

Ökobilanz der PET-Einweg-Kreislaufflasche der MEG

Endbericht nach kritischer Prüfung

Andrea Drescher und Benedikt Kauertz

Heidelberg, April 2023



Erstellt im Auftrag der MEG Weißenfels GmbH & Co. KG, Langendorfer Straße 23, 06667 Weißenfels.

IMPRESSUM

Autoren: Andrea Drescher
 Benedikt Kauertz

Mitarbeit von: Mirjam Busch
 Samuel Mahami
 Frank Wellenreuther

Herausgeber: ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
 Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg

Erscheinungsjahr: 2023

Bildquellen: Titelblatt, ©joey333_Fotolia_84879726

94 Seiten

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
1 Ziel- und Rahmendefinition	11
1.1 Hintergrund und Studienanlass	12
1.2 Forschungsfragen	17
1.3 Vorgesehene Verwendung / Zielgruppen der Studie	17
1.4 Angaben zur Veröffentlichung der Ökobilanz-Studie	19
1.5 Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme	19
1.6 Methodische Festlegungen	21
1.6.1 Funktionelle Einheit	21
1.6.2 Definition des Systemraums – Systemgrenzen	21
1.6.2.1 Technische Systemgrenze	22
1.6.2.2 Geographische und zeitliche Systemgrenze	24
1.6.3 Abschneidekriterien	25
1.6.4 Allokation	26
1.6.4.1 Prozessallokation	26
1.6.4.2 Systemallokation	27
1.6.4.3 Allokation innerhalb der Distribution	29
1.6.5 Anforderungen an die Datenqualität	29
1.6.6 Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren	31
1.7 Vorgehen bei der Auswertung	32
2 Sachbilanz	34
2.1 Bilanzierte PET-Einwegflaschen	35
2.2 Bilanzierte Mehrwegflaschen aus PET und Glas	40
2.3 Systemparameter	41
2.3.1 Verpackungsgewichte	41
2.3.2 Rezyklatgehalte	42
2.3.3 Umlaufhäufigkeiten	43

Inhalt

2.3.4	Distributionsstrukturen und -distanzen	45
2.3.5	Entsorgungspfade	46
2.4	Vordergrundprozesse	47
2.4.1	Herstellung der Verpackung	47
2.4.2	Abfüllung und Flaschenreinigung	47
2.4.3	Recycling der Primärverpackung	48
2.5	Hintergrundprozesse	52
2.5.1	Herstellung der Materialien der Packmittel	52
2.5.2	Energiebereitstellung	54
2.5.3	Transporte	54
2.5.4	MVA	55
3	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung	56
3.1	Ergebnisse der Bilanzierung der PET-Einwegflaschen der MEG	56
3.1.1	Nettoergebnisse	56
3.1.2	Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) differenziert nach Lebenswegabschnitten	59
3.1.3	Zwischenfazit	63
3.2	Ergebnisse der Neuberechnung der Glas- und PET-Mehrwegflaschen der GDB	64
3.2.1	Nettoergebnisse	64
3.2.2	Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) differenziert nach Lebenswegabschnitten	65
3.2.3	Zwischenfazit	67
4	Auswertung	69
4.1	Identifikation und Beurteilung signifikanter Parameter	69
4.2	Vergleich ausgewählter Ergebnisse	71
4.2.1	Ökobilanzielles Profil der PET-Einweggebinde der MEG	71
4.2.2	Ökobilanzielle Profile der in der GDB 2008 und IK 2010 als Referenzsysteme für den Vergleich untersuchten Glas- und PET-Mehrweggebinde	75

Inhalt

4.2.3 Vergleich der PET-Einweggebinde der MEG mit den aktualisierten Referenzsystemen aus der GDB-2008- und der IK-2010-Ökobilanz	76
4.3 Schlussfolgerungen	82
4.4 Limitierungen	83
Literaturverzeichnis	86
Anhang A – Parameterstreuung	89
Anhang B – sektoraler Vergleich der Ergebnisse der WK GWP fossil	92
Anhang C - Bericht zur kritischen Prüfung	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Elemente der Ökobilanz gem. ISO 14040/44	11
Abbildung 1.2 Originalbild der Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel aus der GDB-Studie 2008 (Distributionsmodell 2007/08)	13
Abbildung 1.3 Originalbild der Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel aus der IK-Studie 2010	14
Abbildung 1.4 Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für PET- Einwegflaschen aus 100 % rPET	23
Abbildung 1.5 Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für PET- Mehrwegflaschen	23
Abbildung 1.6: Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für Glas- Mehrwegflaschen	24
Abbildung 2.1 Übersicht über die bilanzierten Systeme der 1,5 l und 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG	35
Abbildung 2.2 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET- Einwegflaschen für karbonisierte Getränke	36
Abbildung 2.3 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET- Einwegflaschen für karbonisierte Getränke	37
Abbildung 2.4 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET- Einwegflaschen für stille Getränke	38
Abbildung 2.5 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET- Einwegflaschen für stille Getränke	39
Abbildung 2.6 Systemparameter der bilanzierten PET und Glas Mehrwegflaschen	40
Abbildung 2.7 Originalbild aus der Deloitte Studie von 2013 - Umlaufzahlen von Glas- und PET-Flaschen Wasser und Erfrischungsgetränke	44
Abbildung 3.1 Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke	56
Abbildung 3.2 Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke	57

Abbildung 3.3	Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke	58
Abbildung 3.4	Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke	59
Abbildung 3.5	Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)	60
Abbildung 3.6	Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)	60
Abbildung 3.7	Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)	61
Abbildung 3.8	Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)	61
Abbildung 3.9	Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme 1,0 l PET MW und 0,7 l Glas Mehrwegflaschen	65
Abbildung 3.10	Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 1,0 l PET-Mehrweg und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen	66
Abbildung 4.1	Streuung der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke	72
Abbildung 4.2	Streuung der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke	72
Abbildung 4.3	Streuung der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke	73
Abbildung 4.4	Streuung der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke	73
Abbildung 4.5	Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen	77
Abbildung 4.6	Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen	78
Abbildung 4.7	Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen	79
Abbildung 4.8	Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen	79

Abbildung 4.9 Materialeinsatz ausgewählter Systeme in kg pro funktionelle Einheit (1.000 l Getränk)	81
Abbildung 4.10 Detailauswertung der CO ₂ -e Emissionen des Lebenswegabschnittes Abfüllung und Gebindereinigung	81
Abbildung 4.11 Streuung der Preformgewichte der 1,5 l PET-Einwegflasche für karbonisierte Getränke	89
Abbildung 4.12 Streuung der Preformgewichte der 0,5 l PET-Einwegflasche für karbonisierte Getränke	89
Abbildung 4.13 Streuung der Preformgewichte der 1,5 l PET-Einwegflasche für stille Getränke	90
Abbildung 4.14 Streuung der Preformgewichte der 0,5 l PET-Einwegflasche für stille Getränke	90
Abbildung 4.15 Streuung der Distributionsdistanzen der PET-Einwegflaschen	91
Abbildung 4.16 Vergleich der Ergebnisse der WK GWP fossil der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille und karbonisierte Getränke (jew. Mix total -> Sz. 1 und 9) mit den 1,0 l PET MW und den 0,7 l Glas Mehrwegflaschen	92
Abbildung 4.17 Vergleich der Ergebnisse der WK GWP fossil der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille und karbonisierte Getränke (jew. Mix total -> Sz. 5 und 12) mit den 1,0 l PET MW und den 0,7 l Glas Mehrwegflaschen	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1:	Gegenüberstellung der Ergebnisse der IK-2010-Studie und einer Nachberechnung gem. den UBA-Mindestanforderungen	15
Tabelle 1.2:	Spezifikation der 1,5 l PET-Einwegflasche der MEG für karbonisierte Getränke im Wandel der Zeit	16
Tabelle 1.3:	Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsfaktoren	32

Abkürzungsverzeichnis

AF	Allokationsfaktor
Alu	Aluminium
AP	Arbeitspaket
C+C	Cash and Carry
CSD	Carbonated soft drink
DPG	Deutsche Pfandsystem GmbH
EAA	European Aluminium Association
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EOL	End-of-life
EW	Einweg
FE	Funktionelle Einheit
FEFCO	The European Federation of Corrugated Board Manufacturers
FKN	Fachverband für Getränkekartonverpackungen
GDB	Genossenschaft Deutscher Brunnen eG
GFGH	Getränkefachgroßmarkt
GVM	Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH
GWP	Global Warming Potential
HDPE	High density polyethylene
IEA	Internationale Energieagentur
ifeu	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
IK	Industrievereinigung Kunststoffverpackungen
KEA nE	Kumulierter Energieaufwand nicht Erneuerbar
KRA	Kumulierter Rohstoffaufwand
LDPE	Low density polyethylene
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
MEG	Mitteldeutsche Erfrischungsgetränke GmbH & Co. KG
MiWa	Mineralwasser
MVA	Müllverbrennungsanlage

MW	Mehrweg
NCSD	Non-carbonated soft drink
NEP	Neckarsulmer Europalette
OPP	Oriented Polypropylene
PET	Polyethylenterephthalat
POS	Point of Sale
PTA	Purified Terephthalic Acid
PVC	Polyvinylchlorid
rPET	Recyceltes PET
rPO	Recyceltes Polyolefine
SBM	Streckblasmaschine
UBA	Umweltbundesamt, Dessau
ULZ	Umlaufzahl
URRC	United Resource Recovery Corporation
VerpackV	Verpackungsverordnung
WK	Wirkungskategorie

1 Ziel- und Rahmendefinition

Die hier vorgelegte Studie ist eine Ökobilanz der PET-Einweggetränkeverpackungen der Unternehmensgruppe MEG, zu der in Deutschland fünf Getränkeabfüllstandorte und drei kunststoffbearbeitende Unternehmen gehören. Eine Ökobilanz ist ein standardisiertes Verfahren zur Messung und Bewertung von Umweltauswirkungen eines definierten Produktes bzw. Prozesses oder auch einer Dienstleistung. Die grundlegenden Regeln zur Durchführung einer Ökobilanz sind in den ISO-Standards 14040:2006 und 14044:2006 international festgelegt und in das deutsche Normenwerk übertragen (DIN EN ISO 14040, DIN EN ISO 14044). Danach umfasst die Ökobilanz vier Elemente a) Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen, b) Sachbilanz, c) Wirkungsabschätzung und d) Auswertung.

Diese vier Elemente stehen nicht allein, sondern sind miteinander verbunden. So müssen die im Rahmen der Definition von Ziel- und Untersuchungsrahmen getroffenen methodischen Festlegungen zwingend auch zum definierten Untersuchungsgegenstand passen. Auch die ausgewählten und in der Sachbilanz dokumentierten Daten müssen den definierten Untersuchungsgegenstand adäquat beschreiben und dabei den selbst gewählten methodischen Anforderungen genügen. Im Rahmen der Auswertung müssen bei der Beschreibung und Interpretation der im Rahmen der Wirkungsabschätzung dargestellten Ergebnisse der Bilanz die Festlegungen zum Ziel und Rahmen der Studie und die im Rahmen der Sachbilanz getroffenen Entscheidungen reflektiert werden.

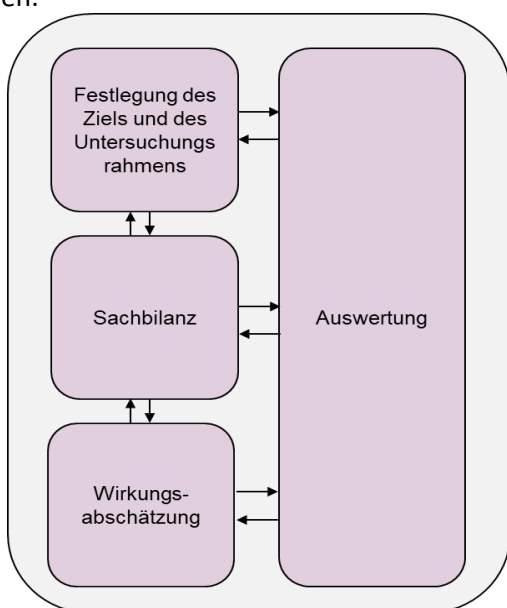


Abbildung 1.1: Elemente der Ökobilanz gem. ISO 14040/44

Dabei geben die ISO-Normen keine methodischen oder inhaltlichen Festlegungen vor. Der wesentliche Punkt bei der Beurteilung einer Ökobilanz ist daher immer, ob die von den Studienautoren getroffenen Festlegungen und genutzten Daten der im Rahmen der Ziel- und Rahmendefinition formulierten Forschungsfrage gerecht werden und ob ggf. auftretende Einschränkungen bei der Formulierung der Schlussfolgerungen entsprechend gewürdigt wurden.

Der hier vorgelegte Bericht folgt der in Abb. 1.1 gezeigten Form und gliedert sich gemäß den ISO-Normen 14040/44 in vier Kapitel.

1.1 Hintergrund und Studienanlass

Innerhalb der Schwarz-Produktion übernimmt die MEG die Produktion und Abfüllung von Mineralwasser und alkoholfreien Erfrischungsgetränken an fünf Standorten in Deutschland. Der Vertrieb der Produkte erfolgt ausschließlich über die Handelsgruppen der Schwarz-Gruppe (Lidl und Kaufland). Als Gebinde kommen dabei vor allem PET-Einweggebinde zur Anwendung¹. Darüber hinaus produziert die MEG an zwei Standorten die PET-Flaschenrohlinge (so genannte Preforms, die im Rahmen der Abfüllung zu PET-Flaschen „aufgeblasen“ werden). In einem dieser Werke werden auch die Verschlüsse für die Flaschen hergestellt. An zwei Standorten werden die restentleerten und aus dem Pfandsystem der DPG zurückgeführten Flaschen dem werkstofflichen Recycling zugeführt und zu PET-Regranulat verarbeitet. Damit befinden sich die wesentlichen Schritte im Lebenszyklus einer PET-Einwegflasche in der Hand der MEG. Diese vertikale Integration ermöglicht es der MEG, verschiedene Optimierungen innerhalb der PET-Einweggebinde zu realisieren, die deutlich über den marktüblichen Status Quo hinausgehen.

Die Situation in der politischen Debatte

Die Diskussion um die ökobilanzielle Bewertung von Getränkeverpackungen wurde in Deutschland bis dato stets im Kontext einer politischen Debatte um die Verpackungsverordnung bzw. das Verpackungsgesetz (in Kraft getreten am 01.01.2019) geführt. Dabei steht oft der ökobilanzielle Vergleich zwischen Einweggetränkeverpackungen und Mehrweggetränkeverpackungen im Vordergrund. Das Wesen der politisch motivierten Diskussion, deren Ergebnisse sich in der nationalen Gesetzgebung wiederfinden sollen, erfordert die Betrachtung durchschnittlicher deutscher Verhältnisse. Diskussionsprägende Studien für die Beurteilung der PET-Einweggebinde waren dabei die so genannte GDB-Studie aus dem Jahr 2008 (Kauertz, B. et al. 2008) und die IK-Studie aus dem Jahr 2010 (Kauertz, B. et al 2010).

Die GDB-Studie zeigte für die untersuchten Mehrwegsysteme der GDB ökobilanzielle Vorteile. Die 1,5 l PET-Einwegflasche verursachte nach damaliger Berechnung mit 139 kg CO₂e pro 1.000 l Füllgut doppelt so viele Treibhausgasemissionen wie die 1,0 l PET-Mehrweg-Flasche der GDB. Die in der GDB-Studie untersuchte PET-Einwegflasche hatte ein Preformgewicht von 35,5 g und bestand zu 100 % aus primärem PET. Die Distributionsdistanz vom Abfüller bis zum Zentrallager wurde mit 245 km angesetzt.

¹ An den Standorten MEG Würth am Rhein und MEG Lönningen werden zudem Süßgetränke u.a. für den internationalen Markt in Getränkedosen aus Aluminium abgefüllt. Diese werden aber im Rahmen der hier vorliegenden Studie nicht weiter betrachtet.

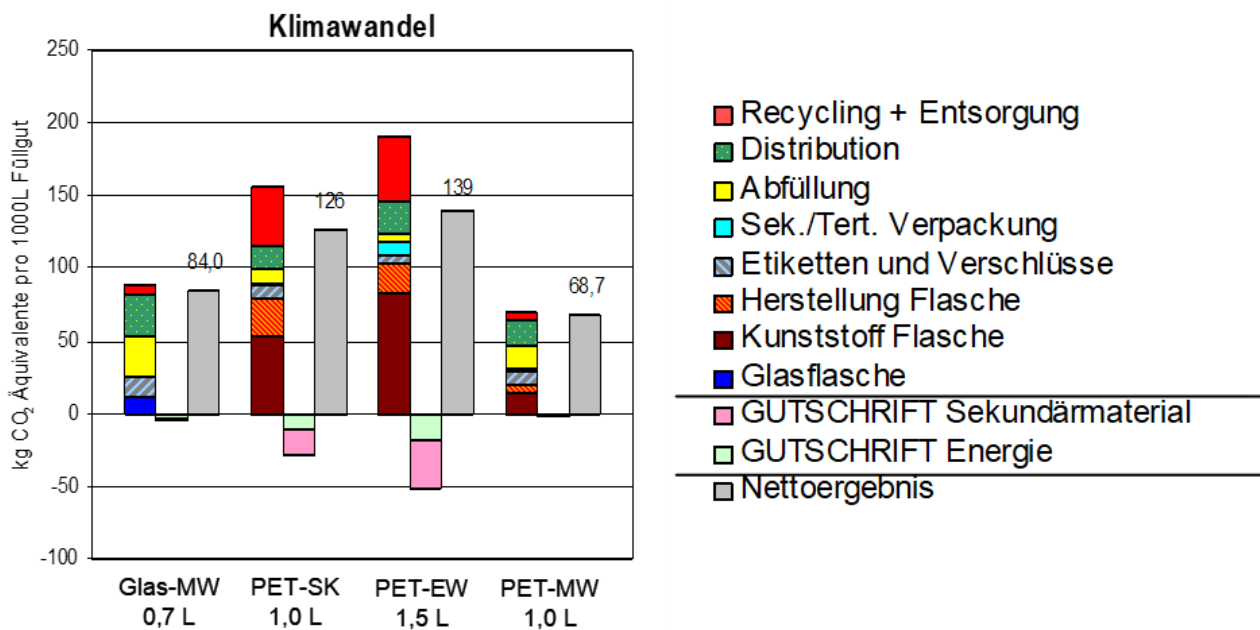


Abbildung 1.2 Originalbild der Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel aus der GDB-Studie 2008 (Distributionsmodell 2007/08)

Akteure innerhalb der Branche der PET-Einwegabfüller sahen ihre Gebinde und ihre Situation in der GDB-Studie von 2008 nicht ausreichend reflektiert. So entstand der Wunsch nach einer Aktualisierung des ökobilanziellen Profils der PET-Einwegflaschen aus der GDB-Ökobilanz. Dies führte zu einer umfassenden Datenerhebung und Neubilanzierung und schlussendlich im Jahr 2010 zur Publikation der IK-Bilanz 2010 in der erstmals in der Wirkungskategorie Klimawandel auf der numerischen Ebene eine vergleichbare Positionierung der 1,5 l PET-Einwegflasche mit der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche der GDB nachgewiesen werden konnte.

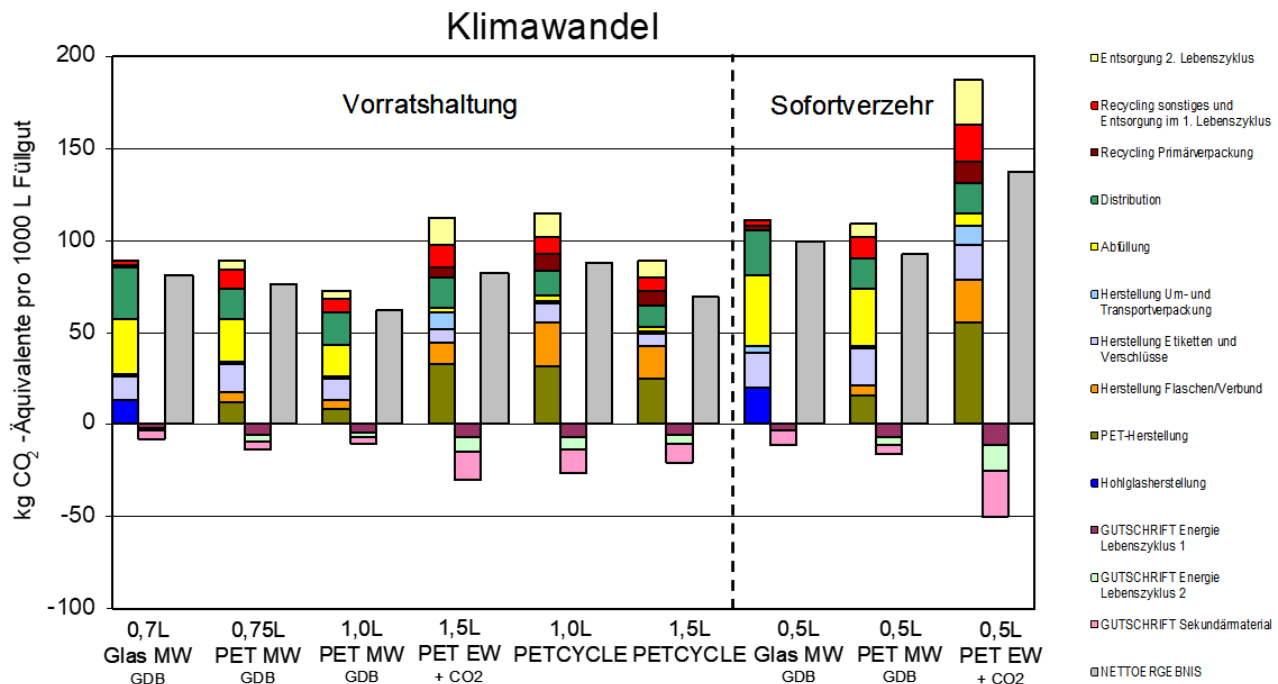


Abbildung 1.3 Originalbild der Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel aus der IK-Studie 2010

Die neu erhobenen Spezifikationen der IK-Bilanz 2010 zeigten für die 1,5 l PET-Einwegflasche ein Preformgewicht von 29,8 g bei 25 % rPET-Anteil und eine Lieferdistanz vom Abfüller zum Zentrallager des Handels von 186 km und für die 0,5 l PET-Einwegflasche ein Preformgewicht von 16,9 g bei 26 % rPET-Anteil und eine Lieferdistanz vom Abfüller zum Zentrallager des Handels von ebenfalls 186 km. Die IK-Studie wurde im Jahr ihrer Publikation kritisch diskutiert, der Hauptkritikpunkt war der zu große Anteil von Handelsmarken in der Mittelwertbildung. In den nachfolgenden Jahren hat das deutsche Umweltbundesamt einen Prozess aufgesetzt, in dem Mindestanforderungen für Getränkeverpackungsökobilanzen definiert wurden, deren Ergebnisse im politischen Kontext Anwendung finden sollen¹. Bislang wurde aber weder von Industrieverbänden noch von der Politik eine vergleichende Getränkeverpackungsökobilanz publiziert, welche die Getränkesegmente Mineralwasser und alkoholfreie Erfrischungsgetränke erforscht. Somit ist die IK-Bilanz 2010 der letzte publizierte Stand. Auch die neue Studie des Umweltbundesamtes „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0) wird diese Lücke nicht füllen, da es sich bei dieser, bislang noch nicht fertiggestellten und daher noch unveröffentlichten Arbeit, nicht um eine vergleichende Ökobilanz handelt.

¹ Detzel, A. et al 2016: Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen – erschienen als UBA Texte 19/2016, Dessau 2016

Infokasten: Aktualisierung der Ergebnisse der IK-2010-Studie gem. den UBA-Mindestanforderungen

Im Rahmen der Diskussion um die Ergebnisrelevanz der neuen methodischen Anforderungen der UBA-Mindestanforderungen wurden ausgewählte Systeme aus der IK 2010 Bilanz neu bilanziert¹. Tabelle 1.1 zeigt einen Vergleich der Ergebnisse aus der Originalstudie IK 2010 mit den Ergebnissen der Neubilanzierung im aktuell gültigen methodischen Setting der UBA-Mindestanforderungen für vier ausgewählte Wirkungskategorien².

Tabelle 1.1: Gegenüberstellung der Ergebnisse der IK-2010-Studie und einer Neuberechnung gem. den UBA-Mindestanforderungen

	1,5 l PET EW			0,5 l PET EW			1,0 l PET MW			0,7 l Glas MW		
	Original IK 2010	gem. UBA-MA	Δ in %	Original IK 2010	gem. UBA-MA	Δ in %	Original IK 2010	gem. UBA-MA	Δ in %	Original IK 2010	gem. UBA-MA	Δ in %
Klimawandel GWP fossil [kg CO ₂ -Äquivalente]	82,13	63,27	-23%	136,80	116,06	-15%	62,46	42,85	-31%	80,90	75,75	-6%
terrestrische Eutrophierung [g PO ₄ -Äquivalente]	25,10	11,97	-52%	35,19	21,14	-40%	21,24	8,45	-60%	33,12	18,09	-45%
Versauerung [kg SO ₂ -Äquivalente]	0,22	0,12	-44%	0,34	0,22	-35%	0,17	0,08	-53%	0,25	0,17	-34%
Feinstaub PM _{2,5} [kg PM _{2,5} -Äquivalente]	226,01	117,34	-48%	335,10	209,12	-38%	185,62	81,16	-56%	283,52	169,46	-40%

Es zeigt sich, dass sich – durch die mit der Anwendung der UBA-Mindestanforderungen einhergehenden methodischen Veränderungen – die Ergebnisse aller Systeme verringern. Eine signifikante Umkehr der Ergebnisse findet jedoch nicht statt³.

Ungeachtet des nicht weiter aktualisierten Forschungsstandes wurde in das im Jahr 2019 in Kraft getretene Verpackungsgesetz eine pauschale Mehrwegquote aufgenommen. Derzeit ist diese Quote nur appellativ, doch führt das wiederholte Verfehlen der politischen Ziele zu weitergehenden Überlegungen zur Stützung der Mehrwegquote. Derzeit werden im nationalen Kontext Angebots- oder Vertriebsquoten für Mehrweggetränkeverpackungen diskutiert⁴. In der internationalen Diskussion positioniert sich die EU-Kommission in ihrem Vorschlag für eine EU-Verpackungsverordnung für eine

¹ Hier werden nur die vier für den weiteren Studienkontext relevanten Systeme (1,5 l und 0,5 l PET-Einweg sowie 1,0 l PET-Mehrweg und 0,7 l Glas-Mehrweg) dargestellt

² Diese vier Wirkungskategorien bilden die Schnittmenge der in der IK 2010 Studie ausgewerteten Wirkungskategorien und der gem. den UBA-Mindestanforderungen aktuell auszuwertenden Wirkungskategorien. In allen anderen Wirkungskategorien wurden Änderungen an den Modellen oder den Charakterisierungsfaktoren vorgenommen, so dass die Ergebnisse nicht vergleichbar sind.

³ Im Rahmen der ISO-konformen Getränkeverpackungsökobilanzen nach Maßgabe der UBA-Mindestanforderungen werden nur Unterschiede > 10% als signifikant bewertet (vgl. dazu auch Kap. 1.7)

⁴ Bspw. im Zusammenhang mit dem UBA Vorhaben Untersuchung von Mehrwegsystemen zur Verpackungsvermeidung (FKZ: 3720 34 3050) (Roedig et. al 2023)

Mehrwegpflicht für Hersteller und Inverkehrbringer¹. Die differenzierte ökobilanzielle Positionierung von Einweg- und Mehrweggetränkeverpackungen unter Berücksichtigung der Optimierungsbemühungen einzelner Unternehmen ist somit nicht Gegenstand der aktuellen politischen Diskussion.

Die Situation innerhalb der MEG

Die Spezifikationen der GDB 2008 Studie und der IK-2010-Studie entsprachen zwar dem Marktdurchschnitt, nicht aber der Situation der MEG. Die nachfolgende Tabelle 1.2 zeigt zur Illustration der bereits umgesetzten Optimierungen eine nicht abschließende Übersicht über wesentliche Spezifikationen der 1,5 l PET-Einwegflasche der MEG für karbonisierte Getränke.

Tabelle 1.2: Spezifikation der 1,5 l PET-Einwegflasche der MEG für karbonisierte Getränke im Wandel der Zeit

	Bis 2008	Ab 2009	In 2022²
Gewicht Preform in g	38 g	31 g (-18%)	25,6 g (-33%)
Anteil rPET im Preform in %	0 %	0 % bis 25 %	100 %
Gewicht Verschluss	2,6 g	2,1 g (-11,5%)	1,9 g (-27 %)
Gewicht Etikett	0,8 g	0,8 g	0,7 g (-12 %)
Distributionsentfernung bis zum Zentrallager	266 km	257 km (-3 %)	193 km (-27 %) ³

Somit wird deutlich, dass die ab dem Jahr 2008 in der MEG vorgenommenen Veränderungen sich nur in ungenügendem Maße in den Ökobilanzen der GDB und der IK widerspiegelt haben können.

Vor diesem Hintergrund hat sich die MEG entschlossen, die ökobilanzielle Bewertung ihrer eigenen Verpackungen nach Umsetzung der Optimierungsbemühungen der vergangenen 15 Jahre berechnen zu lassen und einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Dabei sollen die grundsätzlichen Methoden zur Bilanzierung der UBA-Mindestanforderungen (Detzel et al. 2016) gelten. Zudem wird eine Anschlussfähigkeit an die Bilanzierung im aktuellen UBA-Vorhaben FKZ 3721 31 302 0 angestrebt.

¹ Bspw. in Art. 26 des "Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC" https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-packaging-and-packaging-waste_en

² Die hier abgebildeten Werte entsprechen dem gew. Mittelwert der 1,5 l PET-Einwegflaschen der MEG für karbonisierte Getränke (entspricht System 1 gem. Kapitel 3.1.1). Für die berechneten durchschnittlichen Preformgewichte der MEG sowie für die Transportdistanzen wurde das Geschäftsjahr 2021 ausgewertet (März 2021 bis inkl. Februar 2022). Anders ließ sich zum Erhebungszeitraum kein Mittelwert bilden.

³ Die Reduktion der Transportdistanz zw. 2009 und 2022 ist auf die Errichtung und den Betrieb eines fünften Getränkewerkes in Wörth am Rhein zurückzuführen

Zur Einordnung des ökobilanziellen Profils der PET-Einwegflaschen soll ein Vergleich mit den in früheren Ökobilanzen untersuchten 1,0 l PET-Mehrwegflaschen und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen der GDB durchgeführt werden. Die beiden Mehrweggebinde dienen als Benchmark für die Beurteilung der PET-Einwegflaschen der MEG. Die Ergebnisse der Studie sind Teil der Unternehmenskommunikation der MEG. Bei den Flaschen der MEG handelt es sich um ein hochoptimiertes PET-Einwegsystem. Pauschalierende Aussagen für die Gesamtheit der am Markt befindlichen PET-Einwegflaschen lassen sich von daher nicht ableiten. Aufgrund des integrierten Vergleichs soll die hier vorgelegte Studie gem. ISO 14040/44 extern kritisch begutachtet werden. Damit wird sichergestellt, dass die in dieser Studie enthaltenen Aussagen zur Umweltbewertung der PET-Einweggebinde der MEG den aktuellen wissenschaftlichen Standards entsprechen¹.

1.2 Forschungsfragen

Die konkrete ökobilanzielle Bewertung der PET-Einweggebinde der MEG wird im Rahmen dieser Studie anhand der folgenden Forschungsfragen untersucht:

- Wie ist das aktuelle ökobilanzielle Profil der PET-Einweggebinde der MEG unter Berücksichtigung der methodischen Anforderungen der UBA-Mindestanforderungen?
- Welche Informationen liegen vor, um das ökobilanzielle Profil der in der GDB 2008 und IK 2010 als Referenzsysteme für den Vergleich untersuchten Glas- und PET-Mehrweggebinde inhaltlich und methodisch zu aktualisieren?
- Wie stellt sich der Vergleich der PET-Einweggebinde der MEG mit den aktualisierten Referenzsystemen aus der GDB 2008 und IK-2010-Ökobilanz dar?

Die Definition der Forschungsfragen ist ein wesentlicher Bestandteil der Ökobilanzstudie, da die Beurteilung der Validität der Sachbilanzdaten und die Auswertung der Ergebnisse sowie die Ableitung der Schlussfolgerungen in stetigem Abgleich mit diesen Fragen zu erfolgen hat.

1.3 Vorgesehene Verwendung / Zielgruppen der Studie

Die Forschungsfragen machen deutlich, dass es sich bei der vorliegenden Studie um eine unternehmensspezifische Ökobilanz handelt. Im Vordergrund steht die Ermittlung des ökobilanziellen Profils der PET-Einweggebinde der MEG und ihre ökobilanzielle Positionierung im Vergleich zu ausgewählten Mehrweggetränkeverpackungen. Alternative Gebinde werden nur im Sinne einer Kontrastfolie betrachtet, um die Positionierung der unternehmenseigenen Gebinde beurteilen zu können. Es ist nicht Ziel der

¹, wie es derzeit auch im Artikel 3 des "Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on green claims" gefordert wird.

Untersuchung, neue Daten zu Mehrweggebinden zu erheben oder hypothetische Systeme zum Einsatz alternativer Getränkeverpackungen bei der MEG zu bilanzieren. Zu diesem Zweck sollen bestehende und als valide geltende Daten zu Mehrweggetränkeverpackungen herangezogen werden.

Die Ergebnisse der Studie richten sich somit primär an den Auftraggeber. Die Zielgruppe der Studie sind demnach erst einmal Akteure innerhalb der MEG (Schwarz Produktion). Dem Auftraggeber obliegt dann die weitere Kommunikation der Studie bzw. der daraus ableitbaren Aussagen zur sachgerechten Information weiterer Kreise über die Ergebnisse der Studie. Insofern gehören in den erweiterten Kreis der Zielgruppe möglicherweise auch Akteure aus Politik und Wirtschaft sowie Vertreter der Zivilgesellschaft im Sinne von Nichtregierungsorganisationen sowie die interessierte Öffentlichkeit.

Die Definition der Zielgruppe ist gemäß den Bestimmungen der ISO-Norm für Ökobilanzen wesentlich für die Art und Weise der Berichtslegung. Die Norm bestimmt, dass der Bericht für die Zielgruppe verständlich und nachvollziehbar sein muss. Eine Ökobilanzstudie ist von ihrer Grundaussage her eine wissenschaftliche Arbeit. Die völlig gerechtfertigten Forderungen nach Transparenz, Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit, die auch in den UBA-Mindestanforderungen aufgegriffen werden, können nicht dahingehend interpretiert werden, dass der Bericht den Ansprüchen einer populärwissenschaftlichen Arbeit genügt, an deren Ende als Schlussfolgerungen klare Kaufempfehlungen für definierte Produkte stehen. Dies kann auch eine unternehmensspezifische Studie nicht leisten, da auch hier notwendigerweise Aggregationen vorgenommen werden müssen – bspw. hinsichtlich der Lieferstrukturen vom Abfüller zum Point-of-Sale. Insofern kann eine Ökobilanz nur eine Zielgruppe adressieren, die grundlegendes Vorwissen zum Thema Ökobilanz mitbringt. Alle weiteren Zielgruppen bedürfen einer Art der Wissens- und Ergebnisvermittlung, die nicht mit den Anforderungen an einen ISO-konformen Ökobilanzbericht in Einklang zu bringen sind. Daher wird die Zielgruppe der Studie wie folgt definiert:

Die Studie und die darin enthaltenen Ergebnisse richten sich primär an den Auftraggeber und sekundär an Akteure aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, die fachlich mit der Thematik Ökobilanz und Verpackung befasst sind.

