	4,6%
Folie > Din A4 - VP	VP	5,2%	5,0%	3,5%	5,3%	6,0%	5,9%	6,0%	5,6%	6,3%	6,0%
Folie > Din A4 - NV	NV	5,0%	3,3%	3,0%	4,6%	5,8%	5,6%	5,7%	6,3%	6,3%	5,8%
PE -VP	VP	11,0%	9,5%	6,3%	10,3%	4,1%	5,8%	4,3%	2,6%	4,0%	4,1%
PE -NV	NV	3,6%	2,8%	2,4%	3,5%	0,4%	1,2%	0,5%	-0,1%	-0,1%	0,4%
PP -VP	VP	4,9%	4,8%	7,0%	6,7%	8,8%	8,5%	9,2%	9,5%	7,5%	8,8%
PP -NV	NV	3,6%	2,3%	2,7%	3,2%	0,8%	1,5%	0,9%	0,7%	0,1%	0,8%
PS -VP	VP	1,1%	1,2%	1,3%	1,4%	1,0%	1,1%	1,1%	0,9%	0,7%	1,0%
PS -NV	NV	0,7%	0,5%	0,5%	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,4%	0,5%
PET Flaschen transparent - VP	VP	2,8%	2,2%	1,7%	2,6%	1,7%	2,0%	1,7%	1,5%	1,7%	1,7%
PET Flaschen opak - VP	VP	1,6%	1,2%	0,9%	1,4%	0,9%	1,1%	0,9%	0,8%	0,9%	0,9%
sonstige PET Verp. - VP	VP	1,4%	1,1%	0,9%	1,3%	1,0%	1,1%	1,0%	0,9%	1,0%	1,0%
PET- NV	NV	2,0%	1,5%	1,3%	1,9%	0,0%	0,5%	0,1%	-0,2%	-0,3%	0,0%
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
PVC-VP	VP	0,6%	0,5%	0,6%	0,6%	0,6%	0,2%	0,2%	0,0%	-0,2%	0,0%
PVC-NV	NV	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
sonstige MKS-VP	VP	0,5%	2,5%	1,5%	1,8%	7,8%	6,4%	7,8%	7,9%	8,6%	7,8%
MKS - NV	NV	0,7%	0,7%	0,6%	0,8%	7,3%	5,8%	7,0%	8,2%	8,4%	7,3%
Eimer, Kanister - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,3%
Eimer - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	1,2%	1,5%	1,8%	1,8%	1,5%
FKN - VP	VP	12,5%	9,6%	7,1%	11,3%	0,0%	2,9%	0,3%	-1,8%	-1,1%	0,0%
PPK Verbunde - VP	VP	5,6%	3,9%	4,0%	5,2%	21,3%	17,6%	20,3%	23,7%	23,7%	21,3%
Papier - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier, Zellstoff - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD 's - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD 's verpackt - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz VP - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
trennbare Kombi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Haushalts-kleinger. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
IT und Telek.-geräte - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Geräte der Unterh. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Werkzeug - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Spitzzeuge - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glühbirnen, Leuchtm. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Windeln - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Leder - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Textilien - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Batterien - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest / Störstoffe / Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Summe LVP+ StNVP		90,0%	76,0%	67,1%	91,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Systemfremde Wertstoffe		3,0%	10,8%	15,2%	3,6%						
Sonstiges, Rest		6,9%	13,2%	17,7%	5,3%						
Fehlwurf = Fremd+Rest		9,86%	23,97%	32,90%	8,82%						
Gesamtsumme		99,9%	99,9%	100,0%	100,0%						

Erfassungssystem	Fraktion	Fehlwurf				Cluster "Sortierrest" von LVP+StNVP nach Öko-I 2022 *			
		Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH
Berechnungsmethode		[Erfasst] x [Matrix "Zuordnung 3. Ebene"]				[Erfasst] x [Spalten "Sortierreste" + "MPO-KEG" + "EBS" der Matrix "Sortierung_IST"]			
WB und WB Verb. - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,8%	0,9%	1,0%
WB-Verb. Pfand- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
FE Schrott - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,7%	0,9%	1,0%
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Alu Pfand- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Alu - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%
NE-Schrott - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%
Folien < DIN A 4 - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%	1,0%	1,5%
Folie < Din A4 - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,4%	0,3%	0,5%
Folie > Din A4 - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Folie > Din A4 - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
PE -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,6%	0,4%	0,7%
PE -NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
PP -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%
PP -NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%
PS -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%
PS -NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
PET Flaschen transparent - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,7%	0,6%	0,9%
PET Flaschen opak - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,6%	0,4%	0,7%
sonstige PET Verp. - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,5%	0,4%	0,6%
PET- NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,7%	0,6%	0,9%
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PVC-VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,5%	0,6%	0,6%
PVC-NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,2%	0,2%	0,3%
sonstige MKS-VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,8%	0,5%	0,6%
MKS - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Eimer, Kanister - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Eimer - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
FKN - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,2%	1,6%	2,6%
PPK Verbunde - VP	VP	1,6%	4,0%	3,4%	1,3%	4,7%	3,2%	3,3%	4,3%
Papier - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier, Zellstoff - NV	NV	0,4%	1,4%	3,7%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD's - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD's verpackt - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz VP - VP	VP	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz - NV	NV	0,0%	0,2%	0,8%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas -VP	VP	0,4%	1,2%	2,4%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas - NV	NV	0,1%	0,5%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
trennbare Kombi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Haushalts-kleinger. - NV	NV	0,1%	0,3%	1,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
IT und Telek.-geräte - NV	NV	0,1%	0,1%	0,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Geräte der Unterh. - NV	NV	0,0%	0,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Werkzeug - NV	NV	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Spitzzeuge - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glühbirnen, Leuchtm. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Windeln - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Leder - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Textilien - NV	NV	0,4%	2,8%	2,6%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Batterien - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	0,5%	0,7%	1,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest / Störstoffe / Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	6,5%	12,6%	16,3%	4,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Summe LVP+ StNVP		9,95%	24,05%	32,90%	8,86%	18,6%	14,9%	13,4%	18,2%
Systemfremde Wertstoffe									
Sonstiges, Rest									
Fehlwurf = Fremd+Rest									
Gesamtsumme									

Fraktion		Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg /	Mengen (kg / EW /	Mengen (kg / EW / a)			
Berechnungsmethode		Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge					= Erfasst + Nicht- Erfasst (DC+WSH)	= Gesamt-Potential - Erfasst			
Gesamtmenge	Alle	5,53	11,33	13,37	6,75	20,20		21,38	17,75	17,38	20,20
Quelle für die gesamte Menge		Blatt "Erfasst IST"				Blatt "Restmüll"		LVP+StNVP hier links			
WB und WB Verb. - VP	VP	0,45	0,89	1,21	0,67	1,30	1,97	1,52	1,08	0,76	1,30
WB-Verb. Pfand- VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FE Schrott - NV	NV	0,15	0,19	0,28	0,16	0,83	0,99	0,84	0,79	0,70	0,83
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	0,04	0,06	0,07	0,05	0,21	0,26	0,22	0,20	0,19	0,21
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	0,02	0,03	0,03	0,02	0,09	0,11	0,09	0,08	0,08	0,09
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	0,02	0,03	0,03	0,02	0,09	0,12	0,10	0,09	0,09	0,09
Alu Pfand- VP	VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alu - NV	NV	0,03	0,03	0,05	0,03	-	0,03	0,00	0,00	0,01	-
NE-Schrott - NV	NV	0,04	0,05	0,07	0,05	0,47	0,52	0,48	0,47	0,45	0,47
Folien < DIN A4 - VP	VP	0,53	1,04	0,86	0,66	2,20	2,86	2,33	1,82	2,00	2,20
Folie < Din A4 - NV	NV	0,22	0,29	0,31	0,25	0,92	1,17	0,95	0,88	0,86	0,92
Folie > Din A4 - VP	VP	0,29	0,57	0,47	0,36	1,20	1,56	1,27	1,00	1,09	1,20
Folie > Din A4 - NV	NV	0,28	0,37	0,40	0,31	1,18	1,49	1,21	1,12	1,09	1,18
PE -VP	VP	0,61	1,08	0,84	0,70	0,83	1,53	0,92	0,45	0,69	0,83
PE -NV	NV	0,20	0,32	0,32	0,24	0,07	0,31	0,11	0,01	0,01	0,07
PP -VP	VP	0,27	0,55	0,93	0,45	1,78	2,24	1,97	1,69	1,30	1,78
PP -NV	NV	0,20	0,26	0,36	0,22	0,17	0,38	0,19	0,12	0,02	0,17
PS -VP	VP	0,06	0,14	0,17	0,10	0,20	0,30	0,24	0,16	0,12	0,20
PS -NV	NV	0,04	0,05	0,07	0,04	0,09	0,13	0,10	0,08	0,07	0,09
PET Flaschen transparent - VP	VP	0,16	0,25	0,23	0,18	0,35	0,53	0,37	0,27	0,30	0,35
PET Flaschen opak - VP	VP	0,09	0,14	0,13	0,10	0,19	0,28	0,20	0,14	0,16	0,19
sonstige PET Verp. - VP	VP	0,08	0,13	0,12	0,09	0,20	0,29	0,21	0,16	0,18	0,20
PET- NV	NV	0,11	0,17	0,18	0,13	-	0,13	0,02	0,04	0,05	-
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PVC-VP	VP	0,03	0,05	0,08	0,04	-	0,04	0,01	0,01	0,03	-
PVC-NV	NV	0,02	0,02	0,03	0,02	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08
sonstige MKS-VP	VP	0,03	0,29	0,20	0,12	1,57	1,69	1,67	1,40	1,49	1,57
MKS - NV	NV	0,04	0,08	0,08	0,05	1,48	1,53	1,49	1,45	1,45	1,48
Eimer, Kanister - VP	VP	-	-	-	-	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Eimer - NV	NV	-	-	-	-	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
FKN - VP	VP	0,69	1,09	0,95	0,76	-	0,76	0,07	0,33	0,19	-
PPK Verbunde - VP	VP	0,31	0,44	0,53	0,35	4,30	4,65	4,34	4,21	4,12	4,30
Papier - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier, Zellstoff - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CD's - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CD's verpackt - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holz VP - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holz - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gummi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gummi - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glas -VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glas - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keramik - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keramik - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
trennbare Kombi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Haushalts-kleinger. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IT und Teleg. -geräte - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geräte der Unterh. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
elekt. Werkzeug - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
elekt. Spitzzeuge - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Güthbimen, Leuchtm. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Windeln - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Leder - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Textilien - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Batterien - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest / Störstoffe / Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe LVP+ StNVP		4,98	8,61	8,97	6,15	20,20	26,35	21,38	17,75	17,38	20,20
Systemfremde Wertstoffe		0,16	1,22	2,03	0,24						
Sonstiges, Rest		0,38	1,50	2,37	0,35						
Fehlwurf = Fremd+Rest		0,55	2,72	4,40	0,60						
Gesamtsumme		5,52	11,32	13,37	6,75						

Fraktion		Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)			
Berechnungsmethode		Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge Erfasst				= Summe unten			
Gesamtmenge	Alle	0,55	2,72	4,40	0,60	1,03	1,69	1,80	1,23
Quelle für die gesamte Menge		Mengen Fehlwurf hier links unten				Mengen Fehlwurf hier links unten			
WB und WB Verb. - VP	VP	-	-	-	-	0,04	0,09	0,12	0,07
WB-Verb. Pfand- VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
FE Schrott - NV	NV	-	-	-	-	0,06	0,08	0,12	0,07
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Alu Pfand- VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Alu - NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,01	0,02	0,01
NE-Schrott - NV	NV	-	-	-	-	0,02	0,02	0,03	0,02
Folien < DIN A 4 - VP	VP	-	-	-	-	0,08	0,16	0,13	0,10
Folie < Din A4 - NV	NV	-	-	-	-	0,03	0,04	0,05	0,04
Folie > Din A4 - VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01
Folie > Din A4 - NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01
PE -VP	VP	-	-	-	-	0,04	0,07	0,05	0,05
PE -NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,02
PP -VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,03	0,05	0,02
PP -NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,01
PS -VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,01
PS -NV	NV	-	-	-	-	0,00	0,01	0,01	0,01
PET Flaschen transparent - VP	VP	-	-	-	-	0,05	0,08	0,07	0,06
PET Flaschen opak - VP	VP	-	-	-	-	0,04	0,06	0,06	0,04
sonstige PET Verp. - VP	VP	-	-	-	-	0,04	0,06	0,05	0,04
PET- NV	NV	-	-	-	-	0,05	0,08	0,08	0,06
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
PVC-VP	VP	-	-	-	-	0,03	0,05	0,08	0,04
PVC-NV	NV	-	-	-	-	0,02	0,02	0,03	0,02
sonstige MKS-VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,09	0,06	0,04
MKS - NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,03	0,02	0,02
Eimer, Kanister - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Eimer - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
FKN - VP	VP	-	-	-	-	0,16	0,25	0,22	0,17
PPK Verbunde - VP	VP	0,09	0,45	0,46	0,09	0,26	0,37	0,45	0,29
Papier - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier, Zellstoff - NV	NV	0,02	0,16	0,50	0,04	-	-	-	-
CD's - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
CD's verpackt - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Holz VP - VP	VP	-	0,03	0,01	0,00	-	-	-	-
Holz - NV	NV	-	0,02	0,10	0,01	-	-	-	-
Gummi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Gummi - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Glas -VP	VP	0,02	0,13	0,32	0,03	-	-	-	-
Glas - NV	NV	0,00	0,05	0,01	0,01	-	-	-	-
Keramik - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Keramik - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
trennbare Kombi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Haushalts-kleinger. - NV	NV	0,01	0,04	0,15	0,01	-	-	-	-
IT und Telek.-geräte - NV	NV	0,00	0,02	0,06	0,00	-	-	-	-
Geräte der Unterh. - NV	NV	0,00	0,01	0,04	0,00	-	-	-	-
elekt. Werkzeug - NV	NV	0,00	0,01	0,03	0,00	-	-	-	-
elekt. Spilezeuge - NV	NV	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
Glühbirnen, Leuchtm. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Windeln - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Leder - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Textilien - NV	NV	0,02	0,31	0,35	0,05	-	-	-	-
Batterien - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	0,03	0,08	0,19	0,02	-	-	-	-
Rest / Störstoffe / Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	0,36	1,42	2,18	0,33	-	-	-	-
Summe LVP+ StNVP		0,55	2,72	4,40	0,60	1,03	1,69	1,80	1,23
Systemfremde Wertstoffe									
Sonstiges, Rest									
Fehlwurf = Fremd+Rest									
Gesamtsumme									

Anhang 5: Modellierte Zusammensetzungen nach der „Klassifizierungsebene 3“ der erfassten und nicht erfassten Stoffe, des Fehlwurfs und des Clusters „Sortierrest von LVP+StNVP“ im ZUKUNFT-Szenario

Erfassungssystem	Fraktion	Erfasst				Gesamt-Potential	Nicht-Erfasst			
		Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH		Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH
Berechnungsmethode		Zusammensetzung				Zusammensetzung	Zusammensetzung			
		Aus den Mengen unten				Aus den Mengen unten	Aus den Mengen unten			
WB und WB Verb. - VP	VP	7,2%	6,7%	6,8%	9,9%	7,5%	7,1%	6,1%	4,4%	6,4%
WB-Verb. Pfand- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
FE Schrott - NV	NV	3,2%	2,9%	2,9%	2,4%	3,7%	3,9%	4,5%	4,1%	4,1%
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	0,8%	0,8%	0,7%	0,7%	1,0%	1,0%	1,1%	1,1%	1,1%
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%	0,4%
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Alu Pfand- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Alu - NV	NV	0,3%	0,2%	0,2%	0,5%	0,1%	0,0%	0,0%	-0,1%	0,0%
NE-Schrott - NV	NV	1,4%	1,4%	1,4%	0,7%	2,0%	2,2%	2,6%	2,6%	2,3%
Folie < Din A 4 - VP	VP	9,7%	9,3%	8,4%	9,7%	10,8%	10,9%	10,3%	11,5%	10,9%
Folie < Din A4 - NV	NV	4,0%	3,5%	3,4%	3,6%	4,4%	4,5%	4,9%	4,9%	4,6%
Folie > Din A4 - VP	VP	5,3%	5,1%	4,6%	5,3%	5,9%	6,0%	5,6%	6,3%	6,0%
Folie > Din A4 - NV	NV	5,1%	4,5%	4,3%	4,6%	5,6%	5,7%	6,3%	6,3%	5,8%
PE -VP	VP	7,3%	6,0%	5,1%	10,3%	5,8%	4,3%	2,6%	4,0%	4,1%
PE -NV	NV	1,9%	1,4%	1,3%	3,5%	1,2%	0,5%	-0,1%	-0,1%	0,4%
PP -VP	VP	6,8%	6,7%	7,0%	6,7%	8,5%	9,2%	9,5%	7,5%	8,8%
PP -NV	NV	2,1%	1,5%	1,5%	3,2%	1,5%	0,9%	0,7%	0,1%	0,8%
PS -VP	VP	1,0%	1,0%	1,0%	1,4%	1,1%	1,1%	0,9%	0,7%	1,0%
PS -NV	NV	0,5%	0,4%	0,4%	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%	0,4%	0,5%
PET Flaschen transparent - VP	VP	2,2%	1,8%	1,7%	2,6%	2,0%	1,7%	1,5%	1,7%	1,7%
PET Flaschen opak - VP	VP	1,2%	1,0%	0,9%	1,4%	1,1%	0,9%	0,8%	0,9%	0,9%
sonstige PET Verp. - VP	VP	1,2%	1,0%	0,9%	1,3%	1,1%	1,0%	0,9%	1,0%	1,0%
PET- NV	NV	1,0%	0,7%	0,6%	1,9%	0,5%	0,1%	-0,2%	-0,3%	0,0%
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
PVC-VP	VP	0,3%	0,2%	0,2%	0,6%	0,2%	0,0%	0,0%	-0,2%	0,0%
PVC-NV	NV	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
sonstige MKS-VP	VP	4,0%	4,8%	4,4%	1,8%	6,4%	7,8%	7,9%	8,6%	7,8%
MKS - NV	NV	3,7%	4,0%	3,8%	0,8%	5,8%	7,0%	8,2%	8,4%	7,3%
Eimer, Kanister - VP	VP	0,1%	0,2%	0,2%	0,0%	0,2%	0,3%	0,4%	0,4%	0,3%
Eimer - NV	NV	0,7%	0,8%	0,8%	0,0%	1,2%	1,5%	1,8%	1,8%	1,5%
FKN - VP	VP	6,0%	4,1%	3,5%	11,3%	2,9%	0,3%	-1,8%	-1,1%	0,0%
PPK Verbunde - VP	VP	12,5%	12,6%	12,2%	5,2%	17,6%	20,3%	23,7%	23,7%	21,3%
Papier - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier, Zellstoff - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD's - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD's verpackt - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz VP - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
trennbare Kombi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Haushalts-kleinger. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
IT und Telek-geräte - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Geräte der Unterh. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Werkzeug - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Spielzeuge - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glühbirnen, Leuchtm. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Windeln - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Leder - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Textilien - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Batterien - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest / Störstoffe /										
Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Summe LVP+ StNVP		90,6%	83,5%	79,1%	91,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Systemfremde Wertstoffe		2,8%	7,4%	9,7%	3,6%					
Sonstiges, Rest		6,6%	9,1%	11,2%	5,3%					
Fehlwurf = Fremd+Rest		9,40%	16,45%	20,88%	8,86%					
Gesamtsumme		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%					

Erfassungssystem	Fehlwurf				Cluster "Sortierrest" von LVP+StNVP nach Öko-I 2022 *				
	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH	
Fraktion	Unterteilung (% vom gesamten Erfassten)				Unterteilung ohne Fraktionen von SR-Cluster*				
Berechnungsmethode	= [Unterteilung IST] x [Fehlwurfquote ZKFT] / [Fehlwurfquote IST] (aus den Blättern "3. Ebene_IST" und "IST-->ZKFT")				[Erfasst] x [Spalten "Sortierreste" + "MPO-KEG" + "EBS" der Matrix "Sortierung_ZKFT"]				
WB und WB Verb. - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,3%	0,3%	0,5%
WB-Verb. Pfand- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
FE Schrott - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Alu Pfand- VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Alu - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
NE-Schrott - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Folien < DIN A 4 - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,9%	0,8%	1,0%
Folie < Din A4 - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,3%	0,4%
Folie > Din A4 - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Folie > Din A4 - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,4%	0,4%	0,5%
PE -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,6%	0,5%	1,0%
PE -NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%	0,4%
PP -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
PP -NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,2%	0,3%
PS -VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
PS -NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%
PET Flaschen transparent - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%
PET Flaschen opak - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
sonstige PET Verp. - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
PET- NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PVC-VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,2%	0,2%	0,6%
PVC-NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
sonstige MKS-VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	1,6%	1,4%	0,6%
MKS - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	1,3%	1,2%	0,2%
Eimer, Kanister - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Eimer - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
FKN - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,4%	0,3%	1,1%
PPK Verbunde - VP	VP	1,5%	2,7%	2,2%	1,3%	1,2%	1,3%	1,2%	0,5%
Papier - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Papier, Zellstoff - NV	NV	0,4%	0,9%	2,4%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD's - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CD's verpackt - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz VP - VP	VP	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz - NV	NV	0,0%	0,1%	0,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gummi - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Kork - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas -VP	VP	0,4%	0,8%	1,5%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glas - NV	NV	0,1%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Keramik - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
trennbare Kombi - VP	VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Haushalts-kleinger. - NV	NV	0,1%	0,2%	0,7%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
IT und Telek.-geräte - NV	NV	0,1%	0,1%	0,3%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Geräte der Unterh. - NV	NV	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Werkzeug - NV	NV	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
elekt. Spilzezeuge - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Glühbirnen, Leuchtm. - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Windeln - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest Leder - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Textilien - NV	NV	0,4%	1,9%	1,6%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Batterien - NV	NV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	0,4%	0,5%	0,9%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Rest / Störstoffe / Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	6,1%	8,6%	10,4%	4,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Summe LVP+ StNVP		9,40%	16,45%	20,88%	8,86%	10,8%	10,3%	9,8%	9,9%
Systemfremde Wertstoffe									
Sonstiges_Rest									
Fehlwurf = Fremd+Rest									
Gesamtsumme									

Fraktion	Berechnungsmethode	Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)	Mengen (kg / EW / a)			
		Alle	11,77	22,08	24,31		6,75	= IST (unverändert)	= Gesamt-Potential - Erfasst	
		LVP+StNVP: IST + [Anteil des Nicht-Erfasst_IST, der künftig erfasst wird] * [Nicht-Erfasst_IST]					= Gesamt-Potential - Erfasst			
		Fehlwurf: Gesamt berechnet aus der künftigen Fehlwurfsquote, Unterteilung proportional								
Gesamtmenge	Alle	11,77	22,08	24,31	6,75	26,35	15,69	7,91	7,12	20,20
Quelle für die gesamte Menge		= Summe unten				= IST (unverändert)	= Summe unten			
WB und WB Verb. - VP	VP	0,85	1,49	1,66	0,67	1,97	1,12	0,48	0,31	1,30
WB-Verb. Pfand- VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FE Schrott - NV	NV	0,37	0,63	0,70	0,16	0,99	0,62	0,35	0,29	0,83
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	0,10	0,17	0,18	0,05	0,26	0,16	0,09	0,08	0,21
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	0,04	0,07	0,08	0,02	0,11	0,07	0,04	0,03	0,09
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	0,04	0,08	0,08	0,02	0,12	0,07	0,04	0,04	0,09
Alu Pfand- VP	VP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alu - NV	NV	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01	-
NE-Schrott - NV	NV	0,17	0,31	0,33	0,05	0,52	0,35	0,21	0,19	0,47
Folien < DIN A 4 - VP	VP	1,15	2,05	2,04	0,66	2,86	1,71	0,81	0,82	2,20
Folie < Din A4 - NV	NV	0,47	0,78	0,82	0,25	1,17	0,70	0,39	0,35	0,92
Folie > Din A4 - VP	VP	0,63	1,12	1,11	0,36	1,56	0,93	0,44	0,45	1,20
Folie > Din A4 - NV	NV	0,60	0,99	1,04	0,31	1,49	0,89	0,50	0,45	1,18
PE -VP	VP	0,86	1,33	1,25	0,70	1,53	0,68	0,20	0,28	0,83
PE -NV	NV	0,23	0,32	0,31	0,24	0,31	0,08	0,01	0,00	0,07
PP -VP	VP	0,80	1,49	1,70	0,45	2,24	1,44	0,75	0,53	1,78
PP -NV	NV	0,25	0,33	0,37	0,22	0,38	0,14	0,05	0,01	0,17
PS -VP	VP	0,12	0,23	0,25	0,10	0,30	0,17	0,07	0,05	0,20
PS -NV	NV	0,06	0,10	0,11	0,04	0,13	0,07	0,04	0,03	0,09
PET Flaschen transparent - VP	VP	0,25	0,41	0,40	0,18	0,53	0,27	0,12	0,12	0,35
PET Flaschen opak - VP	VP	0,14	0,22	0,22	0,10	0,28	0,15	0,06	0,06	0,19
sonstige PET Verp. - VP	VP	0,14	0,22	0,22	0,09	0,29	0,16	0,07	0,07	0,20
PET- NV	NV	0,12	0,15	0,15	0,13	0,13	0,01	0,02	0,02	-
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	0,00	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
PVC-VP	VP	0,04	0,05	0,06	0,04	0,04	0,01	0,00	0,01	-
PVC-NV	NV	0,04	0,06	0,07	0,02	0,09	0,06	0,03	0,03	0,08
sonstige MKS-VP	VP	0,47	1,06	1,08	0,12	1,69	1,22	0,63	0,61	1,57
MKS - NV	NV	0,44	0,88	0,93	0,05	1,53	1,09	0,65	0,60	1,48
Eimer, Kanister - VP	VP	0,02	0,03	0,04	-	0,06	0,05	0,03	0,03	0,06
Eimer - NV	NV	0,08	0,17	0,18	-	0,31	0,23	0,14	0,13	0,31
FKN - VP	VP	0,71	0,91	0,84	0,76	0,76	0,05	0,15	0,08	-
PPK Verbunde - VP	VP	1,47	2,77	2,96	0,35	4,65	3,18	1,88	1,69	4,30
Papier - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier, Zellstoff - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CD's - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CD's verpackt - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holz VP - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holz - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gummi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gummi - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glas -VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glas - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keramik - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keramik - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
trennbare Kombi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Haushalts-kleinger. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IT und Telek.-geräte - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geräte der Unterh. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
elekt. Werkzeug - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
elekt. Spielzeuge - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glühbirnen, Leuchtm. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Windeln - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Leder - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Textilien - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Batterien - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest / Störstoffe /										
Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe LVP+ StNVP		10,67	18,45	19,23	6,15	26,35	15,69	7,91	7,12	20,20
Systemfremde Wertstoffe		0,33	1,63	2,35	0,24					
Sonstiges, Rest		0,77	2,00	2,73	0,36					
Fehlwurf = Fremd+Rest		1,11	3,63	5,08	0,60					
Gesamtsumme		11,77	22,08	24,31	6,75					

Fraktion		Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)			
Berechnungsmethode		Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge Erfasst				[Erfasst] x [Spalten "Sortierreste" + "MPO-KEG" + "EBS" der Matrix "Sortierung_ZKFT"]			
Gesamtmenge	Alle	1,11	3,63	5,08	0,60	1,27	2,28	2,37	0,67
Quelle für die gesamte Menge		Mengen Fehlwurf hier links unten				= Summe unten			
WB und WB Verb. - VP	VP	-	-	-	-	0,04	0,07	0,08	0,03
WB-Verb. Pfand- VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
FE Schrott - NV	NV	-	-	-	-	0,02	0,03	0,03	0,01
Alu, Alu Verb. Verp.- VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,00
aluh.-Verb. PPK frei- VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,01	0,01	0,00
aluh.-Verb. PPK haltig- VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,01	0,01	0,00
Alu Pfand- VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Alu - NV	NV	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
NE-Schrott - NV	NV	-	-	-	-	0,02	0,03	0,03	0,00
Folien < DIN A 4 - VP	VP	-	-	-	-	0,11	0,20	0,20	0,07
Folie < Din A4 - NV	NV	-	-	-	-	0,05	0,08	0,08	0,02
Folie > Din A4 - VP	VP	-	-	-	-	0,06	0,11	0,11	0,04
Folie > Din A4 - NV	NV	-	-	-	-	0,06	0,10	0,10	0,03
PE -VP	VP	-	-	-	-	0,09	0,13	0,12	0,07
PE -NV	NV	-	-	-	-	0,02	0,03	0,03	0,02
PP -VP	VP	-	-	-	-	0,08	0,15	0,17	0,05
PP -NV	NV	-	-	-	-	0,02	0,03	0,04	0,02
PS -VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,01
PS -NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,00
PET Flaschen transparent - VP	VP	-	-	-	-	0,03	0,04	0,04	0,02
PET Flaschen opak - VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,01
sonstige PET Verp. - VP	VP	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,01
PET- NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01
KS-Flaschen Pfand - VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	-
PVC-VP	VP	-	-	-	-	0,04	0,05	0,06	0,04
PVC-NV	NV	-	-	-	-	0,04	0,06	0,07	0,02
sonstige MKS-VP	VP	-	-	-	-	0,15	0,35	0,35	0,04
MKS - NV	NV	-	-	-	-	0,14	0,29	0,30	0,02
Eimer, Kanister - VP	VP	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	-
Eimer - NV	NV	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	-
FKN - VP	VP	-	-	-	-	0,07	0,09	0,08	0,08
PPK Verbunde - VP	VP	0,17	0,60	0,53	0,09	0,15	0,28	0,30	0,03
Papier - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Papier, Zellstoff - NV	NV	0,04	0,21	0,57	0,04	-	-	-	-
CD's - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
CD's verpackt - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Holz VP - VP	VP	-	0,04	0,01	0,00	-	-	-	-
Holz - NV	NV	-	0,02	0,12	0,01	-	-	-	-
Gummi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Gummi - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Kork - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Glas -VP	VP	0,04	0,18	0,37	0,03	-	-	-	-
Glas - NV	NV	0,01	0,07	0,02	0,01	-	-	-	-
Keramik - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Keramik - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
trennbare Kombi - VP	VP	-	-	-	-	-	-	-	-
Haushalts-kleinger. - NV	NV	0,01	0,05	0,17	0,01	-	-	-	-
IT und Telek.-geräte - NV	NV	0,01	0,02	0,07	0,00	-	-	-	-
Geräte der Unterh. - NV	NV	0,00	0,01	0,04	0,00	-	-	-	-
elekt. Werkzeug - NV	NV	0,00	0,01	0,03	0,00	-	-	-	-
elekt. Spilzezeuge - NV	NV	0,00	0,00	0,01	0,00	-	-	-	-
Glühbirnen, Leuchtm. - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Windeln - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Rest Leder - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Textilien - NV	NV	0,04	0,42	0,40	0,05	-	-	-	-
Batterien - NV	NV	-	-	-	-	-	-	-	-
Küchen-/ Gartenab. - NV	NV	0,05	0,10	0,22	0,02	-	-	-	-
Rest / Störstoffe / Verderbnisabfälle / Feinkorn - NV	NV	0,72	1,90	2,52	0,33	-	-	-	-
Summe LVP+ StNVP		1,11	3,63	5,08	0,60	1,27	2,28	2,37	0,67
Systemfremde Wertstoffe									
Sonstiges, Rest									
Fehlwurf = Fremd+Rest									
Gesamtsumme									

Anhang 7: Sortierungsmatrix von UBA (2018), ZUKUNFT -Szenario

Nr	kurze Bezeichnung	Folie	Flaschen gemischt	PO Flaschen	Kst Hohlkörper	MPO	PP	PET 90 % Flaschen	PET 75 % Flaschen	PE	Becher	PS	EPS	MSK	FSK nicht schwarz	FSK schwarz	Stoffgleiche KST	MPO-KEG	EBS	Weißblech	Aluminium	Stoffgleiche Fe	Stoffgleiche NE	Elektro	FKN	PPK aus LVP	Sortierreste	Summe		
Nr	Fraktion 3. Ebene	UK Ebene 2	0310	0320	0321	0322	0323	0324	0328-1	0328-x	0329	0330	0331	0340	0350	0351	0351-5	0360	0361	0365	412	420	430	435	440	510	550	830	Summe	
1	WB und WB Verb. VP	Weißblech / Fe-Metall																			95,00%							5,00%	100,00%	
2	WB-Verb. Pfand	Weißblech / Fe-Metall																			95,00%							5,00%	100,00%	
3	FE Schrott	Weißblech / Fe-Metall																			47,50%		47,50%					5,00%	100,00%	
4	Alu, Alu Verb. Verp.	Aluminiumhaltig / NE-Metall																				90,00%						10,00%	100,00%	
5	aluh.-Verb. PPK frei	Aluminiumhaltig / NE-Metall																				90,00%						10,00%	100,00%	
6	aluh.-Verb. PPK haltig	Aluminiumhaltig / NE-Metall																				90,00%						10,00%	100,00%	
7	Alu Pfand	Aluminiumhaltig / NE-Metall																				90,00%						10,00%	100,00%	
8	Alu NV	Aluminiumhaltig / NE-Metall																				45,00%		45,00%				10,00%	100,00%	
9	NE-Schrott	Aluminiumhaltig / NE-Metall																				45,00%		45,00%				10,00%	100,00%	
10	Folien < DIN A 4 - VP	Folien < DIN A 4													90,00%													10,00%	100,00%	
11	Folie < Din A4 NV	Folien < DIN A 4													90,00%													10,00%	100,00%	
12	Folie > Din A4 VP	Folien > DIN A 4	90,00%																									10,00%	100,00%	
13	Folie > Din A4 NV	Folien > DIN A 4	90,00%																									10,00%	100,00%	
14	PE-VP	Polyethylen (PE)								90,00%																		10,00%	100,00%	
15	PE-NV	Polyethylen (PE)								63,00%																		10,00%	100,00%	
16	PP-VP	Polypropylen (PP)									90,00%																	10,00%	100,00%	
17	PP-NV	Polypropylen (PP)									63,00%																	10,00%	100,00%	
18	PS-VP	Polystyrol (PS)																										10,00%	100,00%	
19	PS-NV	Polystyrol (PS)																										10,00%	100,00%	
20	PET Flaschen transparent	PET Flaschen transparent							90,00%																			10,00%	100,00%	
21	PET Flaschen opak	PET sonstig																										10,00%	100,00%	
22	sonstige PET Verp.	PET sonstig																										10,00%	100,00%	
23	PET- NV	PET sonstig																										10,00%	100,00%	
24	KS-Flaschen Pfand	PET Flaschen transparent							90,00%																			10,00%	100,00%	
25	PVC-VP	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	100,00%	
26	PVC-NV	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	100,00%	
27	sonstige MKS-VP	sonstige Kunststoffe																										10,00%	100,00%	
28	MKS NV	sonstige Kunststoffe																										10,00%	100,00%	
29	Eimer, Kanister - VP	Eimer, Kanister				90,00%																						10,00%	100,00%	
30	Eimer, NV	Eimer, Kanister				90,00%																						10,00%	100,00%	
31	FKN	FKN																								90,00%		10,00%	100,00%	
32	PPK Verbunde	PPK Verbunde																										90,00%	10,00%	100,00%
33	Papier VP	PPK, kein LVP																										90,00%	10,00%	100,00%
34	Papier-NV	PPK, kein LVP																										90,00%	10,00%	100,00%
35	Papier, Zellstoff -NV	PPK, kein LVP																										90,00%	10,00%	100,00%
36	CD's	sonstige Kunststoffe																										50,00%	10,00%	100,00%
37	CD's verpackt	sonstige Kunststoffe																										100,00%	10,00%	100,00%
38	Holz VP	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
39	Holz-NV	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
40	Gummi VP	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
41	Gummi-NV	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
42	Kork VP	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
43	Kork NV	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
44	Glas VP	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
45	Glas NV	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
46	Keramik VP	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
47	Keramik NV	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
48	trennbare Kombi VP	trennbare Kombi VP																										10,00%	40,00%	100,00%
49	Haushaltskleinger.	ungeeignetes LVP Material													90,00%													10,00%	10,00%	100,00%
50	IT und Telek.-geräte	ungeeignetes LVP Material													90,00%													0,00%	10,00%	100,00%
51	Geräte der Unterh.	ungeeignetes LVP Material													90,00%													0,00%	10,00%	100,00%
52	elekt. Werkzeug	ungeeignetes LVP Material													90,00%													0,00%	10,00%	100,00%
53	elekt. Spilzezeuge	ungeeignetes LVP Material													90,00%													0,00%	10,00%	100,00%
54	Giühbirnen, Leuchtm.	ungeeignetes LVP Material													90,00%													0,00%	10,00%	100,00%
55	Rest Windeln	ungeeignetes LVP Material																										90,00%	10,00%	100,00%
56	Rest Leder	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
57	Textilien	ungeeignetes LVP Material																										10,00%	10,00%	100,00%
58	Batterien	ungeeignetes LVP Material																										5,00%	10,00%	100,00%
59	Küchen-/ Gartenab.	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%
60	Rest / Störstoffe / Verderbnis-abfälle /	ungeeignetes LVP Material																										100,00%	10,00%	100,00%

Grün: eigene neue Zuordnung (ungeeignetes LVP Material: 100% "Sortierreste" in UBA, 2018)

Anhang 8: Verteilungsmatrix aus der „Klassifizierungsebene 3“ zu den 17 DS-Fraktionen (ohne Sortierung)

Zuordnung der 3.Ebene-Fraktionen zu die DS-Fraktionen + PVC - ohne "Sortierreste", "MPO-KEG",		kurze Bezeichnung	Folie	Flaschen gemischt	PO Flaschen	Kst Hohlkörper	MPO	PP	PET 90 % Flaschen	PET 75 % Flaschen	PE	Becher	PS	EPS	MSK	FSK nicht schwarz	FSK schwarz	Stoffgleiche KST	MPO-KEG	EBS	Weißblech	Aluminium	Stoffgleiche Fe	Stoffgleiche NE	Elektro	FKN	PPK aus LVP	PVC	Summe	
Nr	Fraktion 3. Ebene	UK Ebene 2	0310	0320	0321	0322	0323	0324	0328-1	0328-x	0329	0330	0331	0340	0350	0351	0351-5	0360	0361	0365	412	420	430	435	440	510	550	830	Summe	
1	WB und WB Verb. VP	Weißblech / Fe-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
2	WB-Verb. Pfand	Weißblech / Fe-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
3	FE Schrott	Weißblech / Fe-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
4	Alu, Alu Verb. Verp.	Aluminiumhaltig / NE-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
5	aluh.-Verb. PPK frei	Aluminiumhaltig / NE-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
6	aluh.-Verb. PPK haltig	Aluminiumhaltig / NE-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
7	Alu Pfand	Aluminiumhaltig / NE-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
8	Alu NV	Aluminiumhaltig / NE-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
9	NE-Schrott	Aluminiumhaltig / NE-Metall	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
10	Folien < DIN A 4 - VP	Folien < DIN A 4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
11	Folie < Din A4 NV	Folien < DIN A 4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
12	Folie > Din A4 VP	Folien > DIN A 4	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
13	Folie > Din A4 NV	Folien > DIN A 4	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
14	PE-VP	Polyethylen (PE)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
15	PE-NV	Polyethylen (PE)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
16	PP-VP	Polypropylen (PP)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
17	PP-NV	Polypropylen (PP)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	70,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	30,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
18	PS-VP	Polystyrol (PS)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
19	PS-NV	Polystyrol (PS)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
20	PET Flaschen transparent	PET Flächen transparent	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
21	PET Flaschen opak	PET sonstig	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
22	sonstige PET Verp.	PET sonstig	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
23	PET- NV	PET sonstig	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
24	KS-Flaschen Pfand	PET Flächen transparent	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
25	PVC-VP	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
26	PVC-NV	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
27	sonstige MKS-VP	sonstige Kunststoffe	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
28	MKS NV	sonstige Kunststoffe	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
29	Eimer, Kanister - VP	Eimer, Kanister	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
30	Eimer, NV	Eimer, Kanister	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
31	FKN	FKN	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
32	PPK Verbunde	PPK Verbunde	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	
33	Papier VP	PPK, kein LVP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	
34	Papier-NV	PPK, kein LVP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
35	Papier, Zellstoff -NV	PPK, kein LVP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
48	trennbare Kombi VP	trennbare Kombi VP	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	66,7%	0,0%	100,0%	
49	Haushaltskleinger.	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
50	IT und Telek.-geräte	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
51	Geräte der Unterh.	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
52	elekt. Werkzeug	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
53	elekt. Spilzeuge	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	
58	Batterien	ungeeignetes LVP Material	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	

Anhang 9: Verteilungsmatrix aus den 25 DS-Ausgangsfractionen zu den 17 „Fraktionencluster“ von Öko-Institut (2022a)

kurze Bezeichnung	Definition	Typ Fraktionen-Cluster	Glas		PPK		Kunst- stoffe											Verbunde		Metalle		SR	Gesamt	
			Glas	davon Sortierreste	PPK	davon Sortierreste	Folien	PP	PE	PS	EPS	PET-Flaschen	PET (andere)	MPO	PO-flex	Formstabile Kunststoffe	Hohlkörper	Mschkunststoffe	Verbunde, FKN	PPK aus LVP	NE-Metalle	Weißblech		Sortierreste aus LVP(+StNVP)
		Beinhaltete Fraktionen	100, 101, 102, 103, 104, 105, 625a		200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211, 212		310-0, 310-1	324-0, 324-1, 324-2, 324-3, 324-4, 324-5, 324-6	329-0, 329-3, 329-6	331-0, 330-0	340-0, 340-1, 340-2	325-0, 328-1, 328-2, 328-3	328-5, 328-6, 328-0	323-0	323-2	351-0, 351-1, 351-2	320-0, 321-0, 322-0	350-0, 350-6, 351-5, 350-4, 352-0 (20,77%)*	510, 512	550	420	410, 412, 400, 430, 625a	830, 830-2, 831, 850, 880, 361-0, 365-0	
Folie	Verpackungsabfälle aus Kunststofffolie						100%																	100,0%
Flaschen gemischt	Hohlkörperverpackungen aus Kunst- stoff <5 l.																100%							100,0%
PO Flaschen	Polyolefin-Flaschen																100%							100,0%
Kst Hohlkörper	Hohlkörperverpackungen aus Kunst- stoff >5 l.																100%							100,0%
MPO	Gemischte Polyolefinartikel: Kunststoffverpackungsabfälle aus PE und PP													100%										100,0%
PP	formstabile Kunststoffverpackungs- abfälle aus Polypropylen <5 l							100%																100,0%
PET 90 % Flaschen	PET Flaschen / Msh-PET 328-1 90% Flaschen / formstabile Kunststoffverpackungs- abfälle aus Polyethylenterephthalat. <5 l											100%												100,0%
PET 75 % Flaschen	PET-Bilster / Msh-PET 328-2 75% Flaschen / formstabile Kunststoffverpackungs- abfälle aus Polyethylenterephthalat. <5 l											50%	50%											100,0%
PE	formstabile Kunststoffverpackungs- abfälle aus Polyethylen <5l								100%															100,0%
Becher	Becher									100%														100,0%
PS	formstabile Kunststoffverpackungs- abfälle aus Polystyrol <5l									100%														100,0%
EPS	formstabile Kunststoffverpackungs- abfälle aus expandiertem Polystyrol										100%													100,0%
MSK	formstabile Kunststoffverpackungs- abfälle aus PET, PP, PS, PET																	100%						100,0%
FSK nicht schwarz	Formstabile Kunststoffe, ohne schwarze KS																	100%						100,0%
FSK schwarz	Formstabile Kunststoffe, FSK schwarze KS																	100%						100,0%
Stoffgleiche KST	stoffgleiche Nichtverpackungen (KS) / Sonstige Wertstoffe (SNVP)																	100%						100,0%
MPO-KEG	KEG =Kunststoffe für Energiegewinnung																						100%	100,0%
EBS	Ersatzbrennstoff																						100%	100,0%
Weißblech	Eisenhaltige Verpackungsabfälle (verzinkt) einschl. Weißblechver- bunden																					100%		100,0%
Aluminium	Aluminium- und Aluminiumhaltige Verpackungsabfälle																			100%				100,0%
Stoffgleiche Fe	Stoffgleiche Fe-Metalle																					100%		100,0%
Stoffgleiche NE	Stoffgleiche NE-Metalle																				100%			100,0%
Elektro	Elektronikaltgeräte																						100%	100,0%
FKN	Verpackungsabfälle aus Kartonver- bundmaterialien i.d.R. Verbund aus Papier/Polyethylen/Aluminium, teil- weise auch ohne Aluminium																		100%					100,0%
PPK aus LVP	Verpackungsabfälle aus Papier, Pappe oder Karton sowie Verbunde auf PPK Basis																		100%					100,0%
Sortierreste	Durch den Sortierprozess gegangenes Material, das keiner Sortierfrak- tion zugeordnet werden konnte																						100%	100,0%

Anhang 10: Modellierte Zusammensetzungen nach der Fraktionenclustern - Erfassten und nicht erfassten Stoffe, Fehlwurf und Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“ - IST-Szenario