Darüber hinaus steht es dem Auftraggeber der Studie frei, eigene Aufbereitungen der Studienergebnisse für weitere Zielgruppen zu erstellen bzw. erstellen zu lassen und zu verbreiten. Neben diesen möglichen kontextspezifischen Aufbereitungen der Studieninhalte empfehlen die Autoren der Studie aus Gründen der Transparenz auch eine Veröffentlichung der Studie bzw. eine Freigabe der Studie für interessierte Kreise.

1.4 Angaben zur Veröffentlichung der Ökobilanz-Studie

Die vorliegende Studie verwendet Daten und Modelle, die in Reflexion der Forschungsfragen und der definierten Zielgruppen der Studie als valide betrachtet werden. Der hier vorgelegte Bericht beschreibt umfassend und transparent die methodischen Rahmensetzungen sowie die Ableitung der ergebnisrelevanten Parameter. Die Dokumentation der verwendeten Datensätze ist vollständig und bedient das für eine ISO-konforme Ökobilanz erforderliche Detailniveau. Die Auswertung erfolgt in transparenter und nachvollziehbarer Art und Weise.

Die Gesamtstudie ist prinzipiell publizierbar. Eine solche Publikation wird von den Autoren der Studie empfohlen und angestrebt, um die in Kapitel 1.3 definierte Zielgruppen bedienen zu können und sachgerecht über die Inhalte der Studie zu informieren. Eine Testierung der ISO-Konformität der Studie wird seitens der Autoren empfohlen, wenn die vergleichenden Aussagen für die Ergebniskommunikation genutzt werden sollen. Die Testierung erfolgt im Rahmen einer kritischen Begutachtung. Gutachter sind:

- Roland Fehringer (c7- consult e.U.)
- Prof. Dr. Eugen Herzau (HTWK Leipzig)
- Kurt Schüler (GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH)

Die Begutachtung wurde im März 2023 durchgeführt. Der Bericht zur kritischen Prüfung findet sich im Anhang C dieser Studie.

1.5 Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme

Die MEG verwendet zur Abfüllung ihrer Getränke hauptsächlich 0,5 l und 1,5 l PET-Einwegflaschen¹. In Summe wurden im Jahr 2022 2,3 Mrd. PET-Getränkeflaschen der MEG in Deutschland verkauft². Das entspricht 12,7 % aller in Deutschland verkauften PET-Getränkeflaschen³. Damit ist die MEG einer der größten Getränkehersteller in

¹ Es werden auch 0,75 und 1,0 Liter PET-Flaschen verwendet (und wie bereits erwähnt auch Getränkedosen) - diese sind aber in der Minderheit

² Der Wert von 2,3 Mrd. beinhaltet ausschließlich die in dieser Studie betrachteten 0,5 l und 1,5 l PET-Einwegflaschen. Andere Füllgrößen (0,75 l, 1,0 l) und die Getränkedosen sind in den 2,3 Mrd. Flaschen nicht enthalten, sie machen aber auch nur einen kleineren Anteil aus

³ Die Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (GVM) publiziert in ihrem Bericht „Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019“ aus dem Jahr 2020 den Wert von 18 Mrd. PET Getränkeflaschen. Darin ist auch der Anteil an PET-Mehrwegflaschen enthalten, der mit 19 %

Deutschland. Von den 2,3 Mrd. Gebinden der MEG, die in dieser Studie untersucht werden, entfallen 37 % der Flaschen bzw. 16 % des Gesamtfüllvolumens auf die 0,5 l Füllgröße und 63 % der Flaschen bzw. 84 % des Gesamtfüllvolumens auf die 1,5 l Füllgröße.

Das in dieser Studie untersuchte Produktportfolio der MEG umfasst die folgenden vier Getränkesegmente:

- karbonisierte Mineralwässer (medium und classic)
- karbonisierte Erfrischungsgetränke
- stille Mineralwässer
- stille Erfrischungsgetränke

Zudem sind die Vertriebsketten Lidl und Kaufland zu unterscheiden, die teilweise zu unterschiedlichen Verpackungsspezifikationen und immer zu unterschiedlichen Distributionsstrukturen führen. In Summe werden 44 verschiedene Systeme zur Abbildung der Variabilität der PET-Einweggetränkeflaschen der MEG untersucht.

Zur Einordnung der ökobilanziellen Profile der untersuchten PET-Einwegflaschen werden die aus der GDB 2008 und IK 2010 bekannten 1,0 l PET-Mehrwegflaschen und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen der GDB untersucht. Diese Gebinde werden im Sinne einer Kontrastfolie in die Untersuchung integriert. Ziel ist es, das ökobilanzielle Profil dieser Gebinde an die neuen methodischen Anforderungen der UBA-Mindestanforderungen anzupassen und gleichzeitig verfügbare neue Informationen zu den Verpackungsspezifikationen, Umlaufhäufigkeiten und Distributionsstrukturen einzupflegen. Die Mehrweggebinde werden nicht aufgrund ihrer Marktbedeutung ausgewählt, sondern weil sie a) in der Mehrzahl der untersuchten Getränkesegmente Anwendung finden, b) zu den Gebinden viele Informationen aus älteren Studien vorliegen und c) Poolgebinde in der breiten öffentlichen Meinung als das ökologischste Mehrwegsystem gelten¹. Die Mehrwegsysteme werden als marktdurchschnittliche Systeme bilanziert (soweit die verfügbare Datenlage dies zulässt). Eine Abbildung hypothetischer Systeme (MW-Gebinde in den Strukturen der MEG) ist nicht Teil der Studie.

bezogen auf das Abfüllvolumen beziffert wird. Da keine weiteren Angaben zu den eingesetzten Füllgrößen vorliegen, kann die Anzahl an PET-Einwegflaschen nicht berechnet, sondern nur qualifiziert geschätzt werden. Auf Basis des Zahlenmaterials ergibt sich eine Bandbreite von 15 bis max. 16 Mrd. PET Einwegflaschen. Die DUH publiziert einen Verbrauchswert von 17,4 Mrd. PET-Einwegflaschen (<https://www.duh.de/mehrweg-klimaschutz0/einweg-plastikflaschen/>), jedoch ohne Quellenangabe. Der prozentuale Anteil der Gebinde der MEG an der Marktmenge an PET-Einwegflaschen in Deutschland variiert somit je nachdem, welche Zahl nun als Relationsgröße eingesetzt wird. Im Sinne einer Bandbreite lässt sich postulieren, dass jede siebte bis achte PET-Einwegflasche eine Flasche der MEG ist.

¹ Vergleichende Ökobilanzen zu diesem Punkt, die eine ausreichende Repräsentativität aufweisen, um diese Aussage valide zu begründen, liegen jedoch nicht vor.

1.6 Methodische Festlegungen

1.6.1 Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit ist durch die Mindestanforderungen des UBA wie folgt festgelegt:

„Bereitstellung von 1.000 Litern Getränk in Gebinden bis zu einer Füllgröße von 10 Litern am Ort der letzten Handelsstufe (POS: Point of Sale)“

Das „Getränk“ meint hier die Füllgüter, die im Rahmen der untersuchten Getränkesegmente, charakterisiert sind. Der „Ort der letzten Handelsstufe“ ist folgendermaßen definiert:

Alle Arten von stationären Betrieben mit Handelsfunktion, die Getränke abgeben (z. B. Lebensmitteleinzelhandel (LEH), Getränkeabholmärkte, Drogeriemärkte, Tankstellen und Kioske, aber auch Cash + Carry (C+C) oder Getränkefachgroßhandel (GFGH)).

Für die PET-Einweggebinde der MEG ist der Ort der letzten Handelsstufe grundsätzlich eine Lidl- oder Kauflandfiliale. Da die Mehrweggebinde nach Marktdurchschnitt abgebildet werden, umfasst die funktionelle Einheit auch die anderen in den UBA-Mindestanforderungen definierten Orte der letzten Handelsstufe. Lediglich die im Rahmen der Mindestanforderungen definierten zusätzlichen Bestimmungen zu den Aspekten „Automatenvertrieb“ und „Direktvertrieb“ bleiben bei den hier untersuchten Getränkesegmenten außerhalb des Untersuchungsrahmens.

Die unterschiedlichen Leistungsmerkmale der untersuchten Verpackungen wie bspw. Transparenz der Verpackung spielen für die Definition der funktionellen Einheit und den ökobilanziellen Vergleich keine Rolle, wohl aber die funktionelle Äquivalenz der untersuchten Gebinde. Diese ergibt sich aus den Anforderungen an den Schutz des Füllgutes. Die Erfüllung der lebensmittelrechtlichen Anforderungen an die in den einzelnen Getränkesegmenten verwendeten Verpackungen sowie die Anforderungen des Handels an die notwendige Mindesthaltbarkeit des Füllgutes werden vorausgesetzt und sind Gegenstand der Ökobilanz bzw. der Definition der funktionellen Einheit.

1.6.2 Definition des Systemraums – Systemgrenzen

Nachfolgend sind die grundsätzlichen verbindlichen Randbedingungen der Systemgrenzen zusammengestellt. Die Systemgrenzen werden bestimmt durch den Untersuchungsgegenstand, das Bezugsjahr der Studie sowie durch die verwendeten Daten.

1.6.2.1 Technische Systemgrenze

Entsprechend den Mindestanforderungen muss die Ökobilanz-Studie alle Prozesse (technischen Prozesse sowie Agrar- und Forstprozesse) des gesamten Lebensweges des Getränkeverpackungssystems umfassen.

Bei der Quantifizierung werden die folgenden Lebenswegabschnitte der Getränkeverpackungssysteme berücksichtigt:

- Rohstoffgewinnung (primäres und sekundäres Material)
- Packstoffproduktion
- Packmittelproduktion
- Abfüllung
- Nutzung (nur bezüglich der Quantifizierung von Abfallströmen ausgehend vom Verbraucher relevant)
- Ende-des-Produktlebensweges (EoL)
- Transporte generell
- Distributionssystem des Produktes

Die in dieser Studie verwendeten Prozessmodule in der Modellierung der Getränkeverpackungssysteme werden in Kapitel 2 ausführlich und transparent beschrieben. Ausgeschlossene Prozesse entsprechend den Abschneidekriterien sind in Kapitel 1.6.3 beschrieben. Die Herstellung der Infrastruktur (Gebäude, Maschinen, Straßen) liegt außerhalb der Systemgrenze. Sollte bei Datensätzen aus Datenbanken Infrastruktur teilweise berücksichtigt sein, wird dies im Kapitel Sachbilanz (vgl. Kapitel 2) aufgeführt und beschrieben.

Die folgenden Abbildungen illustrieren vereinfacht die technischen Systemgrenzen für die zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme in dieser Studie.

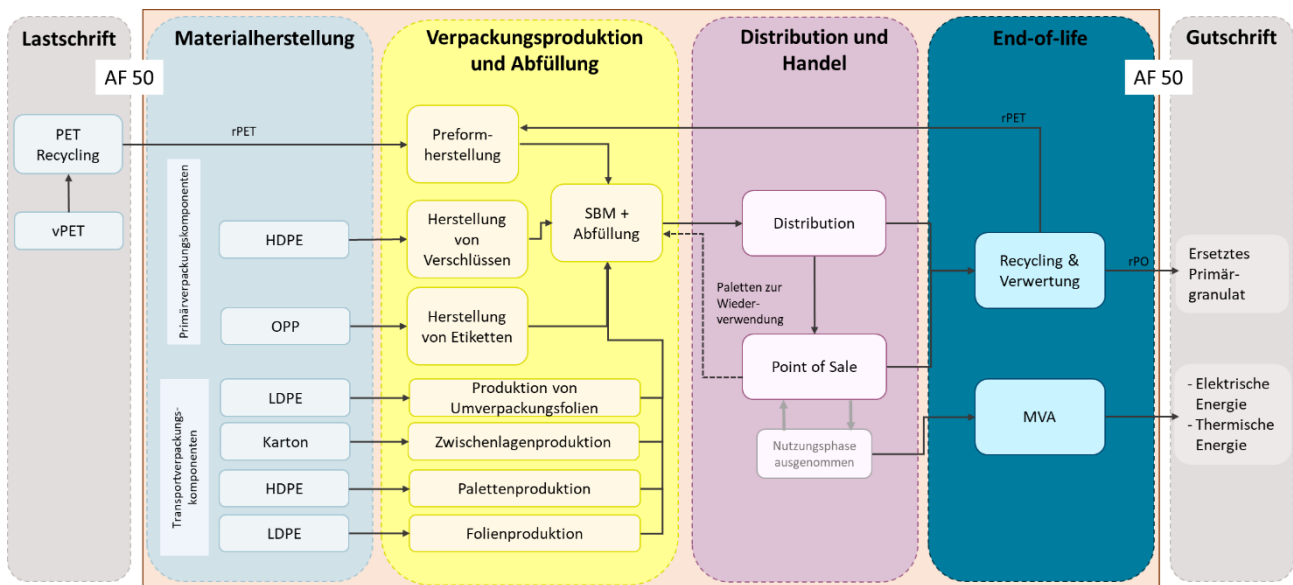


Abbildung 1.4 Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für PET-Einwegflaschen aus 100 % rPET

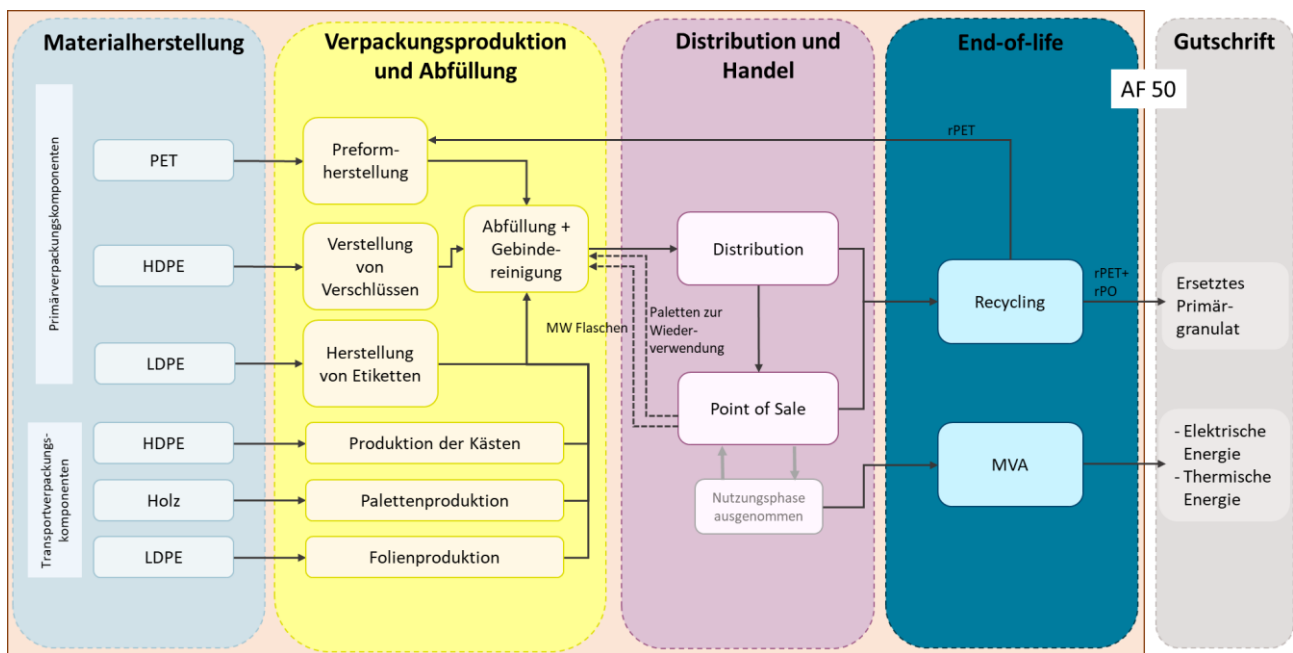


Abbildung 1.5 Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für PET-Mehrwegflaschen

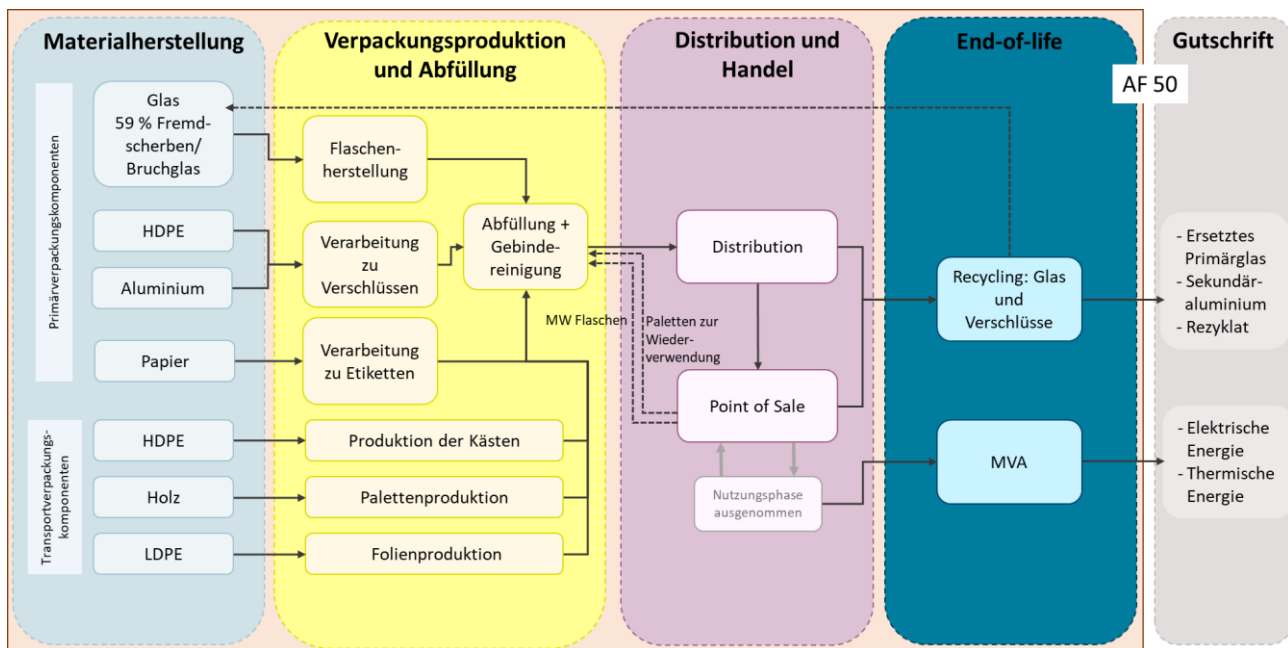


Abbildung 1.6: Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für Glas-Mehrwegflaschen

1.6.2.2 Geographische und zeitliche Systemgrenze

Die geographische Systemgrenze der Studie ist Deutschland. Die funktionelle Einheit definiert als Bezugsebene den Ort der letzten Handelsstufe.

Die Vorketten, Abfüllung, Transporte und Entsorgungsmodule der untersuchten Verpackungssysteme können je nach Sachlage eine abweichende geographische Systemgrenze haben (bspw. Import von Rohmaterialien oder Energieträgern). Diese, wie alle anderen Prozessmodule auch, sind in der Sachbilanz (vgl. Kapitel 2) transparent beschrieben.

Die zeitliche Systemgrenze beschreibt den zeitlichen Gültigkeitsbereich der Daten.¹ Die zeitliche Systemgrenze der Verpackungsspezifikationen der PET-Einwegflaschen in dieser Studie ist 2021 bis 2022². Die zeitliche Systemgrenze für die Abbildung der Mehrweggebinde ist größer und umfasst einen Zeitraum von 2012 bis 2022³. Alle

¹ Einzelne Wirkungskategorien erfordern eine erweiterte zeitliche Systemgrenze. So wird beim GWP ein 100 Jahre Horizont zugrunde gelegt. Das bedeutet allerdings nicht, dass die zeitliche Systemgrenze als 100 Jahre definiert werden kann.

² Für die berechneten durchschnittlichen Preformgewichte der MEG sowie für die Transportdistanzen wurde das Geschäftsjahr 2021 ausgewertet (März 2021 bis inkl. Februar 2022). Anders ließ sich zum Erhebungszeitraum kein Mittelwert bilden.

³ Je nach Publikationsjahr der ausgewerteten Quellen

Vordergrunddaten sollten entsprechend den Mindestanforderungen nicht älter als zwei Jahre sein im Vergleich zum Zeitraum, für den die Verpackungsspezifikation gilt.

1.6.3 Abschneidekriterien

Die Abschneidekriterien bezüglich Masse, Energie und Umweltrelevanz werden entsprechend ISO 14044 Absatz 4.2.3.3.3 angewendet und in der vorliegenden Studie wie folgt nach Maßgabe der Mindestanforderungen konkretisiert:

- Bezüglich des Massekriteriums gilt die Mindestanforderung: 1 % pro Prozessmodul; maximal 5 % kumulierend.
- Bezüglich Energie gilt die Mindestanforderung: 1 % pro Prozessmodul; maximal 5 % kumulierend.
- Bezüglich der Umweltrelevanz gilt die Mindestanforderung: Nachvollziehbare Beschreibung der Vorgehensweise.

Die spezifischen Festlegungen zu davon abweichenden Abschneideregeln sind in den Mindestanforderungen an den entsprechenden Stellen spezifiziert.

Im Rahmen dieser Studie werden folgende Prozessmodule entsprechend dem Massekriterium abgeschnitten:

- Druckfarbe für die Bedruckung der Etiketten der Flaschen. Die benötigte Menge an Druckfarbe ist deutlich weniger als 1 % der Gesamtmasse der für die Erfüllung der funktionellen Einheit produzierten Verpackung.
- Eisen- und Aluminiumbestandteile in den Paletten. In den Europaletten aus Holz werden Eisennägel eingesetzt, in den Neckarsulmer Europaletten befinden sich Armerungsstrukturen aus Metall, und die Heilbronner Halbpaletten sind mit Kontaktflächen aus Aluminium versehen. In Summe sind diese Metallanteile aller Paletten deutlich weniger als 1 % der Gesamtmasse der für die Erfüllung der funktionellen Einheit produzierten Verpackung.
- Additive bei der Kunststoffverarbeitung. Die zugesetzten Additive beeinflussen die Eigenschaften der Kunststoffe. Üblicherweise liegt die benötigte Menge im Promillebereich¹.
- Dichteinlage in den Alu-Anrollverschlüssen der Glas-Mehrweggebinde. Damit die Dichteinlagen unter das Kriterium von weniger als 1 % der Gesamtmasse der Primärverpackung fallen, dürften die Dichteinlagen bei den Alu-Anrollverschlüssen max. 0,54 g wiegen. Die Dichtungen in den Alu-Anrollverschlüssen bestehen üblicherweise aus einem geschäumten Polyethylen. Selbst unter der Annahme, dass die gesamte Dichtung aus PVC bestünde, sind die damit in Verbindung stehenden zusätzlichen CO₂e-Emissionen in der Regel < 1 % der Gesamtemissionen der

¹ Fernmündliche Aussage eines Vertreters der Kunststoffindustrie im Januar 2018

untersuchten Glas-Mehrwegflaschen. Somit kann auch auf Basis der umweltbezogenen Prüfung die Produktion und Entsorgung der Dichteinlage abgeschnitten werden.

1.6.4 Allokation

Entsprechend den Mindestanforderungen folgt diese der attributiven Ökobilanzierung. In Kapitel 5.8 der UBA-Mindestanforderungen sind die verbindlichen Allokationsregeln detailliert abgeleitet, begründet und übersichtlich zusammengestellt. An dieser Stelle sollen nur die wesentlichen für das Verständnis der Studie relevanten Festlegungen hinsichtlich der Prozess- und der Systemallokation sowie der Allokation innerhalb der Distribution wiederholt werden.

1.6.4.1 Prozessallokation

Multi-Output-Prozesse

Die Prozessallokation ist immer dann nötig, wenn in einem Prozess Kuppelprodukte entstehen, von denen jedoch nur eines im betrachteten Produktsystem verwendet wird (Multi-Output-Prozesse). Ein viel zitiertes Beispiel ist die Chloralkalielektrolyse mit den Kuppelprodukten Natriumhydroxid, Chlorgas und Wasserstoff. Natriumhydroxid wird etwa beim Recycling von PET-Flaschen eingesetzt. Würde das Kuppelprodukt Natriumhydroxid die ganze Last der Herstellung tragen, würde auch das PET-Flaschensystem entsprechend stark belastet werden. Die Umweltlasten der Elektrolyse müssen also in „fairer“ Weise zwischen den Kuppelprodukten aufgeteilt werden, damit auch die Produktsysteme, in denen Chlorgas bzw. Wasserstoff eingesetzt wird, entsprechende Anteile der Umweltlast tragen.

Bei den von den Verfassern der Studie selbst erstellten Datensätzen erfolgt die Allokation der Outputs aus Kuppelprozessen in der Regel über die Masse (z. B. für Raffinerieprodukte wie schweres Heizöl). Bei einigen der Literatur entnommenen Datensätzen wird in Einzelfällen auch der Heizwert oder der Marktwert als Allokationskriterium verwendet. Die jeweiligen Allokationskriterien werden, soweit sie für einzelne Datensätze von besonderer Bedeutung sind, in der Datenbeschreibung dokumentiert. Bei Literaturdaten wird in der Regel nur auf die entsprechende Quelle verwiesen.

Multi-Input-Prozesse

Neben den Multi-Output-Prozessen gibt es auch die so genannten Multi-Input-Prozesse. Diese finden sich insbesondere im Bereich der Entsorgung. Entsprechende Prozesse werden daher so modelliert, dass die durch die Entsorgung der gebrauchten Packstoffe anteilig verursachten Stoff- und Energieflüsse diesen möglichst kausal zugeordnet werden können. Die Modellierung der Beseitigung von zu Abfall gewordenen Packstoffen in einer Müllverbrennungsanlage ist das typische Beispiel einer Multi-

Input-Zuordnung. Für die Ökobilanz selbst sind dabei diejenigen In- und Outputs von Belang, die ursächlich auf die Verbrennung der Packstoffe zurückgeführt werden können. Entsprechend den einleitenden Ausführungen zur prozessbezogenen Allokation werden hier vor allem physikalische Beziehungen zwischen Input und Output verwendet.

1.6.4.2 Systemallokation

Die Definition der Systemgrenzen (Kapitel 1.6.2) zeigt, dass alle in dieser Studie betrachteten Systeme verknüpfte Systeme sind. Verschiedene Stoff- und Energieflüsse verlassen das betrachtete System und entfalten ihren Nutzen erst in einem nachfolgenden System. Ebenso werden Stoff- und Energieflüsse aus vorherigen Systemen aufgenommen. Wo immer möglich, wird dies über die Prozessallokation abgebildet, bspw. bei der Abbildung von Prozessen der Material- und Energieerzeugung (vgl. Kap. 1.6.4.1). Im Falle von Verwertungsprozessen, die Energie oder Material erzeugen, die in einem anderen System nutzbringend eingesetzt werden können, kann der Effekt nicht über die Methoden der Prozessallokation abgebildet werden. Daher braucht es eine Methode, die den Verwertungsnutzen von Material- oder Energieflüssen, welche die definierte Systemgrenze verlassen, dem abgebenden System anzurechnen. Im konkreten Fall der hier vorliegenden Bilanz wird die Zurechnung des Verwertungsnutzens wie folgt bilanziert:

- Verpackungsmaterialien (PET, Glas, Polyolefine, Aluminium, Papier und Pappe), die innerhalb eines werkstofflichen Verwertungsprozesses zu Recyclingmaterial aufbereitet werden und nicht innerhalb des betrachteten Verpackungssystems wiederverwendet werden können, sondern an anderer Stelle primäres Material substituieren, erzielen in der Bilanz eine Gutschrift für ersetztes Primärmaterial. Die Gutschrift erfolgt stets stoffgleich (z.B. LDPE ersetzt LDPE); mögliche Anwendungsrestriktionen aufgrund von Materialdegradationen durch den Wiederaufbereitungsprozess werden mit Hilfe von Substitutionsfaktoren beschrieben. Die Lasten der Aufbereitung und der erzielbare Sekundärnutzen werden dabei gemäß den UBA-Mindestanforderungen paritätisch zwischen dem abgebenden und dem aufnehmenden System geteilt (50 % Allokation).
- Verpackungsmaterialien (PET, Polyolefine, Aluminium, Papier und Pappe) die innerhalb eines thermischen Verwertungsprozesses verbrannt werden, erzielen in der Bilanz eine Gutschrift für die im Verbrennungsprozess zurückgewonnene Energie. Die Höhe der Energiegutschrift wird bestimmt durch den spezifischen Brennwert des Materials. Innerhalb der Modellierung wird angenommen, dass die im Verwertungsprozess zurückgewonnene Energie einen durchschnittlichen deutschen Strom- und Wärmemix ersetzt. Auch die Lasten der Verbrennung und die Gutschrift für ersetzte Energieträger werden dabei gemäß den UBA-Mindestanforderungen paritätisch zwischen dem abgebenden und dem aufnehmenden System geteilt (50 % Allokation).

Anders als im Rahmen der Prozessallokation bildet die Definition des Allokationsfaktors auf der Ebene des Systems keine physikalischen oder wirtschaftlichen Beziehungen ab, sondern ist ein reines Produkt der Werterhaltung, das die Nutzung von Rezyklaten ein Summenprodukt aus Angebot und Nachfrage ist und somit beide Akteure (Abgebende und Aufnehmende) vom Recycling zu profitieren haben. Somit ist der Allokationsfaktor bei der Systemallokation eine Festlegung, die im Sinne der ISO 14040/44 einer Überprüfung mittels Sensitivitätsanalyse bedarf. Da in dieser Studie aber nur Mehrwegflaschen und Stoffkreislaufflaschen untersucht werden, verbleibt ein großer Anteil der Materialflüsse im System, und die Frage nach der Systemallokation verliert massiv an Bedeutung. Daher wird in dieser Studie auf die zusätzliche Bilanzierung einer Sensitivität zur Systemallokation verzichtet.

Eine weitere Herausforderung innerhalb der Systemallokation ist der Umgang mit biogenen Materialien. Erneuerbare Materialien wie Papierfasern oder Kunststoffe auf pflanzlicher Basis stammen aus nachwachsender Biomasse, die durch Photosynthese Kohlenstoff aus der Luft absorbiert und in den Pflanzen bindet. Somit wird durch das Wachstum der Biomasse die CO₂-Menge in der Atmosphäre reduziert. Dafür erhalten biobasierte Materialien in dieser Studie eine Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff in Form einer CO₂-Gutschrift. Des Weiteren werden Produkte aus biogenem Material in dieser Studie genauso behandelt wie andere Materialflüsse und unterliegen daher den gleichen Zuteilungsregeln wie diese. Daher gilt die systembezogene Allokation auch für die Emissionen von regenerativem Kohlenstoff aus der thermischen Verwertung von regenerativen Materialien. Bei einer Zuteilung von 50 % wird die Hälfte der regenerativen CO₂-Emissionen dem untersuchten System und die andere Hälfte der regenerativen CO₂-Emissionen dem nachfolgenden System, z.B. den MVAs zugerechnet. Zusammen mit der vollen CO₂-Aufnahme in Form einer Gutschrift bei der Herstellung der Materialien führt der 50%-Allokationsansatz dazu, dass erst eine gemeinsame Betrachtung der verbundenen Bilanzsysteme zu einer vollständig geschlossenen Kohlenstoffbilanz führt. Da die Entscheidung für den 50%-Allokationsansatz auf Werthaltungen beruht und nicht rein wissenschaftlich begründbar ist, bedarf es rein formal einer Sensitivität, um die Ergebnisrelevanz dieser Festlegung zu eruieren. Daher wird im Rahmen dieser Studie neben der oben skizzierten Vorgehensweise auch mit der Auswertung des Indikators „GWP fossil“ in der Wirkungsabschätzung eine Form der Bilanzierung umgesetzt, die biogene Kohlenstoffe nicht berücksichtigt. Er werden also weder Gutschriften für die Inkorporation noch Lastschriften für die Wiederfreisetzung bilanziert¹. Die Ergebnisse dieses zusätzlichen Indikators (GWP fossil) werden im Rahmen der Auswertung

¹ An dieser Stelle ist jedoch relativierend anzumerken, dass keines der in dieser Studie untersuchten Systeme biogene Materialien in einem nennenswerten Umfang einsetzt. Die Diskussion um die sachgerechte Modellierung der biogenen Kohlenstoffe ist somit eher akademischer Natur und wird primär über die in der Ziel- und Rahmendefinition getroffene Festlegung, in methodischen Fragen stets den UBA-Mindestanforderungen zu folgen, in die Studie hereingetragen.

gleichberechtigt neben dem für die Wirkungskategorie typischen Indikator „GWP total“ dokumentiert und diskutiert.

1.6.4.3 Allokation innerhalb der Distribution

Die vorliegende Studie untersucht die Umweltwirkungen der Getränkeverpackungen, und nicht die Umweltwirkungen des Getränks. Daher ist im Rahmen der Distribution eine Allokation der Umweltlasten zwischen Verpackung und Getränk vorzunehmen. Die Allokation erfolgt nach Masse. Dafür wird für jedes Verpackungssystem spezifisch bestimmt, wieviel kg Verpackung und wieviel kg Füllgut in einer Transporteinheit (LKW) transportiert werden. Dabei spielen die individuellen Auslastungsfaktoren eine wesentliche Rolle. Es finden die folgenden Festlegungen Anwendung:

- Ein 40t LKW transportiert max. 23t Ladung
- Ein 40t LKW hat Platz für max. 33 Europaletten oder 66 Halbpaletten¹.
- Paletten werden immer vollständig bestückt.
Eine in der Realität möglicherweise erfolgte Auslastungsoptimierung durch nur teilweise bestückte Paletten findet im Modell keine Berücksichtigung
- Überladungen sind vollständig ausgeschlossen²

Die Allokation zwischen Verpackung und Füllgut führt dazu, dass leichte Verpackungen pro Transport-km geringere Umweltlasten zugewiesen bekommen als schwere Verpackungen. Das Vorgehen entspricht den UBA-Mindestanforderungen, dort ist die Methode detailliert beschrieben.

1.6.5 Anforderungen an die Datenqualität

Entsprechend den UBA-Mindestanforderungen muss benannt werden, an welcher Stelle primäre und sekundäre Vordergrunddaten sowie Hintergrunddaten verwendet werden. Eine genaue Dokumentation und Beschreibung sowie Einordnung der verwendeten Prozessmodule erfolgt in Kapitel 2.

In der hier vorgelegten Studie werden entsprechend den Mindestanforderungen alle Prozesse der untersuchten Verpackungssysteme, die direkt im Zusammenhang mit dem Materialfluss stehen (also Verarbeitungs- oder Handlingprozesse), mit primären bzw. sekundären Vordergrunddaten beschrieben:

¹ In der Praxis können die Packbilder von diesen Maximalwerten abweichen. Die Abweichungen sind begründet in der Getränkeart oder der Vertriebsroute. Im Falle der PET-Einwegflaschen der MEG liegen Daten zu den typischen Packbildern bei Lidl und Kaufland vor. Detaillierte Angaben zu den Palettenpackbildern finden sich in Kapitel 3.1.1.

² also auch nicht 23.001 kg. In dem Fall bliebe ein ganzer Palettenstellplatz ungenutzt

- Die Verpackungsspezifikationen der bilanzierten PET-Einwegsysteme der MEG sind spezifisch für diese Studie erhobene Herstellerangaben. Es handelt sich somit um primäre Vordergrunddaten mit hoher Datenqualität¹. Die Verpackungsspezifikationen der Mehrwegvergleichssysteme basieren auf Daten aus bereits vom ifcu erstellten Ökobilanzen. Als sekundäre Vordergrunddaten weisen sie eine hohe Datenqualität auf.
- Die für die Mehrweggebinde angenommenen Umlaufzahlen entstammen der Deloitte-Studie aus dem Jahr 2013. Die Werte sind somit sekundäre Vordergrunddaten mit hoher Datenqualität. Die Form der Erhebung der Umlaufzahlen für die Mehrwegflaschen entspricht den UBA-Mindestanforderungen.
- Die Verarbeitungsprozesse beruhen für alle PET-Einweg-Verpackungssysteme auf primären Vordergrunddaten, die für die Studie bei der MEG erhoben wurden und somit eine hohe Datenqualität aufweisen. Für die Mehrweg-Verpackungssysteme wurden Daten aus der IK-2010-Studie neu bilanziert. Als sekundäre Vordergrunddaten weisen sie eine hohe Datenqualität auf.
- Die Prozesse der Abfüllung und Gebindereinigung für alle untersuchten Flaschen wurden auf Basis von Literaturwerten, vorhanden Primärdaten und technischer Expertise generiert. Der Datensatz fand erstmalig Anwendung in der FKN-Ökobilanz aus dem Jahr 2020 (Kauertz et al. 2020). Als sekundäre Vordergrunddaten weisen sie eine hohe Datenqualität auf.
- Die Distributionsdaten der PET-Einwegflaschen sind primäre Vordergrunddaten mit hoher Qualität. Sie entstammen den logistischen Warendistributionen der MEG. Die Daten wurden Mitte 2022 erhoben und stellen das Geschäftsjahr 2021 dar². Die für die Mehrweggebinde angenommenen Distributionsstrukturen entstammen der Deloitte-Studie aus dem Jahr 2013. Die Werte sind somit sekundäre Vordergrunddaten mit hoher Datenqualität.
- Die Entsorgungswege wurden auf Basis von sekundären Vordergrunddaten mit Hilfe von verfügbaren Hintergrunddaten für die in der Studie untersuchten Verpackungssysteme adaptiert und weisen somit eine ausreichend valide Datenqualität auf.

Somit werden alle signifikanten Parameter, die das Ergebnis der Ökobilanz beeinflussen, mit einer über die Systeme hinweg gleichbleibend hohen Datenqualität beschrieben.

¹ Zusätzlich erfolgt eine externe Validierung der Ermittlung der Verpackungsspezifikationen der PET-Einweggebinde der MEG (Datum der Prüfung: 15.03.2023)

² Zusätzlich erfolgt eine externe Validierung der Ermittlung der Distributionsstrukturen der PET-Einweggebinde der MEG (Datum der Prüfung: 15.03.2023)

1.6.6 Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren

Getränkeverpackungsökobilanzen, die entlang den UBA-Mindestanforderungen erstellt werden, sind attributive Praxisökobilanzen. Die Methodik für UBA-Getränkeverpackungs-Ökobilanzen enthält robuste Indikatoren, deren Sachbilanzbasis mit akzeptablem Aufwand in Regelökobilanzen erhebbar ist. Dabei ist zu beachten, dass gemäß ISO 14040/44 „die Wirkungsabschätzungsergebnisse relative Aussagen sind und keine Voraussagen über Auswirkungen auf die Wirkungsendpunkte, Schwellenwertüberschreitungen, Sicherheitsspannen oder Risiken machen“.

In der vorliegenden Studie werden die folgenden ressourcenbezogenen Wirkungskategorien betrachtet:

- Kumulierter Ressourcenaufwand (KRA)
- Kumulierter nicht erneuerbarer Energieaufwand (KEA nE)
- Naturraumbeanspruchung
- Süßwasserbeanspruchung

Darüber hinaus werden die folgenden emissionsbezogenen Wirkungskategorien betrachtet:

- Klimawandel (GWP total und GWP fossil)
- Eutrophierung und Sauerstoffzehrung (terrestrisch und aquatisch)
- Versauerung
- Photochemische Oxidantienbildung/Sommersmog
- Stratosphärischer Ozonabbau
- Humantoxizität
- Toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub

Die Auswahl der betrachteten Wirkungskategorien entspricht den Vorgaben der UBA-Mindestanforderungen gemäß Detzel et al. 2016 und soll auch in dieser Studie Anwendung finden. Lediglich auf eine Anwendung des USEtox Modells wurde aufgrund methodischer Mängel auf Seiten der verfügbaren Datensätze verzichtet.

Die nachfolgende Tabelle ergänzt die Liste der Wirkungskategorien um die wesentlichen Informationen zu Indikator, Schutzziel und Charakterisierungsfaktoren.

Tabelle 1.3: Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsfaktoren

Wirkungskategorie-indikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) Kumulierter nicht erneuerbarer Energieaufwand KEA [MJ pro FE] als Inventargröße	<i>Erhalt von Sachgütern unter Berücksichtigung der potenziellen Umweltgefährdung</i> <i>Erhalt von Sachgütern bzw. im weiteren Sinne Energieressourcen</i>	Verbal argumentative Auswertung basierend auf einer Kritikalitätsbewertung n.a.
Naturfernepotenzial NFP [$\text{m}^2\text{-e} \cdot 1 \text{ a}$] Wasserverbrauch ausgedrückt in m^3 pro FE	<i>Naturnähe einer Fläche</i> <i>geringe Süßwasserbeanspruchung (volumetrisch-quantitativ) unter dem Aspekt vielfältiger ökologischer Wirkungen aufgrund von Wasserverknappung</i>	Naturfernepotenzial _i NFPI [$\text{m}^2\text{-e} \cdot 1 \text{ a}/\text{m}^2$ Hemerobieklasse _i] n.a.
Klimawandel (Global Warming Potential) GWP100 [kg CO ₂ e]	<i>Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund der globalen Erwärmung</i>	Global Warming Potential GWP100 _i [kg CO ₂ e/kg Emission _i]
Eutrophierungspotenzial EP _{aquatisch} [kg PO ₄ ³⁻ -e]	<i>Aufrechterhaltung des standortangepassten aeroben Zustands in Gewässern</i>	EPI [kg PO ₄ ³⁻ -e/kg Emission _i]
Eutrophierungspotenzial EP _{terrestrisch} [kg PO ₄ ³⁻ -e]	<i>Aufrechterhaltung der standortangepassten Nährstoffsituation in terrestrischen Ökosystemen</i>	EPI [kg PO ₄ ³⁻ -e/kg Emission _i]
Versauerungspotenzial AP [kg SO ₂ -e]	<i>Verhinderung der fortschreitenden Versauerung von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen. Betrachtet wird das maximale Protonenbildungs- bzw. Versauerungspotenzial.</i>	AP _i [kg SO ₂ -e/kg Emission _i]
Photochemische Oxidantenbildung/Sommersmog (Maximum Incremental Reactivity MIR und NMIR) [kg O ₃ e]	<i>Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen durch Bildung von Photooxidantien</i>	Maximum Incremental Reactivity und Nitrogen Maximum Incremental Reactivity MIR _i und NMIR _i [g O ₃ -e/g Emission _i]
Stratosphärischer Ozonabbau (Ozone Depletion Potential) ODP [kg CFC-11e]	<i>Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund abnehmender Ozonkonzentration in der Stratosphäre</i>	Ozone Depletion Potential ODP _i [kg CFC-11e/kg Emission _i]
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial (CRP) in kg As-e	-	CRPI [kg As-e/kg Emission _i]
Toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub (Aerosol Formation Potential AFP) [kg PM _{2,5} -e]	-	AFPI [kg PM _{2,5} -e/kg Emission _i]

1.7 Vorgehen bei der Auswertung

Im Rahmen der Auswertung muss die kritische Analyse erfolgen, inwieweit die Ergebnisse der Studie unter Berücksichtigung der identifizierten signifikanten Parameter mit definierter Signifikanzschwelle, den Ergebnisse der Vollständigkeitsprüfung und den durchgeführten Sensitivitätsanalysen das Ziel der Studie bedienen können.

Die Auswertung orientiert sich an den in ISO 14044 genannten Elementen:

- Identifizierung signifikanter Parameter auf der Grundlage von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung
- Beurteilung unter Berücksichtigung von Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen

- Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen

Die Auswertung erfolgt verbal-argumentativ und in Reflexion der Forschungsfragen (vgl. Kap. 1.2). Auf die ergänzenden Elemente der Auswertung (Normierung und Gewichtung) wird im Rahmen dieser Studie verzichtet. Auch eine gesonderte Auswertestrategie (wie bspw. UBA 1999) findet keine Anwendung.

Da bei einer vergleichenden Betrachtung gemäß ISO 14040 und ISO 14044 eine gesonderte Beurteilung der Signifikanz der Unterschiede zwischen den verglichenen Systemen gefordert ist, werden rechnerische Unterschiede, die eine gewisse definierte Schwelle unterschreiten, als insignifikant gewertet. Dabei geht es a) darum, einen pragmatischen Umgang mit der in der ISO 14040/44 geforderten Unsicherheitsanalyse zu finden und b) darum, kleine Unterschiede nicht zu überinterpretieren. Gemäß den UBA-Mindestanforderungen wird Folgendes festgelegt:

- Für auszuwertende Sachbilanzparameter und Ergebnisse der verbindlichen Bestandteile der Wirkungsabschätzung (charakterisierte Daten) wird hierzu durch die Mindestanforderungen ein Vorgabewert von 10 % als Signifikanzschwelle angesetzt. Die Ergebniswerte des Referenzsystems werden dabei für alle Vergleiche als Nenner gesetzt. Nur Unterschiede von > 10 % sind als signifikant anzusehen.
- Zur Absicherung dieser Setzung ist eine Prüfung der Signifikanzschwelle für jede Wirkungskategorie vorzunehmen. Dazu ist die Angemessenheit des Vorgabewertes von 10 % vor dem Hintergrund, der aus einer Studie zu den untersuchten Produktsystemen hervorgegangenen Datenlage differenziert zu diskutieren. In begründeten Fällen kann die Signifikanzschwelle höher gesetzt werden.
- Eine Höhersetzung der Signifikanzschwelle darf nicht dazu führen, dass jegliche Vergleichsaussagen insignifikant werden und in der Konsequenz kein Unterschied zwischen Vergleichssystemen konstatiert wird.

2 Sachbilanz

Im Kapitel Sachbilanz werden alle (Prozess-)Daten dokumentiert, die im Rahmen der Bilanzierung zur Anwendung kommen. Bei den Prozessdaten wird unterschieden zwischen Prozessen der 1. Ordnung und Prozessen der 2. Ordnung:

- Prozesse der 1. Ordnung sind die Prozesse, die direkt im Zusammenhang mit dem Materialfluss stehen, also Verarbeitungs- oder Handlingprozesse. Dabei wird unterschieden zwischen Prozessen, die der Stoffflussgenese und der Stoffflusslenkung dienen:

Verpackungsspezifikationen (inkl. Umlaufzahlen) dienen der grundsätzlichen Stoffflussgenese. Sie sind relevant für die Mehrweg- als auch für die Einweggebinde, da die Gewichte im Zusammenhang mit der funktionellen Einheit den Massenstrom, sprich die Menge an Material, die produziert, verarbeitet, transportiert und schlussendlich auch beseitigt werden muss, generieren. Dabei sind ausnahmslos alle Bestandteile der Verpackungssysteme zu betrachten, also auch die Um- und Transportverpackungen.

Verarbeitungsprozesse in der Produktvorkette (also die Herstellungsprozesse) vergrößern aufgrund von Materialverlusten bei der Produktion der Packmittel den Stofffluss bestimmter Materialien im Verpackungssystem.

Handlingprozesse dienen der Stoffflusslenkung, ohne weiteren Einfluss auf den Referenzfluss zu haben. In diesem Sinne sind alle Transport- und Recyclingprozesse als Handlingprozesse zu verstehen. Beide Prozesstypen generieren i.d.R. Energieverbräuche. Unter Umständen kann durch Verarbeitungs- und Handlingprozesse auch ein Stofffluss an Hilfs- und Betriebsmitteln generiert werden.

- Prozesse der 2. Ordnung sind per Definition die Prozesse, die im Hintergrund der Modellierung stehen, dort aber die massenmäßig häufig bedeutendsten direkten Ressourcenverbräuche und Emissionen hervorrufen. Klassische Beispiele für Prozesse der 2. Ordnung sind die Gewinnung von Rohstoffen oder Prozesse der Energiebereitstellung. Diese Prozesse werden i.d.R. nicht exklusiv für den Untersuchungsgegenstand Getränkeverpackungen betrieben.

Im Folgenden werden die in dieser Studie verwendeten Datenpunkte sowie die Herleitung der Annahmen und die Herkunft der verwendeten Daten kurz beschrieben.

2.1 Bilanzierte PET-Einwegflaschen

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die 44 bilanzierten Systeme der PET-Einwegflaschen der MEG.

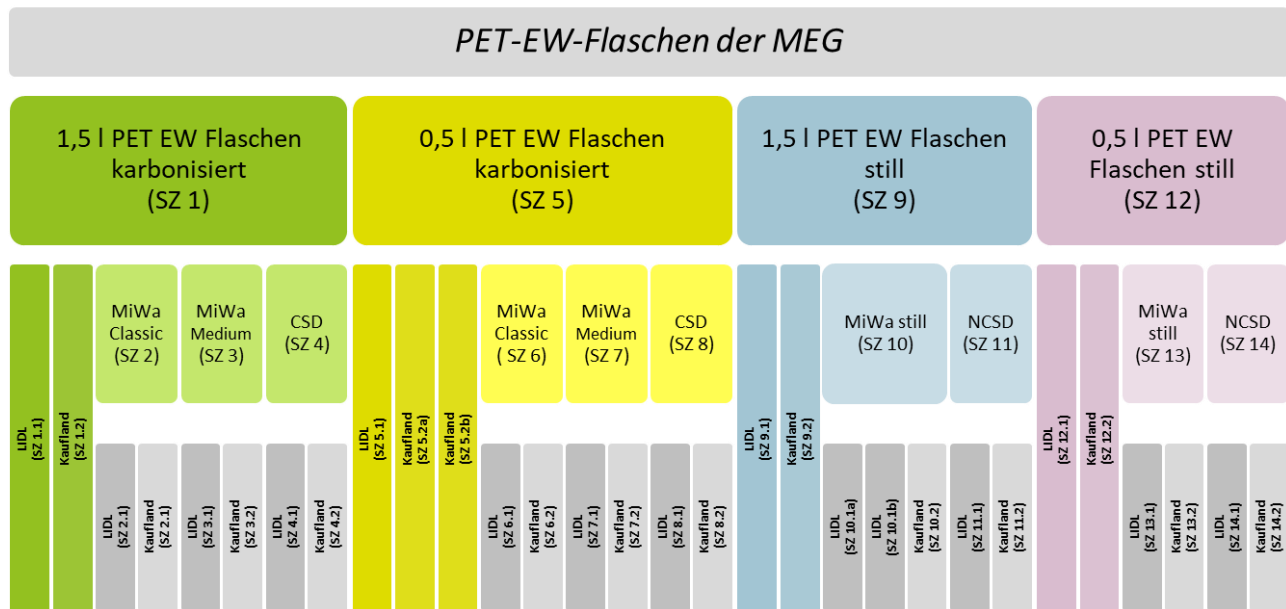


Abbildung 2.1 Übersicht über die bilanzierten Systeme der 1,5 l und 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG

Grundsätzlich lassen sich die untersuchten Gebinde in vier Hauptgruppen einteilen, welche die Differenzierungsmerkmale Füllgröße (1,5 l und 0,5 l) sowie den Grad der Karbonisierung (mit und ohne Kohlensäure) abbilden:

- 1,5 l PET EW karbonisiert (System mit der Nummer 1)
- 0,5 l PET EW karbonisiert (System mit der Nummer 5)
- 1,5 l PET EW still (System mit der Nummer 9)
- 0,5 l PET EW still (System mit der Nummer 12)

Diese Hauptsysteme werden weiter aufgeschlüsselt:

- Unterteilt nach den in den Hauptsystemen zusammengefassten Getränkearten MiWa classic, MiWa medium, MiWa still, CSD und NCSD. Die Differenzierung begründet die Systeme mit den Nummern 2 bis 4, 6 bis 8, 10 und 11 sowie 13 und 14.
- Unterteilt nach den jeweiligen Vertriebsrouten für Lidl oder Kaufland: Die Differenzierung begründet den Suffix .1 für Lidl und 2. für Kaufland. Die Differenzierung wird für alle Systeme betrachtet.
- In Einzelfällen werden a- und b- Varianten gebildet, um nicht weiter aggregierbare Sachverhalte (bspw. unterschiedliche Stapelpläne) abzubilden.

Die Datenerhebung und -zusammenstellung erfolgt grundsätzlich auf Ebene der einzelnen Systeme. Die Hauptsysteme stellen gewichtete Mittelwerte dar. Stapelpläne und Palettentypen können nicht als gewichtete Werte im Distributionsmodell berücksichtigt werden. Daher wurde hier für die Parametrierung der Modelle zur Abbildung der Systeme stets die mengenmäßig bedeutende Variante ausgewählt.

In den nachfolgenden vier Abbildungen werden die Systemparameter der 44 bilanzierten Systeme dokumentiert. Die über die Vertriebsrouten hinweg aggregierten Systeme sind fett gedruckt.

Identifikationsmerkmale	Bezeichnung	1	1.1	1.2	2	2.1	2.2	3	3.1	3.2	4	4.1	4.2
	Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	CSD	CSD	CSD
	Karbonisierungsgrad	mit CO2	mit CO2	mit CO2	Classic	Classic	Classic	Medium	Medium	Medium	mit CO2	mit CO2	mit CO2
	Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung													
Verpackungsspezifikationen													
Primärverpackung	Körper	Füllvolumen in l	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
		Material P-Körper	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET
		Gewicht P Körper in g	25,58	25,48	26,01	26,39	26,50	25,92	24,77	24,52	25,95	26,70	26,70
	Verschluss	Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Material Verschluss	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Gewicht Verschluss in g	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
	Etiketten	Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Material Etikett	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP
		Gewicht Etikett in g	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
		Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sekundärverpackung	Bündelungsfolie	Material Schrumpfpack	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE
		Gewicht Schrumpfpack in g	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
		Anzahl Primärverp.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Rezyklatanteil in %		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Art der Palette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Neckarsulmer Europalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Neckarsulmer Europalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Neckarsulmer Europalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette
		Material Palette	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
	Folierung	Gewicht Palette in g	6750	6750	20000	6750	6750	20000	6750	6750	20000	6750	6750
		Umlaufzahl	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
		Material Folierung	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE
	Zwischenlagen	Gewicht Folierung in g	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
		Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Stapelplan	Gebinde pro Umverpackung	Material Zwischenlage	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton
		Gewicht Zwischenlage in g	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161
		Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Umverpackung pro Lage	Gebinde total pro Palette	240	240	504	240	240	504	240	240	504	240	240
		Paletten pro Lkw	63	63	30	63	66	30	63	66	30	60	60
		Transportdistanzen											
	angerechnete Leerfahrt	Hinfahrt (Abfüllung bis POS)	228,0	231,7	215,5	217,0	226,1	184,0	219,3	229,0	182,4	246,4	266,1
			33,1	33,6	31,3	31,5	32,8	26,7	31,8	33,2	26,5	35,7	38,6

Abbildung 2.2 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke

Identifikations- merkmale		Bezeichnung	5	5.1	5.2a	5.2b	6	6.1	6.2	7	7.1	7.2	8	8.1	8.2
		Getränkesegment	mix	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	CSD	CSD	CSD
		Karbonisierungsgrad	mit CO2	mit CO2	mit CO2	mit CO3	Classic	Classic	Classic	Medium	Medium	Medium	mit CO2	mit CO2	mit CO2
		Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
		Bemerkung			9er Pack	6er Pack									
Verpackungsspezifikationen															
Primärverpackung	Körper	Füllvolumen in l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
		Material P-Körper	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET
		Gewicht P Körper in g	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70	13,70
	Verschluss	Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Material Verschluss	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Gewicht Verschluss in g	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Sekundär- verpackung	Etiketten	Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Material Etikett	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP
		Gewicht Etikett in g	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	Bündelungs- folie	Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Material Schrumpfpack	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE
		Gewicht Schrumpfpack in g	8,07	8,07	8,07	6,03	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	6,03
Tertiärverpackung	Palette	Anzahl Primärverp.	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9	9	6
		Rezyklatanteil in %	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
		Art der Palette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette
	Folierung	Material Palette	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Gewicht Palette in g	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750
		Umlaufzahl	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
Stapelplan	Zwischen- lagen	Material Folierung	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE
		Gewicht Folierung in g	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
		Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Material Zwischenlage	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff
		Gewicht Zwischenlage in g	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
		Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Gebinde pro Umverpackung	9	9	9	6	9	9	9	9	9	9	9	9	6	
	Umverpackung pro Lage	12	12	12	18	12	12	12	12	12	12	12	12	18	
	Lagen pro Palette	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	Zwischenlagen pro Palette	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
	Gebinde totale pro Palette	756	756	756	756	756	756	756	756	756	756	756	756	756	
	Paletten pro Lkw	60	60	60	60	63	63	60	60	63	60	60	60	60	
Transportdistanzen															
		Hinfahrt (Abfüllung bis POS)	266,6	272,2	245,0	245,0	235,4	255,3	195,2	242,1	245,6	227,0	331,3	327,1	339,7
		angereicherte Leerfahrt	38,7	39,5	35,5	35,5	34,1	37,0	28,3	35,1	35,6	32,9	48,0	47,4	49,3

Abbildung 2.3 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke

Der neue Standard bei der Distribution von 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG ist die Bündelung der einzelnen Flaschen zu 9er Packs. Auf der Vertriebsroute Kaufland werden zum Teil noch 6er Packs eingesetzt. Dies begründet eine Variation (SZ 5.2b), die jedoch nur innerhalb der Mix-Systeme bilanziert wird.

Identifikations- merkmale	Bezeichnung	9	9.1	9.2	10	10.1a	10.1b	10.2	11	11.1	11.2	
	Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	NCSD	NCSD	NCSD	
	Karbonisierungsgrad	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2	still	still	still	still	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2	
	Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	
	Bemerkung						leichter					
Verpackungsspezifikationen												
Primärverpackung	Körper	Füllvolumen in l	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
		Material P-Körper	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET
		Gewicht P Körper in g	25,34	25,25	25,60	25,20	25,09	24,50	25,87	25,50	25,50	25,50
	Verschluss	Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Material Verschluss	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Gewicht Verschluss in g	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
	Etiketten	Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		Material Etikett	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP
		Gewicht Etikett in g	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Sekundär- verpackung	Bündelungs- folie	Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
		Material Schrumpfpack	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE
		Gewicht Schrumpfpack in g	10,63	10,63	10,63	10,63	10,63	10,63	10,63	12,7	12,7	12,7
		Anzahl Primärverp.	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
		Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tertiärverpackung	Palette	Art der Palette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Neckar-sulmer Europalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Neckar-sulmer Europalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	
		Material Palette	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Gewicht Palette in g	6750	6750	20000	6750	6750	6750	20000	6750	6750	6750
		Umlaufzahl	>100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
	Folierung	Material Folierung	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE
		Gewicht Folierung in g	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
		Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Zwischen- lagen	Material Zwischenlage	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton
		Gewicht Zwischenlage in g	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161
		Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Stapelplan	Gebinde pro Umverpackung	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Umverpackung pro Lage		10	10	21	10	10	10	21	10	10	10	
Lagen pro Palette		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Zwischenlagen pro Palette		3	3	6	3	3	3	6	3	3	3	
Gebinde total pro Palette		240	240	504	240	240	240	504	240	240	240	
Paletten pro Lkw		63	63	30	63	66	66	30	60	63	60	
Transportdistanzen												
Hinfahrt (Abfüllung bis POS)	230,1	231,5	224,2	212,2	221,2	221,2	186,7	361,3	357,7	368,0		
angerechnete Leerfahrt	33,4	33,6	32,5	30,8	32,1	32,1	27,1	52,4	51,9	53,4		

Abbildung 2.4 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke

In der Vertriebsroute Lidl werden für stille Mineralwässer drei verschiedene Preforms eingesetzt. Die neue gewichtsoptimierte 1,5 l PET-Einwegflasche für stilles Mineralwasser nutzt einen 24,5 g Preform, daneben gibt es noch einen Preform von 25,5 g und einen von 26,8 g. Der 25,5 g und der 26,8 g Preform haben im abgebildeten Geschäftsjahr nur eine geringe Bedeutung an den Abfüllungen (ca. 26 %), daher wird der gewichtete Mittelwert für stilles Mineralwasser in einer 1,5 l PET-Einwegflasche mit 25,1 g berechnet (System. 10.1a). Um den leichtesten Preform im gesamten Untersuchungsfeld dennoch separat zu betrachten, wird eine zusätzliche Variante eingeführt. Die aktuelle 1,5 l PET-Einwegflasche für stilles Mineralwasser in der Vertriebsroute Lidl ist das System 10.1a, die stärker gewichtsoptimierte Version ist System 10.1b.

Identifikations- merkmale		Bezeichnung	12	12.1	12.2	13	13.1	13.2	14	14.1	14.2
		Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	NCSD	NCSD	NCSD
		Karbonisierungsgrad	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2	still	still	still	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2
		Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
		Bemerkung									
Verpackungsspezifikationen											
Primärverpackung	Körper	Füllvolumen in l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
		Material P-Körper	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET	PET
		Gewicht P Körper in g	12,79	12,61	13,56	12,27	12,00	13,46	13,70	13,70	13,70
	Verschluss	Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Material Verschluss	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Gewicht Verschluss in g	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
	Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Etiketten	Material Etikett	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	OPP	
	Gewicht Etikett in g	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Sekundär- verpackung	Bündelungs- folie	Material Schrumpfpack	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE	LDPE
		Gewicht Schrumpfpack in g	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	8,07	6,03
		Anzahl Primärverp.	9	9	9	9	9	9	9	9	6
		Rezyklatanteil in %	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Tertiärverpackung	Palette	Art der Palette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette	Heilbronner Halbpalette
		Material Palette	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Gewicht Palette in g	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750	6750
		Umlaufzahl	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100
	Folierung	Material Folierung	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE	LLDPE
		Gewicht Folierung in g	160	160	160	160	160	160	160	160	160
		Rezyklatanteil in %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Zwischen- lagen	Material Zwischenlage	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff	Wellenstoff
		Gewicht Zwischenlage in g	159	159	159	159	159	159	159	159	159
		Rezyklatanteil in %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Stapelplan	Gebinde pro Umverpackung		9	9	9	9	9	9	9	9	6
	Umverpackung pro Lage		12	12	12	12	12	12	12	12	18
	Lagen pro Palette		7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Zwischenschichten pro Palette		6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Gebinde total pro Palette		756	756	756	756	756	756	756	756	756
Paletten pro Lkw		60	60	60	60	63	60	60	60	60	60
Transportdistanzen											
Hinfahrt (Abfüllung bis POS)			246,0	237,4	272,7	223,7	226,2	213,0	298,8	272,1	340,7
angerechnete Leerfahrt			35,7	34,4	39,5	32,4	32,8	30,9	43,3	39,5	49,4

Abbildung 2.5 Systemparameter der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke¹

Generell zeigen die Verpackungsspezifikationen der 44 untersuchten PET-Einweggebinde nur eine geringe Varianz². Wesentliche Unterscheidungsmerkmale bei den Verpackungsspezifikationen sind der Einsatz der Neckarsulmer EuroPalette (NEP) für die 1,5 l PET-Einwegflaschen auf der Vertriebsroute Kaufland und die Variation der Anzahl an 0,5 l PET-Einwegflasche in einer Umverpackungseinheit (ebenfalls Kaufland).

Deutlich stärker variiert die Distributionsdistanz (zwischen ~180 km und ~370 km)³. Die umfassende Abbildung aller identifizierten Variationen zusätzlich zu den

¹ Auffällig ist die im Vergleich zu den anderen Systemen deutlich höhere Distributionsdistanz von System 14.2. Dies liegt in der Abfüllstruktur begründet. Für Kaufland werden die nicht-karbonisierten Süßgetränke in der Größe 0,5 l nur an ausgewählten Standorten produziert und müssen daher weiter transportiert werden.

² Vgl. dazu auch die Streuung der Prefomgewichte in Anhang A

³ Vgl. dazu auch die Streuung der Distributionsdistanz in Anhang A

aggregierten Systemen dient vor allem dem Bestreben der Auftraggeber und Autoren, eine möglichst vollständige Transparenz herzustellen.

2.2 Bilanzierte Mehrwegflaschen aus PET und Glas

Die 1,0 l PET-Mehrwegflasche und die 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen der GDB wurden bereits in älteren Studien untersucht und dort beschrieben. Eine dezidierte Diskussion der Verpackungsspezifikationen und Distributionsstrukturen findet in Kapitel 2.3 statt. Die nebenstehende Übersicht zeigt die wesentlichen Systemparameter der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche.

Die Abbildung der Mehrwegflaschen erfolgt in zwei Systemen. Eine Differenzierung nach Vertriebsroute, Grad der Karbonisierung etc. findet nicht statt. Es ist nicht Ziel der durchgeführten Bilanzierung, eine hypothetische Betrachtung zur ökobilanziellen Bewertung der Mehrwegflaschen unter den Rahmenbedingungen der MEG darzustellen¹. Die Aufnahme der Mehrwegflaschen der GDB dient der Einordnung der bilanzierten PET-Einwegflaschen mit den fortgeschriebenen Ergebnissen der GDB 2008 und IK-2010-Studie.

Identifikations- merkmale		1,0 l PET MW (GDB)	0,7 l Glas MW (GDB)	
Verpackungsspezifikationen				
Primärverpackung	Körper	Füllvolumen in l	1,0	0,7
		Material P-Körper	PET	Weißglas
		Gewicht P Körper in g	62	550
		Rezyklatanteil in %	25%	65%
	Verschluss	Material Verschluss	PP	HDPE/ALU
		Gewicht Verschluss in g	2,7	2,9/1,4
		Rezyklatanteil in %	0%	0%
	Etiketten	Material Etikett	LDPE	Papier
Gewicht Etikett in g		1,1	1,7	
Rezyklatanteil in %		40%	0%	
Sekundär- verpackung	Kasten	Material Kasten	HDPE	HDPE
		Gewicht Kasten in g	1680	1430
		Anzahl Primärverp.	12	12
		Rezyklatanteil in %	35%	35%
Tertiärverpackung	Palette	Art der Palette	Europalette	Europalette
		Material Palette	Holz	Holz
		Gewicht Palette in g	22000	22000
		Umlaufzahl	36	36
	Sicherungs- band	Material Band	PP	PP
		Gewicht Band in g	20	20
		Rezyklatanteil in %	0%	0%
	Zwischen- lagen	Material Zwischenlage	-	-
		Gewicht Zwischenlage in g	-	-
		Rezyklatanteil in %	-	-
Stapelplan	Gebinde pro Umverpackung		12	12
	Umverpackung pro Lage		8	9
	Lagen pro Palette		5	5
	Zwischenlagen pro Palette		-	-
	Gebinde total pro Palette		480	540
	Paletten pro Lkw		30	30
Transportdistanzen				
Hinfahrt (Abfüllung bis POS)		116,9	120,4	
Rückfahrt (inkl. Tauschfahrt)		120,6	123,6	

Abbildung 2.6 Systemparameter der bilanzierten PET und Glas Mehrwegflaschen

¹ Dies würde sich primär in deutlich höheren Distributionsdistanzen ausdrücken, die Bilanzergebnisse der untersuchten Mehrwegflaschen würden somit höhere Beiträge zeigen. Der Ansatz, die PET-Einwegflaschen der MEG mit den Mehrwegflaschen der GDB unter den Bedingungen des Gesamtmarktes zu vergleichen, ist somit konservativ im Sinne des Vergleichs.

2.3 Systemparameter

2.3.1 Verpackungsgewichte

Verpackungsgewichte der PET-Einwegflaschen der MEG

Die Gewichte der eingesetzten Preforms entstammen einer Primärdatenerhebung, die im Jahr 2022 durchgeführt wurde. Die Daten repräsentieren das Geschäftsjahr 2021 (März 2021 bis inkl. Februar 2022).

Im Rahmen der Datenerhebung wurden für jedes Produkt innerhalb der beiden Vertriebsrouten (Lidl und Kaufland) die eingesetzten Preformgewichte erfasst und ein gewichteter Mittelwert gebildet. In einem weiteren Schritt wurden Aggregationen über die Vertriebsrouten und die Produkte innerhalb der Differenzierungsebene karbonisiert/ nicht karbonisiert sowie 0,5 l und 1,5 l Füllvolumen gebildet. Abweichungen von diesem Vorgehen gibt es lediglich bei den Süßgetränken. Da hier die vorliegenden Daten keine Gewichtung zuließen, wurden mehrheitlich die schwersten Preformgewichte für die Bilanzierung herangezogen¹. Additiv zum gewichteten Mittelwert wird für die Lidl 1,5 l PET-Einwegflasche für stille Mineralwässer ein weiter gewichtsoptimierter Preform separat betrachtet (vgl. Kap. 2.1 bilanzierte Systeme).

Die Gewichte der bei der MEG eingesetzten Preforms für 1,5 l Flaschen variieren zwischen 22 g und 28 g. Die in dieser Studie bilanzierten Gewichte auf Basis der gewichteten Mittelwerte variieren für 1,5 l Flaschen zwischen 24,5 g und 26,7 g. Die Gewichte der bei der MEG eingesetzten Preforms für 0,5 l Flaschen variieren zwischen 12 g und 13,7 g. Dies entspricht auch der bilanzierten Bandbreite in der Studie. Anhang A zeigt eine Übersicht der Streuung der Gewichte der eingesetzten Preforms.

Hinsichtlich der Verschlüsse und Etiketten musste keine Gewichtung vorgenommen werden, da alle Gebinde Verschlüsse mit identischem Verschlussgewicht von 1,9 g nutzen und alle 1,5 l PET-Einwegflaschen ein einheitliches Etikettengewicht von 0,7 g und alle 0,5 l PET-Einwegflaschen ein einheitliches Etikettengewicht von 0,4 g aufweisen.

Hinsichtlich der Um- und Transportverpackung (Schrumpack, Karton-Zwischenlagen und Folierung um Platte) wurde jeweils das höchste im Rahmen der Datenerhebung erfasste Gewicht verwendet.

¹ Der schwerste Preform wurde bei den Süßgetränke-Systemen 4.1, 4.2, 8.1, 8.2 sowie 14.1 und 14.2 ausgewählt. Eine Ausnahme gibt es bei den Systemen 11.1 und 11.2 (NCSD 1,5 l): hier wurden nur die 25,5 g Preforms bilanziert und die schwereren 26,7 g Preforms wurden ignoriert. Begründung: Die 26,7 g Preforms wurden hier entweder gar nicht oder maximal sehr selten eingesetzt (max. 12 % der Gesamtmenge, was dann rein rechnerisch eine Erhöhung des Gewichts um 0,4 % auf 25,6 g zur Folge hätte)

Eine Zusammenstellung aller Verpackungsgewichte der PET-Einwegflaschen der MEG findet sich in Kapitel 2.1.

Verpackungsgewichte der PET-Mehrwegflaschen

Die Primärverpackungsspezifikationen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche wurde aus der IK-2010-Studie übernommen. Gemäß IK 2010 beläuft sich der rPET-Anteil der PET-Mehrwegflasche bei einem Gewicht von 62 g auf 25 %. Die PET-Mehrwegflasche wird mit einem 2,7 g schweren PP-Verschluss und einem LDPE-Etikettengewicht von 1,1 g bilanziert. Eine Zusammenstellung aller Verpackungsgewichte der PET-Mehrwegflaschen findet sich in Kapitel 2.2.

Verpackungsgewichte der Glas-Mehrwegflaschen

Die Gewichte der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche wurde in der IK-2010-Studie noch mit 590 g angegeben. In den Jahren nach 2010 wurde eine auf 540 g gewichtsoptimierte Flasche eingeführt. Im Rahmen dieser Studie wird keine Altersverteilung im Pool abgeleitet, sondern nur diese neue gewichtsoptimierte Flasche bilanziert. Diese Festlegung ist konservativ im Sinne des Vergleichs, weil sie günstige Annahmen für die 0,7 l Glas-Mehrweggebinde enthält, die im Rahmen dieser Studie als Benchmark für den Vergleich genutzt werden. Ebenso fortgeschrieben wurde der Anteil von Verschlüssen aus HDPE und Verschlüssen aus Aluminium. Gem. IK 2010 wurden 60 % der Glas-Mehrwegflaschen mit Alu-Anrollverschlüssen versehen. Dieser Wert konnte im Rahmen einer im Rahmen dieser Studie durchgeführten nicht repräsentativen Marktsichtung nicht bestätigt werden¹. Auf der 0,7 l Perlglasflasche der GDB dominiert derzeit der HDPE-Verschluss. Im Rahmen dieser Studie wird ein Anteil von 65 % für HDPE-Verschlüsse und 35 % für Alu-Anrollverschlüsse bilanziert.