Erfassungssystem	Fraktionen-Cluster	Erfasst				Gesamt-Potential	Nicht-Erfasst				Fehlwurf				Cluster "Sortierreste" von den erfassten LVP+StNVP			
		Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstoff-tonne + WSH	Depot-container + WSH		Alle	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstoff-tonne + WSH	Depot-container + WSH	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstoff-tonne + WSH	Depot-container + WSH	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstoff-tonne + WSH
	Beinhaltete Fraktionen	Zusammensetzung				Zusammensetzung	Unterteilung ohne Cluster "Sortierreste"				Unterteilung (% vom gesamten Erfassten)				Unterteilung ohne Cluster "Sortierreste"			
Folien	310-0, 310-1	8,7%	7,0%	5,5%	8,5%	9,8%	11,6%	11,9%	12,6%	11,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%
PP	324-0, 324-1, 324-2, 324-3, 324-4,	3,2%	2,8%	3,8%	3,9%	4,1%	9,8%	10,0%	7,6%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,5%	0,5%
PE	329-0, 329-3, 329-6	3,7%	3,2%	2,2%	3,5%	1,8%	4,7%	2,5%	3,9%	4,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,7%	0,5%	0,8%
PS	331-0, 330-0	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%	1,6%	1,3%	1,1%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
EPS	340-0, 340-1, 340-2	0,003%	0,003%	0,003%	0,004%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PET-Flaschen	325-0, 328-1, 328-2, 328-3	2,8%	2,2%	1,7%	2,6%	1,8%	2,8%	2,4%	2,6%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	1,6%	1,3%	1,9%
PET (andere)	328-5, 328-6, 328-0	1,8%	1,4%	1,1%	1,7%	1,1%	1,0%	0,8%	0,8%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,9%	0,7%	1,1%
MPO	323-0	3,6%	3,0%	2,7%	3,6%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PO-flex	323-2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Formstabile Kunststoffe	351-0, 351-1, 351-2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hohlkörper	320-0, 321-0, 322-0	1,5%	1,3%	1,1%	1,5%	1,5%	1,8%	2,1%	2,2%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mischkunststoffe	350-0, 350-6, 351-5, 350-4, 352-0	24,4%	22,4%	18,3%	25,5%	31,3%	30,5%	31,5%	33,4%	30,9%	0,2%	0,6%	1,9%	0,3%	2,5%	2,9%	2,1%	3,0%
Verbunde, FKN	510, 512	9,7%	7,4%	5,5%	8,7%	2,2%	0,3%	-1,8%	-1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	2,2%	1,6%	2,6%	
PPK aus LVP	550	0,9%	0,6%	0,6%	0,8%	2,8%	20,3%	23,7%	23,7%	21,3%	0,3%	0,9%	1,1%	0,3%	4,7%	3,2%	3,3%	4,3%
NE-Metalle	420	1,9%	1,3%	1,3%	1,8%	2,8%	4,2%	4,7%	4,6%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,5%	0,5%	0,7%
Weißblech	410, 412, 400, 430, 625a	8,8%	8,0%	9,4%	10,3%	8,9%	11,1%	10,6%	8,4%	10,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	1,5%	1,8%	2,0%
Cluster "Sortierreste"	830, 830-2, 831, 850, 880, 361-0	18,6%	14,9%	13,4%	18,2%	29,1%	0,4%	0,4%	0,2%	0,4%	9,4%	22,6%	29,9%	8,3%	0,9%	0,7%	0,8%	0,9%
Summe LVP+ StNVP		90,0%	76,0%	67,1%	91,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	9,95%	24,05%	32,90%	8,86%	18,58%	14,89%	13,43%	18,17%
Systemfremde Wertstoffe		3,0%	10,8%	15,2%	3,6%													
Sonstiges_Rest		6,9%	13,2%	17,7%	5,3%						Check	9,95%	24,05%	32,90%	8,86%			
Fehlwurf = Fremd+Rest		9,86%	23,97%	32,90%	8,82%													
Gesamtsumme		99,9%	99,9%	100,0%	100,0%													

Fraktionen-Cluster	Beinhaltete Fraktionen	Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)					Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)			
		Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge				Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge					Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge Erfasst				Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge Erfasst			
Erfasste Mengen	Alle	5,53	11,33	13,37	6,75	26,35	21,38	17,75	17,38	20,20	0,55	2,72	4,40	0,60	1,03	1,69	1,80	1,23
Quelle für die gesamte Menge		Klassifizierungsebene 3 - IST				Klassifizierungsebene 3 - IST					Klassifizierungsebene 3 - IST				Klassifizierungsebene 3 - IST			
Folien	310-0, 310-1	0,48	0,80	0,74	0,57	2,59	2,49	2,11	2,19	2,38	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	0,02
PP	324-0, 324-1, 324-2, 324-3, 324-4,	0,18	0,32	0,51	0,26	1,08	2,10	1,78	1,32	1,90	-	-	-	-	0,02	0,04	0,06	0,03
PE	329-0, 329-3, 329-6	0,21	0,36	0,29	0,24	0,48	1,00	0,45	0,68	0,88	-	-	-	-	0,05	0,08	0,07	0,06
PS	331-0, 330-0	0,02	0,04	0,05	0,03	0,08	0,33	0,24	0,19	0,29	-	-	-	-	0,01	0,02	0,03	0,02
EPS	340-0, 340-1, 340-2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PET-Flaschen	325-0, 328-1, 328-2, 328-3	0,16	0,25	0,23	0,18	0,47	0,60	0,42	0,45	0,56	-	-	-	-	0,11	0,18	0,17	0,13
PET (andere)	328-5, 328-6, 328-0	0,10	0,16	0,15	0,12	0,28	0,22	0,13	0,14	0,20	-	-	-	-	0,06	0,10	0,09	0,07
MPO	323-0	0,20	0,34	0,36	0,25	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-flex	323-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Formstabile Kunststoffe	351-0, 351-1, 351-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohlkörper	320-0, 321-0, 322-0	0,08	0,14	0,15	0,10	0,39	0,37	0,37	0,37	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-
Mischkunststoffe	350-0, 350-6, 351-5, 350-4, 352-0	1,35	2,54	2,44	1,73	8,24	6,53	5,58	5,80	6,24	0,01	0,06	0,25	0,02	0,14	0,33	0,28	0,20
Verbunde, FKN	510, 512	0,53	0,84	0,74	0,59	0,59	0,07	0,33	0,19	-	-	-	-	-	0,16	0,25	0,22	0,17
PPK aus LVP	550	0,05	0,07	0,08	0,06	0,74	4,34	4,21	4,12	4,30	0,02	0,10	0,15	0,02	0,26	0,37	0,45	0,29
NE-Metalle	420	0,11	0,15	0,17	0,12	0,74	0,89	0,84	0,80	0,87	-	-	-	-	0,04	0,05	0,07	0,05
Weißblech	410, 412, 400, 430, 625a	0,49	0,91	1,25	0,70	2,34	2,36	1,88	1,47	2,13	-	-	-	-	0,11	0,17	0,24	0,13
Cluster "Sortierreste"	830, 830-2, 831, 850, 880, 361-0	1,03	1,69	1,80	1,23	7,68	0,09	0,06	0,03	0,08	0,52	2,57	3,99	0,56	0,05	0,07	0,10	0,06
Summe LVP+ StNVP		4,98	8,61	8,97	6,15	26,35	21,38	17,75	17,38	20,20	0,55	2,72	4,40	0,60	1,03	1,69	1,80	1,23
Systemfremde Wertstoffe		0,16	1,22	2,03	0,24													
Sonstiges_Rest		0,38	1,50	2,37	0,35													
Fehlwurf = Fremd+Rest		0,55	2,72	4,40	0,60													
Gesamtsumme		5,52	11,32	13,37	6,75													

Anhang 11: Modellierte Zusammensetzungen nach der Fraktionenclustern - Erfassten und nicht erfassten Stoffe, Fehlwurf und Fraktionencluster „Sortierreste aus LVP+StNVP“- ZUKUNFT-Szenario

Erfassungssystem	Fraktionen-Cluster	Beinhaltete Fraktionen	Erfasst				Gesamt-Potential	Nicht-Erfasst				Fehlwurf				Cluster "Sortierreste" von den erfassten LVP+StNVP			
			Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstoff- tonne + WSH	Depot- container + WSH		Alle	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstoff- tonne + WSH	Depot- container + WSH	Zusammen- setzung	Unterteilung ohne Cluster "Sortierreste"	Unterteilung (% vom gesamten Erfassten)	Unterteilung ohne Cluster "Sortierreste"	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstoff- tonne + WSH
			Zusammensetzung				Zusammen- setzung	Unterteilung ohne Cluster "Sortierreste"				Unterteilung (% vom gesamten Erfassten)				Unterteilung ohne Cluster "Sortierreste"			
Folien		310-0, 310-1	9,4%	8,6%	8,0%	9,0%	10,4%	11,6%	11,9%	12,6%	11,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	1,0%	0,9%	1,0%
PP		324-0, 324-1, 324-2, 324-3, 324-4,	7,4%	7,0%	7,3%	8,1%	8,6%	9,8%	10,0%	7,6%	9,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,8%	0,8%	0,9%
PE		329-0, 329-3, 329-6	7,8%	6,3%	5,4%	11,5%	6,0%	4,7%	2,5%	3,9%	4,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,7%	0,6%	1,3%
PS		331-0, 330-0	1,3%	1,2%	1,2%	1,7%	1,3%	1,6%	1,3%	1,1%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%
EPS		340-0, 340-1, 340-2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PET-Flaschen		325-0, 328-1, 328-2, 328-3	3,5%	2,9%	2,6%	4,5%	3,0%	2,8%	2,4%	2,6%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,3%	0,3%	0,5%
PET (andere)		328-5, 328-6, 328-0	1,5%	1,2%	1,1%	2,1%	1,2%	1,0%	0,8%	0,8%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%
MPO		323-0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PO-flex		323-2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Formstabile Kunststoffe		351-0, 351-1, 351-2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Hohlkörper		320-0, 321-0, 322-0	0,8%	0,8%	0,8%	0,0%	1,3%	1,8%	2,1%	2,2%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
Mischkunststoffe		350-0, 350-6, 351-5, 350-4, 352-0	18,8%	18,4%	17,1%	15,8%	22,8%	30,5%	31,5%	33,4%	30,9%	0,2%	0,4%	1,2%	0,3%	4,0%	4,2%	4,0%	2,4%
Verbunde, FKN		510, 512	5,4%	3,7%	3,1%	10,1%	2,6%	0,3%	-1,8%	-1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,4%	0,3%	1,1%	
PPK aus LVP		550	11,2%	11,3%	11,0%	4,6%	15,9%	20,3%	23,7%	23,7%	21,3%	1,7%	3,3%	4,1%	1,7%	1,2%	1,3%	1,2%	0,5%
NE-Metalle		420	2,9%	2,7%	2,6%	2,2%	3,5%	4,2%	4,7%	4,6%	4,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%
Weißblech		410, 412, 400, 430, 625a	9,9%	9,1%	9,2%	11,7%	10,7%	11,1%	10,6%	8,4%	10,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,6%
Cluster "Sortierreste"		830, 830-2, 831, 850, 880, 361-0	10,8%	10,3%	9,8%	9,9%	12,7%	0,4%	0,4%	0,2%	0,4%	7,5%	12,8%	15,6%	6,9%	0,6%	0,5%	0,5%	0,9%
Summe LVP+ StNVP			90,6%	83,5%	79,1%	91,1%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	9,40%	16,45%	20,88%	8,86%	10,83%	10,31%	9,75%	9,90%
Systemfremde Wertstoffe			2,8%	7,4%	9,7%	3,6%													
Sonstiges, Rest			6,6%	9,1%	11,2%	5,3%						Check	9,40%	16,45%	20,88%	8,86%			
Fehlwurf = Fremd+Rest			9,40%	16,45%	20,88%	8,86%													
Gesamtsumme			100,0%	100,0%	100,0%	100,0%													

Fraktionen-Cluster	Beinhaltete Fraktionen	Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)				Mengen (kg / EW / a)				
		Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge				Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge				Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge Erfasst				Aus der Zusammensetzung % und der Gesamtmenge Erfasst				
Berechnungsmethode		Alle				Alle				Alle				Alle				
Erfasste Mengen		11,77	22,08	24,31	6,75	26,35	15,69	7,91	7,12	20,20	1,11	3,63	5,08	0,60	1,27	2,28	2,37	0,67
Quelle für die gesamte Menge		Klassifizierungsebene 3 - ZUKUNFT				Klassifizierungsebene 3 - ZUKUNFT				Klassifizierungsebene 3 - ZUKUNFT				Klassifizierungsebene 3 - ZUKUNFT				
Folien	310-0, 310-1	1,10	1,90	1,94	0,61	2,75	1,82	0,94	0,90	2,38	-	-	-	-	0,12	0,21	0,22	0,07
PP	324-0, 324-1, 324-2, 324-3, 324-4,	0,87	1,54	1,77	0,55	2,26	1,54	0,79	0,54	1,90	-	-	-	-	0,10	0,17	0,20	0,06
PE	329-0, 329-3, 329-6	0,91	1,39	1,32	0,78	1,57	0,73	0,20	0,28	0,88	-	-	-	-	0,10	0,15	0,15	0,09
PS	331-0, 330-0	0,15	0,26	0,29	0,11	0,35	0,25	0,11	0,08	0,29	-	-	-	-	0,02	0,03	0,04	0,01
EPS	340-0, 340-1, 340-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PET-Flaschen	325-0, 328-1, 328-2, 328-3	0,41	0,64	0,64	0,30	0,80	0,44	0,19	0,19	0,56	-	-	-	-	0,05	0,07	0,07	0,03
PET (andere)	328-5, 328-6, 328-0	0,18	0,26	0,27	0,14	0,32	0,16	0,06	0,06	0,20	-	-	-	-	0,02	0,03	0,03	0,02
MPO	323-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-flex	323-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Formstabile Kunststoffe	351-0, 351-1, 351-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hohlkörper	320-0, 321-0, 322-0	0,09	0,19	0,20	-	0,34	0,27	0,17	0,15	0,37	-	-	-	-	0,01	0,02	0,02	-
Mischkunststoffe	350-0, 350-6, 351-5, 350-4, 352-0	2,21	4,06	4,15	1,06	6,02	4,79	2,49	2,38	6,24	0,02	0,08	0,29	0,02	0,47	0,94	0,96	0,16
Verbunde, FKN	510, 512	0,64	0,82	0,76	0,69	0,69	0,05	0,15	0,08	-	-	-	-	0,07	0,09	0,08	0,08	
PPK aus LVP	550	1,32	2,49	2,67	0,31	4,18	3,18	1,88	1,69	4,30	0,19	0,73	0,99	0,11	0,15	0,28	0,30	0,03
NE-Metalle	420	0,35	0,60	0,64	0,15	0,93	0,65	0,37	0,33	0,87	-	-	-	-	0,04	0,07	0,07	0,02
Weißblech	410, 412, 400, 430, 625a	1,16	2,02	2,24	0,79	2,81	1,73	0,84	0,60	2,13	-	-	-	-	0,06	0,11	0,12	0,04
Cluster "Sortierreste"	830, 830-2, 831, 850, 880, 361-0	1,27	2,28	2,37	0,67	3,34	0,06	0,03	0,01	0,08	0,89	2,82	3,79	0,46	0,07	0,11	0,12	0,06
Summe LVP+ StNVP		10,67	18,45	19,23	6,15	26,35	15,69	7,91	7,12	20,20	1,11	3,63	5,08	0,60	1,27	2,28	2,37	0,67
Systemfremde Wertstoffe		0,33	1,63	2,35	0,24													
Sonstiges, Rest		0,77	2,00	2,73	0,36													
Fehlwurf = Fremd+Rest		1,11	3,63	5,08	0,60													
Gesamtsumme		11,77	22,08	24,31	6,75													

Anhang 12: Zuordnung des Fehlwurfs und Zuordnung dessen Inhalts im Vergleichsszenario ohne Fehlwurf

Erfassungssystem	IST				ZUKUNFT			
	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH	Gelber Sack + WSH	Gelbe Tonne + WSH	Wertstofftonne + WSH	Depotcontainer + WSH
Stoffgruppen	Fehlwurf							
PPK - Verwertung	0,3%	0,9%	1,1%	0,3%	1,7%	3,3%	4,1%	1,7%
Glas - Verwertung	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
MSK - Verwertung aus E-Geräten	0,2%	0,6%	1,9%	0,3%	0,2%	0,4%	1,2%	0,3%
PPK - EBS + KEG	0,8%	2,3%	3,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz - EBS + KEG	0,0%	0,2%	0,5%	0,1%	0,0%	0,2%	0,5%	0,1%
Textilien* - EBS + KEG	0,2%	1,6%	1,5%	0,4%	0,3%	1,7%	1,5%	0,6%
Summe EBS+KEG Fehlwurf	1,0%	4,1%	5,0%	1,3%	0,3%	1,9%	2,0%	0,7%
Sortierrest - organische Abfälle	0,5%	0,7%	1,4%	0,3%	0,4%	0,5%	0,9%	0,3%
Sortierrest - verpackte Lebensmittel	1,8%	1,8%	2,0%	0,9%	1,7%	1,2%	1,2%	0,9%
Sortierrest - Problem- und Schadstoffe	0,1%	0,4%	0,0%	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,1%
Sortierrest - Hygieneprodukte	1,2%	2,2%	3,8%	1,0%	1,1%	1,5%	2,4%	1,0%
Sortierrest - Stoffe a. n. g.	3,4%	8,2%	10,6%	3,0%	3,2%	5,6%	6,7%	3,0%
Sortierrest - PPK	0,8%	2,3%	3,0%	0,8%	0,2%	0,4%	0,5%	0,2%
Sortierrest - Glas	0,5%	1,7%	2,5%	0,6%	0,4%	1,1%	1,6%	0,6%
Sortierrest - Holz	0,0%	0,2%	0,4%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Sortierrest - Elektrokleingeräte	0,0%	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Sortierrest - Textilien	0,2%	1,2%	1,1%	0,3%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%
Σ Sortierrest Fehlwurf	8,4%	18,6%	24,9%	7,0%	7,2%	10,8%	13,6%	6,1%
Σ Fehlwurf	9,9%	24,0%	32,9%	8,9%	9,4%	16,5%	20,9%	8,9%
Stoffgruppen	Ex-Fehlwurf - Richtig getrennt							
PPK - Verwertung	0,7%	2,0%	2,6%	0,7%	1,7%	3,5%	4,3%	1,8%
Glas - Verwertung	0,5%	1,7%	2,5%	0,6%	0,4%	1,1%	1,6%	0,6%
MSK - Verwertung aus E-Geräten	0,2%	0,6%	2,1%	0,3%	0,2%	0,4%	1,3%	0,3%
Textilien - Verwertung	0,1%	0,9%	0,9%	0,2%	0,1%	0,6%	0,5%	0,2%
PPK - EBS + KEG	1,2%	3,4%	4,5%	1,2%	0,1%	0,2%	0,2%	0,1%
Holz - EBS + KEG	0,0%	0,4%	0,8%	0,1%	0,0%	0,3%	0,5%	0,1%
Textilien - EBS + KEG	0,1%	0,9%	0,9%	0,2%	0,1%	0,6%	0,5%	0,2%
Summe EBS+KEG Fehlwurf	1,3%	4,7%	6,2%	1,5%	0,2%	1,1%	1,3%	0,4%
Biomüll- organische Abfälle	0,5%	0,7%	1,4%	0,3%	0,4%	0,5%	0,9%	0,3%
Restmüll- verpackte Lebensmittel	1,8%	1,8%	2,0%	0,9%	1,7%	1,2%	1,2%	0,9%
Restmüll- Problem- und Schadstoffe	0,1%	0,4%	0,0%	0,1%	0,1%	0,2%	0,0%	0,1%
Restmüll- Hygieneprodukte	1,2%	2,2%	3,8%	1,0%	1,1%	1,5%	2,4%	1,0%
Restmüll- Stoffe a. n. g.	3,4%	8,2%	10,6%	3,0%	3,2%	5,6%	6,7%	3,0%
Restmüll- PPK	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Restmüll- Glas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Restmüll- Holz	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Restmüll- Elektrokleingeräte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Restmüll- Textilien	0,1%	0,9%	0,9%	0,2%	0,1%	0,6%	0,5%	0,2%
Σ Restmüll	6,6%	13,5%	17,2%	5,2%	6,2%	9,2%	10,9%	5,2%
Σ ex-Fehlwurf	9,9%	24,0%	32,9%	8,9%	9,4%	16,5%	20,9%	8,9%
	Beige: Änderung im Vergleich mit Szenario mit Fehlwurf							

Anhang 13: Berechnung des Verbrauchs an gelben Säcken, Tonnen, Containern

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
<u>Behälter im Wertstoffhof</u>		Nicht einbezogen		Annahme	Begründung: StNVP machen nur ein geringfügiges Anteil (Volumen, Gewicht) der Wertstoffen in diesen Behältern
<u>Behälter: Gewicht</u>					
Tonne 120 l	kg / Behälter	10	10	Daten AWM	
Tonne 240 l	kg / Behälter	12	12	Daten AWM	
Tonne 1.200 l	kg / Behälter	55	55	Daten AWM	
Gelber Sack 15 µm	kg / Sack	0,013	0,013	Daten AWM	
Stärke des gelben Sacks München	µm	19	19	Daten AWM	
Gelber Sack 19 µm	kg / Sack	0,017	0,017	Berechnet aus dem Verhältnis der Stärke	
Depotcontainer	kg / Behälter	130	130	Daten AWM	
<u>Behälter: Lebensdauer</u>					
Tonnen	a / Behälter	15	15	AbschätzungAWM	Konservativer Wert
Depotcontainer	a / Behälter	30	30	AbschätzungAWM	
<u>Behälter: Material</u>					
Tonnen		HDPE mind. Rezyklatanteil von 80% Regranulat		Daten AWM	
Gelber Sack		HDPE Folie		Daten AWM	
Depotcontainer		Glasverstärktes Polyesterharz		Daten AWM	
<u>Anzahl behälter</u>					
<u>Wertstofftonne in den Pilotgebieten</u>					
Tonne 120 l	Stück	1.441		Daten AWM	
Tonne 240 l	Stück	453		Daten AWM	
Tonne 1.200 l	Stück	407		Daten AWM	
<u>Gelbe Tonne in den Pilotgebieten</u>					
Tonne 120 l	Stück	2.101		Daten AWM	
Tonne 240 l	Stück	534		Daten AWM	
Tonne 1.200 l	Stück	389		Daten AWM	
<u>Gelber Sack (Stadtgebiet)</u>					
Standard-Menge im gelben Sack	kg erfasst / Sack	2	2	UBA, 2018, vom AWM validiert	
Aufkommen Wertstoff, "Gelber Sack"	kg / (EW*a)	4,60	9,70	2024: Höchste Erfassung im Pilotgebiet; 2027-39: Ergebnis des Zukunft-Szenarios	
Ausgabe GS IST Pilotgebiet	Stück / EW	55			
Gelber Säcke	Stück / (EW*a)	2,3	4,9	Berechnet aus: 1. erfasster Menge LV+StNVP und Menge pro Sack; 2. Mindestanzahl umgerechnet nach Anzahl Haushalte und EW	
Depotcontainer (Stadtgebiet)	Stück	2.401	2.496		
<u>Anzahl Einwohner in den Pilotgebieten</u>					
Pilotgebiete Wertstofftonne	EW	27.707		Daten AWM	
Pilotgebiete Gelbe Tonne	EW	24.486		Daten AWM	
<u>Verbrauch Material</u>					
Wertstofftonne	kg / (EW*a)	0,12	0,12	Mittelwert von GT und WST in den Pilotgebieten, berechnet aus Anzahl Behälter, Einwohnerzahl, Lebensdauer, Gewicht, 2027-39 wie 2024	
Gelbe Tonne	kg / (EW*a)	0,12	0,12		
Gelber Sack	kg / (EW*a)	0,039	0,081	Berechnet aus Anzahl Behälter / EW und Gewicht	
Depotcontainer	kg / (EW*a)	0,0065	0,0065	Berechnet aus Anzahl Behälter, Einwohnerzahl, Lebensdauer, gewicht, 2027-39 wie 2024	

Anhang 14: Berechnung von Emissionsfaktoren für die Erstellung und die Verwertung der gelben Säcken, Tonnen, Container

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
EF vom HDPE allgemein					
Temperatur für "Formung"	°C	165	165	Braker, undatiert	
Temperatur des Materials vor "Formung"	°C	15	15	Annahme	
Schmelzpunkt	°C	132	132	Wikipedia-PEHD, 2025	
Spezifische Wärmekapazität (fest)	kJ / kg / K	2,9	2,9	Wikipedia-PEHD, 2025	
Spezifische Wärmekapazität	kJ / kg / K	1,9	1,9	Wikipedia-PEHD, 2025	1331 bis 2400 J/kg-K
Latente Fusionswärme	kJ / kg.	188,6	188,6	Wikipedia-PEHD, 2025	
Energie-Input zur „Formung“ 1 Wh	kJ / kg. kJ	589 3,6	589 3,6	Berechnet aus den vorherigen Größen Physikalische Größe	
EF Energieträger Erdgas	kg CO2-eq / MWh	201	201	BAFA, 2024	
EF Energieträger Erdgas	kg CO2-eq / kJ	5,58E-05	5,58E-05		
EF "Formung"	kg CO2-eq / kg	0,033	0,033		Ohne Energieverluste bei der Gasnutzung
EF HDPE als Material neu	kg CO2-eq / kg	1,9	1,9	BAFA, 2024	
CO2-Einsparung beim Recyceln	%	80%	80%	BVSE, 2022	
Z.L.: EF HDPE material recycelt (1)	kg CO2-eq / kg	0,38	0,38		20% vom Neu; Passt auch mit
Anwendungen für das Recycling von HDPE in Modellierung des Fraktionenclusters PE	kg CO2-eq / kg Abfall	0,23	0,11	Aus der Berechnung der Emissionsfaktoren	
Recyclingquote in Modellierung des Fraktionenclusters PE	%	99%	99%	Öko-Institut, 2022a, Tabelle 3-20	
Ausbeute des Recyclings in Modellierung des Fraktionenclusters PE	%	70%	70%	Öko-Institut, 2022a, Tabelle 3-22	
EF HDPE als material recycelt	kg CO2-eq / kg	0,33	0,16	Berechnet als Anwendungen für das Recycling von HDPE, bezogen auf die Ausbeute	Annahme: Das aus dem Dualen System recyceltes PEHD wäre repräsentativ für das recyceltes PEHD allgemein (bzgl. der THG Emissionen)
Austausch der Tonnen (HDPE)					
Recyclingquote der HDPE der Tonnen	%	100%	100%	Daten AWM	
Wassergehalt der ausgemusterten Tonnen	%	0%	0%	Annahme	
Störstoffanteil der ausgemusterten Tonnen	%	0%	0%	Annahme	
Ausbeute des Recyclings	%	81%	81%	Berechnet aus dem Verhältnis des Anteils des reinen Zielstoffes in der Fraktion, Blatt "EF_Verwertung"	
EF Verwertung der Tonnen (HDPE), Gutschrift korrigiert für recyceltes Material	kg CO2-eq / kg	0,034	0,025	Berechnet: Verwertung PE ohne Gutschrift Recycling + Gutschrift Recycling aus "EF HDPE material recycelt" mit Anteil HDPE Recycelt und Recyclingquote der HDPE der Tonnen	EF Mit Bindedraht, ohne zersägen (beide vernachlässigt, gleichen sich z.T. aus)
EF Verwertung der Tonnen (HDPE), Gutschrift korrigiert für recyceltes Material	kg CO2-eq / kg	0,034	0,025	Berechnet: EF für Verwertung, mit [Gutschrift für neues HDPE] durch [- Anwendungen] ersetzt	EF Mit Bindedraht, ohne zersägen (beide vernachlässigt, gleichen sich z.T. aus)
Anteil Recyceltes HDPE in den Tonnen	%	80%	80%	Daten AWM	
EF Erstellung der Tonnen (PEHD)	kg CO2-eq / kg	0,68	0,54	Berechnet aus den Anteilen vom neuem/recycelten Material und entsprechenden EFs + EF "Formung"	
EF Austausch Tonnen (HDPE)	kg CO2-eq / kg	0,71	0,57	Berechnet, EF Erstellung + EF Verwertung	Eisen und weitere nicht-HDPE Materialien vernachlässigt
Erstellung und Verwertung der gelben Säcke (HDPE)					
Recyclingquote der HDPE der Säcken	%	99%	99%	Öko-Institut, 2022a	
Wassergehalt der gelben Säcke	%	0%	0%	Annahme	
Störstoffanteil der gelben Säcke	%	0%	0%	Annahme	
Ausbeute des Recyclings	%	81%	81%	Berechnet aus dem Verhältnis des Anteils des reinen Zielstoffes in der Fraktion, Blatt "EF_Verwertung"	
EF Verwertung der gelben Säcke (HDPE), Gutschrift korrigiert für recyceltes Material	kg CO2-eq / kg	0,053	0,047	Berechnet: Verwertung PE ohne Gutschrift Recycling + Gutschrift Recycling aus "EF HDPE material recycelt" mit Anteil HDPE Recycelt und Recyclingquote der HDPE der Säcke	EF Mit Bindedraht
Anteil Recyceltes HDPE in den Säcken	%	0%	0%	Annahme (konservativ)	
EF Erstellung der gelben Säcken (PEHD)	kg CO2-eq / kg	1,93	1,93	Berechnet aus den Anteilen vom neuem/recycelten Material und entsprechenden EFs + EF "Formung"	

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
EF "Austausch" Gelbe Säcke	kg CO2-eq / kg	1,99	1,98	Berechnet, EF Erstellung + EF Verwertung	
EF vom Polyester allgemein					
EF "Formung"	kg CO2-eq / kg	0	0	Vernachlässigt nach Erfahrung mit HDPE	
EF Polyesterharz als Material neu	kg CO2-eq / kg	2,8	2,8	BAFA, 2024 für PET Kunststoffe.de, 2025.	Cradle to gate; Keine Daten für Polyesterharz. "Polyethylenterephthalat (PET) ist ein Thermoplast und zählt zu den Polyestern."
Anwendungen für das Recycling in Modellierung des Fraktionenclusters "PET andere"	kg CO2-eq / kg	0,13	0,05	Aus der Berechnung der Emissionsfaktoren	
Recyclingquote in Modellierung des Fraktionenclusters "PET andere"	%	70%	70%	Öko-Institut, 2022a, Tabelle 3-20	
Ausbeute des Recyclings in Modellierung des Fraktionenclusters "PET andere"	%	53%	53%	Öko-Institut, 2022a, Tabelle 3-22	
EF Polyesterharz material recycelt	kg CO2-eq / kg	0,35	0,14	Berechnet als Anwendung für das Recycling von "PET andere", bez. auf die Ausbeute	
Austausch der Depotcontainer					
Recyclingquote des PET der Container	%	0%	0%	Annahme: wegen Glasfaser & Harz	
Wassergehalt des PET der Container	%	0%	0%	Annahme	
Störstoffanteil des PET der Container	%	0%	0%	Annahme	
Ausbeute des Recyclings	%	78%	78%	Berechnet aus dem Verhältnis des Anteils des reinen Zielstoffes in der Fraktion, Blatt "EF_Verwertung"	
EF Verwertung der Containern	kg CO2-eq / kg	0,55	0,47	Berechnet: Verwertung PE ohne Gutschrift Recycling + Gutschrift Recycling aus "EF HDPE material recycelt" mit Anteil HDPE Recycelt und Recyclingquote der HDPE der Tonnen	EF Mit Bindedraht, ohne zersägen (beide vernachlässigt, gleichen sich z.T. aus)
Anteil Recyceltes PET in den Containern	%	70%	70%	Annahme: wie HDPE minus 10% für Faser & Harz	
EF Erstellung der Container (PET)	kg CO2-eq / kg	1,08	0,94	Berechnet aus den Anteilen vom neuem/recycelten Material und entsprechenden EFs + EF "Formung"	
EF Austausch Container (Polyesterharz)	kg CO2-eq / kg	1,63	1,41	Berechnet, EF Erstellung + EF Verwertung	Eisen und weitere nicht-PET Materialien vernachlässigt

Anhang 15: Parameter zur Quantifizierung des Individualtransports

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
Zeitraum für die Bewertung	Kalender-Jahre	2024	2027-2039 (2033)	Angabe AWM	Grobe Wirkungsdauer der Entscheidung der Umstellung
Einwohner München	Mio.E	1.597	1.724	LHM, 2024b	2024: Sept 2024
Individualverkehr bei Bringsystemen (Depotcontainer + Ergänzung Wertstoffhof)					
Depotcontainer					
Aufkommen	kg / (EW*a)	5,98	5,98	Berechnet aus der Sammelmasse bzw. Ergebnis aus dem Zukunft-Szenario	
Anliefermenge	kg / Anlieferung	1,0	1,0	UBA, 2018.	
Anzahl Anlieferungen zum Container	Anzahl / a / E	6,0	6,0	Berechnet aus Menge und Anliefermenge	
Anteil LVP+StNVP in Anlieferung	%	50	50	UBA, 2018.	
Anzahl Wertstoffinseln München	-	876	911	2024: Daten AWM; 2025: Berechnung mit Annahme: 50% des Bevölkerungszuwachses in Neubaugebiet	
Fläche des Stadtgebietes München	km2	311	311	Wikipedia, 2024	
Anteil der Fläche im Gebäudegebiete	%	62	62	Wikipedia, 2024	
Fläche der Gebäudegebiete	km2	191	191	Berechnet aus dem Anteil Fläche Gebäudegebiete	
Fläche der Wohngebiete	km2	191	191	Annäherung: Gleich wie Gebäudegebiete	
Abstand zwischen Wertstoffinseln (Durchschnitt)	km	0,22	0,22	Berechnet aus Fläche der Wohngebiete und Anzahl der Wertstoffinseln	Grob, nach Rechteck-Raster
Max. Distanz EW.- Container (Durchschnitt)	km	0,11	0,11	Berechnet: Abstand / 2	
Min. Distanz EW.- Container (Durchschnitt)	km	0,00	0,00	Per Definition	
Mittl. Distanz (hin & rück)	km	0,20	0,20	Einschätzung AWM, mit Berücksichtigung des Abstandes zwischen den Containerinseln	(2 km im UBA, 2018)
Distanz Kombifahrt (hin & rück) für LVP	km	0,09	0,09	Berechnet: aus Mittl. Distanz, proportional zu UBA, 2018	Umweg für LVP+StNVP: (0,9 km im UBA, 2018)
Anteil PKW-Anlieferung	%	20%	20%	Max nach eigenen . und wegen der kurzen Distanzen, vom AWM angenommen	
Anteil Direktfahrt PKW	%	7%	7%	Berechnet aus Anteil KFW-anlieferung proportional zu UBA, 2018	
Anteil Kombifahrt PKW	%	13%	13%	Berechnet aus Anteil KFW-anlieferung proportional zu UBA, 2018	
Strecke Direktfahrt	km / Mio.E / a	86.622	86.624	Berechnet aus Fahrten, Anteil PKW, Distanz	
Strecke Kombifahrt	km / Mio.E / a	68.679	68.680	Berechnet aus Fahrten, Anteil PKW, Distanz	
Gesamtstrecke	km / Mio.E / a	155.301	155.304	Berechnet Direkt- + Kombifahrt	
Wertstoffhof als Ergänzung zum Container, zum gelben Sack oder zur gelben Tonne					
Anzahl Anlieferungen je Haushalt	Anzahl / a / Hshalt	4	4	Annahme aus der Beobachtung, eher hoher Wert	Annahme: gleiche Anzahl für die 3 Erfassungssysteme
Anzahl Haushalte in München	Mio. Haushalte	0,86	0,93	LHM, 2024b, extrapoliert nach Einwohnerzahl für 2027-39	2024: Sept 2024
Anzahl Anlieferungen	Anzahl / a / Mio. E	2.152.583	2.152.583	Berechnet aus: Anzahlen Anlieferungen / Haushalt & Haushalte; Bevölkerung	
Anteil (nicht -sperriger) LVP+StNVP in PKW-Anlieferung	%	5%	5%	Annahme aus der Beobachtung - Kaum jemand kommt mit dem PKW zum WSH in München nur für nicht-sperrige StNVP	
Distanz (hin & rück)	km	6	6	BIFA, 2011, in UBA, 2018	Wie BIFA, 2011, obwohl auch z.T. ländlich (Zweckverbands für Abfallwirtschaft Kempten (ZAK) - DC+WSH). Erscheint realistisch für LHM
Kombifahrt: Gesamtweg	km	4	4	BIFA, 2011	
Kombifahrt: Umweg	km	0,9	0,9	BIFA, 2011	
Kombifahrt: LVP+StNVP zugerechnet	km	2,0	2,0	Berechnet nach BIFA, 2011: 50% des Gesamtweges	UBA, 2018 hier korrigiert
Anteil PKW-Anlieferung	%	97%	97%	BIFA, 2011, in UBA, 2018	
Extra-Fahrten für (LVP &) StNVP	Anzahl / a / Mio. H	0,19	0,19	Berechnet aus Anzahl & Anteil der Anlieferungen	Erscheint doch nicht viel
Anteil Direktfahrt PKW	%	38%	38%	BIFA, 2011, in UBA, 2018	Annahme: gleiche Entfernung, gleiche Anteile wie UBA, 2018
Anteil Kombifahrt PKW	%	59%	59%	BIFA, 2011, in UBA, 2018	Annahme: gleiche Entfernung, gleiche Anteile wie UBA, 2018
Strecke Direktfahrt	km / Mio.E / a	245.394	245.394	Berechnet aus Fahrten, Anteil PKW, Distanz	
Strecke Kombifahrt	km / Mio.E / a	127.002	127.002	Berechnet aus Fahrten, Anteil PKW, Distanz	
Gesamtstrecke	km / Mio.E / a	372.397	372.397	Direkt- + Kombifahrt	
Wertstoffhof als Ergänzung zur Wertstofftonne					
Strecke Direktfahrt	km / Mio.E / a	0	0	Annahme	Alle nicht-sperrige StNVP kommen in die WST
Strecke Kombifahrt	km / Mio.E / a	0	0	Annahme	Alle nicht-sperrige StNVP kommen in die WST
Gesamtstrecke	km / Mio.E / a	0	0	Direkt- + Kombifahrt	
Erläuterung der Farben	Grün: Angabe	Gelb: Berechnet			

Anhang 16: Berechnung der Anzahl und Länge der Sammeltouren sowie des verbundenen Verbrauchs

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
z.I. Sammeltouren im Pilotversuch (gelbe Systeme)					
Anzahl Sammeltouren - Pilotgebiete					
Wertsofftonne - Pilotgebiete	Touren / a	204		Daten AWM	Mit Nachjustierungen während des Versuches
Gelbe Tonne - Pilotgebiete	Touren / a	132		Daten AWM	
Gelber Sack - Pilotgebiet	Touren / a	26		Daten AWM	
Einwohnerzahl - Pilotgebiete					
Wertsofftonne - Pilotgebiete	EW	27.707		Daten AWM	
Gelbe Tonne - Pilotgebiete	EW	24.486		Daten AWM	
Gelber Sack - Pilotgebiet	EW	12.759		Daten AWM	
Anzahl Sammeltouren pro Einwohner - Pilotgebiete					
Wertsofftonne	Touren / Mio.E / a	7.363			
Gelbe Tonne	Touren / Mio.E / a	5.391		Berechnet aus Anzahl der Touren und Einwohnerzahl	
Gelber Sack	Touren / Mio.E / a	2.038			
Z.I. Durchschnitt	Touren / Mio.E / a	5.573			In den Berechnungen nicht benutzt
Geholte Menge - Pilotgebiete					
Wertsofftonne	Mg / a	409		Berechnet aus den Daten aus dem Pilotversuch	
Gelbe Tonne	Mg / a	320		Berechnet aus den Daten aus dem Pilotversuch	
Gelber Sack	Mg / a	58		Berechnet aus den Daten aus dem Pilotversuch	
Geholte Menge pro Tour- Pilotgebiete					
Wertsofftonne	Mg / Tour	2,0		Berechnet aus mengen und Anzahl der Touren	
Gelbe Tonne	Mg / Tour	2,4		Berechnet aus mengen und Anzahl der Touren	
Gelber Sack	Mg / Tour	2,2		Berechnet aus mengen und Anzahl der Touren	
Strecke im Sammelgebiet pro Tour (Pilot)					
Gesamte Tour	km / Tour	55		Einschätzung AWM	
Außerhalb des Sammelgebietes	km / Tour	38,5		Erhebung AWM	
Innerhalb Sammelgebiet, Durchschnitt	km / Tour	16,5		Berechnet: Gesamt - Außerhalb	
Ratio Zeit je Stelle GT od. WST / GS	s / s	1,4		Abschätzung AWM	Mittelwert von 1,3-1,5
Ratio Strecke im Sammelgebiet GS / GT od. WST	km / km	1,4		Abschätzung AWM	Mittelwert von 1,3-1,5
Innerhalb Sammelgebiet, WST	km / Tour	16,0		So berechnet, dass der nach Tourenzahl gewichtete Durchschnitt die durchschnittliche Strecke gleicht	
Innerhalb Sammelgebiet, GT	km / Tour	16,0			
Innerhalb Sammelgebiet, GS	km / Tour	22,5			
Jährliche Strecke im Sammelgebiet (Pilot)					
Wertsofftonne	km / Jahr	3.272		Berechnet: Anzahl Touren x Strecke / Tour	
Gelbe Tonne	km / Jahr	2.117		Berechnet: Anzahl Touren x Strecke / Tour	
Gelber Sack	km / Jahr	584		Berechnet: Anzahl Touren x Strecke / Tour	
Z.I. Gewichteter Durchschnitt	km / Jahr	2.309			
Einwohnerzahl - Pilotgebiete					
Solln 1	EW	7.104		Daten AWM	
Solln 2	EW	8.028		Daten AWM	
Westend	EW	12.575		Daten AWM	
Allach	EW	13.914		Daten AWM	
Schwabing Mitte	EW	10.572		Daten AWM	
Lehel	EW	12.759		Daten AWM	
Frequenz der Leerungen nach Gebietstyp im Pilot					
Solln 1 (WST, KB)	Leerung / Monat	1,0		Daten AWM	4 x 1/4
Solln 2 (WST, KB)	Leerung / Monat	2,0		Daten AWM	2 x (4 x 1/4)
Schwanthalerhöhe (WST, GW)	Leerung / Monat	2,0		Daten AWM	2 x 1/2
Allach (GT, KB)	Leerung / Monat	2,0		Daten AWM	KB 4 x 1/4, GB 2 x 1/2
Schwabing Mitte (GT, GW)	Leerung / Monat	2,0		Daten AWM	2 x (3 x 1/3)
Wertsofftonne (Durchschnitt)	Leerung / Monat	1,7		Berechnet: Mittelwert, gewichtet nach Einwohneranzahl	
Gelbe Tonne (Durchschnitt)	Leerung / Monat	2,0			
Gelber Sack (Lehel (Lehel, i. W. GW)	Leerung / Monat	2,0		Daten AWM	2 x 1
Jährliche Strecke im Sammelgebiet (Pilot) für 1 Leerung / Monat					
Wertsofftonne	(km / Jahr) / (Leerung/Monat)	1.877		Berechnet: Strecke / Frequenz	
Gelbe Tonne		1.059		Berechnet: Strecke / Frequenz	
Gelber Sack		292		Berechnet: Strecke / Frequenz	
Extrapolierter jährliche Strecke im Sammelgebiet pro Mio.E für 1 Leerung / Monat					
nach Wertsofftonne		67.729	62.742	IST: Extrapoliert aus Pilotgebiet proportional zu Einwohnerzahl; ZUKUNFT: jährliche Strecke für die ganze Stadt wie IST	
nach Gelbe Tonne		43.232	40.049		
nach Gelber Sack	(km / Mio.E / a) / (Leerung/Monat)	22.879	21.194		
Gewichteter Durchschnitt		49.684	46.025	Berechnet: Mittelwert, gewichtet nach Einwohneranzahl in den entsprechenden Pilotgebieten	