Eine Zusammenstellung aller Verpackungsgewichte der Glas-Mehrwegflaschen findet sich in Kapitel 2.2.

2.3.2 Rezyklatgehalte

Rezyklatgehalte in den PET-Einwegflaschen

Der Rezyklatgehalt in den PET-Einwegflaschen der MEG beträgt 100 %. Der Wert wurde durch eine SAP-Auswertung für den Zeitraum 01.06.2021 bis 28.02.2022 ermittelt und ist extern validiert (Fritsche 2022).

¹ Besuch in 5 verschiedenen Verkaufsstellen unterschiedlicher Größe und Ausrichtung (Getränkemarkt, Supermarkt etc.) im Herbst 2022

Rezyklatgehalte in den PET-Mehrwegflaschen

Gemäß der Studie „Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019“ (Schüler 2020) werden in PET-Getränkeflaschen im Jahr 2019 durchschnittlich 30 % rPET eingesetzt. Der Wert differenziert nicht zwischen Einweg- und Mehrweggebinden, von daher muss für die Bilanzierung angenommen werden, dass auch PET-Mehrwegflaschen rPET einsetzen. Die Datenquelle gibt keine valide Auskunft über den rPET-Gehalt in Mehrwegflaschen. Zur Ableitung eines Rechenwertes soll daher ein Blick auf die durchschnittliche Lebensdauer einer PET-Mehrwegflasche gerichtet werden. Bei einer Umlaufhäufigkeit von 20 (vgl. Kap. 2.1.3) und 3,5 bis 4 Einsätzen pro Jahr ergibt sich eine Lebensdauer von 5 bis 6 Jahren. Somit besteht der Pool aus neuen und alten Flaschen und weist somit auch unterschiedliche rPET-Gehalte auf. Daher wird der rPET-Gehalt in der 1,0 l PET-Mehrwegflaschen mit 25 % angenommen. Dieser Wert entspricht auch dem Rechenwert im aktuellen UBA-Vorhaben „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0).

Rezyklatgehalte in den Glas-Mehrwegflaschen

Der Rezyklatgehalt in den Glas-Mehrwegflaschen ergibt sich aus den Angaben der Bundesvereinigung Glasindustrie e.V. (BV Glas 2014). BV Glas hat seine Daten letztmalig im Jahr 2014 publiziert. Der Rezyklatgehalt (im Sinne von Fremdscherben) liegt bei Weißglas bei 65 % zzgl. 3,5 % Eigenscherben aus Verwertung von Glasabfällen bei der Herstellung (BV Glas 2014).

2.3.3 Umlaufhäufigkeiten

Umlaufhäufigkeiten der PET- und Glas-Mehrwegflaschen

Im Rahmen der GDB 2008 Studie wurden seitens der GDB die Umlaufzahlen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche mit 15 und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche mit 40 angegeben. Die Werte wurden auch für die IK-2010-Studie übernommen. Die Daten wurden auf Basis des Poolalters und der internen und externen Verlustquoten bestimmt. Im Zusammenhang mit den UBA-Mindestanforderungen wurden im Auftrag von BVE und HDE durch die Unternehmensberatung Deloitte neue Umlaufzahlen für eine Vielzahl von Mehrweggebinden in den Getränkesegmenten Bier, Mineralwasser und Erfrischungsgetränke erhoben (Deloitte 2013).

Die Deloitte Studie weist für die 1,0 l PET-Mehrwegflasche der GDB eine Umlaufzahl von 20 (Bandbreite 16 bis 24) und für die 0,7 l Glas-Mehrwegflasche der GDB eine Umlaufzahl von 38 (Bandbreite 30 bis 51) aus.

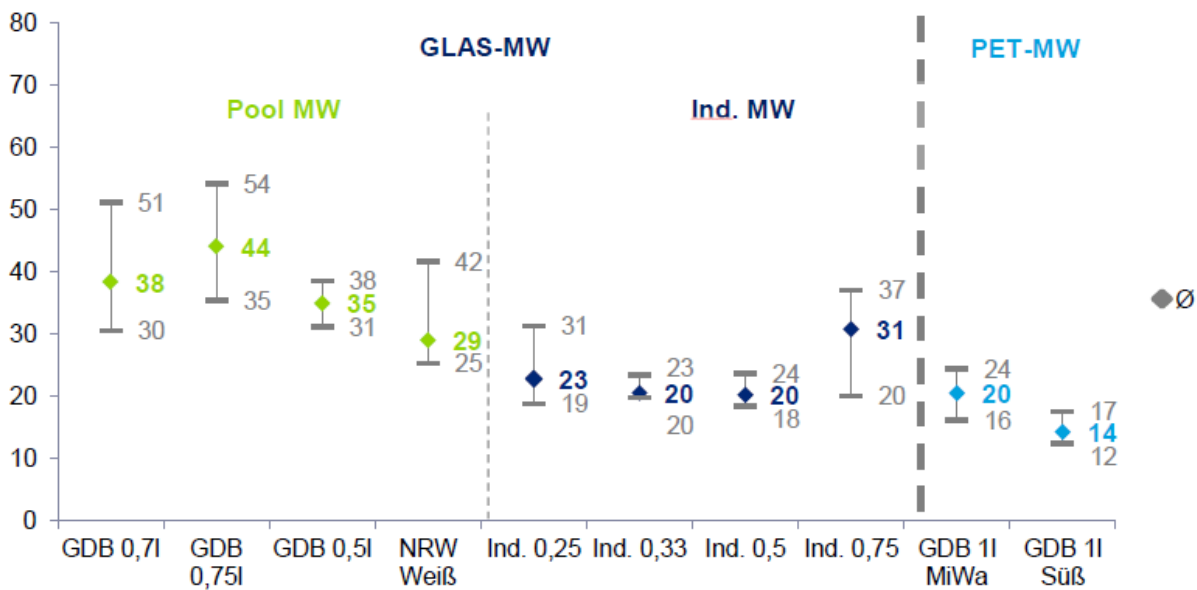


Abbildung 2.7 Originalbild aus der Deloitte Studie von 2013 - Umlaufzahlen von Glas- und PET-Flaschen Wasser und Erfrischungsgetränke

Im Rahmen der hier durchgeführten Ökobilanz wird der Wert für die Umlaufzahl der 1,0 l PET-Mehrwegflasche in Höhe von 20 übernommen. Für die 0,7 l Glas-Mehrwegflasche wird ein höherer Wert von 45 Umläufen angesetzt, der sich eher am oberen Ende der Bandbreite orientiert. Hintergrund ist, dass mit dem 0,75 l N2-Gebinde der GDB bereits ein Nachfolgesystem eingeführt wird¹. Daher kann davon ausgegangen werden, dass der klassische 0,7 l Pool (Perlglassflasche) stärker konsolidiert wird und die Umlaufhäufigkeit daher derzeit steigt. Das Ansteigen der Umlaufzahl endet zu dem Zeitpunkt, an dem der Pool überaltert und durch Neueinspeisungen verjüngt wird.

Die Festlegung der Umlaufzahlen entspricht dem Vorgehen im Rahmen des aktuellen UBA-Vorhabens „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0).

Umlaufhäufigkeiten der Kästen und Paletten

Die Umlaufhäufigkeit der HDPE-Mehrwegkästen (100) und der Europaletten aus Holz (36) orientieren sich an den Angaben der IK-2010-Studie². Die Umlaufhäufigkeit der für

¹ Der aber nicht obligatorisch ist. Die Brunnen können frei entscheiden, welche Flasche sie einsetzen

² Die Umlaufzahl der Kästen für die 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen wird von 150 auf 100 herunterkorrigiert, da die Kästen nicht für die Dimensionen einer Europalette optimiert sind. Ursprünglich wurden die Kästen auf einer größer dimensionierten Brunnenpalette distribuiert. Nun stehen die Kästen über und unterliegen beim Transport einem höheren Verschleiß. Die Umlaufzahl der Europalette wird gegenüber den Angaben der IK 2010 Studie auf von 25 auf 36 hochkorrigiert, um der spezifischen Situation der Getränkelogistik gerecht zu werden. Die bis Ende der 2010er Jahre noch eingesetzte Brunnenpalette aus Holz erreichte

die PET-Einwegflaschen der MEG eingesetzten Kunststoffpaletten¹ (Umlaufzahl 100) basiert auf Datenerhebungen und Berechnungen beim Palettendienstleister der MEG (PreTurn)². Die Diskrepanz in den Umlaufhäufigkeiten der Paletten ist durch die unterschiedliche Materialwahl bestimmt. Die Paletten aus Kunststoff zeigen sich robuster gegenüber den Beanspruchungen durch die Gabelstapler in den Zentrallägern. Zudem werden die Kunststoffpaletten ausschließlich in der Lidl- und Kaufland-Logistik eingesetzt, während die Europaletten aus Holz europaweit für ein Vielzahl unterschiedlicher Transportaufgaben verwendet werden. Ältere Getränkeverpackungsökobilanzen wie die GDB-2008-Studie und die IK-2010-Studie zeigen, dass der ergebnisseitige Einfluss der Produktion der Kästen und Paletten sehr gering ist und eine Diskussion der Umlaufhäufigkeiten nicht ergebnisrelevant ist.

2.3.4 Distributionsstrukturen und -distanzen

Distributionsstrukturen und Distanzen der PET-Einwegflaschen

Die Ableitung der Distributionsstrukturen der PET-Einwegflaschen der MEG basiert vorwiegend auf einer Primärdatenerhebung. Dafür wurde für jedes Produkt die spezifische Distanz zwischen den Produktionsorten und den angelieferten Lidl- und Kaufland-Zentrallägern ermittelt. Die Einzeldaten wurden dann entsprechend den untersuchten Systemen (vgl. Kap. 2.1) unter Beachtung der Daten zur Gewichtung zusammengeführt. Die ermittelten Distanzen der untersuchten Systeme vom Ort der Abfüllung bis zum Zentrallager variieren zwischen 147 km und 333 km. Der Distributionsschritt vom Zentrallager zur Filiale (Point-of-Sale) wurde gemäß der Deloitte Studie aus dem Jahr 2013 (Deloitte 2013) mit 35 km angenommen³. Zusätzlich wird den Distributionsgesamtentfernungen noch eine Leerfahrt in Höhe von 14,5 % der Distributionsstrecke zugerechnet, da nicht jeder LKW die Zentralläger auch wieder mit Ladung verlässt. Die Höhe der angerechneten Leerfahrt basiert auf Daten der Bundesanstalt für Logistik und Mobilität (Balm) für das Jahr 2020 (Balm 2021).

eine Umlaufzahl von 50. Die nun bilanzierte Umlaufhäufigkeit von 36 ist der nach oben gerundetem Mittelwert.

¹ Unterschieden werden die Heilbronner Halbpalette (HHP) und die Neckarsulmer Europalette (NEP)

² Die Paletten haben einen RFID Chip, mit dem die Umläufe getrackt werden. Die HHP sind seit dem Jahr 2013 im Einsatz und erreichen im Durchschnitt ca. 15 bis 20 Einsätze pro Jahr. Die NEP sind erst seit einigen Jahren im Einsatz, sind aber noch einmal stabiler als die HHP. Der Palettendienstleister rechnet mit deutlich mehr als 100 Umläufen.

³ Die Deloitte-Studie nutze hier einen Wert, der im Rahmen der IK-Studie aus dem Jahr 2010 erhoben wurde und die Verteillogistik verschiedener Discount- und Supermärkte beschreibt. Im Rahmen der Datenerhebung wurden damals auch Werte bei der Lidl-Logistik erhoben.

Distributionsstrukturen und Distanzen der Mehrwegflaschen

Die Ableitung der Distributionsstrukturen der PET-Mehrwegflaschen und Glas-Mehrwegflaschen orientiert sich an den Angaben der Deloitte Studie aus dem Jahr 2013 (Deloitte 2013) und reflektiert die fachlichen Diskussionen des aktuellen Umweltbundesamtes „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0) hinsichtlich der Abbildung der Redistribution und Austauschfahrt.

Die Distributionsstruktur setzt sich zusammen aus der Hinfahrt, der Fahrt zur Rückführung des Leergutes zum Abfüller und einer Austauschfahrt zwischen Abfüllern zum Leerguttausch bzw. zusätzliche Fahrten zu externen Flaschensortierern. Bei der Ableitung der Distributionsentfernungen gilt die Prämisse, dass die Rückfahrt gleich der Hinfahrt ist. Die Austauschfahrt wird in der Deloitte-Studie von 2013 im Sinne eines Korrekturfaktors auf die Distributionsgesamtentfernungen (Hin- und Rückfahrt) angegeben. Dieser Korrekturfaktor ist bei Mineralwasser und Erfrischungsgetränken sehr klein (1,3 % bei Glas-Mehrwegflaschen und 1,6 % bei PET-Mehrwegflaschen). Die Angaben der Deloitte Studie basieren auf einem 2-Punkt-Modell und beschreiben die Distributionsdistanzen vom Abfüller zum Point-of-Sale.

Somit ergeben sich die folgenden Distanzen für die untersuchten Mehrwegflaschen:

- 1,0 l PET-Mehrwegflaschen:
Hin: 116,9 km + Rück: 116,9 km + Tausch: 3,7 km = 237,5 km
- 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen:
Hin: 120,4 km + Rück: 120,4 km + Tausch: 3,2 km = 244 km

Im System der Mehrweglogistik werden keine Leerfahrten bilanziert. Die Gesamtdistanzen auf Basis von Deloitte 2013 sind für alle in dieser Studie untersuchten Mehrweggebinde geringer als in der IK-2010-Studie (dort wurden für alle Mehrweggebinde 260 km Gesamtdistanz ohne Tausch bilanziert).

2.3.5 Entsorgungspfade

Entsorgungspfade der PET-Einwegflaschen

Die Entsorgungspfade der PET-Einwegflaschen folgt den Angaben der GVM-Studie „Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019“ (GVM 2020)¹. Die Verwertungszuführungsquote entleerter PET-Einwegflaschen zu einer

¹ Zwar liegt mittlerweile ein fortgeschriebener Sachstand zu (GVM 2020) vor, jedoch basiert die neue Studie des Umweltbundesamtes „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0) auch noch auf dem 2019er Sachstand. Da die hier vorliegende Studie eine möglichst hohe Anschlussfähigkeit an dieses Vorhaben anstrebt, wird auch hier (GVM 2020) als Quelle herangezogen.

werkstofflichen Verwertung liegt bei 97,2 %. Die angenommene Transportdistanz zum Recycler beträgt 600 km.

Entsorgungspfade der Mehrwegflaschen

Die Entsorgungspfade gebrauchter Mehrwegflaschen werden äquivalent zu den Angaben der GDB 2008 und IK-2010-Studien bilanziert. 99 % der nicht wieder genutzten Flaschen werden werkstofflich verwertet.

2.4 Vordergrundprozesse

2.4.1 Herstellung der Verpackung

Herstellung der PET-Einwegflaschen

PET-Einwegflaschen werden in einem zweistufigen Verfahren produziert. Zunächst wird der Perform in einem Spritzgussverfahren hergestellt. Die eigentliche Form erhält die Flasche erst in den Abfüllwerken im Rahmen des Streckblasprozesses, welcher der Abfüllung der Flaschen direkt vorausgeht. Die MEG betreibt zwei Preformwerke (Roßbach in Sachsen-Anhalt und Übach-Palenberg in Nordrhein-Westfalen).

Die Prozessdaten zur Preformproduktion und zu den Streckblasmaschinen wurden im Jahr 2022 direkt in den Werken erhoben, und zwar durch eine Auswertung der Energiemanagementsysteme. Die Verbrauchsdaten von übergreifenden Prozessen, wie bspw. die Granulattrocknung, wurden dabei auf die einzelnen Maschinen umgelegt. Als Verteilungsschlüssel wurde dabei das verarbeitete Material pro Maschine herangezogen. Die Daten wurden im Rahmen einer Stichprobe an jeweils zwei typischen Anlagen in den Werken Übach-Palenberg /Preform) und Wörth am Rhein (SBM) erhoben.

Die Prozessdaten zur Produktion von Verschlüssen, Etiketten, Schrumpfpack und Folien wurden anhand der Prozessdaten aus der Datenerhebung der IK-2010-Studie modelliert. Alle Vorketten (Energie und Betriebsmittel) wurden auf die neuste verfügbare Datengrundlage aktualisiert.

Herstellung der Glas- und PET-Mehrwegflaschen

Die Prozessdaten zur Produktion von Flaschen, Verschlüssen, Etiketten und Kästen wurden anhand der Prozessdaten aus der Datenerhebung der IK-2010-Studie modelliert. Alle Vorketten (Energie und Betriebsmittel) wurden auf die neuste verfügbare Datengrundlage aktualisiert.

2.4.2 Abfüllung und Flaschenreinigung

Für die Modellierung der verpackungsspezifischen Prozesse innerhalb der Abfüllstandorte (Abfüllung und Gebindereinigung) wird in dieser Studie ein generischer

Datensatz verwendet, der nur die verpackungsbezogenen Prozesse beinhaltet und daher übergreifend für alle Getränkesegmente Gültigkeit besitzt. Der Datensatz basiert auf erhobenen Primärdaten aus den Jahren 2005 bis 2020, Planungsdaten von Anlagenbauern und technischer Expertise. Der Datensatz wurde erstmalig im Rahmen der FKN-2020-Studie (Kauertz et al. 2020) angewendet und wird auch im aktuellen UBA-Vorhaben „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0) eingesetzt.

Der Datensatz beschreibt für alle Verpackungssysteme eine derzeit typische Situation hinsichtlich Energie- und sonstigem Prozessmitteleinsatz und -verbrauch. Die Prozessdaten unterscheiden zwischen Verpackungsmaterial (PET und Glas) sowie der grundlegenden Systemspezifikation (Einweg und Mehrweg). Die für die Bewertung der Ergebnisse wesentlichen Informationen zu den Prozessdaten sind:

- Die Prozesse der Abfüllung nutzen sowohl für Einweg- als auch für Mehrwegflaschen ausschließlich elektrische Energie (Netzstrom)
- Die Gebindereinigung bedarf thermischer Energie, die vor Ort produziert wird. Als Energieträger für die thermische Energie im Rahmen der Flaschenwäsche wird Erdgas bilanziert.
- Glas-Mehrwegflaschen werden bei einer höheren Temperatur gespült als PET-Mehrwegflaschen (auch um die Papieretiketten zu lösen)
- PET-Mehrwegflaschen bedürfen aufgrund der niedrigeren Temperatur mehr Waschmittel als Glas-Mehrwegflaschen

2.4.3 Recycling der Primärverpackung

Recycling von Flaschen aus PET

Grundsätzlich gilt es beim PET-Recycling zwei verschiedene Verfahrensarten zu unterscheiden, die sich hinsichtlich des Anwendungsspektrums der erzeugten Regranulate unterscheiden:

- 1-stufiger Prozess (Waschen, Mahlen, Trennen und ggf. Granulieren)
Das erzeugte Rezyklat ist nicht lebensmitteltauglich und kann in der Regel auch nicht wieder für Hohlkörper verwendet werden, da die intrinsische Viskosität nicht den Anforderungen an eine biaxiale Extrusion genügt
- Mehrstufiger Prozess (Waschen, Mahlen, Trennen, Tiefenreinigung, IV-Wert Aufbau und ggf. Granulieren)
Das erzeugte Material ist qualitativ äquivalent zu primärem PET und kann daher in Lebensmittelverpackungen und allen Produktionsprozessen eingesetzt werden.

PET-Einwegflaschen, die im Rahmen einer getrennten Erfassung gesammelt und sortiert werden, bilden eine homogene Fraktion, die gemäß den Regularien der EFSA als Eingangsfraktion für ein Bottle-to-Bottle Recycling dienen kann, dessen Ziel es ist,

lebensmitteltaugliche Regranulate zu produzieren. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird PET-Recycling immer als mehrstufiger Aufbereitungsprozess zu lebensmitteltauglichem Material modelliert. Dabei wird zwischen der Aufbereitung Bottle-to-Flake und Flake-to-rPET unterschieden.

Bottle-to-Flake:

Ausgangsmaterial für den Recyclingprozess sind leere PET-Flaschen, die zerkleinert und in die verschiedenen Materialfraktionen (PET, PO, Etiketten, Metall, sonstiges) zerlegt werden. Dieser Mahl- und Sortierprozess findet sich in allen PET-Recyclingverfahren. Oft ist auch eine Wäsche (in der Regel Heißwäsche) zur ersten Vorreinigung des Mahlgutes integriert. Staub und Etiketten werden in der Regel mittels eines Windsichters aus dem Mahlgut geblasen, ggf. könne Papieretiketten auch während der Wäsche im Wasser gelöst und abgeschwemmt werden. Die Trennung zwischen der PET-Fraktion und den PO-Fraktionen (Verschlussfraktion) findet durch einen Schwimm-Sink-Prozess statt: während die schwereren PET-Flakes sedimentiert werden, schwimmt die leichte PO-Fraktion im Wasser auf und kann maschinell abgeschöpft werden.

Um eine einheitliche Körnung der Flakes zu erhalten, wird in einigen Verfahren das dichtere und dickere Material aus dem Flaschenhals und dem Flaschenboden von den Flakes aus den Flaschenwänden separiert und erneut gemahlen.

Tiefenreinigung der Flakes (Bottle-to-Bottle Recycling):

Outputmaterial der Prozessstufe Bottle-to-Flake sind oberflächengereinigte PET-Flakes. Jedoch bedürfen Verunreinigungen, die während der Nutzungsphase der Flasche oder der Lagerung vor dem Recyclingprozess in das Material migriert sind, einer weitergehenden Reinigung, der so genannten Tiefenreinigung. Für die Tiefenreinigung der gewaschenen PET-Flakes stehen zwei Verfahren zur Auswahl, die sich hinsichtlich der Prozesstechnik und dem Endmaterial grundlegend unterscheiden:

● **Schmelzfiltration:**

PET-Recycling mittels Schmelzfiltration wird von verschiedenen Anlagenherstellern angeboten. Allen Schmelzfiltrationsverfahren gemeinsam sind die folgenden Prozessschritte:

- Trocknung der Flakes
- Tiefenreinigung im Vakuumreaktor
- Extrusion (Schmelze) zur Entgasung und Filtration zur Abtrennung nicht schmelzender Stoffe
- Granulierung
- Kristallisation (zum Aufbau der IV-Werte)

Die Reihenfolge der Prozessschritte ist abhängig vom jeweiligen Anlagenhersteller und der vom Betreiber der Anlage gewählten Anlagenkonfiguration. Die den Prozess

bestimmenden Faktoren bei der Schmelzfiltration sind die Parameter Temperatur während der Schmelze und die Verweildauer im Vakuumreaktor. Eine wirksame Kontrolle dieser Parameter ist die Voraussetzung für vorhersehbare Ergebnisse von gleichbleibender Qualität.

Endprodukt der Schmelzfiltration ist ein lebensmittelkontaktfähiges PET-(Re-)Granulat. Die Vorteile der Schmelzfiltration sind die definierte Partikelgröße und Schüttdichte des rPET-Granulats sowie die Abfiltration nicht schmelzender Stoffe. Hinsichtlich seiner Weiterverarbeitbarkeit ist das rPET vergleichbar mit der Qualität von Neuware. Der größte Nachteil des PET-Recyclings durch Schmelzfiltration ist sicherlich der damit verbundene Abbau der intrinsischen Viskosität des Materials durch die Verkürzung der Molekülketten. Ein weiterer Nachteil der Schmelzfiltration ist, dass Additive in den Flaschen das Material während der Schmelze gelb färben. An den Flakes haftende Klebereste können als Fremdkörper im Material bleiben und bei der Weiterverarbeitung zu schwarzen, punktförmigen Verunreinigungen führen. Weiterhin kann ggf. durch die thermische Behandlung des Materials Acetaldehyd entstehen und das Material kontaminieren. Ein technischer Nachteil des Verfahrens ist, dass das Material zur Lagerung und/ oder zum Transport getrocknet werden muss.

- **Chemische Oberflächenbehandlung - URRC Prozess:**

Bei der chemischen Oberflächenbehandlung nach dem URRC-Prozess (URRC steht für United Resource Recovery Corporation) handelt es sich um Verfahren, an dessen Ende ein flaschenfähiges PET-Flake steht; eine abschließende Regranulierung ist im Standardverfahren nicht vorgesehen. Das Verfahren kann in drei Prozessschritte gegliedert werden: Nach einem Sortier-, Wasch- und Mahlschritt, wie er im Kapitel Verarbeitungsstufe Flasche zu Flake beschrieben ist, werden die gewaschenen PET-Flakes durch kontinuierlichen Weitertransport dem eigentlichen URRC-Hauptprozess zugeführt. Dort beginnt die Veredelung des PET-Rezyklats für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie: In einer Mischschnecke (Drehofen) wird das PET-Mahlgut mit Natronlauge benetzt. Hierdurch löst sich die Oberfläche des Materials (durch Verseifung und Entfernung der entstehenden Monomere) ab, und anhaftende Verunreinigungen werden entfernt. Als Nebenprodukt entsteht bei dieser Reaktion ein Salz. Im hinteren Bereich des Drehrohrofens werden durch optimale Luft- und Temperaturführung auch die letzten in das PET diffundierten Fremdstoffe entfernt.

Die Salze werden in einer Nachbehandlung vom PET-Mahlgut entfernt. Nach einem Durchlauf im Mahlgutsortierer mit Farbzeilenkamera gelangt das Rezyklat zur Qualitätskontrolle.

Endprodukt des Prozesses ist ein lebensmittelkontaktfähiges PET-Flake. Vorteil des URRC-Verfahrens ist, dass die foodgrade-Qualität der recycelten Flakes ohne Abbau von Kristallinität und Reduktion der intrinsischen Viskosität erreicht werden kann. Nachteil des Verfahrens ist, dass die chemische Reaktion, auf welcher der Recyclingprozess basiert, Beiprodukte wie Ethylenglykol und Salz produziert, die in einem zweiten Wasch- und Trocknungsschritt von den PET-Flakes entfernt und beseitigt

werden müssen. Auch findet keine Abfiltration nicht schmelzender Stoffe statt, die ggf. im Inneren der PET-Flakes zu finden sind. Zudem erfordern Flakes bei der Weiterverarbeitung ein anderes Handling als Material, dass in Form von Pellets vorliegt (bspw. Neuware).

Die im Rahmen dieser Studie verwendeten Daten wurden in den vergangenen 10 Jahren an verschiedenen europäischen PET-Recyclinganlagen unterschiedlicher Größe erhoben (Fokus Deutschland, Österreich, BeNeLux, Frankreich und Skandinavien). Die Datenbasis bildet einen repräsentativen Querschnitt der eingesetzten Verfahren ab. Eine marktbezogene Gewichtung der Daten wird nicht durchgeführt, da eine valide Datenbasis nicht zur Verfügung steht und eine Gewichtung anhand der installierten Kapazitäten das reale Marktgeschehen nur unzureichend abbildet.

Die MEG betreibt an zwei Standorten in Deutschland eigene PET-Recyclingwerke (in Neuensalz in Sachsen und in Übach-Palenberg in Nordrhein-Westfalen). Die Prozessdaten des Werkes in Neuensalz sind im Datensatz berücksichtigt, die Prozessdaten des neueren Werkes in Übach-Palenberg nicht. Um keine Datendiskrepanz zwischen den Einweg- und Mehrwegflaschen aus PET aufkommen zu lassen, wurde entschieden, im Rahmen dieser Studie das PET-Recycling mit einem einheitlichen Datensatz zu beschreiben.

Recycling der HDPE- und PP-Verschlüsse

Verschlüsse aus HDPE und PP liegen entweder als Output aus dem PET-Recycling vor, wenn sie mit dem Primärverpackungskörper entsorgt, gesammelt und sortiert werden, oder sie werden im Rahmen der Kunststoffsammlung erfasst, wenn sie lose entsorgt werden.

Ein spezielles, auf das Recycling von Verschlüssen spezialisiertes Verfahren ist derzeit noch nicht großmaßstäblich etabliert und wird daher auch nicht modelliert. Kunststoffverschlüsse erfahren in dieser Studie daher lediglich eine Regranulierung. Der so hergestellte Sekundärrohstoff ersetzt primäre Werkstoffe in einem anderen Produktsystem. Dabei werden die Einschränkungen hinsichtlich Verarbeitbarkeit und Anwendbarkeit mittels Substitutionsfaktoren modelliert.

Die Daten für den Regranulierungsprozess basieren auf fortlaufenden Primärdatenerhebungen des ifeu bei verschiedenen europäischen Verwertungsunternehmen und werden anhand von Literaturdaten plausibilisiert. Die Daten bilden einen durchschnittlichen Stand der Technik ab, eine länderspezifische Repräsentativität kann nicht beurteilt werden.

2.5 Hintergrundprozesse

2.5.1 Herstellung der Materialien der Packmittel

Datensatz PP (Polypropylen)

Polypropylen entsteht durch die katalytische Polymerisation von Propen zu langkettigem Polypropylen. Die beiden wichtigen Verfahren sind die Niederdruck-Fällungs- und die Gasphasen-Polymerisation. In einem abschließenden Schritt wird das Polymerpulver im Extruder zu Granulat verarbeitet.

In der vorliegenden Ökobilanz wurde das von PlasticsEurope veröffentlichte Ecoprofile für PP verwendet (PlasticsEurope 2014b). Der Datensatz umfasst die Produktion von PP-Granulat ab der Entnahme der Rohstoffe aus der natürlichen Lagerstätte inkl. der damit verbundenen Prozesse. Die Daten beziehen sich auf einen Zeitraum um 2011. Sie wurden in insgesamt 35 Polymerisationsanlagen erhoben. Die europäische Gesamtproduktion lag 2011/2012 bei 8.500.000 Tonnen. Der PlasticsEurope-Datensatz repräsentiert 77 % der europäischen PP-Produktion.

Datensatz HDPE (High density polyethylene)

Polyethylen hoher Dichte (HDPE) wird in verschiedenen Niederdruckverfahren hergestellt und enthält weniger Seitenketten als das LDPE. In der vorliegenden Ökobilanz wurde das von PlasticsEurope veröffentlichte Ecoprofile für HDPE verwendet (PlasticsEurope 2014).

Der Datensatz umfasst die Produktion von HDPE-Granulat ab der Entnahme der Rohstoffe aus der natürlichen Lagerstätte inkl. der damit verbundenen Prozesse. Die Daten beziehen sich auf einen Zeitraum um 2011. Sie wurden in insgesamt 21 Polymerisationsanlagen erhoben. Der Datensatz repräsentiert 68 % der europäischen HDPE-Produktion.

Datensatz LDPE (Low density polyethylene)

Polyethylen geringer Dichte (LDPE) wird in einem Hochdruckprozess hergestellt und enthält eine hohe Anzahl an langen Seitenketten. In der vorliegenden Ökobilanz wurde das von PlasticsEurope veröffentlichte Ecoprofile für LDPE verwendet (PlasticsEurope 2014).

Der Datensatz umfasst die Produktion von LDPE-Granulat ab der Entnahme der Rohstoffe aus der natürlichen Lagerstätte inklusive der damit verbundenen Prozesse. Die Daten beziehen sich auf einen Zeitraum um 2011. Sie wurden in insgesamt 21 Polymerisationsanlagen erhoben. Der Datensatz repräsentiert 68 % der europäischen LDPE-Produktion.

Datensatz PET (Polyethylenterephthalat)

Reinst-Terephthalsäure (Purified Terephthalic Acid, PTA) und Ethylenglykol sind die Ausgangsstoffe für die folgende Veresterung zum Bis-(2-Hydroxyethyl)-Terephthalat (BHET). Dieses formale Monomer wird durch den nachfolgenden Schritt zu Polyethylenterephthalat (PET) polykondensiert.

Die vorliegende Ökobilanz verwendet den neuen Datensatz von PlasticsEurope mit dem Referenzjahr 2015 (PlasticsEurope 2017). Der Datensatz nutzt im Rahmen der Modellierung den PTA-Datensatz von (CPME 2016). Dies entspricht, gemessen an der absoluten innereuropäischen Produktionskapazität, einer Repräsentativität von 79 %. Die PTA-Herstellung ist einer der wesentlichen Einflussfaktoren auf das Umweltprofil der PET-Herstellung.

Für die Produktion von PET wurden Primärdaten von 12 Produktionslinien an 10 Standorten in Deutschland, Griechenland, Italien, Litauen, den Niederlanden, Spanien und Großbritannien erhoben und für die Berechnung verwendet. Mit einer Produktionsmenge von 2,9 Mio. Tonnen (2008) bilden diese Daten 85 % der europäischen PET-Bottle-grade-Produktion (3,4 Mio. Tonnen) ab.

Rohmaterial-Herstellung Aluminiumanrollverschlüsse

Der Datensatz für Primäraluminium umfasst die Herstellung von Aluminiumblöcken von der Bauxitgewinnung über die Aluminiumoxidherstellung bis hin zur Herstellung der fertigen Aluminiumstäbe. Dies beinhaltet die Herstellung der Anoden und die Elektrolyse. Der Datensatz bezieht sich auf das Jahr 2015 und beruht auf den aktuellsten, veröffentlichten Erhebungen des europäischen Aluminiumverbandes (EAA). Für den aktuellen Primäraluminium-Datensatz wurde eine Repräsentativität von 84–93 % erreicht (EAA 2018). Die für die Auswertung der definierten Wirkungskategorien fehlenden Elementarflüsse wurden im Rahmen der Modellierung ergänzt.

Herstellung von Wellpappe und Karton-Trays

Für die Herstellung von Wellpappe und Wellpappenverpackungen wurden die von FEFCO veröffentlichten Datensätze (FEFCO/ Capi Container Board 2018) verwendet. Genauer gesagt wurden die Datensätze für die Herstellung von "Kraftlinern" (überwiegend auf Basis von Primärfasern), "Testlinern" und "Wellenstoff" (beide auf Basis von Recyclingfasern) sowie für Wellpappeverpackungen verwendet. Die Datensätze stellen gewichtete Durchschnittswerte von europäischen Standorten dar, die im FEFCO-Datensatz erfasst sind. Sie beziehen sich auf das Jahr 2017. Es wird davon ausgegangen, dass alle Wellpappen und Kartonschalen aus europäischer Produktion stammen.

Um die Stabilität zu gewährleisten, wird für die Wellpappschalen häufig ein Anteil an Frischfasern verwendet. Laut FEFCO/ Capi-Container-Board (2018) liegt dieser Anteil in Europa im Durchschnitt bei 12 %. In Ermangelung spezifischerer Informationen wurde diese Aufteilung auch für diese Studie verwendet.

2.5.2 Energiebereitstellung

Die Modellierung der Stromerzeugung ist insbesondere für die Rohstoffproduktion sowie für die Verarbeitungs-, Abfüll- und Recyclingprozesse relevant. Die Strombereitstellung wird mit länderspezifischen Netzstrommischen modelliert, da die Umweltwirkungen der Stromerzeugung je nach Stromerzeugungstechnologie stark variieren. Die länderspezifischen Strommische werden aus einem am ifeu gepflegten und jährlich aktualisierten Basisnetz für die Netzstrommodellierung abgeleitet, wie in (Fehrenbach et al. 2016) beschrieben. Es basiert auf den nationalen Strommixdaten der Internationalen Energieagentur (IEA). Bei den verwendeten länderspezifischen Strommengen handelt es sich somit um Erzeugungsmixe. Die IEA veröffentlicht keine Daten zu den Anteilen verschiedener Stromquellen (z.B. Kernenergie oder Erneuerbare Energien), so dass Stromimporte und -exporte in diesen Erzeugungsmixen nicht berücksichtigt werden können. Zu beachten ist, dass für keinen der Prozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette ein lieferantenspezifischer Strommix angesetzt wurde. Da diese bereits in den länderspezifischen Mixen enthalten sind, müssten für alle anderen Prozesse innerhalb der Systemgrenzen Reststrommische angesetzt werden. Dies ist für viele Prozesse, wie z.B. die Polymerherstellung, nicht möglich, da diese mit aggregierten Daten modelliert werden, die bereits Strominputs enthalten. Die Verwendung von lieferantenspezifischen Strommischen würde daher zu Doppelzählungen führen, die zu vermeiden sind. Wird jedoch z.B. Ökostrom vor Ort erzeugt, würde dies berücksichtigt.