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
Dieserverbrauch Sammelfahrzeuge - aus dem Pilotversuch					
<u>Länge der Sammeltouren (Durchschnitt über die 3 Systeme)</u>					
Im Sammelgebiet	km / Tour	16,5		Berechnet oben	
Außerhalb des Sammelgebietes	km / Tour	38,5		Erhebung AWM	
Dieserverbrauch ganze Strecke	l Diesel / 100 km	68		Erhebung AWM	
Dieserverbrauch - nicht Sammelgebiet	l Diesel / 100 km	38	38	Daten AWM	
Dieserverbrauch - Sammelgebiet	l Diesel / 100 km	138	138	Berechnet aus den Streckenlängen und Vrebräuchen	
Verbrauch Erdgas (Erdgas) Sammelfahrzeuge					
Erdgas-Verbrauch ganze Strecke	kg Erdgas / 100 km	65		Erhebung AWM	
Erdgas-Verbrauch - nicht Sammelgebiet	kg Erdgas / 100 km	36	36	Berechnet anteilmäßig wie bei Diesel	
Erdgas-Verbrauch - Sammelgebiet	kg Erdgas / 100 km	132	132	Berechnet anteilmäßig wie bei Diesel	
Sammeltouren für LVP+StNVP bei den gelben Systemen - Vorgesehen					
<u>Anzahl der Sammeltouren</u>					
Wertsofftonne	Touren / a, Stadt	13.721		Pläne AWM	Für 27,5 l Behälter / EW / Woche (für 22 kg geholt / EW / a)
Gelbe Tonne	Touren / a, Stadt	12.474		Pläne AWM	Für 25 l Behälter / EW / Woche (für 20 kg geholt / EW / a)
Ratio Zeit je Stelle GT / GS	-	1,4		Abschätzung AWM	Mittelwert von 1,3-1,5
Gelber Sack	Touren / a, Stadt	8.910		Berechnet aus Anzahl Touren GT & Ratio Zeit GT/GS	
Wertsofftonne	Touren / Mio.E / a	8.592	8.592		
Gelbe Tonne	Touren / Mio.E / a	7.811	7.811		
Gelber Sack	Touren / Mio.E / a	5.579	5.579	IST: Berechnet aus Anzahl Touren und Einwohnerzahl; ZUKUNFT = IST	
<u>Z.I. Geholte Menge (ohne WSH)</u>					
Wertsofftonne	kg / EW / a	13,4	24,3		
Gelbe Tonne	kg / EW / a	11,0	21,7	Berechnet aus den erfassten Mengen	
Gelber Sack	kg / EW / a	4,6	10,8		
<u>Z.I. Geholte Menge pro Tour (ohne WSH)</u>					
Wertsofftonne	Mg / Tour	1,6	2,8	Berechnet aus mengen und Anzahl der Touren	Die Sammelfahrzeuge fahren leer....
Gelbe Tonne	Mg / Tour	1,4	2,8	Berechnet aus mengen und Anzahl der Touren	Die Sammelfahrzeuge fahren leer....
Gelber Sack	Mg / Tour	0,8	1,9	Berechnet aus mengen und Anzahl der Touren	Die Sammelfahrzeuge fahren leer....
Länge der Sammeltouren außerhalb des Sammelgebietes	km / Tour	38,5	38,5	Berechnung AWM	
<u>Anteil der Gebietstypen in der Stadt nach der Einwohneranzahl</u>					
KB Gebiete	% EW-Zahl	11%	11%	Erhebung AWM	
GW + Misch. Gebiete	% EW-Zahl	89%	89%	Erhebung AWM	
<u>Frequenz der Leerungen nach Gebietstyp</u>					
KB Gebiete	Leerung / Monat	1,0	1,0	Pläne AWM	
GW + Misch. Gebiete	Leerung / Monat	2,0	2,0	Pläne AWM	
Durchschnitt Stadtgebiet	Leerung / Monat	1,9	1,9	Berechnet: Mittelwert, gewichtet nach Einwohneranzahl	
<u>Jährliche Strecke im Sammelgebiet</u>					
Wertsofftonne	km / Mio.E / a	93.903	86.988		
Gelbe Tonne	km / Mio.E / a	93.903	86.988	Berechnet aus jährlicher Strecke pro Frequenz der Leerungen und Frequenz der Leerungen.	
Gelber Sack	km / Mio.E / a	93.903	86.988		
<u>Jährliche Strecke außerhalb des Sammelgebietes</u>					
Wertsofftonne	km / Mio.E / a	330.781	330.781	Berechnet aus Anzahl und Länge der Strecken	
Gelbe Tonne	km / Mio.E / a	300.710	300.710	Berechnet aus Anzahl und Länge der Strecken	
Gelber Sack	km / Mio.E / a	214.793	214.793	Berechnet aus Anzahl und Länge der Strecken	

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
Verbrauch von Energieträgern					
Anteil der Sammlung, der vom AWM ausgeführt wird					
Wertstofftonne	%	25%	25%		
Gelbe Tonne	%	0%	0%		
Gelber Sack	%	0%	0%		
Anteil der verschiedenen Antrieben in der Flotte des AWM					
Diesel	%	50%	50%	Daten AWM	
Erdgas	%	50%	50%	Daten AWM	
Elektrisch	%	0%	0%	Daten AWM	
Anteil Flotte Dieselfahrzeug bei der gesamten LVP+StNVP-Sammlung					
Wertstofftonne	%	87,5%	87,5%	Berechnet: 25% Gebiet AWM mit 50% Erdgas	
Gelbe Tonne	%	100%	100%	Daten AWM	
Gelber Sack	%	100%	100%	Daten AWM	
Anteil Flotte Erdgasfahrzeuge bei der gesamten LVP+StNVP-Sammlung					
Wertstofftonne	%	12,5%	12,5%	Berechnet: 20% Gebiet AWM mit 50% Erdgas	
Gelbe Tonne	%	0%	0%	Daten AWM	
Gelber Sack	%	0%	0%	Daten AWM	
Jährlicher Verbrauch Diesel					
Wertstofftonne	l Diesel / Mio.E / a	223.372	215.023	Berechnet aus: Verbrauch, jährliche Strecke,	
Gelbe Tonne	l Diesel / Mio.E / a	243.856	234.313	Anteil Flotte	
Gelber Sack	l Diesel / Mio.E / a	211.207	201.665		
Jährlicher Verbrauch Erdgas					
Wertstofftonne	kg Erdgas / Mio.E / a	15.020	15.020	Berechnet aus: Verbrauch, jährliche Strecke,	
Gelbe Tonne	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	Anteil Flotte	
Gelber Sack	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0		
Verteilung zwischen LVP+StNVP und Fehlwurf					
Erfasste Mengen LVP+StNVP, ohne WSH-Anteil					
Wertstofftonne	kg /EW / a		19,2	Berechnet aus den modellierten erfassten Mengen	
Gelbe Tonne	kg /EW / a		18,1	im ZUKUNFT-Szenario	
Gelber Sack	kg /EW / a		9,7		
Mengen Fehlwurf					
Wertstofftonne	kg /EW / a		5,1	Berechnet aus den modellierten erfassten Mengen	
Gelbe Tonne	kg /EW / a		3,6	im ZUKUNFT-Szenario	
Gelber Sack	kg /EW / a		1,1		
Anteil LVP+StNVP, ohne WSH-Anteil					
Wertstofftonne	%		79%	Berechnet aus den Mengen	
Gelbe Tonne	%		83%	Berechnet aus den Mengen	
Gelber Sack	%		90%	Berechnet aus den Mengen	
Anteil Fehlwurf					
Wertstofftonne	%		21%	Berechnet aus den Mengen	
Gelbe Tonne	%		17%	Berechnet aus den Mengen	
Gelber Sack	%		10%	Berechnet aus den Mengen	
Jährlicher Verbrauch Diesel, LVP+StNVP					
Wertstofftonne	l Diesel / Mio.E / a	176.736	170.130	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelbe Tonne	l Diesel / Mio.E / a	203.058	195.112	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelber Sack	l Diesel / Mio.E / a	189.576	181.011	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Jährlicher Verbrauch Erdgas, LVP+StNVP					
Wertstofftonne	kg Erdgas / Mio.E / a	11.884	11.884	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelbe Tonne	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelber Sack	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Jährlicher Verbrauch Diesel, Fehlwurf					
Wertstofftonne	l Diesel / Mio.E / a	46.636	44.893	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelbe Tonne	l Diesel / Mio.E / a	40.798	39.202	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelber Sack	l Diesel / Mio.E / a	21.631	20.653	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Jährlicher Verbrauch Erdgas, Fehlwurf					
Wertstofftonne	kg Erdgas / Mio.E / a	3.136	3.136	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelbe Tonne	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Gelber Sack	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	Berechnet Verbrauch x Anteil	

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
Depotcontainer					
Berechnung der Strecken					
Nutzvolumen des Sammelfahrzeugs	m3 / Fahrzeug	24	24	Info AWM	Dienstleister: "Hecklader Kran 24 m3"
Füllgrad des Sammelfahrzeugs	%	90%	90%	Annahme	
Dichte der LVP im Sammelfahrzeug	kg / m3	350	350	Abschätzung AWM	Größenordnung. Das Vorpressen ist begrenzt (für die Sortierung danach). Hier auch Erfahrungswert aus Berlin.
Ladung im Sammelfahrzeug (Tourende)	kg Ladung / Fahrz	7.560	7.560	Berechnet aus Nutzvolumen, Füllgrad, Dichte	
Anzahl Sammeltouren	Touren / Mio.E / a	791	791	UBA 2018, oder AWM?	
Streckenlänge (Durchschnitt)					
Gesamte Tour	km / Tour	75	75	Einschätzung AWM	
Außerhalb des Sammelgebietes	km / Tour	38,5	38,5	Berechnung AWM	
Innerhalb des Sammelgebietes	km / Tour	36,5	36,5	Berechnet: Gesamt - Außerhalb	
Jährliche Strecke					
Gesamte Tour	km / Mio.E / a	59.336	59.337	Berechnet: Streckenlänge x Anzahl Touren	
Außerhalb des Sammelgebietes	km / Mio.E / a	30.459	30.460		
Innerhalb des Sammelgebietes	km / Mio.E / a	28.877	28.877		
Plausibilitätskontrolle über die tägliche Strecke					
Anzahl Fahrzeuge für München	Fahrzeug	3	3,2	2024: Info AWM, 2027-39 angepasst für eine gleiche jährliche Strecke je Fahrzeug	
Jährliche Strecke je Fahrzeug	km / Fahrzeug / a	31.587	31.587	Berechnet, Annahme 2027-39 gleich 2024	
Anzahl Werktag im Jahr	WTag / Jahr	280	280	randstad, 2025	
Anzahl Sammeltouren je Fahrzeug pro Tag	Tour / Fahrz / WTag	1,5	1,5	Berechnet	
Tägliche Strecke je Fahrzeug	km / Fahrz / WTag	113	113	Berechnet: Anzahl Sammeltouren x Länge Sammeltour	Diese Distanz schein plausibel.
Plausibilitätskontrolle über die Frequenz der Leerungen					
Volumen der Container	m3 / DC	3	3	Info AWM	
Füllgrad der Container	%	90%	90%	UBA, 2018	
Dichte der LVP im Depotcontainer	kg / m3	35	35	UBA, 2018	Schütteldichte
Gewicht im Container vor Leerung	kg	95	95		
Anzahl Container je Fahrt	DC / Fahrt	80	80		
Anzahl Leerungen pro Jahr	Leerung / a	101.079	109.117	Berechnet	
Anzahl Depotcontainer	DC	2.401	2.496	2024: Daten AWM; 2025: Berechnung mit Annahme: 50% des Bevölkerungszuwachses in Neubaugebiet	
Anzahl Leerungen pro Container & Jahr	Leerung / DC / a	42	44	Berechnet	
Plausibilitätskontrolle über die tägliche Sammeldauer					
Anzahl Container Pro Insel	DC/Insel	2,7	2,7		
Anzahl Inseln je Fahrt	Insel / Fahrt	29	29		
Ladezeit	mn / Insel	6,7	6,7	UBA, 2018	Wert für Insel mit 3 Containern
Max durchschnittl. Geschwindigkeit	km / h	50	50		
Dauer einer Sammeltour	St / Tour	4,7	4,7		
Sammeldauer je Fahrzeug pro Tag	St / Fahrz / Tag	7,1	7,1		
Verbrauch von Energieträger - Sammelfahrzeug - Depotcontainer					
Anteil Flotte Dieselfahrzeug					
Typ Sammelfahrzeug	-	100%	100%	Daten AWM	
Z.I. Leergewicht Sammelfahrzeug (24 m3)	kg	15.000	15.000	Hecklader Kran, 24 cbm	Info AWM
Verbrauch außerhalb Sammelgebiet	l Diesel / 100 km	38	38	Wie für Sammelfahrzeug AWM im Pilot	Dienstleister: "Hecklader Kran 24 m3"
Verbrauch durchschnittl. Fahrweise	l Diesel / 100 km	25	25	UBA, 2018, LkW > 12 t, normale Fahrweise	Hecklader Müllfahrzeug ca 48 m3 15,9 t
EF Gütertransport > 12 t, Nah- und Verteilerverkehr	kg CO2-eq / t.km	0,40	0,40		Trotz 24 m3 statt 18 m3
EF Gütertransport > 12 t, Durchschnitt	kg CO2-eq / t.km	0,253	0,253	UBA, 2021	
Zuschlag für Nah- und Verteilerverkehr	%	58%	58%	TREMODO 6.51 in UBA, 2024 (Wert 2022 Durchschnitt über alle Antriebsarten (Benzin, Diesel, Elektro, Flüssig- und Erdgas, Hybrid)	Inkl. graue Energie für Fahrzeug, Infrastruktur, Energiebereitstellung, D. Strom-Mix
Verbrauch Nah- und Verteilerverkehr	l Diesel / 100 km	40	40	Berechnet aus EF: Gütertransport Nah- und Verteilerverkehr / Durchschnitt	
Verbrauch innerhalb Sammelgebiet	l Diesel / 100 km	38	38	Berechnet: Typischer Verbrauch + Zuschlag für Nah- und Verteilerverkehr	Nur Größenordnung (Kombination von drei Quellen)
Jährlicher Verbrauch Diesel	l Diesel / Mio.E / a	22.548	22.548	Wie außerhalb vom Sammelgebiet (urbaner Kontext), mangels geeigneter Alternativen	
Verteilung zwischen LVP+StNVP und Fehlwurf					
Erfasste LVP+StNVP, ohne WSH	kg / EW / a		5,38	Berechnet aus "Erfasstem-IST" und Klassifizierungsebene 3 - ZUKUNFT	
Fehlwurf	kg / EW / a		0,6	Aus Klassifizierungsebene 3 - ZUKUNFT	
Erfasste LVP+StNVP, ohne WSH	%		90%	Berechnet aus den Mengen	
Fehlwurf	%		10%	Berechnet aus den Mengen	
Jährl. Verbrauch Diesel, LVP+StNVP	l Diesel / Mio.E / a	20.293	20.293	Berechnet Verbrauch x Anteil	
Jährlicher Verbrauch Diesel, Fehlwurf	kg Erdgas / Mio.E / a	2.255	2.255	Berechnet Verbrauch x Anteil	

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
Gesparrt bei der Restmüllsammlung wegen der zusätzlich erfassten Stoffe je Einwohner (= wegen der nicht erfassten Stoffe, die weniger werden) im Vergleich zu "aktuell"					
Aktuelle Situation (Müllmengen und Anzahl der Touren konstant je Einwohner) - Berechnung der Streckenlänge Restmüllsammlung					
Anzahl der Sammeltouren Restmüll	Touren / a, Stadt	42.900		Erhebung AWM	
Anzahl der Sammeltouren Restmüll	Touren / Mio.E / a	26.862	26.862	Berechnet aus Anzahl Touren und Einwohnerzahl	
Frequenz der Leerungen	Leerung / Monat	4,0	4,0	Daten / Pläne AWM	
Jährliche Strecke - Im Sammelgebiet	km / Mio.E / a	198.736	184.102	Berechnet aus jährliche Strecke pro Frequenz der Leerungen und Frequenz der Leerungen	
Strecke pro Tour, nicht Sammelgebiet	km / Tour	38,5	38,5	Berechnung AWM	
Jährliche Strecke, nicht Sammelgebiet	km / Mio.E / a	1.034.189	1.034.189	Berechnet Anzahl x Länge der Strecken	
Z.I. Strecke pro Tour im Sammelgebiet	km / Tour	7,4	6,9	Berechnet aus der Strecke pro Tour außerhalb Sammelgebiet proportional zu jährlichen Strecken innerhalb / außerhalb Sammelgebiet	
Ladung pro Tour Restmüll	Mg / Tour	7,65	7,65	Berechnung AWM	
Menge Restmüll	kg / EW / a	205	205	Berechnet: aus Anzahl der Touren und Ladung	GT & WST: Ähnliche Sammlungssysteme wie Restmüll
Reduzierung der Anzahl der Sammeltouren für Restmüll					
Aktuell erfasste Menge	kg / EW / a	6,8	6,8	Blatt "Efasst_Ist"	
Erfasste Mengen im neuen System:					
Depotcontainer		6,8	6,8	Blätter "Efasst_Ist" & Sortiert_ZKFT_Öko-I	
Wertschiffonne (korrigiert)	kg / EW / a	13,4	24,3	Blätter "Efasst_Ist" & Sortiert_ZKFT_Öko-I	
Gelbe Tonne	kg / EW / a	11,3	22,1	Blätter "Efasst_Ist" & Sortiert_ZKFT_Öko-I	
Gelber Sack	kg / EW / a	5,5	11,8	Blätter "Efasst_Ist" & Sortiert_ZKFT_Öko-I	
Resultierende Reduzierung der Restmüllmenge					
Bei Depotcontainer	kg / EW / a	0,0	0,0	Berechnet: WST - DC-IST	
Bei Wertschiffonne	kg / EW / a	6,6	17,6	Berechnet: WST - DC-IST	
Bei Gelber Tonne	kg / EW / a	4,6	15,3	Berechnet: GT - DC-IST	
Bei Gelbem Sack	kg / EW / a	-1,2	5,0	Berechnet: GS - DC-IST	
Bei Depotcontainer	% Restmüll	0,0%	0,0%	Berechnet aus den erfassten Mengen	
Bei Wertschiffonne	% Restmüll	3,2%	8,5%	Berechnet aus den erfassten Mengen	
Bei Gelber Tonne	% Restmüll	2,2%	7,5%	Berechnet aus den erfassten Mengen	
Bei Gelbem Sack	% Restmüll	-0,6%	2,4%	Berechnet aus den erfassten Mengen	
Reduzierung der Anzahl der Restmülltouren					
Bei Depotcontainer	% Restmüll	0,0%	0,0%	Berechnet aus GT proportional zur Reduzierung der jeweiligen Restmüllmengen	
Bei Wertschiffonne	% Restmüll	8,0%	8,0%	Pläne AWM, grob auf basis der erfassten Mengen im ZUKUNFT-Szenario	D.h., die zusätzlichen Strecken in den neuen Wohnungsgebieten werden vernachlässigt
Bei Gelber Tonne	% Restmüll	6,0%	6,0%		
Bei Gelbem Sack	% Restmüll	2,0%	2,0%	Berechnet aus GT proportional zur Reduzierung der jeweiligen Restmüllmengen	
Resultierende Anzahl der Sammeltouren für Restmüll					
Bei Depotcontainer	Touren / Mio.E / a	26.862	26.862		
Bei Wertschiffonne	Touren / Mio.E / a	24.713	24.713	Berechnet aus der aktuellen Anzahl und der Reduzierung	
Bei Gelber Tonne	Touren / Mio.E / a	25.250	25.250		
Bei Gelbem Sack	Touren / Mio.E / a	26.334	26.334		
Resultierende jährliche Strecke Restmüllsammlung					
Im Sammelgebiet					
Bei Depotcontainer	km / Mio.E / a	198.736	184.102		
Bei Wertschiffonne	km / Mio.E / a	198.736	184.102	Ungeändert: Verlängerung der Strecke Umgekehrt	
Bei Gelber Tonne	km / Mio.E / a	198.736	184.102	proportional zur Anzahl der Touren.	
Bei Gelbem Sack	km / Mio.E / a	198.736	184.102		
Außerhalb des Sammelgebietes					
Bei Depotcontainer	km / Mio.E / a	1.034.190	1.034.190	Berechnet aus Anzahl und Länge der Strecken	
Bei Wertschiffonne	km / Mio.E / a	951.454	951.454	Berechnet aus Anzahl und Länge der Strecken	
Bei Gelber Tonne	km / Mio.E / a	972.137	972.137	Berechnet aus Anzahl und Länge der Strecken	
Bei Gelbem Sack	km / Mio.E / a	1.013.861	1.013.861	Berechnet aus Anzahl und Länge der Strecken	
Verbrauch von Energieträgern					
Anteil Flotte Dieselfahrzeug	%	50%	50%	Daten AWM, Flotte AWM	
Anteil Flotte Erdgas	%	50%	50%	Daten AWM, Flotte AWM	
Verbrauch Diesel					
Außerhalb des Sammelgebietes	l Diesel / 100 km	38	38	UBA, 2108 - Lkw > 12 t	
Innerhalb des Sammelgebietes	l Diesel / 100 km	138	138	Berechnet aus Streckenlängen und Verbräuchen	
Verbrauch Erdgas (Erdgas)					
Außerhalb des Sammelgebietes	kg Erdgas / 100 km	36	36	Berechnet wie beim Diesel	
Innerhalb des Sammelgebietes	kg Erdgas / 100 km	132	132	Berechnet wie beim Diesel	