2.5.3 Transporte

Der verwendete Datensatz basiert auf Standard-Emissionsdaten, die für die österreichischen, deutschen, französischen, norwegischen, schwedischen und schweizerischen Umweltämter im "Handbuch der Emissionsfaktoren" (Notter et al. 2019) zusammengestellt, validiert, extrapoliert und bewertet wurden. Das "Handbuch" ist eine Datenbankanwendung, die sich auf das Jahr 2017 bezieht und als Ergebnis den transportstreckenbezogenen Kraftstoffverbrauch und die Emissionen differenziert nach Lkw-Größenklassen und Straßenkategorien angibt. Die Daten basieren auf durchschnittlichen Flottenzusammensetzungen innerhalb verschiedener Lkw-Größenklassen. Die in dieser Studie verwendeten Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Jahr 2017. Ausgehend von den oben genannten Parametern - Lkw-Größenklasse und Straßenkategorie - wurden der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen in Abhängigkeit von der Transportlast und der Entfernung ermittelt. Für beladene Transporte wurde eine durchschnittliche Auslastung von 80 % angesetzt¹. Für die Rückfahrt wurde eine durchschnittliche Auslastung von 50 % angenommen. Die Auslastungsfaktoren und

¹ Ausnahme ist die Distribution, denn hier werden, wie in Kapitel 1.6.4. beschrieben, für jedes Verpackungssystem spezifische Auslastungsfaktoren ermittelt.

Leerfahrtenfaktoren basieren auf (EcoTransIT World 2016) und der Kommunikation mit der Logistikbranche.

2.5.4 MVA

Der für die Bilanzierung verwendete MVA-Prozess beschreibt die Verbrennung von Hausmüll bzw. hausmüllähnlichen Abfällen in einer Anlage neuerer Bauart vom Typ der Rostfeuerung mit einem hohen Standard der Abgasreinigung (Baujahr Anfang bis Mitte der 90er Jahre; Bsp.: MVA Mannheim, 4. Kessel, MVB Hamburg, MHKW Böblingen, MHKW Iserlohn). Basis der Bilanzierung sind dem ifeu vorliegende Betriebsdaten verschiedener neuer Anlagen. Überall dort, wo Kunststoffe oder Papier/ Karton verbrannt werden (MVA), ist für die Erteilung der Energiegutschriften und die Allokation der Emissionen die Angabe eines materialspezifischen Heizwertes notwendig. Die Berechnung erfolgt im Rahmen der vorliegenden Ökobilanz grundsätzlich auf Basis der unteren Heizwerte.

3 Ergebnisse der Wirkungsabschätzung

3.1 Ergebnisse der Bilanzierung der PET-Einwegflaschen der MEG

3.1.1 Nettoergebnisse

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse aller 44 bilanzierten PET-Einwegflaschen dokumentiert. Dargestellt sind numerische Ergebnisse in Form einer Tabelle. Die Ergebnisse umfassen den gesamten Systemraum gem. Kapitel 1.6.2 und reflektieren somit alle Umweltlasten sowie die allokierten Gutschriften¹.

Bezeichnung	1	1.1	1.2	2	2.1	2.2	3	3.1	3.2	4	4.1	4.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	CSD	CSD	CSD
Karbonisierungsgrad	mit CO2	mit CO2	mit CO2	Classic	Classic	Classic	Medium	Medium	Medium	mit CO2	mit CO2	mit CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung												
ressourcenbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut												
priorisierter KRA [kg KRA]	22,52	22,49	22,51	22,84	22,89	22,45	22,19	22,10	22,46	22,99	23,00	22,98
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	515,4	514,5	510,5	523,1	524,5	508,5	507,1	504,9	508,8	527,1	527,7	526,9
Naturfernepotenzial NFP [m2-e 1 a / m2]	0,330	0,330	0,318	0,331	0,331	0,318	0,328	0,328	0,318	0,332	0,328	0,328
Wasserverbrauch [m³]	0,261	0,260	0,259	0,264	0,264	0,259	0,257	0,256	0,259	0,265	0,265	0,265
emissionsbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut												
Klimawandel GWP total [kg CO2-Äquivalente]	33,15	33,09	33,04	33,70	33,80	32,90	32,56	32,40	32,92	33,99	34,03	33,97
Klimawandel GWP fossil [kg CO2-Äquivalente]	33,28	33,22	33,17	33,83	33,94	33,03	32,69	32,53	33,05	34,12	34,17	34,11
terrestrische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	5,845	5,834	5,840	5,942	5,961	5,810	5,738	5,711	5,813	5,997	6,007	5,993
aquatische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	4,364	4,358	4,235	4,412	4,419	4,230	4,315	4,300	4,232	4,431	4,431	4,431
Versauerung [kg SO2-Äquivalente]	0,060	0,060	0,060	0,061	0,061	0,060	0,059	0,058	0,060	0,061	0,062	0,061
Sommersmog [kg O3-Äquivalente]	0,773	0,772	0,770	0,786	0,788	0,766	0,760	0,756	0,766	0,793	0,794	0,792
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,036	0,036	0,037	0,037	0,037	0,037	0,035	0,035	0,037	0,038	0,038	0,038
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	1,262	1,260	1,250	1,280	1,284	1,243	1,242	1,237	1,243	1,291	1,294	1,290
Feinstaub PM2,5 [kg PM2,5- Äquivalente]	0,056	0,056	0,056	0,057	0,057	0,056	0,055	0,055	0,056	0,057	0,058	0,057

Abbildung 3.1 Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke

¹ Daher die Bezeichnung „Nettoergebnisse“: Umweltlasten + Gutschriften = Nettoergebnisse

Die Zusammenschau der Ergebnisse aller untersuchten 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke zeigt:

- Die Varianz in den Ergebnissen ist ausgesprochen gering. Viele Ergebnisse der ausgewerteten Wirkungskategorien sind bis zur zweiten Nachkommastelle identisch.
- Die Varianz zwischen den beiden Indikatoren der Wirkungskategorie Klimawandel (GWP total und GWP fossil) ist minimal, da nur wenig biobasiertes Material in den Verpackungssystemen eingesetzt wird.

Bezeichnung	5	5.1	5.2a	5.2b	6	6.1	6.2	7	7.1	7.2	8	8.1	8.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	CSD	CSD	CSD
Karbonisierungsgrad	mit CO2	mit CO2	mit CO2	mit CO3	Classic	Classic	Classic	Medium	Medium	Medium	mit CO2	mit CO2	mit CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung			9er Pack	6er Pack									
ressourcenbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut													
priorisierter KRA [kg KRA]	47,54	47,54	47,52	47,69	47,51	47,52	47,47	47,51	47,52	47,50	47,60	47,60	47,76
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	939,3	939,5	938,5	946,8	938,1	938,5	936,6	938,3	938,5	937,8	941,8	941,9	949,7
Naturfernepotenzial NFP [m2-e 1 a / m2]	0,628	0,628	0,627	0,628	0,627	0,627	0,627	0,627	0,627	0,627	0,628	0,628	0,628
Wasserverbrauch [m³]	0,510	0,510	0,510	0,512	0,510	0,510	0,510	0,510	0,510	0,510	0,510	0,510	0,512
emissionsbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut													
Klimawandel GWP total [kg CO2-Äquivalente]	62,12	62,14	62,06	62,51	62,03	62,06	61,92	62,05	62,06	62,01	62,31	62,32	62,74
Klimawandel GWP fossil [kg CO2-Äquivalente]	62,38	62,39	62,31	62,77	62,29	62,32	62,17	62,30	62,32	62,26	62,57	62,58	62,99
terrestrische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	10,89	10,89	10,87	10,94	10,87	10,87	10,84	10,87	10,87	10,86	10,93	10,94	10,99
aquatische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	7,588	7,588	7,588	7,698	7,588	7,588	7,588	7,588	7,588	7,588	7,588	7,588	7,698
Versauerung [kg SO2-Äquivalente]	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,114
Sommersmog [kg O3-Äquivalente]	1,419	1,420	1,417	1,428	1,417	1,418	1,413	1,417	1,418	1,416	1,425	1,425	1,434
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,271	2,272	2,267	2,290	2,266	2,268	2,259	2,267	2,267	2,264	2,283	2,284	2,304
Feinstaub PM2,5 [kg PM 2,5- Äquivalente]	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,106

Abbildung 3.2 Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke

Die Zusammenschau der Ergebnisse aller untersuchten 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke zeigt:

- Die grundsätzlichen Aussagen zur Varianz der Ergebnisse sind identisch zu den Aussagen der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke
- Auffällig ist, dass die Nettoergebnisse nahezu doppelt so hoch sind wie die der 1,5 l PET-Einwegflaschen. Erklärbar ist dieser Befund durch das Zusammenspiel von Füllvolumen und funktioneller Einheit. Da in dieser Studie die Ergebnisse auf die Bereitstellung von 1.000 l Getränke skaliert werden, braucht es im System der 0,5 l Flaschen deutlich mehr Gebinde und somit auch mehr Verschlüsse und mehr Sekundärverpackung, um die funktionelle Einheit zu erfüllen. Der Mehraufwand an

Verpackungsmaterial wird nicht vollständig durch die geringeren Gewichte der Verpackungskomponenten kompensiert.

- Bzgl. der untersuchten Variation in der Umverpackung (9er vs. 6er) lässt sich festhalten, dass die Ergebnisunterschiede minimal sind und im Rahmen der allgemein geringen Ergebnisvarianz nicht weiter auffallen.

Bezeichnung	9	9.1	9.2	10	10.1a	10.1b	10.2	11	11.1	11.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	NCSD	NCSD	NCSD
Karbonisierungsgrad	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2	still	still	still	still	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung						leichter				
ressourcenbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut										
priorisierter KRA [kg KRA]	22,18	22,15	22,10	22,12	22,07	21,84	22,18	22,58	22,58	22,59
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	501,6	500,7	495,2	499,7	498,8	492,9	496,6	518,5	518,4	518,7
Naturfernepotenzial NFP [m2-e 1 a / m2]	0,329	0,329	0,317	0,329	0,328	0,328	0,317	0,328	0,328	0,328
Wasserverbrauch [m³]	0,257	0,256	0,254	0,256	0,256	0,253	0,256	0,260	0,260	0,260
emissionsbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut										
Klimawandel GWP total [kg CO2-Äquivalente]	32,44	32,38	32,23	32,30	32,24	31,82	32,32	33,39	33,38	33,40
Klimawandel GWP fossil [kg CO2-Äquivalente]	32,58	32,51	32,36	32,44	32,37	31,96	32,45	33,52	33,51	33,54
terrestrische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	5,737	5,726	5,715	5,710	5,699	5,625	5,725	5,904	5,903	5,908
aquatische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	4,204	4,198	4,065	4,195	4,189	4,153	4,081	4,359	4,359	4,359
Versauerung [kg SO2-Äquivalente]	0,059	0,059	0,059	0,059	0,058	0,058	0,059	0,060	0,060	0,060
Sommersmog [kg O3-Äquivalente]	0,756	0,755	0,750	0,753	0,751	0,742	0,751	0,781	0,781	0,781
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,035	0,036	0,036	0,036	0,036
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	1,227	1,225	1,212	1,221	1,219	1,205	1,212	1,278	1,278	1,279
Feinstaub PM2,5 [kg PM 2,5- Äquivalente]	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,054	0,055	0,056	0,056	0,056

Abbildung 3.3 Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke

Die Zusammenschau der Ergebnisse aller untersuchten 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke zeigt das bereits bekannte Bild. Die Ergebnisse sind den 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke sehr ähnlich. Auch der separat untersuchte leichte Preform für die 1,5 l PET-Einwegflasche für stille Mineralwässer in der Vertriebsroute Lidl (SZ 10.1b) fügt sich in das Ergebnisbild und sticht nicht heraus.

Bezeichnung	12	12.1	12.2	13	13.1	13.2	14	14.1	14.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	NCSD	NCSD	NCSD
Karbonisierungsgrad	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2	still	still	still	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung									
ressourcenbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut									
priorisierter KRA [kg KRA]	46,31	46,06	47,35	45,59	45,24	47,16	47,57	47,54	47,78
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	909,3	903,1	935,0	891,6	883,2	929,4	940,5	939,5	950,5
Naturfernepotenzial NFP [m2-e 1 a / m2]	0,622	0,621	0,627	0,619	0,618	0,626	0,628	0,628	0,628
Wasserverbrauch [m³]	0,499	0,496	0,508	0,492	0,488	0,507	0,510	0,510	0,512
emissionsbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut									
Klimawandel GWP total [kg CO2-Äquivalente]	59,96	59,52	61,81	58,69	58,08	61,40	62,22	62,14	62,80
Klimawandel GWP fossil [kg CO2-Äquivalente]	60,22	59,77	62,07	58,95	58,34	61,66	62,47	62,39	63,05
terrestrische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	10,50	10,42	10,84	10,27	10,16	10,75	10,91	10,89	11,00
aquatische Eutrophierung [g PO4-Äquivalente]	7,424	7,391	7,563	7,330	7,281	7,544	7,588	7,588	7,698
Versauerung [kg SO2-Äquivalente]	0,109	0,108	0,113	0,106	0,105	0,112	0,113	0,113	0,114
Sommersmog [kg O3-Äquivalente]	1,370	1,360	1,412	1,341	1,328	1,402	1,422	1,420	1,436
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,060	0,060	0,063	0,058	0,057	0,063	0,064	0,064	0,064
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,199	2,184	2,262	2,156	2,137	2,243	2,277	2,272	2,307
Feinstaub PM2,5 [kg PM 2,5- Äquivalente]	0,101	0,100	0,104	0,099	0,098	0,104	0,105	0,105	0,106

Abbildung 3.4 Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke

Auch die Zusammenschau der Ergebnisse aller untersuchten 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke zeigt das bereits bekannte Bild. Die Ergebnisse von SZ 14.2 zeigen in vielen Wirkungskategorien die höchsten Beiträge (+4 % gegenüber dem Durchschnitt), was darauf zurückzuführen ist, dass dieses Gebinde die einzige 0,5 l PET-Einwegflasche im Untersuchungsfeld ist, deren Distributionsdistanz größer 300 km ist.

3.1.2 Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) differenziert nach Lebenswegabschnitten

Ebenso interessant wie das Summenergebnis der Bilanzierung ist der Blick darauf, welche Lebenswegabschnitte und Einzelparameter die Bilanzergebnisse bestimmen. Dafür werden die Ergebnisse sektoral aufgelöst. In der grafischen Darstellung werden potenzielle Umweltlasten auf der positiven Skala abgetragen. Allozierbare Sekundärnutzen bspw. durch den Ersatz primärer Energieträger und Materialien durch thermische oder werkstoffliche Verwertungsprozesse werden in Form von Gutschriften auf der

negativen Skala abgetragen. Die Saldierung von potenziellen Umweltlasten und Gutschriften ergibt das Nettoergebnis (weiße Raute im Stapelbalken + weißes Feld mit Nettoergebnis). Es werden nur die Ergebnisse der Hauptvarianten der einzelnen Getränke – differenziert nach Füllgröße und Grad der Karbonisierung – gezeigt.

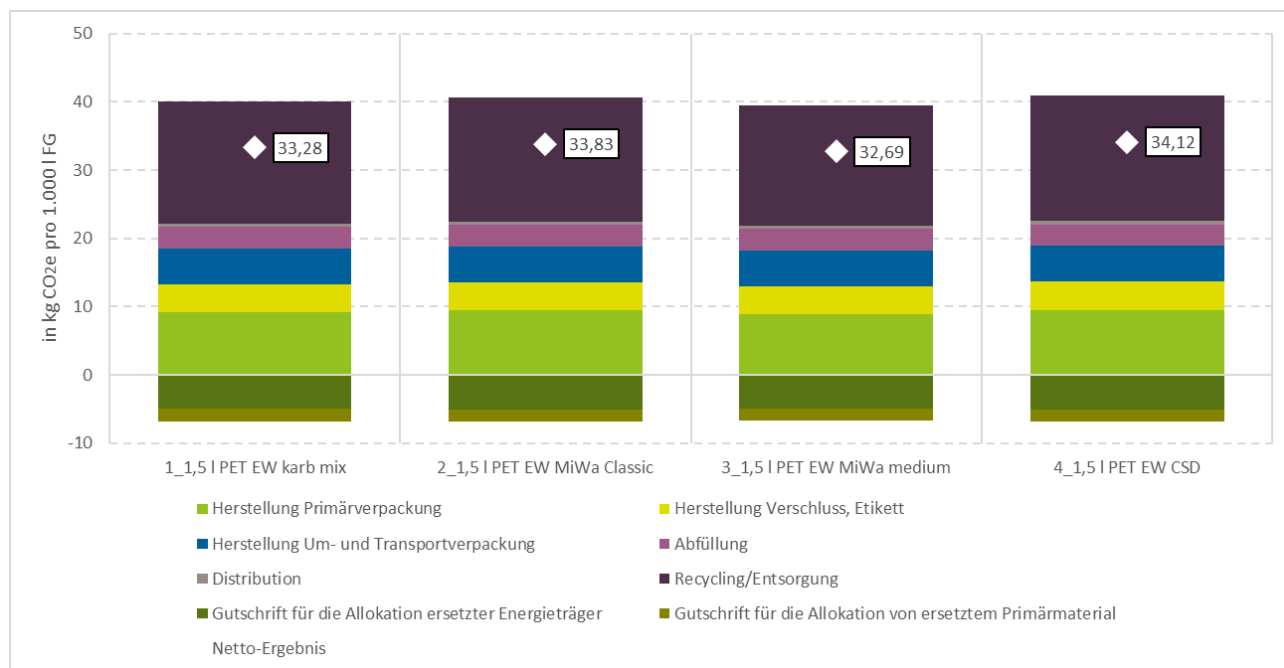


Abbildung 3.5 Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)

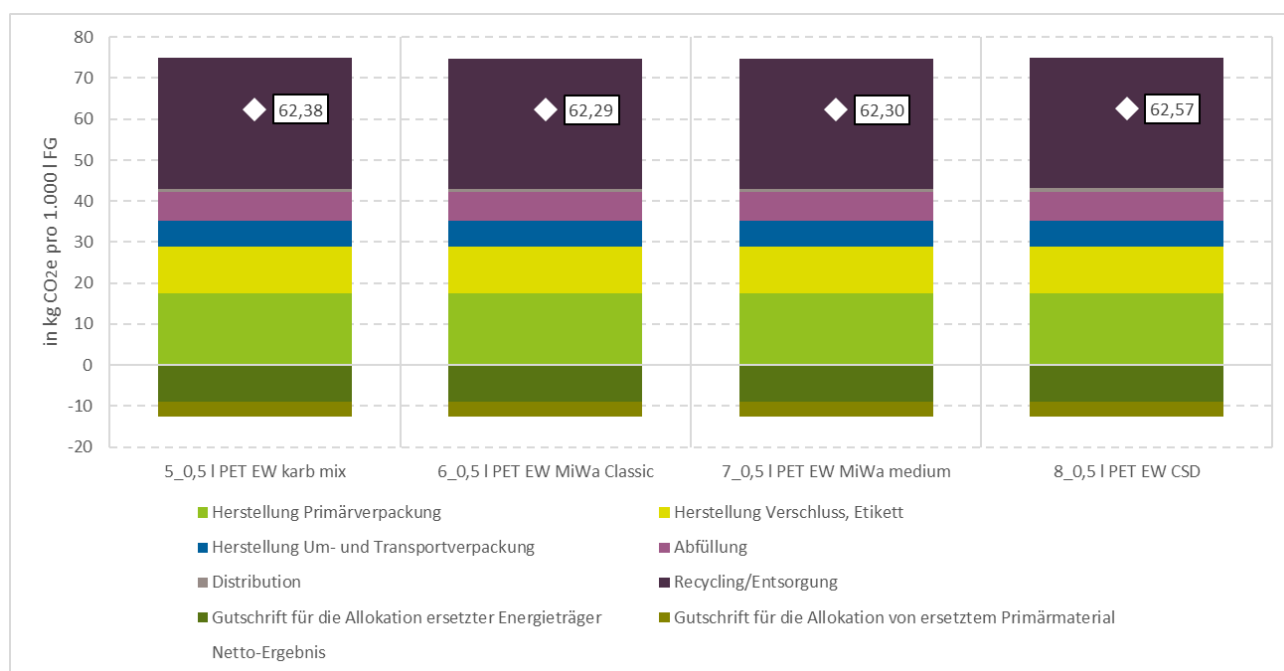


Abbildung 3.6 Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)

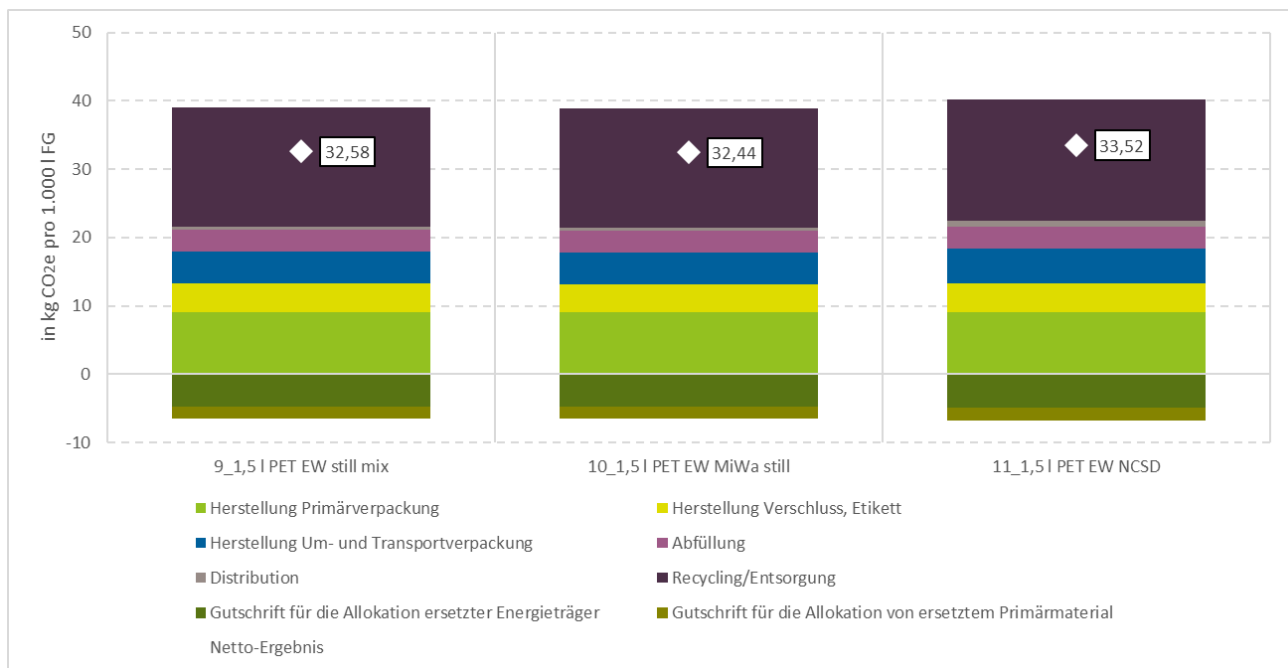


Abbildung 3.7 Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)

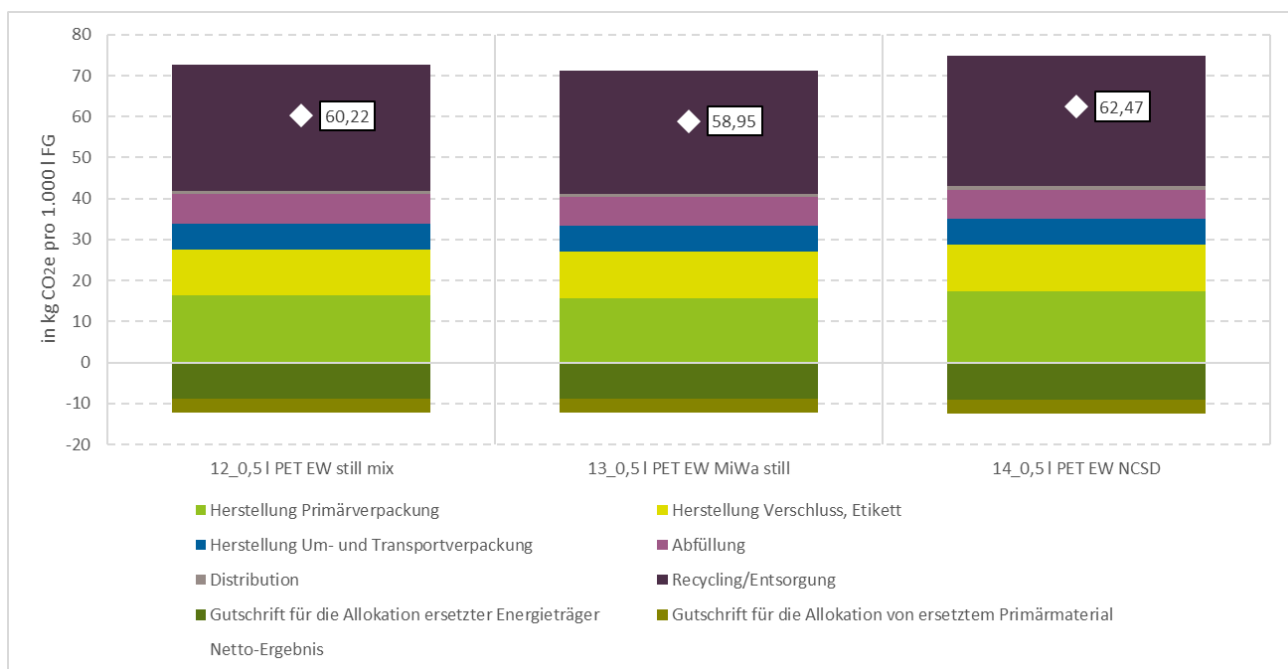


Abbildung 3.8 Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der bilanzierten Systeme der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke (gew. Mix aus Lidl und Kaufland)

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte – sortiert nach Relevanz – sind:

- **Recycling und Entsorgung (dunkellila Sektor):**

Hier sind alle Prozesse der Erfassung, Sortierung und Aufbereitung aller Komponenten des Verpackungssystems subsumiert. Wesentlich sind die Beiträge aus der Energiebereitstellung für das PET-Recycling sowie die im Rahmen der Allokation angelasteten Emissionen aus der finalen Entsorgung. Die Beiträge werden von der Masse der Verpackungsmaterialien und den Prozessdaten des PET-Recyclings bestimmt.

- **Herstellung Primärverpackung (hellgrüner Sektor):**

In diesem Lebenswegabschnitt sind die Produktion des primären PET, die Preformproduktion und der Streckblasprozess inkludiert.

In der hier vorliegenden Bilanz der PET-Einwegflaschen der MEG werden die Beiträge in diesem Lebenswegabschnitt im Wesentlichen durch den Energiebedarf der Preformproduktion und der Streckblasprozesse bestimmt. Umweltlasten für die Produktion von primärem PET entfallen, da alle untersuchten PET-Einwegflaschen aus 100% rPET bestehen. Gemäß den Festlegungen zur Systemallokation tragen die Systeme eine Lastschrift für die Aufnahme von PET-Rezyklaten aus dem open loop. In dieser Lastschrift wird die Produktion von primärem PET und die Aufbereitung von Produkten aus primärem PET zu PET-Rezyklaten bilanziert und anteilig dem Flaschensystem zugerechnet (vgl. Kapitel 1.6.4. 2 und Abbildung 1.4).

- **Herstellung Verschluss und Etikett (gelber Sektor):**

Neben den Umweltlasten, die mit dem Energieverbrauch der Verarbeitung in Verbindung stehen, sind in diesem Lebenswegabschnitt auch die Umweltlasten der Primärmaterialproduktion für Verschlüsse und Etiketten subsumiert. Bestimmend für diesen Lebenswegabschnitt sind die Gewichte der Verschlüsse und Etiketten, der mögliche Rezyklatanteil und die Prozessdaten der Packmittelproduktion.

- **Abfüllung (lila Sektor):**

Hier sind die Prozesse der Getränkeabfüllung sowie die Applikation der Um- und Transportverpackung zusammengefasst. Wesentlich für die Beiträge sind die Energieverbräuche. Insbesondere die Schrumpftunnel sind ursächlich für 30 % bis 50 % der Umweltlasten.

- **Gutschrift für die Allokation ersetzter Energieträger (dunkelgrüner Sektor – negativ):**

Die zurückgewonnene Energie der thermischen Verwertungsprozesse ersetzt primäre Energieträger in einem anderen System. Dieser Verwertungsnutzen wird dem System in Form einer Gutschrift angerechnet. Neben der Gutschrift für alle Verpackungsbestandteile, die direkt einer thermischen Verwertung zugeführt werden, gibt es auch noch eine weitere Gutschrift für die Anrechnung der thermischen Verwertung der Materialmengen, für die zunächst eine open-loop-Materialgutschrift erzielt wurde. Im Sinne der konsequenten Auslegung der Allokationsmethode trägt das hier betrachtete System auch die Lasten der finalen Entsorgung und profitiert somit auch von dem finalen Verwertungsnutzen.

- **Herstellung der Um- und Transportverpackung (blauer Sektor):**

Ähnlich dem Lebenswegabschnitt Verschluss und Etiketten sind neben den Umweltlasten, die mit dem Energieverbrauch der Verarbeitung in Verbindung stehen, in diesem Lebenswegabschnitt auch die Umweltlasten der Primärmaterialproduktion für die Transportverpackungen (Paletten und Folien) subsumiert. Bestimmend für diesen Lebenswegabschnitt sind die Gewichte der Umverpackungen, der mögliche Rezyklatanteil sowie die Umlaufhäufigkeit der Paletten und die Prozessdaten der Packmittelproduktion.

- **Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial (olivgrüner Sektor):**

Alle Verpackungsbestandteile, die werkstofflich verwertet werden, aber deren Zielprodukte nicht im betrachteten System eingesetzt werden können (bspw. Sekundärrohstoffe aus Verschlüssen, Etiketten und Folien), erzielen Gutschriften für den Verwertungsnutzen. Diese sind hier subsumiert. Die Bedeutung dieses Lebenswegabschnittes ist gering. Maßgeblich für die Höhe der Gutschrift ist nur die Masse an Verpackungsbestandteilen aus Polyolefinen in der werkstofflichen Verwertung.

- **Distribution (grauer Sektor):**

Der Lebenswegabschnitt Distribution ist in der grafischen Aufbereitung der Ergebnisse kaum zu sehen, da die Gesamtumweltlasten der Distribution zwischen dem Getränk und der Verpackung anhand ihrer spezifischen Anteile an der jeweiligen LKW-Auslastung allokiert werden. Da die PET-Einweggebinde bei reduziertem Materialeinsatz viel Füllgut transportieren können, verbleibt nur ein geringer Anteil der Umweltlasten der Getränkedistribution im Bilanzraum der Verpackung. Wesentlich für die Höhe der Umweltlasten in diesem Lebenswegabschnitt ist die Distributionsentfernung sowie die Emissionsklasse der genutzten Verkehrsträger.

Grundsätzlich sind in der Dominanzanalyse keine wesentlichen Unterschiede zwischen 1,5 l PET-Einwegflaschen und 0,5 l PET-Einwegflaschen ersichtlich. Auffällig ist, dass die Umweltlasten im Zusammenhang mit der Produktion der Verschlüsse und Etiketten im System der 0,5 l Gebinde eine deutlich größere Rolle spielen als im System der 1,5 l Gebinde. Dies liegt darin begründet, dass Gewichtsunterschiede bei Verschluss und Etikett zwischen den beiden Systemen minimal sind, dass 0,5 l-System aber aufgrund der Skalierung auf die funktionelle Einheit (1.000 l Getränke) einen dreifachen Bedarf an Verschlüssen und Etiketten hat.

3.1.3 Zwischenfazit

Die geringe Varianz in den Verpackungsspezifikationen führt zu einem Bild, in dem die Ergebnisse aller untersuchten Verpackungen sehr ähnlich ausfallen. Die innerhalb der abgebildeten Systeme unterschiedlichen Distributionsentfernungen führen zu keinen signifikanten Ergebnisunterschieden; die Relevanz des Lebenswegabschnittes "Distribution" auf die Gesamtergebnisse der bilanzierten Systeme ist sehr gering.

Für die weitere Verarbeitung der Ergebnisse der PET-Einwegflaschen der MEG lässt sich daher festhalten:

- 0,5 l PET-Einwegflaschen zeigen in allen Wirkungskategorien nahezu doppelt so hohe Beiträge wie 1,5 l PET-Einwegflaschen.
- Die Streuung der Ergebnisse innerhalb einer Füllgrößengruppe ist gering.
- Eine eindeutige Aussage bezüglich einer ökobilanziellen Positionierung auf Basis der Differenzierung der Vertriebswege (Lidl oder Kaufland) ist nicht möglich.
- Die wesentlichen Beiträge der Gebinde entstammen den Lebenswegabschnitten Recycling und Entsorgung und Herstellung der Verpackungskomponenten.

3.2 Ergebnisse der Neuberechnung der Glas- und PET-Mehrwegflaschen der GDB

3.2.1 Nettoergebnisse

Die Ergebnisse der bilanzierten Mehrwegflaschen werden äquivalent zu den Ergebnissen der PET-Einwegflaschen numerisch als Nettoergebnisse für alle untersuchten Wirkungskategorien dargestellt.

Da die beiden Systeme völlig unterschiedliche Gebinde abbilden, unterscheiden sich die Ergebnisse erheblich. Die 0,7 l Glas-Mehrwegflasche zeigt mit Ausnahme der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung und des stratosphärischen Ozonabbaus immer höhere Ergebnisse als die 1,0 l PET-Mehrwegflasche.

Bezeichnung	1,0 l PET MW	0,7 l Glas MW
Bemerkung	GDB	GDB
ressourcenbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut		
priorisierter KRA [kg KRA]	31,15	35,67
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	666,9	915,7
Naturfernepotenzial NFP [m ² -e 1 a / m ²]	0,141	0,351
Wasserverbrauch [m ³]	0,627	1,163
emissionsbezogene Wirkungskategorien - Ergebnisse pro 1.000 l Füllgut		
Klimawandel GWP total [kg CO ₂ -Äquivalente]	39,66	58,33
Klimawandel GWP fossil [kg CO ₂ -Äquivalente]	40,76	61,86
terrestrische Eutrophierung [g PO ₄ -Äquivalente]	7,506	13,90
aquatische Eutrophierung [g PO ₄ -Äquivalente]	9,911	5,034
Versauerung [kg SO ₂ -Äquivalente]	0,072	0,128
Sommersmog [kg O ₃ -Äquivalente]	0,985	1,778
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,039	0,036
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,306	2,316
Feinstaub PM _{2,5} [kg PM _{2,5} - Äquivalente]	0,071	0,129

Abbildung 3.9 Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien der bilanzierten Systeme 1,0 l PET MW und 0,7 l Glas Mehrwegflaschen

3.2.2 Ergebnisse der Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) differenziert nach Lebenswegabschnitten

Auch die Ergebnisse der Mehrwegflaschen werden für die Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) nach Lebenswegabschnitten aufgelöst.