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
Jährlicher Verbrauch Diesel bei der Restmüllsammlung					
Aktuelle Menge pro Einwohner, DC	l Diesel / Mio.E / a	333.624	323.526		
Bei Depotcontainer	l Diesel / Mio.E / a	333.624	323.526	Berechnet aus: Verbrauch, jährliche Strecke, Anteil Flotte	
Bei Wertsofftonne	l Diesel / Mio.E / a	317.904	307.806		
Bei Gelber Tonne	l Diesel / Mio.E / a	321.834	311.736		
Bei Gelbem Sack	l Diesel / Mio.E / a	329.761	319.664		
Reduzierung des jährlichen Verbrauches Diesel bei der Restmüllsammlung					
Bei Depotcontainer	l Diesel / Mio.E / a	0	0	Berechnet Aktuell - Neues System	
Bei Wertsofftonne	l Diesel / Mio.E / a	15.720	15.720	Berechnet Aktuell - Neues System	
Bei Gelber Tonne	l Diesel / Mio.E / a	11.790	11.790	Berechnet Aktuell - Neues System	
Bei Gelbem Sack	l Diesel / Mio.E / a	3.862	3.862	Berechnet Aktuell - Neues System	
Jährlicher Verbrauch Erdgas bei der Restmüllsammlung					
Aktuelle Menge pro Einwohner, DC	kg Erdgas / Mio.E / a	318.905	309.253		
Bei Depotcontainer	kg Erdgas / Mio.E / a	318.905	309.253	Berechnet aus: Verbrauch, jährliche Strecke, Anteil Flotte	
Bei Wertsofftonne	kg Erdgas / Mio.E / a	303.879	294.227		
Bei Gelber Tonne	kg Erdgas / Mio.E / a	307.635	297.983		
Bei Gelbem Sack	kg Erdgas / Mio.E / a	315.213	305.561		
Reduzierung des jährlichen Verbrauches Erdgas bei der Restmüllsammlung					
Bei Depotcontainer	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	Berechnet Aktuell - Neues System	
Bei Wertsofftonne	kg Erdgas / Mio.E / a	15.026	15.026	Berechnet Aktuell - Neues System	
Bei Gelber Tonne	kg Erdgas / Mio.E / a	11.270	11.270	Berechnet Aktuell - Neues System	
Bei Gelbem Sack	kg Erdgas / Mio.E / a	3.692	3.692	Berechnet Aktuell - Neues System	
Verteilung zwischen LVP+StNVP und Fehlwurf					
Erfasste Mengen LVP+StNVP (mit WSH-Anteil)					
Depotcontainer	kg /EW / a		6,2	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Wertsofftonne	kg /EW / a		19,2	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Gelbe Tonne	kg /EW / a		18,4	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Gelber Sack	kg /EW / a		10,7	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Mengen Fehlwurf					
Depotcontainer	kg /EW / a		0,6	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Wertsofftonne	kg /EW / a		5,1	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Gelbe Tonne	kg /EW / a		3,6	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Gelber Sack	kg /EW / a		1,1	Aus Blatt "3.Ebebne_ZKFT"	
Anteil LVP+StNVP (mit WSH-Anteil)					
Depotcontainer	%		91%	Berechnet aus den Mengen	
Wertsofftonne	%		79%	Berechnet aus den Mengen	
Gelbe Tonne	%		84%	Berechnet aus den Mengen	
Gelber Sack	%		91%	Berechnet aus den Mengen	
Anteil Fehlwurf					
Depotcontainer	%		9%	Berechnet aus den Mengen	
Wertsofftonne	%		21%	Berechnet aus den Mengen	
Gelbe Tonne	%		16%	Berechnet aus den Mengen	
Gelber Sack	%		9%	Berechnet aus den Mengen	
Reduzierung des jährlichen Verbrauches Diesel bei der Restmüllsammlung					
Anteil LVP+StNVP					
Bei Depotcontainer	l Diesel / Mio.E / a	0	0	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Bei Wertsofftonne	l Diesel / Mio.E / a	12.438	12.438	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Bei Gelber Tonne	l Diesel / Mio.E / a	9.850	9.850	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Bei Gelbem Sack	l Diesel / Mio.E / a	3.499	3.499	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Anteil Fehlwurf					
Bei Depotcontainer	l Diesel / Mio.E / a	0	0	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Bei Wertsofftonne	l Diesel / Mio.E / a	3.282	3.282	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Bei Gelber Tonne	l Diesel / Mio.E / a	1.940	1.940	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Bei Gelbem Sack	l Diesel / Mio.E / a	363	363	Berechnet Reduzierung x Anteil	
Reduzierung des jährlichen Verbrauches Erdgas bei der Restmüllsammlung					
Anteil LVP+StNVP					
Bei Depotcontainer	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0		
Bei Wertsofftonne	kg Erdgas / Mio.E / a	11.889	11.889		
Bei Gelber Tonne	kg Erdgas / Mio.E / a	9.416	9.416		
Bei Gelbem Sack	kg Erdgas / Mio.E / a	3.345	3.345		
Anteil Fehlwurf					
Bei Depotcontainer	l Diesel / Mio.E / a	0	0		
Bei Wertsofftonne	l Diesel / Mio.E / a	3.137	3.137		
Bei Gelber Tonne	l Diesel / Mio.E / a	1.854	1.854		
Bei Gelbem Sack	l Diesel / Mio.E / a	347	347		
Aktuelle zusätzliche Restmüllsammlung wegen nicht erfasster LVP+StNVP					
Aktuell nicht-erfassten LVP+StNVP	kg / EW / a	20,2	20,2	Blatt "3.Ebenen Ist"	
Anteil der Restmüllmenge	% Restmüll	9,8%	9,8%	Berechnet: Geteilt durch Restmüllmenge	
Entsprechende jährliche Strecke Restmüllsammlung außerhalb des Sammelgebietes	km / Mio.E / a	101.660	101.660	Berechnet: aus der Strecke Restmüll, proportional zum Anteil	Die jährliche Strecke Restmüllsammlung im Sammelgebiet ist nicht beeinflusst
Entsprechender ...					
... jährlicher Verbrauch Diesel	l Diesel / Mio.E / a	19.315	19.315	Berechnet aus: Verbrauch, jährliche Strecke, Anteil Flotte	
... jährlicher Verbrauch Erdgas	kg Erdgas / Mio.E / a	18.463	18.463		

Anhang 17: Emissionsfaktoren für PKW-Fahrten und Sammeltouren, Modellvergleich

Parameter, Form	Einheit	IST	ZUKUNFT	Quelle / Ermittlung	Kommentar
Diesel als Kraftstoff für Fahrzeuge					
EF Wärme aus Diesel	t CO2-eq / MWh	0,266	0,266	BAFA, 2024	Einschl. Vorkette
Umrechnungsfaktor Diesel	MWh / l diesel	0,0100	0,0100	BAFA, 2024	
EF Dieselverbrauch ohne Bereitstellung	kg CO2-eq / l Diesel	2,66	2,66	Aus EF Wärme und Umrechnungsfaktor	
Zum Vergleich: EF Diesel Verbrennung	kg CO2-eq / l Diesel	2,65	2,65	Helmholtz, 2020	
Zuschlag Energiebereitstellung (WTT)	%	17%	17%	UBA, 2021	Hier mit "Fernverkehr" (Abb. 14) berechnet
EF Dieselverbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / l Diesel	3,10	3,10	Berechnet: EF + Zuschlag	
Erdgas als Kraftstoff für Fahrzeuge					
EF Wärme aus Erdgas	t CO2-eq / MWh	0,201	0,201	BAFA, 2024	Einschl. Vorkette
Umrechnungsfaktor Erdgas	MJ / kg Erdgas	37	37	Schmidmeier, 2025	
Umrechnung kWh --> MJ	MJ / kWh	3,6	3,6	Physikalische Größe	
Umrechnungsfaktor Erdgas	MWh / kg Erdgas	0,0103	0,0103	Aus MJ/kg, umgerechnet mit kWh --> MJ	
EF Erdgas-Verbrauch ohne Bereitstellung	kg CO2-eq / kg Erdgas	2,07	2,07	Aus EF Wärme und Umrechnungsfaktor	
Zuschlag Energiebereitstellung (WTT)	%	17%	17%	Annahme: wie Dieselkraftstoff	
EF Erdgas-Verbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / kg Erdgas	2,41	2,41	Berechnet: EF + Zuschlag	
Individualtransport zum Bringsystem					
Pkw (2024, Durchschnitt)	t CO2-eq / Pkm	1,66E-04		TREMOD 6.51 in UBA, 2024	Durchschnitt alle Antriebsarten, D. Strom-Mix
Auslastung der Pkw	Pers. / Fahrt	1,4		TREMOD 6.51 in UBA, 2024	
Pkw (2024, Durchschnitt)	t CO2-eq / gef. km	2,32E-04		TREMOD 6.51, umgerechnet	Durchschnitt alle Antriebsarten, D. Strom-Mix
Pkw (2027-39, Durchschnitt)	t CO2-eq / gef. km		1,68E-04	Berechnet aus einzelnen Antrieben und u.a. aus PKW-Bestände 2035 nach UBA, 2024a	Voraussage mit vielen Unsicherheiten
ZI: EF Sammelfahrt gelbes System - Berechnungen nach Dieselverbrauch vs. nach EF von UBA, 2018, von Öko-Institut, 2022, von UBA, 2021 und 2024					
1. Referenz: Berechnung nach Dieselverbrauch im Pilot					
Verbrauch Sammelfahrt im Pilotversuch	l Diesel / 100 km	68		Abschätzung AWM aus Pilotversuch	
EF Dieselverbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / 100 km	211			
EF von anderen Faktoren im Gütertransport	kg CO2-eq / 100 km	vernachlässigbar		UBA, 2018; UBA, 2021	"Fahrzeug" & "Infrastruktur" = minimaler Anteil
EF Sammeltour, nach Dieselverbrauch	kg CO2-eq / km	2,11			Ladung << Gewicht des Fahrzeugs ==> EF km- statt t.km-abhängig
ZVgl. 1: Berechnung mit EF von UBA, 2018					
EF Sammelfahrzeug in UBA, 2018	kg CO2-eq. /t.km	0,1123		UBA, 2018	
Ladung / Fahrt im Pilotversuch	kg / Tour	2,200		Blatt "Prozess"	
EF Sammlung Pilot, EF von UBA, 2018	kg CO2-eq / km	0,25		Berechnet aus EF Sammelfahrzeug und Ladung	
Max Ladung pro Fahrt LVP	kg / Tour	8,000		Blatt "Prozess"	
EF Sammlung max. Ladung, EF UBA 2018	kg CO2-eq / km	0,90		Berechnet aus EF Sammelfahrzeug und max.Ladung	
Fazit: Dieselverbrauch nicht gedeckt					
ZVgl. 2: Berechnung mit EF Sammlung von Öko-Institut, 2022					
EF Sammlung in Öko-Institut, 2022	kg CO2-eq. / kg LVP	0,01		Öko-Institut, 2022	
Strecke pro Tour in Öko-Institut, 2022	km	40		Aus Öko-Institut, 2022	
EF Sammlung je t.km	kg CO2-eq. / t.km	0,25		Berechnet aus EF Sammlung und max. Ladung	
Max Ladung pro Fahrt LVP	kg / Tour	8,000		Blatt "Prozess"	
Max EF Sammeltour, nach Öko-I, 2022	kg CO2-eq. / km	2,00		Berechnet aus EF Sammlung und Ladung	
Ladung / Fahrt im Pilotversuch	kg / Tour	2,200		Aus Blatt "Prozess"	
EF Sammeltour Pilot nach Öko-I, 2022, angef.	kg CO2-eq / km	0,55		Berechnet aus extrapoliertem EF Sammlung und Ladung	
Fazit: Dieselverbrauch nicht gedeckt					
ZVgl. 3: Berechnung mit EF Gütertransport von UBA, 2024 und UBA, 2021, Kategorie LKW > 12 t					
EF Gütertransport Nah- und Verteilerverkehr	kg CO2-eq / t. km	0,40		UBA, 2021	
EF Sammeltour Pilot	kg CO2-eq / km	0,88		Berechnet aus EF Gütertransport und Ladung	
EF Güterfernverkehr	kg CO2-eq / t. km	0,23		UBA, 2021	
EF Sammeltour Pilot	kg CO2-eq / km	0,52		Berechnet aus EF Gütertransport und Ladung	
EF Gütertransport LKW	kg CO2-eq. /t.km	0,253		TREMOD 6.51 in UBA, 2024	Durchschnitt alle Antriebsarten, D. Strom-Mix
EF Sammeltour Pilot	kg CO2-eq / km	0,56		Berechnet aus EF Gütertransport und Ladung	
Fazit: Dieselverbrauch nicht gedeckt					
ZI: EF Sammelfahrt Restmüll - Berechnungen nach Dieselverbrauch vs. nach EF von UBA, 2018 und von UBA, 2024					
1. Referenz: Restmüll München außerhalb vom Sammelgebiet					
Verbrauch Sammelfahrzeug (24 m3)	l Diesel / 100 km	38	38	Aus Abschätzung AWM aus Pilot LVP+StNVP	LVP+StNVP statt Restmüll: Gewicht vom Fahrzeug bestimmt
Teil-EF Dieselverbrauch	kg CO2-eq / 100 km	118	118		
Teil-EF von anderen Parametern	kg CO2-eq / 100 km	vernachlässigbar	vernachlässigbar	UBA, 2018; UBA, 2021	"Fahrzeug" & "Infrastruktur" = minimaler Anteil
EF Sammelfahrzeug Depotcontainer	kg CO2-eq / km	1,18	1,18		Ladung << Gewicht des Fahrzeugs ==> EF km- statt t.km-abhängig
ZVgl. 1: Berechnung mit EF von UBA, 2018					
EF Sammelfahrzeug in UBA, 2018	kg CO2-eq. /t.km	0,1123	0,1123	UBA, 2018	
Ladung / Tour	t / Tour	7,65	7,65	Info AWM, 2025	
Durchschnittliche Ladung auf der Strecke	t / Fahrt Durchschn	3,83	3,83	Grob berechnet	
EF Sammlung in UBA, 2018, WST St	kg CO2-eq / km	0,43	0,43		
Verbrauch Sammelfahrzeug in UBA, 2018	l Diesel / 100 km	70	70	UBA, 2018	
EF Sammelfahrzeug Depotcontainer	kg CO2-eq / km	0,061	0,061	Berechnet proportional zum Verbrauch	UBA, 2018 & 2021: EF von Verbrauch bestimm
Schlußfolgerung: Dieselverbrauch in UBA 2018/ nicht gedeckt					
ZVgl. 2: Berechnung mit EF von UBA, 2024					
EF LKW > 12 t	kg CO2-eq. /t.km	0,2530	0,2530	TREMOD 6.51 in UBA, 2024	Durchschnitt alle Antriebsarten, D. Strom-Mix
Durchschnittliche Ladung auf der Strecke	t / Fahrt Durchschn	3,83	3,83	Grob berechnet	
EF Sammelfahrzeug Depotcontainer	kg CO2-eq / km	0,97	0,97		
Schlußfolgerung: Dieselverbrauch in UBA 2018/ nicht gedeckt					

Anhang 18: Berechnung der C-Gehalte und Heizwerte der Stoffgruppen (Beispiele)

Stoffe	C	C-fossil	H	N	O	S	Cl	Al	Fe	H2O	Σ	Heizwert	Anteil im Cluster
	%	kg C fossil / kg C	%	%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg	% bez.auf trockenens
Fraktionencluster - reine Zielstoffe (wasserfrei)													
Glas	0%	-	0%	0%	49%	0%	0%	0%	0%	0%	49%	-4,8	93,5%
PPK	48%	0%	7%	0%	44%	0%	1%	0%	0%	0%	100%	19,0	87,5%
Folien	83%	100%	12%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	40,5	88,0%
PP	83%	100%	12%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	40,5	86,0%
PE	83%	100%	12%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	40,5	94,0%
PS	87%	100%	8%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	37,4	78,0%
EPS	87%	100%	8%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	37,4	95,0%
PET Flaschen	56%	100%	6%	1%	37%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	22,0	75,0%
PET, andere	56%	100%	6%	1%	37%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	22,0	75,0%
MPO	75%	100%	13%	1%	9%	0%	2%	0%	0%	0%	99%	37,7	85,5%
PO-flex	75%	100%	13%	1%	9%	0%	2%	0%	0%	0%	99%	37,7	85,5%
Formstabile Kunststoffe	75%	100%	13%	1%	9%	0%	2%	0%	0%	0%	99%	37,7	85,5%
Hohlkörper	75%	100%	13%	1%	9%	0%	2%	0%	0%	0%	99%	37,7	85,5%
Mischkunststoffe	75%	100%	13%	1%	9%	0%	2%	0%	0%	0%	99%	37,7	85,5%
FKN	56%	41%	8%	0%	31%	0%	1%	4%	0%	0%	100%	24,1	90,0%
Verbunde, andere (PPK aus LVP)	49%	14%	7%	0%	40%	0%	1%	3%	0%	0%	100%	20,1	93,0%
Alu	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0,5%	99,5%	0%	0%	100%	Besondere B	84,0%
Weißblech	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	100%		50,4%
Sortierreste aus LVP[+StNVP] (feucht)													
PVC (ohne Zusatzstoffe)	38%	100%	5%	0%	0%	0%	57%	0,0%	0%	0%	100%	18,1	85,5%
Holz	50%	0%	6%	1%	42%						99%	19,2	100,0%
a) gilt für PET-Flaschen und PET (andere) b) gilt für alle oben nicht genannten Kunststofffraktionen, c) Eigene Berechnung													
d) Zusammensetzung aus Doka (2020)													
Störstoffe (wasserfrei) von ...													
Glas	8%	60%	1%	0%	3%	0%	1%				13%	3,4	6,5%
PPK	6%	53%	8%	1%	28%	0%	1%				44%	7,9	12,5%
Folien	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	12,0%
PP	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	14,0%
PE	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	6,0%
PS	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	22,0%
EPS	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	5,0%
PET Flaschen	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	25,0%
PET, andere	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	25,0%
MPO	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	14,5%
PO-flex	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	14,5%
Formstabile Kunststoffe	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	14,5%
Hohlkörper	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	14,5%
Mischkunststoffe	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%				81%	19,4	14,5%
FKN	53%	64%	8%	1%	22%	0%	1%				86%	24,3	10,0%
Verbunde, andere (PPK aus LVP)	52%	62%	8%	1%	22%	0%	1%				83%	23,9	7,0%
Alu	54%	69%	9%	1%	19%	0%	2%				83%	25,5	16,0%
Weißblech	42%	53%	6%	1%	29%	0%	1%				79%	17,7	49,6%
Sortierreste aus LVP[+StNVP] (feucht)													
PVC	46%	58%	6%	1%	26%	0%	2%	0%	0%	0%	81%	19,4	14,5%
Holz											0%	0,0	0,0%
EPS korrigiert von 14,5 auf 5% wegen Ausbeute 95% und Last Zementwerk 0,05 (~entspricht 100% vom 5% Recyclingsrest)													
Fraktionencluster nach Öko-Institut (2022a), feucht und mit Störstoffen													
Anwendung: Nicht-Erfasste LVP+StNVP, Sortierrest von Erfassten LVP+StNVP, aus der Sortieranlage													
Glas	0,5%	60%	0%	0%	46%	0%	0%	0%	0%	1,6%	48%	-4,3	
PPK	38%	0,8%	6%	0%	37%	0%	1%	0%	0%	12%	94%	15,2	
Folien	68%	97%	10%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	13%	97%	32,8	
PP	71%	97%	11%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	8%	97%	34,4	
PE	74%	99%	11%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	8%	98%	36,0	
PS	72%	95%	7%	0%	8%	0%	0%	0%	0%	8%	95%	30,6	
EPS	85%	99%	8%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	36,5	
PET Flaschen	49%	91%	6%	1%	32%	0%	0%	0%	0%	8%	95%	19,4	
PET, andere	49%	91%	6%	1%	32%	0%	0%	0%	0%	8%	95%	19,4	
MPO	65%	96%	11%	1%	10%	0%	2%	0%	0%	8%	97%	32,1	
PO-flex	65%	96%	11%	1%	10%	0%	2%	0%	0%	8%	97%	32,1	
Formstabile Kunststoffe	65%	96%	11%	1%	10%	0%	2%	0%	0%	8%	97%	32,1	
Hohlkörper	65%	96%	11%	1%	10%	0%	2%	0%	0%	8%	97%	32,1	
Mischkunststoffe	60%	96%	10%	1%	10%	0%	2%	0%	0%	15%	97%	29,5	
FKN	53%	43%	7%	0%	29%	0%	1%	3%	0%	5%	98%	22,8	
Verbunde, andere (PPK aus LVP)	35%	17%	5%	0%	27%	0%	1%	2%	0%	30%	99%	13,6	
Alu*	8%	69%	1%	0%	3%	0%	1%	80%	0%	4%	97%	18,4	
Weißblech	18%	53%	3%	0%	13%	0%	0%	0%	44%	12%	91%	7,4	
Sortierreste aus LVP[+StNVP] (feucht)													
PVC	36%	93%	5%	0%	4%	0%	45%	0%	0%	8%	97%	16,6	
Holz	44%	0%	5%	1%	37%	0%	0%	0%	0%	12%	99%	16,6	
Organische Abfälle im Fehlwurf	15%	0%	2%	0%	13%	0%	0%	0%	0%	70%	100%	4,2	
EPS korrigiert von 8 auf 0% wegen Ausbeute 5% und Last Zementwerk 0,05 (~entspricht 100% vom 5% Recyclingsrest)													
*Besondere Berechnung Heizwert für Alu S. Öko-Institut, 2022a, A.V													
Leichtes Grün: aus Öko-Institut, 2022a Grün: neue Eingabe Leichtes Gelb: Berechnung wie im Öko-Institut, 2022a Gelb: neue Berechnung													

Stoffe	C	C-fossil	H	N	O	S	Cl	Al	Fe	H2O	Σ	Heizwert
	%	kg Cfossil / kg C	%	%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg
Fraktioncluster nach Öko-Institut (2022a), nach Aufbereitung zur EBS: getrocknet												
Anwendung: erfasste LVP+StNVP, Sortierrest von erfassten LVP+StNVP, nach Aufbereitung = vor Zementwerk, EBS-Anlage, MVA												
Glas	0,5%	60%	0%	0%	46%	0%	0%	0%	0%	0%	47%	-4,3
PPK	43%	1%	7%	0%	42%	0%	1%	0%	0%	0%	93%	17,6
Folien	78%	97%	12%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	97%	38,0
PP	77%	97%	11%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	96%	37,6
PE	80%	99%	12%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	39,3
PS	78%	95%	7%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	95%	33,4
EPS	85%	99%	8%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	98%	36,5
PET Flaschen	53%	91%	6%	1%	34%	0%	1%	0%	0%	0%	95%	21,3
PET, andere	53%	91%	6%	1%	34%	0%	1%	0%	0%	0%	95%	21,3
MPO	71%	96%	12%	1%	11%	0%	2%	0%	0%	0%	97%	35,1
PO-flex	71%	96%	12%	1%	11%	0%	2%	0%	0%	0%	97%	35,1
Formstabile Kunststoffe	71%	96%	12%	1%	11%	0%	2%	0%	0%	0%	97%	35,1
Hohlkörper	71%	96%	12%	1%	11%	0%	2%	0%	0%	0%	97%	35,1
Mischkunststoffe	71%	96%	12%	1%	11%	0%	2%	0%	0%	0%	97%	35,1
FKN	56%	43%	8%	0%	30%	0%	1%	4%	0%	0%	98%	24,1
Verbunde, andere (PPK aus LVP)	43%	17%	6%	0%	33%	0%	1%	2%	0%	14%	99%	17,3
Alu	9%	69%	1%	0%	3%	0%	1%	84%	0%	0%	97%	19,3
Weißblech	21%	53%	3%	0%	14%	0%	1%	0%	50%	0%	89%	8,8
Sortierreste aus LVP[+StNVP] (feucht)	41%	70%								1%		17,4
PVC	39%	93%	5%	0%	4%	0%	49%	0%	0%	0%	97%	18,3
Holz	50%	0%	6%	1%	42%	0%	0%	0%	0%	0%	99%	19,2

Stoffe	C	C-fossil	H	N	O	S	Cl	Al	Fe	H2O	Σ	Heizwert
	%	kg Cfossil / kg C	%	%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg
Rest 1 vom Recycling, feucht = Störstoffe mit 20% Wasser												
Anwendung: Rest 1 von Recycling von Fraktioncluster, zur MVA												
Glas	6%	60%	1%	0%	3%	0%	1%	0%	0%	20%	31%	2,3
PPK												
Folien	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
PP	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
PE	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
PS	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
EPS	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
PET Flaschen	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
PET, andere	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
MPO	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
PO-flex	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
Formstabile Kunststoffe	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
Hohlkörper	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
Mischkunststoffe	37%	58%	5%	0%	21%	0%	1%	0%	0%	20%	85%	15,1
FKN	42%	64%	6%	0%	18%	0%	1%	0%	0%	20%	88%	19,0
Verbunde, andere (PPK aus LVP)	42%	62%	6%	0%	17%	0%	1%	0%	0%	20%	87%	18,7
Alu	43%	69%	7%	0%	15%	0%	1%	0%	0%	20%	87%	20,0
Weißblech	33%	53%	5%	0%	23%	0%	1%	0%	0%	20%	83%	13,7

Weitere ähnliche Berechnungen für: Rest 1 vom Recycling nach Aufbereitung (getrocknet), für Rest 2, 3 und 4 vom Recycling feucht und nach Aufbereitung (getrocknet), einzelne Komponente vom Fehlwurf, verbrauchte gelbe Säcke.

Anhang 19: Berechnung der Gutschriften bei der energetischen Verwertung

Öko-Institut, 2022		Wirkungsgrad Netto		Verluste		Wirkungsgrad mit Verlusten		EF D. Wä-Mix		Umrechnung	EF D.Mix		EF x Wirkungsgrad mit Verlusten				Heizwert	Umrechnung	Heizwert	Gutschrift / Heizwert	
Anlagentyp	Art der Energie	%		%		%		g CO2-eq / MJ		MJ/kWh	g CO2-eq / kWh		% * g CO2-eq / kWh		Anteile	MJ	MJ/kWh	kWh	kg CO2-eq / MJ		
		2020	2030	Leitungen	am Haus	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
MVA	Thermisch	33,3%	37,6%	18,0%	10,0%	24,6%	27,7%	67,7	61,2	3,6	244	220	59,9	61,0	49%	56%	1	3,6	0,28	0,017	0,017
	Elektrisch	11,3%	11,7%	0,0%	0,0%	11,3%	11,7%			3,6	543	403	61,4	47,2	51%	44%	1	3,6	0,28	0,017	0,013
	Gesamt	44,6%	49,2%																	0,034	0,030
EBS-Anlage	Thermisch	37,0%	37,0%	18,0%	10,0%	27,3%	27,3%	67,7	61,2	3,6	244	220	66,6	60,2	45%	50%	1	3,6	0,28	0,018	0,017
	Elektrisch	15,0%	15,0%	0,0%	0,0%	15,0%	15,0%			3,6	543	403	81,5	60,5	55%	50%	1	3,6	0,28	0,023	0,017
	Gesamt	52,0%	52,0%																	0,041	0,034
Quelle		Öko-Institut, 2022a																			

MVA München, ausgewählte EF Strom / Wärme		Wirkungsgrad Netto		Verluste		Wirkungsgrad mit Verlusten		EF D.Mix		EF x Wirkungsgrad mit Verlusten				Heizwert Abfall	Umrechnung	Heizwert	Gutschrift		Heizwert Erdgas für gleiche Wärme		Substitutionsrate gelieferte Wärme		Wirkungsgrad ohne Wärme		Heizwert Erdgas substituiert		Gutschrift / Heizwert mit EF Strommix und FW-		Gutschrift / Heizwert mit EF Strommix und FW-Substitution	
Anlagentyp		%		%		%		g CO2-eq / kWh		% * g CO2-eq / kWh		Anteile		MJ	MJ/kWh	kWh	kg CO2-eq / MJ	MJ Erdgas / MJ Abfall	% durch Erdgas ersetzt	Wirkungsgrad ohne Wärme	MJ Erdgas	kg CO2-eq / MJ	kg CO2-eq / kWh							
		2024	2033	Leitungen	am Haus	2024	2033	2024	2033	2024	2033	2024	2033	2024	2033	2024	2033	2024	2033	(2024 &) 2023	2024	2033	2024	2033	2024	2033				
MVA München	Thermisch	56,8%	56,8%	18,0%	10,0%	41,8%	41,8%	445	129	73,8	21,4	100%	100%	1	3,6	0,28	0,020	0,006	0,9	0,9	100%	33%	0,9	0,3	0,021	0,015	0,076	0,052		
	Elektrisch	18,4%	18,4%	10,0%	0,0%	16,6%	16,6%							1	3,6	0,28					100%	33%	22,5%			0,020	0,0068	0,074	0,025	
	Summe	75,0%	75,0%																							0,042	0,021	0,150	0,077	
Quelle		SWM, 2025b																												

HKW 2 München, (substitution, Erdgas - Neu Sommer 2024)		Wirkungsgrad Netto		Leistung (% auf Wirkungsgrad)		Verluste	EF Erdgas		Umrechnung	(eigener) EF D.Mix	EF x Wirkungsgrad (einschl. Verluste)		Heizwert	Umrechnung	Heizwert	Last		
Anlagentyp		%		MW	%	%	g CO2-eq / MJ		MJ/kWh	g CO2-eq / kWh	% * g CO2-eq / kWh		MJ Erdgas	MJ/kWh	kWh	kg CO2-eq / MJ Erdgas		
		2020	2035			Übertrag	2024	2033	2024	2033	2020	2030	2020	2030	2020	2030		
HKW Erdgas München Nord	Thermisch	60,0%	60,0%	555	55%		56	56	3,6				1			0,056	0,056	
	Elektrisch	30,0%	30,0%	360	35%	10,0%				445	129	120,2	34,8	1	3,6	0,28	-0,033	-0,010
	Summe	90,0%	90,0%	915	90%												0,022	0,046
Wie MVA München (alle KWK mit 90% Brennstoffnutzungsgrad)																		

D. MVA und EBS-Anlage, ausgewählte EF und Verluste Strom		Wirkungsgrad Netto		Verluste		Wirkungsgrad mit Verlusten		EF D. Wä-Mix		Umrechnung	EF D.Mix		EF x Wirkungsgrad mit Verlusten				Heizwert	Umrechnung	Heizwert	Gutschrift / Heizwert	
Anlagentyp		%		%		%		g CO2-eq / MJ		MJ/kWh	g CO2-eq / kWh		% * g CO2-eq / kWh		Anteile	MJ	MJ/kWh	kWh	kg CO2-eq / MJ		
		2020	2030	Leitungen	am Haus	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030	2020	2030
MVA	Thermisch	33,3%	37,5%	18,0%	10,0%	24,6%	27,7%	67,7	61,2	3,6	244	220	59,9	61,0	57%	82%	1	3,6	0,28	0,017	0,017
	Elektrisch	11,3%	11,7%	10,0%	0,0%	10,2%	10,5%			3,6	445	129	45,3	13,6	43%	18%	1	3,6	0,28	0,013	0,004
	Summe	45%	49%																	0,029	0,021
EBS-Anlage	Thermisch	37,0%	37,0%	18,0%	10,0%	27,3%	27,3%	67,7	61,2	3,6	244	220	66,6	60,2	53%	78%	1	3,6	0,28	0,018	0,017
	Elektrisch	15,0%	15,0%	10,0%	0,0%	13,5%	13,5%			3,6	445	129	60,1	17,4	47%	22%	1	3,6	0,28	0,017	0,005
	Summe	52%	52%																	0,035	0,022

Grün: Eingabe Gelb: berechnet

Anhang 20: Berechnung der Lasten bei der energetischen Verwertung

Hilfsstoffe MVA & EBS	Menge	EF material	Anteil C (100% fossil)	EF Verbrennung C	EF Verbrennung Material	EF bez auf Abfall							
	kg/Mg Abfall*	kg CO2-eq / kg	kg C / kg	kg CO2-eq / kg C	kg CO2-eq / kg	kg CO2-eq / kg*							
Herdofenkoks	2,5	0,7	0,88	3,67	3,2	0,0098							
Aktivkohle	0,9	13,0	0,93	3,67	3,4	0,0147							
Ammoniak (ohne Wasser)	0,4	2,8	0,0	3,67	0,0	0,0011							
Harnstoff (ohne Wasser)	0,4	0,7	0,0	3,67	0,0	0,0003							
Kalkhydrat	7,5	0,9	0,0	3,67	0,0	0,0069							
Summe						0,0328							
Quelle	Petrolkoks in Tabelle 3-13 S.37:	BAFA, 2024	Herdofenkoks: aus https://www.rheinbraun-brennstoff.de/produkte-fuer-industrie-und-umw elt/herdofenkoks-hokr/abgasreinigung/ , mit 3% (Co+CO2) 50%-50%										
			Molecularmassen										
		Aktivkohle: WasserBerlin, 2019: „Dokumentation zum Berechnungstool für THG-Emissionen und Primärenergieverbrauch für Infrastruktur der vierten Reinigungsstufe und Herstellung bzw. Reaktivierung von Aktivkohle“.											
Harnstoff: DEHSt.leitfaden-abfaelle-berichtsphase https://www.dehst.de/stationaere_anlagen/leitf... 12 déc. 2024 — Der stöchiometrische Emissionsfaktor von 0,7328 Tonnen CO2 pro Tonne Harnstoff bezieht sich auf reinen Harnstoff. Für die selektive													
*Mg oder kg Abfall feucht (Outout Sortieranlage)													
Externer Wärmebedarf (MVA & EBS)	MJ/Mg Abfall*	kg CO2-eq / MJ				kg CO2-eq / kg*							
Edgas	430,0	0,056				0,0240							
* kg Abfall feucht durch die Anlage													
Ausgang Abfall (trocken)													
Last Hilfsmittel (kg CO2-eq / kg*)		Mit eigenem EF-Strom				Mit EF Strom von Öko-Institut, 2022				Änderung [eigen] - [Öko-Institut, 2022]			
		Wärme	Strom	Andere	Gesamt	Wärme	Strom	Andere	Gesamt	Wärme	Strom	Andere	Gesamt
MVA De.	2020	0	0	0,057	0,057	0	0	0,057	0,057	0	0	0,000	0,000
	3030	0	0	0,057	0,057	0	0	0,057	0,057	0	0	0,000	0,000
EBS De.	2020	0	0,000	0,057	0,057	0	0,000	0,057	0,057	0	0,000	0,000	0,000
	3030	0	0,000	0,057	0,057	0	0,000	0,057	0,057	0	0,000	0,000	0,000
* kg Abfall feucht durch die Anlage													
Aufbereitung zu Ersatzbrennstoff (EBS & Zementwerk)	Verbrauch kWh/Mg Abfall*	Mit eigenem EF-Strom				Mit EF Strom von Öko-Institut, 2022		Δ Eigens- Öko-I kg CO2-eq / kg *					
		kg CO2-eq / kWh				kg CO2-eq / kWh							
		kg CO2-eq / kg *				kg CO2-eq / kg *							
Strom	2020	320,0	0,445		0,1424	0,543	0,1738	-0,031					
Strom	3030	320,0	0,129		0,0413	0,403	0,1290	-0,088					
Grün: Eingabe Gelb: berechnet * Kg Input (feucht) der Aufbereitung													

Anhang 21: Emissionsfaktoren der verschiedenen Fraktionen - Zusammensetzung

Fraktionencluster nach Öko-Institut (2022a) - IST-Szenario											
Cluster	Gesamt	Transport	Aufwendungen Recycling				Gut- schrift Recycling	Verwertung im Zementwerk + Aufbereitung zu Z-Werk		Verwertung im MVA/EBS- Anlage + Aufbereitung zu EBS-A	
			Strom	Wärme	Diesel	Andere		Lasten	Gutschriften	Lasten	Gutschrif- ten
Glas	-0,33	0,02	0,006	0,00	0,00	0,02	-0,38	0,00	0,00	0,01	-0,01
Folien	-0,88	0,07	0,33	0,02	0,00	0,02	-1,38	0,25	-0,24	0,08	-0,03
PP	-1,26	0,04	0,23	0,02	0,00	0,02	-1,60	0,29	-0,27	0,01	0,00
PE	-1,30	0,08	0,19	0,02	0,00	0,02	-1,64	0,27	-0,26	0,03	-0,01
PS	-2,22	0,08	0,14	0,02	0,00	0,02	-2,56	0,28	-0,26	0,08	-0,03
EPS	-3,16	0,03	0,10	0,02	0,00	0,02	-3,34	0,05	-0,04	0,00	0,00
PET Flaschen	-1,59	0,08	0,08	0,02	0,00	0,01	-1,82	0,35	-0,31	0,01	-0,01
PET, andere	-0,58	0,18	0,10	0,01	0,00	0,01	-1,00	0,89	-0,79	0,02	-0,01
MPO	-0,90	0,06	0,21	0,02	0,00	0,02	-1,28	0,39	-0,37	0,08	-0,03
PO-flex	-0,67	0,08	0,34	0,02	0,00	0,02	-1,19	0,50	-0,48	0,06	-0,03
Formstabile Kunststoffe	-0,93	0,05	0,24	0,02	0,00	0,02	-1,33	0,51	-0,47	0,06	-0,02
Hohlkörper	-1,04	0,05	0,22	0,02	0,00	0,02	-1,39	0,30	-0,30	0,06	-0,03
Mischkunststoffe	-0,17	0,02	0,07	0,00	0,00	0,01	-0,30	1,76	-1,74	0,02	-0,01
FKN	0,16	0,07	0,16	0,02	0,00	0,06	-0,10	0,81	-0,89	0,07	-0,05
Verbunde, andere (PPK)	-0,09	0,04	0,17	0,02	0,00	0,06	-0,31	0,30	-0,37	0,03	-0,03
Alu	-2,53	0,06	0,02	0,07	0,00	0,64	-3,29	0,11	-0,16	0,03	-0,01
Weißblech	-1,36	0,05	0,16	0,02	0,01	0,15	-1,69	0,15	-0,22	0,02	-0,01
Cluster "Sortierreste"	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,85	-0,91	0,35	-0,18

Fraktionencluster nach Öko-Institut (2022a), feucht und mit Strörstoffen - ZUKUNFT-Szenario											
Cluster	Gesamt	Transport	Aufwendungen Recycling				Gut- schrift Recycling	Verwertung im Zementwerk + Aufbereitung zu Z-Werk		Verwertung im MVA/EBS- Anlage + Aufbereitung zu EBS-A	
			Strom	Wärme	Diesel	Andere		Lasten	Gutschriften	Lasten	Gutschrif- ten
Glas	-0,34	0,02	0,002	0,00	0,00	0,02	-0,38	0,00	0,00	0,01	-0,01
Folien	-1,13	0,07	0,09	0,02	0,00	0,02	-1,38	0,23	-0,24	0,08	-0,02
PP	-1,46	0,04	0,07	0,02	0,00	0,02	-1,60	0,26	-0,27	0,01	0,00
PE	-1,43	0,08	0,07	0,02	0,00	0,02	-1,64	0,25	-0,25	0,03	-0,01
PS	-2,34	0,08	0,04	0,02	0,00	0,02	-2,56	0,26	-0,26	0,08	-0,02
EPS	-3,21	0,03	0,05	0,02	0,00	0,02	-3,34	0,04	-0,04	0,00	0,00
PET Flaschen	-1,72	0,08	0,04	0,02	0,00	0,01	-1,87	0,26	-0,26	0,01	0,00
PET, andere	-0,79	0,18	0,03	0,01	0,00	0,01	-1,06	0,75	-0,72	0,01	0,00
MPO	-1,06	0,06	0,09	0,02	0,00	0,02	-1,28	0,34	-0,37	0,08	-0,02
PO-flex	-0,86	0,08	0,18	0,02	0,00	0,02	-1,19	0,46	-0,47	0,06	-0,02
Formstabile Kunststoffe	-1,13	0,05	0,08	0,02	0,00	0,02	-1,33	0,46	-0,47	0,06	-0,02
Hohlkörper	-1,21	0,05	0,08	0,02	0,00	0,02	-1,39	0,27	-0,30	0,06	-0,02
Mischkunststoffe	-0,35	0,02	0,03	0,00	0,00	0,01	-0,35	1,58	-1,65	0,02	-0,01
FKN	0,05	0,07	0,05	0,02	0,00	0,06	-0,10	0,79	-0,88	0,07	-0,04
Verbunde, andere (PPK)	-0,23	0,04	0,05	0,02	0,00	0,06	-0,31	0,28	-0,37	0,03	-0,03
Alu	-2,58	0,06	0,01	0,07	0,00	0,64	-3,29	0,07	-0,16	0,03	-0,01
Weißblech	-1,53	0,05	0,05	0,02	0,00	0,15	-1,69	0,10	-0,22	0,02	-0,01
Cluster "Sortierreste"	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,78	-0,91	0,34	-0,15

Cluster	Hereunterbrechung des Clusters "Sortiereste" (und Holz vom Fehlwurf) - IST-Szenario										
	Gesamt	Transport	Aufwendungen Recycling				Gut- schrift Recycling	Verwertung im Zementwerk + Aufbereitung zu Z-Werk		Verwertung im MVA/EBS- Anlage + Aufbereitung zu EBS-A	
			Strom	Wärme	Diesel	Andere		Lasten	Gutschriften	Lasten	Gutschrif- ten
Folien	0,31	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	-0,82	0,47	-0,21
PP	0,34	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	-0,79	0,49	-0,22
PE	0,34	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	-0,84	0,52	-0,23
PS	0,36	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	-0,79	0,48	-0,19
EPS	0,49	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	-0,56	0,59	-0,23
PET Flaschen	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	-0,62	0,33	-0,12
PET, andere	0,36	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19	-1,05	0,33	-0,12
MPO	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	-0,73	0,45	-0,20
PO-flex	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	-0,82	0,45	-0,20
Formstabile Kunststoffe	0,33	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	-0,91	0,45	-0,20
Hohlkörper	0,26	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	-0,51	0,45	-0,20
Mischkunststoffe	0,25	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	-1,77	0,42	-0,19
FKN	-0,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,61	-2,86	0,18	-0,14
Verbunde, andere (PPK)	-0,43	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	-2,09	0,07	-0,09
Alu	-0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	-0,20	0,07	-0,12
Weißblech	-0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	-0,26	0,10	-0,05
PVC	0,82	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	-0,49
Holz (Fehlwurf)	-0,94	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	-1,00	0,03	-0,10

Cluster	Hereunterbrechung des Clusters "Sortiereste" (und Holz vom Fehlwurf) - ZUKUNFT-Szenario										
	Gesamt	Transport	Aufwendungen Recycling				Gut- schrift Recycling	Verwertung im Zementwerk + Aufbereitung zu Z-Werk		Verwertung im MVA/EBS- Anlage + Aufbereitung zu EBS-A	
			Strom	Wärme	Diesel	Andere		Lasten	Gutschriften	Lasten	Gutschrif- ten
Folien	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	-0,82	0,45	-0,13
PP	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	-0,79	0,47	-0,13
PE	0,36	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	-0,81	0,50	-0,14
PS	0,34	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	-0,79	0,47	-0,12
EPS	0,51	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	-0,56	0,57	-0,14
PET Flaschen	0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	-0,55	0,31	-0,08
PET, andere	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	-0,99	0,31	-0,08
MPO	0,26	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	-0,73	0,43	-0,13
PO-flex	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	-0,81	0,43	-0,13
Formstabile Kunststoffe	0,30	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	-0,91	0,43	-0,13
Hohlkörper	0,26	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	-0,51	0,43	-0,13
Mischkunststoffe	0,22	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	-1,74	0,40	-0,12
FKN	-0,21	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	-2,83	0,17	-0,09
Verbunde, andere (PPK)	-0,51	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,56	-2,09	0,05	-0,05
Alu	-0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	-0,20	0,05	-0,07
Weißblech	-0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	-0,26	0,08	-0,03
PVC	0,96	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	-0,34
Holz (Fehlwurf)	-0,99	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	-0,98	0,02	-0,07

Verbrauchte gelbe Säcke, Tonnen, Depotcontainer - IST-Szenario											
Cluster	Gesamt	Transport	Aufwendungen Recycling				Gut- schrift Recycling	Verwertung im Zementwerk + Aufbereitung zu Z-Werk		Verwertung im MVA/EBS- Anlage + Aufbereitung zu EBS-A	
			Strom	Wärme	Diesel	Andere		Lasten	Gutschriften	Lasten	Gutschrif- ten
PEHD Gelber Sack	-1,59	0,01	0,22	0,02	0,00	0,03	-1,91	0,24	-0,23	0,05	-0,02
PEHD Gelbe Tonne	-1,62	0,01	0,22	0,02	0,00	0,03	-1,93	0,24	-0,23	0,02	-0,01
"PET, andere" Depotcontainer	0,55	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	-1,08	0,40	-0,14

Verbrauchte gelbe Säcke, Tonnen, Depotcontainer - ZUKUNFT-Szenario											
Cluster	Gesamt	Transport	Aufwendungen Recycling				Gut- schrift Recycling	Verwertung im Zementwerk + Aufbereitung zu Z-Werk		Verwertung im MVA/EBS- Anlage + Aufbereitung zu EBS-A	
			Strom	Wärme	Diesel	Andere		Lasten	Gutschriften	Lasten	Gutschrif- ten
PEHD Gelber Sack	-1,73	0,01	0,08	0,02	0,00	0,03	-1,91	0,22	-0,22	0,05	-0,01
PEHD Gelbe Tonne	-1,77	0,01	0,08	0,02	0,00	0,03	-1,93	0,22	-0,22	0,02	-0,01
"PET, andere" Depotcontainer	0,47	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	-1,02	0,39	-0,09