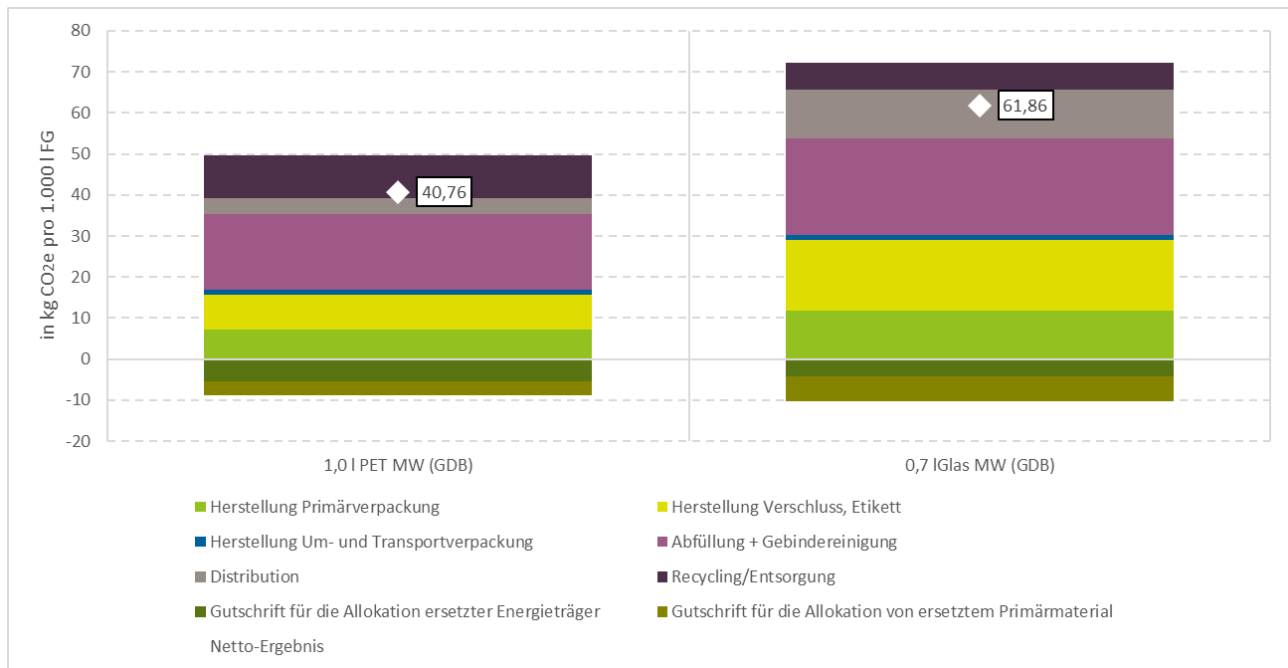


Abbildung 3.10 Ergebnisse GWP fossil aufgelöst nach Lebenswegabschnitten der balanzierten Systeme der 1,0 l PET-Mehrweg und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte – sortiert nach Relevanz – sind:

- **Abfüllung und Gebindereinigung (lila Sektor)**

Hier ist vor allem der thermische Energiebedarf für die Gebindereinigung maßgeblich für die Höhe der Beiträge.

- **Distribution (grauer Sektor)**

Die Beiträge der Distribution werden bestimmt durch die Verbrennung des Treibstoffs (Diesel) in den LKWs. Der Lebenswegabschnitt hat bei den Mehrwegflaschen eine besondere Bedeutung, da die leeren Flaschen zum Abfüller zurücktransportiert werden müssen, wobei der Transport der leeren Flaschen deutlich weniger Beiträge verursacht als der Transport der vollen Flaschen. Die Distribution hat für die Glas-Mehrwegflaschen eine besondere Bedeutung, da aufgrund des deutlich höheren Verpackungsgewichts höhere Beiträge generiert werden (vgl. Kap. 1.6.4.3).

- **Herstellung Verschluss und Etikett (gelber Sektor)**

Neben den Umweltlasten, die mit dem Energieverbrauch der Verarbeitung in Verbindung stehen, sind in diesem Lebenswegabschnitt auch die Umweltlasten der Primärmaterialproduktion für Verschlüsse und Etiketten subsumiert. Die Glas-Mehrwegflaschen generieren höhere Beiträge, da a) mehr Verschlüsse benötigt werden¹

¹ Zur Erfüllung der funktionellen Einheit von 1.000 l Getränk bedarf es 1.428,6 Flaschen der Füllgröße 0,7 l und somit auch entsprechend mehr Verschlüsse.

und b) die Verschlüsse aus Aluminium höhere Beiträge verursachen als die Verschlüsse aus HDPE.

- **Herstellung Primärverpackung (grüner Sektor) sowie Recycling und Entsorgung (dunkellila Sektor)**

Die Lebenswegabschnitte Herstellung der Verpackung und Verwertung der Verpackung können zusammen betrachtet werden, da beide stark vom Material und von der Umlaufzahl beeinflusst werden. Im Vergleich Glas vs. PET ist eine Besonderheit zu beachten: die Beiträge des PET-Recyclings werden im Lebenswegabschnitt Recycling und Entsorgung gewertet, die Beiträge des Glas-Recyclings jedoch im Lebenswegabschnitt Herstellung Primärverpackung. Glas-Recycling ist ein immanenter Bestandteil der Produktion von Behälterglas für Lebensmittel und wird daher im Rahmen des Prozesses „Glashütte“ abgebildet. PET-Recycling hingegen ist ein klassischer Verwertungsprozess, der (in der Regel) losgelöst von den Prozessen der PET-Herstellung oder der PET-Flaschenherstellung stattfindet. Der Beitrag dieser Lebenswegabschnitte ist gering, da aufgrund der wiederholten Nutzung der Flaschenkörper im System nur der Nachspeisebedarf an Material zum Ausgleich der Flaschenverluste bilanziert wird.

- **Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial und ersetzten Energieträgern (dunkelgrüner + olivgrüner Sektor)**

Die Systematik hinter den Gutschriften ist identisch zur Bilanzierung der PET-Einwegflaschen. Unterschiede bestehen hinsichtlich Art und Menge der gutgeschriebenen Materialien. Zu beachten ist, dass Glas inert ist, keinen Brennwert hat und somit auch keine Gutschriften für ersetzte Energieträger erzielen kann. Die Höhe der Gutschriften ist gering, da aufgrund der wiederholten Nutzung der Flaschenkörper im System nur die Materialverluste bilanziert werden.

- **Herstellung Um- und Transportverpackung (blauer Sektor)**

Der Beitrag der Um- und Transportverpackung ist gering, da Kasten und Palette Mehrwegprodukte mit hohen Umlaufhäufigkeiten sind. Die Beiträge resultieren primär aus den Aufwendungen zur Herstellung der PP-Bänder und des Bedarfs an neuen Paletten zum Ausgleich der Verluste.

3.2.3 Zwischenfazit

Die Nettoergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche. So generiert das System Glas-Mehrweg in nahezu allen untersuchten Wirkungskategorien höhere Beiträge als das System PET-Mehrweg. Für die weitere Verarbeitung der Ergebnisse soll der Blick auf die ergebnisbestimmenden Faktoren der beiden Systeme gerichtet werden:

- Die Beiträge des Lebenswegabschnittes Abfüllung und Gebindereinigung sind für beide Systeme von großer Relevanz – besonders für die 0,7 l Glas-Mehrwegflasche.

- Im Falle der Glas-Mehrwegflaschen sind auch die Lasten der Distribution ein wesentlicher Treiber der Ergebnisse.
- Die Produktion und Verwertung der Flaschen spielen aufgrund der angenommenen Umlaufhäufigkeiten der Flaschen nur eine untergeordnete Rolle, deutlich relevanter sind die Aufwendungen für die Produktion und Verwertung der Einwegkomponenten in den Systemen (hier insbesondere die Verschlüsse).

4 Auswertung

Die Auswertung der Ergebnisse muss gemäß der ISO-Norm die folgenden Bestandteile enthalten:

- Identifizierung der signifikanten Parameter
- Beurteilung der Ergebnisse durch Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfung
- Ableitung von Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen

Die Identifikation signifikanter Parameter findet in Kapitel 4.1 statt, indem die im Rahmen der Ergebnisbeschreibung aufgenommen Aspekte verpackungssystemspezifisch zusammengestellt werden. Die Beurteilung der Ergebnisse in Reflexion der Forschungsfragen der Ziel- und Rahmendefinition ist Teil des Kapitels 4.2. Die Ableitung von Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen ist Bestandteil des Kapitels 4.3, das als kondensiertes Fazit der Studie erstellt wird.

4.1 Identifikation und Beurteilung signifikanter Parameter

Die Identifikation der signifikanten Parameter ergibt sich aus der Ergebnisbeschreibung. Die wesentlichen Umweltlasten der Systeme entstehen in den Lebenswegabschnitten, in denen die Prozesse bilanziert werden, die der Wiederverwendung des Materials bzw. der Gebinde dienen.

- Bei den Einweg-Systemen sind dies vor allem der Lebenswegabschnitt Recycling, in dem das PET-Recycling bilanziert wird, sowie der Lebenswegabschnitt Herstellung der Primärverpackung, in dem die Produktion der Gebinde aus den PET-Rezyklaten bilanziert wird.
- Bei den Mehrweg-Systemen sind es die Prozesse der Gebinderückführung, die im Lebenswegabschnitt Distribution bilanziert werden und die Prozesse der Gebindereinigung, die im Lebenswegabschnitt Abfüllung und Gebindereinigung bilanziert werden.

Von hoher Relevanz für die Ergebnisse sind daher die Systemparameter Rezyklateinsatz (Einweg) sowie Umlaufhäufigkeit und Distributionsdistanz (Mehrweg) sowie die Vordergrunddaten zum PET-Recycling, zur Preformproduktion und zum Streckblasprozess (Einweg) sowie zur Gebindereinigung (Mehrweg).

Hinsichtlich der Systemparameter kann festgehalten werden:

- Die Festlegung, dass alle in dieser Studie bilanzierten PET-Einwegflaschen vollständig aus rPET hergestellt werden, ist das Ergebnis der Primärdatenerhebung bei der MEG. Die Daten sind nachvollziehbar belegt und gelten als sehr valide.
- Die Distributionsentfernungen und Umlaufzahlen der Mehrweggebinde sind der Deloitte-Studie aus dem Jahr 2013 entnommen. Im Rahmen dieser Studie wurden stichprobenartige Primärdaten erhoben und auf den Gesamtmarkt hochgerechnet. Die Daten sind breit akzeptiert und gelten als valide.

Hinsichtlich der Prozessdaten kann festgehalten werden:

- Die Daten zum PET-Recycling entsprechen dem deutschen Durchschnitt. Die Daten wurden im Rahmen von Primärdatenerhebungen gewonnen und sind sehr valide. Die Daten bilden nicht exakt die Prozesse der PET-Recyclinganlagen der MEG ab, diese sind aber zum Teil in den Datensatz integriert (PET-Recyclinganlage in Neuen-salz). Die Anlagen der MEG in Übach-Palenberg sind neuer und aufgrund des höheren Materialdurchsatzes auch effizienter. Die Nutzung des durchschnittlichen Datensatzes ist daher eine konservative Annahme.
- Die Daten zur Produktion der PET-Einwegflaschen (Preform und Streckblasmaschine) wurden für diese Studie neu in den Werken der MEG erhoben. Die Daten wurden anhand vorliegender Datenerhebungen plausibilisiert und werden als valide angesehen. Die Energieverbräuche fügen sich in das bereits aus den Bestandsdaten bekannte Bild.
- Die Daten zur Abbildung der Abfüllung und Gebindereinigung beruhen auf einer in den Jahren 2005 bis 2020 erfolgten (Neu)Zusammenstellung technischer Daten und Expertisen. Der Datensatz wurde exklusiv für die Nutzung in vergleichenden Ökobilanzen generiert. Alle mit dem Füllgut in Verbindung stehenden Prozesse wurden extrahiert. Die Daten sind sehr valide und passgenau für den Untersuchungsgegenstand.

Es zeigt sich, dass die Annahmen und Daten mit hoher Relevanz für die Ergebnisse aller untersuchten Systeme eine hohe Datenqualität erreichen und ausgesprochen passgenau sind. Wenn es nicht spezifisch erhobene Primärdaten sind, so wurde bei der Auswahl darauf geachtet, dass die Daten konservativ im Sinne eines Vergleichs angewendet werden¹. Die im Rahmen der Studie genutzten Prozessdaten werden ebenso wie die Annahmen zu den Umlaufhäufigkeiten und den Distributionsprozessen der Mehrwegflaschen auch im Rahmen des aktuellen UBA-Vorhabens „Ökobilanzielle

¹ Konservativ im Sinne eines Vergleichs bedeutet hier, dass alle nicht spezifisch passenden Daten zur Beschreibung von Prozessen in Systemen der MEG tendenziell überschätzt werden (bspw. PET-Recycling) und alle nicht spezifisch passenden Daten zur Beschreibung von Prozessen in den Mehrwegsystemen tendenziell unterschätzt werden.

Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0) verwendet.

4.2 Vergleich ausgewählter Ergebnisse

Wie in Kapitel 1.2 beschrieben, wird die ökobilanzielle Bewertung der PET-Einweggebinde der MEG im Rahmen dieser Studie anhand der folgenden Forschungsfragen untersucht:

- Wie ist das aktuelle ökobilanzielle Profil der PET-Einweggebinde der MEG unter Berücksichtigung der methodischen Anforderungen der UBA-Mindestanforderungen?
- Welche Informationen liegen vor, um das ökobilanzielle Profil der in der GDB 2008 und IK 2010 als Referenzsysteme für den Vergleich der untersuchten Glas- und PET-Mehrweggebinde inhaltlich und methodisch zu aktualisieren?
- Wie stellt sich der Vergleich der PET-Einweggebinde der MEG mit den aktualisierten Referenzsystemen aus der GDB 2008 und IK 2010 Ökobilanz dar?

4.2.1 Ökobilanzielles Profil der PET-Einweggebinde der MEG

Die Beschreibung der Ergebnisse der PET-Einwegflaschen der MEG in Kapitel 3.1 hat bereits gezeigt, dass die Varianz der Ergebnisse gering ist. An dieser Stelle soll daher noch einmal ein detaillierter Blick auf die Streuung der Ergebnisse gelenkt werden.

Die nachfolgenden vier Abbildungen zeigen die Streuung der Ergebnisse. Unterteilt werden die vier Hauptgruppen, die entlang der Differenzierungsmerkmale Füllgröße (1,5 l und 0,5 l) und Grad der Karbonisierung (mit Kohlensäure und still) gebildet werden. Dafür wird über die jeweiligen Ergebnisse der unterschiedlichen bilanzierten PET-Einwegflasche für jede Wirkungskategorie ein numerischer Durchschnitt gebildet und das spezifische Ergebnis dazu ins Verhältnis gesetzt. Im Ergebnis ergeben sich Prozentwerte, die sich um den Wert von 100 % (repräsentiert den gebildeten Durchschnitt) bewegen. Werte unter 100 % geben an, dass die bilanzierten PET-Einwegflaschen niedrigere Nettoergebnisse aufweisen als der gebildete Durchschnitt, Werte über 100 % geben an, dass die bilanzierten PET-Einwegflaschen höhere Nettoergebnisse aufweisen als der gebildete Durchschnitt. Zur besseren Visualisierung werden die oberen und die unteren 10 % jeweils grafisch hervorgehoben (grün = die niedrigsten Ergebnisse, rot = die höchsten Ergebnisse).

Bezeichnung	1	1.1	1.2	2	2.1	2.2	3	3.1	3.2	4	4.1	4.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	CSD	CSD	CSD
Karbonisierungsgrad	mit CO2	mit CO2	mit CO2	Classic	Classic	Classic	Medium	Medium	Medium	mit CO2	mit CO2	mit CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung												
priorisierter KRA	99,6%	99,4%	99,5%	101,0%	101,2%	99,2%	98,1%	97,7%	99,3%	101,6%	101,7%	101,6%
KEA n.E.	99,8%	99,6%	98,8%	101,3%	101,5%	98,4%	98,2%	97,7%	98,5%	102,0%	102,1%	102,0%
Naturfernepotenzial NFP	101,0%	100,9%	97,4%	101,4%	101,4%	97,3%	100,6%	100,4%	97,3%	101,6%	100,4%	100,4%
Wasserverbrauch	99,8%	99,6%	99,1%	101,1%	101,2%	99,0%	98,5%	98,1%	99,0%	101,6%	101,6%	101,6%
Klimawandel GWP total	99,6%	99,4%	99,2%	101,2%	101,5%	98,8%	97,8%	97,3%	98,9%	102,1%	102,2%	102,0%
Klimawandel GWP fossil	99,6%	99,4%	99,2%	101,2%	101,5%	98,8%	97,8%	97,3%	98,9%	102,1%	102,2%	102,0%
terrestrische Eutrophierung	99,5%	99,3%	99,4%	101,1%	101,5%	98,9%	97,7%	97,2%	99,0%	102,1%	102,3%	102,0%
aquatische Eutrophierung	100,4%	100,3%	97,4%	101,5%	101,7%	97,3%	99,3%	98,9%	97,4%	101,9%	101,9%	101,9%
Versauerung	99,4%	99,2%	99,7%	101,1%	101,5%	99,2%	97,5%	97,0%	99,3%	102,0%	102,2%	102,0%
Sommersmog	99,6%	99,4%	99,1%	101,2%	101,5%	98,6%	97,9%	97,4%	98,7%	102,1%	102,3%	102,0%
Stratosphärischer Ozonabbau	98,8%	98,5%	100,4%	101,4%	101,8%	99,9%	96,1%	95,3%	100,0%	102,6%	102,7%	102,5%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	99,8%	99,6%	98,8%	101,2%	101,5%	98,3%	98,2%	97,8%	98,3%	102,1%	102,3%	102,0%
Feinstaub PM2,5	99,4%	99,2%	99,5%	101,1%	101,5%	99,1%	97,6%	97,1%	99,1%	102,1%	102,2%	102,0%

Abbildung 4.1 Streuung der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke

Die Ergebnisse der Bilanzierung der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke zeigen eine geringe Streuung von maximal 3 % über und unter dem Mittelwert. Die PET-Einwegflaschen für karbonisierte Erfrischungsgetränke zeigen im Vergleichsfeld die höchsten Ergebnisse, denn sie wurden mit den höchsten Flaschengewichten bilanziert, da hier eine Zuordnung der Preformgewichte zu den Abfüllmengen nicht möglich war und daher im Sinne einer konservativen Parametrisierung nur die höchsten Preformgewichte Berücksichtigung fanden.

Bezeichnung	5	5.1	5.2a	5.2b	6	6.1	6.2	7	7.1	7.2	8	8.1	8.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	CSD	CSD	CSD
Karbonisierungsgrad	mit CO2	mit CO2	mit CO2	mit CO3	Classic	Classic	Classic	Medium	Medium	Medium	mit CO2	mit CO2	mit CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung			9er Pack	6er Pack									
priorisierter KRA	100,0%	100,0%	99,9%	100,3%	99,9%	99,9%	99,8%	99,9%	99,9%	99,9%	100,1%	100,1%	100,4%
KEA n.E.	99,9%	99,9%	99,8%	100,7%	99,8%	99,8%	99,6%	99,8%	99,8%	99,7%	100,1%	100,2%	101,0%
Naturfernepotenzial NFP	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,1%	100,1%	100,1%
Wasserverbrauch	99,9%	99,9%	99,9%	100,3%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	100,3%
Klimawandel GWP total	99,9%	99,9%	99,8%	100,5%	99,8%	99,8%	99,6%	99,8%	99,8%	99,7%	100,2%	100,2%	100,9%
Klimawandel GWP fossil	99,9%	99,9%	99,8%	100,5%	99,8%	99,8%	99,6%	99,8%	99,8%	99,7%	100,2%	100,2%	100,9%
terrestrische Eutrophierung	99,9%	100,0%	99,8%	100,4%	99,7%	99,8%	99,5%	99,8%	99,8%	99,7%	100,4%	100,4%	100,9%
aquatische Eutrophierung	99,8%	99,8%	99,8%	101,2%	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	101,2%
Versauerung	100,0%	100,0%	99,9%	100,3%	99,8%	99,9%	99,6%	99,8%	99,9%	99,8%	100,3%	100,3%	100,6%
Sommersmog	99,9%	99,9%	99,8%	100,5%	99,7%	99,8%	99,5%	99,8%	99,8%	99,7%	100,3%	100,3%	101,0%
Stratosphärischer Ozonabbau	100,0%	100,0%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,7%	99,9%	99,9%	99,9%	100,3%	100,3%	100,2%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	99,9%	99,9%	99,7%	100,7%	99,6%	99,7%	99,3%	99,7%	99,7%	99,6%	100,4%	100,4%	101,3%
Feinstaub PM2,5	99,9%	100,0%	99,8%	100,3%	99,8%	99,8%	99,6%	99,8%	99,8%	99,7%	100,3%	100,3%	100,7%

Abbildung 4.2 Streuung der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke

Die Ergebnisse der Bilanzierung der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke zeigen eine im Vergleich mit den großen Gebinden etwas geringere Ergebnisstreuung von maximal 1 % über und unter dem Mittelwert, die wiederum die Varianz der Verpackungsgewichte reflektiert.

Bezeichnung	9	9.1	9.2	10	10.1a	10.1b	10.2	11	11.1	11.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	MiWa	NCSD	NCSD	NCSD
Karbonisierungsgrad	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2	still	still	still	still	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung						leichter				
priorisierter KRA	99,7%	99,6%	99,4%	99,4%	99,3%	98,2%	99,7%	101,5%	101,5%	101,6%
KEA n.E.	99,5%	99,3%	98,2%	99,1%	98,9%	97,8%	98,5%	102,9%	102,8%	102,9%
Naturfernepotenzial NFP	100,9%	100,9%	97,2%	100,8%	100,8%	100,5%	97,3%	100,8%	100,5%	100,5%
Wasserverbrauch	99,9%	99,8%	99,0%	99,7%	99,5%	98,6%	99,5%	101,3%	101,3%	101,3%
Klimawandel GWP total	99,5%	99,4%	98,9%	99,1%	98,9%	97,6%	99,2%	102,4%	102,4%	102,5%
Klimawandel GWP fossil	99,5%	99,4%	98,9%	99,1%	98,9%	97,7%	99,2%	102,4%	102,4%	102,5%
terrestrische Eutrophierung	99,5%	99,3%	99,1%	99,0%	98,9%	97,6%	99,3%	102,4%	102,4%	102,5%
aquatische Eutrophierung	99,7%	99,6%	96,4%	99,5%	99,3%	98,5%	96,8%	103,4%	103,4%	103,4%
Versauerung	99,6%	99,4%	99,5%	99,2%	98,9%	97,6%	99,8%	102,0%	102,0%	102,0%
Sommersmog	99,5%	99,3%	98,7%	99,0%	98,8%	97,6%	98,9%	102,7%	102,7%	102,8%
Stratosphärischer Ozonabbau	99,8%	99,5%	100,9%	99,2%	98,9%	96,9%	101,5%	101,1%	101,1%	101,1%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	99,3%	99,1%	98,1%	98,8%	98,7%	97,5%	98,1%	103,5%	103,4%	103,5%
Feinstaub PM2,5	99,6%	99,4%	99,3%	99,1%	98,9%	97,6%	99,6%	102,2%	102,2%	102,2%

Abbildung 4.3 Streuung der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke

Auch die Ergebnisse der Bilanzierung der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke zeigen eine geringe Streuung von maximal 4 % über und unter dem Mittelwert.

Bezeichnung	12	12.1	12.2	13	13.1	13.2	14	14.1	14.2
Getränkesegment	mix	mix	mix	MiWa	MiWa	MiWa	NCSD	NCSD	NCSD
Karbonisierungsgrad	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2	still	still	still	ohne CO2	ohne CO2	ohne CO2
Vertriebsroute	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland	mix	LIDL	Kaufland
Bemerkung									
priorisierter KRA	99,1%	98,6%	101,3%	97,6%	96,8%	100,9%	101,8%	101,7%	102,2%
KEA n.E.	98,8%	98,1%	101,6%	96,9%	96,0%	101,0%	102,2%	102,1%	103,3%
Naturfernepotenzial NFP	99,7%	99,5%	100,4%	99,2%	99,0%	100,3%	100,6%	100,6%	100,7%
Wasserverbrauch	99,2%	98,7%	101,2%	97,8%	97,2%	100,9%	101,5%	101,5%	101,9%
Klimawandel GWP total	98,7%	98,0%	101,8%	96,6%	95,6%	101,1%	102,4%	102,3%	103,4%
Klimawandel GWP fossil	98,7%	98,0%	101,8%	96,6%	95,7%	101,1%	102,4%	102,3%	103,4%
terrestrische Eutrophierung	98,7%	97,9%	101,8%	96,5%	95,5%	101,1%	102,6%	102,4%	103,4%
aquatische Eutrophierung	99,1%	98,7%	101,0%	97,9%	97,2%	100,7%	101,3%	101,3%	102,8%
Versauerung	98,7%	97,9%	101,9%	96,5%	95,4%	101,2%	102,6%	102,5%	103,3%
Sommersmog	98,7%	98,0%	101,8%	96,6%	95,6%	101,0%	102,5%	102,3%	103,5%
Stratosphärischer Ozonabbau	98,1%	97,0%	102,9%	94,9%	93,3%	102,1%	103,9%	103,8%	104,1%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	98,8%	98,1%	101,6%	96,8%	96,0%	100,8%	102,3%	102,1%	103,6%
Feinstaub PM2,5	98,7%	97,9%	101,9%	96,5%	95,5%	101,1%	102,6%	102,4%	103,3%

Abbildung 4.4 Streuung der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke

Im Gegensatz zu den 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke zeigen die 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke eine den großvolumigen Flaschen identische Streuung der Ergebnisse von bis zu 4 % um den Mittelwert. Dies liegt wie zuvor beschrieben an den höheren Preformgewichten der Süßgetränkeflaschen. Zudem weist das Gebinde 14.2 mit 365 km die längste Distributionsdistanz aller 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke auf.

In Summe lässt sich festhalten, dass die Varianz aller Ergebnisse innerhalb einer Füllgrößengruppe (1,5 l oder 0,5 l) deutlich unterhalb der Signifikanzschwelle von 10 % liegt. Es können daher keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Ergebnisse der bilanzierten 1,5 l oder 0,5 l PET-Einwegflaschen festgestellt werden. Die durchgeführte Bilanzierung zeigt eine kleine Varianz in den Ergebnissen, die primär ein Spiegel der Preformgewichte ist.

Das ökobilanzielle Profil der PET-Einwegflaschen der MEG zeigt sich somit als sehr homogen und robust gegenüber den leichten Variationen in den Gewichten und Distributionsdistanzen. Insofern erscheint es sachgerecht, für die im Kapitel 4.2.3 der Studie durchzuführenden Vergleiche mit den aktualisierten und neu bilanzierten Ergebnissen der Mehrwegflaschen der GDB auf die Ergebnisse der aggregierten Systeme (Nummerierung 1 bis 14 ohne Suffix) abzustellen.

Abschließend soll noch im Sinne einer Ergebniseinordnung bzw. Ergebniserläuterung ein fragmentarischer Vergleich der Ergebnisse der PET-Einwegflaschen der MEG mit den Ergebnissen der in Kapitel 1.1 erwähnten Ergebnisse der IK-2010-Studie erfolgen. Ziel ist es, zu analysieren, wie sich die Ergebnisse unterscheiden. Grundlage des Vergleichs ist die aktualisierte Berechnung der IK-2010-Studie, deren Ergebnisse im Infokasten auf Seite 15 dargestellt sind. Der Vergleich erfolgt ausschließlich verbal argumentativ:

- Die Ergebnisse der Bilanzierung der PET-Einwegflaschen der MEG zeigt deutlich niedrigere Beiträge als die Ergebnisse der aktualisierten Berechnung der IK-2010-Studie.
- Die wesentlichen Unterschiede in der Parametrisierung zwischen den PET-Einwegflaschen der MEG und den in der IK-2010-Studie untersuchten PET-Einwegflaschen sind der deutlich höhere Gehalt an rPET in den Gebinden der MEG (100 % rPET vs. 25 % bzw. 26 % in den Gebinden der IK-2010-Studie) und das reduzierte Flaschengewicht.

Somit greift die hier vorliegende Studie erneut die bereits in der IK-2010-Studie formulierte Schlussfolgerung auf, dass der Rezyklatanteil und das Flaschengewicht die wesentlichen Stellschrauben in der Bilanz von PET-Einwegflaschen sind. Die PET-Einwegflaschen der MEG sind hinsichtlich dieser beiden Parameter weitgehend optimiert und zeigen daher ein entsprechendes ökobilanzielles Profil. Die in dieser Studie bilanzierten Ergebnisse der PET-Einwegflaschen der MEG passen zu vorhanden Erkenntnissen über die ökobilanzielle Bewertung von PET-Einwegflaschen aus bereits publizierten Studien und können daher als konsistent mit dem aktuellen Forschungsstand angesehen werden.

4.2.2 Ökobilanzielle Profile der in der GDB 2008 und IK 2010 als Referenzsysteme für den Vergleich untersuchten Glas- und PET-Mehrweggebinde

Die temporäre Gültigkeit ökobilanzieller Ergebnisse wird in der Regel durch die Gültigkeit der Hintergrunddaten bestimmt. Neue Datengrundlagen erschweren es, sinnvolle Zeitreihen von Systemen durch eine einfache Auswertung bestehender Studien aufzustellen. Im Falle der Bilanzierung der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche der GDB ergeben sich drei Sachverhalte, die eine Neuberechnung der Ergebnisse für diese Studie unabdingbar machen:

- neue Informationen zu Verpackungsgewichten, Umlaufzahlen und Distributionsdistanzen,
- neue Vordergrunddatensätze (Abfüllung und Gebindereinigung) sowie neue Hintergrunddatensätze (Energiebereitstellung, Transporte, Produktion von Kunststoffen),
- neue methodische Anforderungen gemäß den UBA-Mindestanforderungen (Systemallokation, Allokation in Distribution, neue Wirkungskategorien in der Auswertung).

Somit wird deutlich, dass die in Kapitel 3.2 gezeigten Ergebnisse der Neuberechnung nicht auf Ebene der numerischen Werte neben die Ergebnisse der GDB-2008- und der IK-2010-Studie gestellt werden können. Daher soll an dieser Stelle noch einmal der Blick darauf gerichtet werden, welche Lebenswegabschnitte in den alten Ökobilanzen bestimmend für die Ergebnisse der beiden hier untersuchten Mehrwegflaschen waren. Die Beschreibung bezieht sich auf die Abb. 1.2 und 1.3 aus Kapitel 1.1:

- gelber Sektor: hier sind die Prozesse der Abfüllung und der Gebindereinigung bilanziert
- grüner Sektor (in GDB 2008 mit Punkten): Prozesse der Distribution und Redistribution.

Die beiden ergebnisbestimmenden Sektoren für Mehrweggebinde waren somit schon immer Gebindereinigung und Distribution. Wesentliche Datenpunkte der Bilanz sind somit die Umlaufzahlen (denn hohe Umlaufzahlen skalieren die Prozesse der Flaschenherstellung und Verwertung), die Prozessdaten zur Abfüllung und Gebindereinigung und die Daten zur Abbildung der Distributionsstrukturen.

Diese Datenpunkte wurden im Rahmen der GDB-2008-Studie wie folgt erhoben:

- Umlaufzahlen (Arbeitswert in GDB 2008: 40): Der aus der UBA-Ökobilanz für Getränkeverpackungen II (Plinke, E. et al. 2000a) historisch übernommene Wert von 50 Umläufen wurde im Rahmen eines Expertengesprächs mit Vertretern der GDB auf 40 reduziert, um dem damaligen Marktgeschehen Rechnung zu tragen.
- Die Prozessdaten zur Abfüllung und Flaschenreinigung wurden ebenso wie die Daten zur Abbildung der Distributionsstrukturen bei verschiedenen Mineralbrunnen erhoben und anhand vorhandener Daten plausibilisiert. Die Auswahl der Betriebe

für die Stichprobe orientierte sich dabei primär an der Datenverfügbarkeit. Statistische Angaben zur Einordnung der Repräsentanz oder zur Hochrechnung auf den Gesamtmarkt fehlen in der Studie.

Die IK-2010-Studie hat die Angaben der GDB-2008-Studie vollständig übernommen.

Im Rahmen dieser Studie wurden die Datenpunkte wie beschrieben aktualisiert. Dabei wurde für die Abbildung der Umlaufzahlen und der Distributionsstrukturen auf die Deloitte-Studie von 2013 zurückgegriffen. Analog zum Vorgehen im laufenden UBA-Vorhaben „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotenzialen bei Getränkeverpackungen“ (Refoplan-Vorhaben: FKZ 3721 31 302 0) wurden die Bandbreiten aus der Deloitte-Studie neu interpretiert und für die 0,7 l Glas-Mehrwegflasche der GDB eine Umlaufhäufigkeit von 45 als Erwartungswert innerhalb der in der Deloitte-Studie gegebenen Bandbreite von 30 bis 50 definiert.

Mit Blick auf die Ergebnisse der Bilanzierung kann festgehalten werden, dass die neuen Ergebnisse der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche durchaus die Ergebnismuster der älteren Studien wiederholen. Sowohl was den numerischen Unterschied zwischen den beiden Gebinden (1,0 l PET-Mehrweg hat signifikant geringere Nettoergebnisse in nahezu allen Wirkungskategorien als 0,7 l Glas-Mehrweg) als auch die Relevanz der Lebenswegabschnitte innerhalb der Ergebnisse der Verpackungssysteme angeht. Auch hier zeigt ein kurzer Vergleich der neubilanzierten Ergebnisse mit den fortgeschriebenen Ergebnissen der IK-2010-Studie (vgl. Kapitel 1.1, insb. grüner Kasten), dass sich die Ergebnisse der untersuchten Mehrwegflaschen deutlich verbessert haben. Die bilanzierten Beitragsreduktionen sind teilweise auf die aktualisierten Hintergrunddaten, aber in großem Maße auch auf die Veränderungen in den Systemparametern „höhere Umlaufzahlen“ und „reduzierte Distributionsentfernung“ zurückzuführen.

Insofern können die in dieser Studie bilanzierten Ergebnisse als valide und konsistente Neuberechnung der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche der GDB gelten und somit für die ökobilanzielle Positionsbestimmung der 1,5 l und 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG herangezogen werden.

4.2.3 Vergleich der PET-Einweggebinde der MEG mit den aktualisierten Referenzsystemen aus der GDB-2008- und der IK-2010-Ökobilanz

Der Vergleich der PET-Einwegflaschen der MEG mit den aktualisierten Ergebnissen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche der GDB erfolgt in einem relativen Format. Ziel ist es die, Unterschiede zwischen den Systemen zu bewerten. Dafür wird die Differenz zwischen den Nettoergebnissen einer untersuchten PET-Einwegflasche und den PET- oder Glas-Mehrwegflaschen gebildet und ins Verhältnis mit den Nettoergebnissen der jeweiligen Mehrwegflasche gesetzt. Die prozentualen Angaben in den nachfolgenden vier Abbildungen geben somit den relativen Unterschied zwischen den Einweg- und den Mehrwegflaschen an. Negative Werte werden dabei als

Vorteile und positive Werte als Nachteile für die Einwegflaschen gewertet. Zur besseren Übersicht sind die Vorteile grün und die Nachteile rot markiert. Da der Vergleich unter Berücksichtigung der Signifikanzschwelle (vgl. Kap. 1.7) durchgeführt wird, werden nur Unterschiede größer 10 % als signifikant gewertet. Nicht signifikante Unterschiede sind gelb markiert.

Vergleich 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke mit 1,0 l PET MW und 0,7l Glas Mehrwegflaschen

	1,5 l PET EW karbonisiert mix		1,5 l PET EW MiWa Classic		1,5 l PET EW MiWa Medium		1,5 l PET EW CSD	
	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW
priorisierter KRA	-27,7%	-36,8%	-26,7%	-36,0%	-28,7%	-37,8%	-26,2%	-35,6%
KEA n.E.	-22,7%	-43,7%	-21,6%	-42,9%	-24,0%	-44,6%	-21,0%	-42,4%
Naturfernepotenzial NFP	134,3%	-6,1%	135,2%	-5,7%	133,3%	-6,5%	135,7%	-5,5%
Wasserverbrauch	-58,4%	-77,6%	-57,9%	-77,3%	-59,0%	-77,9%	-57,7%	-77,2%
Klimawandel GWP total	-16,4%	-43,2%	-15,0%	-42,2%	-17,9%	-44,2%	-14,3%	-41,7%
Klimawandel GWP fossil	-18,3%	-46,2%	-17,0%	-45,3%	-19,8%	-47,1%	-16,3%	-44,8%
terrestrische Eutrophierung	-22,1%	-57,9%	-20,8%	-57,2%	-23,5%	-58,7%	-20,1%	-56,9%
aquatische Eutrophierung	-56,0%	-13,3%	-55,5%	-12,3%	-56,5%	-14,3%	-55,3%	-12,0%
Versauerung	-16,9%	-53,3%	-15,4%	-52,5%	-18,5%	-54,2%	-14,7%	-52,1%
Sommersmog	-21,5%	-56,5%	-20,3%	-55,8%	-22,9%	-57,3%	-19,6%	-55,4%
Stratosphärischer Ozonabbau	-7,8%	-0,1%	-5,4%	2,5%	-10,3%	-2,8%	-4,3%	3,7%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	-45,3%	-45,5%	-44,5%	-44,7%	-46,1%	-46,4%	-44,0%	-44,2%
Feinstaub PM2,5	-20,8%	-56,8%	-19,5%	-56,0%	-22,3%	-57,6%	-18,7%	-55,6%

Abbildung 4.5 Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

Die vergleichende Auswertung der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke mit den Ergebnissen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche zeigt signifikante Vorteile für die Einwegflaschen in 11 von 13 ausgewerteten Wirkungsindikatoren. Ausnahmen sind:

- das Naturfernepotenzial, bei dem die Ergebnisse der PET-Einwegflaschen der MEG signifikante Nachteile gegenüber den Ergebnissen der PET-Mehrwegflaschen zeigt und der Unterschied zu den Ergebnissen des Glas-Mehrwegs unterhalb der Signifikanzschwelle liegt
- und der stratosphärische Ozonabbau, bei dem die Ergebnisse der PET-Einwegflaschen der MEG keinen signifikanten Unterschied zu den Ergebnissen der Mehrwegflaschen zeigen.

Dieses Ergebnismuster gilt für alle 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke.

Vergleich 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke mit 1,0 l PET-Mehrweg- und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

	0,5 l PET EW CO2 mix		0,5 l PET EW MiWa Classic		0,5 l PET EW MiWa Medium		0,5 l PET EW CSD	
	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW
priorisierter KRA	52,6%	33,3%	52,5%	33,2%	52,5%	33,2%	52,8%	33,4%
KEA n.E.	40,8%	2,6%	40,7%	2,4%	40,7%	2,5%	41,2%	2,8%
Naturfernepotenzial NFP	345,9%	78,7%	345,8%	78,7%	345,8%	78,7%	346,2%	78,8%
Wasserverbrauch	-18,6%	-56,1%	-18,6%	-56,1%	-18,6%	-56,1%	-18,6%	-56,1%
Klimawandel GWP total	56,6%	6,5%	56,4%	6,4%	56,5%	6,4%	57,1%	6,8%
Klimawandel GWP fossil	53,0%	0,8%	52,8%	0,7%	52,9%	0,7%	53,5%	1,1%
terrestrische Eutrophierung	45,1%	-21,7%	44,8%	-21,8%	44,9%	-21,8%	45,7%	-21,3%
aquatische Eutrophierung	-23,4%	50,7%	-23,4%	50,7%	-23,4%	50,7%	-23,4%	50,7%
Versauerung	57,1%	-11,8%	56,9%	-11,9%	56,9%	-11,9%	57,6%	-11,5%
Sommersmog	44,0%	-20,2%	43,8%	-20,3%	43,8%	-20,3%	44,6%	-19,8%
Stratosphärischer Ozonabbau	62,9%	76,4%	62,7%	76,2%	62,7%	76,2%	63,3%	76,9%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	-1,5%	-1,9%	-1,7%	-2,2%	-1,7%	-2,1%	-1,0%	-1,4%
Feinstaub PM2,5	48,5%	-18,9%	48,2%	-19,0%	48,3%	-19,0%	49,0%	-18,6%

Abbildung 4.6 Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

Der Vergleich der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen mit den Ergebnissen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche ergibt das folgende Bild:

- Im Vergleich mit der 1,0 l PET-Mehrwegflasche zeigen die 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG in zehn von 13 ausgewerteten Indikatoren signifikante Nachteile, in zwei weiteren Indikatoren signifikante Vorteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle.
- Im Vergleich mit der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche zeigt die 0,5 l PET-Einwegflasche in fünf von 13 ausgewerteten Indikatoren signifikante Vorteile, in vier weiteren Indikatoren signifikante Nachteile und in vier Indikatoren Unterschiede unterhalb der Signifikanzschwelle.

Dieses Ergebnismuster gilt für alle 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke.

Vergleich 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke mit 1,0 l PET-Mehrweg- und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

	1,5 l PET EW still mix		1,5 l PET EW MiWa still		1,5 l PET EW NCSD	
	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW
	PET MW	Glas MW	PET MW	Glas MW	PET MW	Glas MW
priorisierter KRA	-28,8%	-37,8%	-29,0%	-38,0%	-27,5%	-36,7%
KEA n.E.	-24,8%	-45,2%	-25,1%	-45,4%	-22,3%	-43,4%
Naturfernepotenzial NFP	133,8%	-6,3%	133,5%	-6,4%	133,4%	-6,4%
Wasserverbrauch	-59,0%	-77,9%	-59,1%	-78,0%	-58,5%	-77,6%
Klimawandel GWP total	-18,2%	-44,4%	-18,5%	-44,6%	-15,8%	-42,8%
Klimawandel GWP fossil	-20,1%	-47,3%	-20,4%	-47,6%	-17,8%	-45,8%
terrestrische Eutrophierung	-23,6%	-58,7%	-23,9%	-58,9%	-21,3%	-57,5%
aquatische Eutrophierung	-57,6%	-16,5%	-57,7%	-16,7%	-56,0%	-13,4%
Versauerung	-18,2%	-54,1%	-18,6%	-54,3%	-16,3%	-53,0%
Sommersmog	-23,3%	-57,5%	-23,6%	-57,6%	-20,8%	-56,1%
Stratosphärischer Ozonabbau	-8,6%	-1,0%	-9,1%	-1,5%	-7,4%	0,3%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	-46,8%	-47,0%	-47,0%	-47,3%	-44,6%	-44,8%
Feinstaub PM _{2,5}	-22,2%	-57,5%	-22,6%	-57,7%	-20,2%	-56,4%

Abbildung 4.7 Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

Die vergleichende Auswertung der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke mit den Ergebnissen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche zeigt ein identisches Bild wie die vergleichende Auswertung der 1,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke.

Vergleich 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke mit 1,0 l PET-Mehrweg- und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

	0,5 l PET EW still mix		0,5 l PET EW MiWa still		0,5 l PET EW NCSD	
	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW	vs. 1,0 l PET MW	vs. 0,7 l Glas MW
	PET MW	Glas MW	PET MW	Glas MW	PET MW	Glas MW
priorisierter KRA	49%	30%	46%	28%	53%	33%
KEA n.E.	36%	-1%	34%	-3%	41%	3%
Naturfernepotenzial NFP	342%	77%	340%	76%	346%	79%
Wasserverbrauch	-20%	-57%	-22%	-58%	-19%	-56%
Klimawandel GWP total	51%	3%	48%	1%	57%	7%
Klimawandel GWP fossil	48%	-3%	45%	-5%	53%	1%
terrestrische Eutrophierung	40%	-24%	37%	-26%	45%	-21%
aquatische Eutrophierung	-25%	47%	-26%	46%	-23%	51%
Versauerung	51%	-15%	48%	-17%	57%	-12%
Sommersmog	39%	-23%	36%	-25%	44%	-20%
Stratosphärischer Ozonabbau	54%	67%	49%	61%	63%	77%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	-5%	-5%	-6%	-7%	-1%	-2%
Feinstaub PM _{2,5}	43%	-22%	40%	-24%	49%	-19%

Abbildung 4.8 Prozentualer Vergleich der Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke mit den 1,0 l PET-Mehrweg- und den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen

Die vergleichende Auswertung der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille Getränke zeigt im Vergleich mit den Ergebnissen der 1,0 l PET-Mehrwegflasche und der 0,7 l Glas-

Mehrwegflasche ein identisches Bild wie die vergleichende Auswertung der 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke.

Zusammenfassend lässt sich demnach festhalten:

- Die Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflaschen der MEG zeigen in der Mehrheit der ausgewerteten Wirkungskategorien signifikante Vorteile gegenüber den Ergebnissen der beiden untersuchten Mehrwegflaschen. Ausnahmen sind:
 - signifikante Vorteile der PET-Mehrwegflaschen in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial.
 - nicht signifikante Unterschiede in der Wirkungskategorie stratosphärischer Ozonabbau.
- Die Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen zeigen in der Mehrheit aller ausgewerteten Wirkungskategorien signifikante Nachteile gegenüber den Ergebnissen der 1,0 l PET-Mehrwegflaschen.
- Die Ergebnisse der 0,5 l PET-Einwegflaschen zeigen in der Mehrheit aller ausgewerteten Wirkungskategorien nicht signifikante Unterschiede oder Vorteile gegenüber den 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen.

Wesentlich für die Interpretation der Ergebnisse sind die folgenden Punkte:

- Die im Rahmen der Auswertung identifizierten ökobilanziellen Profile der 1,5 l PET-Einwegflaschen der MEG lassen sich mehrheitlich auf den geringen Bedarf an Primärmaterial innerhalb des Referenzflusses zurückführen. Die nachfolgende Abbildung 4.9 zeigt den Materialeinsatz, im Sinne einer Materialeinspeisung, in die verschiedenen Systeme.
 - Durch die Verwendung von 100 % rPET im Flaschenkörper von PET-Einwegsystemen wird in der Bilanz kein primäres PET modelliert. Es erfolgt lediglich eine Anrechnung des Aufkommens an primärem PET bei der Übernahme von rPET aus den Vorgängersystemen im offenen Kreislauf (vgl. Allokationsannahmen gemäß Kapitel 1.6.4.2 und Abbildung 1.4). Dieser angerechnete Anteil ist geringer als der PET-Primärbedarf im System der 1,0 l PET-Mehrwegflasche, in dem die neuen Gebinde aus 75 % primärem PET die internen und externen Verluste¹ ausgleichen.
 - Der Materialbedarf für Etiketten und Verschlüsse ist im System der 1,5 l PET-Einwegflaschen aufgrund des höheren Füllvolumens der Gebinde ebenfalls geringer als in den bilanzierten Mehrwegsystemen. So benötigen die kleinvolumigen Flaschen entsprechend mehr Etiketten und Verschlüsse (und damit auch mehr Material), um die funktionelle Äquivalenz der großvolumigen Flaschen zu erfüllen.

¹ Die kumulierten Verluste sind der Kehrwert der Umlaufzahl. Die Umlaufzahl für 1,0 l PET-Mehrwegflaschen wird mit 20 angegeben. Das bedeutet, dass 5 % der Flaschen nach Gebrauch ersetzt werden müssen.

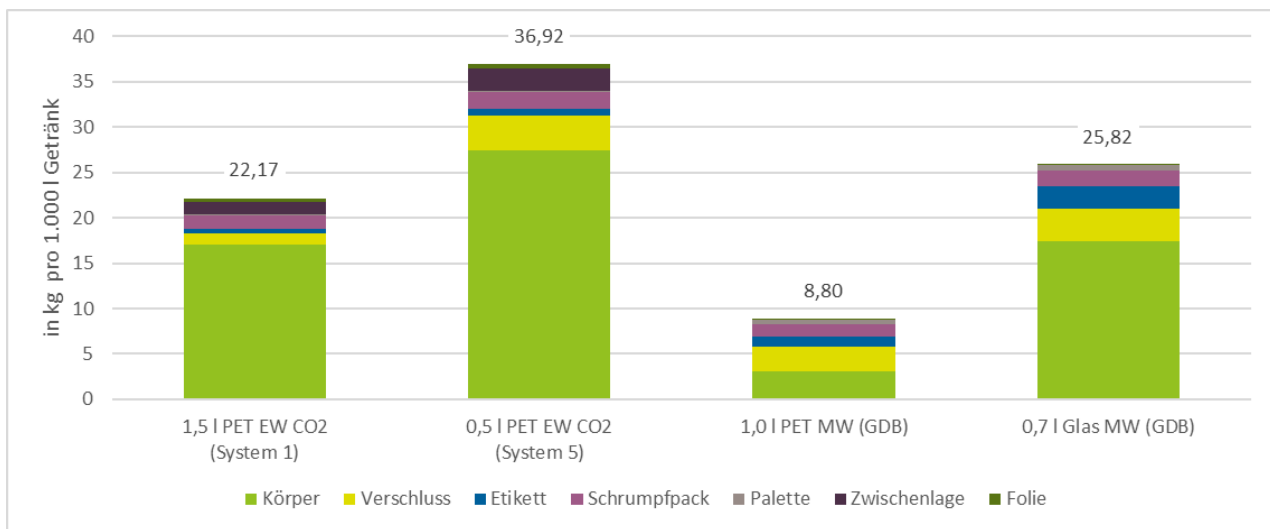


Abbildung 4.9 Materialeinsatz ausgewählter Systeme in kg pro funktionelle Einheit (1.000 l Getränk)

- Die im Rahmen der Auswertung identifizierten Nachteile der PET-Einwegflaschen der MEG in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial lassen sich im Wesentlichen durch den Flächenbedarf der Forstwirtschaft für Papier (-> Zwischenlagen bei PET-Einweg und Etikett bei Glas-Mehrweg) erklären. Da im PET-Mehrwegsystem kein Papier bilanziert wird, weist dieses System die geringsten Beiträge in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial auf (vorhandene Beiträge resultieren aus dem Holzbedarf für neue Europaletten).

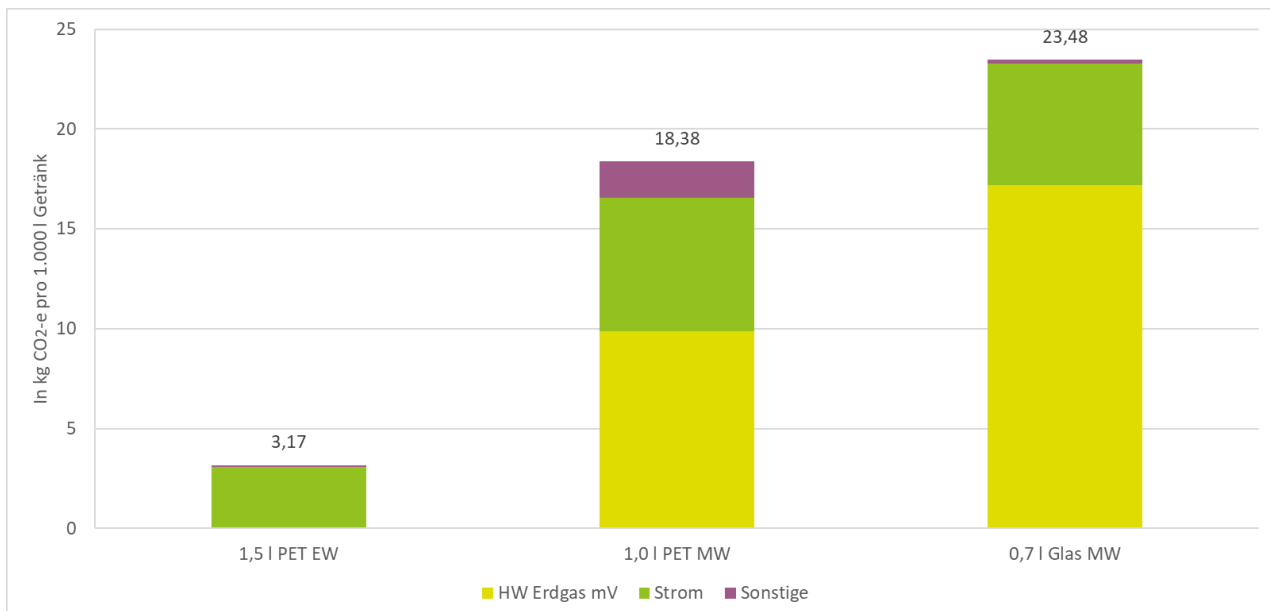


Abbildung 4.10 Detailauswertung der CO₂-e Emissionen des Lebenswegabschnittes Abfüllung und Gebindereinigung¹

¹ Im Sektor „Sonstige“ verbergen sich Prozessmittel wie Detergenzien, Entschäumer etc.

- Ein weiterer wesentlicher Punkt in der Plausibilisierung der Ergebnisse sind die Unterschiede im Lebenswegabschnitt Abfüllung und Gebindereinigung. Die obenstehende Abbildung 4.10 zeigt, dass insbesondere die Emissionen aus dem Einsatz von Erdgas zur Bereitstellung der thermischen Energie für die Flaschenreinigung ein wesentlicher Treiber für die Beiträge in diesem Lebenswegabschnitt sind.

Abschließend kann im Sinne eines Fazits formuliert werden, dass eine übergreifende ökobilanzielle Bewertung nicht anhand der Menge an Vor- oder Nachteilen festgemacht werden kann. Es bedarf vielmehr einer eindeutig hergeleiteten Auswertestrategie. Diese kommt insbesondere dann zur Anwendung, wenn die Ergebnisse der unterschiedlichen Wirkungskategorien stark gegenläufig sind, aber dennoch hochaggregierte Aussagen erwartet werden.

Dies ist in dieser Studie nicht der Fall, daher sollen an dieser Stelle die Ergebnisse der Studie nur wie folgt im Sinne der Forschungsfragen zusammengefasst werden:

- Die 1,5 l PET-Einwegflaschen der MEG zeigen in der Mehrzahl aller untersuchten Umweltwirkungskategorien Vorteile gegenüber den aus bisherigen Ökobilanzen bekannten 1,0 l PET- und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen der GDB.
- Die 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG zeigen in der Mehrzahl aller untersuchten Umweltwirkungskategorien keine Vor- oder Nachteile gegenüber den aus bisherigen Ökobilanzen bekannten 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen der GDB.
- Die 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG zeigen in der Mehrzahl aller untersuchten Umweltwirkungskategorien Nachteile gegenüber den aus bisherigen Ökobilanzen bekannten 1,0 l PET-Mehrwegflaschen der GDB.

Dieser Befund kann insofern als robust erachtet werden, als dass die Anwendung einer Auswertestrategie, welche das derzeit drängende Umweltproblemfeld Klimawandel in den Mittelpunkt stellt, ebenfalls zu den gleichen Schlussfolgerungen führen würde. Weiterhin ist zu beachten, dass die Auswahl der Sachbilanzdaten stets konservativ im Sinne des Vergleichs vorgenommen wurde¹.

4.3 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie untersucht das ökobilanzielle Profil von 44 hochoptimierten PET-Einwegflaschen der MEG. Aus Gründen der Einordnung der bilanzierten Ergebnisse werden diese mit aktualisierten Ergebnissen der letztmalig in der IK-2010-Studie bilanzierten und dort als Referenzsysteme herangezogenen 1,0 l PET-Mehrwegflaschen und 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen verglichen. Die Mehrwegflaschen stehen nicht

¹ Konservativ im Sinne eines Vergleichs bedeutet hier, dass alle nicht spezifisch passenden Daten zur Beschreibung von Prozessen in Systemen der MEG tendenziell überschätzt werden (bspw. PET-Recycling) und alle nicht spezifisch passenden Daten zur Beschreibung von Prozessen in den Mehrwegsystemen (bspw. Umlaufzahlen und Transportentfernungen) tendenziell unterschätzt werden.

im Fokus dieser Studie, sondern dienen lediglich als Kontrastfolie. Ihre ökobilanzielle Positionierung spiegelt die durchschnittlichen Verhältnisse in Deutschland wider. Mögliche Optimierungspotenziale von Mehrwegflaschen oder spezifische Ausgestaltungen einzelner Unternehmen im deutschen Getränkemarkt jenseits der MEG wurden in dieser Studie nicht abgebildet. Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse der Studie wie folgt kondensieren:

- Die Ergebnisse der untersuchten PET-Einwegflaschen der MEG zeigen ein homogenes Bild. Die Unterschiede in den Verpackungsspezifikationen und Distributionsdistanzen führen zu keiner großen Streuung der Ergebnisse.
- Der Einsatz von 100 % rPET in den PET-Einwegflaschen der MEG minimiert die Lasten der Herstellung der Getränkeverpackung auf einen geringen Anteil. Wesentlicher Treiber der Bilanz ist nunmehr die Verwertung der Gebinde. Dieser Lebenswegabschnitt wird massiv durch die im Prozess eingesetzten Energieträger beeinflusst.
- Das ökologische Profil der Mehrweggebinde konnte auf Grundlage neuerer verfügbarer Daten aktualisiert werden. Die Bilanz der untersuchten Mehrweggebinde hat sich im Vergleich mit älteren Studien deutlich verbessert.
- Im Vergleich mit den Mehrweggebinden zeigen die 1,5 l PET-Einwegflaschen der MEG in der Mehrheit aller untersuchten Umweltwirkungskategorien geringere ökobilanzielle Beiträge als die untersuchten Mehrweggebinde. Die 0,5 l PET-Einwegflaschen der MEG zeigen vergleichbare ökobilanzielle Beiträge wie die 0,7 l Glas-Mehrwegflasche, jedoch höhere Beiträge als die 1,0 l PET-Mehrwegflasche.

Im Sinne einer Schlussfolgerung lässt sich festhalten, dass die im Rahmen der Studie bilanzierten Ergebnisse der untersuchten PET-Einweggebinde der MEG eine Positionierung erreichen, die aus Sicht der Ökobilanz mehrheitlich mindestens konkurrenzfähig zu den in der Vergangenheit oft als Referenzsystem herangezogenen 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen der GDB ist. Für die 1,5 l PET-Einwegflasche der MEG gilt dieser Befund auch hinsichtlich der 1,0 l PET-Mehrwegflasche der GDB. Wesentlich für diesen Befund ist der Einsatz von ausschließlich recyceltem PET sowie die über Jahre erfolgte Gewichtsreduktion, denn beide Stellschrauben reduzieren den Bedarf von Neumaterial. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei den untersuchten Gebinden nicht um wenige hochoptimierte Flaschen handelt, sondern um ein System, dass mit ca. 2,3 Mrd. Einheiten im deutschen Markt vertreten ist¹.

4.4 Limitierungen

Im Rahmen der Verarbeitung der Ergebnisse sind Limitierungen zu beachten, die sich teils durch die Ziel- und Rahmendefinition, aber auch durch die verwendeten

¹ Das ist jede 8. PET-Einwegflasche in Deutschland!

Datensätze und Methoden ergeben. Die wesentlichen Limitierungen sollen hier dokumentiert werden:

- **Keine pauschalen Aussagen zur ökobilanziellen Position von PET-Einwegflaschen in Deutschland möglich**

Die Studie ist gemäß der geltenden Ziel- und Rahmendefinition eine unternehmerische Ökobilanz. Daher muss als Limitierung an dieser Stelle klar formuliert werden, dass die Verwendbarkeit der Ergebnisse auf die Diskussion der in dieser Studie untersuchten PET-Einwegflaschen der MEG beschränkt bleiben muss. Allgemeine und pauschalisierende Aussagen zur generellen ökobilanziellen Positionierung einzelner Flaschensysteme lassen sich aus dieser Studie nicht ableiten.

- **Keine allgemeinverbindlichen Aussagen zu generellen Optimierungsmöglichkeiten von PET-Einwegflaschen in Deutschland ableitbar**

Die ökobilanzielle Positionierung der in dieser Studie untersuchten PET-Einwegflaschen der MEG wird im Wesentlichen durch den Einsatz von 100 % rPET im Flaschenkörper getragen. Da es sich bei dem DPG-System um einen offenen Kreislauf handelt, werden in der Praxis in den Recyclinganlagen der MEG auch Fremdfflaschen verarbeitet. Diese Fremdfflaschenaufnahme dient auch dazu, geringe Aufbereitungsverluste beim PET-Recycling auszugleichen. Im Rahmen dieser Studie wird hierfür eine zusätzliche rPET-Aufnahme im offenen Kreislauf bilanziert.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die hier bilanzierte hochoptimierte PET-Einwegflasche nur in der hochintegrierten Umgebung der MEG funktioniert. Der Einsatz von 100 % rPET stellt für die MEG und andere Getränkehersteller eine Option dar, um eine ökologische Optimierung zu erzielen. Der Einsatz von 100 % rPET kann jedoch keine allgemeingültige Lösung für alle PET-Einwegsysteme im deutschen Markt sein, da im Gesamtmarkt (inkl. Wachstum) langfristig nicht 100 % rPET-Einsatz in allen Flaschen realisiert werden kann. Es ist auch nicht Ziel dieser unternehmensspezifischen Studie, Optimierungspotenziale für andere Marktteilnehmer aufzuzeigen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Ergebnisse der Studie nicht außerhalb des definierten Studienkontextes verwendet werden.

- **Keine ökobilanzielle Positionierung von hochoptimierten Mehrwegsystemen untersucht**

Der in Kapitel 4.2.3 durchgeführte Vergleich der PET-Einwegflaschen der MEG mit der 1,0 l PET- und 0,7 l Glas-Mehrwegflasche der GDB dient der Einordnung des berechneten ökobilanziellen Profils der PET-Einwegflaschen der MEG. Die Abbildung der Mehrwegflaschen erfolgt auf Basis einer aktualisierenden Fortschreibung älterer Studienergebnisse (GDB 2008 und IK 2010). Mögliche Optimierungspotenziale innerhalb der Mehrwegsysteme sind nicht Gegenstand der Untersuchung. Die Ergebnisse repräsentieren weder spezifische Unternehmen noch stellen sie einen hypothetischen Stand möglicher Mehrwegflaschen bei der MEG dar.

- **Aspekte der Füllgrößenvarianz sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen**

Zudem ist bei einem Vergleich der verschiedenen Systeme zwingend die Füllgrößen-differenzierung zu beachten. Zwar wird dieser Aspekt durch die gewählte funktionelle Einheit nivelliert. Dennoch verursachen großvolumige Verpackungen in der Regel geringere Umweltlasten als kleinvolumige Verpackungen. Da in dieser Studie die abgebildete Varianz im Füllvolumen zwischen 0,5 l und 1,5 l liegt, spielt dieser Aspekt bei der Ergebnisfindung eine nicht zu unterschätzende Rolle und sollte bei der Interpretation der Ergebnisse stets berücksichtigt werden.

- **Keine Umsetzung einer wertenden Auswertestrategie in der Studie**

Im Rahmen der Auswertung wurden keine bilanzierten Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für die abschließende Ergebnisfindung verworfen oder nur eingeschränkt berücksichtigt. Auch die Validität der ausgewerteten Wirkungskategorien wurde nicht beurteilt. An dieser Stelle muss daher darauf hingewiesen werden, dass nicht alle im Rahmen der Auswertung berücksichtigten Wirkungskategorien in gleicher Weise als belastbar für die Bewertung des Untersuchungsgegenstandes beurteilt werden können. In den meisten Fällen wird eine nicht ausreichende Transparenz der Daten bzw. das Fehlen relevanter Daten als Grund für die Abstufung der Validität identifiziert.

Insbesondere in den Kategorien Naturraumbeanspruchung und Wasserverbrauch zeigen die Bilanzergebnisse für Systeme mit hohem Holzfaserverbrauch mehrheitlich höhere Beiträge, wobei an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden kann, wie sehr diese Ergebnisfindung durch Asymmetrien in den Datensätzen bzw. durch Charakterisierungsmodelle bedingt ist. Dennoch werden die Beiträge der untersuchten Verpackungssysteme bei der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigt. Ein Ausschluss dieser Kategorien hätte nach Ansicht der Autoren dieser Studie das Vergleichsbild verzerrt. Zukünftige Updates der Datensätze und Charakterisierungsfaktoren können die vorhandenen Datenlücken schließen und dazu führen, dass die Bewertung hinsichtlich der Auswertbarkeit dieser Wirkungskategorien eine Änderung erfährt. In diesem Fall wäre jedoch ein komplettes Update der Bilanzierung notwendig, um die neuen Datensätze zu integrieren.

Im Rahmen der Studie wurde keine auf Werthaltungen basierende Auswertestrategie angewendet. Werden zukünftig Werthaltungen angesetzt und alternative Festlegungen getroffen, können die in dieser Studie errechneten Ergebnisse ggf. auch anders interpretiert werden.

Literaturverzeichnis

Balm 2021: Marktbeobachtung Güterverkehr Jahresbericht 2021 Online verfügbar unter: https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Jahresberichte/Jahr_2021.pdf?__blob=publicationFile&v=2

BV Glas 2014 Aktualisierte Wannendaten für die Behälterglasherstellung, Bezugsjahr 2011. unveröffentlicht

CPME (2016): Purified Terephthalic Acid (PTA). Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the PET Manufacturers in Europe, February 2016, Committee of PET Manufacturers in Europe.

Deloitte 2013: Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie. Unter Mitarbeit von Stefan Huckemann, Markus Fitzner und Paula Mora. Hg. v. Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (BVE) und Handelsverband Deutschland e.V. (HDE).

Detzel et al. 2016: Detzel, A.; Kauertz B.; Grahl, B.; Heinisch, J. Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen; UBA-Texte 19/2016. Berlin. 2016.

DUH Faktenpapier „Einweg-Plastikflaschen aus 100 % Rezyklat Umweltfreundlich oder Greenwashing?“ Abgerufen am 12. Feb. 2023 unter : https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Mehrwegschutz/Mehrweg_ist_Klimaschutz/Kampagne_2021/210706_Faktenpapier_rPET_Einwegflaschen.pdf

EAA 2018: Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry - Life-Cycle inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe. European Aluminium Association.

EcoTransIT World 2016: Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports- Methodology and Data Update. EcoTransIT World Initiative (EWI), Bern, Hannover, Heidelberg.

FEFCO 2018; Cepi Container Board (2018): European Database for Corrugated Board Life Cycle Studies 2018. Fédération Européenne des Fabricantes de Papiers pour Ondulé (FEFCO) and Cepi Container Board, Brussels.

Fehrenbach 2016: Fehrenbach, H.; Lauwigi, C.; Liebich, A.; Ludmann, S. 2016: Documentation for the UMBERTO based ifeu electricity model. ifeu gGmbH, Heidelberg.

Fritsche, J. 2022: Zertifikat zur ausschließlichen Verwendung von recyceltem PET-Material für die Abfüllung von Getränken der gesamten Mineralwasser- und Süßgetränkproduktion der MEG-Gruppe, Bad Elster, unveröffentlicht

GVM 2020: Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019 – im Auftrag des Forums PET in der IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V., Mainz 2020

ISO 14040 (2006): Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework (ISO 14040:2006); German and English version EN ISO 14040:2006.

ISO 14044 (2006): Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines (ISO 14044:2006); German and English version EN ISO 14044:2006.

Kauertz et al. 2020: Kauertz, B. Busch, M. Bader, J. 2020 : Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland, Heidelberg,

Kauertz, B., Detzel, A., Döhner, A. 2010: PET Ökobilanz 2010. Ökobilanzielle Untersuchung verschiedener Verpackungssysteme für Kohlensäurehaltige Mineralwässer und Erfrischungsgetränke sowie stille Mineralwässer. Im Auftrag der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen. IFEU-Heidelberg, April 2010

Kauertz, B., Wellenreuther, F., Busch, S., Krüger, M., Detzel, A. 2008: Ökobilanz der Glas- und PET-Mehrwegflaschen der GDB im Vergleich zu PET-Einwegflaschen. Im Auftrag der Genossenschaft Deutscher Brunnen eG, Heidelberg Oktober 2008.

Notter, B.; Keller, M.; Althaus, H.-J.; Cox, B.; Knörr, W.; Heidt, C.; Biemann, K.; Räder, D.; Jamet, M. (2019): HBEFA 4.1 Development Report. INFRAS, Bern.

PlasticsEurope 2014: Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastic Manufactures – High-Density Polyethylene (HDPE), Low-Density Polyethylene (LDPE), Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE), PlasticsEurope, April 2014. (download May 2014. <http://www.lca.plasticseurope.org/index.htm>).

PlasticsEurope 2014a: Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastic Manufactures – Polyamide 6 (PA6). PlasticsEurope.

PlasticsEurope 2014b: Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastic Manufactures – Polypropylene (PP). PlasticsEurope.

PlasticsEurope 2017: Polyethylene Terephthalate (PET) (Bottle Grade) CPME. Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers. PlasticsEurope.

Plinke, E. et al. 2000: Ökobilanz für Getränkeverpackungen II - Hauptteil (UBA 37/00). Unter Mitarbeit von: Schonert, M.; Meckel, H.; Detzel, A.; Giegrich, J.; Fehrenbach, H.;

Ostermayer, A.; Schorb, A.; Heinisch, J.; Luxenhofer, K.; Schmitz, S. Hrsg. Umweltbundesamt Berlin, September 2000.

Roedig et al. 2023: Untersuchung von Mehrwegsystemen zur Verpackungsvermeidung (FKZ: 3720 34 3050), Roedig, L. ; Schüler, K.; Schomerus, T. unveröffentlicht

Schüler 2022: Schüler, K. Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020. UBA-Texte 109/2022. Dessau. 2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/2019_11_19_aufkommen_u_verwertung_verpackungsabfaelle_2017_final.pdf

UBA 1999 : Schmitz, Stefan; Paulini, Inge: Bewertung in Ökobilanzen; Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043. Version '99. UBA Texte 92/99.