Anhang 22: Endberechnung der THG-Emissionen

Parameter, Form	Einheit	IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe									
Individualverkehr bei Bringsystemen (Depotcontainer + Ergänzung Wertstoffhof),									
Depotcontainer									
Strecke Direktfahrt	km / Mio.E / a				86.622				86.624
Strecke Kombifahrt	km / Mio.E / a				68.679				68.680
Gesamtstrecke	km / Mio.E / a				155.301				155.304
Emissionsfaktor PkW Fahrt	t CO2-eq / gef. km				2,32E-04				1,68E-04
THG-Emissionen	t CO2-eq / Mio.E / a				36				26
Wertstoffhof als Ergänzung zum Hauptsystem									
Strecke Direktfahrt	km / Mio.E / a	245.394	245.394	0	245.394	245.394	245.394	0	245.394
Strecke Kombifahrt	km / Mio.E / a	127.002	127.002	0	127.002	127.002	127.002	0	127.002
Gesamtstrecke	km / Mio.E / a	372.397	372.397	0	372.397	372.397	372.397	0	372.397
Emissionsfaktor PkW Fahrt	t CO2-eq / gef. km	2,32E-04	2,32E-04	2,32E-04	2,32E-04	1,68E-04	1,68E-04	1,68E-04	1,68E-04
THG-Emissionen	t CO2-eq / Mio.E / a	87	87	0	87	62	62	0	62
Verbrauch der Behälter									
Verbrauch Behälter	kg / a / EW	0,039	0,117	0,117	0,007	0,081	0,117	0,117	0,007
EF Erstellung der Behälter	kg CO2-eq / kg	1,93	0,68	0,68	1,08	1,93	0,54	0,54	0,94
EF Verwertung der Behälter	kg CO2-eq / kg	0,05	0,03	0,03	0,55	0,05	0,02	0,02	0,47
THG-Emissionen Behälter	t CO2-eq / Mio.E / a	77	84	84	4	161	66	66	3
Sammlung									
EF Dieselverbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / l Diesel	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
EF Erdgas-Verbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / kg Erdgas	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
Sammlung LVP+StNVP									
Jährlicher Verbrauch Diesel	l Diesel / Mio.E / a	189.576	203.058	176.736	20.293	181.011	195.112	170.130	20.293
Jährlicher Verbrauch Flüssiggas	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	11.884	0	0	0	11.884	0
THG-Emissionen Sammlung LVPs	t CO2-eq / Mio.E / a	588	630	577	63	562	605	557	63
THG-Emissionen Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	588	630	577	63	562	605	557	63
Transport zur Sortieranlage									
Berechnung vom Öko-Institut (2022a), im EF "Transport" enthalten									
Sortierung									
Mengen LVP + StNVP in Sortieranlage	kg / EW / a	4,02	8,25	8,98	5,39	9,70	18,08	19,23	5,38
EF für Sortierung	t CO2-eq / Mg	0,035	0,035	0,035	0,035	0,019	0,019	0,019	0,019
THG-Emissionen	t CO2-eq / Mio.E / a	139	285	310	186	181	338	360	101
Transport zu Aufbereitungs-, Verwertungs- und Behandlungsanlagen: Berechnung vom Öko-Institut (2022a), im EF "Transport" enthalten									

Parameter, Form	Einheit	IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe (Forsetzung)									
Aufbereitung und Verwertung									
Erfasste Mengen an LVP + StNVP									
Folien	kg / EW / a	0,48	0,80	0,74	0,57	1,10	1,90	1,94	0,61
PP	kg / EW / a	0,18	0,32	0,51	0,26	0,87	1,54	1,77	0,55
PE	kg / EW / a	0,21	0,36	0,29	0,24	0,91	1,39	1,32	0,78
PS	kg / EW / a	0,02	0,04	0,05	0,03	0,15	0,26	0,29	0,11
EPS	kg / EW / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PET-Flaschen	kg / EW / a	0,16	0,25	0,23	0,18	0,41	0,64	0,64	0,30
PET (andere)	kg / EW / a	0,10	0,16	0,15	0,12	0,18	0,26	0,27	0,14
MPO	kg / EW / a	0,20	0,34	0,36	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
PO-flex	kg / EW / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Formstabile Kunststoffe	kg / EW / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hohlkörper	kg / EW / a	0,08	0,14	0,15	0,10	0,09	0,19	0,20	0,00
Mischkunststoffe	kg / EW / a	1,35	2,54	2,44	1,73	2,21	4,06	4,15	1,06
Verbunde, FKN	kg / EW / a	0,53	0,84	0,74	0,59	0,64	0,82	0,76	0,69
PPK aus LVP	kg / EW / a	0,05	0,07	0,08	0,06	1,32	2,49	2,67	0,31
NE-Metalle	kg / EW / a	0,11	0,15	0,17	0,12	0,35	0,60	0,64	0,15
Weißblech	kg / EW / a	0,49	0,91	1,25	0,70	1,16	2,02	2,24	0,79
Cluster "Sortierreste"	kg / EW / a	1,03	1,69	1,80	1,23	1,27	2,28	2,37	0,67
Summe	kg / EW / a	4,98	8,61	8,97	6,15	10,67	18,45	19,23	6,15
EF für Verwertung ab der Sortieranlage									
Folien	t CO2-eq / Mg	-0,88	-0,88	-0,88	-0,88	-1,13	-1,13	-1,13	-1,13
PP	t CO2-eq / Mg	-1,26	-1,26	-1,26	-1,26	-1,46	-1,46	-1,46	-1,46
PE	t CO2-eq / Mg	-1,30	-1,30	-1,30	-1,30	-1,43	-1,43	-1,43	-1,43
PS	t CO2-eq / Mg	-2,22	-2,22	-2,22	-2,22	-2,34	-2,34	-2,34	-2,34
EPS	t CO2-eq / Mg	-3,16	-3,16	-3,16	-3,16	-3,21	-3,21	-3,21	-3,21
PET-Flaschen	t CO2-eq / Mg	-1,59	-1,59	-1,59	-1,59	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72
PET (andere)	t CO2-eq / Mg	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,79	-0,79	-0,79	-0,79
MPO	t CO2-eq / Mg	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-1,06	-1,06	-1,06	-1,06
PO-flex	t CO2-eq / Mg	-0,67	-0,67	-0,67	-0,67	-0,86	-0,86	-0,86	-0,86
Formstabile Kunststoffe	t CO2-eq / Mg	-0,93	-0,93	-0,93	-0,93	-1,13	-1,13	-1,13	-1,13
Hohlkörper	t CO2-eq / Mg	-1,04	-1,04	-1,04	-1,04	-1,21	-1,21	-1,21	-1,21
Mischkunststoffe	t CO2-eq / Mg	-0,17	-0,17	-0,17	-0,17	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35
Verbunde, FKN	t CO2-eq / Mg	0,16	0,16	0,16	0,16	0,05	0,05	0,05	0,05
PPK aus LVP	t CO2-eq / Mg	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,23	-0,23	-0,23	-0,23
NE-Metalle	t CO2-eq / Mg	-2,53	-2,53	-2,53	-2,53	-2,58	-2,58	-2,58	-2,58
Weißblech	t CO2-eq / Mg	-1,36	-1,36	-1,36	-1,36	-1,53	-1,53	-1,53	-1,53
Cluster "Sortierreste"	t CO2-eq / Mg	0,01	0,04	0,03	0,03	0,16	0,15	0,15	0,21
THG-Emissionen									
Folien	t CO2-eq / Mio.E / a	-422	-701	-647	-503	-1.250	-2.149	-2.195	-685
PP	t CO2-eq / Mio.E / a	-223	-398	-646	-330	-1.270	-2.250	-2.578	-795
PE	t CO2-eq / Mio.E / a	-268	-465	-380	-308	-1.305	-1.991	-1.886	-1.110
PS	t CO2-eq / Mio.E / a	-40	-83	-103	-59	-350	-619	-674	-264
EPS	t CO2-eq / Mio.E / a	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0
PET-Flaschen	t CO2-eq / Mio.E / a	-246	-399	-370	-282	-699	-1.091	-1.093	-517
PET (andere)	t CO2-eq / Mio.E / a	-58	-94	-89	-67	-138	-208	-209	-112
MPO	t CO2-eq / Mio.E / a	-181	-309	-329	-222	0	0	0	0
PO-flex	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	0	0	0	0	0
Formstabile Kunststoffe	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohlkörper	t CO2-eq / Mio.E / a	-88	-150	-160	-108	-109	-227	-241	0
Mischkunststoffe	t CO2-eq / Mio.E / a	-234	-442	-424	-300	-776	-1.423	-1.453	-373
Verbunde, FKN	t CO2-eq / Mio.E / a	85	134	118	94	29	37	34	31
PPK aus LVP	t CO2-eq / Mio.E / a	-4	-6	-7	-5	-298	-563	-601	-71
NE-Metalle	t CO2-eq / Mio.E / a	-272	-379	-434	-305	-895	-1.546	-1.648	-385
Weißblech	t CO2-eq / Mio.E / a	-665	-1.241	-1.705	-948	-1.777	-3.081	-3.423	-1.206
Cluster "Sortierreste"	t CO2-eq / Mio.E / a	12	71	52	36	201	344	361	141
THG-Emissionen	t CO2-eq / Mio.E / a	-2.606	-4.462	-5.125	-3.308	-8.636	-14.767	-15.607	-5.346

Parameter, Form	Einheit	IST				ZUKUNFT			
		GS	GT	WST	DC	GS	GT	WST	DC
		+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH	+WSH
2. Nicht-erfasste Wertstoffe									
EF Dieselverbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / l Diesel	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
EF Erdgas-Verbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / kg Erdgas	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
Sammlung									
Gesparte Sammlung Restmüll									
Jährlicher Verbrauch Diesel	l Diesel / Mio.E / a	19.315	19.315	19.315	19.315	19.315	19.315	19.315	19.315
Jährlicher Verbrauch Flüssiggas	kg FGas / Mio.E / a	18.463	18.463	18.463	18.463	18.463	18.463	18.463	18.463
THG-Emissionen Sammlung aktuell	t CO2-eq / Mio.E / a	104	104	104	104	104	104	104	104
Gesparte Sammlung Restmüll									
Beim jährlichen Verbrauch Diesel	l Diesel / Mio.E / a	-3.499	-9.850	-12.438	0	-3.499	-9.850	-12.438	0
Beim jährlichen Verbrauch Flüssiggas	kg FGas / Mio.E / a	-3.345	-9.416	-11.889	0	-3.345	-9.416	-11.889	0
Δ THG-Emissionen Sammlung Restmüll	t CO2-eq / Mio.E / a	-19	-53	-67	0	-19	-53	-67	0
THG-Emissionen Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	86	51	37	104	86	51	37	104
Verwertung (MVA München)									
Mengen nicht-erfasster Wertstoffe									
Folien	kg / EW / a	2,49	2,11	2,19	2,38	1,82	0,94	0,90	2,38
PP	kg / EW / a	2,10	1,78	1,32	1,90	1,54	0,79	0,54	1,90
PE	kg / EW / a	1,00	0,45	0,68	0,88	0,73	0,20	0,28	0,88
PS	kg / EW / a	0,33	0,24	0,19	0,29	0,25	0,11	0,08	0,29
EPS	kg / EW / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PET-Flaschen	kg / EW / a	0,60	0,42	0,45	0,56	0,44	0,19	0,19	0,56
PET (andere)	kg / EW / a	0,22	0,13	0,14	0,20	0,16	0,06	0,06	0,20
MPO	kg / EW / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PO-flex	kg / EW / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Formstabile Kunststoffe	kg / EW / a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hohlkörper	kg / EW / a	0,37	0,37	0,37	0,37	0,27	0,17	0,15	0,37
Mischkunststoffe	kg / EW / a	6,53	5,58	5,80	6,24	4,79	2,49	2,38	6,24
Verbunde, FKN	kg / EW / a	0,07	-0,33	-0,19	0,00	0,05	-0,15	-0,08	0,00
PPK aus LVP	kg / EW / a	4,34	4,21	4,12	4,30	3,18	1,88	1,69	4,30
NE-Metalle	kg / EW / a	0,89	0,84	0,80	0,87	0,65	0,37	0,33	0,87
Weißblech	kg / EW / a	2,36	1,88	1,47	2,13	1,73	0,84	0,60	2,13
PVC	kg / EW / a	0,09	0,06	0,03	0,08	0,06	0,03	0,01	0,08
Summe	kg / EW / a	21,38	17,75	17,38	20,20	15,69	7,91	7,12	20,20
EF für Verwertung (MVA München)									
Folien	t CO2-eq / Mg	1,11	1,11	1,11	1,11	1,78	1,78	1,78	1,78
PP	t CO2-eq / Mg	1,14	1,14	1,14	1,14	1,84	1,84	1,84	1,84
PE	t CO2-eq / Mg	1,23	1,23	1,23	1,23	1,96	1,96	1,96	1,96
PS	t CO2-eq / Mg	1,27	1,27	1,27	1,27	1,89	1,89	1,89	1,89
EPS	t CO2-eq / Mg	1,62	1,62	1,62	1,62	2,36	2,36	2,36	2,36
PET-Flaschen	t CO2-eq / Mg	0,87	0,87	0,87	0,87	1,27	1,27	1,27	1,27
PET (andere)	t CO2-eq / Mg	0,87	0,87	0,87	0,87	1,27	1,27	1,27	1,27
MPO	t CO2-eq / Mg	1,01	1,01	1,01	1,01	1,66	1,66	1,66	1,66
PO-flex	t CO2-eq / Mg	1,01	1,01	1,01	1,01	1,66	1,66	1,66	1,66
Formstabile Kunststoffe	t CO2-eq / Mg	1,01	1,01	1,01	1,01	1,66	1,66	1,66	1,66
Hohlkörper	t CO2-eq / Mg	1,01	1,01	1,01	1,01	1,66	1,66	1,66	1,66
Mischkunststoffe	t CO2-eq / Mg	0,94	0,94	0,94	0,94	1,54	1,54	1,54	1,54
Verbunde, FKN	t CO2-eq / Mg	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	0,33	0,33	0,33	0,33
PPK aus LVP	t CO2-eq / Mg	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05
NE-Metalle	t CO2-eq / Mg	-1,86	-1,86	-1,86	-1,86	-1,78	-1,78	-1,78	-1,78
Weißblech	t CO2-eq / Mg	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
PVC	t CO2-eq / Mg	0,60	0,60	0,60	0,60	0,94	0,94	0,94	0,94
THG-Emissionen									
Folien	t CO2-eq / Mio.E / a	2.755	2.341	2.423	2.636	3.238	1.670	1.589	4.221
PP	t CO2-eq / Mio.E / a	2.394	2.029	1.508	2.171	2.833	1.458	997	3.500
PE	t CO2-eq / Mio.E / a	1.227	549	841	1.086	1.436	390	550	1.733
PS	t CO2-eq / Mio.E / a	424	304	243	371	464	202	148	553
EPS	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	0	0	0	0	0
PET-Flaschen	t CO2-eq / Mio.E / a	524	366	396	488	559	237	236	708
PET (andere)	t CO2-eq / Mio.E / a	189	117	124	171	201	76	74	248
MPO	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	0	0	0	0	0
PO-flex	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	0	0	0	0	0
Formstabile Kunststoffe	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	0	0	0	0	0
Hohlkörper	t CO2-eq / Mio.E / a	377	377	377	377	456	277	255	622
Mischkunststoffe	t CO2-eq / Mio.E / a	6.144	5.256	5.463	5.876	7.381	3.834	3.663	9.619
Verbunde, FKN	t CO2-eq / Mio.E / a	-9	40	24	0	17	-48	-26	0
PPK aus LVP	t CO2-eq / Mio.E / a	-1.393	-1.352	-1.322	-1.381	-163	-96	-86	-221
NE-Metalle	t CO2-eq / Mio.E / a	-1.655	-1.556	-1.492	-1.623	-1.160	-662	-584	-1.551
Weißblech	t CO2-eq / Mio.E / a	-2.367	-1.880	-1.469	-2.131	-1.729	-834	-599	-2.121
PVC	t CO2-eq / Mio.E / a	53	39	20	46	61	27	13	72
THG-Emissionen Verwertung (MVA München)	t CO2-eq / Mio.E / a	8.664	6.629	7.136	8.085	13.594	6.530	6.229	17.383

Parameter, Form	Einheit	IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf									
Menge Fehlwurf	kg / EW / a	0,55	2,72	4,40	0,60	1,11	3,63	5,08	0,60
EF Dieselverbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / l Diesel	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
EF Erdgas-Verbrauch mit Bereitstellung	kg CO2-eq / kg Erdgas	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41	2,41
Sammlung									
Sammlung Fehlwurf									
Jährlicher Verbrauch Diesel	l Diesel / Mio.E / a	21.631	40.798	46.636	2.255	20.653	39.202	44.893	2.255
Jährlicher Verbrauch Flüssiggas	kg Erdgas / Mio.E / a	0	0	3.136	0	0	0	3.136	0
THG-Emissionen Sammlung Fehlwurf	t CO2-eq / Mio.E / a	67	127	152	7	64	122	147	7
Gesparte Sammlung Restmüll									
Beim jährlichen Verbrauch Diesel	l Diesel / Mio.E / a	-363	-1.940	-3.282	0	-363	-1.940	-3.282	0
Beim jährlichen Verbrauch Flüssiggas	kg FGas / Mio.E / a	-347	-1.854	-3.137	0	-347	-1.854	-3.137	0
Δ THG-Emissionen Sammlung Restmüll	t CO2-eq / Mio.E / a	-2	-10	-18	0	-2	-10	-18	0
Sortierung									
EF Sortierung	t CO2-eq / Mg	0,035	0,035	0,035	0,035	0,019	0,019	0,019	0,019
THG-Emissionen Sortierung	t CO2-eq / Mio.E / a	19	94	152	21	21	68	95	11
THG-Emissionen Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	65	116	135	7	62	111	129	7
EF Extra Transport	t CO2-eq / Mg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Delta-EF bei der Verwertung	t CO2-eq / Mg	0,16	0,16	0,16	0,16	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
THG-Emissionen Transport +	t CO2-eq / Mio.E / a	95	473	767	104	5	15	22	3

Zusammenfassung der THG-Emissionen									
THG-Emissionen in t CO2-eq / Mio.E / a		IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe									
Individualverkehr zum DC	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	36	0	0	0	26
Individualverkehr zum WSH	t CO2-eq / Mio.E / a	87	87	0	87	62	62	0	62
Verbrauch der Behälter	t CO2-eq / Mio.E / a	77	84	84	4	161	66	66	3
Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	588	630	577	63	562	605	557	63
Sortierung	t CO2-eq / Mio.E / a	139	285	310	186	181	338	360	101
Aufbereitung und Verwertung	t CO2-eq / Mio.E / a	-2.606	-4.462	-5.125	-3.308	-8.636	-14.767	-15.607	-5.346
2. Nicht-erfasste Wertstoffe									
Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	86	51	37	104	86	51	37	104
Verwertung (MVA)	t CO2-eq / Mio.E / a	8.664	6.629	7.136	8.085	13.594	6.530	6.229	17.383
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf									
Sortierung	t CO2-eq / Mio.E / a	19	94	152	21	21	68	95	11
Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	65	116	135	7	62	111	129	7
Transport + Verwertung	t CO2-eq / Mio.E / a	95	473	767	104	5	15	22	3
Gesamtbilanz THG-Emissionen	t CO2-eq / Mio.E / a	7.213	3.986	4.072	5.388	6.097	-6.919	-8.112	12.418
Gesamtpotential an (nicht-sperrige) LVP+StNVP im Abfall (Sammlung + WSH + Restmüll)									
	Mg / Mio. E*a	26.352	26.352	26.352	26.352	26.352	26.352	26.352	26.352
Zusammenfassung der THG-Emissionen bezogen auf das gesamte Potential an LVP+StNVP									
THG-Emissionen in kg CO2-eq / Mg Potential an LVP+StNVP		IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe									
Individualverkehr zum DC	kg CO2-eq / Mg	0	0	0	1,4	0	0	0	1,0
Individualverkehr zum WSH	kg CO2-eq / Mg	3	3	0	3	2	2	0	2
Verbrauch der Behälter	kg CO2-eq / Mg	3	3	3	0	6	3	3	0
Sammlung	kg CO2-eq / Mg	22	24	22	2	21	23	21	2
Sortierung	kg CO2-eq / Mg	5	11	12	7	7	13	14	4
Aufbereitung und Verwertung	kg CO2-eq / Mg	-99	-169	-194	-126	-328	-560	-592	-203
2. Nicht-erfasste Wertstoffe									
Sammlung	kg CO2-eq / Mg	3	2	1	4	3	2	1	4
Verwertung (MVA)	kg CO2-eq / Mg	329	252	271	307	516	248	236	660
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf									
Sortierung	kg CO2-eq / Mg	1	4	6	1	1	3	4	0
Sammlung	kg CO2-eq / Mg	2	4	5	0	2	4	5	0
Transport + Verwertung	kg CO2-eq / Mg	3,6	18,0	29,1	3,9	0,2	0,6	0,8	0,1
Gesamtbilanz THG-Emissionen	kg CO2-eq / Mg	274	151	155	204	231	-263	-308	471
Zusammenfassung THG-Emissionen im Vergleich zum jetzigen System (DC + WSH)									
THG-Emissionen in t CO2-eq / Mio.E / a		IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe									
Individualverkehr zum DC	t CO2-eq / Mio.E / a	-36	-36	-36	0	-26	-26	-26	0
Individualverkehr zum WSH	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	-87	0	0	0	-62	0
EPS	t CO2-eq / Mio.E / a	73	80	80	0	158	63	63	0
Mischkunststoffe	t CO2-eq / Mio.E / a	525	567	514	0	499	543	494	0
PO-flex	t CO2-eq / Mio.E / a	-47	99	124	0	81	238	259	0
THG-Emissionen	t CO2-eq / Mio.E / a	702	-1.154	-1.817	0	-3.290	-9.421	-10.261	0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe									
Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	0	0	0	0	0	0	0	0
Verwertung (MVA)	t CO2-eq / Mio.E / a	-19	-53	-67	0	-19	-53	-67	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf									
Sortierung	t CO2-eq / Mio.E / a	-2	73	131	0	10	57	84	0
Sammlung	t CO2-eq / Mio.E / a	58	109	128	0	55	104	122	0
Transport + Verwertung	t CO2-eq / Mio.E / a	-9	370	663	0	2	13	19	0
Gesamtbilanz THG-Emissionen	t CO2-eq / Mio.E / a	1.825	-1.402	-1.317	0	-6.321	-19.337	-20.530	0
Zusammenfassung THG-Emissionen im Vergleich zum jetzigen System (DC + WSH), bezogen auf das gesamte Potential an LVP+StNVP									
THG-Emissionen in kg CO2-eq / Mg		IST				ZUKUNFT			
		GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH	GS +WSH	GT +WSH	WST +WSH	DC +WSH
1. Erfasste Wertstoffe									
Individualverkehr zum DC	kg CO2-eq / Mg	-1	-1	-1	0,0	-1	-1	-1	0,0
Individualverkehr zum WSH	kg CO2-eq / Mg	0	0	-3	0	0	0	-2	0
EPS	kg CO2-eq / Mg	3	3	3	0	6	2	2	0
Mischkunststoffe	kg CO2-eq / Mg	20	22	20	0	19	21	19	0
PO-flex	kg CO2-eq / Mg	-2	4	5	0	3	9	10	0
THG-Emissionen	kg CO2-eq / Mg	27	-44	-69	0	-125	-357	-389	0
2. Nicht-erfasste Wertstoffe									
Sammlung	kg CO2-eq / Mg	-1	-2	-3	0	-1	-2	-3	0
Verwertung (MVA)	kg CO2-eq / Mg	22	-55	-36	0	-144	-412	-423	0
3. Extra-Emissionen für Fehlwurf									
Sortierung	kg CO2-eq / Mg	0	0	0	0	0	0	0	0
Sammlung	kg CO2-eq / Mg	0	3	5	0	0	2	3	0
Transport + Verwertung	kg CO2-eq / Mg	2	4	5	0	2	4	5	0
Gesamtbilanz THG-Emissionen	kg CO2-eq / Mg	69	-53	-50	0	-240	-734	-779	0