Anhang A – Parameterstreuung

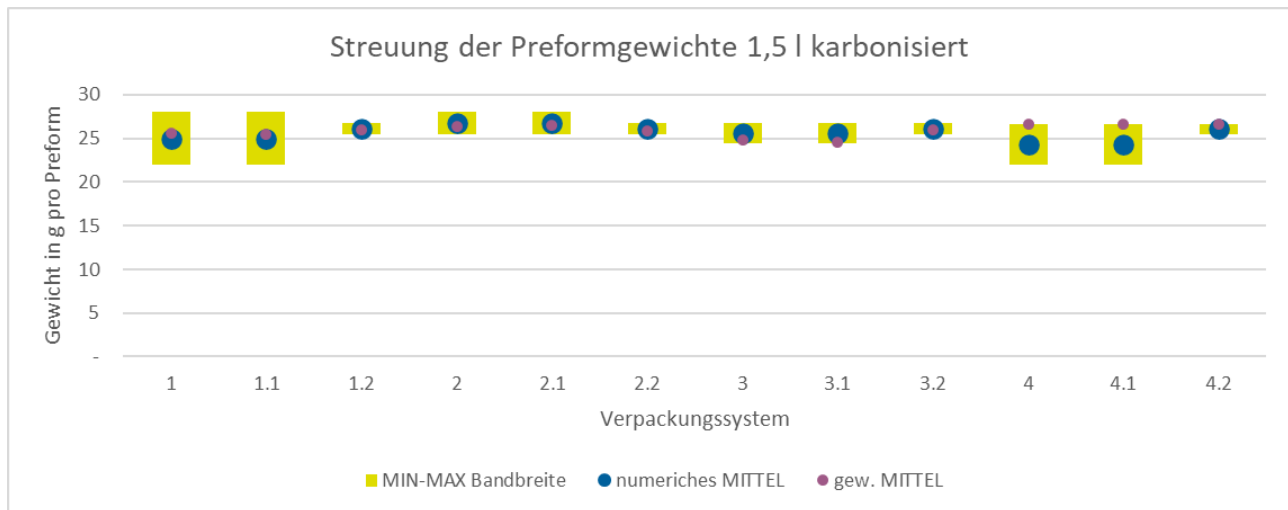


Abbildung 4.11 Streuung der Preformgewichte der 1,5 l PET-Einwegflasche für karbonisierte Getränke

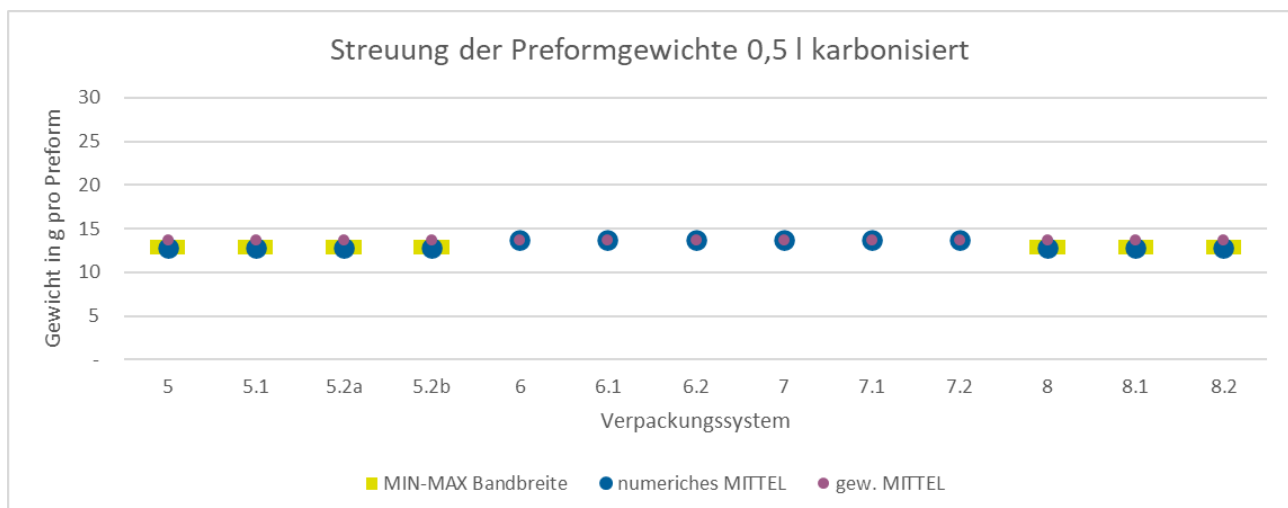


Abbildung 4.12 Streuung der Preformgewichte der 0,5 l PET-Einwegflasche für karbonisierte Getränke

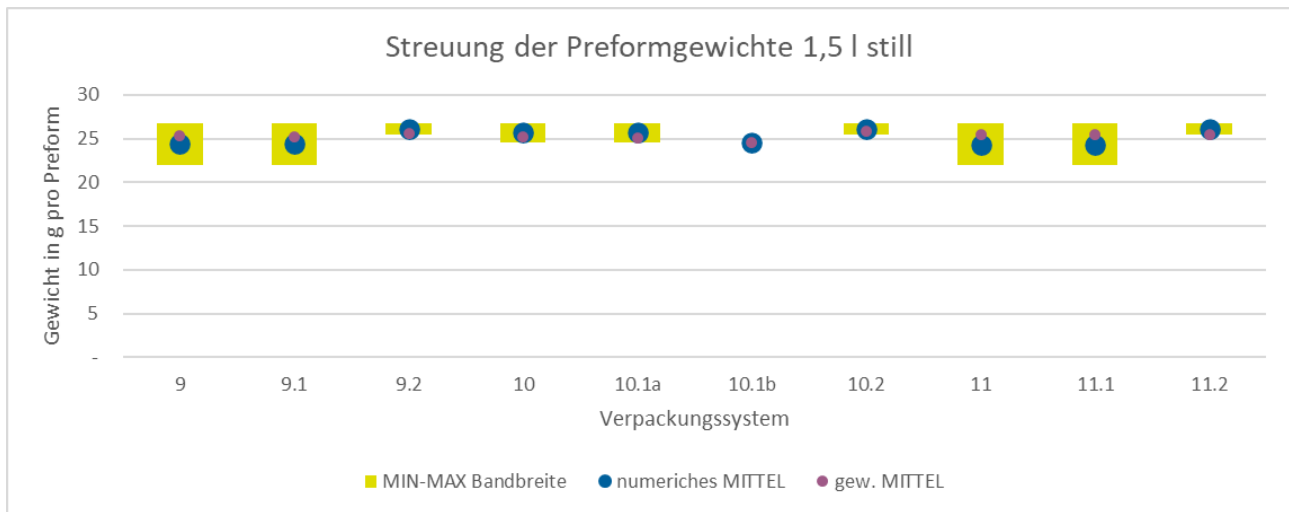


Abbildung 4.13 Streuung der Preformgewichte der 1,5 l PET-Einwegflasche für stille Getränke

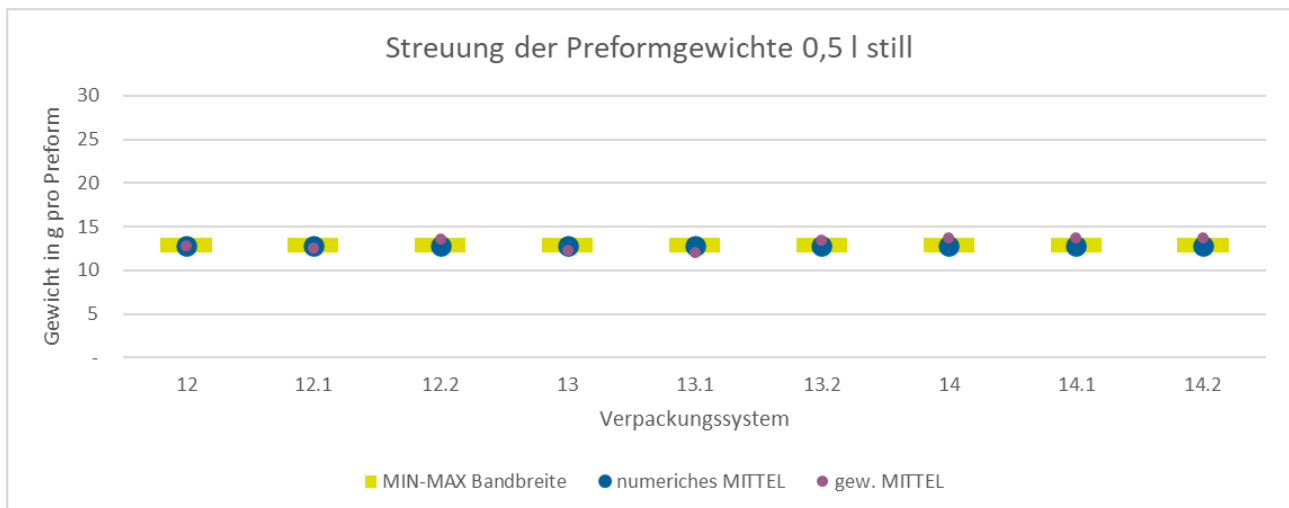


Abbildung 4.14 Streuung der Preformgewichte der 0,5 l PET-Einwegflasche für stille Getränke

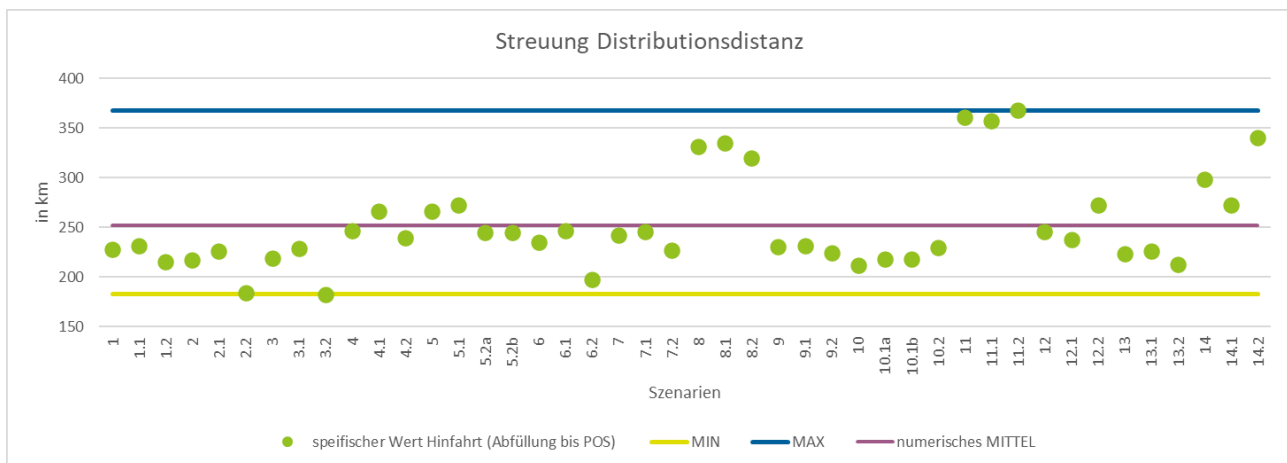


Abbildung 4.15 Streuung der Distributionsdistanzen der PET-Einwegflaschen

Anhang B – sektoraler Vergleich der Ergebnisse der WK GWP fossil

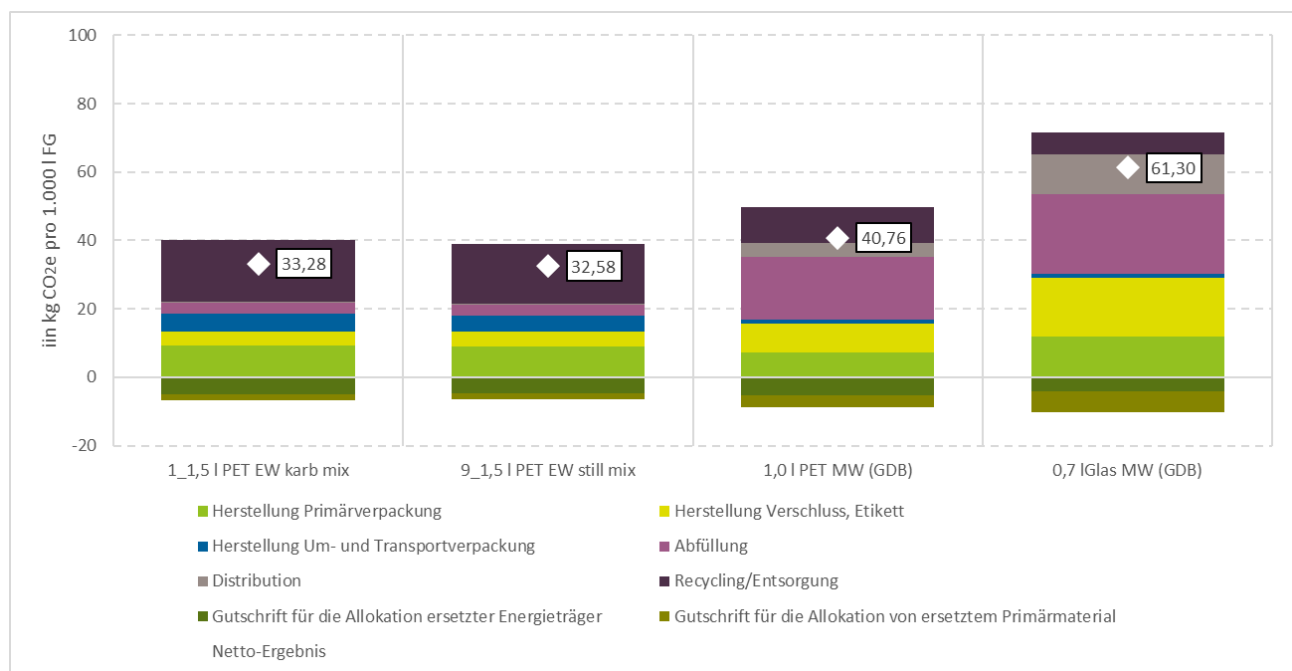


Abbildung 4.16 Vergleich der Ergebnisse der WK GWP fossil der 1,5 l PET-Einwegflaschen für stille und karbonisierte Getränke (jew. Mix total -> Sz. 1 und 9) mit den 1,0 l PET MW und den 0,7 l Glas Mehrwegflaschen

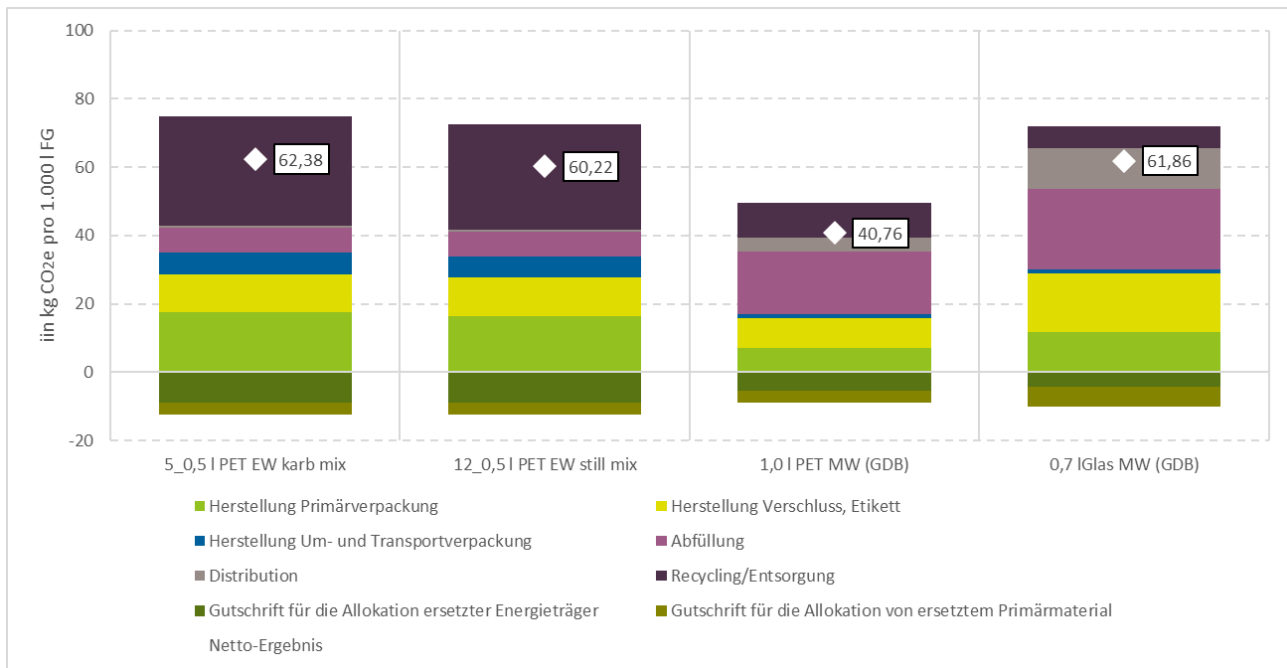


Abbildung 4.17 Vergleich der Ergebnisse der WK GWP fossil der 0,5 l PET-Einwegflaschen für stille und karbonisierte Getränke (jew. Mix total -> Sz. 5 und 12) mit den 1,0 l PET MW und den 0,7 l Glas Mehrwegflaschen

Anhang C - Bericht zur kritischen Prüfung

Kritische Prüfung gemäß DIN EN ISO 14040 und 14044 der Ökobilanz der PET-Einweg Kreislauflasche der MEG

Herausgeber der Ökobilanz

IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg

Auftraggeber der Ökobilanz

MEG Weißenfels GmbH & Co. KG
Langendorfer Straße 23, 06667 Weißenfels

Gutachter

Roland Fehring, Vorsitzender
Prof. Dr. Eugen Herzau
Kurt Schüler

6. April 2023

1 Ablauf der kritischen Prüfung

Die MEG Weißenfels GmbH & Co. KG, Langendorfer Straße 23, 06667 Weißenfels hat IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg mit der Erstellung der Ökobilanz der PET-Einweg Kreislauflasche der MEG beauftragt. Autoren der Ökobilanz waren Andrea Drescher und Benedikt Kauertz.

Die kritische Prüfung wurde von der Schwarz Produktion Stiftung & Co. KG, Langendorfer Str. 23, 06667 Weißenfels im März 2023, vertreten von Fabian Neumann, Bereichsleiter Öffentlichkeit & Nachhaltigkeit, beauftragt. Die kritische Prüfung ist gemäß ISO 14040 und ISO 14044 notwendig, da die Studie vergleichende Aussagen zu konkurrierenden Verpackungssystemen enthält und eine Veröffentlichung der Ergebnisse geplant ist. Die Gutachter sind neutral gegenüber und unabhängig von jeglichen Interessen des Auftraggebers oder des Herausgebers der Studie.

Am 11. März 2023 wurde von IFEU der Bericht zur Vorlage zur kritischen Prüfung vorgelegt. Die kritische Prüfung konnte sich demnach nur auf das Ergebnis der Ökobilanz beziehen. Eine Prozessbegleitung durch die Gutachter wurde nicht durchgeführt und war auch zu keinem Zeitpunkt vorgesehen.

Beim erste online-Meeting am 17. März 2023 mit Auftraggeber, Herausgeber und Gutachtern hat der Auftraggeber die Ausgangssituation und Veranlassung der Ökobilanz erläutert und die unternehmensspezifische Situation hinsichtlich der für die Ökobilanz relevanten Produktionsstandorte erklärt.

Am 23. März 2023 haben die Gutachter ihre konsolidierten Anmerkungen zum vorgelegten Bericht in tabellarischer Form (MS Excel Datei) an IFEU übermittelt.

Beim zweiten online-Meeting am 24. März 2023 mit Auftraggeber, Herausgeber und Gutachtern wurden die Anmerkungen und Kommentare der Gutachter besprochen und seitens der Studienautoren erste Vorschläge zur Implementierung in den Bericht unterbreitet.

Am 29. März 2023 wurden von IFEU der Endbericht vorgelegt und die vorgeschlagenen Änderungen auch im Excel dokumentiert.

Die Gutachter haben bis zum dritten online-Meeting am 31. März 2023 mit Auftraggeber, Herausgeber und Gutachtern nochmals ihre Anmerkungen und Kommentare an die Studienautoren übermittelt. Bei diesem online-Meeting wurde festgehalten, dass alle Anmerkungen, Kommentare und Ergänzungsvorschläge der Gutachter von den Studienautoren mit ausreichender und zufriedenstellender Ausführlichkeit im Endbericht berücksichtigt wurden. Eine etwaige konträre Darstellung einzelner Anmerkungen der Gutachter in diesem Prüfbericht ist daher nicht notwendig.

Die Gutachter haben versucht, bei der Begutachtung auch Fragen aufzuwerfen, die für andere interessierte Stakeholder relevant sein könnten. Es darf die offene und konstruktive Atmosphäre zwischen Auftraggeber, Herausgeber und Gutachter hervorgehoben werden. Alle angeforderten Daten, einschließlich vertraulicher Daten wie das Testat zu den Primärdaten, wurden den Gutachtern auf Anfrage vorgelegt. Sämtliche Fragen und Anmerkungen wurden offen diskutiert.

Die vorliegende kritische Prüfung basiert auf Konsens der Gutachter und bezieht sich ausschließlich auf den vorgelegten, gesamten Endbericht „Ökobilanz der PET-Einweg Kreislauflasche der MEG“ vom 29. März 2023, also auf keine Auszüge oder Publikationen, die eventuell später verfasst werden. Es ist festzuhalten, dass die Gutachter nicht für die Verwendung ihrer Arbeit durch Dritte verantwortlich gemacht werden können und auch nicht für einen möglichen Missbrauch bei der Kommunikation.

Das Fazit der Gutachter bezieht sich auf die ihnen übermittelten Informationen, den Stand der Technik und den Inhalt der Studie. Eine Verallgemeinerung der Schlussfolgerungen ist nicht zulässig.

2 Allgemeine Anmerkungen

Gemäß DIN EN ISO 14044 muss das kritische Prüfungsverfahren sicherstellen, dass:

- die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden mit dieser Internationalen Norm übereinstimmen;
- die bei der Durchführung der Ökobilanz angewendeten Methoden wissenschaftlich begründet und technisch gültig sind;
- die verwendeten Daten in Bezug auf das Ziel der Studie hinreichend und zweckmäßig sind;
- die Auswertungen die erkannten Einschränkungen und das Ziel der Studie berücksichtigen und
- der Bericht transparent und in sich stimmig ist.

Im Rahmen der kritischen Prüfung fand keine Validierung folgender Bereiche statt:

- verwendetes Softwaremodell,
- verwendete Datensätze aus Datenbanken,
- von IFEU neu modellierte Datensätze wie beispielsweise jene für Kunststoffe auf Basis der Ecoprofiles von PlasticsEurope aus dem letzten Jahrzehnt,
- IFEU-Modell zur Abfüllung von Getränken.

3 Spezifische Anmerkungen und Diskussionspunkte

3.1 Übereinstimmung der Methoden mit ISO 14040 und 14044

In der zu begutachtenden Ökobilanz werden verschiedene Systeme der PET-Einweg Kreislauflaschen der MEG Weißenfels GmbH & Co. KG ökobilanziell untersucht. Aufgrund der Variationen der Füllgröße, der Vertriebschiene und des Inhaltes ergeben sich 44 verschiedene Systeme, die bilanziert werden.

Füllgrößen

- 0,5 l und 1,5 l PET-Einweg Kreislauflaschen

Vertriebschienen

- Lidl und Kaufland

Inhalte

- Mineralwasser classic, medium und still
- Karbonisierte Erfrischungsgetränke
- Stille Erfrischungsgetränke

Ziel der Studie ist es, die Umweltauswirkungen dieser Systeme als unternehmensspezifische Ökobilanz zu ermitteln und ihre ökobilanzielle Positionierung im Vergleich zu marktbedeutenden Mehrweggetränkeverpackungen zu untersuchen. Bei den Vergleichssystemen handelt es sich um die 1,0 l PET-Mehrwegflasche der GDB und die 0,7 l Glas-Mehrwegflaschen der GDB, die als fortgeschriebene Ergebnisse der GDB 2008¹ und IK 2010² Studie hier aufgenommen wurden.

Die Studie berücksichtigt die UBA-Mindestanforderungen³, somit wurde als funktionelle Einheit die Bereitstellung von 1.000 Litern Getränk am Ort der letzten Handelsstufe definiert. Die geographische Systemgrenze der Studie ist Deutschland. Die zeitliche Systemgrenze der PET-Einweg Kreislauflaschen ist von 2021 bis

¹ Kauertz, B., Wellenreuther, F., Busch, S., Krüger, M., Detzel, A. 2008: Ökobilanz der Glas- und PET-Mehrwegflaschen der GDB im Vergleich zu PET-Einwegflaschen. Im Auftrag der Genossenschaft Deutscher Brunnen eG, Heidelberg Oktober 2008

² Kauertz, B., Detzel, A., Döhner, A. 2010: PET Ökobilanz 2010. Ökobilanzielle Untersuchung verschiedener Verpackungssysteme für kohlenensäurehaltige Mineralwässer und Erfrischungsgetränke sowie stille Mineralwässer. Im Auftrag der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen. IFEU-Heidelberg, April 2010

³ Detzel, A. et al 2016: Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen – erschienen als UBA Texte 19/2016, Dessau 2016

2022. Die zeitliche Systemgrenze für die Abbildung der Mehrweggebinde umfasst einen Zeitraum von 2012 bis 2022.

Für die ökobilanziell relevanten Eingangsdaten der PET-Einweg Kreislauflaschen wurde ein Testat für den Zeitraum 01.03.2021 bis 28.02.2022 vorgelegt. Dieses bestätigt, dass folgende Primärdaten in die Ökobilanz als Durchschnittswerte beziehungsweise konservative Spot-Werte eingeflossen sind:

- Preformgewichte
- Recyclinganteil im Preformmaterial
- Verschlussgewicht
- Etiketten
- Sekundär- und Tertiärverpackung
- Gewicht und Umlaufzahlen der Paletten
- Stapelplan Paletten und Anzahl der Paletten auf LKW
- Transportdistanzen

Für Verpackungen von Getränken und flüssigen Lebensmitteln sind die funktionelle Einheit und die Systemgrenzen der untersuchten Verpackungssysteme sinnvoll definiert und transparent dargestellt.

ISO 14040 und ISO 14044 enthalten keine Verpflichtung zur Berücksichtigung bestimmter Wirkungskategorien, aber die Wahl der Wirkungskategorien muss begründet und sinnvoll sein und das Ziel und den Umfang der Studie unterstützen. Die Auswahl ist vor dem Hintergrund der Zielsetzung und der Berücksichtigung der UBA-Mindestanforderungen gut begründet und kritisch diskutiert.

Die Wahl des Allokationsfaktors (50:50, 100:0 oder 0:100) kann einen großen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben, insbesondere dann, wenn die bilanzierten Produkte oder Systeme hohe Anteile an regenerativen Materialien aufweisen oder das System weit von einem geschlossenen Kreislauf entfernt ist. Beides ist in der zu begutachtenden Studie nicht der Fall. Daher ist der Ansatz der 50:50 Allokation gemäß UBA-Mindestanforderungen wissenschaftlich gerechtfertigt und eine "Sensitivitätsanalyse" mit einem anderen Allokationsfaktor nicht erforderlich im Sinne der Absicherung der Ergebnisse.

3.2 Wissenschaftliche und technische Validität der verwendeten Methoden

Die verwendeten Methoden entsprechen dem wissenschaftlichen und technischen Stand für Ökobilanzen.

3.3 Angemessenheit der Daten in Bezug auf die Ziele der Studie

Bei kritischen Prüfungen ist es nicht üblich, die Primär- und sonstigen Daten sowie die Hintergrunddatenbank und Berechnungsmodelle auf ihre Richtigkeit zu überprüfen. Die in der Studie verwendeten Daten wurden auf ihre Angemessenheit und Plausibilität hin überprüft.

Einige Aspekte werden im Folgenden hervorgehoben:

- Die Zielsetzung der Ökobilanz wird eindeutig und nachvollziehbar wiedergegeben, sodass die Prüfung der Angemessenheit der Daten durch die Gutachter einen klaren Bezugsrahmen hatte.
- Wie bereits erwähnt, wurde für die wichtigsten Primärdaten der PET-Einweg Kreislauflaschensysteme ein Testat übermittelt, das die Korrektheit der verwendeten Daten innerhalb der zeitlichen Systemgrenze bestätigt. Die Angaben im Testat zur Vorgehensweise bei der Datenermittlung sind aussagekräftig und angemessen.
- Die berücksichtigten Daten zu Zusammensetzung und Massen sind sowohl für die eigenen PET-Einwegflaschen als auch für die beiden Mehrwegflaschen aus PET und Glas transparent und übersichtlich in Tabellenform dargestellt. Die von der MEG Weißenfels GmbH & Co. KG verwendeten PET-Einwegflaschen sind im Sinne des Materialeinsatzes und des Rezyklatanteils hochoptimiert und entsprechen nicht dem deutschen Marktdurchschnitt.
- Die untersuchten 1,5 l PET-Einwegflaschen unterscheiden sich primär in der Masse der Preformen, die aufgrund des Karbonatgehaltes der Getränke geringfügig unterschiedliche Massen zwischen 24,5 g und 26,7 g aufweisen. Die untersuchten 0,5 l PET-Einwegflaschen für karbonisierte Getränke haben alle 13,7 g, jene für stille Getränke bewegen sich zwischen 12,0 g und 13,7 g. Die verwendeten Verschlüsse und Etiketten aller PET-Einwegflaschen weisen zwar keinen Rezyklatanteil auf, sind aber hinsichtlich des Materialeinsatzes hochoptimiert.
- Die Umlaufzahlen der Kunststoffpaletten konnten nicht auf der Basis von erhobenen MEG-Daten abgeleitet werden. Die eingesetzten Schätzwerte sind allgemein üblich und nicht zu beanstanden.
- Die Sachbilanzdaten wie beispielsweise zu Massen, Umlaufzahlen, Rezyklateinsatz oder Transportentfernung wurden von den Gutachtern auf Plausibilität geprüft und für angemessen befunden.
- Die ifeu-Daten zur Abfüllung von Getränken sind verkürzt, aber in den wesentlichen Punkten nachvollziehbar dargelegt.
- Sämtliche Prozesse, bei denen ein Stromverbrauch bilanziert wird und nicht bereits im verwendeten Datensatz berücksichtigt ist, beispielsweise die Preformherstellung oder die Abfüllung und das Waschen der Mehrwegflaschen, werden mit dem jeweiligen nationalen Strommix bilanziert. Weder Versorgerstrommische noch die tatsächlich eingekauften Strommische werden zur Berechnung herangezogen. Dies wird damit begründet, dass bei Verbrauchern, für die der eingekaufte Strommix nicht bekannt ist, ebenfalls der nationale Strommix verwendet wird und nicht ein möglicherweise schlechterer (höhere Anteile an fossilen Energieträgern). Der nationale Strommix spiegelt den Durchschnitt wider. Sofern einige Marktteilnehmer einen öko-

logischeren Strommix einkaufen (Grünstrom), muss der Strommix der anderen Marktteilnehmer zwangsweise schlechter sein als der nationale Strommix. Darüber hinaus sind in den verwendeten Datensätze zum Strommix keine Importe und Exporte berücksichtigt. Dieses Vorgehen hat einen Einfluss auf die Ergebnisse. Da in der vorgelegten Studie mit Ausnahme des Recyclings von PET-Flaschen keine stromintensiven Prozesse erfasst sind, ist die gewählte Modellierung der Stromdaten akzeptabel.

- Für alle untersuchten Produktsysteme werden die Sachbilanzdaten der Verpackungssysteme sorgfältig und übersichtlich dargestellt.

Die relevanten Datenquellen wurden von den Autoren der Ökobilanz benannt und zutreffend wiedergegeben. Die Gutachter kommen zu dem Schluss, dass die verwendeten Daten in Bezug auf das Ziel der Studie angemessen und sinnvoll sind.

3.4 Bewertung der Interpretation in Bezug auf die Grenzen und das Ziel der Studie

Die Nettoergebnisse der Wirkungskategorien der 44 untersuchten Systeme werden tabellarisch in 4 Haupttabellen dargestellt:

- 1,5 l PET EW Flaschen für karbonisierte Getränke
- 0,5 l PET EW Flaschen für karbonisierte Getränke
- 1,5 l PET EW Flaschen für stille Getränke
- 0,5 l PET EW Flaschen für stille Getränke

Da bei 44 Systemen die Übersichtlichkeit bei der Darstellung der Ergebnisse leidet, haben sich die Autoren dazu entschieden, die Ergebnisse nach Lebenswegabschnitten nur für die Wirkungskategorie GWP fossil und den Mix aus den Vertriebsketten Lidl und Kaufland darzustellen. Die Gutachter begrüßen die gewählte Art der Ergebnisdarstellung im Sinne der Lesbarkeit der Studie. Die 4 Grafiken zeigen dabei sehr deutlich, dass sich die Ergebnisse innerhalb der vier Hauptkategorien nur unwesentlich unterscheiden.

Da beispielsweise bei den 1,5 l PET-Einwegflaschen etwa 2/3 des Nettoergebnisses GWP fossil auf den Lebenswegabschnitt Recycling/Entsorgung entfallen, wurde im Laufe des Reviewprozesses von den Autoren noch eine Abbildung zum Materialeinsatz eingefügt. Die Autoren konnten in den Meetings die Gutachter davon überzeugen, dass die Bilanzierung insbesondere des Recyclings von PET korrekt modelliert wurde.

Die Schlussfolgerungen werden auf Basis der dargestellten Bewertung der Ergebnisse nachvollziehbar abgeleitet und transparent diskutiert.

Die Gutachter begrüßen die ausführliche Diskussion der Limitierungen in einem separaten Kapitel, welches sehr deutlich darauf hinweist, dass die Ergebnisse einer Ökobilanz ausschließlich für die gewählten Rahmenbedingungen gelten und nicht von einem Rahmen auf einen anderen übertragbar sind. Dies ist besonders vor

dem Hintergrund relevant, dass in der Studie hochoptimierte PET-Einweg Kreislauflaschen analysiert werden und in weiterer Folge mit dem Neuberechneten ökobilanziellen Profil bestehender Mehrweggebinde aus PET und Glas verglichen werden.

Die Gutachter kommen zu dem Schluss, dass die Interpretationen die identifizierten Limitationen und das Ziel der Studie widerspiegeln. Die Studie ist nachvollziehbar und zielführend gegliedert. Ungereimtheiten im Bericht konnten nicht festgestellt werden. Die Argumentationslinie ist transparent und konsistent.

Der Bericht erfüllt sämtliche Anforderungen der Normen für Berichte an Dritte.

4 Fazit und Empfehlungen

Die vorliegende Studie ist eine unternehmensspezifische Ökobilanz für hochoptimierte PET-Einweg Kreislauflaschen deren ökobilanzielle Profile mit durchschnittlichen Mehrwegflaschen aus PET und Glas verglichen werden. Dieses Vorgehen ist legitim und die Ergebnisse sind verständlicherweise für den Auftraggeber von großem Interesse. Während innerhalb der 44 untersuchten PET-Einwegsysteme innerhalb der Hauptkategorien (0,5 l versus 1,5 l PET-Einwegflasche oder karbonisiert versus stille Getränkeinhalte) kaum signifikante Unterschiede in den Ergebnissen festgestellt wurden, zeigt die 1,5 l PET-Einwegflasche im Vergleich mit den beiden Mehrwegvarianten deutliche Vorteile. Die 0,5 l PET-Einwegflasche zeigt gegenüber der 1,0 l PET-Mehrwegflasche deutliche Nachteile, aber gegenüber der 0,7 l Glas-Mehrwegflasche tendenziell eher bessere Ergebnisse über alle Wirkungskategorien hinweg. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist das unterschiedliche Füllvolumen, das auch unterschiedliche Bedürfnisse anspricht, zu berücksichtigen.

Es ist ausdrücklich festzuhalten, dass die Ergebnisse der hochoptimierten PET-Einweg Kreislauflaschen nicht auf die Gesamtheit der am Markt befindlichen PET-Einwegflaschen übertragen werden können. Insbesondere kann ein Materialeinsatz von 100 % rezykliertem PET im deutschen Markt nicht für alle Marktteilnehmer erreicht werden.

Die Ökobilanz wurde professionell und wissenschaftlich fundiert durchgeführt, entspricht den zugrundeliegenden Normen ISO 14040 und ISO 14044 unter Berücksichtigung der UBA-Mindestanforderungen und wurde entsprechend dem derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand erstellt. Die für die einzelnen Lebenswegabschnitte verwendeten Daten sind gut dokumentiert und die Korrektheit der verwendeten Primärdaten ist mittels Testats bestätigt. Methodik und Durchführung sind sehr gut geeignet, um die Ziele der Studie zu erreichen. Der vorgelegte Bericht ist gut strukturiert und konsistent.

Sämtliche von den Gutachtern angeregten Ergänzungen wurden umgesetzt. Alle Anmerkungen wurden in den Meetings besprochen und von den Autoren zur Zufriedenheit beantwortet.

Die Transparenz des Berichtes ist sehr hoch. Die Beurteilung der Ergebnisse der Autoren sind stimmig und nachvollziehbar und werden von den Gutachtern ausdrücklich anerkannt und unterstützt. Insbesondere schließen sich die Gutachter der Aussage der Autoren an, dass die Studie im gesamten Umfang veröffentlicht werden soll.



Roland Fehringer,
im Namen der Gutachter
Sommerein, am 6. April 2023

Roland Fehringer
c7-consult e.U.
Lindau 21, 2453 Sommerein, Österreich
+43 (676) 97 241 97

Prof. Dr. Eugen Herzau
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
Bachelorstudiengang Verpackungstechnologie und Nachhaltigkeit
Karl-Liebknecht-Straße 132, 04277 Leipzig
+49 (341) 3076 2336

Kurt Schüler
GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH
Alte Gärtnerei 1, 55128 Mainz
+49 (6131) 336 73 22